

Leistungen der Mechanik bei den Bohrungen im Mont-Cenis und St. Gotthard.

Von

FRANZ RŽIHA,

Oberingenieur.

Vortrag, gehalten am 29. März 1876.

I. Die Bedeutung des Eisenbahnbaues.

Die Naturwissenschaften haben in den letzten Jahrzehnten durch die verbesserten Communicationsmittel, welche den Austausch der Gedanken und der Producte der menschlichen Arbeit ebenso erleichtern, wie das Reisen der Individuen, einen ungeahnten Aufschwung erhalten. Die Handelsmarine der Culturstaaten zählt gegenwärtig 120.561 Schiffe mit 18·1 Millionen Tonnen Gehalt; die Posten beförderten schon 1870: 5072·6 Millionen Stück Briefe und Kreuzbandsendungen; die Telegraphie verfügte 1873 über rund 95.000 geogr. Meilen Linienlänge und rund 29.500 Stationen; und die Länge der öffentlichen Eisenbahnen mass 1875 schon rund 294.122 Kilometer.

Unter diesen Verkehrsmitteln, welche durch die Kraft des Dampfes und der Elektrizität, also durch die Beherrschung gewaltiger Naturkräfte die ganze wissenschaftliche und sociale Situation der Menschheit so wesentlich gehoben und uns mit früher nicht gekannter Geschwindigkeit culturell vorwärts gebracht haben,

unter diesen Verkehrsmitteln, die nur das Erzeugniss vorhergegangener, langwieriger geistiger Arbeit sind: zeichnet sich besonders jenes der Eisenbahnen aus, weil es den Binnenverkehr, also das eigentliche Getriebe der Menschheit, durch die Verkürzung des Raumes, weil der Zeit, und durch die Unbeschränktheit der Zugkraft, völlig und fast im denkbar höchsten Masse umgestaltet hat.

Durch die Schaffung der Eisenbahnen, deren Wesen drei Actionen von gleich schwerer Bedeutung: geistige Erzeugung der Linie, Bau derselben und Betrieb der Bahn umfasst, hat selbstverständlich der Bau der Bahnen einen wesentlichen Einfluss gewonnen; denn er ist die materielle Unterlage der Prosperität der commerziellen Schöpfung und die Basis der staatspolitischen Combinationen, welche an jede Bahn, weil immer ein Theil des heutigen grossen Hebelwerkes der Cultur, geknüpft werden müssen.

Der Bau der Eisenbahnen ist nun wegen dieser Anforderungen, wie wegen der empirischen Leistung, welche bei ihm zu erfüllen ist, wie auch wegen der stets neuen Forderungen, welche an ihn herantreten, und die alle früheren Werke der Technik in den Hintergrund stellen: in der Regel ein sehr schwieriges, immer einen ganzen Mann beanspruchendes Unternehmen; und diese Bauausführungen würden zu der heutigen Vollkommenheit nicht haben in so kurzer Zeit gelangen können, wenn sie nicht in den Hafen- und Flussbauten, in den Canalbauten und in den Bauten von Landstrassen einer

früheren Zeit ihre Pflegestätten gefunden hätten. Und in der That, wesentlich vorbereitet wurde die technische Fähigkeit des Eisenbahnbaues, welche ja so plötzlich riesigen Ansprüchen unterstellt wurde, insbesondere durch die Canalbauten in England und Frankreich und durch die Strassenbauten am Ende des vorigen und zu Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts: Werke unter denen sich besonders die Strasse über den

Semmering	1728	erbaut in	3053	Fuss	Passhöhe
Brenner	1772	" "	4131	" "	" "
Simplon	1801	" "	6218	" "	" "
Mont-Cenis	1803	" "	6354	" "	" "
Splügen	1818	" "	6517	" "	" "
Bernhardin	1819	" "	6351	" "	" "
St. Gotthard	1820	" "	6508	" "	" "

auszeichnen. Während nun diese Strassenbauten vornehmlich dazu beigetragen haben, den sogenannten Erdbau (die Abgrabung und Fortbewegung der Erd- und Felsenmassen) und den Brückenbau, besonders bei den städtischen Strassen zu fördern, hat der Eisenbahnbau vornehmlich drei technische Gebiete neu ausbilden müssen, nämlich den Bau der starren, eisernen Brücken, den Oberbau (Schienengeleis und Bettung) und den Tunnelbau. Was bezüglich des Brückenbaues überhaupt heute geleistet wird, davon geben uns die sogenannten pneumatischen Fundirungen (Arbeiten unter Wasser in verdichteter Luft), und die Herstellungen von Brücken grosser, ehemals nicht gekannter Spannweite z. B. die

gewölbte Dee-Brücke	61·0	Meter.
„ Cabin John-Brücke	69·5	„
eiserne Dirschauer-Brücke	121·0	„
„ Kuilenburger-Brücke	154·0	„
„ East-River-Brücke	493·0	„

einen Begriff. Was im Oberbaue geleistet werden muss, lehrt schon allein die Notiz der riesigen Eisenbeschaffung zum Zwecke des Oberbaues, indem die heutige Geleislänge der öffentlichen Eisenbahnen der Welt bei 660 Millionen Centner Eisen beansprucht haben. Was aber im Tunnelbaue geleistet wird, das wollen wir hier etwas näher untersuchen.

II. Die Entwicklung des Tunnelbaues.

Bevor wir auf die zwei grossen Werke der Tunnelbaukunst zu sprechen kommen, welche der Ausgangspunkt für die vorliegende Studie sind, erscheint es, zum Zwecke der vollen Würdigung dieser zwei grossen technischen Leistungen unserer Tage, unabweisbar, in Kürze der Schwierigkeiten zu gedenken, welche dem Gange der Entwicklung dieser modernen Wissenschaft entgegentraten.

Im Anfange des Entstehens dieser Wissenschaft stiess man dessenthalb auf keine ungekannten Hindernisse, weil die Tunnels der alten Zeit — und ich erinnere nur an die unterirdischen Communications- und Wasserleitungsbauten zu Nimrud und unter dem Euphrat, an die Stollen für die Ableitung des Fucinischen und des Averner Sees, und an die unterirdischen Strecken der

Virgo, Claudia und Anio Novus — weil diese Tunneln nur das kleine, schmale Profil der gewöhnlichen Stollenbauten in den Bergwerken besaßen, also nicht jenen Gebirgsdruck und demnach nicht jene Schwierigkeiten äusserten, wie wir sie bei unseren heutigen, breiten Eisenbahntunneln antreffen; und weil die Herstellung dieser Stollen, sofern sie auch im festen Gestein lagen, nicht so eilte, wie wir Ingenieure heute bei der Herstellung unserer Tunnelbauten eilen müssen, und zwar um so mehr, je länger das herzustellende Werk sich gestaltet. Von diesen Schwierigkeiten des Tunnelbaues war auch im fünfzehnten bis achtzehnten Jahrhunderte noch keine Rede, weil beispielsweise der 1450, zur Zeit der Anna von Lusignan begonnene Tunnel durch den Col di Tenda, dann der durch Riquet 1665 erbaute Malpas-Tunnel im Canale von Languedoc wegen ihres geringen Querschnittes nur ebenso untergeordnet Schwierigkeiten boten, wie die schmalen Tunnelbauten von Rive de Gier (1770) am Givors-Canale, von Torçy (1780) am Centrecanale und wie die festen Felsengalerien in den Alpenstrassen am Simplon, Splügen und St. Gotthard. Die eigentliche Wissenschaft des Tunnelbaues beginnt demnach erst mit der Anforderung breiter Profile, welche das Gewicht des drückenden Erdreiches und Felsens erhöhen, und mit jenen Felstunneln, welche sehr rasch bewältigt werden müssen. Dieser geforderte Aufbau der jungen Wissenschaft des Tunnelbaues vollzog sich sehr rasch und ich erinnere nur an die Herstellungen der Tunneln von Tronquoy

(1803), von Riqueval (1803), von Noirieu (1822), von St. Aignan (1822), der Tunnels im Zuge des Thames- und Medway-Canales (1822), des Tunnels von Harecastle (1824), des berühmten Themsetunnels (begonnen 1825), und an die Herstellungen der ersten Eisenbahntunnels der Welt, nämlich jener des Tunnels von Liverpool (1826 begonnen), von Terre-Noire (1826), von Kilsby (1834), von Oberau (1837) und von Gumpoldskirchen (1839).

Seitdem ist die Wissenschaft des Tunnelbaues enorm vorwärtsgeschritten, wie dies namentlich die ausgeführten sehr langen Tunnels, beispielsweise des

Semmering-Haupttunnels	1407·8	Meter
Altenbeckener-Tunnels	1627·0	„
Hauenstein-Tunnels	2496·0	„
Hoosac-Tunnels	7634·5	„
Sutro-Tunnels	6944·5	„
Mont-Cenis-Tunnels	12233·3	„

beweisen, und wie dies der in Ausführung begriffene 14.900 Meter lange St. Gotthardtunnel, dann die begründeten Projecte des 19.300 Meter langen Tunnels durch die Rocky-Mountains und des 26.500 Meter langen submarinen Tunnels unter dem Canal la Manche ebenso darthun, wie die unterirdische Bahn in London und wie die Tunnels unter Flüssen und Seen, welche man zu Chicago, New-York und London ohne Bedenken ausgeführt hat, respective gegenwärtig ausführt. Mehr als alle diese Angaben lässt jedoch diejenige einen Schluss auf die im Tunnelbaue gegenwärtig erzielten Fortschritte zu, welche die heutige Länge des Tunnels auf der Erde

mit circa 104 deutsche Meilen, und damit eine immense Reihe von Erfahrungen indirect notirt.

Es kann nun hier nicht der Ort sein alle die technischen Factoren, welche die Schwierigkeit eines Tunnelbaues kennzeichnen, und die in den technischen Vorarbeiten, in den geodätischen Operationen, in dem Gewinnen und Fördern (Graben, Sprengen und Heraus-schaffen) der Massen, in dem Auszimmern des Raumes, in dem Aufmauern der Wölbungen, in dem Lösen der zusitzenden Wasser, in dem Geleuchte und in der Ventilation bestehen, zu schildern, und wir beschränken uns, um die diesfälligen Leistungen in dem Mont-Cenis- und St. Gotthard-Tunnel mehr würdigen zu können, auf die kurze Schilderung der alten Gewinnungsarbeit vor festem Gesteine.

III. Die alte Arbeitsmethode vor festem Gesteine.

In ganz alter Zeit grub man sich unterirdisch in festes Gestein mittelst des Feuersetzens und mittelst der Schlägel- und Eisen-Arbeit ein; die erstere bergmännische Arbeit bezweckte die Mürbemachung und Zersprengung des Gesteines durch Feuer, wie sie Hanibal ja schon bei seinem Zuge über die Alpen übte, die andere erzielte den bergmännischen, unterirdischen Fortschritt mittelst Abmeisselung und Abschlagung der Gesteinspartikelchen durch den Schlägel und das Eisen (noch heute Abzeichen des Bergmannes).

Beide Arbeiten, von denen uns die ältesten, wissenschaftlichen Bergwerksbücher von Georg Agricola

(1490—1555), Ettenhard (1556), Mathesius Sarepta (1562) und Löhneys (1617) Nachrichten und grösstentheils auch Bilder bringen, sind jetzt fast gänzlich verlassen und durch das „Bohren und Schiessen“ ersetzt; sie haben nur historisches Interesse, welches wesentlich gehoben wird, wenn man sich erinnert, dass mittelst der Abmeisselung des Felsens durch Schlägel und Eisen ein niederes Stollenort oftmals pro Anno nicht weiter als 20 bis 30 Fuss vorwärts gelangte, ja dass man aus alten Gedingebüchern (Arbeitsbüchern) weiss, wie ein Häuer sein kleines, kaum schlüpfbares Stollenort, oft nur 2 $\frac{1}{2}$ Zoll pro Woche vorwärts meisselte.

Aus dieser culturellen Noth ward der Bergbau erst spät erlöst, indem man sich wegen der Erschütterung innerhalb der Grube nicht getraute, das Schiesspulver, welches schon früher als griechisches Feuer in annähernder Weise bekannt war, welches Marcus Grachus schon 846, Albert Magnus (1280) und Roger Bacon (1284) gekannt haben, und welches im Kriege schon 1249 vor Damiette, 1346 bei Creçy, 1356 von Herzog Albrecht und 1370 von Herzog Magnus von Braunschweig gebraucht wurde: im Bergbaue zu verwenden. Erst der Freiburger Bergmeister Martin Weigel wandte es 1613 zu Freiberg in der Grube an, indem er das Bohren und Schiessen einführte, d. h. eine Gewinnarbeit in Gang brachte, wonach mittelst eines Meissels und Hammers ein rundes Loch in das Gestein geschlagen (gebohrt), dieses Loch zum Theil mit Pulver gefüllt (geladen), das Pulver verdämmt (besetzt) und mittelst eines im Besatze

frei gelassenen Zündcanales das Pulver entzündet (das Gestein geschossen) wird. Diese wichtige, den ganzen Bergbau umgestaltende Erfindung Weigels brach sich sehr langsam Bahn. 1685 besetzte man das Pulver statt des bis dahin gebrauchten hölzernen Pflöckes, mit Letten; 1696 machte man zur Arbeitersparung die ersten engen Löcher von $1\frac{1}{2}$ Zoll (bis dahin 2 und 3 Zoll weit); bis 1725 benutzte man die Bohr- und Schiess- oder die „Sprengarbeit“ in der Grube nur als Hilfsarbeit; 1747 wurde sie in dem Freiburger Reviere ausgedehnt zu verwenden verordnet; 1749 wandte man zuerst statt des bis dahin gebrauchten Kreuzbohrers (zwei sich kreuzende Meisselschneiden) den einfachen Meisselbohrer (mit welchem nur geübte Leute das Loch rund erhalten) an; 1790 erfand man dass der Schuss auch wirke, wenn er auch nur mit Sand besetzt sei; und erst 1831 erfand man die Zündschnüre (welche mit dem Besatze verstemmt wurden), während vordem im Besatze ein offener Zünd-Canal ausgespart werden musste.

Dieser langsame Aufbau einer der wichtigsten Arbeiten in der Welt erfuhr eine weitere Vervollkommnung erst in den letzten zwanzig Jahren, also in der Zeit, wo der Bergbau und der Tunnelbau immer mehr vor festes Gestein (dem man früher thunlichst auswich) gelangte, und wo es sich darum handelte das feste Schloss, welches die Natur vor unsere menschlichen Bestrebungen des Fortschrittes in der Industrie und im Verkehre gelegt hatte, billig, rasch und entschieden zu zersprengen. Man führte nämlich die Abbohrung der Sprenglöcher mittelst

Maschinen und später kräftigere Sprengmittel (Dynamit), so wie die elektrische Zündung der Schüsse ein. Diese drei Neuerungen haben uns zu Riesenleistungen im Berg- und Tunnelbaue verholfen, und wollen wir nunmehr im Verständnisse der Wichtigkeit der Sprengarbeit die maschinellen Bohrungen etwas näher betrachten, wozu uns die Errungenschaften im Mont-Cenis- und St. Gotthard-Tunnel die Gelegenheit bieten.

IV. Die maschinelle Bohrung im Mont-Cenis.

Schon im Jahre 1683 war (nach Calvör) der Magister Huttmann, der Rector von Ilfeld am Harze mit einer Maschine aufgetreten, die Löcher statt mittelst eines Hammers, mittelst eines niederfallenden Gewichtes zu schlagen. Aber erst 1803 ist ein österreichischer Bergmann Gainschnigg im Salzburgischen werkthätig mit einer Art Bohrmaschine, die das langwierige, ermüdende und theure Bohren mit der Hand zu ersetzen hatte, vorgegangen. Diese Neuerung brach sich indess auch keine Bahn, eben so wenig wie die 1844 geäußerte, bemerkenswerthe Idee des Engländers Brunton, wonach derselbe verdichtete Luft mittelst Röhren in den Stollen leiten und durch den Druck dieser ausströmenden Luft, wie bei der Dampfmaschine, einen Kolben bewegen wollte, der einem Hammer gleich, den Bohr-Meißel vorwärts bringen sollte; dabei sollte die ausströmende Luft die Grube zugleich ventiliren. Dieser klassischen Idee

Brunton's, welcher die heutigen Percussionsbohrmaschinen zu Grunde liegen, wurde indess, wie bemerkt, keine Aufmerksamkeit geschenkt; es war mit ihr der alte geschichtliche Erfahrungssatz wieder einmal erfüllt worden, dass sie eine jener Gedankenblitze war, welche ihrer Zeit voraus eilen, deren Zeit also noch nicht gekommen ist. Erst mit dem Baue des grossen Tunnels durch den Col di Frejus — oder wie wir gewohnter sind zu sprechen, — durch den Mont-Cenis war die Aufgabe geworden, im festen Gesteine sehr rasch vorwärts zu dringen, denn dieser Tunnel, 12.333 Meter, also circa $1\frac{6}{10}$ deutsche Meilen lang, also so lang wie vom Wiener Stefansplatze bis nach Weidlingau an der Westbahn, konnte nur von den beiden Enden her, den Mundlöchern aus, betrieben werden, weil das hohe Gebirge keine Schächte zu teufen gestattete. Diese damit erstehenden Schwierigkeiten, ausgedrückt in Zeit und Geld, hatten auch immer vor dem Baue zurückgehalten, der schon 1832 von Giuseppe Medail geplant und bestimmt war Frankreich und Italien durch die Eisenhand zu einen. Erst 1845 trat die piemontesische Regierung der Sache näher und der Ingenieur Mauss und der Geologe Sismonda wurden mit ihrer Prüfung betraut. Der erstere erfand eine 1852 erprobte Maschine, welche Schlitze ins Gestein meisseln, und dessen Würfel dann abgekeilt werden sollten. Diese Maschine, betrieben mittelst Drahtseiltransmission, wurde indess verworfen und es traten 1855 Colladon zu Genf und Thomas Bartlett im selben Jahre mit Pro-

jecten auf, nach denen, wie bei Brunton, Luft comprimirt und mittelst dieser verdichteten Luft Apparate (Bohrmaschinen) zur Herstellung von Sprenglöchern bewegt werden sollten. Grandis, Grattoni und Sommeiller traten um 1857 mit verbesserten Maschinen auf, welche sich bei den Proben als geeignet erwiesen das grosse Werk ernstlich zu beginnen, nachdem es von Frankreich unterstützt und von den italischen Staatsmännern Cavour, Menabrea, Paleocapa und Sella gefördert worden war. Am 17. Juni 1857 wurde das Gesetz der Kammer vorgelegt, am 29. Juni ward es genehmigt und am 31. August 1857 zündete Victor Emanuel die erste Bohrmine an dem Werke, das alle bis dahin von der Menschheit geleisteten technischen Ausführungen überstrahlt, welches das Verkehrshinderniss der Alpen vernichtet und welches die Völker verband, so sich bis dahin geschieden sahen von Bergen, die auch ihre Sitten trennten.

Die technischen Arbeiten begannen mit Handbohrung und wurden die Bohrmaschinen auf der Seite von Bardoneche (1202·82 M. über See) am 12. Jänner 1861, auf der Seite von Modane (1335·38 M. über See) im Jänner 1863 in Gang gebracht. Diese Bohrmaschinen sind kleine Apparate in denen die comprimirte Luft einen Kolben hin und her bewegt; diese Bewegung theilt sich dem Bohrmeissel mit und veranlasst das Spiel zweier anderer Mechanismen, von denen der eine den Bohrer dreht, der andere den Bohrer vorschiebt und zwar in dem Masse, als das Bohrloch vorrückt. Die bewegende Luft wird durch bedeutende Wasserkraft ausserhalb des

Tunnels und vermittelt sogeannter Luftcompressoren verdichtet und den Bohrmaschinen mittelst Röhren in den Tunnel zugeleitet, woselbst sich in der Regel sechs solcher Bohrmaschinen auf einem Bohrstuhle, d. h. auf einem verschiebbaren, schweren, eisernen Gestelle und zwar in einer solchen Befestigung befinden, dass der Bohrmaschine und mit ihr dem Bohrmeissel die für das Bohrloch erwünschte Stellung gegeben werden kann. Im Mont-Cenis wurde nur ein vorauseilender Stollen mit diesen Maschinen gebohrt, und dieser Stollen in die Sohle des Tunnels gelegt, von wo aus in allen rückwärtigen Theilen des Tunnels die übrige Profilmasse an beliebiger Stelle und in beliebiger Stellenanzahl mit Handarbeit angegriffen werden konnte. Mittelst dieser Anordnung und diesen Errungenschaften der Technik, wie jung sie auch noch waren, gelang es den 12.333·55 M. langen Bau in seinen beiden Vorstollen am Weihnachtstage des Jahres 1870 zu vereinigen und ihn am 17. September 1871 gänzlich vollendet dem Betriebe zu übergeben. Die maschinellen, grossartigen Leistungen der Bohrmaschinenarbeit im Mont-Cenis sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt, und ist aus dieser Tabelle auch zu entnehmen, wie sich der Maschinenbetrieb im Laufe der Arbeitszeit vervollkommnete, und wie er weit grösser ist, als die im Anfange des Baues mit allen Kräften forcirte Handarbeit.

Stollenfortschritte im Mont-Cenis-Tunnel

(vom 31. August 1857 bis 25. December 1870.)

Jahr	Seite von Modane		Seite von Bardonnèche		Auf beiden Seiten zusammen		Art der Arbeit	Durchschnittsleistung pro Tag	Durchschnittl. Leistung pro Tag
	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter	Meter		Meter	Meter
1857	10. ⁸⁰	—	27. ²⁸	—	38. ⁰⁸	—	Handarbeit	1.07	—
1858	201. ⁹⁵	—	257. ⁵⁷	—	459. ⁵²	—			—
1859	132. ⁷⁵	—	236. ³⁵	—	369. ¹⁰	—			—
1860	139. ⁵⁰	—	203. ⁸⁰	725	343. ³⁰	—			—
1861	193	—	—	—	193	—	1646. ⁰⁰	1.37	—
1862	243	921. ⁰⁰	—	—	243	—			—
1861	—	—	170	—	170	—	Maschinenarbeit	3.44	—
1862	—	—	380	—	380	—			—
1863	376	—	426	—	802	—	10587. ⁵⁵	4.52	2. ²⁰
1864	466. ⁶⁵	—	621	—	1087. ⁸⁵	—			2. ⁹⁷
1865	458. ⁴⁰	—	765. ⁸⁰	—	1223. ⁷⁰	—			3. ³⁵
1866	212. ²⁹	—	812. ⁷⁰	—	1024. ⁹⁹	—			2. ⁸¹
1867	687. ⁸¹	—	324. ³⁰	—	1512. ¹¹	—			4. ¹⁴
1868	681. ⁵⁵	—	638. ⁸⁰	—	1320. ¹⁵	—			3. ⁶¹
1869	603. ⁷⁵	—	827. ⁷⁰	—	1431. ⁴⁵	—			3. ⁹²
1870	745. ⁸⁵	4232. ²⁵	889. ⁴⁵	6355. ²⁵	1635. ³⁰	—			—
	—	5153. ³⁰	—	7080. ²⁵	—	12333. ³⁵	—	—	

Es lässt diese Tabelle also erkennen, dass mit der Handarbeit ein täglicher, mittlerer summarischer Fortschritt der Stollenbohrung auf beiden Seiten 1·07 M., mit der gemischten Hand- und Maschinenarbeit ein solcher von 1·37 M., und mit der reinen Maschinenarbeit ein solcher von 3·44 M., also damit eine Leistung erzielt wurde, welche man bislang im Berg- und Tunnelbau noch nicht kannte und welche beide technische Disciplinen in eine gänzlich neue Aera des Schaffens führte. Das Gestein im Mont-Cenis besteht aus Quarzgerölle an den Enden (128 M.), aus Talgschiefer (2016 M.), aus Quarzfels (381 M.) und im Reste aus krystallinischem Kalkstein und aus Kalkschiefer. — Die einzelnen kleinen Bohrmaschinen wogen circa 200 Kilogr., der Gestellwagen circa 15.000 Kilogr.; jede Maschine verbrauchte pro 14—15 Stunden Bohrzeit circa 156 CM. Luft. Auf der Seite von Bardonnèche waren für die Erzeugung der comprimirten Luft 10 Compressoren (erbaut von John Cockerill in Seraing) aufgestellt, welche durch eine Wassermenge von circa 1 Cbm. pro Secunde und ein Nutzgefälle von circa 25 M. betrieben, also eine nominelle Arbeitsstärke von 333 Pferdekraften absorbirten. Auf der Seite von Modane (Nord) bot das Wasser der Arc nur so viel Kraft, dass bloss 6 Wasserräder für die Comprimirung der Luft verwendet werden konnten. Die einzelnen Bohrlöcher wurden circa 0·9 M. tief und 0·3 bis 0·9 Cm. weit gemacht; es wurden in einer Tour immer circa 70 Löcher gebohrt und dieselben dann in Serien von circa 8 Stück geladen und ab-

geschossen. Der Vorstollen hatte circa 4 M. Weite und 3 M. Höhe. Für die Ventilation des Baues hatte man Maschinen aufgestellt, welche ausser der durch die Bohrmaschinen entströmenden Luft, dem Baue frische Luft zuführten. Der mittlere Wasserzufluss war, obschon einzelne sehr starke Quellen angefahren wurden, sehr gering, und betrug nur etwa 1 Liter pro Secunde. Bezüglich der Gesteinstemperatur ist noch zu erwähnen, dass sie 500 M. vom Eingange gemessen $+ 14^{\circ}$, 6450 M. $= + 29\frac{1}{2}^{\circ}$ C. betrug; für die Berghöhe von 1600 M. über der Schiene beträgt die Wärmezunahme 1° C. pro 50 M. Teufe.

Der ganze Riesenbau hat $14\frac{1}{3}$ Jahre beansprucht und ist ohne wesentlichen Unfall und ohne Stockung irgend welcher Art zu Ende geführt worden; es wurden circa 800.000 CM. Gestein aus dem Tunnel geführt, circa 120.000 CM. Wölbsteine und circa 16 Millionen Stück Wölbziegel vermauert; etwa 20.000 CM. Kalk zum Mörtel und circa 20.000 Ctr. Pulver zum Gesteinsprengen verbraucht. Die Länge der sämtlichen Bohrlöcher, welche der Bau erforderte, wird auf $3\frac{1}{2}$ Millionen Meter also circa 466 deutsche Meilen taxirt. Der Tunnel hat nach der Mehrzahl der übrigens differirenden Angaben 75 Millionen Francs gekostet, während er nur zu 41 Millionen Francs veranschlagt gewesen war; allein Menabrea, der emsige Förderer des Werkes, welches Italiens Zukunft so unendlich förderte und stets fördern wird, Menabrea hatte bei der Motivirung dieser Kostenüberschreitung ein ethisches Recht zu sagen: „Die Völker

sterben nicht an den Wunden, welche durch Gold für so hohen Zweck geschlagen werden.“

Der Staatsmann Cavour, der das Werk ermöglicht, und der grosse Ingenieur Sommeiller, der es mit geschaffen, erlebten seine Vollendung nicht; sie gingen dahin, bevor der Enthusiasmus zweier durch den Schienenarm vereinter Nationen ausbrechen konnte, und bevor die letzte Scheidewand durch den Sieg der Technik sank.

V. Die maschinelle Bohrung in St. Gotthard.

Da, wo ehemals Pipin der Kleine, der Mönch von Monte Cassio; Konrad II. und Friedrich der Rothbart gen Italien zogen, und wo noch im zwölften Jahrhunderte zwischen Fluelen und Bellenz ein Saumpfad lag, der den Uebersteigern der Alpe noch vier Tage Zeit raubte; da wo Suwarow seinen Heldenzug machte: da tönt jetzt in des Berges Innern ebenfalls heller Meisselschlag und sprühen Feuergarben aus dem festen Felsgestein, weil die Menschen einen neuen Weg vom deutschen Reiche her, nach dem sonnigen Italien suchen. Es gilt, wie ehemals im Mont-Cenis, den 14.900 M. langen Tunnel der St. Gotthardbahn durch Gneis und granitisches Gestein zu treiben! Dieser Tunnelbau, lange geplant und, nach der Herstellung der Mont-Cenis-Linie im Westen und der Brennerbahn im Osten der Schweiz, für dieses Land zu einer hochwichtigen Frage geworden, erhielt in der Streitfrage gegenüber der Wahl einer Linie über den Lukmanier, dem Splügen oder dem Simplon den Vorzug, weil er in das Herz der Schweiz führte und den

deutschen Interessen am förderlichsten schien. Er wurde auf Grund der internationalen Verträge vom 15. October 1869 und 28. October 1871, bereits am 4. Juni 1872 in den Voreinschnitten begonnen und mit der Verpflichtung an den Unternehmer Favre übertragen, den Bau bis October 1880 fahrbar herzustellen. Die maschinellen Bohrarbeiten im Innern des Tunnels begannen im April 1873 und beschränken sich nicht mehr, wie beim Mont-Cenis, auf das Treiben eines (hier in dem Firste, im Scheitel des Tunnels liegenden) Vorstollens, sondern werden, da ausreichende Wasserkraft vorhanden ist, auch in den übrigen Profiltheilen des Tunnels, aber nicht in allen, verwendet. Gestützt auf die Erfahrungen im Mont-Cenis und auf die seit und während dieses Baues mehrfach hervorgetretenen Verbesserungen in der Weise des maschinellen Gesteinbohrens, werden im St. Gotthard auch mehrerlei Maschinen verwendet, die gegenüber den Maschinen von Mont-Cenis bedeutend grössere Leistungen ergeben; so bohrte ein Bohrer von 35 Mm. Durchmesser unter $5\frac{1}{2}$ Atmosphären Pressung im granitischen Gneis mittelst der

Ferroux-Maschine	4·01 Ctm. pro Minute
Mac-Kean	3·50 " " "
Dubois und François	2·60 " " "
Sommeiller	2·12 " " "

Diese wesentlichen Errungenschaften in der Verbesserung der Bohrmaschinen mussten auch zu bedeutend grösseren Stollenfortschritten führen, wie solches thatsächlich die folgende Tabelle erweist.

Fortschritt in den Vorstollen des St. Gotthard-Tunnels.

Zeitraum		Monatsfortschritt			Pro Tag im Durch- schnitte Meter	Total- fortschritt		
		Göschenen	Airolo	Zusammen				
		Meter	Meter	Meter				
1873	April	29.90	—	—	5.69 Meter im Durchschnitte.	294.25		
	Mai	44.10	—	—		—	361.10	
	Juni	45.50	—	—		—	426.60	
	Juli	52.55	46.80	99.35		3.20	526.15	
	August	66.70	88.70	155.40		5.01	681.55	
	September	50.20	60.20	110.40		3.68	791.95	
	October	70.75	60	130.75		4.28	922.70	
	November	74.20	51.15	125.35		4.79	1048.05	
	December	79.80	68.95	148.75		4.17	1196.80	
	1874	Jänner	72.70	51.80		124.50	4.05	1321.30
		Februar	67.30	55.40		122.70	4.38	1444
		März	78.40	63		141.40	4.56	1585.40
April		60.25	51.80	112.05	3.73	1697.45		
Mai		81.05	44.90	125.95	4.06	1823.40		
Juni		71	63	134	4.47	1957.40		
Juli		94.30	62.10	156.40	5.04	2113.80		
August		120.40	60.65	181.05	5.83	2294.80		
September		106.90	51.35	158.25	5.27	2453.10		
October		114.80	72.80	187.60	6.05	2640.70		
November		82.90	84.30	167.20	5.57	2807.90		
December		86.50	84.20	170.70	5.50	2978.60		
1875	Jänner	92.70	102.45	195.15	5.29	3175.75		
	Februar	82.80	100	182.80	6.52	3358.55		
	März	92.40	86.65	179.05	5.75	3537.60		
	April	99	129.20	228.20	7.60	3705.80		
	Mai	114.10	100	214.10	6.85	3979.90		
	Juni	99	115	214	7.10	4193.90		
	Juli	115.50	127.50	243	7.85	4436.90		
	August	117.70	95.90	218.60	6.90	4650.80		
	September	127.70	102.80	230.50	7.70	4881		
	October	126.10	115.95	242.05	7.80	5124.90		
	November	67.20	90.10	157.30	5.24	5282.20		
	December	39.30	90	129.30	4.17	5411.50		
1876	Jänner	32.50	121.30	153.80	4.96	5565.30		
	Februar	46.60	89	135.60	4.68	5700.90		

Die Bohrmaschinen werden durch comprimirt Luft bewegt, welche mittelst Compressoren erzeugt wird, die durch das Gefälle der Reuss (nach Klar 1360 Pferdekraft) und des Tessin und der Tremola (nach Klar 1520 Pferdekraft) gespeist werden und eine Comprimirung der Luft bis zwölf Atmosphären im Maximum zulassen. Der Querschnitt des Richtstollens misst circa 6 □M. und wird derselbe in einzelnen Angriffen gewonnen, indem immer eine Serie von 20—30 Bohrlöchern hergestellt, dieselben im Mittel circa 1·1 M. tief gebohrt, mit Dynamit geladen und dann mittelst Zündschnüren abgeschossen werden. Der Einführung des Dynamites, um welche sich die österreichischen Ingenieure Trauzl, Lauer und Pischhof sehr verdient gemacht haben, ist auch ein grosser Theil der erhöhten Leistung im St. Gotthard gegenüber jener im Mont-Cenis zuzuschreiben, obwohl immer der Tenor auf die Verbesserung der maschinellen Arbeit zu legen ist.

So sehen wir, am Schlusse unserer Mittheilungen angelangt, am St. Gotthard die Erfahrungen von Mont-Cenis benützt und ausgedehnt, und in beiden technischen Werken eine Denksäule bereits errichtet, beziehungsweise eine zweite in der Errichtung begriffen, welche nicht allein Zeugniß ablegen von den hohen Fortschritten der Technik unserer Zeit, sondern auch dem Fortschritte der gesammten Cultur der Menschheit gelten, denn sie sind ja unternommen worden, diese Riesenarbeiten, um die Völker einander näher zu bringen, um ihre Sitten zu verschmelzen, um ihre geistige und leibliche Arbeit zu einem Gemeingute zu machen, das erst zur Geltung

gelangen kann, wenn die Hindernisse der Natur fortgeräumt werden, wenn die Beweglichkeit der Menschheit eine völlig freie geworden ist! Und dass das in immer weiterem Masse geschehen möge, dafür gelte auch unser Bergmannsgruss:

Glück auf!
