

Zeitschrift:	Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber:	St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft
Band:	16 (1874-1875)
Artikel:	Der Bau des Gotthardtunnels
Autor:	Bertsch, H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-834723

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: 15.01.2026

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

XIII.

Der Bau des Gotthardtunnels.

Von

H. Bertsch.

Bis jetzt führen drei Eisenbahnen über die Alpen: über den Semmering, den Brenner und den Mont Cenis.

Die *Semmeringbahn*, welche Wien mit Triest und Venedig verbindet, wurde am 17. Juli 1854 eröffnet. Die Bergstrecke Gloggnitz-Mürzzuschlag, $5\frac{3}{8}$ Meilen lang, kostete 15 Millionen Gulden. Der längste von den 15 Tunneln liegt hinter der Station Semmering, im höchsten Punkte der Bahn 897 m. über dem Meer; er ist 1431 m. lang.

Die *Brennerbahn* zwischen Innsbruck und Botzen verbindet München und Wien mit Verona, resp. mit den italienischen Seehäfen. Sie wurde mit Hülfe von 30000 meist italienischen Arbeitern in den drei Jahren 1865 bis 1867 erbaut. Der höchste Punkt bei Station Brenner, 1368 m. über dem Meer, wird auf offener Bahn erreicht. Uebrigens sind 27 Tunnel vorhanden, von denen die beiden Kehrtunnel bei Gries und Gossensass besonders bemerkenswerthe sind. Die grösste Steigung beträgt wie bei der Semmeringbahn 1 : 40.

Die *Mont Cenis-Bahn* verbindet Turin mit Chambéry und mit Genf und Lyon. Schon 1845 hatten der Ingenieur

Maus und Prof. Sismonda die Linie Bardonneche-Modane als die günstigste festgestellt, aber ungünstige Zeitverhältnisse verhinderten damals die Ausführung derselben. Die Erfindung der Bohrmaschine durch Thomas Bartlett, Ingenieur bei der Victor Emanuel-Bahn, und der Vorschlag, dieselbe durch comprimirte Luft in Thätigkeit zu setzen, von Prof. Colladon in Genf, beide unterm 30. Juni 1855 in Italien patentirt, veranlassten 1855 die Wiederaufnahme des Planes eines grossen Tunnels durch den Col de Fréjus. Der Plan wurde 1857 von der italienischen Regierung genehmigt und durch die Ingenieure Grattoni, Grandis und Sommeiller ausgeführt, welche Maschinen zur Comprimirung der Luft erfunden hatten, die ihnen 1853 patentirt worden waren.

Es waren dies sogen. hydraulische Widder, auf jeder Seite 10, welche bei jedem Stosse eine gewisse Menge comprimirter Luft in ein Reservoir trieben. Auf der Seite von Modane war das Gefälle des Charmaix gross genug; aber er lieferte nicht immer genug Wasser, desshalb musste noch Wasser in ein höher gelegenes Bassin gepumpt werden. Diese Maschinen lieferten nur wenig comprimirte Luft und wurden bald ersetzt durch Pumpen mit Wasserkolben, wie sie früher in Paris zum Comprimiren des Gases angewendet und 1828 von Dumas in der ersten Auflage seiner angewandten Chemie beschrieben und abgebildet worden waren und an welche auch Colladon in seinem Patentgesuch 1852 erinnert hatte. Diese Pumpen gaben mit der gleichen Wasserkraft dreimal mehr comprimirte Luft als die Widder und kosteten $\frac{1}{3}$ weniger.

Sommeiller wohnte den Versuchen bei, welche im Jahr 1855 in la Coscia mit der Bartlett'schen Bohrmaschine gemacht wurden; sie führten ihn zur Erfindung einer neuen, welche er sich patentiren liess und welche dann auch aus-

schliesslich zur Durchbohrung des Tunnels in den Cottischen Alpen verwendet wurde.

Am 12. Januar 1861 begann die mechanische Bohrung, am 25. December 1870 war sie beendigt, und am 17. September 1871 wurde die Bahnstrecke eröffnet.

Der grosse Tunnel ist 12233,5 m. lang, sein höchster Punkt liegt 1294 m. über dem Meer. 10587,55 m. wurden mit Maschinen gebohrt, nachdem von 1857 an 1646 m. von Hand gebohrt waren.

Seit 1872 ist eine vierte Alpenbahn im Bau begriffen, die *Gotthardbahn*. Sie soll Luzern und Zug, resp. Zürich mit Bellinzona verbinden. Die eigentliche Bergbahn führt durch den Kanton Uri hinauf bis Göschenen, von hier durch einen grossen Tunnel nach Airolo und auf der Südseite der Alpen hinab nach Biasca.

Der Gedanke, eine Eisenbahn über den Gotthard zu führen, ist so alt wie die Eisenbahnen in der Schweiz überhaupt — ja er tauchte sogar schon in den vierziger Jahren, also vor der Erbauung von Eisenbahnen, auf, als La Nicca Studien über die Möglichkeit anstellte, Schienen über den Lukmanier oder den Splügen zu legen.

Damals schon regten sich sowohl im Kanton Uri wie auch im Kanton Tessin Regierung und Bevölkerung, um für solche Eventualität auch den Gotthardpass in Konkurrenz zu bringen. Das Memoriale des Professors Cataneo und die technischen Gutachten des tessinischen Oberingenieurs Lucchini bewiesen den Eifer, mit welchem man die Frage einer Gotthardbahn schon damals erfasste.

Im Jahre 1852 trat Ingenieur Koller, damals Chef des eidgenössischen Eisenbahnbureaus — von da an der unermüdliche Träger und Förderer der Gotthardbahnhildee und des endlich aus derselben entstandenen Unternehmens —

in einem an die Regierungen von Preussen, Italien und der Schweiz gerichteten Gutachten über die schweizerischen Alpenbahnen, nach sorgfältiger Vergleichung der hauptsächlichsten in Betrachtung kommenden technischen Elemente, für den Gotthard ein, daneben nur noch den Splügen in Frage lassend.

Bei allen damaligen Studien konnte man selbstredend nur daran denken, die starken Neigungen, welche die Gebirgstäler bilden, mit schiefen Ebenen und ausserordentlichen Betriebssystemen zu überwinden; denn man gedachte die Bahn bis auf die Scheitelhöhe des Passes oder doch bis in deren Nähe zu führen, und nur schüchtern traten schon damals Vorschläge zur Durchbrechung des Gebirges mit langem Tunnel auf.

Erst im Anfang der fünfziger Jahre gewann das Projekt einer Gotthardbahn ernstere Gestalt. Unter Führung der Centralbahn und reger Theilnahme aller beteiligten Kantone bildete sich für dieselbe ein Comité, welches energische Anstalten zu näheren Studien traf.

Während die technischen Untersuchungen bisher nur nach den allgemeinen Karten des Generalstabes im Massstab 1 : 100000 und den eidgenössischen Triangulirungen und Höhenvermessungen durchgeführt worden waren, schritt dieses Comité zur selbstständigen Aufnahme von Plänen im Massstabe 1 : 10000, welche es mit Horizontalkurven von 10 m. versehen liess.

Gestützt auf diese Aufnahmen projektierte auf der nördlichen Seite Landammann Müller, auf der südlichen der Oberingenieur Lucchini an den Zufahrtslinien zum Gotthard, wobei der erstere schon die Idee des jetzigen grossen Tunnels von Göschenen bis Airolo anregte und dessen Vortheile darlegte.

Im Spätjahre 1861 begann der Oberingenieur Wetli in Lugano im Auftrag des Gotthard-Comité seine Untersuchungen und bearbeitete nach diesen Plänen das erste vollständige Generalprojekt der Gotthardbahn, dessen geniale Konzeptionen vielfach durchschlagend geblieben sind.

Im Frühjahr 1862 musste Wetli's Arbeit in Folge ungünstiger finanzieller Verhältnisse noch unvollendet abgebrochen werden.

Für den Durchbruch der Alpen hatte er zwei Projekte entworfen: Ein oberes, in welchem der Tunnel $1\frac{1}{2}$ Kilometer jenseits Hospenthal in der Höhe von 1497 m. über dem Meere beginnt, eine Länge von 9,8 Kilometer erhält und in einer Höhe von 1415 m. an der Südseite mündet; der höchste Punkt liegt 1515 m. über dem Meer. Zum Bau dieses Tunnels sollten zwei Schächte abgeteuft werden, einer im Reussthal von 268 m. Tiefe und einer aus dem Tremolathal von 285 m. Tiefe. Das zweite, untere Projekt lässt den Tunnel bei Abfrut, oberhalb Göschenen, in der Höhe von 1216 m. beginnen, 7237,5 m. weit mit 18 ‰ steigen bis zum Kulminationspunkt 1346 m. über dem Meer und dann 8200 m. mit 18 ‰ fallen bis zur südlichen Mündung 1198 m. über dem Meer. Zum Bau dieses 15437,5 m. langen Tunnels projektirte Herr Wetli vom Urserenthal aus einen Schacht von 166 m. Tiefe in 5000 m. Entfernung von der nördlichen Mündung, einen zweiten vom Tremolathal aus, mit 25 ‰ gegen Norden fallend und 1800 m. lang, und einen dritten von 296 m. Tiefe, gerade über dem Kulminationspunkt, vom Thalgrunde der Gotthard-Reuss aus.

Einen weiteren Schritt vorwärts machte die Angelegenheit erst im Jahre 1863, als auch die Nordostbahn dem Comité beitrat.

Das nunmehr von einer grössern Anzahl von Kantonen und den beiden Gesellschaften der Nordostbahn und der Centralbahn unter dem Präsidium des Nationalrathes Dr. Alfred Escher, damaligem Präsidenten der Nordostbahn-Direktion, neu organisirte Comité veranstaltete neue gründlichere Untersuchungen sowohl in technischer, wie auch in kommerzieller Beziehung.

Das Resultat derselben ist einerseits das sogenannte Expertenprojekt der Herren Oberingenieur Beckh und Oberbaurath Gerwig, begleitet von ihrem „technischen Gutachten“, anderseits das „kommerzielle Gutachten“ und die „Rentabilitätsberechnung“ der Herren Koller, Schmidlin und Stoll, welche im Anfange des Jahres 1865 im Druck erschienen.

Beckh und Gerwig projektiren einen 14,8 Kilometer langen Tunnel direkt von Göschenen nach Airolo, vergleichen aber damit auch die von ihnen etwas modifizirten zwei Projekte Wetli's von Göschenen über Hospenthal und über Abfrut nach Airolo. Die Bahn von Flüelen bis Biasca wird nach ihrem direkten Projekte 20,2, resp. 6,4 Kilometer kürzer, als nach den beiden andern; der höchste Punkt derselben liegt 307,5, resp. 121,5 m. tiefer; die Baukosten sind um Fr. 11205310, resp. Fr. 5324474 geringer, dagegen ist die Bauzeit um 3—4 Jahre länger, als bei dem Projekt über Hospenthal, und etwa gleich lang, wie für das über Abfrut. Da aber auch die durchschnittliche Steigung um 2,43 % geringer, die Gesamtlänge aller Tunnel um 8959 m. kürzer und die Betriebskosten um Fr. 615000 jährlich niedriger sind als bei der Linie über Hospenthal, und der Betrieb selbst viel sicherer ist als auf der höheren Linie, so kann gegenüber der grossen Wichtigkeit des Unternehmens und den grossen Vortheilen

der direkten Linie die mit derselben verbundene Vermehrung der Bauzeit von 3 bis 4 Jahren nicht in Anschlag kommen.

Zum Bau des Tunnels projektiiren sie einen Schacht vom Urserenthal aus, 3550 m. von der nördlichen Tunnel-Mündung entfernt und 303 m. tief. Sie nehmen an, die Zeit zur Anfertigung und Aufstellung der mechanischen Einrichtungen vor den Tunnel-Mündungen betrage 1 Jahr, die Durchbohrung von 3550 m. Tunnel zwischen der nördlichen Tunnel-Mündung und dem Schacht erfordere à 500 m. per Jahr 7,1, also im Ganzen 8,1 Jahre; inzwischen werde am Schachte geschehen sein die Aufstellung der kleinen mechanischen Einrichtungen, welche 0,25 Jahre erforderte, die Abteufung des Schachtes, 303 m. à 0,35 m. per Tag in 866 Tagen oder 2,37 Jahren, so dass nach 2,62 Jahren vom Schacht aus die Handbohrung in südlicher Richtung beginnen konnte und in dem Rest von 5,48 Jahren à 200 m. per Jahr 1096 m. vorgerückt sei. Die Summe der Maschinen- und Handbohrung in 8,1 Jahren beträgt also $3550 + 1096 = 4646$ m., und der Rest, welcher der Maschinenbohrung bis zum Kulminationspunkt noch übrig bleibt, beträgt $7400 - 4646 = 2754$ m., wozu à 500 m. per Jahr noch 5,51 Jahre und zur gänzlichen Vollendung des Tunnels weitere 0,25 Jahre, also zur Erstellung der nördlichen Hälfte des Tunnels mit Hülfe eines Schachtes im Ganzen $8,1 + 5,51 + 0,25 = 13,86$ Jahre erforderlich sind. Auf der Südseite bedarf man, weil dort kein Schacht möglich ist, um bis zum Kulminationspunkte vorzudringen, $7400 : 500 + 1 + 0,25 = 16,05$ Jahre. Wenn der Wasserzudrang im Tunnel es zulässt, kann von der Nordseite her der Kulminationspunkt überschritten und die Differenz von 2,19 Jahren auf die Hälfte oder 1,095 Jahre und die ganze Bauzeit auf 14,955 oder

rund auf 15 Jahre reduziert werden. Die mechanische Bohrung zu Fr. 2900, die Handbohrung zu Fr. 1610 per Meter berechnet, geben die von Hand gebohrten 1096 m. eine Ersparniss von Fr. 1413840 und hievon die Kosten des Schachtes 303 m. à Fr. 900 mit Fr. 272700 und Fr. 200000 für die mechanische Einrichtung am Schacht abgerechnet, bleibt noch eine Ersparniss von Fr. 941140.

Herr Wetli wurde 1864 vom Gotthard-Comité eingeladen, seine frühere Arbeit zu vervollständigen. In einem Bericht, welcher dem technischen Gutachten der Herren Beckh und Gerwig angehängt ist, erklärt er, dass er dem Projekte mit tieferem Tunnel, in Hinsicht auf die Konkurrenz mit Brenner und Mont Cenis und in Hinsicht auf das mildere Klima und die geringeren Bau- und Betriebskosten, den Vorzug gegeben habe. Dagegen sei doch nicht unbedingt die tiefste Linie vorzuziehen, sondern diejenige, welche innerhalb der gleichen Höhengrenze durch Theilung der Tunnellänge mittelst des Schachtbaues in jedem Falle eine grössere Sicherheit für das Gelingen des Baues gewährt und zugleich eine bedeutend kürzere Bauzeit und geringere Baukosten in Anspruch nimmt. Deshalb habe er für den Tunnel die Richtung von Abfrut im Göschenenthal nach dem Tessinthal bei der Mündung der Tremola gewählt, welche Linie das Urserenthal bei Hospenthal und das Thal der Gotthard-Reuss unterhalb Mätteli nahezu in der Mitte der Tunnellänge schneidet, von welchen beiden Punkten aus Schächte abgeteuft werden können. Unter der Voraussetzung, dass von jeder Tunnel-Mündung aus mit Maschinenbohrung jährlich 500 Meter und von jedem Schacht aus nach beiden Seiten mit Handbohrung jährlich 200 Meter des Tunnels erstellt werden können, berechnet er die Bauzeit auf 12 Jahre, während der von Beckh und

Gerwig angenommene tiefere Tunnel bei Göschenen mit Anwendung des Schachtes bei Andermatt eine Bauzeit von 15 bis 16 Jahren erfordere. Ueberdies können durch Handbohrung gegenüber der Maschinenbohrung Fr. 1200 bis Fr. 1300 per laufenden Meter erspart werden. Unter Benutzung beider Schächte von Hospenthal und vom Mätteli können bei dem Tunnel von Abfrut 4592 m. von Hand gebohrt werden, während bei'm Bau des Tunnels von Göschenen mit Hülfe des Schachtes bei Andermatt höchstens 1464 m. Handbohrung in Rechnung kommen, was eine Kostendifferenz von über 3 Millionen ausmache. Alle diese Vortheile, Abkürzung der Bauzeit um 3—4 Jahre, grössere Sicherheit im Bau und Betriebe des Tunnels, geringere Baukosten, überwiegen nach Wetli's Ansicht die Nachtheile einer Verlängerung der Bahnlinie von Göschenen bis Abfrut und von der Tremola bis Airolo um 6,56 Kilometer und der um 130 m. grösseren Höhe des Kulminationspunktes.

Was endlich die „Rentabilitäts-Berechnung“ betrifft, so finden die oben genannten Herren bei einem Betrag der Gesamtbaukosten für das ganze Netz der Gotthardbahn von Fr. 193092000 (wenn nur die Strecke Flüelen-Biasca zweispurig gebaut wird) und unter der Voraussetzung einer Subvention von 60 Millionen, von welchen der Unternehmung auch der Zinsengenuss für die halbe Bauzeit, also für 8 Jahre, zu Theil werde, sowie dass das Obligationenkапital die Hälfte des Baukapitals betrage und zu 5 % verzinst werde, für das Aktienkapital eine Dividende von 7,15 % und bei einem Gesamtbaukostenbetrag von Fr. 210802000 für ein ganz zweispuriges Bahnnetz unter den gleichen Voraussetzungen eine Dividende von 5,46 %.

„Wird aber eine so grosse Subvention zu dem vor-

gesetzten Zwecke auch wirklich dargegeben werden? Wenn die Bejahung dieser Frage, angesichts der grossen politischen, volkswirthschaftlichen und kommerziellen Interessen, welche sich für Italien, für die Schweiz, für den Zollverein, sowie für andere Länder an die schweizerische Alpenbahn knüpfen und die nur mittelst der Gotthardbahn ihre volle Befriedigung erreichen können, ungewiss sein könnte, so müsste man die Einsicht, die Thatkraft und den Unternehmungsgeist unserer Zeit selbst in Zweifel setzen.“

Mit diesen Worten schliessen die Herren Koller, Schmidlin und Stoll ihre „Rentabilitäts-Berechnung“ im März 1865.

In Italien hatte die Regierung schon 1860 eine Untersuchung über die Frage der Erbauung einer Eisenbahn über die Schweizer Alpen veranlasst.

Weil man damals in Italien noch allgemein den Bodensee als das Ziel betrachtete, welches durch die neue Eisenbahn über die Alpen erreicht werden sollte, so erklärte die Kommission, der Lukmanier, der in technischer Beziehung als der günstigste betrachtet wurde, verdiene den Vorzug unter den verschiedenen Uebergängen über die Alpen.

Im Sommer 1864 hatte der Minister Menabrea einer Kommission, bestehend aus den Inspektoren Oberty und Della Rocca und den Ingenieuren Rombaux und Ferrucci, den Auftrag ertheilt, die neuesten Studien über die Führung von Eisenbahnen über einige der schweizerischen Alpenübergänge zu prüfen. Menabrea's Nachfolger im Departement der öffentlichen Arbeiten, Jacini, bestätigte diese Kommission und empfahl ihr besonders, sich streng an die Vergleichung der drei rivalisirenden Uebergänge über den Lukmanier, den Splügen und den St. Gotthard

zu halten. Nach etwa einem Jahr angestrengter Arbeit erstattete diese neue technische Kommission einen motivirten Bericht, in welchem alle massgebenden Verhältnisse der drei Uebergänge mit einander verglichen werden und schliesslich erklärt wird: „Der Lukmanier ist derjenige Uebergang über die schweizerischen Alpen, welcher für die Erstellung einer Eisenbahn die günstigsten technischen Verhältnisse darbietet.“

Eine besondere Kommission (Negretti, Oberty, Della Rocca, Biglia, Mella, Ruva, Alby und Ferrucci), welcher die Frage gestellt war, ob es möglich und zweckmässig wäre, statt durch einen langen Tunnel die Alpen auf starken Steigungen mittelst eines der in letzter Zeit erfundenen Systeme zu übersteigen, erklärte, der Hauptzweck Italiens, seinen Handel in die Mitte Europa's auszudehnen, könne nur mittelst langer Tunnel durch die Alpen erreicht werden, durch welche es möglich werde, die Züge nicht auf eine zu grosse Höhe zu heben und keine Steigungen von mehr als 26 % anzuwenden.

Diese Erklärung nöthigte zur Einsetzung einer geologischen Kommission (Sismonda, Stoppani und Giordano), welche erklärte, die 3 vorgeschlagenen Linien bieten keine ausserordentlichen Schwierigkeiten dar, und vom geologischen Standpunkte könne zum Voraus kein merklicher Unterschied zwischen denselben konstatirt werden.

In einem besondern Berichte gab ferner der Ingenieur Grattoni die Erklärung ab, dass nach der Methode der mechanischen Bohrung, wie sie damals am Mont Cenis ausgeführt wurde, der Tunnel durch den Gotthard am leichtesten zu erstellen sei, dann komme der Lukmanier und zuletzt der Splügen.

Da jedoch die neue Bahnlinie den Zweck haben sollte, den internationalen, sowie den Transitverkehr Italiens zu heben, so musste in erster Linie die in dieser Beziehung günstigste Richtung massgebend sein. Der Ritter Rombaux wurde beauftragt, die einlässlichsten Untersuchungen und Berechnungen anzustellen, um die eigentlichen geometrischen Ziele des italienischen Handels jenseits der Alpen festzustellen, und es ergab sich, dass der am direktesten gegen diese Ziele führende Uebergang über die Alpen der über den Gotthard sei.

Um jedoch die Frage nach allen Seiten vollständig zu erschöpfen, ernannte der Minister am 15. Juli 1865 noch eine besondere kommerzielle Kommission, bestehend aus den Senatoren Marquis Bevilacqua und Florio, den Abgeordneten Castagnola, Correnti, Depretis, Devincenzi und Peruzzi, den Präsidenten der Handelskammern von Ancona, Florenz, Genua, Livorno, Mailand, Neapel und Turin, dem Generalkonsul Negri, den Direktoren Maestri und Bertina, den Betriebsdirektoren der oberitalienischen und der Süd-Bahn Amilhau und Ruva. Als Resultat der sechsmonatlichen Arbeit dieser Kommission ergab sich, dass für die Vortheile des Handels der Gotthard die erste Stelle einnehme, der Splügen ihm sehr nahe stehe und der Lukmanier erst die dritte Stelle verdiene, während die drei Uebergänge in Italien vielfach gerade in der umgekehrten Reihenfolge neben einander gestellt worden waren.

Um ihre individuelle Ansicht über den für den Handel günstigsten der drei Uebergänge befragt, gaben 11 Mitglieder der Kommission ihre Ansicht zu Gunsten des Gotthard und 3 für den Splügen ab. Die italienische Regierung entschied sich für die Gotthardbahn, weil sie neben grös-

seren Vortheilen für den Handel die Gewissheit einer schnelleren und leichteren Verwirklichung darbiete, da sie eine geringere Subvention erfordere und die Mitinteressenten jenseits der Alpen zahlreicher, wohlhabender und zu wirksamer Beteiligung durch Uebernahme eines beträchtlicheren Theiles der Subvention geneigter seien.

Mit Note vom 31. März 1869 theilt der Gesandte des Norddeutschen Bundes dem schweizerischen Bundesrathe mit, dass seine Regierung glaubt, mit Rücksicht auf die westlichen Theile des Norddeutschen Bundes und in Erwägung der ihr vorliegenden Berichte und Gutachten, sich im Verein mit Italien *definitiv* und *exclusiv* zu Gunsten des St. Gotthard aussprechen zu sollen.

Mit Note vom gleichen Datum macht der italienische Gesandte dem Bundesrathe die Mittheilung, dass er Instruction besitze, dem Bundesrathe die Annahme der Gottardlinie vorzuschlagen, welche nach den über die verschiedenen Alpenpässe zwischen der Schweiz und Italien durch Kommissionen, die aus vollkommen sachverständigen Männern zusammengesetzt waren, vorgenommenen Studien sowohl vom technischen Standpunkte, als vom Standpunkte der grossen Interessen, denen die Alpenbahn dienen soll, allein die Bedingungen in sich vereinigt, welche eine Ausführung in einer verhältnissmässig kurzen Zeit möglich erscheinen lassen und die Linie zu einer der ersten Handelsstrassen der Welt zu machen geeignet sind.

Mit Note vom 5. April theilt auch der badische Gesandte dem Bundesrathe mit, die Grossherzogliche Regierung gebe gleichfalls dem St. Gotthard für die zu erbauende zentrale Alpenbahn entschieden den Vorzug und würde allein diesem Uebergangspunkte die Unterstützung zuwenden

können, deren Beantragung bei den Ständen des Grossherzogthums sie eventuell sich vorbehält.

Mit Kreisschreiben vom 5. und 7. April gab der Bundesrath den Kantonen und dem Gotthard-Ausschuss Kenntniss von diesen Noten der drei Gesandtschaften und lud den letzteren ein, ihm bis zum 1. Mai diejenigen Eröffnungen zugehen zu lassen, zu denen er sich durch den Inhalt dieser Aktenstücke bestimmt sehen möge.

Unter'm 22. April übermachte der Ausschuss der Gotthardvereinigung dem Bundesrath einen Plan und ein Längenprofil der Gotthardbahn, nach welchen sie sich nördlich von den Alpen in Luzern und in Zug an das schweizerische und südlich von den Alpen in Chiasso und in Locarno an das italienische Eisenbahnnetz anschliessen und die Alpenkette mittelst eines 14,9 Kilometer langen Tunnels durchbrechen soll, für dessen Ausführung binnen $8\frac{1}{2}$ bis 9 Jahren und zu einem festen, etwa 62 Mill. Fr. betragenden Preise verbindliche und alle wünschbaren Garantien darbietende Uebernahmsofferten vorhanden seien.

Das erforderliche Kapital veranschlagt der Gotthard-Ausschuss, je nachdem der während der Bauzeit für das Aktienkapital zu bezahlende Zins zu 5 % oder zu 6 % berechnet wird, auf 162 bis 165 Mill. und geht von der Voraussetzung aus, es seien 90 Mill. in Subventionen, 25—30 Mill. in Obligationen und der Rest in Aktien aufzubringen. Die im Betrage von 15 Mill. in Aussicht genommenen Subventionen der der Gotthardvereinigung angehörigen Kantone und Eisenbahngesellschaften seien als gesichert zu betrachten, und von einem alle wünschbaren Garantien darbietenden Konsortium sei das Anerbieten gemacht, unter der Voraussetzung, dass die Zusicherung von Subventionen für die Ausführung der Gotthardbahn im

Betrage von 80 bis 90 Mill. bis längstens Ende des Jahres erfolge, die Bildung der Aktiengesellschaft herbeiführen zu wollen.

Der Ausschuss freut sich, dem Bundesrath eine Vorlage machen zu können, welche das Zustandekommen einer Gotthardbahn, dieser den Gesammtinteressen der Schweiz am meisten entsprechenden Alpenbahn, in sichere Aussicht zu nehmen gestattet, ohne die Finanzen des Bundes für die Ausführung des grossartigen Werkes irgendwie in Anspruch zu nehmen oder den neuen Schienenweg, welcher dem ganzen Lande zum Frommen gereichen soll, Sonder-Interessen der einen oder der andern Art ausschliesslich oder auch nur vorwiegend dienstbar werden zu lassen.

Das Bahnnetz besteht aus den Stammlinien Goldau-Flüelen-Biasca-Bellinzona und Bellinzona-Lugano-Chiasso und aus den Zweiglinien Goldau-Immensee-Küssnacht-Luzern, Goldau-St. Adrian-Zug und Bellinzona-Locarno. An demselben sind wesentlich zwei Theile zu unterscheiden, nämlich der Alpentunnel durch den Gotthard zwischen Göschenen und Airolo und die Zufahrtslinien zum Alpentunnel. Nach dem letzten, der italienischen technischen Kommission von Ingenieur Koller vorgelegten und von derselben adoptirten Tracé hat der ganze geradlinige Tunnel eine Länge von 14900 m., die Kulminationshöhe in 7000 m. Entfernung von der südlichen Mündung beträgt 1137 m. Für den Bau des Tunnels ist ein Schacht bei Andermatt angenommen von 303 m. Tiefe und 3400 m. von der nördlichen Mündung entfernt.

Vom 15. September bis 13. Oktober 1869 fand in Bern eine Konferenz statt von Delegirten der Eidgenossenschaft, des Königreichs Italien, des Norddeutschen Bundes und des Grossherzogthums Baden, an welcher von der

vierten Sitzung am 27. September an auch Abgeordnete des Königreichs Württemberg Theil nahmen, weil inzwischen auch Württemberg dem Bundesrath erklärt hatte, dass es der Gotthardlinie den Vorzug gebe und die diplomatischen Vertreter des Norddeutschen Bundes, Italiens und Badens ihrerseits erklärt hatten, dass sie es gerne seien werden, wenn der Bundesrath die württembergische Regierung einlade, sich an der Konferenz vertreten zu lassen. Den Vorsitz führte der Bundespräsident Welti, das Sekretariat der damalige Sekretär des eidg. politischen Departements, jetzt Landammann Roth in Teufen.

Die technischen Kommissäre reisten als technische Sektion der Konferenz am Donnerstag, den 16. September, Abends 7 Uhr von Bern an den Gotthard, um die nöthigen Studien an Ort und Stelle zu machen, die zurückgebliebenen Mitglieder der Konferenz aber konstituirten sich als Comité zur Berathung über das Programm der Verhandlungen. Die technische Sektion übernachtete am Montag, den 20. September, in Luzern und kam am 21. Mittags 2 Uhr wieder in Bern an, worauf am 23. wieder eine Sitzung gehalten wurde, in welcher das Programm des Comités angenommen, der Druck des Berichtes der technischen Sektion beschlossen und die nächste Sitzung auf Montag, den 27. September, festgesetzt wurde.

Speziell über den Tunnel berichtete die technische Sektion: Nach den Mittheilungen des Gotthard-Comité habe sich Herr Grattoni bereit erklärt, den 14,9 Kilometer langen Tunnel in $8\frac{1}{2}$ bis 9 Jahren zu erstellen für den Preis von Fr. 4500 per laufenden Meter, also für die Summe von 67 Mill. unter der Voraussetzung, dass der Tunnel auf seine ganze Länge ausgemauert werden müsse. Am Mont Cenis-Tunnel habe der laufende Meter, in Regie ausgeführt,

Fr. 5500 gekostet, sei aber später zu Fr. 4650 in Akkord gegeben worden mit vollständiger Ausmauerung. Nun glaubt aber die technische Sektion hoch zu rechnen, wenn sie annimmt, dass der dritte Theil des Tunnels ausgemauert werden müsse, und da die italienische Kommission für den laufenden Meter Ausmauerung Fr. 800 berechnet habe, so sei das Anerbieten des Herrn Grattoni um zwei Drittel von Fr. 800, also um Fr. 533 auf Fr. 3967 per Meter zu reduziren. Nach dem Projekt von Beckh und Gerwig soll der Meter Fr. 3592 kosten, wovon Fr. 91 für Ausmauerung gerechnet sind; erhöht man diesen Betrag von Fr. 91 auf $\frac{1}{3}$ von Fr. 800, d. h. auf Fr. 267, also um Fr. 176 und fügt noch Fr. 200 per Meter hinzu, weil Beckh und Gerwig von der Voraussetzung ausgingen, es seien 15 bis 16 Jahre zur Erstellung des Tunnels nötig und eine schnellere Ausführung höher zu stehen kommt, so erhält man die Summe von Fr. 3968 per Meter. Die Sektion erklärt desshalb einstimmig und mit voller Ueberzeugung, dass der Gotthardtunnel allerhöchstens Fr. 4000 per laufenden Meter kosten werde und beantragt schliesslich, die Länge des Tunnels auf 14900 m., die Kosten auf Fr. 4000 per Meter, also im Ganzen auf Fr. 59600000 und die Bauzeit auf 9 Jahre festzusetzen.

Was die Höhenlage des Tunnels betrifft, so glaubt die technische Sektion bestimmt erklären zu sollen, dass man mit Rücksicht auf die Aufgabe, welche das St. Gotthard-Werk erfüllen soll, die möglichst leichteste internationale Verbindung durch eine Eisenbahn herzustellen und die Konkurrenz des Brenner und des Mont Cenis zu bestehen, im höchsten Punkt desselben in keinem Fall die Höhe von 1162,5 m. überschreiten soll, wie sie in dem Projekt von Beckh und Gerwig angenommen ist. Ob dieses Projekt,

so wie es ist, ausgeführt werden soll, oder mit der von Herrn Koller vorgeschlagenen Modifikation, nach welcher der höchste Punkt des Tunnels 25,5 m. tiefer zu liegen käme, soll einer weiteren Prüfung aller Details vorbehalten werden.

Diese Anträge wurden in der 5. Sitzung am 29. September ohne Opposition angenommen.

Die technische und die Betriebs-Sektion haben gemeinschaftlich folgende Berechnung aufgestellt:

200000 Reisende à 8 Cts. per Kilometer	Fr. 16000
400000 Tonnen Güter à 8 Cts. per Tonne	„ 32000
Totaleinnahme per Jahr und Kilometer	Fr. 48000
Betriebskosten 50 % der Einnahmen	„ 24000
Netto-Einnahmen per Jahr und per Kilometer	Fr. 24000
und für 263 Kilometer	Fr. 6312000
und diese zu 6,2 % kapitalisiert gibt „ 101806451	
($\frac{3}{5}$ Aktien à 7 % und $\frac{2}{5}$ Obligationen à 5 %).	

Die Baukosten sind berechnet zu „	169965070
Die Zinsen während der Bauzeit „	13034930
	Fr. 183000000

Das Betriebsdefizit für die vor der Vollendung des Tunnels zu eröffnenden Linien „	3992943
	Fr. 186992943

hievon den kapitalisierten Betrag der Netto-Einnahmen	„ 101806451
bleibt erforderliche Subvention	Fr. 85186492

Die Abgeordneten des Norddeutschen Bundes und Badens berechnen die Subsidien zu 85 Mill., der italienische und der württembergische zu 83 Mill., der schweizerische (Escher) zu 89 Mill. Die Kommission beantragt als Mittel

den Totalbetrag der zu leistenden Subvention auf 85 Mill. festzusetzen.

In der 13. Sitzung am 10. Oktober macht der Präsident die Mittheilung, dass die schweizerische Delegation mit einer letzten Anstrengung beschlossen habe, die Subsidie der Schweiz auf 20 Mill. zu erhöhen, unter der Bedingung, dass Italien sein Anerbieten von 45 Mill. aufrecht erhalte und dass sich die deutschen Staaten anheischig machen, die noch fehlenden 20 Mill. zu leisten. Die italienische Delegation erklärte sofort, dass sie die Summe von 45 Mill. festhalte; dagegen erklärte der Delegirte des Norddeutschen Bundes und der württembergische, dass sie sich in keiner Weise über den Betrag ihrer Subventionen aussprechen können, und die badische Delegation bezieht sich auf ihre frühere Erklärung, nach welcher die Grossherzogliche Regierung geneigt sei, sich an der Subvention von 85 Mill. mit der Summe von 3 Mill. zu betheiligen.

Der italienische Gesandte sprach hierauf die Ansicht aus, dass es gut wäre, wenn die Schweiz und Italien unter sich einen Vertrag abschliessen würden, durch welchen sie sich zu den oben genannten Subventionen verpflichten und in welchem das Protokoll für die deutschen Staaten offen bleibe und welcher erst in Kraft trete, wenn diese die noch fehlenden 20 Mill. zugesichert haben.

Am 13. Oktober unterzeichneten sämmtliche Delegirte das Schlussprotokoll, welches alle Bestimmungen enthält, über die man sich geeinigt hatte, und am 15. Oktober schloss die Schweiz mit Italien einen Vertrag, welcher ausser diesen Bestimmungen noch die Subventionen der Schweiz und Italiens festsetzt und die übrigen Staaten, welche das Schlussprotokoll unterzeichnet haben, zum Beitreitt einladet.

Dieser Vertrag wurde von der Schweiz am 27. Juli 1870, von Italien erst am 22. Oktober 1871 ratifizirt. Art. 2 desselben bestimmt, dass der Kulminationspunkt der Gotthardbahn nicht höher als 1162,5 m. über dem Meer zu liegen kommt, der kleinste Radius der Kurven nicht unter 300 m. und die grösste Steigung nicht über 25 % gehen soll. Der zwischen Göschenen und Airolo zu erstellende Tunnel ist in gerader Linie zu erstellen. Die Linie von Flüelen nach Biasca soll doppelspurig gebaut werden, ebenso die Tunnel auf der ganzen Linie Goldau-Bellinzona. Die Dauer der Bauzeit des zwischen Göschenen und Airolo zu erstellenden Tunnels wird in Art. 3 auf 9 Jahre angenommen. Art. 16 setzt den für die Erstellung der Gotthardbahn nöthigen Subventionsbetrag auf 85 Mill. Franken fest. Die Schweiz verpflichtet sich zu einer Beteiligung mit 20, Italien mit 45 Mill. Franken. Die Frist zur Mitwirkung anderer Staaten wird auf 6 Monate festgesetzt, vom 1. November 1869 an gerechnet, jedoch durch einen Zusatzartikel vom 20. April 1870 bis zum 31. Juli 1870 verlängert. Durch eine Uebereinkunft zwischen der Schweiz, Italien und dem Norddeutschen Bund vom 20. Juni 1870 wird die Frist auf den 31. Januar 1871 hinausgerückt und durch Uebereinkunft vom 27. Januar 1871 bis 31. Oktober 1871 verlängert. Endlich 3 Tage vor Ablauf dieses vierten Termins, durch Uebereinkunft vom 28. Oktober 1871 tritt das Deutsche Reich dem Vertrag vom 15. Oktober 1869 zwischen der Schweiz und Italien bei und verpflichtet sich zur Beteiligung an dem Subventionsbetrage mit 20 Mill.

An die 20 Mill. Subvention der Schweiz bezahlen:

Kanton Zürich	Fr.	1500000
" Bern	"	1000000
" Luzern	"	1800000
" Uri	"	1000000
" Schwyz	"	1000000
" Obwalden	"	40000
" Nidwalden	"	20000
" Solothurn	"	300000
" Zug	"	250000
" Baselstadt	"	1200000
" Baselland	"	150000
" Aargau	"	1000000
" Thurgau	"	100000
" Tessin	"	3000000
" Schaffhausen	"	150000
Centralbahn } Nordostbahn } gemeinsam	"	7020000
Stadt Bern	"	100000
" Luzern	"	350000
" Zofingen	"	20000
	Fr.	20000000

Inzwischen hatte am 10. Oktober 1871 Herr Nationalrath Dr. Alfred Escher im Namen der Gotthard-Union mit Herrn Geheimrath Adolph Hansemann in Berlin im Namen mehrerer deutscher Finanztablissements eine Uebereinkunft abgeschlossen, nach welcher sich der letztere verbindlich macht, das erforderliche Erstellungskapital zu verschaffen durch Bildung eines internationalen Konsortiums und eine Aktiengesellschaft zu gründen zur Konstruktion und zum Betrieb der Gotthard-Eisenbahn. Die vom 1. No-

vember 1871 datirten Statuten dieser Gesellschaft wurden am 3. November 1871 vom Bundesrath genehmigt und nun nach Art. 36 derselben die 24 Mitglieder des Verwaltungsrathes für die ganze Dauer des Baues gewählt: 6 von der Gotthard-Union, 6 vom Bundesrath und 12 von dem internationalen Konsortium der Gotthardbahn (je 4 von der schweizerischen, deutschen und italienischen Gruppe).

Auf Einladung des Comité der Gotthard-Union konstituirte sich der Verwaltungsrath am 6. Dezember 1871 in Luzern, dem Sitze der Gesellschaft, wählte Nationalrath Feer-Herzog zum Präsidenten, Nationalrath Oberst Stehlin zum Vizepräsidenten des Verwaltungsrathes, und hierauf Nationalrath Dr. Alfred Escher zum Präsidenten, Staatsrath Zingg zum Vizepräsidenten, Ständerath Weber zum dritten Mitgliede, Ständerath Köchlin und Oberst Stocker zu Ersatzmitgliedern der Direktion.

Das internationale Konsortium verpflichtete sich, das Aktienkapital von 34 Mill. und das Obligationenkapital von 68 Mill. zu übernehmen und zwar jede der 3 Gruppen zu $\frac{1}{3}$, die Aktien zu 95 % mit 3 % Provision, die Obligationen zu 97 %, abzüglich 2 % Provision.

Das internat. Konsortium wurde wie folgt konstituirt:

a) Deutsche Gruppe:

Diskonto-Gesellschaft in Berlin	Fr. 7820000
Bank für Handel und Industrie in Darmstadt	5780000
A. v. Rothschild & Söhne in Frankfurt	5780000
Schaafhausen'scher Bankverein in Köln	4080000
S. Oppenheim jun. & Cie. in Köln	4080000
Generaldirektion der Königl. Seehandlungss-	
Societät in Berlin	3400000
J. Bleichröder in Berlin	3060000
	Fr. 34000000

b) Italienische Gruppe:

Allgemeine Provinz- und Gemeinde-Kredit-	
Gesellschaft in Florenz	Fr. 16600000
Nationalbank in Florenz	" 15000000
A. Uzielli in Livorno	" 400000
Bank in Turin	" 750000
U. Geiser & Cie. in Turin	" 1100000
C. F. Brot in Mailand	" 150000
	Fr. 34000000

c) Schweizerische Gruppe:

Schweizerische Nordostbahngesellschaft in	
Zürich	Fr. 9000000
" Centralbahngesellschaft in	
Basel	" 9000000
" Kreditanstalt in Zürich . .	" 8500000
Basler Handelsbank	" 1500000
Bischoff zu St. Alban in Basel . .	" 1500000
Rudolph Kaufmann in Basel . . .	" 1000000
Bank in Luzern	" 1000000
Aargauische Bank in Aarau . . .	" 1000000
Berner Handelsbank	" 500000
Bank in Schaffhausen	" 750000
Thurgauische Hypothekenbank . .	" 250000
	Fr. 34000000

Am 21. Dezember 1871 waren wirklich einbezahlt:	
40 % des Aktienkapitals	Fr. 13600000
Die erste Serie der Obligationen . .	" 12000000
	Fr. 25600000

Die Mitglieder des Konsortiums übergaben überdiess an die Kasse der Gesellschaft Fr. 11200000 = 20 % der noch nicht liberirten Obligationen als Kaution für die Uebernahme derselben. Dagegen hat die Gesellschaft ihrerseits

eine Kauktion von 10 Mill. Franken bei der eidg. Staatskasse hinterlegt, wie sie vom Bundesrath festgesetzt worden ist.

Bis zur Eröffnung des grossen Gotthardtunnels wird das einbezahlte Aktienkapital mit 6 % verzinst.

Am 16. November 1872 setzte der Verwaltungsrath der Gotthardbahn die Einzahlung der weiteren Serien der Obligationen fest:

Für die 2. Serie von Fr. 18000000 den 20. November 1873.

" " 3. " " 18000000 " 31. Mai 1875.

" " 4. " " 20000000 " 31. März 1877.

Die dritte Einzahlung von 20 % der Aktien fand vom 30. März bis 3. April 1875 statt.

Um die Lage der Tunnelaxe genau feststellen zu können, wurde 1869 im Auftrag des Gotthard-Comité eine Triangulation von Ingenieur Gelpke ausgeführt und dazu in der Ebene von Andermatt eine Basis von 1450,44 m. Länge gemessen, mit einem 20 m. langen Stahlband von Kern in Aarau; dasselbe wurde nach einer Nivellirlatte gleichmässig und horizontal gespannt und die beiden Streckstäbe jedesmal richtig eingesenkt.

Ebenso wurde auf Verlangen des Gotthard-Comité 1869 unter der Leitung der schweizerischen geodätischen Kommission von Benz ein Präzisions-Nivellement ausgeführt. Das direkte Präzisions-Nivellement und das trigonometrische Nivellement differieren nur um 98 mm.; das erstere ergab als Unterschied zwischen den Signalen in Göschenen und Airole 18,986 m., das zweite 19,084 m.

Ein zweites Präzisions-Nivellement, 1872 von Spahn ausgeführt, ergab eine auffallende Uebereinstimmung zwischen den beiden in einem Zwischenraum von 3 Jahren

von verschiedenen Ingenieuren und mit verschiedenen Instrumenten ausgeführten Operationen. Man ist jetzt im Stande, die Höhe eines beliebigen Punktes der Linie Luzern-Locarno auf 3 cm. genau zu bestimmen.

1870 wurde die Tunnelrichtung ebenfalls von Gelpke oberirdisch ausgesteckt. Sie ist durch 11 Jalons zwischen Göschenen und Airolo und je eines über diese Punkte hinaus (in den Felsen des Meggelenstockgrates rückwärts Göschenen und gegen Alpe Piscium südlich von Airolo) fixirt, welche alle wenigstens vom vorhergehenden und nächstfolgenden aus sichtbar sind, mit Ausnahme der auf dem Kastelhorn und auf Fortunëi, welche beide nur von einer Seite her gesehen werden können, also sich gegenseitig verdeckt bleiben.

1871 wurde die Basis durch Gelpke noch einmal gemessen mit einem neuen, von Prof. Wild in Zürich angegebenen, sehr einfachen Basis-Messapparat, beschrieben von Gelpke im „Civil-Ingenieur“, Jahrgang 1872.

Um jedoch das Zusammentreffen der beiderseitigen Richtstollen im Tunnel absolut sicher zu stellen, liessen die Direktion und der Verwaltungsrath der Gotthardbahn im Jahr 1874 eine zweite Triangulation ganz unabhängig von der ersten durch einen andern Beobachter mit einem andern Instrument und nach wesentlich andern Grundsätzen ausführen. Nachdem die Winkel-Beobachtungen für diese neue Triangulation einer streng wissenschaftlich durchgeführten Ausgleichungsrechnung unterworfen worden, ergab sich eine nahezu absolute Genauigkeit der ausgeführten Operation. Nach den angestellten Berechnungen beträgt nämlich die Wahrscheinlichkeit, dass die als Ergebniss der neuen Messungen auf beiden Seiten abgesteckten Axen in der Mitte des Tunnels nur 4 cm. von der die beiderseitigen

Observatorien verbindenden Geraden abweichen, 1 zu 1, d. h. es ist ebenso wahrscheinlich, dass sie gar nicht davon abweichen, als dass sie um 4 cm. abweichen. Eine Abweichung von 30 cm. und nicht mehr kann aber schon mit einer Wahrscheinlichkeit von einer Million gegen Eins erwartet werden. Es übersteigt somit die Genauigkeit der neuen Axbestimmung die praktischen Anforderungen bereits in hohem Grade. Die neue Richtungsangabe weicht übrigens von derjenigen, welche vorher massgebend war, in Airolo nur um circa 1 Sekunde alte Theilung nach Osten und in Göschenen nur um circa 5 Sekunden ebenfalls nach Osten ab. Diese Abweichungen sind sehr unbedeutend, und die fast gänzliche Uebereinstimmung der von zwei verschiedenen Geodäten auf verschiedene Weise erzielten Resultate erhöht die Wahrscheinlichkeit eines äusserst genauen Zusammentreffens der Axrichtung beim einstigen Durchschlage des Stollens.

Von Zeit zu Zeit wird die Arbeit im Tunnel in Bezug auf die Richtung der Stollen kontrolirt, indem man mit einem genau gerichteten Instrument vom Observatorium soweit als möglich direkt in den Tunnel visirt und die Richtung mit einem andern Instrument bis vor Ort überträgt. Zu diesem Zwecke sind an beiden Enden des Tunnels sogenannte Visir- oder Richtungs-Gallerien erstellt worden, und auf der Seite von Airolo wird sogar der Tunnel, welcher dort in einer 145 m. langen Kurve von 300 m. Radius in die Station übergeht, noch 165 m. weit in gerader Richtung fortgesetzt.

Bei Göschenen hat man durch den Felsen, welcher die Göschenen-Reuss von der Gotthard-Reuss trennt, eine 114 m. lange Gallerie erstellt, wodurch das Observatorium auf dem linken Ufer der Göschenen-Reuss errichtet werden

könnte und die Visirlinie bis zum Eingange des Tunnels auf 590 m. verlängert wurde. Bei Airolo ist die offene Visirlinie 348 m. lang.

Um die Operation möglichst zu beschleunigen, während welcher natürlich alle Arbeit im Tunnel unterbrochen werden muss, ist das Innere des Tunnels mit dem Observatorium durch eine Telegrapheneinrichtung verbunden.

Mit Ausnahme dieser kurzen Strecke bei Airolo ist die Richtung des Tunnels geradlinig; sie weicht vom Meridian, d. h. von der Richtung von Süd nach Nord nur um $4^{\circ} 55' 30,4''$ gegen Westen ab und zieht sich ziemlich mitten unter dem Dorfe Andermatt hin. Der höchste Punkt liegt nahezu in der Mitte der Tunnellänge, wie beim Mont Cenis-Tunnel, da aber die Tunnelmündung bei Airolo 36 m. höher liegt, als die bei Göschenen, so ist das Gefälle gegen Süden kleiner als gegen Norden.

Die Horizontale des Bahnhofes Göschenen liegt 1109 m. über dem Meer; von ihrem südlichen Ende ist das Tunnel-Portal 25 m. entfernt, und steigt die Bahn auf 7500 m. Länge (also im Tunnel auf 7475 m.) mit 5,82 ‰ und dann auf 1350 m. Länge mit 1 ‰. Sie erreicht so die Höhe der 390 m. langen Scheitelstrecke des Tunnels 1154 m. über dem Meer, worauf sie mit 0,5 ‰ auf 1180 m. und dann mit 2 ‰ auf 4205 m. fällt und damit 300 m. innerhalb der Tunnelmündung auf der horizontalen Höhe der Station Airolo 1145 m. über dem Meere ankommt.

Die Gesamtlänge des Tunnels beträgt 14900 m., die des geraden Tunnels, einschliesslich des 165 m. langen Richtungstunnels bei Airolo 14920 m. oder nahezu $3\frac{1}{9}$ Stunden; er ist sehr nahe so lang wie die Bahnstrecke zwischen den Bahnhöfen von St. Gallen und Rorschach.

Der Querschnitt des Tunnels hat dieselbe Form und Grösse wie beim Mont Cenis-Tunnel. Ein Halbkreis von 8 m. Weite überspannt das an der Sohle auf 7,6 m. sich verengende Profil, die lichte Höhe über den Schwellen beträgt 6 m., die Sohle hat, von der Mündung aus gesehen, von rechts nach links ein Gefälle von 1 zu 40 und an der tiefsten Stelle einen Wasserabzugskanal. Die Fläche des Tunnelprofils beträgt etwa 45 qm., da jedoch nach den bisherigen Erfahrungen nicht nur circa $\frac{1}{3}$, sondern die ganze Länge des Tunnels ausgemauert werden muss, so wird sich der wirkliche Aushub auf einen Querschnitt von nahe 60 qm. erstrecken, und man wird eine Gesteinsmasse von nicht viel weniger als 900000 Kbm. oder über 33 Mill. Kubikfuss aus dem Berge herausschaffen müssen, eine Masse, mit welcher man die Bahnlinie zwischen St. Gallen und Rorschach auf ihre ganze Breite mehr als 40' hoch überdecken könnte.

Nachdem der Oberingenieur der Gotthardbahn am 2. April 1872 ernannt worden war, wurde schon unterm 5. April für die Ausführung des grossen Alpentunnels in den wichtigsten Publikations-Organen der Schweiz, Deutschlands und Italiens, sowie in den geeignetsten Zeitungen von Deutsch-Oesterreich, Böhmen, Ungarn, Belgien, England und Amerika allgemeine Konkurrenz eröffnet und die Bauunternehmer unter genauer Angabe der auszuführenden Arbeiten, der verfügbaren Wasserkräfte und der geologischen Formationen, welche der Tunnel nach kompetenten Angaben voraussichtlich zu durchschneiden haben wird, eingeladen, bis zum 18. Mai in möglichst bestimmter Fassung zur Kenntniss der Direktion zu bringen, unter welchen Bedingungen, nach welchem Verfahren, innerhalb welcher Frist und mit welchen Garantien sie anbieten, den

Gotthardtunnel oder eine Hälfte desselben fertig herzustellen. Dabei wurde der Wunsch ausgesprochen, dass in den Angeboten die gesammte Vergütung für fertige Herstellung des Tunnels mit Einschluss der Hülfsmaschinen, Gerüste, Materialien und in den 3 Einheitspreisen für Tunnelausbruch, Gewölbemauerung und Rauhmauerung ausgedrückt werde.

Innerhalb der anberaumten Frist sind Eingaben erfolgt von

1. Herrn Louis Favre, Bauunternehmer in Genf.
2. Società Italiana di Lavori pubblici in Turin.
3. Direktor Grandjean in Chauxdefonds für sich und Namens einer Gesellschaft, welche die Baudirektion den Herren Lavelley & Bridel übertragen würde.
4. Machine Tunneling Company in London.
5. Patent Tunneling & Mining Machine Company in London.
6. Maschinenbau-Aktiengesellschaft Humboldt in Kalk bei Deutz.
7. A. D. Munsen, Agent der American Diamond Drill Company in Paris.

Drei Bewerber (Nr. 3, 6 und 7) hatten nur den Wunsch geäussert, dass ihnen gestattet werde, nach Ablauf der Frist Eingaben an die Direktion gelangen zu lassen, was auch bewilligt wurde.

Direktor Grandjean hat auch unterm 15. Juni ein bestimmtes Angebot eingereicht; von der American Diamond Drill Company dagegen ist keine weitere Eröffnung an die Direktion gelangt, und die Maschinenbau-Gesellschaft Humboldt hat unterm 17. Juni erklärt, dass sie nicht im Falle sei, zu konkurrieren. Die Offerte der Patent Tunneling & Mining Machine Company war so unbestimmt gefasst, dass

eine Berechnung der Gesammtforderung nicht möglich gewesen wäre; überdiess brachte diese Gesellschaft eine Art der Tunnelbohrung in Vorschlag, welche noch nie praktisch in Anwendung gekommen war, so dass die Direktion sich nicht veranlasst finden konnte, auf eine genauere Prüfung des Angebotes zu dringen. Dagegen wurden die vier übrigen Bewerber eingeladen, ein letztes Angebot zu machen. Nachdem dies geschehen, wurde von dem Anerbieten der Machine Tunneling Company in London Umgang genommen, abgesehen von andern Gründen, weil die Preise sich erheblich ungünstiger gestalteten als die anderer Konkurrenten.

Die Direktion hielt auch nicht für angemessen, mit Herrn Direktor Grandjean und seiner Gesellschaft in definitive Unterhandlungen einzutreten, weil sich letztere immer mehr als eine französische darstellte und ihr abschliessliches Angebot finanziell nur wenig günstiger war als das der Società Italiana di Lavori pubblici, so dass schon mit Rücksicht auf die Stellung, in welcher sich Italien der Gotthardbahn gegenüber befindet, dem Anerbieten der letztern der Vorrang einzuräumen gewesen wäre.

Somit blieben nur Herr Favre und die Società Italiana übrig und angesichts der beidseitigen letzten Angebote konnte die Direktion keinen Augenblick anstehen, sich zu Gunsten des Herrn Favre zu entscheiden. Die Società Italiana hat nämlich 9 Jahre Bauzeit für den Tunnel beansprucht, während Herr Favre nur 8 Jahre verlangt hat; ferner hat sie sich den Verfall der Kautions von 8 Mill. Fr., welche die Direktion von dem Unternehmer verlangte, erst gefallen lassen wollen, wenn der Tunnel nach 11 Jahren nicht vollendet wäre, während Herr Favre den Verfall der Kautions schon zugestanden hat, wenn er den Tunnel nach 9 Jahren nicht ausgebaut haben sollte. Ueberdiess stellte

sich das finanzielle Ergebniss des Angebots der italienischen Gesellschaft um $12\frac{1}{2}$ oder, wenn auch Zinseszinsen und entgangene Konventionsstrafen in Rechnung gezogen werden, um $15\frac{1}{2}$ Mill. Franken ungünstiger für die Gotthardbahngesellschaft als dasjenige der Offerte des Herrn Favre. Endlich wollte die italienische Gesellschaft eine Reihe von Bedingungen in den Vertrag aufgenommen wissen, von denen manche unausweislich zu beständigen Streitigkeiten hätten führen müssen.

Herr Favre hat in der Eigenschaft eines Unternehmers schon sehr bedeutende Eisenbahnarbeiten und darunter erhebliche Tunnelbauten in einer Weise ausgeführt, welche ihm die ungetheilte Anerkennung der bauleitenden Ingenieure erworben und sich überdiess für die Ausführung des Gotthardtunnels die wissenschaftliche Mitwirkung des vom Baue des Mont Cenis-Tunnels her vortheilhaft bekannten Herrn Prof. Colladon in Genf gesichert. Herr Favre erfreut sich eines seltenen Zutrauens seiner Mitbürger, in Folge dessen er wesentlich auch von Genf aus in den Stand gesetzt worden ist, die geforderte Kaution von 8 Mill. Fr. zu leisten.*)

Nach dem am 7. August 1872 von der Direktion mit Herrn Favre abgeschlossenen Vertrag und dem Nachtragsvertrage vom 21./25. September 1875 übernimmt Herr Favre die Herstellung des Gotthardtunnels vollständig auf

*) Als Ende Oktober 1873 viele der von Herrn Favre als Kaution deponirten Werthpapiere gefallen waren und dieselbe desshalb den Betrag von 8 Mill. nicht mehr ganz erreichte, deponirte Herr Favre auf erfolgte Einladung weitere Werthe im Betrag von circa Fr. 100000; da aber nachher die Papiere wieder stiegen, hatte die von Herrn Favre deponirte Kaution schon am 31. Dezember 1873 einen Werth von Fr. 8141973. 75!

seine Gefahr lediglich gegen Vergütung der festgesetzten Einheitspreise auf Ausmass.

Diese Vergütung beträgt nach Art. 3 des Vertrages:

a) Für den laufenden Meter des Tunnel-Ausbruchs, einschliesslich des fertig herstellten, eingedeckten und soweit nöthig gemauerten Wasserabzugkanals und einschliesslich des Ausbruchs der Nischen	Fr. 2800
b) Für den Kubikmeter Gewölbe und anderen nur aus Quadern oder quaderartigen Steinen herstellten Mauerwerks	" 75
c) Für den Quadratmeter Sichtfläche der unter b) genannten Mauerwerke	" 20
d) Für den Kubikmeter gewöhnlichen Mörtelmauerwerks	" 40
e) Für den laufenden Meter Beschotterung durch die ganze Breite des Tunnels sammt gut überkiesten Fusswegen längs der beiden Widerlager	" 22
f) Für den laufenden Meter einfaches Eisenbahngleise, wozu die Schwellen, Schienen und Befestigungs-Materialien im Laufe des Jahres 1879 von der Gotthardbahngesellschaft auf die Bahnhöfe von Göschenen und Airolo, oder auf einen derselben geliefert werden	" 4

In Entfernungen von 100 zu 100 m. werden einander gegenüber stehend in beiden Tunnelwänden Nischen von 2 m. Breite, 1 m. Tiefe und 2,1 m. Höhe angelegt. Alle Kilometer wird an der einen Tunnelwand an Stelle der Nische eine Kammer mit 10,1 qm. Grundfläche und 2,5 m. Höhe angebracht. An der gegenüberstehenden Tunnelwand werden an Stelle dreier noch näher zu bezeichnenden

Nischen Kammern mit 34,8 qm. Grundfläche und 3,5 m. Höhe hergestellt.

Die Sohle des Dohlens soll 1,35 m. unter Schwellenhöhe liegen und wenigstens das Gefälle der Bahn erhalten.

Die Breite des Dohlens richtet sich nach dem abzuleitenden Wasserquantum.

Die obigen im Vertrage vom 7. August 1872 festgesetzten Preise für Mauerwerk gelten jetzt nur noch für ausserordentliche Mauerungen, wie Tunnelportale, theilweise Mauerungen in den Widerlagern etc. Für die normale Tunnelmauerung gilt ein neuer Tarif, welcher je nachdem die Ausmauerung nur in einem mehr oder weniger grossen Gewölbe ohne oder mit 1 oder mit 2 Widerlagern und mit einer Gewölbstärke von 40, 50, 60 oder 70 cm. besteht, einen Preis von 515 bis 1310 Franken für den laufenden Meter festsetzt und wenn die Ausmauerung ein vollständiges, auch am Boden geschlossenes Gewölbe bildet, mit einer Gewölbstärke von 70, 80, 90 oder 100 cm. einen Preis von 1925 bis 2470 Franken für den laufenden Meter.

Nach dem Voranschlag des jetzigen Oberingenieurs W. Hellwag vom Januar 1876 berechnet sich die Ausmauerung des ganzen Tunnels auf 14 Mill. Franken, die Erstellungskosten desselben im Ganzen auf Fr. 57500000. Die italienische Kommission vom Jahr 1865 hatte die Kosten zu Fr. 4800 per Meter ohne Schacht und zu Fr. 3000 per Meter mittelst Schacht erstellten Tunnels auf Fr. 68028000 berechnet, die internationale Kommission von 1869 zu Fr. 4000 per Meter auf Fr. 59600000, unter der Voraussetzung, dass nur $\frac{1}{3}$ der Länge ausgemauert werden müsse, und Gratttoni hatte damals dem Gotthard-Comité das Anerbieten gemacht, den Tunnel für Fr. 4500 per Meter, also für die

Totalsumme von 67 Mill. zu erstellen mit Ausmauerung auf die ganze Länge.

Nach der Berechnung von Hellwag wird der ganz fertige, mit allem Nöthigen ausgerüstete Tunnel einschliesslich der technischen Bauleitung Fr. 60880900 kosten und mit dem auf denselben fallenden Anteil an Zinsen bis zur Eröffnung sämmtlicher Linien, an den Kosten der Centralverwaltung und an der Rückerstattung der Baarauslagen des früheren Gotthard-Comité Fr. 63373900.*)

„Der Gotthardtunnel muss innerhalb 8 Jahren, vom 1. Oktober 1872 an gerechnet, in allen Theilen vollendet sein.“

Die Gotthardbahngesellschaft zahlt Herrn Favre eine Prämie von Fr. 5000 für jeden Tag früherer Vollendung, wogegen Herrn Favre ein Abzug von Fr. 5000 für jeden Tag späterer Vollendung innerhalb der ersten 6 Monate und von Fr. 10000 für jeden Tag späterer Vollendung während der folgenden 6 Monate gemacht wird. Hat die Verpätung ein volles Jahr erreicht, so wird Herr Favre ausser Akkord gesetzt und die von ihm geleistete Kaution von 8 Mill. Franken verfällt der Gotthardbahngesellschaft zu Eigenthum.

Herr Favre trifft die Anstalten für die Ausführung des Gotthardtunnels nach seinem Gutfinden. Er beschafft die nach seiner Ansicht für den Tunnelbau zur Anwendung

*) Die im Betrieb stehenden tessinischen Thalbahnen haben Fr. 51607400 gekostet, die übrigen Linien der Gotthardbahn berechnet Hellwag zu Fr. 174390200, also das gesamte Gotthardbahn-Netz sammt Tunnel auf Fr. 289371500; davon stehen zur Verfügung das Subventionskapital mit Fr. 85000000, die Aktien und Obligationen mit Fr. 102000000, zusammen Fr. 187000000, und fehlen also Fr. 102371500, welche die in Aussicht stehende neue internationale Konferenz auf irgend eine Weise herbeizuschaffen suchen soll.

zu bringenden Maschinen, Geräthe und Einrichtungen aller Art. Die hieraus erwachsenden Kosten werden bis zu der Bauschalsumme von 4 Mill. Fr. von der Gotthardbahn-Gesellschaft bezahlt, derselben aber von dem Unternehmer nach Vollendung des Tunnels unter Vergütung der Zinsen zu 5 %, jedoch ohne Berechnung von Zinseszinsen zurückgestattet, und bis dieses geschehen ist, bleiben Maschinen, Werkzeuge und Einrichtungen absolutes Eigenthum der Gesellschaft, auf deren Namen auch die Immobilien eingeschrieben sind. Der Nominaletat der Installationen (Boden, Gebäude, Maschinen etc.) wird einmal im Jahre verifizirt. Ende 1874 hatte Herr Favre die ganze Bauschalsumme von 4 Mill. Franken für Installationen von der Gesellschaft bezogen.

Das Gotthard-Comité hatte sich unter'm 27. April 1871 bereit erklärt, die bei der Durchbohrung des Mont Cenis gebrauchten Maschinen und Materialien zu einem von 4 Experten festzusetzenden Preise zu übernehmen, sofern sie sich zur Durchbohrung des St. Gotthard eignen, nach dem besten bei'm Beginn der Arbeiten am Gotthard bekannten Systeme konstruirt und in gutem Stande seien.

Diese Verbindlichkeit ging auf die Gotthardbahngesellschaft über und wurde von dieser Herrn Favre überbunden, welcher sich direkt mit der italienischen Regierung verständigte, indem er das ganze Inventar des Mont Cenis-Tunnels für Fr. 630442. 05 Cts. übernahm, welche Summe die italienische Regierung im Einverständniss mit dem Bundesrath von ihrer ersten Subventions-Einzahlung zurückbehalten hat.

Die ersten Transporte dieses Inventars kamen im Februar 1873 in Göschenen und Airolo an. Sie bestanden

hauptsächlich in Röhren für Wasser- und Luftleitungen, sowie in Werkzeugen und Maschinen für die Werkstätte.

Ebenso hatte sich der Bundesrath unter'm 26. März 1871 auf den Wunsch der italienischen Regierung und in dem Bestreben, die bei der Durchbohrung des Mont Cenis gemachten Erfahrungen möglichst zu Nutzen zu ziehen, verpflichtet, dafür zu sorgen, dass die Gotthardbahngesellschaft den Ingenieuren und dem technischen Personale, welches im Besitze dieser Erfahrungen sei, einen billigen Anteil an den Arbeiten des grossen Gotthardtunnels gewähre. Dessenhalb behielt sich die Gotthardbahngesellschaft in dem Vertrag mit Herrn Favre das Recht vor, das erwähnte Personal zur Hälfte in die Rechte und Pflichten eintreten zu lassen, welche für Herrn Favre aus dem Vertrage sich ergeben. Der Bundesrath ersuchte die italienische Regierung, den Vertrag denjenigen Personen mitzutheilen, zu deren Gunsten die Erklärung des Bundesrates vom 26. Mai 1871 verlangt worden sei. Die italienische Regierung lehnte dann die Beteiligung an dem mit Herrn Favre abgeschlossenen Vertrag ab.

Die schnellere oder langsamere Ausführung des Tunnels hängt natürlich in erster Linie von den geognostischen und geologischen Verhältnissen ab, und die Gotthardbahn hat desshalb auch eine eigene geologisch-montanistische Abtheilung bei der Centralbauleitung der Gotthardbahn gegründet, an deren Spitze Herr Dr. Stapff steht, der früher vorzüglich in Schweden und in Deutschland beschäftigt war. Mit grosser Sorgfalt werden von ihm die geologischen Verhältnisse geprüft und verzeichnet und Sammlungen von Handstücken angelegt, welche in liberalster Weise an 61 Anstalten versandt werden, welche sich darum beworben haben, an eine englische, 11 italienische, 23 deutsche und

25 schweizerische, unter letztern auch an das hiesige naturhistorische Museum.

Das Hauptgestein, aus welchem die zu durchbrechenden Felsmassen bestehen, ist Gneiss und Gneiss-Granit, welche mit Glimmerschiefer, Hornblende und andern Gesteinen abwechseln. Dazwischen befindet sich auf jeder Seite eine Schichte Kalk.

Auf der Seite von Airolo fliesst viel Wasser aus dem Tunnel, zeitweise bis 230 Liter per Sekunde (im Juli 1875 bis 348 Liter) und erschwert die Arbeit in dem Tunnel oft bedeutend. Ohne Zweifel ist desshalb das früher auf 1% festgesetzte Gefälle auf dieser Seite auf 2% erhöht worden. In Folge dieses Wasserabflusses in den Tunnel sind zwei Brunnen in Airolo abgestanden und der Mühlenbach hat so sehr abgenommen, dass auf einen regelmässigen Betrieb der drei dort befindlichen Mühlen nicht mehr gezählt werden konnte. Für die Brunnen mussten Quellen auf dem rechten Abhang des Tessinthalen angekauft und in einer langen eisernen Leitung nach Airolo geführt werden, den drei Mühlenbesitzern musste zusammen eine Entschädigung von Fr. 38679. 20 Cts. bezahlt werden.

Um keine Zeit zu verlieren, liess die Direction der Gotthardbahn die Arbeiten an den Einschnitten vor dem Tunnel in Göschenen am 4. Juni, in Airolo am 1. Juli 1872 in Regie beginnen.

Herr Favre hat seine Arbeit in Airolo am 13. September, den jetzigen Richtungsstollen in Göschenen am 24. October angefangen. Der Bau des Tunnels wird nach der sogenannten belgischen oder französischen Methode in

der Art ausgeführt, dass man in der Gegend, wo der höchste Theil des Gewölbes hinkommen soll, einen sogenannten *Richtungsstollen* von etwa 6 qm. Querschnitt treibt, 2,5 m. hoch und etwa ebenso breit. Hierauf folgt der Ausbruch des Segmentes auf beiden Seiten des Richtungsstollens, dann wird auf einer Seite des Tunnels ein Einschnitt von etwa 3 m. Breite, der *Sohlenschlitz* bis auf die Sohle eingetrieben und zwar weil er gegen 4 m. hoch ist, in zwei Abtheilungen, einer oberen von 1,5 und einer unteren von 2,5 m. Höhe. Zuletzt wird auch der untere Theil des Tunnels auf die ganze Breite ausgeweitet und der Wasserableitungskanal erstellt.

Der österreichische Oberingenieur F. Rziha hat am 30. Januar 1875 in einem Vortrag im österreichischen Ingenieur- und Architektenverein den Bau des St. Gotthard-Tunnels einer Beurtheilung unterworfen, weil er überzeugt ist, dass die dort eingeschlagenen Dispositionen zum Verlust von Zeit und Geld führen werden, zur Herbeiführung enormer Schwierigkeiten geeignet erscheinen und demnach leicht Veranlassung sein können, die Alpentunnel überhaupt und den Arlbergtunnel insbesondere schwieriger hinzustellen, als die Wissenschaft es heute berechtigt.

Er anerkennt die grosse Genauigkeit und Sicherheit der geodätischen Arbeiten, der Triangulation und des Nivellements, bezeichnet auch die Bohrarbeit, wie sie am Gotthard betrieben wird, als einen ausserordentlichen Fortschritt der Technik, dagegen entspreche das belgische System des Tunnelbaues dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft nicht mehr, müsse als ein irrationalles bezeichnet werden, und keine andern Ingenieure als diejenigen der belgischen und französischen Schule vertheidigen und gebrauchen dieses unglückliche System. Die Wahl

des Firststollens bei einem langen, durch maschinelle Bohrung des Vorstollens herzustellenden Alpentunnel nennt er eine gänzlich verfehlte und glaubt, die rechtzeitige Vollendung des Tunnels müsse ganz bestimmt als verloren betrachtet werden, wenn der Richtstollen nicht ungesäumt aus der Firste in die Sohle verlegt werde.

Dagegen hat der Ingenieur Kaufmann, gegenwärtig Inspector der Gotthardbahn über sämmtliche Tunnelbauten, in einer besondern Schrift, „Der Bau des Gotthardtunnels“ die beiden entgegengesetzten Verfahren, den Bau mit Sohlenstollen und den Bau mit Firststollen, beschrieben und nachgewiesen, dass man der Ventilation wegen gezwungen ist, prinzipiell zu dem am Gotthard eingeführten Betriebe des Tunnelabbaues überzugehen, und dass es namentlich in Airolo geradezu unmöglich wäre, vom obern auf den untern Stollen überzugehen.

Herr Favre hatte also Recht, wenn er den in Regie getriebenen, bereits 25 m. langen Sohlenstollen in Göschenen nicht fortsetzte, sondern sofort den Firststollen über demselben in Angriff nahm.

Bei der grossen Härte des Gesteins am Gotthard muss natürlich alles weggesprengt werden, und Herr Favre hatte von Anfang an die Absicht, wie es beim Bau des Mont Cenis-Tunnels schon geschehen war, nach der Methode von Colladon die nöthigen Bohrlöcher mittelst Bohrmaschinen in den Felsen zu treiben, die Bohrmaschinen durch comprimirte Luft von grosser Spannung in Thätigkeit zu setzen und diese comprimirte Luft mittelst Pumpen zu erzeugen, die von Turbinen getrieben werden, für welche auf der Nordseite die Reuss, auf der Südseite der Tessin und die Tremola die nöthigen Wasserkräfte liefern sollten.

Aber am Anfang hatte man weder Bohrmaschinen, noch Compressoren, noch Turbinen, die Arbeit musste von Hand begonnen werden und schritt nur langsam vorwärts, während man zu gleicher Zeit die nöthigen Wasserleitungen und die Gebäude für die Maschinen erstellte.

Man kann sich leicht denken, mit welch grossen Schwierigkeiten diese Arbeiten an so kleinen und hochgelegenen Orten wie Göschenen und Airolo verbunden waren. Göschenen hatte noch 1865 nur 140 Einwohner und bot so gut wie gar keine Hülfsmittel; das Terrain war äusserst ungünstig, und der geeignete Raum für einen Werkplatz musste erst geschaffen werden. Grattoni hatte desshalb auch in seinem Gutachten an das italienische Ministerium vom Jahre 1865 die zur Erstellung der erforderlichen Einrichtungen nöthige Zeit in Airolo auf 2 Jahre, in Göschenen aber auf 3 Jahre berechnet, Beckh und Gerwig berechneten sie für beide Orte auf ein Jahr, und Herr Favre hat in Göschenen 6 Monate, in Airolo 9 Monate nach Uebernahme der Arbeiten mit der mechanischen Bohrung begonnen.

Nachdem eine Dampfmaschine als Motor und 2 provisorische Compressoren aufgestellt waren, fand am 31. März 1873 in Göschenen der erste Versuch der mechanischen Arbeit statt mit Bohrmaschinen von Dubois & François in Seraing, wie sie seit mehreren Jahren schon in belgischen, französischen und in einer schlesischen Kohlengrube im Gebrauche waren. In Airolo begann die mechanische Arbeit am 24. Juni 1873 mit 4 gleichen Maschinen. Seither sind neben diesen noch Bohrmaschinen verwendet worden, construirt von dem Amerikaner Mac Kean, von dem Ingenieur der Gotthardtunnel-Unternehmung Ferroux, von Turrettini in Genf und Anderen.

Es gibt jetzt mehr als 20 verschiedene Apparate zum Eintreiben von Bohrlöchern in hartes Gestein. Der wesentlichste Theil bei allen ist wie bei einer Dampfmaschine ein Cylinder, in welchem ein Kolben hin und her bewegt wird, indem Luft von hoher Spannung abwechselnd von beiden Seiten auf ihn drückt. Jede Maschine hat ihre besondern Vorzüge und ihre Nachtheile, jede ist unter gewissen Verhältnissen die beste. Am 31. December 1874 waren in Göschenen 24 Maschinen Dubois & François, 13 Mac Kean, 42 Ferroux und 88 Sommeiller, im Ganzen 167 Bohrmaschinen, in Airolo 16 Dubois & François, 23 Mac Kean, 14 Ferroux, 38 Sommeiller und 1 Mercier, zusammen 92 Maschinen. Die vielen Sommeiller Maschinen waren beim Bau des Mont Cenis-Tunnels gebraucht worden und waren von Herrn Favre mit dem übrigen Material von der italienischen Regierung gekauft.

Die Bohrmaschinen geben gewöhnlich 250 bis 300 Stösse in der Minute und drehen den Bohrer nach jedem Stosse ein wenig, damit er sich nicht einklemmt, die ganze Bohrmaschine wird entweder von Hand, meist aber durch die Maschine selbst auf ihrem Unterlagrahmen vorwärts geschoben in dem Masse, als die Bohrlöcher tiefer werden.

Aus einem hinter der Bohrmaschine auf einem Wagen liegenden Behälter wird durch den Druck der comprimirten Luft fortwährend Wasser mit grosser Kraft in die Bohrlöcher getrieben, wodurch die Bohrer abgekühlt und die Löcher gereinigt werden. Die Bohrer sind aus vorzülichem Stahl, müssen aber bei jedem Loch von 1 bis 1,2 m. Tiefe etwa sechsmal gewechselt werden, und die Bohrmaschinen selbst bedürfen häufiger Reparaturen, meist in Folge von Brüchen der Hauptkolbenstangen, welche durch die fortwährenden Stösse ihre sehnige Struktur verlieren

und krystallinisch werden. Zu 100 Meter Bohrlöcher brauchten 6 Dubois & François Maschinen 668 frisch geschärfte Bohrer und 24,3 Stunden, während 6 Ferroux Maschinen nur 621 Bohrer und 15,9 Stunden brauchten. Während dieser Arbeit mussten 6,3 von der erstern und 3,5 der letztern Art in Reparatur geschickt werden.

Die Reparaturkosten betrugen im letzten Vierteljahr von 1874 per Meter Bohrloch bei Ferroux Maschinen Fr. 2. 43 Ct., bei Dubois & François Fr. 4. 27 Ct.

Eine Ferroux Maschine consumirt bei jedem Kolbenstosse 2,3, eine Dubois & François Maschine nur 1,6 Liter comprimirte Luft, letztere arbeitet noch gut bei 3 Atmosphären Druck, während die Ferroux Maschine bei diesem geringen Druck schon ungenügende Arbeit liefert.

Vor und nach Neujahr 1876 hat man im Tunnel Versuche mit einer vervollkommeneten Ferroux Maschine gemacht, welche leichter als die bisherige (sie wiegt 180 Kg. statt 250) und aus weniger einzelnen Theilen zusammengesetzt ist. Bei Versuchen ausserhalb des Tunnels in einem harten granitischen Gneiss hat die Maschine mit einem Druck von 6 effectiven Atmosphären einem Bohrer von 35 mm. Durchmesser 450 Stösse in der Minute ertheilt und in dieser Zeit ein Loch von 6 Cm. Tiefe gebohrt. In Airolo wird gegenwärtig ein neues Modell von Mac Kean angewendet.

Die Bohrmaschinen sind gewöhnlich zu sechs, theils neben, theils über einander auf einem gemeinsamen Gestell angebracht, auf welchem sie in bestimmten Richtungen befestigt werden und gleichzeitig arbeiten. Auf den Querschnitt des Richtstollens von etwa 6 Qm. werden in der Regel 20 bis 24 Löcher von 1 M. bis 1,2 M. Tiefe gebohrt.

Das Bohren sämmtlicher Löcher erfordert im Durchschnitt $3\frac{1}{2}$ bis 4 Stunden, worauf die Maschinen zurückgestellt und die Bohrlöcher mit Dynamit gefüllt werden (etwa 1 Kg. per Loch), bekanntlich einer Mischung von Nitroglycerin mit Kieselguhr. Das Einfüllen der Bohrlöcher, Sprengen und Wegräumen des Schuttens erfordert ungefähr eben soviel Zeit wie das Bohren von 24 Löchern mit 6 Maschinen, so dass in 24 Stunden gewöhnlich etwas über drei „Angriffe“ gemacht werden können.

Ein Bohrmaschinen-„Posten“ besteht aus 1 Vorarbeiter, 4 Mineurs, 2 Mechanikern, 8 Handlangern und 1 Laufburschen, der Lade- und Schutter-Posten besteht aus 22 Mann.

Zum Betrieb der Bohrmaschinen dient comprimirte Luft, welche ihre Spannung durch grossartige, von Colladon construirte Compressoren erhält. Ende 1873 waren vor jeder der beiden Tunnelmündungen 3 Gruppen, jede mit 3 wagrecht liegenden Pumpen aufgestellt; jetzt sind auf jeder Seite 5 solche Gruppen, und für 2 weitere, welche am 1. Juli d. J. geliefert werden sollen, wird ein geeigneter Platz hergerichtet.

Um die Erhitzung der Luft während des Comprimirens möglichst zu verhüten, sind der Cylindermantel, der Kolben und die Kolbenstange jeder Pumpe hohl und werden durch fortwährend einströmendes Wasser beständig abgekühlt, während doppelt filtrirtes Wasser in fein zertheiltem Zustand in die Pumpencylinder eingespritzt wird, oder wie in Göschenen nach der Construction von Roy & Cie. in Vevey aus einer Oeffnung am obern Theil des Kolbens auströmt, sich rings um die Mitte desselben verbreitet und zwischen dem Kolben und der Wand des Cylinders durch in die in diesem befindliche Luft dringt.

Jede Gruppe von 3 Compressoren liefert per Minute 4 Cbm. comprimirte Luft von 7 Atmosphären Spannung in grosse cylindrische, an beiden Enden abgerundete Behälter von Eisenblech, aus denen sie in eisernen Röhren in den Tunnel geleitet wird, wo die Bohrmaschinen nur durch starke Kautschukschlüche mit der Röhrenleitung in Verbindung gesetzt werden dürfen, um ihre Thätigkeit sofort zu beginnen.

Von den Luftreservoirs gehen zunächst 20 Cm. weite gusseiserne Röhren in den Tunnel, welche sich längs des fertigen Widerlagers auf der Kämpferhöhe hinziehen; im Sohlenschlitz liegen 15 Cm. weite, schmiedeiserne Röhren, in der Nähe der ersten Bohrmaschinen für Segmentausbruch zweigen sie in die Sohle des Firststollens ab, wo sie der Hauptbahn entlang liegen; vom zweiten Bohrgestell bis vor Ort kommen 10 Cm. weite, schmiedeiserne Röhren zur Verwendung. Zum Schutze gegen Beschädigungen durch Sprengstücke werden alle Röhren durch Schutt bedeckt. In dem Masse als sämmtliche Arbeiten vorrücken, werden die engeren Röhren gegen weitere vertauscht.

Die Compressoren werden in Göschenen durch Girard'sche Radturbine mit horizontaler Axe betrieben, welche einen Durchmesser von 2,4 M. haben und in der Minute 160 Touren machen. Sie sind, wie die Compressoren, von B. Roy & Cie. in Vevey geliefert worden.

Die Minimalwassermenge der Reuss kann auf 1200 bis 2000 Liter per Secunde geschätzt werden, und das Strombett der Reuss gestattete einen Fall von 93 M. mittelst einer etwa 926 M. langen Leitung zu erlangen, indem man das Reservoir des treibenden Wassers 796 M. oberhalb der Turbine anlegte.

In Airolo bietet der Tessin nicht hinreichenden Fall dar, desshalb wurde zunächst die Tremola, ein Nebenfluss des Tessin, benutzt. Ihre Minimalwassermenge beträgt aber oft nicht einmal 300 Liter, und in der kältesten Jahreszeit nur 200 Liter per Sekunde. Um diese geringe Wassermenge nutzbar zu machen, musste man die ausserordentliche Fallhöhe von 181 m. erreichen. Das Wasser der Tremola wird 1585 m. über dem Meer, 437 m. über den Turbinen in einem 680 m. langen hölzernen Kanal in den Chiesso geleitet, aus diesem in ein Reservoir 1328 m. über dem Meer und von hier in einer 842 m. langen eisernen Leitung von 62 cm. innerem Durchmesser auf die Poncelet'schen Tangentialräder mit vertikaler Axe. Diese Räder haben 1,2 m. Durchmesser, 100 Kammern und machen 350 Touren in der Minute. Sie sind von Escher, Wyss & Cie. in einem Stück aus Bronze gegossen, welche dem Stosse des Wassers von 18 Atmosphären Druck besser widersteht als Eisen oder Stahl.

Jetzt wird aber auch dem Tessin Wasser entnommen, nahe an der Fontana-Brücke im Bedretto-Thale 1256 m. über dem Meer, durch eine hölzerne Leitung von etwa 3 Km. Länge in ein Reservoir geleitet und von dort unter 90 m. Druck durch eine eiserne Leitung von 75 cm. Durchmesser und 680 m. Länge auf die Girard-Turbinen gerichtet, welche an den gleichen vertikalen Axen über den Tangentialrädern angebracht sind, die von der Tremola getrieben werden, so dass man je nach Umständen in Airolo die Kompressoren durch die Tremola oder durch den Tessin oder durch beide betreiben kann und 1000 Pferdekräfte oder darüber zur Verfügung hat.

In Göschenen wie in Airolo liegen die Axen aller Compressorengruppen in einer geraden Linie und können

alle mit einander gekuppelt werden, damit jede Gruppe von der Turbine der neben ihr liegenden getrieben werden kann, wenn ihre eigene einer Reparatur bedarf.

Die Maschinen derselben Art sind alle nach dem gleichen Modell gearbeitet, und von den der Abnutzung am meisten ausgesetzten Theilen sind Ersatzstücke in genügender Zahl vorhanden, welche in alle Maschinen passen, so dass die Reparaturen in möglichst kurzer Zeit bewerkstelligt werden können.

Die Arbeit im Tunnel findet auf beiden Seiten in folgender Art statt: Am weitesten vorgerückt oder in den Berg eingedrungen ist der Richtstollen, an dessen Vortreibung immer energisch gearbeitet wird und welcher z. B. im Jahr 1875 durchschnittlich auf jeder Seite täglich sehr nahe um 3,5 m. vorgerückt ist. Weiter zurück wird auf einer Seite neben dem Richtstollen an der Segmenteerweiterung gearbeitet und noch weiter zurück an der auf der andern Seite des Richtstollens. Da die Wurfweite der Dynamitminen circa 150 m. beträgt, so müssen die verschiedenen Arbeitsstellen 200 bis 300 m. hinter einander liegen. Diese drei Angriffsstellen befinden sich im obersten Theile des Tunnels, unter ihnen ist noch der Berg und auf diesem führen Schienengeleise gegen die Mündung des Tunnels. Wieder näher bei dieser wird an dem Sohleschlitz gearbeitet, welcher auf einer Seite des Tunnels in einer Breite von etwa 3 m. bis auf die Sohle des Tunnels niedergetrieben wird! Da dieser Schlitz etwa 4 m. tief ist, so muss er in 2 Abtheilungen getrieben werden, der obere 1,5 m. tiefe Theil wird von Hand oder mit einzelnen vertikal arbeitenden Maschinen Mac Kean auf beweglichem Gestell, der untere 2,5 m. tiefe Theil wird mit Maschinen auf festem Gestell getrieben. Auf dem neben dem Schlitz

noch stehenden Berge führt ein Geleise neben demselben her und in dem Schlitz ist ebenfalls ein Geleise. Sofort nach dem Abfeuern der Minen an den 3 Arbeitsstellen in der oberen Etage werden die „Berge“, d. i. das zertrümmerte Gestein, auf Rollwagen von 0,9 Kbm. Inhalt neben den Sohlenschlitz geführt und durch zwei hölzerne Schläuche in die im Schlitz bereit stehenden Wagen ausgekippt. Ein „Angriff“ im Richtstollen füllt 10 Wagen, der laufende Meter der Segmentabschnitte gibt ebenfalls je 10 Wagen.

Wieder in angemessener Entfernung hinter der Arbeit am Sohlenschlitz wird an der vollständigen Ausweitung des Tunnels, an der „Strosse“ gearbeitet, d. h. am Ausbruch des auf der rechten Seite noch stehenden etwa 5 m. breiten und 4 m. hohen Berges, und von dieser Arbeitsstelle bis zur Mündung ist der Tunnel auf seine ganze Breite von 8 m. und auf seine ganze Höhe von 6 m. ausgebrochen. Am innern Ende dieser Strecke, welche z. B. in Göschenen Ende März 1876 etwa 900 m. lang war und am Anfang des Sohlenschlitzes befindet sich der „Elevator“ mit seinem Accumulator, eine mit comprimirter Luft getriebene Maschine, welche die mit Gewölbesteinen beladenen Wagen, die in den Tunnel herein geführt werden, einzeln in die obere Etage hinauf hebt. Der Elevator kann in der Stunde 8 beladene Steinwagen heben, während für den laufenden Meter Tunnelgewölbe 6 Wagenladungen Steine erforderlich sind. Da aber alle Schuttwagen für die obere Etage (Richtstollen und Segmenteerweiterung) und den Sohlenschlitz durch den Elevator zu fahren haben, sowie alle reparaturbedürftigen Gestelle, Maschinen, Bohrer, Wagen etc., so muss sich in der Nähe desselben ein Zweiggeleise befinden, auf welches die beladenen Steinwagen inzwischen gestellt werden. Alle 2 bis 3 Monate muss der

Elevator mit seinem Accumulator vorwärts versetzt werden, was 1—2 Tage in Anspruch nimmt, für welche Zeit Steine, Maschinen etc. im Vorrath herbeigeführt werden müssen.

Zwischen der Mündung des Tunnels und dem Elevator wird der Transport der Wagen durch Lokomotiven besorgt, welche mit comprimirter Luft betrieben werden, im Sohlenschlitz durch Pferde und in der oberen Etage theils durch Pferde, theils von Hand.

Auf jeder Seite des Tunnels sind zwei Lokomotiven, eine ältere und eine neuere. Die ältere, von 12 Pferdekräften, bezieht ihren Bedarf an komprimirter Luft aus einem cylindrischen Behälter von Eisenblech von 16 Kbm. Inhalt, welchen sie mit sich führt und der aus der Haupt-Luftleitung gefüllt wird, also mit Luft von 7 Atmosphären Spannung. Der grosse Luftbehälter, den die Maschine führen muss, ist sehr schwer und absorbirt einen grossen Theil der Kraft, so dass die Maschine nur eine verhältnissmässig kleine Last schleppen kann. Deshalb hat die neuere Maschine einen Behälter von nur 7 Kbm. Inhalt, welcher aber mit Luft von 14 Atmosphären Spannung gefüllt wird. Zur Erzeugung dieser Luft von grösserer Spannung dienen auf jeder Seite des Tunnels 4 besondere Compressoren, welche neben den andern Compressoren-Gruppen aufgestellt sind und von den gleichen Wellen getrieben werden wie diese, aber die Luft in zwei besondere Reservoirs von 50 m. Länge liefern.

Ueber den Fortschritt beim Bau des Gotthardtunnels wie über das, was noch zu leisten ist, geben die nachstehende Tabelle und das Arbeitsprogramm (Art. 15 des Nachtragsvertrags vom 21./25. September 1875) deutliche Auskunft. Es ist daraus ersichtlich, dass, so gross auch die Fortschritte sind, welche im Verlaufe der Arbeit bis-

Uebersicht über die Fortschritte bei'm Bau des Gotthard-Tunnels.

	1872	1873		1874		1875		1876	Jährlicher Fortschritt
	1. Viertel	2. Viertel		1. Viertel		1. Viertel		1. Viertel Jahr.	
Firststollen . . .	121	132	175	365	404	390	371	496	528
Segment-Erweitrg.						256	187	181	264
Sohlenschlitz . . .	82	128	86	205	237	351	204*	214	240
Strosse (Vollaushr.) .						58	52	115	159
Gewölbemauerung .	13	90	42	—	—	19	144	110	237
Widerlager**) . . .		36	208	—	—	10	162	19	84
Vollendung . . .									

*) Bis Ende Juni 1874 geben die Berichte alle Aushebungen ausser dem Richtstollen unter dem allgemeinen Titel: „Elargissement complet et partiel“. Die Arbeiten in Calotte, Cunette und Strosse werden erst vom 1. Juli 1874 an getrennt angegeben.

**) Die Zahlen bezeichnen die Erstellung der Widerlager auf der Ost- und auf der Westseite des Tunnels zusammen gerechnet.

Arbeitsprogramm für den Gotthard-Tunnel.

Bezeichnung der Arbeit	Vollendungs-Termin	Anzahl der verfügbaren Monate	Am 1. August zu 1875 noch Leistungen zu 31. Dezember bis 1875	1876	1877	1878	1879	1880
Firststollen	1. Jan. 1880	53	10580	584	2496	2508	2496	2496
Segment-Erweiterung .	1. Mai 1880	57	13030	666	2558	2854	2952	3000
Sohlenschlitz	1. Juni 1880	58	13160	618	2688	2844	2856	2904
Strosse	1. Sept. 1880	61	14180	636	2268	2904	3000	3204
Gewölbe	1. Aug. 1880	60	13670	582	2316	2904	2952	3096
Widerlager	1. Okt. 1880	62	14420	656	2472	2904	2952	3096
Vollendung	1. Okt. 1880	62	14670	642	2208	3000	3096	3204

her gemacht wurden, doch immer noch mehr geleistet werden muss, wenn der Tunnel zur bestimmten Zeit, d. h. am 1. Oktober 1880 ganz fertig sein soll. Die im Januar aus dem Tunnel ausgehobene Masse beträgt bei Göschenen 4538 Kbm., entsprechend einer Länge von 100 m. ganz ausgegrabenem Tunnel, und bei Airolo 2843 Kbm., entsprechend 63 m. Tunnel. Ueber die Arbeit am Sohleenschlitz bei Göschenen im Januar d. J. sagt der 38. Monatsbericht des Bundesrathes: „Obschon man mit viel Eifer und ohne Unterbrechung gearbeitet hat, war es nicht möglich, den im Programm vorgesehenen Fortschritt von 112 m. zu erreichen; man wird dies erst erreichen und die Rückstände nachholen können, wenn die neuen Compressoren aufgestellt und mehrere andere in der Ausführung begriffene Verbesserungen vollendet sein werden.“

Der energische Unternehmer, welcher schon so viele und so grosse Schwierigkeiten glücklich überwunden hat, wird es gewiss an fortwährenden Verbesserungen nicht fehlen lassen, bis er die sichere Erreichung seines Ziels zur rechten Zeit bestimmt vor Augen hat.

Fügen wir zum Schlusse noch einige Bemerkungen bei über die besonderen Schwierigkeiten und Eigenthümlichkeiten des Baues eines sehr langen und sehr tief gelegenen Tunnels, welche hauptsächlich in der Ventilation während der Bauzeit ihren Grund haben.

Der Gotthard-Tunnel ist bei Weitem der längste Tunnel, welcher bis jetzt gebaut worden ist, er ist um mehr als $\frac{1}{5}$ länger als der Mont Cenis-Tunnel, mehr als 2mal so lang als der Hoosac-Tunnel in Amerika, 6mal so lang als der Hauenstein-Tunnel und 10mal so lang als der längste Tunnel der Semmering-Bahn.

Während man früher die Tunnel nicht sehr tief legte, um den Bau derselben durch Erstellung von Schachten zu erleichtern und zu befördern, auch die Kosten zu vermindern, sucht man jetzt die einer Bahnlinie sich entgegen stellenden Bergrücken in möglichst geringer Höhe zu übersteigen, was nur in einem sehr langen und sehr tief unter der Oberfläche gelegenen Tunnel möglich ist. Man scheut weder die grossen Schwierigkeiten eines solchen Tunnelbaues, besonders seit der Mont Cenis-Tunnel glücklich vollendet ist, noch die grossen Kosten desselben, welche durch den leichteren und sichereren Betrieb der Bahn reichlich aufgewogen werden.

Aber ein solcher Tunnel kann nicht auf die gleiche Art erstellt werden wie viel kürzere oder viel weniger tief gelegene Tunnel, welche ausser von den beiden Enden auch von einem oder mehreren Schachten aus in Angriff genommen werden können. Die Hauptschwierigkeit bei'm Bau eines langen Tunnels ohne Schachte besteht in dem Mangel alles Luftwechsels, aller Ventilation, wenn sie nicht durch künstliche Mittel verursacht wird. Die Luft darf nicht auch noch durch die Verbrennungsprodukte von Pulver oder gar von Dynamit verschlechtert werden, oder wenn dieses doch geschehen muss, so muss auch wieder ausgiebig für frische Luft gesorgt werden.

Als der Ingenieur Maus im Auftrag des Königs von Sardinien die Bahnverbindung zwischen Sardinien und Piemont mit dem grossen Tunnel zwischen Modane und Bardoneche projektierte, hatte er die Absicht, um das Pulver zu vermeiden, den Felsen durch eine Anzahl von Meiseln zu bearbeiten, wozu er eine eigene Maschine konstruiert hatte, auf welche die ausserhalb des Tunnels sich befindende bewegende Kraft mittelst eines endlosen Seiles übertragen

werden sollte. Zur Ventilation sollten grosse Ventilatoren (Windflügel) verwendet werden. Herr R. La Nicca, welcher sich damals schon mit der Eisenbahn über den Lukmanier beschäftigte, hatte den Versuchen mit der Maus'schen Maschine in der Nähe von Turin beigewohnt und theilte auf der Rückreise die Resultate der Versuche und die Pläne des Herrn Maus in Genf Herrn Colladon mit. Dieser erkannte sofort die Möglichkeit, durch comprimirte Luft eine bewegende Kraft in den Tunnel zu bringen und dadurch denselben zugleich zu lüften. Er stellte zunächst Versuche an über die Bewegung der Gase in Röhren und als diese ein günstiges Resultat ergaben, verlangte er in Piemont ein Patent für eine Reihe von Verfahren zur Durchbohrung von Tunnels, welche sich auf die Anwendung von comprimirter Luft gründen. Diese Idee von Colladon und die Erfindung der Bohrmaschine durch Bartlett veranlassten, wie schon früher angegeben, die sardinische Regierung den Bau des Mont Cenis-Tunnels auszuführen. Eine Anzahl der neuen und patentirten Ideen Colladons wurden dabei verworfen, leider ohne Erlaubniss und ohne Entschädigung des Patentinhabers.

Die von Sommeiller verbesserten Bohrmaschinen wurden durch comprimirte Luft in Thätigkeit gesetzt, welche aus grossen Reservoirs in den Tunnel geleitet wurde; die Maschinen zur Erzeugung der comprimierten Luft, die Compressoren, wurden durch Wasserkräfte getrieben, welche sich ausserhalb des Tunnels darboten. Die aus den Bohrmaschinen ausströmende comprimirte Luft nahm wieder ihren ursprünglichen Raum ein und genügte zur Ventilation des Tunnels um so eher, als verhältnissmässig langsam (gegen 4 Jahre lang nur von Hand) gearbeitet und zum Sprengen Pulver verwendet wurde.

Als es sich aber darum handelte, den um mehr als $\frac{1}{5}$ längeren Gotthard-Tunnel in weniger als $\frac{2}{3}$ der Zeit zu erstellen, welche der Mont Cenis-Tunnel erfordert hatte, musste möglichst rasch, d. h. möglichst mit Maschinen gebohrt und zum Sprengen der viel wirksamere Dynamit verwendet werden, welcher die Luft viel mehr verschlechtert als Pulver.

Im Gotthard-Tunnel arbeiten nach Colladon's Angaben auf jeder Seite etwa 400 Arbeiter, jeder mit einer Lampe versehen, welche ebensoviel Luft verbraucht als der Arbeiter selbst. Im Mittel bedarf ein Mann mit einer Lampe 13 Kbm. Luft per Stunde, also ist für 400 Arbeiter eine Menge von 5200 Kbm. Luft nötig. Ferner werden durchschnittlich auf jeder Seite des Tunnels in 24 Stunden 300 Kg. Dynamit zum Sprengen verwendet, also in der Stunde 12,5 Kg. Zu einer guten Lüftung sind nach der Explosion von 1 Kg. Dynamit 100 Kbm. Luft erforderlich, also für 12,5 Kg. Dynamit per Stunde 1250 Kbm., so dass im Ganzen 6450 Kbm. frische Luft in jeder Stunde erforderlich sind. Nun liefern aber die 5 Gruppen von je 3 Compressoren auf jeder Seite des Tunnels in der Minute 20 Kbm. und in der Stunde 1200 Kbm. comprimirte Luft von 7 Atmosphären Spannung, welche sich bei ihrem Austritt aus den Bohrmaschinen auf ihr siebenfaches Volumen, also auf mehr als 8000 Kbm. ausdehnt und zur Ventilation mehr als hinreichend wäre, wenn die frische Luft in demselben Masse, wie sie eindringt, zugleich die verdorbene verdrängen würde, was nur im Richtstollen und in den Seitenausbrüchen der Fall ist, wenn während dem Sprengen der Minen und dem Abführen des gesprengten Gesteins eben so viel comprimirte Luft frei ausgelassen wird, als vorher zum Betrieb der Bohrmaschinen verwendet wurde.

In Folge der mangelhaften Leitung für die compri-mirte Luft und der Störungen in der Thätigkeit der Com-pressoren ist jedoch die Spannung der Luft sehr variabel und oft so gering, dass sie ebensowenig für den guten Betrieb der Bohrmaschinen ausreicht als in der Zwischen-zeit für die vollständige Reinigung der Luft im Richtstollen und der Calotte und natürlich noch weniger für die grosse Ausweitung.

Die der Mündung näher liegenden Arbeitsstellen, wo hauptsächlich von Hand gebohrt wird, entbehren die sehr wirksame, unmittelbare und continuirliche Ventilation durch das Ausblasen der Bohrmaschinen, dagegen wird dort die Luft noch mehr verdorben durch die aus dem Richtstollen und den weiter im Tunnel liegenden Ar-bitsstellen ausgetriebenen schlechten Gase, so dass das Athmen hier sehr erschwert wird. Die Reinigung der Luft erfolgt hier nur sehr spärlich durch zeitweise Oeffnung der an diesen Stellen vorbeiführenden Leitungen für die com-primirte Luft, welche die Arbeiter willkürlich und heim-lich bewerkstelligen. Da sich diese Uebelstände bei regerem Betrieb der Minirarbeiten und bei grösserer Länge des Tunnels stetig vermehren, so ist es unerlässlich, für die Reinigung der Luft in diesen Tunnelstrecken durch beson-dere Einrichtungen zu sorgen, und die Unternehmung hat auch im August 1874 mit der Anlage von Aspiratoren an beiden Tunnelportalen begonnen, und schon im Juni 1875 waren die Gebäude und Aspiratoren fertig hergestellt.

Jeder Aspirator besteht aus 2 grossen eisernen Glocken von 5 m. Durchmesser und 1,5 m. Hub, welche an den beiden Enden eines Balanciers hängen und, vom Wasser getrieben, in jeder Minute 10mal sich heben und senken, wodurch in jeder Stunde 30000 Kbm. schlechte rauchige

Luft aus dem Tunnel entfernt und durch ebensoviel von Aussen zuströmeude frische Luft ersetzt werden. Wenn die nöthige Röhrenleitung erstellt ist, was gegenwärtig geschieht, und die Aspiratoren in Thätigkeit sind, so wird die Lüftung im Gotthard-Tunnel besser sein als in den meisten bisher ausgeführten Arbeiten dieser Art.

Wenn man bedenkt, dass jetzt, etwa $3\frac{1}{2}$ Jahre nachdem Herr Favre seine Arbeit überhaupt begonnen hat, $\frac{2}{5}$ des Richtstollens durchgebrochen sind, obschon man auf einer Seite 6, auf der andern Seite gar 9 Monate lang nur von Hand und dann eine Zeit lang nur mit provisorischen Motoren und Maschinen arbeiten konnte, dass eigentlich erst im September 1875 durch den Nachtragsvertrag die Verhältnisse des Tunnels selbst, sowie die Stellung des Unternehmers zur Direktion und seine Verpflichtungen genauer bestimmt und dass seither auch die übrigen Arbeiten im Tunnel ganz bedeutend gefördert worden sind, so wird man kaum zweifeln können, dass es dem wackern Unternehmer gelingen werde, seine kolossale Aufgabe rechtzeitig zu lösen.

Möge es aber auch dem ganzen Unternehmen der Gotthardbahn gelingen, die Krisis, in welcher es sich im Augenblick befindet, bald glücklich zu überwinden!

Die vorstehende Arbeit wurde zunächst veranlasst durch die interessanten Vorträge, welche Herr Prof. Colladon am 13. und 14. September 1875 bei der 58. Jahresversammlung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Andermatt über den Bau des Gotthard-Tunnels und über die dabei verwendeten Bohrmaschinen hielt und in mir sofort den Gedanken erweckten, der St. Gallischen

naturwissenschaftlichen Gesellschaft, deren einziger Repräsentant in Andermatt ich war, nach meinen Kräften ähnliche Mittheilungen zu machen.

Dies geschah am 29. Februar 1876 und die Gesellschaft beschloss die Aufnahme meines Vortrages in ihren Jahresbericht.

Soviel mir meine Berufs- und Amtsgeschäfte erlaubten, habe ich zu meiner Arbeit nachstehende Quellen benutzt, welche mir durch den Archivar der Gotthardbahn, Herrn Dr. Wanner in Luzern, durch die hiesige städtische Bibliothek, Herrn Bahningenieur Bürgi und Herrn Bauinspektor Hefti zur Verfügung gestellt wurden. Die Erlaubniss, mich an den Archivar der Gotthardbahn zu wenden, verdanke ich der gefälligen Verwendung des Herrn Staatsschreibers Zingg beim Präsidenten der Direktion, Herrn Dr. Alfred Escher. Allen genannten Herren sage ich hiemit meinen verbindlichen Dank für ihre Gefälligkeit, ebenso Herrn L. Favre, dem Unternehmer des Gotthard-Tunnels, welcher mir mit grosser Bereitwilligkeit eine Bohrmaschine zur Demonstration zur Verfügung stellte.

1. *Colladon, les travaux mécaniques pour le percement du Tunnel du Gothard* in den Verhandlungen der schweiz. naturforschenden Gesellschaft in Andermatt.

Von dieser Abhandlung ist jetzt eine deutsche Ausgabe mit einigen Zeichnungen bei Orell, Füssli & Comp. in Zürich erschienen.

2. *Colladon, la perforation mécanique au tunnel des Alpes. Résumé historique* in Compte Rendu de la vingt-quatrième Assemblée de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes tenue les 2 et 3 Octobre 1871 à Genève.

3. Rapports trimestriels du Conseil fédéral suisse aux

Gouvernements des États qui ont participé à la Subvention de la ligne du St-Gothard.

4. Rapports mensuels du Conseil fédéral suisse sur l'état des travaux de la ligne du St-Gothard.

5. Geschäftsberichte der Direktion und des Verwaltungsrathes der Gotthardbahn.

6. Les projets de chemins de fer par les Alpes helvétiques. Enquête technique et commerciale ordonnée par le Gouvernement Italien. Traduction française publiée par le Comité du Saint-Gothard.

7. Die Gotthardbahn in kommerzieller Beziehung.

8. Die Gotthardbahn in technischer Beziehung und Rentabilitäts-Berechnung auf Grundlage des kommerziellen und technischen Gutachtens.

9. *Gelpke*, Bericht über die Bestimmung der St. Gotthard-Tunnel-Axe.

10. *Kaufmann J.*, der Bau des Gotthard-Tunnels.

11. Conférences internationales entre la Confédération de l'Allemagne du Nord, le Grand-Duché de Bade, le Royaume d'Italie, la Confédération suisse et le Royaume de Wurtemberg pour la construction du chemin de fer par le St-Gothard.

12. Vertrag betreffend die Ausführung des grossen Gotthardtunnels vom 7. August 1872.

13. Nachtragsvertrag hiezu vom 21./25. Sept. 1875.

14. Eidg. Gesetzessammlung, Eisenbahn-Acten etc.

15. *Hellwag W.*, die Bahnaxe und das Längenprofil der Gotthardbahn etc.