

ror, die Schicksale Shakespeare's in Wien in einem eigenen Aufsatze zu besprechen.

Die Durchbohrung des Mont-Cenis.

Von F. Bönigkes.

(Schwierigkeit der örtlichen Verhältnisse. — Unzulänglichkeit der gewöhnlichen Hilfsmittel. — Bohrmaschine. — Comprimirte Luft als Motor. — Colladon. — Mauß. — Grandis, Graton und Someiller. — Princip, nach welchem bei dem Tunnelbau vorgegangen wird. — Südseite des Tunnels. — Nordseite des Tunnels. — Kosten und Dauer des Baues. — Vorschlag des Ingenieurs Fontenay.

Der durch den Berg Cenis führende Tunnel beginnt auf französischer Seite bei Modane und endigt auf italienischem Boden bei Bardonecchia. Seine Länge wird 12.700 Meter (1·67 österr. Meilen, von Wien bis Brunn) betragen, mithin an Ausdehnung die längsten bekannten Tunnels um mehr als das Sechsfache übertreffen. Das zu durchstoßende Gestein ist Quarzit und verlangt selbstverständlich die Anwendung von Pulver. Die Angriffspunkte des langen Tunnels bilden nur dessen Endpunkte, da die bedeutende Höhe des den Scheitel überdeckenden Bergrückens (über 5040 B. F.) die Herstellung von senkrechten Schächten (Luft- oder Treibschächten) nicht gestattet: ein höchst ungünstiger Umstand, der nicht nur die Beendigung des ganzen Werkes sehr verzögert, sondern auch für die genügende Ventilation künstliche Mittel erheischt.

Bei so außerordentlichen Schwierigkeiten reichten die heute zu ähnlichen Arbeiten angewendeten Hilfsmittel nicht mehr zu, wollte man die Vollendung des Werkes nicht auf Jahrzehnte hinauschieben. Dreißig Jahre würden kaum genügen, wollte man auf gewöhnliche bergmännische Weise vorgehen, d. h. sich des Meißels und des Hammers bedienen, bei welchen erfahrungsgemäß der tägliche Fortschritt von einem Angriffspunkte aus 0·60 Meter (gegen 23") beträgt. Der Meißel mußte daher durch Bohrmaschinen und der von Menschenhand geführte Hammer durch eine mächtigere, continuirlich wirkende Kraft ersetzt werden. Könnte diese Kraft nicht der heute Alles bewegende Dampf sein? fragte man sich kleinlaut, als man einen Motor suchte, um die Riesearbeit zu bewältigen. Die Anwendung des Dampfes hätte die Feststellung von Dampfkesseln vor dem Tunnel oder innerhalb desselben nothwendig gemacht, von welchen aus der Dampf in Leitungsröhren der Bohrmaschine zugeführt worden wäre. Damit wäre der Uebelstand verbunden, daß der Dampf durch eine lange Leitung sich sehr abgekühlt und von seiner Spannkraft verloren haben würde; andererseits wären dadurch für die Ventilation neue Schwierigkeiten entstanden. Glücklicher ist der Gedanke des Prof. Colladon in Genf, welcher zuerst die Anwendung der comprimirten Luft als Ersatzmittel für den Dampf vorgeschlagen. Weil nämlich die comprimirte Luft bei gleicher Spannung ebensoviel Kraft wie der Dampf zu entwickeln im Stande ist und auch deren Ver-

brauch zur Ventilation des Tunnels die ausgezeichnetsten Dienste leistet, und ferner die Luft ein Mittel ist, welches zu jeder Zeit und an allen Orten kostenfrei zur Verfügung steht, so folgt daraus, daß die Anwendung dieses Motors alle Bedingungen vortrefflich erfüllt.

Aber wie nun Luft comprimiren? war die neue Frage, wie auf die billigste und leichteste Art? Das überall im Gebirge reichlich vorhandene Wasser bot seine Hilfe bereitwilligst an und wurde zweckmäßig benützt wie wir bald ausführlicher sehen werden. Nachdem nun der Motor gefunden war, handelte es sich um die Construction der Bohrmaschinen, respective um einen Apparat, durch welchen die Bohrer in Bewegung gesetzt werden sollten, um die Minenlöcher zu graben, Man hat in dieser Beziehung zahlreiche Erfindungen und Versuche gemacht, bis man endlich an das Ziel kam, eine zweckentsprechende Bohrmaschine zu construiren.

Die erste Idee dieser Anwendung von Maschinen rührt vom Ingenieur Mausch her, beruht jedoch auf ganz anderen Gesetzen, als die Maschinen, welche heute im Mont-Genis verwendet werden. Mausch schlug nämlich die Anwendung einer Bohrmaschine vor, welche durch außerhalb des Tunnels liegende Wasserräder bewegt würde, deren dynamische Kraft mittelst Drahtseilen auf die rasch arbeitenden Steinbohrer hätte fortgepflanzt werden sollen. Die Bohrmaschine sollte nach dem ganzen Umfange des definitiven Tunnelprofils das Gestein auf die Dicke von einigen Centimetern herausweifen, den je entstandenen ringsum gelöseten Kern in horizontalen Schichten trennen und dann mittelst einzutreibender Keile vollends auflösen. Die Anwendung von Keilen hätte zum Zwecke, die Sprengung mit Schießpulver zu umgehen und daher die zur Ventilation nothwendige Luft auf das Minimum zu reduciren, welche mittelst Ventilatoren oder Windrädern zugeführt werden sollte.

Dieses Project wurde im Jahre 1849 einer technischen Commission zur Prüfung überwiesen und von derselben für gut befunden. Gleichwohl mögen nachträglich aufgetauchte Zweifel über die genügende Luftzuführung den oben erwähnten Genfer Professor veranlaßt haben, eine neue Methode der Tunnelbohrung zu erfinden, welche er sich unter dem 30. Juni 1855 patentiren ließ und die im Wesentlichen darin besteht, mittelst Luftpumpen stark gepresste Luft in den Tunnel zu treiben, um theils als Kraft zum Betriebe der Steinbohrer, theils zur Ventilation des Stollens verwendet zu werden. Auf diesen Grundsätzen beruhen die heute in Anwendung stehenden Bohrmaschinen, welche von den Ingenieuren Grandis, Gratoni und Someiller construirt sind. Nur die Comprimirung der Luft ist nicht die von Colladon vorgeschlagene, sondern geschieht durch Wasser, wobei wohl zum ersten Male nicht bloß der hydrostatische Druck, sondern auch die sogenannte lebendige Kraft der bewegten Wassersäule zum stärkeren Comprimiren der Luft benützt wird, wie wir später genauer berichten werden.

Die Anwendung der comprimirten Luft als bewegende Kraft kann bis jetzt nur zu den Versuchen gezählt werden. Das Studium des wenig gekannten Motors sowohl, als auch die Construction der anzuwendenden neuen Maschinen forderte daher geraume Zeit, und heute noch kann man nicht behaupten, in der Combination

der durch die Mechanik gebotenen Hülfsmittel bei dem Systeme angelangt zu sein, welches in der kürzesten Zeit und mit den geringsten Kosten den größten Nuseffect erzielt. Die Schwierigkeit wird noch überdies durch die ungleichen Verhältnisse vermehrt, welche sich bei Bardonecchia und bei Modane zur Benützung darbieten. An beiden Orten begann man vor fünf Jahren die Arbeit auf die gewöhnliche Art des Steinbohrens und seit kaum zwei Jahren dürften die in Bardonecchia aufgestellten Compressionsmaschinen die Bohrer in Bewegung setzen und seit kaum einem Jahre ein Gleiches in Modane der Fall sein. Diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß am Ende des verfloffenen Jahres von der ganzen Länge des Tunnels kaum 1000 Meter auf französischer und 1400 Meter auf italienischer Seite gebohrt waren. Um zu diesem Resultate zu gelangen, mußten 55.100 Minen gesprengt werden, wozu nicht weniger als 18.400 Kilogramme Pulver und 73.300 Meter Zündschnüre verbraucht worden sind.

Die Arbeiten sind, wie schon erwähnt, an beiden Enden des Tunnels gleichzeitig begonnen worden und im Allgemeinen ist das Princip, nach dem vorgegangen wird, folgendes: Die Bohrmaschinen, welche die Minenlöcher graben, werden durch auf 5 Atmosphären zusammengepreßte Luft in Bewegung gesetzt, welche in einer eisernen Röhre in den Tunnel geleitet wird. Die Zusammenpressung der Luft geschieht durch Wasser, welches, an einem höhergelegenen Orte gesammelt, mit der seiner Fallhöhe entsprechenden Kraft herabstürzt und, einen Druck auf die stets neu zugeführte Luft ausübend, diese comprimirt und sie in große Cylinder preßt, aus welchen selbe in den eben erwähnten Röhren in den Tunnel geleitet wird, sowohl zur Bewegung der Bohrmaschinen, als auch zur Ventilation des Tunnelraumes. Dieses Princip wird nun auf beiden Seiten des Tunnels in verschiedener, durch die Verhältnisse gebotener Weise zu erreichen gesucht. In Bardonecchia besitzt man einen natürlichen Wasserdruck durch einen höher gelegenen Bach, in Modane muß dieser Druck erst künstlich geschaffen werden. Die Vorrichtungen sind daher auf beiden Seiten verschieden. Wir werden beide beschreiben und wenden uns zuerst nach Bardonecchia, auf die

Südseite des Tunnels.

Hier gewahren wir zwei in verschiedener Höhe nebeneinanderstehende Häuser. Das obere bildet ein Sammelbecken für das Gebirgswasser, welches in einem drei Kilometer langen, gemauerten Canal zugeleitet wird. Der Canal liefert eine mittlere Wassermenge von 0.6 Kubikmeter per Secunde mit einem disponiblen Gefälle von 26 Meter, so daß also der theoretische Effect dieser Wasserkraft 208 Pferdekkräfte beträgt. Es kann jedoch dem Canal eine bedeutend größere Wassermenge zugeleitet und der Effect auf 800 bis 900 Pferdekkräfte gesteigert werden. Das untere Haus ist das Compressionshaus und birgt in seinem geräumigen Innern zehn Luftcomprimirungsapparate, deren gußeiserne, 0.60 Meter weite Fallröhren mit den oberen Enden in das 26 Meter höher liegende Wasserbassin münden, durch welches den Compresseurs das nöthige Kraftwasser geliefert wird.

Wir wollen versuchen, die Operation der Luftverdünnung in ihren Hauptzügen zu beschreiben und beileben uns vor allem, zu sagen, daß jeder Apparat aus dem eben erwähnten Fallrohre, ferner dem eigentlichen Compressor und dem Luftreservoir besteht. Letzteres ist ein mächtiger Cylinder aus Eisenblech von 1.50 Meter Durchmesser und gegen 8 Meter Länge, welcher auf dem Boden des Gebäudes liegt und zur Aufnahme der comprimierten Luft dient. Eine aufsteigende Röhre setzt das Luftreservoir mit dem Compressor in Verbindung, welcher ein senkrechter, gegen 4.50 Meter hoher Cylinder von 0.66 Meter Durchmesser ist. Dieser communicirt wieder durch eine horizontale, etwa 3 Meter lange Röhre von 0.60 Meter Durchmesser mit der Fallröhre, welche aus dem höher gelegenen Reservoir Wasser zuführt und an dem unteren Ende durch das Ventil geschlossen ist. Dieses Ventil hat die Aufgabe, die in der Fallröhre enthaltene Wassersäule abwechselnd vom Apparate abzusperrern und mit demselben in Verbindung zu setzen. Fügen wir noch hinzu, daß der Compressor an dem höchsten Punkte auch ein Ventil besitzt, welches dazu dient, der zusammengedrückten Luft Ausgang zu verschaffen und sie durch die oben erwähnte Röhre in das Luftreservoir zu führen, so haben wir Alles gesagt, um das Spiel der Ventile erklären zu können, durch welches Wasser und Luft in den Röhren auf einander wirken. Nun, wie geschieht dieses Spiel?

Ist der Compressor mit atmosphärischer Luft gefüllt und seine Verbindung mit dem Luftreservoir durch das letztgenannte Ventil unterbrochen, so wird, wenn man das Ventil der Fallröhre plötzlich öffnet, das Wasser mit der seiner Druckhöhe entsprechenden Geschwindigkeit in den Compressor strömen und die darin befindliche Luft zusammenpressen, bis sie einen solchen Grad von Dichtigkeit erreicht hat, daß sie das Ventil gegen das Luftreservoir öffnen und in dasselbe einströmen kann. Ist dieses geschehen, so schließt sich das Ventil gegen das Luftreservoir und das Fallrohr, welches das Wasser zuführt, und es öffnen sich zwei andere, noch nicht genannte Ventile, welche dem in den Compressor getretenen Wasser Austritt und an dessen Stelle der Luft Eintritt gestatten, damit sie von der durch das neuerdings geöffnete Ventil der Fallröhre herabstürzenden Wassersäule zusammengedrückt und in das Luftreservoir geschafft werden könne u. s. f. Das Spiel der Ventile wird durch einen besonderen Mechanismus geregelt, welcher wieder durch comprimirt Luft in Bewegung gesetzt wird und es findet die Wirkung der Compressionsmaschinen mit erstaunlicher Regelmäßigkeit statt, welche 5 Spiele per Minute vollführen. Nur ist das Schlagen der Ventile sehr heftig und dürfte auf deren Dauer höchst nachtheilig einwirken. Störungen finden nur dann statt, wenn das Wasser Unreinigkeiten enthält, wodurch die Bewegung und der dichte Schluß der Ventile beeinträchtigt wird und einerseits bedeutende Kraftverluste und andererseits nachtheilige Stoßwirkungen eintreten.

So weit die Erzeugung der comprimierten Luft und nun die Art und Weise, wie selbe in den Tunnel zu den Bohrmaschinen geschafft wird. Die 10 Luftreservoirs, welche, wie erwähnt, in dem tiefer liegenden Gebäude sich befinden, stehen durch kleine Röhren mit dem Hauptleitungsbrohre in Verbindung, welches, aus dem

Compressionshaufe tretend, auf kleinen Mauerpfeilern ruhend, die Höhe hinaufgeführt wird, um die Bohrmaschinen in dem Tunnel zu erreichen. Der Röhrenleitung folgend, gelangen wir zu der südlichen Tunnelöffnung, welche 1335 Meter über dem Meere sich befindet. Das Portal, in welches wir treten, ist jedoch nicht dasjenige, durch welches einst die Züge fahren werden, da die definitive Bahnare in einer Entfernung von 200 bis 250 Meter von den beiden Tunnelmündungen einwärts die jetzige gerade Linie verlassen wird, um in Curven von 50 Meter Radius in die beiderseitigen Thäler zu treten. Die beiden, 200 bis bis 250 Meter langen geraden Strecken an den beiden Tunnelenden werden später überflüssig und sind demnach bloße Hülfs galerieen zur Sicherung der geraden Richtung der Tunnelaxe, zum bequemen Eindringen von Luft und Licht, wie zur Erleichterung der Ventilation, welche ohne Zweifel in geraden Räumen leichter vor sich geht, als in gekrümmten. Der Tunnel wird auf seine ganze übrige Länge geradlinig und steigt von der Südseite mit 0.5 Mm. per Meter bis ungefähr in die Mitte des Tunnels, um alsdann mit 21.86 Mm. per Meter gegen Norden zu fallen und mit diesem Gefälle in das Thal bei Modane auszutreten. Wenn man sich die Schwierigkeit der durch die örtlichen Verhältnisse nicht gebotenen Gegensteigung schuf, so geschah es nur, um ein Gefälle für die Ableitung aller sich zeigenden Wässer herzustellen. Die zu diesem Zwecke bestimmte Rinne ist 5' tief und befindet sich in der Are des Tunnels. Mehrere Röhren liegen im Augenblick darin und führen Bohrmaschinen und Arbeitern Luft, Wasser und Gas zu. Letzteres wird aus der Gasfabrik angeleitet, welche zur Beleuchtung des Tunnels sowohl als auch der Werkstätten und der Bureaux des Stationsgebäudes eingerichtet ist.

In den Tunnel führen drei enge Geleise, auf welchen das in Wagen geladene losgebrochene Gestein herausbefördert wird. Wir begegnen deren mehreren, welche in dem schon ausgemauerten Tunnel bequem und frei sich fortbewegen können. Je weiter wir jedoch vordringen, desto beengter wird der Querschnitt des Tunnels. Hier versperrn große Haufen Quadersteine den Weg, welche in der Nähe des Tunnels gebrochen und zur Ausmauerung der Widerlager bis zur Kämpferhöhe des Gewölbes verwendet werden, und bald erscheinen Gerüste und Lehrbogen, auf denen aus Backsteinen das Gewölbe ausgeführt wird. Das Schieben der Rollwagen, das Zuführen des Materials, das Rufen der Arbeiter, das Klopfen der Hämmer, das Krachen der Balken, alles dieses bildet ein sinnverwirrendes Getöse, und der dieses Chaos' Ungewohnte hat alle Mühe, mit der Grubenlampe in der Hand sich durch die engen Gäßchen zwischen den Gerüstbäumen hindurchzuwinden. Bald hören auch die Gerüste auf und an die Stelle der Mauerung treten die Ausbruchsarbeiten für die Erweiterung des vom Sohlstollen durchgezogenen Profiles, von dessen Ende her schon das Krachen der auf den Stein stoßenden Bohrer vernehmbar wird. Auf beiden Seiten sind Hunderte von Arbeitern beschäftigt, mittelst Meißel und Hammer Löcher in den harten Fels zu bohren, welcher in der unregelmäßigsten Form das Innere des Tunnels zu einer Grotte umwandelt, deren Querschnitt sich allmählig verengt und uns endlich zu der schmalen Gasse des ursprüng-

lichen Sohlenstolles und zu dem auf einen niederen Rollwagen geladenen Rahmgestelle führt, welches die 8 Bohrmaschinen trägt, für deren jede die comprimirte Luft in Guttaperchanschläuchen zugeführt wird, welche von der Hauptleitung gespeist werden. Hinter diesem Rollwagen steht der Wasserwagen, dessen Reservoir mit den in eine feine Spitze auslaufenden, auf den Bohrmaschinen befestigten Röhren communicirt, um durch dieselben den Bohrlöchern einen continuirlichen Wasserstrahl zuzuführen. 6 Arbeiter bilden die Bedienungsmannschaft für die 8 Bohrmaschinen und stehen auf ihrem Posten. Nun werden die nöthigen Hähne geöffnet und die comprimirte Luft setzt das ganze System der Bohrmaschinen in Bewegung, von denen jede 180 bis 220 Schläge in der Minute auf das Gestein macht. Die Arbeiter überwachen den Gang der Maschinen, leisten die erforderliche Nachhülfe, besorgen das Schmieren und wechseln, wenn nöthig, die Bohrer aus. Ist ein Bohrloch auf die gehörige Tiefe gebracht, so wird die betreffende Maschine abgestellt und durch Heben oder Senken, Verschieben nach rechts oder links, Drehung um einen gewissen Winkel, sei es in verticalem oder horizontalem Sinne in eine neue Lage eingestellt, um ein zweites Bohrloch zu beginnen. Auf diese Weise wird fortwährend operirt, bis jede der 8 Maschinen 9 bis 10 Löcher gebohrt hat, so daß auf dem ganzen Profil des Stollens 70 bis 80 Minenlöcher, möglichst zweckmäßig vertheilt, hergestellt werden.

Die Herstellung eines Bohrloches von 0·60 bis 0·70 M. Tiefe erfordert je nach der Härte des Gesteines 20 bis 30 Minuten, und es würden also, wenn die Bohrarbeit ohne Unterbrechung fortgesetzt werden könnte, sämmtliche 70 bis 80 Bohrlocher in höchstens drei Stunden vollendet sein. Aber die Verstellung der Maschinen, das Auswechseln der Bohrer u. s. w. nehmen so viel Zeit in Anspruch, daß hiefür nie weniger als 5, meistens aber 6 Stunden erforderlich sind. Zur leichteren Lösung des Gesteines, respective zur Erhöhung der Wirksamkeit der Minen, wurden an einigen Stellen des Stollenquerschnittes mehrere Löcher in einer Reihe ganz dicht nebeneinander gebohrt und der dazwischen liegende Kern mit größeren Bohrern, die sich nicht drehen, herausgeschlagen, um hiedurch die sonst compacte Angriffsfläche des Gesteines in einzelne Abtheilungen zu zerlegen, welche von den Minen um so leichter gelöst werden. Die einzelnen Bohrlocher werden nun getrocknet, geladen und das Maschinengestell sammt dem Wasserwagen gegen 80 bis 90 Meter weiter zurückgeschoben, bis über jene Stelle hinaus, wo sich die starke hölzerne Thüre befindet, welche zum vollständigen Abschluß des Stollens dient, um beim Loschießen der Minen die Arbeiter und Maschinen vor Beschädigungen durch vorgeschleuderte Steinstücke zu schützen. Das Begräumen des Gesteines nimmt abermals eine verhältnißmäßig sehr lange Zeit von 5 bis 6 Stunden in Anspruch und wird daher in 24 Stunden nur einmal geschossen. Es ist nicht zweckmäßig gefunden worden, behufs Deffnung der Passage für die großen Materialtransportwagen in den Stollen das Maschinengestell nach jedesmaligem Abschießen aus demselben herauszufahren, sondern dasselbe bleibt während der Dauer des Materialtransportes da, wohin es vor dem Abschießen gebracht wurde, und geschieht die Fortschaffung

der gelbsten Steinmassen auf kleinen 0.1 Kubikmeter haltenden Wägeln, die sich an dem Maschinengestelle vorüber auf einer neben der eigentlichen Schienenbahn sich hinziehenden Hülfsbahn von 0.40 Meter Spurweite bewegen und den Schutt bis vorne ins ausgesetzte Tunnelprofil bringen, wo derselbe erst von den großen, 1.7 Kubikmeter haltenden Transportwagen aufgenommen wird, um mittelst Menschen oder Pferden außerhalb des Tunnels geschafft zu werden.

Die Manier, welche für den Ausbruch des Tunnelgesteins befolgt wird, ist im Allgemeinen dieselbe, welche bei Sohlenstollenbetrieb befolgt wird, und besteht aus folgenden Operationen:

Die Bohrmaschinen werden bloß zu der Herstellung des in der Axe und an der Sohle des Tunnels getriebenen Stollens benützt. Ist dieser fertig, so weitet eine Arbeitergruppe von 2 bis 4 Bohrpattien den über dem Stollen befindlichen Raum aus. Hinter dieser Gruppe folgt eine zweite von ebenfalls 3 bis 4 Bohrern, die den Raum herstellt, welcher den Tunnelfirst bildet. Das aus diesen zwei Aufbrüchen gewonnene Material wird durch eine in der Sohlenstollendecke befindliche Oeffnung in die unten stehenden Transportwagen geladen und auf der provisorischen Schienenbahn fortgefahren. Nachdem so der Tunnelfirst erreicht ist, folgt eine dritte Arbeiterpartie nach, die durch den Ausbruch der beiden Ecken das obere Segment des Tunnelprofils vervollständigt. Endlich werden von der vierten und letzten Colonne auch die Seitenwände ausgebrochen und so das Profil auf seinen ganzen Querschnitt ausgedehnt. Es ist einleuchtend, daß mit dem einmal getriebenen Stollen beliebig viele Angriffspunkte zur Ausweitung des ganzen Profils dargeboten sind, um die Arbeitskräfte derart vermehren zu können, daß diese Ausweitung mit dem Vorrücken des Nichtstollens immer Schritt hält. Den Ausbruchsarbeiten folgt unmittelbar die Mauerung zuerst der Widerlager und dann des Gewölbes. Das Tunnelgestein zeigte sich insofern bisher recht günstig, als in demselben noch keine Wasserader aufgeschlossen wurde. Die ganze bisher (Mitte 1863) durchbrochene Länge ist mit Ausnahme weniger Stellen durchaus trocken. Noch bleibt zu erwähnen übrig, daß der tägliche Fortschritt des Sohlstollens in 24 Stunden durchschnittlich 1.20 Meter beträgt. (Schluß folgt)

Der Gesandtenmord in Teheran.

(10. Februar 1829.)

Eine Episode aus der neuesten Geschichte Persiens.

Von O. S. M.

(Schluß)

Die mannigfaltigen Schlagwörter, deren man sich im civilisirten Abendlande bedient, die Massen zu bewegen, waren und sind im mohammedanischen Oriente, mit Ausnahme von zweien, unbekannt. „Hunger“ und „Bedrohung des Glaubens“