

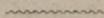
Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298795

By/27

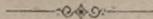
Neuere Tunnelbauten.



Gesteinsbohrmaschinen

und

Bergeisenbahnen der Gegenwart.



Neuere Tunnel-Bauten.



Gesteinsbohrmaschinen und Bergeisenbahnen der Gegenwart.



Zuerst als Separat-Abdruck aus dem „Jahrbuch der Baugewerbe“ III. Jahrgang erschienen.

Bearbeitet

von

Dr. H. Zwick,

Lehrer der Naturwissenschaften a. d. Kgl. Gewerbeschule zu Koblenz, Mitarbeiter versch. Bauzeitungen,
Redakteur des Jahrbuchs der Baugewerbe, etc.

Zweite reichvermehrte Auflage.

Mit hundertundvierzehn in den



Text gedruckten Holzschnitten.



Leipzig,
CARL SCHOLTZE.

1876.

1/2

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

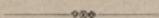
III 15927

Akc. Nr.

221 / 50

J N H A L T.

	Seite
I. Der Mont-Cenis-Tunnel	1
II. Der Gotthard-Tunnel	13
III. Das Projekt einer Eisenbahn-Verbindung zwischen England und Frankreich	35
IV. Der grosse Wassertunnel unter dem Michigan-See	44
V. Ueber Gesteinsbohrmaschinen	47
VI. Ueber Bergeisenbahnen, besonders über die Rigi-Eisenbahn mit Zahnradbetrieb	79
VII. Die Rigi-Eisenbahn mit Zahnradbetrieb	82
Der Gotthard-Tunnel. (Fortsetzung von p. 34)	90
Der unterseeische Tunnel zwischen England und Frankreich. (Vergl. p. 35)	128
Ueber Gesteinsbohrmaschinen. (Vergl. p. 47)	132
Ueber Bergeisenbahnen. (Vergl. p. 79)	158



Am 27. September 1825 wurde die erste Eisenbahn eröffnet. Die kleine Stadt Darlington in der nordenglischen Grafschaft Durham war Zeuge dieses welthistorischen und weltumschaffenden Ereignisses; denn am Morgen dieses Tages führte der erste Eisenbahnzug, durch die von *G. Stephenson* konstruirte Lokomotive bewegt, 600 Personen in Kohlenwagen, im Ganzen ein Gewicht von 90 Tonnen, nach dem wenige Stunden entfernten Stockton.

Heute, 1875, also nach dem Verlaufe von 50 Jahren, hat das Eisenbahnnetz, wie die zuverlässigen statistischen Erhebungen von *G. Stürmer* in Bromberg beweisen, folgende Ausdehnung gewonnen:

Europa 135,481 Kilometer mit 38,600 Lokomotiven, 83,500 Personenwagen, 93,800 Lastwagen.

Die übrigen Erdtheile zusammen 142,930 Kilometer mit 18,100 Lokomotiven, 20,200 Personenwagen, 418,600 Lastwagen.

Das Eisenbahnnetz der ganzen Erde umfasst also gegenwärtig
278,411 Kilometer, d. h.

eine Linie, die ca. 7 mal so gross ist als der Umfang der Erde. Dem Betriebe dienen 56,700 Lokomotiven mit 11,340,000 Pferdestärken (für 1 Lokomotive durchschnittlich 200 Pferdestärken gesetzt), 103,700 Personenwagen, 1,356,600 Lastwagen. Wird der Durchschnittspreis einer Lokomotive mit Tender 50,000 Mark, eines Personenwagens 7500 Mark, eines Lastwagens 3000 Mark gerechnet, so machen die Anschaffungskosten des gesammten Transportmateriales aller Eisenbahnen der Erde Anfang 1875 allein ein Kapital von 7,682,550,000 Mark aus, welche Summe etwa den 8. Theil aller Anlagekosten beträgt.

Und dennoch genügen diese Veranstaltungen dem materiellen und geistigen Verkehr der Nationen der Gegenwart bei Weitem nicht. Immer neue, wahrhaft gigantische Eisenbahnprojekte sind in

voller Ausführung begriffen oder werden auf allen Seiten geplant: Berge müssen durch die Lokomotive erklimmen oder auf kürzestem und bequemsten Wege durchsetzt, die trennenden Meereswogen müssen von ihr siegreich überwunden werden! Ehe unser Jahrzehnt abläuft, wird der grösste Tunnel der Welt dem Verkehr übergeben sein. In weiteren 5 Jahren wird man wahrscheinlich, unangefochten durch Stürme und Seekrankheit, im Eisenbahnwaggon von Paris nach London fahren, wird der Balkan überschient sein, werden Persien, Sibirien, China, Japan etc. ihre ausgedehnten Eisenbahnlinien haben. Werden ja doch schon für das dem Verkehr noch gar nicht erschlossene Inner-Afrika Eisenbahnprojekte ausgearbeitet. — Der Verkehr der Nationen im Frieden und im Kriege, die Güterproduktion und der Austausch, sie haben durch die Eisenbahnen und deren Bundesgenossen, den Telegraphen, eine totale Umgestaltung erfahren, eine Umgestaltung, welche die kühnsten Fantasien unserer Voreltern weit hinter sich lässt. Eisenbahnen und Telegraphen sind die nimmer rastenden Pioniere der Kultur und Zivilisation der Menschheit und es lässt sich unschwer nachweisen, wie ihr Einfluss auf die materielle und geistige Entwicklung denjenigen aller früheren Erfindungen und Entdeckungen um ein Bedeutendes überragt. Eisenbahnen und Telegraphen sind die Zeugen der Herrschaft der Geistes über die Materie, über Raum und Zeit! —

* * *

Möge die vorliegende Arbeit, welche hiermit in 2. Auflage und bis auf die Gegenwart ergänzt erscheint, einen kleinen Beitrag liefern zur Erkenntniss und Würdigung der eben angedeuteten Thatsachen; einen Beitrag, der sich in anspruchsloser Weise mehr an das grosse gebildete Publikum als an Fachkreise wendet, um diesem einige der grossartigsten technischen Leistungen der Gegenwart in verständlicher Form vorzuführen.

KOBLENZ, den 27. September 1875.

Der Verfasser.

I. Der Mont-Cenis-Tunnel.

Mitten im gewaltigen Ringen zweier der mächtigsten Nationen des Erdballs, mitten im Gebrüll der Kanonen des Schlachtfeldes, welche die Früchte Jahrhunderte langen Schaffens Tausender rühriger Hände mit einem Schläge vernichteten — vollendete die unverdrossen schaffende Menschenhand tief unter der mit Blut getränkten Erde ein Werk, was als Denkmal menschlichen Erfindungsgeistes und Fleisses nicht minder wie die ruhmreichen Siege zur Verherrlichung unseres Jahrhunderts bei der Nachwelt beitragen wird.

Es war am 25. Dezember 1870, am ersten Weihnachtsfeiertage; die Uhr des Rathhauses in Turin schlug eben 5 als ein Telegramm von Bardonechia mit folgender Botschaft eintraf:

„Aus der Tiefe des Tunnels, Herrn Ingenieur *Sommeiller*. Turin. — Die Bohrmaschine steht soeben, 4 Uhr 26 Minuten, in der Mitte des letzten Erdhäutchens von 4 Meter Dicke. Unsere Stimmen sind gegenseitig vernehmbar; wir tauschen Frage und Antwort aus; Jeder ruft: Es lebe Italien! Kommen Sie morgen! *Grattoni*.“ —

„Nun! wollen wir morgen hinüber?“ rief *Sommeiller* scherzhaft fragend.

„Jawohl!“ erwiderte rasch Ingenieur *Massa*, ausser sich vor Freude im Kreise seiner zahlreichen Freunde¹⁾.

Des andern Morgens führte ein Extrazug eine kleine aber gewählte Reisegesellschaft nach Susa, von hier per Wagen das Thal der Dora Riparia hinauf bis Oulx und in einer Stunde erreichte sie dann das Ziel ihrer Reise — Bardonechia an der Mündung des Mont-Cenis-Tunnels auf italienischer Seite.

Die Gesellschaft fuhr, geleitet von *Grattoni* und den die Oberaufsicht führenden Ingenieuren *Borelli* (auf italienischer) und *Copello* (auf französischer Seite) auf Leiterwagen in den Tunnel; dort wo die Galerie beginnt und bei 2 Meter Stollenbreite nur ein Schienenstrang zur Entfernung der Berge liegt, wurden die Wagen verlassen und zu Fuss an's Ende der Höhle bis zu der noch vorhandenen 1½ Meter dicken Scheidewand geschritten, um durch ein im Mittelpunkt der Wand befindliches, frisch gebohrtes Loch Grüsse und Händedrucke mit den drüben befindlichen Franzosen zu wechseln.

Nachdem der Rückzug bis ausser Schussweite angetreten, wurden die auf

¹⁾ „Cenisio e Fréjus“ par Enea Bignami (Florenz, *G. Barbèra* 1871). „Guida al traforo del Cenisio par *A. Covino* (Turin, *Luigi Beuf* 1871). Der Mont-Cenis-Tunnel von Prof. *J. Schanz*. (Wien, *Hartleben* 1872.)

beiden Wandseiten geladenen Minen um 5 Uhr 20 Minuten entzündet; wie Kanonendonner erfolgte die Explosion, auch die letzte Gesteinswand war gefallen. Das Gestein wurde weggeräumt, die Gäste stürzten vor — und der Modaner Nordwind wehte Frankreichs Grösse unter der Erde nach Italien.

Somit gesellt sich zu den Triumphen der Neuzeit, den *miracula mundi* des modernen Zeitalters: der Legung des transatlantischen Kabels, der Durchstechung der Suez-Landenge, der Vollendung der pazifischen Eisenbahn, quer durch Nordamerika, als durchaus ebenbürtig: der Durchstich des Mont-Cenis, dessen Eröffnung im folgenden Jahre, am 17. September 1871 erfolgte.

Ist dieser Alpendurchstich am Mont-Cenis zunächst ein neues Band, welches die beiden nachbarlichen Völker romanischen Stammes, die Italiener und Franzosen, enger verknüpft, so hat er eine nicht minder hohe Bedeutung für den internationalen Verkehr von ganz Europa. Durch ihn ist eine direkte Verbindung des Mittelmeeres (durch Frankreich) mit dem Kanal (also England und dem atlantischen Meer) einerseits, durch Deutschland mit der Nord- und Ostsee (also Nordeuropa) andererseits geschaffen. Entspringt hieraus für den Handelsverkehr Deutschlands der Nutzen, dass dessen Güter schon gegenwärtig ihren Weg durch den Tunnel nach Italien nehmen können, so bietet das grosse Werk für uns Deutsche insofern das grösste Interesse, als es ein trefflich gelungenes Vorbild für die bereits in Angriff genommene ähnliche Verbindung zwischen Deutschland und Italien, für eine Eisenbahn durch den Gebirgsstock des St. Gotthard abgibt, und alle dabei gewonnenen Erfahrungen unserem Unternehmen zu Gute kommen.

1. Terrain des Tunnels.

Zwischen Frankreich und Italien, resp. Dauphiné (Savoyen) und Piemont steigt die durchschnittlich über 2000 Meter hohe Mauer der Kottischen Alpen vom Monte Viso bis zum Mont Cenis, von der Quelle des Po bis zur Quelle der Dora Baltea empor. Sie besteht aus zwei parallelen Gebirgsketten, einer westlichen und einer östlichen, von einander geschieden durch das Thal der oberen Durance und leitet ihren Namen von dem König *Cottius* her, welcher sein nach ihm benanntes kleines Königreich der Cottier zur Zeit des Octavianus Augustus an Rom abtrat.

Die östliche Kette der eigentlichen Cottischen Alpen hat die Form eines nach Osten geöffneten spitzen Winkels, in dessen südlichem Schenkel an der Durancequelle der Mont Genève liegt, dessen nördlicher Schenkel sich vom Tabor in einen nordöstlichen Bogen bis zum Mont Cenis, dem Eckpfeiler der Kottischen und grajischen Alpen und der Quelle der Dora Baltea fortsetzt. Der nördliche Schenkel taucht französischerseits seinen Fuss in das Thal des Arc, welcher mit im ganzen nordwestlichen Lauf der Isère zufliesst, der südliche in das Thal der Durance, welche der Rhone nach Westen zueilt; italienischerseits kommt aus der Gegend des Mont Genève das Flüsschen Dora, welches die Riparia aufnimmt und dann als Dora Riparia zuerst nördlich fliesst und die Bardonnèche links aufnimmt, dann östlich bei Susa und Rivoli vorüber, unterhalb Turin in den Po fällt.

Neben einer Anzahl Fuss- und Saumpfade führen aus Frankreich zwei Verkehrswege über den Rücken der Kottischen Alpen nach Italien hinüber; der erste Weg von Süden her, das Thal der Durance aufwärts bis Briançon von dort über den Mont Genève nach Cesanne, wo er sich spaltet und in dem einen Schenkel,

Figur 1.



links das Thal der Dora Riparia hinab über Oulx nach Susa, in dem anderen, rechts nach Pinerolo läuft, um von beiden Endpunkten nach Turin zu führen.

Der zweite Weg, die Hauptverkehrsstrasse, welche Zentralfrankreich und die Südwestschweiz (Genf) mit Piemont und Italien verbindet, kommt aus dem Rhonethal von Culoz aufwärts in das Thal der Isère, biegt dann rechts ab in das Thal des Arc, geht in diesem aufwärts über St. Michel, Madane zum Dorfe Lanslebourg, steigt von hier als Mont-Cenisstrasse in kunstvollen Windungen zum Mont Cenis auf, erreicht die Höhe von 2064 Meter, läuft hier zwischen dem grossen und kleinen Mont Cenis über die $1\frac{1}{2}$ Stunde lange Ebene Madelina (auf welcher Poststation, Kaserne und Benediktiner-Hospiz) und senkt sich dann auf der rauhen felsigen Südseite nach Italien hinab, dem Thale des Flüsschen Cenise (linker Zufluss der Dora) folgend, bis nach Susa.

Diese kunstvoll angelegte, von Lanslebourg bis Susa $4\frac{1}{2}$ geographische Meilen lange Mont-Cenisstrasse, auf welcher jährlich mehr als 20,000 Wagen und gegen 3000 Saumthiere den Pass überschritten, wurde auf Veranlassung *Napoleon I.* durch *Fabbroni* im Jahre 1805 mit 3000 Arbeitern in der unglaublich kurzen Zeit von drei Monaten erbaut; sie wurde 1859 vielfach genannt, als die französische Armee auf ihr nach Italien hinabstieg, um Oesterreich bei Magenta und Solferino zu besiegen.

Die eben beschriebene Route schlägt auch die Viktor-Emanuels-Bahn ein, welche von Culoz und Chambéry kommend, bei Montmelian in das Thal der Isère, dann in das des Arc tritt und bei St. Michel endigt. Italienischerseits wurde der Verkehr von Susa aus per Bahn über Rivoli mit Turin vermittelt. Die Ueberschreitung des Passes zwischen St. Michel und Susa geschah bis zum Jahre 1868 durch den Postwagen, welcher unter günstigen Umständen 10 Stunden brauchte; seit dem 15. Juni 1868 durch die (weiter unten beschriebene) Fell-Bahn, welche der Mont-Cenisstrasse in der Hauptsache folgte und in den höheren Regionen zu etwa

$\frac{1}{5}$ ihrer Länge mit hölzernen Schneebaracken und gemauerten Galerien gegen Schneewehen und Lavinen geschützt war. Bei ziemlich regelmässigem Betriebe waren auf dieser Bahn im Sommer 1870 18 Lokomotiven in Thätigkeit, welche obwohl jede nur immer 60—70 Personen oder 20 Tons Waaren 15 Kilometer per Stunde beförderte, doch vom 1. November 1869 bis 20. Mai 1870 18,896 Personen über die Passhöhe trugen. Die Fahrpreise der Bahn waren hoch; sie betragen für die Strecke von St. Michel bis Susa (11 Meilen) I., II. und III. Klasse beziehentlich 15, 12 und $10\frac{1}{2}$ österreichische Gulden. Seit dem 16. Oktober 1871, d. h. mit der Eröffnung des Mont-Cenis-Tunnels hat sie, wozu sie kontraktlich verpflichtet war, ihre Fahrten eingestellt.

Die gegenwärtige Eisenbahnverbindung findet also durch den Mont-Cenis-Tunnel statt und zwar trennt sich die Bahn 2 Kilometer hinter Modane von der Mont-Cenisstrasse und biegt aufwärts bei dem Dorfe Fourneaux in den Tunnel, verlässt diesen auf der Südseite bei dem Flecken Bardonnechia und geht zuerst in dem Thal der Rochemolle, dann demjenigen der Tabor Dora bis zum Städtchen Oulx, dann im Thale der Dora Riparia abwärts bis Susa.

Der Tunnel durchsetzt also den nördlichen Schenkel des obengenannten Gebirgswinkels der Kottischen Alpen und zwar zwischen dem Tabor (südwestlich) und dem Mont Cenis (nordöstlich) den Gebirgsstock des Col de Fréjus und müsste, da er von dem Mont Cenis nicht weniger als 24 Kilometer südwestwärts liegt, eigentlich Fréjus-Tunnel heissen.

2. Historisches und Vorbereitungen für den Bau.

Werden heute die Männer gefeiert, welche den Bau und die Vollendung des Mont-Cenis-Tunnels ermöglichten, so darf man doch nicht vergessen, dass der Gedanke der Durchstechung bereits im Jahre 1832 von einem Einwohner des piemontesischen Fleckens Bardonnechia, *Giuseppe Medail*, gefasst wurde, welcher dem Könige *Carlo Alberto* einen Entwurf zum Durchstich des Berges zwischen Modane und Bardonnechia vorlegte. *Medail* hatte gefunden, dass das Flussbett des Arc und das des Wildwassers von Bardonnèche ziemlich in gleichem Niveau liege und der zwischen beiden Flüssen liegende Berg Fréjus die schmalste Partie jener westlichen Alpenkette sei. Auch der Handelskammer von Chambéry reichte *Medail* 10 Jahre später seinen Plan zur Durchstechung des Col de Fréjus ein, jedoch ohne Erfolg. 1845 übertrug die piemontesische Regierung dem belgischen Ingenieur *Mauss* und dem Geologen *Sismonda* die Prüfung und Untersuchung des Projekts. Obwohl diese und eine ganze Reihe anderer Ingenieure die Wichtigkeit desselben anerkannten, so verhehlte man sich in Fachkreisen doch ebensowenig, dass ein Durchstich von 12,000 Meter Länge und stellenweise bis 1200 Meter unter der Erdoberfläche mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft sei. Die Anlage von Schächten bis zur Tunnelsohle: das gewöhnliche Mittel, um den Bau von mehreren Stellen aus gleichzeitig in Angriff zu nehmen, das gebrochene Gestein zu Tage zu bringen und die nothwendige Ventilation hervorzurufen, wird bei solcher Länge und Tiefe zur Unmöglichkeit.

Erst eine ganze Reihe von befruchtenden Ideen, direkten und indirekten Untersuchungen, musste vorangehen, neue zweckentsprechende Maschinen ersonnen und Kräfte zu deren Bewegung flüssig gemacht werden, ehe man an die wirkliche Arbeit gehen konnte.

Der oben erwähnte Ingenieur *Mauss* ersann eine Bohrmaschine und bearbeitete

einen detaillirten Plan für den Durchstich. Indess fand eine mit der Prüfung der Maschine beauftragte Kommission diese als nicht entsprechend, namentlich schien ihr eine genügende Ventilation und Luftzuführung nicht erreicht. Denn gerade die Ventilation hatte man — auch *Humboldt* als er um das Unternehmen befragt wurde — für die grösste der zu überwindenden Schwierigkeiten gehalten.

Der Physiker *Colladon* in Genf brachte für letzteren Zweck das Verfahren in Vorschlag, Luft zu komprimiren, diese bis zur Arbeitsstelle in den Tunnel zu leiten und dort für die Ventilation anzuwenden. Zur Realisirung dieser Idee bedurfte es indess einer passend konstruirten Bohrmaschine und vor Allem auch einer Kraft um so grosse Luftmassen, wie sie dazu nothwendig, mit Vortheil zu komprimiren.

Eine demnächst von dem Ingenieur der Viktor-Emanuelbahn, *Thomas Bartletti*, konstruirte, diesem am 30. Juni 1855 patentirte Bohrmaschine erwies sich zwar als ein grosser Fortschritt in erster Richtung, indess sollte die Maschine durch Dampf getrieben werden. Da die Dampfkessel nur an den Enden des Tunnels aufgestellt werden konnten, nicht aber im Innern, so waren für solchen Betrieb lange nicht hinreichend erprobte Transmissionen für Kraftübertragung nothwendig, denn eine Fortleitung des Dampfes in Röhren auf solche Entfernungen war natürlich unmöglich, auch nahm die Maschine zu viel Raum ein und war nicht beweglich genug. — Die Anwendung komprimirter Luft zum Betriebe der Maschinen war und blieb also das einzige Auskunftsmittel und in der That änderte der Ingenieur *Sommeiller* die von *Bartletti* ersonnene Bohrmaschine dahin ab, dass sie durch komprimirte Luft in Bewegung gesetzt werden konnte, dass die Komprimirung wiederum durch eine in grosser Ausdehnung sich darbietende Kraft, nämlich diejenige des Wassers möglich wurde.

Die italienischen Ingenieure *Grandis*, *Grattoni* und *Sommeiller* traten zu Anfang der fünfziger Jahre mit einem Projekt hervor, nach welchem sie mit Hilfe einer feststehenden durch eine bewegte Wassersäule getriebenen Luftkompressionsmaschine eine Art atmosphärische Eisenbahn zur Ersteigung der geeigneten Ebene von Bussala anlegen wollten.

Eine von der piemontesischen Regierung beauftragte Kommission, bestehend aus dem Senator *Des Ambrois de Novado*, Prof. *Giulio*, Oberst *Ménabréa*, Ingenieur *Ruwa* und *Sella*, stellte mit dieser Kompressionsmaschine sowie den bekannten Bohrmaschinen eine Reihe von Versuchen bei Coscia in der Nähe von San Pier d'Arena (bei Genua) an, um über die Leistungsfähigkeit dieser Maschinen, namentlich auch mit Rücksicht auf den Tunnelbau, ein Urtheil zu gewinnen. Diese Versuche fielen höchst günstig aus und bestimmten das Comité, das ganze Bohrsystem für die eventuelle Durchstechung des Col de Fréjus zu empfehlen.

Zur Realisirung des Tunnelbauprojektes trug wohl die Unterstützung des Grafen *Cavour* und nächst ihm des blinden Arbeitsministers *Paleocapa* und jetzigen Finanzministers *Sella* das Meiste bei.

Bisher war man grossartige Leistungen nur von der Dampfkraft gewöhnt; eine wirkliche Ausnutzung der unmessbaren Kraftvorräthe, welche das bewegende Wasser der Hochebene bietet, war kaum versucht, noch weniger war dieser Kraftvorrath für den Maschinenbetrieb verwendet. Indem *Sommeiller* mit dem Plane auftrat, die Gebirgswässer zur Durchbohrung der Alpen und zur Ventilation zu benutzen, und diesen Plan mit so grossem Glücke durchführte, hat er der Industrie einen Fingerzeig gegeben und ihr ein fast unentgeltlich sich darbietendes und unendliches Kraftmagazin zur Verfügung gestellt. Hierin liegt der Schwerpunkt des Unternehmens für die heutige industrielle Welt.

Die Tragweite des Projekts erkannte auch der scharfsinnige *Cavour* und mit ihm die italienischen Staatsmänner sogleich und das Ministerium wandte, unterstützt von den Mitgliedern der oben genannten Kommission, dem Professor *Ignazio*

Giulio und *Gas taldi*, alle zu Gebote stehende Mittel an, um die Bewilligung der Durchbohrung des Alpentunnels seitens des italienischen Parlamentes durchzusetzen. „Wenn diese Erfindung gelingt,“ äusserte *Cavour* u. A. in seiner Rede, „so kann sie bedeutende Erfolge herbeiführen Mit einem Wasserfalle kann man das erreichen, was man anderswo von der Steinkohle verlangt. Wir haben dann in unseren Wasserfällen mehr bewegende Kraft, als England in allen seinen Kohlen-gruben.“

In der That wurde der Gesetzentwurf, betreffend den Vertrag der piemontesischen Regierung mit der Viktor-Emanuels-Eisenbahngesellschaft, demgemäss die Regierung die Hälfte der auf 40 Millionen Lire veranschlagten Kosten des Tunnelbaues übernahm, in der Sitzung des 29. Juni 1857 fast einstimmig genehmigt; dekretirt wurde derselbe dann am 15. August 1857.

Später wurden von der piemontesischen Regierung sämtliche Kosten des Tunnelbaues übernommen und als nach der Schöpfung des Königreichs Italien das Herzogthum Savoyen an Frankreich abgetreten wurde, schloss *Cavour* im Jahre 1862 mit der französischen Regierung einen Vertrag, nach welchem die Hälfte der Baukosten nach Beendigung des Baues durch die italienische Regierung von Frankreich zurückerstattet wurden.

Die Hauptbeförderer des kolossalen Unternehmens sind fast alle gestorben. König *Karl Albert*, der dem Projekt ein warmes Interesse entgegenbrachte, musste es bei Seite legen und sein Leben traurig im Exyl beschliessen; Professor *Ignazio Giulio*, der Berichterstatter der oben genannten Kommission der Regierung, starb bald nach Beginn des Baues; Graf *Cavour*, Ingenieur *Paleocapa* starben und selbst der geistige Urheber des grossen Werkes, *Sommeiller* sollte die Beendigung des Baues und die Eröffnung seines grossen Werkes nicht erleben: er starb im September 1871.

Nur einem der Mitbegründer des Unternehmens, dem Ingenieur *Grattoni*, war es vergönnt, den Tag der feierlichen Eröffnung zu erleben und die Ehren und Huldigungen auch für seine verstorbenen Freunde in Empfang zu nehmen.

3. Geologische Erhebungen, Beginn und Fortgang des Baues.

War der Tunnelbau durch derartige ausgedehnte Vorbereitungen und schliessliche Sanktion des piemontesischen Parlamentes sicher gestellt, so konnte man nun zum Angriff des grossen Werkes schreiten.

Bereits war von *Mauss* diejenige, übrigens bereits von *Médail* fast genau bezeichnete Stelle fixirt worden, wo der Tunnel die zwischen dem Col de la Pelouze und dem Col de la Roue befindliche Gebirgswand des Col de Fréjus durchbrechen sollte und kam es jetzt, um die Arbeiten auf beiden Seiten beginnen zu können, darauf an, die Angriffspunkte und den Fortschritt des Baues genau in dieselbe Vertikalebene zu legen. Für diesen Zweck fixirte man drei in derselben Vertikalebene gelegene Punkte, einen auf der Höhe, 2950 Meter überm Meere, die andern an Bergabhängen, welche den Tunnelmündungen gegenüber lagen und (vergleiche das Kärtchen) regulirte dann das Fortschreiten des Baues durch Theodolithen und in bestimmten Entfernungen aufgestellte Pendel in dieser Vertikalebene, welche ungefähr von Süd nach Nord, oder genauer von Süd 14° Ost nach Nord 14° West lag.

Wie bereits betont, hatten schon vor Anfang des Baues die Geologen *Elie de Beaumont* und *Sismonda* Untersuchungen über die Natur des Gesteins angestellt

und waren zu dem Schluss gekommen, dass die Durchstichstelle keine Eruptivgesteine, sondern nur sedimentäre, meist metamorphosirte Schichten, der Jura-Gruppe angehörig, enthalte.

Diese Voraussicht hat sich denn auch nach den sorgfältigen Beobachtungen der leitenden Ingenieure *Copello* und *Borelli* und den vielen Gesteinsproben, welche *Sismonda* und von diesem *Elie de Beaumont* übergeben wurden, bestätigt.

Das Streichen der Schichten erfolgt auf Grund der Angaben des Ingenieur *Mella* nicht rechtwinklig gegen die Tunnellebene, sondern von Nord 35° Ost nach Süd 35° West und fallen die Schichten nach nordwestlicher Seite hin unter einem Winkel von 50° , so dass der Tunnel die Gesteinsschichten unter schieferm Winkel durchsetzt.

Von Savoyen nach Piemont gehend, stiess man auf folgende Gesteine:

Formation.	Mächtigkeit.	Durchbohrungszeit.
Sedimente, Sand, Gruss, Quarzgeröll	128,00 Meter.	5. Dezember 1857 bis 25. April 1858.
Alpine Anthrazitformation (Schiefer, Sandstein, Konglomerat, Talkschiefer	1967,35 „	25. April 1858 „ 15. Juni 1865.
Massiver Quarzfels	381,40 „	15. Juni 1865 „ 7. März 1867 ¹⁾ .
Mittleres Kalkgebirge und zwar:		
Anhydrit	220,5 „	7. März bis 4. Juni 1867.
Krystall. Kalkstein	34,0 „	4. Juni „ 21. Juni 1867.
Talkschiefer	49,3 „	21. Juni „ 12. Juli 1867.
Krystall. Kalkstein	21,82 „	12. Juli „ 23. Juli 1867.
Anhydrit	29,73 „	23. Juli „ 3. August 1867.
Kalkschiefer	21,2 „	3. August „ 13. August 1867.
Anhydrit	14,20 „	13. „ „ 20. „ „
Kalkschiefer	396,85 „	20. „ 1867 bis 24. März 1868.
Anhydrit	70,80 „	24. März „ 25. April 1868.
Unteres Kalkschiefergebirge	9394 „	bis Bardonnechia.

Die an der Nordseite des Gebirges bei dem Dorfe Fourneaux liegende Tunnelsohle liegt 1202,82 Meter überm Meere, an der Südseite bei Bardonnechia dagegen 1335,38 Meter; als Entfernung beider Stellen ergab sich durch Triangulation 12,220 Meter, in Wirklichkeit betrug sie 12,233,55 Meter.

Wie man sieht, liegt das Nordende des Tunnels um 133,56 Meter tiefer als das Südende und hätte man nach Norden hin auf 1 Meter etwa 11 Millimeter Fall geben müssen (Neigungswinkel also $0^{\circ} 37' 17''$); um indess nach beiden Tunnelmündungen einen Wasserabfluss zu erlangen, hat man der Tunnelmitte eine Höhe von 1338,43 Meter gegeben, so dass derselbe nach Bardonnechia hin um 3,05 Meter (1:2036), nach Fourneaux um 135,61 Meter (1:45) fällt.

Die Durchbohrungsarbeiten begannen auf der Nordseite bei Modane im Dezember und zwar mit Handarbeit, durch welche man

auf der nördlichen Seite bis 1863 }
 „ „ südlichen „ „ 1863 } um 1553 Meter vorrückte.

Mit genannter Zeit begannen die Bohrmaschinen ihre Arbeit und hatte man am 1. Juli 1870 nördlich 4723,55, südlich 6603,65 Meter, also im Ganzen

¹⁾ Die Schwierigkeiten bei Durchbohrung dieser Schicht waren derart, dass die Arbeit täglich nur 0,59 Meter vorrückte gegen vorher 1,45 Meter.

11,327,20 Meter durchbrochen; mit Beginn des Dezember genannten Jahres konnte man das Geräusch der Arbeiten in den beiderseitigen Galerien hören, bis am 26. Dezember die letzte Scheidewand fiel.

Somit wurde die Durchbohrung statt in 25 Jahren schon in 13 Jahren 40 Tagen ermöglicht.

Den Fortschritt der Arbeiten in den einzelnen Jahren zeigt folgende Tabelle:

1857 . . .	38,08 Meter.	1864 . . .	1087,85 Meter.
1858 . . .	459,52 „	1865 . . .	1223,70 „
1959 . . .	369,10 „	1866 . . .	1024,99 „
1860 . . .	343,30 „	1867 . . .	1512,11 „
1861 . . .	363,00 „	1868 . . .	651,50 „
1862 . . .	623,00 „	1869)	3735,40 „
1863 . . .	802,00 „	1870)	
		12,233,55 Meter.	

Die riesenhaften Verhältnisse des Tunnels und die Bahnstrecke, welche denselben mit der Susa'schen Eisenbahn verbindet, sind bewundernswerth. Der rechtlinige Tunnel hatte Anfangs eine Länge von 12,233,55 Metern; man konnte jedoch von dieser ganzen Länge keinen Gebrauch machen, sofern derart die Lokomotive auf beiden Tunnelöffnungen an steile Abhänge gelangt wäre. Andererseits musste aber der Tunnel diese rechtlinige Richtung haben, um dieselbe von aussen gut kontroliren zu können. Um den Tunnel mit den Bahnstrecken zu verbinden, welche er vereinigen soll, war es nöthig, denselben in Kurven zu endigen; um jedoch die erwähnte Kontrolirung zu bewerkstelligen, verzichtete man Anfangs auf jene krummlinigen Theile und erbaute zwei falsche Tunnelköpfe, und zwar mit derselben Genauigkeit als den übrigen Theil des Tunnels. Demgemäss hat man in Bezug auf den Alpentunnel eigentlich drei verschiedene Längen:

- 1) die der anfänglichen rechtlinigen Galerie, welche von 12,233,55 Metern ist;
- 2) die des rechtlinigen benutzten Tunnels, die ungefähr 11,638,15 Meter beträgt;
- 3) die des Tunnels mit den beiden Kurven, 12,848,92 Meter lang.

Die falschen Tunnelköpfe betragen 597,40 Meter, so dass eigentlich in den 13 Jahren der Dauer der Arbeiten eine 13,446,32 Meter lange Durchbohrung bewerkstelligt wurde.

Sehr wesentlich trug zu der sicheren und schnellen Vollendung des Tunnels bei, die Anwendung mechanischer Apparate zum Ersatz der langsamen und kostspieligen Handarbeit. *Sommeiller* selbst erfand dazu die erste brauchbare Bohrmaschine, welche die Leistungen aller bisher konstruirter Apparate übertraf. Eine Beschreibung nebst Zeichnungen dieser mit komprimirter Luft betriebenen Maschine geben wir weiter unten in dem Kapitel Gesteinsbohrmaschinen.

Solcher *Sommeiller*'scher Bohrmaschinen waren immer fünf oder sechs an einem fahrbaren Gestell befestigt und wurden mit diesem vor Ort gebracht und zu gleicher Zeit in Thätigkeit gesetzt. Jeder dieser Perforateure wog 200 Kilogramm und kostete 2000 Franks und verbrauchte bei 14—15 Stunden Arbeitszeit täglich zirka 156 Kubikmeter Luft.

Der eiserne Gestellwagen für die Perforateure hatte 8,3 Meter Länge, 2,1 Meter Höhe und 1,5 Meter Breite bei einem Gewicht von 15,000 Kilogramm und lief mit zwei Paar Rädern mit 4 Metern Achsenstand auf einer Schienenbahn in der Mitte des Stollens; eine gegen die Schienen wirkende Bremse gestattete die Feststellung des Wagens. Der Wagen führte einen Tender mit Kasten zur Aufnahme des gesprengten Gesteins und mit einem Wasserreservoir zum Ausspülen der Bohrlöcher und Abkühlen der Bohrer. Die Zuleitung des Wassers — für 70 Bohrlöcher 3 Kubikmeter — geschah durch den Druck komprimirter Luft

in dünner Böhre; die Bewegung des Wagens erfolgte durch eine auf demselben befindliche Maschine ebenfalls mit komprimirter Luft.

Waren eine Anzahl 0,9 Meter tiefer und 0,3 bis 0,9 Zentimeter weiter Löcher durch die gegen die Tunnelachse wirkenden Maschinen hergestellt, so brachte man zwischen ihnen eine Zahl weiter Löcher an, die man nicht mit Patronen besetzte, sondern die nur eine Linie bildeten, in welcher der Widerstand des Gesteins am geringsten war.

Waren etwa 70 Löcher gebohrt und mit Wasser ausgewaschen, so trocknete man dieselben mit komprimirter Luft, schob dann den Wagen 30 Meter retour, besetzte immer 8 Löcher mit zirka 0,3 Meter langen Patronen und entzündete diese mittelst Zündschnur.

Das in 3—4 Kubikdezimeter grossen Stücken fallende Gestein wurde weggeräumt und so fortgefahren, dass man täglich etwa 720 Löcher mit 220—250 Kilogramm Pulver sprengen konnte.

Hierdurch erhielt man einen Richtstollen von 4 Meter Weite und 3 Meter Höhe; das Profil des fertigen Tunnels ist aber bedeutend grösser, der Querschnitt desselben ist elliptisch; die kleine Achse der Ellipse beträgt 8 Meter und liegt 1,26 Meter über den Schienenköpfen; die Höhe von den Schienenköpfen bis zum Scheitel des Gewölbes beläuft sich auf 6,24 Meter.

Die Steinmasse, welche zu entfernen war, beläuft sich auf zirka 800,000 Kubikmeter. Der Tunnel ist, bis auf eine kleine Strecke im Quarzit, ausgemauert und zwar das Gewölbe mit Backsteinen, wozu 16 Millionen nöthig waren. Die Fundamente des Gewölbes ruhen auf Beton; Widerlager, Kämpfer und die ersten Wölbsteine bestehen aus Haustein und waren dazu etwa 120,000 Kubikmeter erforderlich.

Zwischen den beiden Schienengeleisen befindet sich der Wasserabzugskanal; auf beiden Seiten ist noch je ein 70 Zentimeter breites Trottoir. Zur Erleuchtung und Ueberwachung des Dienstes im Tunnel sind alle halbe Kilometer grosse Gaslaternen — im Ganzen 24 — angebracht, auf welchen die Entfernungszahl zu lesen.

Wie die Bohrmaschinen getrieben wurden, so wurde auch die Ventilation des Tunnels mit komprimirter Luft hervorgebracht. Zur Verrichtung der Handarbeiten (Beaufsichtigung der Maschinen, Sprengung, Räumung, Mauerung etc.), waren 250 Arbeiter beschäftigt, die sich dreimal täglich ablösten. Zur Ventilation wurde nach jeder Sprengung ein kräftiger stark komprimirter Luftstrahl austreten gelassen, der den Pulverdampf verjagte. Da dieser bei weiterem Vordringen indess nicht genügte, so wurde auf jeder Seite eine grosse Saugmaschine aufgestellt, die in jeder Minute 48,000 Kubikmeter Luft aus dem hintersten Theile des Tunnels sog.

Der Haupttheil des Saugapparates ist eine grosse Glocke von Metallblech, die mittelst Wasser bewegt abwechselnd steigt und sinkt und so abwechselnd eine Luftverdünnung erzeugt, durch die Rohrleitung mit dem Innern des Tunnels kommuniziert und die verdorbene Luft herausaugt.

Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, waren bedeutende Maschinen nothwendig, um so grosse Mengen komprimirter Luft zur Disposition zu stellen.

Diese Luftkompressionsmaschinen oder Kompressoren, welche in Bardonnechia aufgestellt waren, sind ebenfalls unter „Gesteinsbohrmaschinen“ beschrieben. Es sei bei dieser Gelegenheit bemerkt, dass sämmtliche zur Herstellung des Tunnels verwendete Maschinen von dem Etablissement *John Cockerill* in Serraing bei Lüttich gebaut wurden.

Derartige Maschinen waren 10 nebeneinander in Thätigkeit; es lagen am Abhange des Berges 10 Windkessel, deren jeder durch separate Windleitung mit der Arbeitsstelle in Verbindung stand.

Nach *Rühlmann*¹⁾ betrug die bei Bardonnechia zur Verfügung stehende Wassermenge 1 Kubikmeter per Sekunde, was bei 25 Meter nutzbarem Gefäll einer Arbeitsgrösse von 25,000 Kilogramm oder 333 Maschinenpferdekräften entspricht. Bei 50 Prozent Nutzeffekt beträgt die Leistung also immer noch über 166 Pferdekräfte.

Auf der Nordseite, wo nur weniger hohes Wassergefäll zur Verfügung stand, benutzte man die Kraft der wild brausenden Arc, deren Wasser man durch einen schönen Wehr- und Kanalbau ableitete und zum Betrieb von 6 Wasserrädern von je 50 Pferdekräften verwandte, welche die Luftkompressionspumpen in Gang setzten. Die schädlichen Räume der Kompressionskolbenpumpe wurden mit Wasser ausgefüllt, wie oben bei der Bohrmaschine angedeutet. Im Uebrigen waren die Einrichtungen wie in Bardonnechia.

Als am 26. Dezember 1870 der Durchbruch der letzten Scheidewand erfolgte, gab es noch eine Reihe von Arbeiten, bevor die erste Lokomotive den fertigen Tunnel einweihen konnte. Es musste der Durchbruch erweitert und mit Mauerwerk ausgefüllt, darauf erst die definitiven Geleise gelegt werden; namentlich aber war auf französischer Seite der oberhalb Fourneaux liegende Tunneleingang erst mit dem zirka 100 Meter tiefer liegenden Archthale auf geeignete Weise zu verbinden. Während des Tunnelbaues geschah diese Verbindung durch eine schiefe Ebene mit Drahtseilbetrieb und wurden so die Baumaterialien heraufgeschafft. Die definitive Bahnverbindung zwischen Tunnel und Thal war nur möglich, wenn man die Bahn ein Stück dem Laufe des Arc entgegen, um das Städtchen Modane, und dann die Arc abwärts bis St. Michel führte.

Diese 18 Kilometer lange Strecke bot aber wiederum erhebliche Terrainschwierigkeiten, welche nur durch mehrere Durchschläge, von denen der eine 1200 Meter lang, zu überwinden waren.

Italienischerseits mussten auch zwischen Bussoleno (bei Susa) und Bardonnechia eine Anzahl Tunnel von 6343 Meter Gesamtlänge gebohrt, ebenso zahlreiche Brücken und Viadukte geschlagen werden.

Diese Arbeiten wurden erst im Laufe des folgenden Jahres vollendet, so dass die Bahn erst am 17. September 1871 eröffnet werden konnte.

Die Durchbohrung des Col de Fréjus hatte auch für die Geologie in sofern das höchste Interesse, als bei derselben Erdschichten in einer Ausdehnung durchsetzt wurden wie nie zuvor; denn die gesammte Mächtigkeit der in senkrechter Richtung gegen die Flächen gemessenen Schichten beträgt zirka 7066 Meter oder fast eine geographische Meile.

Mit unterirdischem Wasser hatte man nicht zu kämpfen, der Berg war im Innern fast trocken. Wenn auch zeitweise Wasseradern erbohrt wurden, die sich oft unter hohem Drucke entleerten, so waren sie doch bald erschöpft; die reichste derartige Ader auf italienischer Seite ergab 1861 zirka 1,300,000 Liter Wasser, entsprechend einem Hohlraum von 1300 Kubikmeter. Durchschnittlich betrug der Wasserausfluss aus jeder der beiden Mündungen pro Sekunde 1 Liter. Die Temperatur des Grubenwassers schwankte auf französischer Seite zwischen 12,5 bis 13,2^o Reaumur; auf italienischer Seite zeigte die ebenerwähnte grosse Wasserader 14,25^o Reaumur, eine 1867 erbohrte 20,9; auch in der Mitte des Tunnels war die Temperatur des Wassers nicht höher und enthielt dabei wenig Mineralsalze. Nach *A. D. T. Ansted* ist daher am Col de Fréjus dem Wasser keine wesentliche Rolle bei Metamorphosirung des Gesteins zuzuschreiben.

Auch die Wärmevertheilung ist eine sehr gleichmässige.

¹⁾ Jahrbuch der Erfindungen 1871. 212.

Man weiss, wie viele Einwendungen von allen Seiten in Betreff der Lüftung des Tunnels nach der Vollendung desselben aufgebracht wurden. Die sogenannten Mässigen waren der Meinung, dass die Temperatur in der Mitte des Tunnels über 200 Grad (Celsius) Wärme betragen würde; die Optimisten berechneten die Temperatur nur nach der Tiefe in vertikalem Sinne (1600 Meter) und meinten dieselbe würde nicht weniger als 40—50 Grad betragen. Ingenieur *Giordano* hat in verschiedenen Punkten des Tunnels Thermometer aufgestellt und die Wärme der aus den Felsen dringenden Gewässer gemessen. Zu 500 Meter Entfernung vom Tunneleingange war die Temperatur der Felsen von $+ 14^{\circ}$ und die der Luft von $+ 10,50$; nach einer Strecke von 6450 Metern stieg erstere bis auf $+ 29\frac{1}{2}$ und letztere bis auf 30,10. Die höchste natürliche Temperatur des Innern beträgt also 29 Grad (bei der Probefahrt am 14. September hat die Temperatur nach der Durchfahrt nur 25° Celsius = 20 Reaumur betragen). Die auf dem Tunnel ruhende Felsenmasse hat einen Durchmesser von 1600 Metern, so dass die Temperatur für jede Tiefe von 50 Metern 1 Grad (Celsius) steigt.

Die Gesamtkosten des Baues des Tunnels kommen bis auf 75 Millionen Franks. Der Gesetzentwurf vom 15. August 1857, welcher der sardinischen Regierung die Erbauung des Tunnels bewilligte, hatte die Ausgaben zu 41,400,000 Franks berechnet, von denen 20 Millionen nach Vollendung der Arbeiten an die Viktor-Emanuel-Bahn abfallen sollten. Ausserdem verpflichtete sich Frankreich nach der Abtretung von Nizza und Savoyen in einer internationalen Konvention, an Italien nach vollendetem Baue 19 Millionen zu zahlen und eine jährliche Prämie von 500,000 Franks, falls die Vollendung vor 25 Jahren stattfände, unter der Bedingung, dass Italien das Werk mit seinem Baupersonal und Material bewerkstellige. Obgleich das Werk viel früher als vor 25 Jahren fertig wurde, als man zu hoffen gewagt hatte, ersieht man nach kurzer Berechnung, dass der Subventionsbeitrag Frankreichs nur ungefähr 27,000,000 Franks, also weit weniger als die Hälfte der Gesamtkosten, die sich auf 75 Millionen Franks beziffern, beträgt.

Chronologische Uebersicht des Mont Cenis-Tunnelbaues.

E. Bignami hat über das erste Auftauchen der kühnen Ideen einer Durchstechung der Alpen bis zur Vollendung der Schienenverbindung zwischen Bardonnechia und Modane folgende chronologische Notizen zusammengestellt, die wir hier wiedergeben:

1841. Vorschlag von *Joseph Medail* aus Bardonnechia zur Durchstechung des Berges Fréjus.
1843. Projekt von *Brunnel* zur Erbauung neuer Eisenbahnen von Genua nach Turin.
1844. Auftragserteilung Seitens des Königs *Karl Albert* an den Minister *Gallina* zu Studien für Eisenbahnbauten. Bewegung der öffentlichen Meinung betreffs der verschiedenen Pläne zu Eisenbahnen über die Alpen.
1845. Kabinettsordre des Königs *Karl Albert* an den Minister *des Ambrois de Nevache di Oulx* zur Inangriffnahme der auf Staatskosten zu erbauenden Eisenbahn Turin-Genua-Alexandria-Arona; der Minister beauftragt den Ingenieur *Heinrich Mauss* aus Belgien mit der Untersuchung der Alpenpässe nach Savoyen zu. Das Projekt von *Medail* wird wieder aufgenommen. *Sismonda* wird mit den geologischen Untersuchungen betraut. In Valdocco werden Proben mit den Durchbohrungsmaschinen von *Mauss* veranstaltet.

1846. *Sommeiller* und *Grandis* werden von der Regierung in's Ausland geschickt, um Studien über Eisenbahnbauten zu machen. Im Staatsbudget werden für die *Mauss'schen* Maschinen dreihunderttausend Franks ausgesetzt.
1847. Abschluss eines Vertrages zwischen Piemont und der Schweiz zur Erbauung einer Eisenbahn über den Lukmanier. Die für die *Mauss'schen* Maschinen im Staatsbudget ausgesetzten dreihunderttausend Franks werden auf fünfhunderttausend erhöht.
1848. Krieg zwischen Piemont und Oesterreich.
1849. Dauer des Krieges bis zum März. Abdankung des Königs *Karl Albert*. Vorlage des Projekts zur Durchstechung des Berges *Fréjus* nach dem Plane des Ingenieurs *Mauss*.
1850. Das *Mauss'sche* Projekt findet im subalpinischen Parlament keine Unterstützung. *Paleocapa* wird Minister der öffentlichen Arbeiten.
- 1851, 1852, 1853. Verschiedene Konzessionsertheilungen zu Eisenbahnen in Piemont.
1854. Eröffnung der Linie Turin-Susa. Die Ingenieure *Grattoni*, *Grandis* und *Sommeiller* machen den Vorschlag, das System der komprimirten Luft mit einer hydropneumatischen Maschine bei der Steigung bei *Giovi* zwischen *Giovi* und *Genua* anzuwenden. Das Parlament bewilligt 120,000 Franks zu einem Versuche.
1855. Graf *Cavour* überweist diese Summe mit Uebergehung der Kammer zur Anwendung des neuen Systems auf den Durchstich der Alpen.
1856. Konzessionirung der Gesellschaft „*Lafitte*“ zur Erbauung einer Eisenbahn durch *Savoyen*.
1857. März. Ernennung einer Kommission unter Vorsitz von *des Ambrois*, um über die an der *Coscia* bei *Genua* im April zu veranstaltenden Experimente Bericht zu erstatten.
18. August. Gesetz über den Durchstich des *Fréjus* und Konzessionirung der Gesellschaft „*Lafitte*“ zur Erbauung der Bahn von *Culoz* bis an den *Tessin*.
1857. 18. August. Feierliche Eröffnung der Arbeiten und Legung der ersten Mine, auf der Seite nach *Modane* in Gegenwart des Königs *Viktor Emanuel II.* und des Prinzen *Napoleon*. Im Herbste Beginn der Vermessungsarbeiten zum Durchstich des *Fréjus*.
14. November. Legung der ersten Mine auf der Seite von *Bardonnechia*.
1858. Beendigung der Vermessungsarbeiten.
1859. Vorbereitende Arbeiten an beiden Mündungen des Tunnels. Krieg Frankreichs und Piemont gegen Oesterreich. Abtretung *Savoyens* an Frankreich.
1860. Fortsetzung der Vorbereitungsarbeiten, Kanäle, Wasserbehälter und Werkstätten. Proben der Kompressoren. Fortdauer der Ausgrabung des Tunnels mit den gewöhnlichen Mitteln.
1861. 12. Januar. Beginn der mechanischen Durchbohrungsarbeiten auf der Seite von *Bardonnechia*.
6. Juni. Tod des Grafen *Cavour*.
1862. 28. Januar. Beginn der mechanischen Durchbohrungsarbeiten auf der Seite von *Modane*.
1868. 15. Juni. Eröffnung der Eisenbahn *Fell* von *St. Michel* nach *Susa*.
1870. 25. Dezember. Die Sonde durchdringt das letzte Felsstück. Der Durchstich des Tunnels ist vollendet.
1871. 17. September. Festliche Einweihung.

Der Gotthard-Tunnel.

Eine der grossartigsten Parthien der ganzen Schweiz bildet unstreitig das Reussthal, jene tiefe Furche, welche die fast unbezähmbar wilde Reuss, vom Zentralstock der Alpen, dem Gotthard niederbrausend, durch die Granit-, Gneis- und Glimmerschieferfelsen des Hochgebirges der Urner Alpen bis fast zum See der Vierwaldstädte riss. Wer je einmal von Flüelen über Altdorf und Amstäg aufwärts wanderte an der Windgelle und der gewaltigen Pyramide des Bristenstockes, die sich quer vor das untere Thal legt, vorüber, zur rechten die Häupter der Vierwaldstädter Alpen bis zu dem mächtigen Galenstock; wer die kühn über gähnenden Abgründen hängenden Brücken passirte, durch welche unten zwischen fast senkrechten Granitfelsen und oft dem Blick ganz entzogen die wilde Reuss tost; wer dann über die Teufelsbrücke schauend und weiter aufwärts, durch das Felsenthor des Urner Loches tretend, das von Schnee bedeckten kahlen Bergen eingezäunte friedliche grüne Weideland des Urserenthals erblickte; wer dann über Andermatt, im Vorblick die Häupter der Gotthardgruppe, über Hospenthal die zahlreichen Windungen der schönen Strasse durch das Felsenmeer zum Gotthard-Hospiz hinanklomm — ist um eine der imposantesten und schönsten Reiseerinnerungen reicher geworden.

Wie lange noch! Und es qualmt durch diese Naturwildniss, keuchend vor schwerer Last, die Lokomotive dahin; es ruft der schrille Ton ihrer Pfeife ein tausendfaches Echo wach und verkündet den ehrwürdigen Häuptern des Hochgebirges, ebenso wie dem biedereren Hirtenvolke der Urner den Einzug der Kultur! Bereits hämmert und meisselt man emsig hüben und drüben unter Geschenen und über Airolo; bereits als wir vorigen Herbst, aus Italien kommend, die Strecke befuhren, waren an beiden Orten zahlreiche Arbeiter- und Materialienhäuser im Entstehen und bemerkte man an den im Thale hin- und hergehenden und mit Gestein beladenen Transportwagen, die aus der Bergeshöhle hervorkamen, dass das grosse Werk der Durchbohrung des St. Gotthards in vollem Gange sei. Wenige Jahre werden vergehen und es verknüpft jener unterirdische Eisenstrang die Völker germanischen und romanischen Stammes noch inniger und überzeugt sie mehr und mehr von der Solidarität ihrer Interessen.

1. Terrain des Gotthard-Tunnels.

Ist auch das Terrain, durch welches der Gotthard-Tunnel zu liegen kommt, Vielen bekannt, so scheint es doch, bevor wir auf die Vorbereitungen des Baues und den gegenwärtigen Stand der Arbeiten eines Näheren eingehen, geboten, einen kurzen Ueberblick desselben vorzuschicken.

Der neue Tunnel wird das Herz der Zentralalpen, den St. Gotthard, durchsetzen, jenen Gebirgsstock, welchen sich die Phantasie so gern als einen Bergriesen vorstellt, der über seine Umgebung hervorragend, dieselbe beherrscht. Dem ist jedoch nicht so; nicht ein einzelner Berg führt diesen Namen, er kommt vielmehr einer Berggruppe zu, die nicht einmal zu den höchsten der Schweiz gehört. Trotzdem gebührt dieser Gebirgsgruppe — mit Goethe zu reden — der Rang eines königlichen Gebirges, denn sie ist der Zentralknoten des ganzen Hochalpengeflechtes, in welchem die höchsten Gebirgsstrahlen der Walliser-, Berner-, Vierwaldstädter-, Glarner-, Bündner- und Tessiner Alpen von allen Himmelsrichtungen wie zu einem Sterne zusammenschieszen, welche ebenso vier Hauptflüsse nach den vier Himmelsgegenden entsendet: die Rhone, die Reuss, den Rhein und der Tessin (nebst den beiden anderen Zuflüssen des Lago Maggiore, der Matra und Tosa, [vergleiche das Kärtchen]). Figur 2.

Die Berge, von denen das Gotthardplateau umgürtet ist, bilden ein $2\frac{1}{3}$ bis 3 Meilen von Westsüdwesten nach Ostnordosten gestrecktes Rhomboid, an dessen nordwestlicher Ecke der Galenstock, an der südwestlichen das Muthorn, an der südöstlichen die Cornera, an der nordöstlichen der Krispalt emporragt. Die beste Ansicht der Gotthardsgruppe erhält man von der Südseite des Gotthardrhombus, auf welcher der Fiendo, die Prosa, Fibbia und Pisciera den eigentlichen St. Gotthard einschliessen. Das Plateau zeigt eine Höhe von 2100 Meter, die Spitzen bis 2700 Meter.

An den Galenstock schliessen sich nach Nord an die Vierwaldstädter Alpen zwischen Reuss und Emmen (Sustenhorn, Titlis, Spannort, Urirothstock), an den Krispalt nach Nord und Nordost die Glarner Alpen (Oberalpstock, Tödi), welche sich vom Tödi in zwei Arme spalten, einen östlichen und einen westlichen, beide getrennt durch das Linththal und am Wallen- und Zürichsee endigend. Der östliche Arm begleitet den Rhein in grossem Bogen vom Tschingeln über die Kalanda bis zum Mürtchenstock; der westliche beginnt mit der Windgelle und läuft über die Clariden bis zum Glärnisch. An letzteren schliessen sich die Schwyzer Alpen in der Umgebung von Schwyz am Vierwaldstädter See.

Nach Osten hin schliessen sich an den St. Gotthard der Lukmanier (der niedrigste aller Alpenübergänge in der Schweiz) und die ebenfalls als Zentralstock zu betrachtende 24 Quadratmeilen erfüllende Adulagruppe, beide noch zu den lepontischen Alpen gehörig. Von den Senken der letzteren sind zu merken die Pässe über den Bernhardin und Splügen.

Am Splügen beginnt die östliche Hälfte der Zentralalpen, welche sich über den Septimer bis zum Brenner ziehen und rhätische Alpen oder, nach den Ländern die sie füllen, Bündner und Tyroler Alpen heissen.

Nach Süden hin laufen von der Gotthardsgruppe von dieser getrennt durch das obere Thal des Tessin die Tessiner Alpen zwischen dem Tessin und der Toccia.

Nach Westen endlich gehen vom St. Gotthard in zwei parallelen Zügen aus die Penninischen (Simplon, Monte Rosa, grosser Bernhard) und Berner Alpen, (Finsteraarhorn, Wetterhorn, Jungfrau), beide getrennt durch das 36 Stunden lange Thal der Rhone oder das Wallis.

Trotz den grossen Schwierigkeiten, welche die Passage in den Thälern und Schluchten zwischen und über die Gipfel dieser Hochalpenketten bietet, entwickelte sich doch bereits in frühester Zeit ein reger Verkehr zwischen den diesseits und jenseits der Alpen wohnenden Völkerstämmen und eine ganze Reihe Fusswege und Saumpfade führten aus dem Berner Oberlande ins Wallis und aus diesem nach Piemont und Tessin, aus der Zentralschweiz und dem Bündner Lande hinüber nach Oberitalien und der lombardischen Ebene. Fahrbare und bequeme Strassen jedoch wurden erst in unserem Jahrhundert gebaut. Vor Napoleons Zeit gab es nur zwei über niedrige Pässe der östlichen Alpen führende, mit Fuhrwerk zu passirende Strassen, nämlich die über den Brenner und über den Semmering; erst Napoleon schuf neue Verkehrswege, indem er sieben Heer- und Fahrstrassen über die Alpen nach Italien baute, und erst seit dieser Zeit haben die Länder der mittleren und östlichen Alpen eine rege Thätigkeit in der weiteren Entwicklung ihrer Strassenetze entfaltet. Mit geschickter Benutzung des Terrains und der Einsattelungen zwischen den Bergen, der Pässe, haben die anliegenden Länder wahre Wunderwerke geschaffen und, trotz der blinden Zerstörungswuth der Naturmächte des Hochgebirges, zu erhalten gewusst. Die Strasse über den Simplon aus dem Rhonethal ins Tosathal von Brieg nach Domo d'Ossola mit 264 Brücken über die tiefsten Abgründe, von Napoleon 1802—1806 auf Kosten der französischen und mailändischen Regierung mit einem Aufwand von 18 Millionen Frank gebaut, die über den St. Gotthard von Flüelen nach Bellinzona, die über den Splügenerberg nach Chiavenna und über den Bernhardin nach Bellinzona, über die Bernina nach dem Veltlin, letztere drei von den Bündnern gebaut, geben davon Zeugniß.

Bevor die schöne, unser Interesse vorwiegend beanspruchende Gotthardstrasse gebaut wurde, welche gegenwärtig Flüelen und Bellinzona, also den Vierwaldstädter See mit dem Lago Maggiore und Lago di Lugano, Basel mit Mailand, verbindet, führte ein nur schmaler Saumweg das Reussthal von Geschenen aufwärts über den Gotthard in das Thal des Tessin hinüber. Dieser Saumpfad wurde seit Mitte des 12. Jahrhunderts benutzt; man legte den Weg von Flüelen bis Bellinzona bei gutem Wetter in vier Tagen zurück. Die erste Passage über den Pass sollen die Gebeine der heiligen drei Könige gewesen sein, die Kaiser Rothbart bei Schleifung der Stadt Mailand dem Kurfürsten von Köln schenkte.

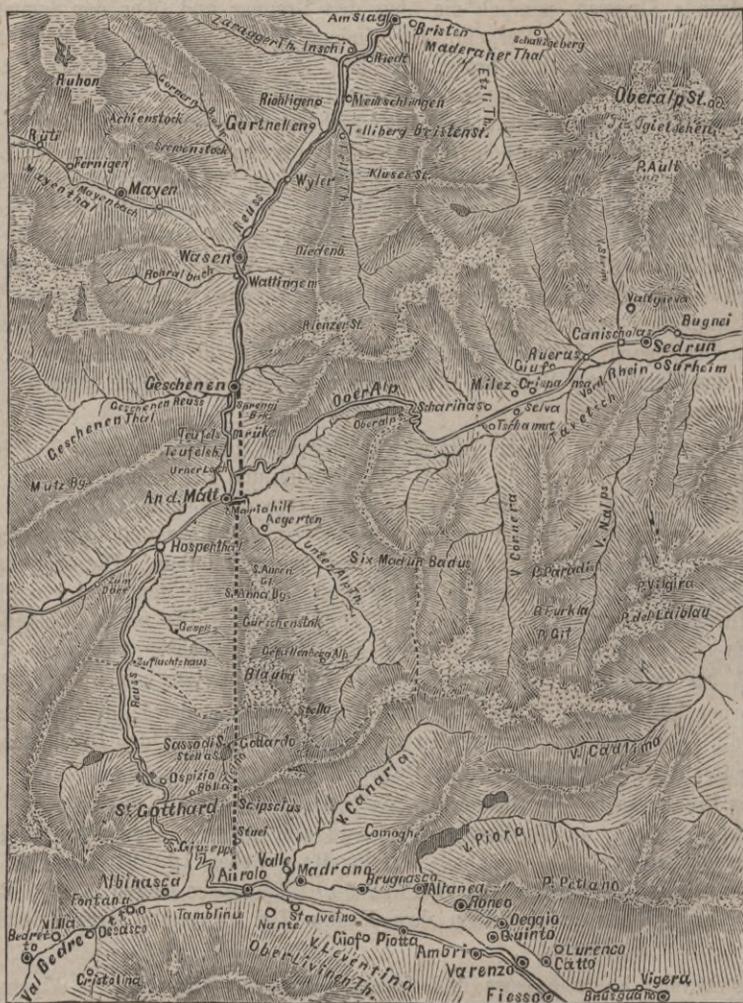
Vorher bildeten die Wege über den Grossen St. Bernhard, den Lukmanier, Bernhardin oder Splügen, die von den deutschen Kaisern und den Kaufleuten mit ihren Waaren benutzten Pfade nach Italien.

Seit Erschliessung des Gotthardpasses trat der Kanton Uri in eine neue Phase seiner Entwicklung, da die Reussstrasse bald alle anderen Alpenpässe in Folge ihrer Bequemlichkeit und Schönheit überflügelte. Ueber 16,000 Reisende aller Art zogen alljährlich herüber und hinüber; 9000 Saumrosse trugen 20,000 Ballen Waaren hin und her und brachten dem Kanton Uri an seinen drei Zollstädten 20,000 Gulden Einkünfte.

Als in der Folge bessere und fahrbare Strassen über andere Alpenpässe gebaut wurden, z. B. die über den Simplon, die von Bormio über den hohen Stelvio (das Stilsfer Joch) nach Finstermünz-Inspruck (von Franz II. 1822 erbaut), endlich die über den Bernhardin, verminderte sich der Verkehr über die schlechtere, schmale, kaum 10—12 Fuss breite Gotthardstrasse. Hierdurch kamen eine Reihe Urner Ortschaften, die von der Gotthardpassage lebten, in arge Noth, was zur Folge hatte, dass die Kantone Uri und Tessin zusammentraten, um in den Jahren 1820—1824 und 1828—1830 die jetzige schöne Gotthardstrasse zu bauen. Dieselbe steigt von Amstäg aus über Wasen bis Geschenen, schlängelt sich von hier bald rechts, bald links der tobenden Reuss zwischen vegetations-

losen Felsen, den Schöllinen, in vielen Windungen und über sieben grosse und vier kleine Brücken (Teufelsbrücke) aufwärts bis zum Urner Loch (durch die Felsen des Kirchberges getriebener Tunnel), um jetzt das freundliche mit Dörfern und Matten bedeckte Urseren Thal zu erreichen. Ueber Andermatt, von wo die Oberalpstrasse nach dem Vorderrheinthal abzweigt und Hospenthal, wo die Furkastrasse in das Rhonethal ansetzt, immer an der Reuss ansteigend, berührt die Strasse nun den Fuss des Gotthardplateaus, ein mit Felsentrümmern übersätes

Figur 2.



ödes Felsenmeer, erreicht den 2093 Meter hohen Gipfel mit 7—9 Prozent Steigung, um an dem Hospiz vorbei, an düsteren Schieferfelsen in einer grossen Zahl aufgemauert Strassenwindungen (Kehren) durch das Val Tremola abwärts in das freundliche Livinenthal, vom Tessin durchflossen, und den Ort Airolo sich zu senken. Die Strasse folgt nun den Krümmungen des Tessin, gelangt in das mittlere Livinenthal nach dem Orte Faïdo, dann in das Unterlivinen nach Biasca und läuft nun durch die weniger interessante Riviera nach Bellinzona, wo sie sich

spaltet und in zwei Armen nach Magadino am Lago Maggiore und Lugano-Como (nach Mailand) mündet.

Zur Zurücklegung des Weges von Flüelen bis Bellinzona braucht die Post $14\frac{1}{2}$ Stunden.

2. Historisches und Vorarbeiten für den Bau.

Dass die Gotthardstrasse dem von Jahr zu Jahr sich steigenden Verkehr zwischen Mitteldeußland und der Schweiz einerseits und Italien andererseits nur sehr unvollkommen genügt, liegt auf der Hand. Die heutige Zeit mit ihrem immensen Waarenaustausch und Reiseverkehr kann sich nur mit möglichst schnellen, bequemen und billigen Verbindungen begnügen: daher das Bestreben die Eisenbahnnetze, wo nur immer möglich, weiter auszudehnen und miteinander in direkte Berührung zu setzen.

Der Bau der Brennerbahn, die Durchstechung des Mont-Cenis geben Zeugniß von diesem Bestreben; durch diese Eisenbahnen sind zwei Verkehrswege geschaffen, welche, der eine im Osten die Länder Oesterreichs und Osteuropas, der andere im Westen diejenigen Frankreichs und Westeuropas in schnellen, bequemen und sicheren Verkehr mit Italien und dem Mittelmeere setzen.

Drohte der zwischen beiden Verkehrswegen liegenden Schweiz die Gefahr, aus dem internationalen Verkehr ganz ausgeschlossen zu werden, so konnten auch für Deutschland beide Wege nur momentane Auskunftsmittel sein und für die Zukunft nicht genügen. Der Schweiz, Deutschland einerseits, Italien andererseits, mußte daran liegen, einen direkten Verkehrsweg durch das Herz der Alpen zu schaffen, durch welchen eine natürliche Pulsation des Tausch- und Reiseverkehrs zwischen genannten Ländern ermöglicht werde. Und so drängte sich der Gedanke der Durchstechung der Schweizer Alpen an irgend einer Stelle von Jahr zu Jahr lebhafter auf, namentlich seit an dem Gelingen und der baldigen Vollendung des Mont-Cenis-Tunnels kein Zweifel blieb.

Bereits seit 1851 schenkte der schweizerische Bundesrath der Alpentunnelfrage seine Aufmerksamkeit; denn schon in genanntem Jahre wurde Ingenieur *Koller* beauftragt, im Verein mit preussischen und sardinischen Technikern die verschiedenen Alpenpässe der Schweiz behufs eines Tunnelbaues einer vergleichenden Untersuchung zu unterwerfen. Nicht weniger interessirte das junge Königreich Italien diese Frage; eine Reihe von Projekten der Alpenüberschienenung wurden ventilirt, jedoch ohne Resultat.

War doch das Unternehmen ein riesiges und konnte nur unter erheblichen materiellen Opfern seitens der beteiligten Länder an seine Verwirklichung gedacht werden. Erst seit dem Jahre 1860 trat man italienischerseits den Projekten wirklich näher. Der Blick lenkte sich dort zuerst auf die östlichen Alpenpässe, des Lukmanier, Septimer und Splügen als die geeignetsten Alpenübergänge, um mit dem für den Handel vorzugsweise wichtigen Bodensee in Verbindung zu treten.

Der ganze Plan rückte seiner Verwirklichung ein bedeutend Stück näher, als Oesterreich die Brennerbahn in Angriff nahm; Italien liess nämlich jetzt die in Frage kommenden Uebergangspunkte: Gotthard, Lukmanier und Splügen in technischer und kommerzieller Hinsicht prüfen. Auch die oberitalienischen Städte, ebenso die Schweiz begannen sich seit dieser Zeit eingehender mit dem Projekt zu beschäftigen.

Die grösseren italienischen Städte erklärten sich zu Beiträgen für die Ueber-

schenung bereit, falls man ihre Interessen berücksichtige; Genua für die Linie des Lukmanier, Mailand etc. für den Splügen, die Schweizer Städte für das Schweizergebiet über den St. Gotthard oder den Simplon (oder einen Pass der Graubündner Alpen). Zu einer Bahn im Rhonethal konnte Italien in Rücksicht auf den Mont-Cenis-Tunnel nicht die Hand bieten; Deutscherseits folgte man zwar den Verhandlungen, ohne ihnen indess näher zu treten.

Nach Annahme des Gesetzes über die Reorganisation der italienischen Bahnen, liess die italienische Regierung umfassendere Untersuchungen über die fragliche Alpenbahn anstellen; insbesondere sollten dabei folgende Punkte Berücksichtigung finden:

- 1) Höhe des erforderlichen Baukapitals und der für die Bauausführung erforderlichen Zeit.
- 2) Gruppierung der Handelsinteressen, Umfang und Befriedigung derselben durch eine oder andere Linie.
- 3) Verhältniss der Theilnahme angrenzender Staaten und in- und ausländischer Eisenbahnunternehmungen und ob die Vortheile für Italien derart überwiegen, dass es bei Nichtbetheiligung genannter die Opfer allein bringen könne.

Die zur Beantwortung dieser Fragen während des Zeitraumes von 1 $\frac{1}{2}$ Jahren angestellten Ermittlungen durch verschiedene Kommissionen sind in einer Arbeit niedergelegt, welche alle technischen und ökonomischen Elemente sorgfältigst erwägt und den Betheiligten zur Vergleichung vorlegt. Die Resultate dieser Erhebungen sind in Verhältnisszahlen ausgedrückt um den Vergleich zu erleichtern zwischen den Bedingungen unter denen die drei Linien: Lukmanier, Splügen und Gotthard ausführbar erscheinen¹⁾.

Unter den Berichten, welche von den bestellten Kommissionen über die verschiedenen beim Bau in Betracht zu ziehenden Fragen abgegeben waren, haben besonderes Interesse diejenigen über die technischer Seite. Wir geben die Hauptresultate der Berichte dieser technischen Kommissionen, um schliesslich auf Grundlage des Ministerialberichtes zu resumiren.

Ein Vergleich der drei in Betracht kommenden Linien über den Splügen, Lukmanier und St. Gotthard liess folgendes erkennen:

St. Gotthardlinie: stellt den direktesten Verkehr zwischen der westlich von Schaffhausen belegenen Gebietszone her, die Betriebslänge ist die kürzeste; erfordert von allen dreien die geringsten Baukosten der Alpenlinie, während die subalpinen Bauten grössere Kosten beanspruchen. Schwierigkeiten der Trazirung, Bauausführung, Zeit und Kosten der Durchbohrung eines Tunnels am geringsten.

Splügenlinie: ist kürzer als die des Lukmanier, namentlich für die Gebiete Italiens, welche gegen Sarzano, Mailand, Treviglio und Coccaglio hin liegen, ebenso für Deutschland und die Schweiz — ab Genua und Mailand —. Bezüglich des Baues der Theilstrecken, der Steigungsverhältnisse, der Sicherheit des Betriebes, des Verhältnisses der Betriebskosten zum Bruttoertrage, stehen Gotthard und Splügen fast gleich.

¹⁾ Bericht des Ministers für öffentliche Arbeiten an das italienische Parlament. Les projets de chemins de fer par les Alpes Helvétiques. Enquête technique et commerciale par le Gouvernement Italien. Traduction française publiée par le Comité du Saint Gotthard. Zürich 1869.

Zeitschrift des Architekten- und Ingenieurvereins zu Hannover 1871. 18.

„ „ Vereins deutscher Ingenieure 1870. 553.

Lukmanierlinie: übertrifft die anderen durch günstigere Steigungen, geringe Schwierigkeiten, geringere Bauzeit und Baukosten der Theilstrecken zu beiden Seiten des grossen Tunnels; erheischt von allen dreien die geringsten kilometrischen Kosten im Alpengebiete und gewährt den sichersten und ökonomischsten Betrieb; die Gesamtkosten bezüglich der alpinen und subalpinen Linie sind die geringsten.

Die Kommission, welche zur Prüfung der Mittel zur Ueberwindung starker Steigungen ernannt war, beschäftigte sich insbesondere mit der Frage: ob es möglich und zweckmässig erscheine, die Ueberschreitung der Alpenkette mittelst obererdiger Rampen zu bewirken und sich dabei eines neuen, für diesen Zweck erfundenen Systems zu bedienen, ob also von der Durchbrechung der Alpenbarriere durch Tunnel ohne Schachte abzusehen sei?

Die Projekte, welche der Kommission vorlagen, waren:

- 1) System *Agudio* mit Differenzialkabeln;
- 2) Lokomotive *Fell* mit künstlicher Adhäsion;
- 3) System der ununterbrochenen Galerie mit pneumatischem Druck, vorgeschlagen von *Edwards*;
- 4) Selbstwirkendes pneumatisches System von *Coletti*;
- 5) Lokomotive mit Schraubensystem von *Grassi* und *Tabi*;
- 6) Lokomotive mit fortlaufender Gliederung von *Tomatis*, welche alle Variationen der Systeme mit Gelenkgliedern darbietet.

Die Kommission kam zu folgenden Resultaten:

- 1) System *Agudio* mit Differenzialkabeln. Das System *Agudio*, welches benutzt wird die Züge die schiefe Ebene von Dusino bei Turin hinaufzuziehen, beruht auf dem Prinzip der Kettenschiffahrt. Am oberen wie am unteren Ende der schiefen Ebene steht eine feststehende Dampfmaschine; beide erteilen einem Drahtseile ohne Ende, welches über Supportrollen auf der einen Seite der Bahn hinauf, auf der anderen hinabläuft eine rasche Bewegung (18 Meter in 1 Sekunde).

An der Spitze des Zuges steht der Lokomoteur, d. i. ein Wagen, welcher auf jeder Seite Rollen trägt, über welche das Drahtseil gewickelt ist. Die Rollen werden durch das Kabel gedreht und übertragen ihre Drehung durch Zahnräder auf die Räder des Lokomoteurs. Die Adhäsion wird wie bei dem System *Fell* durch horizontale Räder (drei auf jeder Seite) die auf eine Mittelschiene wirken, vermehrt.

Das System ist nach den Versuchen von *Dusino* ausführbar und gewährt einen Nutzeffekt von zirka 55%; der Effekt kann namentlich vermindert werden durch das Gewicht des Kabels, welches je nach der Länge der geneigten Ebene und des Grades der Neigung verschieden und einen stärkeren Querschnitt erfordert, als den zur Ueberwindung der Widerstände nothwendigen.

Wird die Steigung von 10 auf 8 Prozent vermindert, so gewinnt die Thalfahrt an Sicherheit. Zwischen 1200—1500 Meter Höhe muss die Bahn überbaut werden. Die feststehenden durch Wasser getriebenen Maschinen finden bei 900 Meter genügende Wassermengen, bei 1400 Meter Höhe Wasser von grosser Druckhöhe, nicht aber wird die Wasserkraft zwischen 1800 und 1900 Meter während des Winters dienstbar sein, hier wird also Dampfkraft nothwendig. Trotzdem ist aber das System *Agudio* anderen Systemen mit festen Maschinen gleichwerthig und übertrifft bezüglich der Betriebskosten die Systeme mit Lokomotiven mit künstlicher Adhäsion jedenfalls.

- 2) System *Edwards* besteht aus einer ununterbrochen gemauerten Röhre, in welcher der Eisenbahnzug mit Luftdruck nach Art anderer atmosphärischer Bahnen befördert wird. Für die Thalfahrt dient eine aus zwei Blöcken bestehende Sicherheitsbremse, welche vom Wagen gegen die Röhre drückt. Als Vortheile werden u. A. angegeben: Benutzung des Wassers als Motor, Vermeidung der Ueberdachung, Ueberwindung starker Steigungen und Verminderung des Anlagekapitals, gleichzeitige Inangriffnahme des Baues an verschiedenen Stellen.

Als Nachteile werden genannt: Beschädigung der Röhre durch die Bremse und einsickerndes Wasser und Unsicherheit, so wie die Thatsache, dass der Reisende sich stundenlang in einer geschlossenen Röhre befindet. Da auch die genannten Vortheile von andern Systemen gewährt werden, so schloss die Kommission dies sowie ein ähnliches von *Daigremont* verbessertes Projekt von der Konkurrenz aus.

- 3) System *Coletti* ist eine Abänderung des gewöhnlichen pneumatischen Systems und will die schwächste Seite desselben, die Längsklappe der Röhre, beseitigen durch Zertheilung der einheitlichen Röhre in Längen von 500 Meter, die abwechselnd an der einen und andern Seite der Bahn liegen sollen und in denen sich Kolben bewegen, deren Stange den Zug bergan zieht. Auch das Projekt gewährt nur imaginäre Vortheile und wurde ausgeschlossen. Dasselbe erfuhr die Schraubenlokomotive von *Grassi* und *Tubi* und die Lokomotive mit fortlaufender Gliederung von *Tomatis*.

- 4) System *Fell* — weiter unten beschrieben — und System *Agudio* wurden allein als brauchbar erkannt.

Die Kommission bemerkt über die Vermeidung der Anlage grosser Tunnel und Ueberschreitung der Gebirge durch stark geneigte Linien mit kleinen Kurvenhalbmessern noch Folgendes:

Ein Tunnel durch die Schweizer Alpen verkürzt den Weg effektiv und virtuell.

Effektiv: denn

die Tunnellänge durch den Gotthard, zwischen Airolo und Andermatt, beträgt 12 Kilometer.	
Linienlänge (bei 8 Prozent Steigung)	22 Kilometer,
beim Lukmanierübergange beträgt sie	
zwischen Campora und Dissentis	19 Kilometer,
System <i>Edwards</i> , Linienlänge	30 Kilometer,
beim Splügenübergange, Ersparung 5 Kilometer.	

Virtuell, denn die Fahrgeschwindigkeit auf der Gipfelinie wird höchstens die Hälfte derjenigen im Tunnel sein können, was für den St. Gotthard für den Tunnel 35 Minuten, für die Gipfelinie 2 Stunden ausmacht, was bei einer mittleren Geschwindigkeit von 25 Kilometern in der Stunde eine Mehrlänge der Gipfelinie von 35 Kilometern darstellt.

Wären auch die Tarifsätze für die Gipfelinie vielleicht — geringe Baukosten vorausgesetzt — niedriger als für den Tunnel, so lässt sich doch die längere Fahrzeit durch nichts ersetzen, namentlich auch in Anbetracht, dass Konkurrenz zur Linken und zur Rechten vorhanden. Hierzu kommt endlich für die Gipfelinie die Unsicherheit des Betriebes und die Kosten desselben, auch die Unmöglichkeit allen Anforderungen des Verkehrs zu genügen.

Als provisorisches Kommunikationsmittel während der Dauer des Tunnelbaues kann sowohl das System *Fell* als auch *Agudio* in Anwendung kommen. Dort wo bereits eine benutzbare Strasse vorhanden, wie beim Gotthard und Splügen, muss System *Agudio* ausgeschlossen bleiben, da es Kurven unter 250 Meter Radius

nicht verträgt, es ist System *Fell*, welches Kurven bis 40 Meter Radius gestattet, anwendbar. Allerdings sind die Betriebskosten des letzteren höher, aber trotzdem ist es billiger, weil das Baukapital von System *Agudio* vor Eröffnung des Tunnels amortisirt sein müsste, zudem ist die Fellbahn rasch auszuführen.

Das System *Fell* eignet sich also für alle drei Uebergänge am vorzüglichsten.

Die Kommission kam auf Grund ihrer Untersuchungen zu folgenden Resultaten:

- 1) Es ist nicht rathsam, die Schweizer Alpen mit starken Steigungen zu überschreiten und auf die Abkürzung des Weges durch einen langen Tunnel zu verzichten.
- 2) Wenn der Bau des Tunnels lange Zeit, z. B. länger als 8 Jahre dauert, und wenn die Anschlussstrecken bis zum Tunnel bereits fahrbar sind, kann die Ueberschreitung des Gipfels mit der *Fell*'schen Bahn zweckmässig sein, indem man die Fahrstrasse über den Gotthard oder Splügen benutzt, resp. eine neue Passage über den Lukmanier baut.
- 3) In anderen Fällen, wenn beispielsweise die provisorische Linie ohne erhebliche Kostenvermehrung grosse Kurvenhalbmesser verträgt, kann das System *Agudio* dem *Fell*'schen voranstellen.
- 4) Bei Ueberschreitung von Gebirgen kann es Fälle geben, in welchen das System *Agudio*, als sicheres und vortheilhaftes Mittel der Fortbewegung, bei Rampen von 4—8 Prozent und Kurven von 250 Meter Radius, anwendbarer erscheint, als ein anderes System mit den gewöhnlichen Mitteln der Lokomotiven, bei schwächeren Steigungen und Kurven.

Der Vorsitzende der Kommission zur Untersuchung der Tunnelprojekte in geognostischer Hinsicht, *Sismonda*, dessen Untersuchungen und Vorherbestimmungen bezüglich des geognostischen Baues der Mont-Cenis-kette sich so glänzend bestätigten, kam in der Hauptsache zu folgenden Resultaten, von den wir nur die den St. Gotthard betreffenden wiedergeben.

Von den drei vorgeschlagenen, in der Richtung Nord-Süd in geringer Entfernung projektirten Tunneln ist die niedrigst gelegene Trace von Airolo nach Geschenen in technischer Hinsicht von den Ingenieuren als die vorzuziehende bezeichnet.

Höhe der südlichen Mündung	1155	Meter,
„ „ nördlichen „	1110	„
„ des Scheitelpunktes	1162,5	„
Ganze Länge	14,000	„

Die Tunnelachse liegt unter 2—3000 Meter hohen Berggipfeln (z. B. Prosa, Kastelhorn) deswegen sind Schachte, ausser einem bei Andermatt, nicht anwendbar. Letzterer ist 3500 Meter von der nördlichen Tunnelmündung entfernt und würde seine Tiefe 300 Meter betragen. Die anderen beiden Tunnelachsen gehen, die eine 200 Kilometer westlich von Bedrina nach Geschenen (unter der Gotthardstrasse und dem Urserenthal hindurch), die andere (höchste) von Albinasca nach Hospenthal (Urserenthal).

Die St. Gotthardkette wird namentlich von zwei Gesteinsarten gebildet: einem gneisartigen, stark geaderten Granit mit grossen Feldspathkrystallen und aus glimmer- und quarzführenden Schiefen älterer Formation, die sehr hart und in stark aufgerichteten Bänken auftreten.

Beide Felsarten liegen in grossen Zonen beinahe parallel nebeneinander und ineinandergeschoben, streichen nahezu von Nordnordost nach Südsüdwest.

Der Schiefer setzt sich auf grosse Entfernungen fort, die Granite erscheinen massig; sie durchsetzen die Linie der Gotthardstrasse, bilden die Gruppen der Fibbia und des Gotthardgipfels und hören östlich der Trace auf.

Mit der Südseite beginnend, wird man also bei der Tunnelbohrung folgende Felsen zu durchsetzen haben:

- | | |
|---|---------------|
| 1) Glimmer- und talkartige Schiefer mit Granat- und Hornblendekristallen, bisweilen vollständig hornblendeartig, im Allgemeinen sehr hart, mit häufigen Quarzadern und Nieren; Strecken der Schichten, Nord 30 ⁰ Ost; 40 bis 70 ⁰ nach Nordost geneigte Länge | 3150 Meter. |
| 2) Schiefer, dem vorigen analog, aber weniger reich an Hornblende, bisweilen in Gneis übergehend; weniger hart als der vorige, aber mit vielen Quarzadern; Richtung wie vorher, Neigung aber verschieden, fächerartig, zuerst nach Nordwest, dann vertikal bis nach Südost. Möglicherweise wird man auf dieser Strecke einige granitische Massen antreffen. Länge | 8000 „ |
| 3) Talkartige Schiefer, grünlich oder dunkel, in der Gegend von Andermatt weicher, aber gleichmässig mit Quarzadern durchzogen, begrenzt durch eine etwa 100 Meter starke Bank zuckerähnlichen Kalksteins. Streichen wie früher; Länge | 1000 „ |
| 4) Glimmerartige Schiefer, im Urnerloch in Gneis übergehend, | 350 „ |
| 5) Geaderter Granit, oder granitartiger Gneis, mit grossen Feldspathkristallen, von der Teufelsbrücke bis zur Tunnelmündung bei Geschenen | 2300 „ |
| | 14,800 Meter. |

Da die Schichtenneigung (von Nord nach Süd) sich von beiden Seiten fächerartig gegen die Achse des Gotthardgipfels neigt, so erleichtert dies die Felsdurchbrechung von den Enden des Tunnels nach der Mitte desselben.

Quarzmassen wie beim Mont-Cenis wird man — mit Ausnahme einer quarzhaltigen Bank am südlichen Eingange — wohl nicht antreffen, ebensowenig starken Wasserandrang zu befürchten haben, vielleicht nur unter der von der Reuss durchströmten Ebene (Andermatt wo der Schacht projektirt), wo die vertikalen Schiefer und ebenso stehender Kalkstein das Eindringen des Wassers erleichtern, unter Voraussetzung, dass der Kalkstein eben bis zur Tunneltrace reicht.

Auf ähnliche Weise untersuchte die Kommission die Tracen durch den Splügen und Lukmanier, um dann zu resumiren: Alle drei Alpenübergänge erfordern nahe gleiche umfangliche Kunstbauten nicht geringerer Ausdehnung wie die des Mont-Cenis-Tunnels; obwohl die Felsen der italienisch-schweizerischen Alpen ein wenig härter als die des Mont-Cenis, so dürfte hierin doch keine Schwierigkeit zu suchen sein. Die Durchbohrung wird kein geringeres Werk als die des Mont-Cenis sein, allein mit den gegenwärtig bekannten Mitteln keine Schwierigkeit bieten. Die drei projektirten Uebergangslinien stehen einander nahezu gleich, die geognostische Frage kommt also gegenüber der technischen und kommerziellen nicht in Betracht.

Von hervorragender Bedeutung ist das Gutachten *Grattoni's*, des Erbauers des Mont-Cenis-Tunnels. *Grattoni* war die Aufgabe gestellt: die drei Alpenübergänge zu untersuchen und denjenigen derselben zu bezeichnen, der sich am besten für die Anwendung der zur Durchbohrung der Alpen gegenwärtig zwischen Bardonnechia und Modane thätigen Einrichtungen eignen würde.

Der Berichterstatter gibt mit Rücksicht auf die beim Mont-Cenis gemachten Erfahrungen über die thatsächlichen und unabweisbaren Bedürfnisse, welche sich mit dem Vorschreiten so umfangreicher Arbeiten, in Gegenden ohne jegliche In-

dustrie und ohne jede Konkurrenz, fühlbar machen, zuerst eine Zusammenstellung über Alles, was zur Einführung der am Mont-Cenis benutzten mechanischen Mittel, wie zur Herstellung der den regelmässigen, schnellsten und ununterbrochenen Betrieb sichernden Gang der Arbeiten nothwendig ist.

Anlage und Kosten des Bauhofes.

Grunderwerb, 100,000 Quadratmeter	100,000	Franks.
Wasserleitung mittelst Röhren oder gemauerter Kanäle, Abführungskanäle, Ueberfälle, Reinigungsbassins etc.	250,000	„
Gebäude etc. für acht Kompresseurs	240,000	„
Schuppen für die Reservoirs . 1000 Quadratmeter	25,000	„
Reparaturwerkstätten, 1600 „	100,000	„
Zentralmagazin. 300 „	30,000	„
Hilfsmagazin, 240 „	24,000	„
Kalkmagazin, 250 „	12,000	„
Magazin für Holz, Kohlen und Thonerde etc., 900 „	18,000	„
Pulverschuppen	10,000	„
Beamtenwohnungen	150,000	„
Wohnungen für 1000 Arbeiter	300,000	„
Wartesaal an der Tunnelmündung	8,000	„
Krankenhaus	8,000	„
Lebensmittelmagazin	40,000	„
Stallung für 50 Pferde	10,000	„
Erd- und Felsarbeiten behufs Herrichtung der Baulich- keiten, Stützmauern etc.	100,000	„
Dienstbahnen	45,000	„
Einzäunung des Bahnhofes	10,000	„
Gasanstalt	25,000	„
zusammen	1,505,000	Franks.

Maschinen und Werkzeug.

Acht Kompresseurs mit hydraulischen Motoren . .	480,000	Franks.
Fünf Reservoirs	160,000	„
Aeussere Luftzuleitung	60,000	„
Verschiedenes Zubehör, Hähne, Indikateurs, Schützen etc.	40,000	„
Einrichtung der Werkstätten, hydraulische Motoren, Transmissionen, Riemen etc.	140,000	„
880,000	Franks.	
Vorräthe jeder Art, Gestelle, Bohraparate, Röhren von Eisen, Segeltuch- und Kautschukschläuche, Schienen, Platten, Wagen, Eisen- und Stahl- sorten etc.	600,000	Franks.
Sonstiges	15,000	„
615,000	„	

In Allem 3,000,000 Franks.

Von der ausreichenden Einrichtung des Bauhofes ist der ununterbrochene Gang der Arbeiten in erster Reihe abhängig, Wohnungsanlagen für die Arbeiter, Magazine, Zugangs- und Verbindungswege, Neuschaffung von Industrien und Handelszweigen für das Arbeiterpersonal, Hin- und Herbewegungen der Materialien etc. erfordern ausgedehnte bauliche Anlagen.

Nach Erfahrung stellt sich der Betrag pro laufenden Meter gewöhnlicher zweigleisiger Tunnel von grösserer Länge auf zirka 3000 Franks, für den Mont-Cenis-Tunnel waren 5500 Franks pro Meter angesetzt, was sich erklärt, wenn man erwägt, dass lokale und klimatische Verhältnisse bedeutend auf die Kosten eines derartigen grossen Unternehmens influiren. Die Meinung, als ob die Mehrkosten durch Anwendung mechanischer Mittel allein hervorgerufen wurden, ist unzutreffend; im Gegentheil, diese sind, in Anbetracht ihrer grossen Leistungsfähigkeit, Ersparung der Arbeiterzahl, jedenfalls ökonomischer, als die gewöhnlich angewandten Mittel¹⁾.

Die in den Tunnelprojekten vorausgesetzten Schächte haben 300 Meter Tiefe, bei 1700 Meter Höhe der Schachtmündung über dem Meere. Die Brauchbarkeit und das Gelingen dieser Schächte vorausgesetzt, erfordern sie an der Mündung Arbeiterwohnungen, Dienstwege, Magazine etc. und zwar um so ausgedehnter, je rauher das Klima, je schwieriger die Kommunikation etc. Bei drei Schächten müsste man statt eines, drei solcher Bauhöfe anlegen und zwar in wüstem Terrain, was die Kosten bedeutend erhöhte. Einen Alpentunnelbau in grösserer Höhe anzulegen mit Hilfe von Schächten, wäre also unzweckmässig; selbst dann wird man keine Zeit gewinnen, wenn man die Länge der Tunnelabtheilungen auf wenige Meter beschränkt, weil gegenüber der mechanischen Arbeit hier die Handarbeit viel Zeit erfordert. Gegenüber der ganzen Zahl Erfahrungen, die man beim Mont-Cenis-Tunnel, hinsichtlich der Hilfsmittel, des Personales etc. machte, und die dem neuen Unternehmen zugute kommen, spielt die Installation der mechanischen Mittel eine nur untergeordnete Rolle.

Also vor allem von zweckmässigen Bauhöfen ist das Gelingen, Zeit, Kostenersparung beim Alpentunnel abhängig.

Grattoni gibt nun eine Uebersicht der zu beachtenden Punkte für den St. Gotthardübergang.

Nach dem von der italienischen Kommission akzeptirten Hauptprojekte, der von *Bekk* und *Gerwig* studirten, bildet der Gotthardtunnel eine gerade Linie; die Tunnelmündungen liegen 14,800 Meter auseinander.

Wegen der grossen Tiefe und der relativ geringen Entfernung von der Nordmündung kann *Grattoni* die Anlage eines Bauhofes in der Ebene von Andermatt, wo der Schacht einzutreiben wäre, nicht empfehlen. Die Hauptarbeit erfolgt von den Tunnelmündungen aus; es erscheinen daher zweckmässig für die Bauhofanlage einerseits Airolo, andererseits Geschenen.

Airolo, Dorf im Tessinothale, hat weder Mangel an Einwohnern noch an Wohnungen, da die sommerlich sehr frequente Poststrasse über den Gotthard durch dasselbe führt; auch ist das Tessinothal breit, die Tunnelmündung hinreichend eben; Wasser findet sich im Tessino und der Tremola hinreichend; Bau-

¹⁾ Anmerkung. Von den drei theuersten Tunnels in England kostete
 der von Kilsby 158,5 Pfund Sterling per Meter,
 „ „ Saltwood 129,0 „ „ „ „
 „ „ Bletchingley 78,7 „ „ „ „

Die Kosten französischer Tunnels variirten von 32,8--103,8 Pfund Sterling per Meter, da der billigste, der bei der Terre-Noire auf der Paris-Lyoner und Mittelländischen Bahn 32,8 Pfund Sterling, der theuerste bei der Ostbahn bei Batignolles in der Nähe von Paris 103,8 Pfund Sterling per Meter erforderte. Die belgischen Tunnel, der von Braine le Compte und die der Liège- und Verviers-Linien erheischten 46—50 Pfund Sterling per Meter. Die Kosten des äusserst schwierigen Hauenstein-Tunnels in der Schweiz (Basel-Olten) betragen 87,5 Pfund Sterling per Meter. In Amerika verlangte der durch Glimmerschiefer und Quarz führende Hoosac-Tunnel in Massachusetts 196,8 Pfund Sterling, in Neu-Seeland der Moorhouse-Tunnel, der Lavaströme und Tuftsteinlager durchsetzt, 75,2 Pfund Sterling per Meter. (Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1872. 270.)

holz und Bausteine sind im Ueberfluss vorhanden, Sand ist leicht zu gewinnen, Kalk durch mässige Kosten zu beziehen. Ein 500 Meter langer Platz vor der Tunnelmündung eignet sich für den Bauhof, auf ihm können die Berge abgelagert werden; es würden im Ganzen etwa 100,000 Quadratmeter Terrain zu akquiriren sein.

Geschenen dagegen bietet sehr ungünstige Bedingungen. Das Dorf hat nur wenige Häuser, 140 Einwohner — die Vortheile der Poststrasse fallen auf Hospenthal und Andermatt —, der Raum für die Bauhofanlage fehlt vollständig; das aus dem Tunnel tretende Gleis trifft die schmale Reuss, die hier einige 20 Meter tiefer als die Poststrasse liegt; die etwa vorhandenen kleinen Ebenen der Geschenen-Reuss sind dem Fall der Lawinen ausgesetzt.

Der Bauhofplatz müsste an der Nordmündung des Tunnels hier durch Ausführung von Mauern der Reuss abgewonnen werden; Tunnel und Bauhof erfordern zur Verbindung zwei Brücken, eine über die Reuss, eine über die Geschenen-Reuss, welche beide auch für die Eisenbahn dienen, daher sogleich in Ausführung gebracht werden.

Trotz dieser Schwierigkeiten wird der Bauhof seiner Bestimmung konform sein; Bausteine und Bauholz sind vorhanden, Mauersand ist von Andermatt zu beziehen, Kalk kommt aus den tiefer liegenden Thälern, Wasser liefert die Reuss im Ueberfluss.

Die Herstellung der mechanischen Hilfsmittel wird bei Airolo mindestens zwei Jahre, bei Geschenen drei Jahre bis zur Einführung des regelmässigen Arbeitsbetriebes erfordern, während welcher Zeit auch der Schacht bei Andermatt vollendet werden dürfte.

In ähnlicher Weise bespricht *Grattoni* auch das Projekt des Lukmanier- und Splügenüberganges, um dann überzugehen auf die

Bauzeit der verschiedenen Tunnel.

Beistehende Tabelle gibt Aufklärung über die Arbeiten, maschinellen Einrichtungen etc. der Tunnelbauten. Sie zeigt, dass die Einrichtung der mechanischen Hilfsmittel bei den drei Alpentunneln kostspieliger sein wird als die bei Bardonnechia, weil nur Airolo günstigere klimatische und bauliche Verhältnisse als bei Bardonnechia aufweist.

Lfde. Nmr.	Bezeichnung der Arbeiten.	Norma- ler Preis nach Maass- gabe der Erfah- rungen amMont- Cenis.	Bezeichnung der Tunnelmündung.						
			St. Gotthard.		Lukmanier.		Splügen.		
			Südlich. Zugang Ariolo.	Nördl. Zugang Ge- schenen.	Südlich. Zugang Olivane.	Nördl. Zugang Dis- sentis.	Südlich. Zugang Isola.	Nördl. Zugang Ander.	
		Franks.	Franks.	Franks.	Franks.	Franks.	Franks.		
1.	Gründerwerb	100,000	225,000	50,000	100,000	90,000	90,000	80,000	
2.	Wasserzuführung mittelst Röhren	250,000	180,000	200,000	240,000	240,000	300,000	320,000	
3.	Baulichkeiten, für 8 Kompressours	240,000	240,000	300,000	280,000	260,000	300,000	250,000	
4.	Schnuppen für die Reservoirs								
	1000 Q.-M.	25,000	20,000	30,000	250,000	22,000	30,000	20,000	
5.	Reparaturwerkstätte	1600	100,000	130,000	110,000	110,000	130,000	130,000	
6.	Zentralmagazin	300	30,000	30,000	33,000	33,000	40,000	30,000	
7.	Hilfsmagazin	240	24,000	26,000	26,000	26,000	32,000	30,000	
8.	Kalkmagazin	250	12,000	12,000	16,000	13,000	15,000	12,000	
9.	Magazin für Holz, Kohlen, Lehm	900	18,000	18,000	25,000	20,000	18,000	18,000	
10.	Pulvermagazin		10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	
11.	Für die Bauleitenden und Beamten		150,000	120,000	200,000	150,000	200,000	150,000	
12.	Wohnungen für 1000 Arbeiter		300,000	250,000	400,000	300,000	400,000	300,000	
13.	Wartesaal am Eingange des Tunnels		8,000	8,000	12,000	10,000	10,000	10,000	
14.	Krankenhaus		8,000	8,000	12,000	10,000	10,000	10,000	
15.	Lebensmittelmagazin		40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	
	Latus		1,315,000	1,285,000	1,487,000	1,592,000	1,332,000	1,636,000	1,410,000

Lfde. Nmr.	Bezeichnung der Arbeiten.	Normaler Preis nach Maass- gabe der Erfah- rungen amMont- Cenis.	Bezeichnung der Tunnelmündung.					
			St. Gotthard.		Lukmanier.		Splügen.	
			Südlich. Zugang Airolo.	Nördl. Zugang Ge- schonen.	Südlich. Zugang Olivane.	Nördl. Zugang Dis- sentis.	Südlich. Zugang Isola.	Nördl. Zugang Aandeer.
		Franks.	Franks.	Franks.	Franks.	Franks.	Franks.	
	Transport	1,315,000	1,285,000	1,487,000	1,592,000	1,332,000	1,636,000	1,410,000
16.	Stallung für 50 Pferde	10,000	10,000	15,000	20,000	25,000	25,000	25,000
17.	Vorarbeiten für Herstellung und Re- gulirung der Bauplätze, Abträge, Mauern etc.	100,000	60,000	220,000	80,000	80,000	60,000	100,000
18.	Dienstbahnen	45,000	35,000	50,000	60,000	45,000	30,000	60,000
19.	Pallisaden-Einfriedigung des Bau- hofes	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
20.	Gasanstalt	25,000	25,000	30,000	28,000	28,000	30,000	28,000

Maschinelle Einrichtung.

21.	Acht Kompressors und hydraulische Kraftmaschinen	480,000	480,000	480,000	480,000	480,000	480,000	480,000
22.	Fünf Reservoirs	160,000	160,000	160,000	160,000	160,000	160,000	160,000
23.	Zuführung äusserer Luft	60,000	25,000	40,000	40,000	100,000	75,000	100,000
24.	Verschiedenes Zubehör, Hähne Schützen etc. etc.	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
25.	Ausrüstung der Werkstätten, hydrau- lischer Motor, Transmissionen, Riemen	140,000	140,000	140,000	140,000	140,000	140,000	140,000
		2,385,000	2,270,000	2,672,000	2,425,000	2,440,000	2,676,000	2,573,000
26.	Vorräthe jeder Art, Gestelle, Bohrer, Röhren von Guss- und Schmiede- eisen, von Hanf und Kautschuk etc., Schienen, Plattformen, Waggons, Magazinorräthe, Stahl, Eisen etc. Insgemein	600,000 15,000	600,000 30,000	600,000 28,000	600,000 25,000	600,000 10,000	600,000 24,000	600,000 27,000
		3,000,000	2,900,000	3,300,000	5,050,000	3,050,000	3,300,000	3,200,000
			6,200,000		6,100,000		6,500,000	

Die Anlage für den Splügen ergibt sich hiernach als die theuerste, die für den Lukmanier als die billigste, die für den Gotthard steht zwischen beiden.

Auf Grund der oben angegebenen Zeit für Anlage der Bauhöfe und unter Berücksichtigung der Tunnelängen wie der Zuhilfenahme der von Schächten zu bauenden Strecken lässt sich die Bauzeit der drei Tunnel vergleichsweise bemessen, obwohl die Natur des Gesteins, dessen Härte von wesentlichem Einfluss auf den Fortschritt der Arbeit ist. In Bezug auf letzteres ist zwischen allen drei Alpenübergängen kein wesentlicher Unterschied, das Gestein wird einen grösseren Widerstand nicht bieten als der des Kalksteins von Bardonnechia war; dabei fällt bei der Gleichartigkeit der Granite das Durchsickern von Wasser und mit ihm die häufige Verzimmerung, wie sie bei Bardonnechia nothwendig war, wahrscheinlich weg.

Bei Bardonnechia schritt man mit der Durchbohrung monatlich um 75 Meter oder täglich 2,5 Meter vor; bei der grösseren Härte des Gesteins der Schweizer Alpen ist also eine Leistung von täglich 2 Meter mit Sicherheit vorauszusetzen.

Dies vorausgesetzt, ergibt sich der Fortschritt des Baues bei regelmässiger Handarbeit also:

Am jeder Mündung und bis zur Tiefe von 1 Kilometer	
kann die Arbeit täglich vorrücken	0 Meter 70.
Das Niederbringen der Schächte täglich	0 Meter 343.

Die Arbeit des Durchbohrens von den Schächten aus,
 an jedem Angriffspunkte 0 Meter 50.

Von definitiver Feststellung der Trace an gerechnet wird sich also folgendes, berechnen lassen:

St. Gotthard. Länge 14,800 Meter; auf dem nördlichen Abhange ein Schacht von 303 Meter Tiefe, 3390 Meter von der Mündung entfernt. Zeitdauer für Herstellung des südlichen Bauhofes zwei Jahre, des nördlichen drei Jahre. In drei Jahren, während der Anlage des Bauhofes bei Geschenen, werden durch Handarbeit 750 Meter des Tunnels ausgehöhlt sein; der Schacht bei Andermatt ist in 30 Monaten beendet; von ihm aus wird man nach ferneren 6 Monaten 90 Meter des Tunnels nach jeder der beiden Richtungen hin aushöhlen. Nach drei Jahren sind also fertig durch Handarbeit

an jeder Mündung	750 Meter	}	zusammen 840 Meter geschafft, so
gegen die Mündung	90 „		

dass der zwischen zwei Arbeitsstellen, durch mechanische Mittel, zu beseitigende Kern noch eine Länge von $3390 - 840 = 2550$ Meter beträgt.

Dieser Kern ist bei täglich 2 Meter Fortschritt von der Mündung und 0,5 Meter vom Schachte aus in 1020 Tagen oder 2 Jahren 10 Monaten beseitigt.

Während dieser Zeit sind in der Richtung nach Airolo vom Schachte aus gewonnen: 510 Meter; dazu die vorgenannten, macht 600 Meter, dass also innerhalb 5 Jahren 10 Monaten im Ganzen 3990 Meter von Norden her ausgehöhlt sind.

In dieser Zeit von 5 Jahren 10 Monaten wurden bei Airolo geschafft: durch Handarbeit von der südlichen Mündung, während der 2 Jahre Bauzeit des Bauhofes, 500 Meter. Von diesem Zeitpunkte beginnt die mechanische Durchbohrung mit 60 Meter monatlich, welche in den noch übrigen 46 Monaten ergibt 2760 Meter. In den 70 Monaten werden also von den Mündungen und dem Schachte aus im Ganzen fertig gestellt 7250 Meter, sodass noch bleiben 7550 Meter, welche man mit mechanischen Hilfsmitteln beseitigt. Die Arbeiten schreiten jetzt beiderseitig täglich 4 Meter vor, mithin erfordern sie noch 1888 Tage oder 5 Jahre 3 Monate, so dass der ganze Tunnelbau erfordert

11 Jahre 1 Monat.

Wenn man erwägt, dass bei Andermatt sehr günstige Bedingungen für versuchsweise Anwendung mechanischer Hilfsmittel vorliegen, dass die Leistungen dieser bei Bardomechia höhere waren als die angesetzte, endlich, dass die Hilfsmittel sich weiter vervollkommen dürften, so wird sich die Bauzeit nach *Grattoni* beim St. Gotthard-Tunnel auf 10 Jahre reduzieren.

In gleicher Weise berechnet *Grattoni* die Bauzeit eines Lukmanier-Tunnels auf 11 Jahre und 5 Monate, wahrscheinlich (nach ihm) etwas höher, eines Splügen-Tunnels auf rund 12 Jahre.

Auf Grund seiner Erfahrungen und Berechnungen zieht *Grattoni* nun folgende Zusammenstellung.

Zusammenstellung

der hauptsächlichsten technischen Elemente der Projekte für die Uebergänge über den Splügen, Lukmanier und den St. Gotthard.

Elemente der Projekte.	Für den Splügen.		Für den Lukmanier.	Für den St. Gotthard.
	nach dem von der Kommission angenommenen Projekt.	nach der Variante des Ingenieurs Antonini.		
	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
Ganze Länge der Linie	107,848	103,208	128,750	110,300
	Colico-Chur	Colico-Chur	Bellinzona-Chur	Bellinzona-Fläelen
„ „ der Horizontalen	9,291	9,000	5,555	13,702
„ „ der Rampen	52,700	51,208	57,227	36,898
„ „ der Gefälle	45,857	43,000	65,968	59,700
Länge der Theilstrecke vor dem grossen Tunnel				
{ südlich	51,133	44,282	51,222	63,800
{ nördlich	40,425	40,268	60,128	31,600
Maximum des Gefälles auf dem südlichen Abhänge ‰	25	26	25	26,50
Desgleichen auf dem nördlichen Abhänge ‰	25,43	25,43	18	25
Länge der Einzelstrecken:				
mit Steigungen nicht unter 25‰	48,217	45,952	12,900	56,648
desgleichen nicht unter 15 bis 25‰	11,536	4,787	35,145	1,600
Mit besonderen Lokomotiven zu befahrende Strecke	84,992	78,931	62,445	83,850
Höhe des südlichen Ausgangspunktes	201	205	226	226
Höhe des nördlichen Endpunktes	592	592	585	438
Höhe der südlichen Mündung des grossen Tunnels	1,246	1,128	1,024	1,130
Höhe der nördlichen Mündung des grossen Tunnels	1,133	1,106	1,102	1,110
Höhe des Kulminationspunktes	1,250	1,178	1,119	1,137
Summe der Höhendifferenzen	1,707	1,558	1,526	1,631
Mittleres Gefälle ‰	15,79	14,13	11,08	14,79
Mittleres Gefälle der mit besonderen Lokomotiven zu befahrenden Strecken ‰	19,52	19,13	17,39	18,32
Mittleres Gefälle der mit gewöhnlichen Lokomotiven zu befahrenden Strecken ‰	2,09	2,09	5,11	3,66
Länge der geraden Linien	56,172	61,926	87,936	74,810
Länge in den Kurven	51,676	41,282	40,814	35,490
Verhältnisszahl der Länge der geraden Linien zur Gesammtlänge	0,521	0,600	0,683	0,678
Kleinster Kurvenhalbmesser	300	300	300	300
Länge des grossen Tunnels	16,290	18,658	17,400	14,900
Länge des schachtlosen Theils	12,870	12,870	11,700	11,500
Länge des mittelst Schachten auszuführenden Theils	3,420	5,788	5,700	3,400
Anzahl der Schachte	6	8	8	4
Grösste Tiefe der Schachte	242	312	312	303
Maximalgefälle des Tunnels ‰	14,40	11,40	19,86	6,80
Länge dieses Gefälles	8,290	4,119	4,500	3,400
Dauer der Tunneldurchbohrung, Jahre	12	12	11½	11
Gesamtlänge der				
sonst noch erforderlichen Tunnels				
{ am südlich. Abhänge	22,496	16,497	3,013	6,494
{ am nördlich. Abhänge	5,272	5,340	2,116	10,685
Länge der künstlichen Galerien	3,140	1,957	—	1,360
Länge der bedeckten Bahn	47,198	42,434	22,529	33,439
Länge der Bahn unter freiem Himmel	60,650	60,774	106,221	76,861

- 2) Nicht dem Lukmanierübergang gebühre die erste Stelle, dem Splügen die zweite, dem St. Gotthard die dritte — wie man in Italien allgemein angenommen — sondern der Vorzug kommt in erster Reihe dem St. Gotthard zu, welchem sehr nahe steht der Splügen, während Lukmanier den dritten Rang einnimmt.
- 3) Obwohl Italien bei Ausführung eines Schienenweges durch die Alpen in erster Reihe interessirt ist, so haben doch auch andere Staaten von diesem grosse Vortheile und es sei daher zur Verwirklichung des Projektes eine internationale Vereinigung anzustreben auf welche die zu bringenden Opfer sich dann vertheilen.
- 4) Die Gotthardlinie ist den andern überlegen, auch wenn man die zur vollständigen Ausführung erforderliche Zeit, das aufzuwendende Baukapital und dessen Amortisation in Rechnung zieht. Denn es erfordern (siehe Tabelle):

	Länge.	Baukosten.
Splügenbahn	169 Kilometer	169,020,988 Franks.
Lukmanierbahn	246 „	163,141,180 „
Gotthardbahn	290 „	184,591,228 „

Bei gleichem Bruttoertrage von 40,000 Franks per Kilometer resultirt an Reinertrag:

Splügenbahn	3,142,200 Franks.
Lukmanierbahn	5,101,000 „
St. Gotthardbahn	5,494,000 „

Ist beim St. Gotthard die Einnahme eine grössere, so darf man auf grössere Betheiligung des Kapitals, also eine Verminderung der à Fonds perdus zu bewilligenden Subsidien rechnen.

Auch tritt die Gotthardbahn mit denjenigen transalpinischen Bahnen in Verkehr, welche die reichsten und bevölkertsten Länder berühren und diese Länder sind geneigt für den Bau nicht unerhebliche Opfer zu bringen.

Hiernach fallen alle Vortheile Italiens auf Seite der Gotthardlinie.

- 5) Italien kann an dem Unternehmen partizipiren ohne Vermehrung seiner Nationalschuld, da (laut Konvention vom 7. Mai 1862) der von Frankreich für schnellere Beendigung des Mont-Cenis-Tunnels Italien bewilligte Ersatz an Baukapital 19,000,000 Franks, an Zinsen und Prämien 11,000,000 Franks, zusammen also 30 Millionen Franks beträgt, da die oberitalienischen Eisenbahnen 10 Millionen ebenso die italienischen Städte und Provinzen ansehnliche Subventionen bewilligen und die Deckung des Restes von Deutschland und der Schweiz zugesagt ist.

3. Definitive Trace, Beginn des Baues.

Durch diese eingehenden Untersuchungen war der Tunnelbau seiner Verwirklichung um ein Bedeutendes näher gerückt; die Entscheidung drehte sich bei den sich kreuzenden Interessen der mehr oder minder beteiligten Länder nur noch um die Frage: welche Durchstechung vorzuziehen, über den Splügen, Lukmanier oder Gotthard?

Oesterreich interessirte sich selbstverständlich für die östliche Linie; Frankreich, nicht direkt betheiligt, machte seinen Einfluss geltend, um das Projekt überhaupt zu Falle zu bringen.

Hatten sich für den Gotthard schon, wider Erwarten, bei der technischen Untersuchung Vortheile ergeben, so konnte die Frage für das in erster Reihe betheiligte Deutschland nicht zweifelhaft sein.

Alle Vortheile in handelspolitischer und wirtschaftlicher, ebenso in staatlicher Hinsicht standen hier auf Seiten der Gotthardlinie. Als nach glücklich beendetem Kriege ein Neu-Deutschland erstand, legte dies sein ganzes Gewicht für diese Linie in die Waagschaale, und versprach für den Fall ihrer Verwirklichung, die ausgedehnteste materielle Betheiligung. Die Sache wurde bald spruchreif; es konstituirte sich eine Gotthardbahngesellschaft, die, seit dem 3. November 1871 anerkannt den Bau des Tunnels und der anschliessenden Verbindungslinien unter Aufsicht des Schweizerischen Bundesrathes in die Hand nimmt.

Die Trace, welche dem Tunnelprojekt nunmehr als Grundlage dient, tritt mit 1110 Meter Seehöhe bei Geschenen in den Tunnel ein, dieser erhält eine Länge von 14,800 Meter, steigt in seinem höchsten Punkte auf 1152,5 Meter Seehöhe, liegt am höchsten Punkte des Gebirges (Kastelhorn) 1800 Meter unter der Erdoberfläche und endigt bei Airolo in 1155 Meter Seehöhe.

Der Kostenanschlag dieses Projekts stellt sich auf 14¹/₄ Millionen Thaler, was für das laufende Meter rot. 963 Thlr. beträgt¹⁾.

Laut Vertrag vom 15. Oktober 1869 resp. 28. Oktober 1871 verpflichten sich das Deutsche Reich, Italien und die Schweiz zur Zahlung einer Subvention von 85 Millionen Franks an diese Gesellschaft und zwar Deutschland und die Schweiz je 20 Millionen, Italien 45 Millionen Franks.

Erst wenn der Ertrag des Unternehmens mehr als 7 Prozent Dividende abwirft, erhalten die subventionirenden Staaten zur Entschädigung die Hälfte des Ueberschusses an Zins; bis dahin hat die Gesellschaft die Subventionssumme zinsfrei.

Für das ganze zirka 263 Kilometer lange Bahnnetz sind zusammen 187 Millionen Franks bestimmt, wonach der Kilometer zirka 711,000 Franks die Meile 1,422,000 Thaler kosten wird²⁾.

Für die anschliessenden Strecken ist eine Maximalsteigung von 1 : 40 und ein Minimalradius der Kurven von 300 Meter angenommen worden; nur auf der Strecke zwischen Biasca und Lavorgo soll eine Steigung von 1 : 36 zulässig sein.

Die Gotthardbahn wird nach diesem Projekt mit den anschliessenden Linien umfassen:

- 1) Auf der Nordseite die Strecken Luzern-Küssnacht-Goldau-Flüelen und Zug-Adrian-Goldau als verbindende Glieder mit Luzern und Zug. Dann die Strecke Flüelen-Amstäg-(15 Kilometer)-Wasen(18 Kilometer) Geschenen (5 Kilometer), wo der Tunnel beginnt. Die ganze Strecke Flüelen-Geschenen beträgt also 38 Kilometer.
- 2) Tunnel (14,8 Kilometer).
- 3) Auf der Südseite die Strecke von Airolo-Faido-Giornico (18 Kilometer). Von Faido sind die Stromschnellen des Tessin bis Giornico durch Spiralen zu überwinden, Giornico-Biasca (10 Kilometer). Biasca-Bellinzona-Locarno einerseits, Biasca-Lugano-Chiasso-Camerlata andererseits.

Als Bauzeit für die einzelnen Strecken ist angenommen:

Biasca-Bellinzona 20 Kilometer, Bellinzona-Pino 25 Kilometer, Zweigbahn nach Locarno 8 Kilometer, Lugano-Chiasso 25 Kilometer = 3 Jahre.

¹⁾ Deutsche Bauzeitung 1872. 35.

²⁾ Zur Vergleichung diene, dass die drei theuersten Bahnen Preussens kosten pro Meile:

die Berliner Verbindungsbahn	1,009,174 Thaler,
die Köln-Giessener Bahn	1,088,700 „
die Rhein-Nahe Bahn	1,006,500 „

Luzern-Küssnacht-Goldau und Zug-Adrian-Goldau 23 Kilometer = $2\frac{1}{2}$ Jahre.

Goldau-Brunnen-Flüelen-Geschenen 49 Kilometer, Airolo-Biasca 39 Kilometer, Bellinzona-Lugano 29 Kilometer = $4\frac{1}{2}$ Jahre.

Tunnelbau = 9 Jahre.

Alle Linien, mit Ausnahme der Hauptlinie Flüelen-Geschenen-Airolo-Biasca, welche zwei Geleise erhält, sollen eingleisig ausgeführt werden.

Die Tarife für den Personenverkehr sind annähernd denen der deutschen Schnell- und Kurirzüge gleich, jedoch mit Ermässigung von $33\frac{1}{2}$ Prozent für Steigungen von weniger als 1 : 66.

Speziell sind folgende Preise normirt:

Für die Schweizer Meile à 4800 Meter: I. Klasse in schwacher Steigung 50 Centimes, in starker Steigung 75 Centimes; II. Klasse 35 resp. 53 Centimes; III. Klasse 25 resp. 38 Centimes.

Für die Meile à 7,5 Kilometer: I. Klasse 78 resp. 117 Centimes (6,42 resp. 9,36 Groschen); II. Klasse 55 resp. 83 Centimes (4,4 resp. 6,6 Groschen); III. Klasse 39 resp. 59 Centimes (3,12 resp. 4,68 Groschen).

Für das Kilometer: I. Klasse 10,4 resp. 15,6 Centimes; II. Klasse 3,3 resp. 11,0 Centimes; III. Klasse 5,2 resp. 7,8 Centimes.

Es wird sich also der Fahrpreis von Luzern nach Mailand von 42 Frank auf zirka 19 Frank, also auf die Hälfte ermässigen.

An der Spitze der Gotthardbahn-Gesellschaft steht der frühere Präsident der schweizerischen Nordostbahn Dr. *Escher*, welchem als Ober-Ingenieur der Baurath *Gervig* aus Karlsruhe zur Seite gestellt ist. Der Sitz der Direktion ist Luzern.

Ueber die Art in welcher der Tunnelbau auszuführen, gibt das von der Direktion erlassene Konkurrenzausschreiben nähere Anhaltspunkte, welches nach der Kölnischen Zeitung lautete.

Für die Ausführung des Ausbruches und der Ausmauerung des grossen Gotthardtunnels wird anmit allgemeine Konkurrenz eröffnet.

Der Tunnel erhält zwischen Geschenen und Airolo eine Länge von 14,800 Meter und ist mit Ausnahme einer etwa 240 Meter langen Strecke, welche in der zur Station Airolo führenden Kurve liegt, gerade. Von dem in Mitte der Tunnels auf 1162 Meter über Meer liegenden Scheitelpunkt fällt die Bahn in der Richtung gegen Geschenen mit 7‰ , in der Richtung gegen Airolo mit 1‰ . Es kann angenommen werden, dass nur selten vollkommene Ausmauerung mit Sohlengewölbe erfordert wird.

In diesem Falle wird das lichte Profil des Mont-Cenis-Tunnels mit 8 Meter grösster Weite und 6 Meter Höhe des Scheitels über den Schwellen gewählt werden. Wo nur ein Deckengewölbe nöthig ist, wird dieses in der Regel in Stichbogenform ausgeführt. Dabei kann hin und wieder eine Verkleidung der Widerlager mit rauhem Mauerwerk vorkommen. Wahrscheinlich wird streckenweise jede Ausmauerung entbehrlich sein. Hier wird alsdann der Ausbruch in Spitzbogenform Platz greifen. Zur Abführung des Wassers ist der Längsachse der Tunnelsohle nach ein Kanal auszusprennen und auszumauern.

Die Herstellung der südlichen Hälfte des Tunnels muss ganz von der Tunnelmündung bei Airolo aus betrieben werden. Dagegen kann es dienlich erscheinen, auf der Nordseite, 3550 Meter von der Mündung entfernt, einen Schacht von 300 Meter Tiefe abzuteufen.

Auf der Nordseite bieten die Gotthard-Reuss und die Geschenalp-Reuss, auf der Südseite der Tessin und die Tremola zu jeder Jahreszeit hinreichend Wassermenge und Gefälle, um Motoren von 400 bis 500 Pferdekraft Brutto-Effekt zu schaffen.

Nach kompetenten Angaben wird der Tunnel in der Richtung von Nord nach Süd folgende geologische Formationen durchschneiden:

Granitischer Gneiss	auf	1875	Meter	Länge,
Gneiss	„	360	„	„
Schwarze und grüne Schiefer, Marmor. granitischer Schiefer	„	2790	„	„
Granitischer Gneiss	„	3750	„	„
Gneiss	„	465	„	„
Granitischer Gneiss	„	2300	„	„
Gneiss und Glimmerschiefer	„	1415	„	„
Hornblende und Granitschiefer	„	1195	„	„
Dolomit und Gyps	„	650	„	„

Total 14,800 Meter Länge.

Bauunternehmer werden anmit eingeladen, bis zum 18. Mai d. J. (1872) der unterzeichneten Direktion in möglichst bestimmter Fassung mitzuteilen, unter welchen Bedingungen, nach welcher Verfahrungsweise, innerhalb welcher Frist und mit welchen Garantien sie sich anerbieten, den Gotthardtunnel oder eine Hälfte desselben fertig herzustellen. Es wird dabei gewünscht, dass in den Angeboten die gesammte Vergütung für fertige Herstellung des Tunnels einschliesslich Hilfsmaschinen, Gerüste, Materialien u. s. w. in den drei Einheitspreisen für Tunnelausbruch, Gewölbmauerung und Rauhmauerung ausgedrückt werde.

Weitere Auskunft erteilt auf Verlangen Herr *Gerwig*, Ober-Ingenieur der Gotthardbahn.

Luzern, den 5. April 1872.

Namens der Direktion der Gotthardbahn:

Der Präsident, Dr. *A. Escher*.

Der erste Sekretär, *Schweizer*.

Auf Grund dieser Konkurrenz wurden die Tunnelarbeiten an den Unternehmer *Louis Favre* aus Genf in Akkord gegeben für die Gesamtsumme von 43 Millionen Franks mit einer Bauzeit von 8 Jahren. Der Unternehmer erhält laut Kontrakt für jeden Tag Beschleunigung der Arbeiten 5000 Franken Vergütung, umgekehrt werden ihm für jeden Tag Verspätung während der ersten sechs Monate 5000 Franken, während der zweiten sechs Monate 10,000 Franken in Abzug gebracht. Hat die Verspätung ein Jahr erreicht, so verfällt der Vertrag und die gestellte Kautions von 8 Millionen Franks¹⁾.

Schon am 4. Juni 1872 nahmen die Arbeiten des Tunnelbaues bei Geschenen ihren Anfang; es wurden die kleinen Vorberge vor dem Eingange durchfahren und bis zum September ein Stollen nach der Sohle des Tunnels getrieben, bei welcher Arbeit man gleichzeitig Bohrversuche nach dem System einer englischen Gesellschaft anstellte, indess ohne befriedigende Resultate. Die Werkstätten und Werkplätze kommen auf das mehr geschützte linke Ufer der Reuss zu liegen; mit dem Bau der Arbeiter- und Beamtenhäuser, ebenso mit der Durchsetzung der Vorberge, Herstellung der Kommunikationen, war man eifrig beschäftigt, wie wir uns, als wir Ende August v. J. aus Italien kommend die Strecke befuhren, überzeugten.

Auch auf der Seite von Airolo wurden die Arbeiten bereits am 1. Juli 1872

¹⁾ Einer der Hauptbewerber war die Società Italiana di Lavori pubblici in Turin, an deren Spitze *Grattoni* steht. Diese Gesellschaft beanspruchte 9 Jahre Bauzeit, und wollte in den Verfall der Kautions erst willigen, wenn der Tunnel innerhalb 11 Jahren nicht vollendet wäre. Dabei verlangte diese Gesellschaft 12¹/₂ Millionen Franks mehr als *Favre*.

in Angriff genommen; bis zum 24. August hatte man daselbst einen offenen Durchstich bis nach dem Tunnelkopfe getrieben und ebenso den Bau von Werkstätten und Maschinenräumen etc. gefördert.

Unterdess hatte die Gotthardbahngesellschaft am 7. August 1872 mit *Favre* als Generalunternehmer definitiv kontrahirt auf Grundlage oben genannter Hauptbedingungen und der Schweizerische Bundesrath unterm 23. August den Vertrag genehmigt, so dass jetzt unter *Favre's* Leitung am 24. Oktober bei Geschenen ein zweiter Stollen, etwa 10 Meter vor der Tunnelmündung, begonnen werden konnte. Anfangs November war man hier bereits 5 Meter in die eigentliche Tunnellinie eingedrungen.

Bei Airolo hatte man vom 13. September bis 30. November einen 96 Meter langen Stollen in das Gebirge getrieben und bis Ende Februar 1873 auf beiden Seiten bei rüstig fortgesetzter Handarbeit fertig gestellt: auf der Nordseite 60,05 Meter, auf der Südseite 143,06 Meter und zwar davon auf jener Seite 43,06 Meter, auf dieser 126 Meter auf vorschriftsmässige Weite und bei Airolo 78,3 Meter bereits ausgemauert.

Zieht man in Betracht, dass, wenn das Unternehmen, wie kontrahirt, in acht Jahren beendet sein soll, jährlich 1865 Meter fertig werden müssen, so ist dies Resultat allerdings unbedeutend; indess ist zu beachten, dass die Vorarbeiten die bedeutendste Zeit in Anspruch nehmen und mit Handarbeit nur ein langsamer Fortschritt möglich ist; eine regelrechte Arbeit und ihr entsprechender Fortschritt ist erst nach Inbetriebsetzung der mechanischen Hilfsmittel, namentlich auch der Bohrmaschinen möglich, wie dies die Erfahrung am Mont-Cenis gelehrt.

Die Bohrmaschinen sollen nach dem verbesserten System *Dubois* und *François*, welches sich bei den Bohrarbeiten in den französischen und belgischen Bergwerken zu Marihay, Anzin und Ronchamp vorzüglich bewährte, gebaut und alsbald in Verwendung treten. Später will man noch Versuche mit englischen und amerikanischen Konstruktionen anstellen.

Die Bohrmaschinen werden mit komprimirter Luft getrieben, deren Compression erfolgt durch Wasserkraft, wofür bei Geschenen die Reuss mit 28—30 Meter Gefälle für 500 Pferdekkräfte, bei Airolo die Tremola mit 300 Meter Gefälle zur Verfügung steht.

Die Zahl der gegenwärtig bei den Vor- und Tunnelarbeiten beschäftigten Werkleute beträgt 522 und zwar bei Geschenen 215 bei Airolo 307¹⁾.

Das bis jetzt durchsetzte Gestein war bei Geschenen Granit oder ein harter, mehr oder weniger gespaltener Gneissgranit, der mit einer Neigung von 47 Südost einsetzt, bei Airolo stiess man auf mit Quarz durchsetzten Glimmer mit einer fast gleichen Schichtung.

Mit welcher Sorgfalt man alle Faktoren des Baues beachtet und für die Wissenschaft und Praxis nutzbar zu machen sucht, beweist der Umstand, dass periodisch Gesteinsproben genommen und an hervorragende Institute gesandt, ebenso ununterbrochen thermometrische und sonstige Beobachtungen gemacht werden.

¹⁾ Erster Bericht des Schweizerischen Bundesrathes vom Dezember 1872 an die be-theiligten Regierungen.

III. Das Projekt einer Eisenbahn-Verbindung zwischen England und Frankreich.

Das Thema: Herstellung eines Tunnels zwischen Dover und Calais beginnt die allgemeine Aufmerksamkeit gegenwärtig wieder in höherem Grade auf sich zu ziehen. Wie „Daily News 1871, September“¹⁾ in einem längeren Aufsätze mittheilt, handelt es sich bei dem Unternehmen nur noch um eine förmliche Konzession von Seiten Frankreichs. Wir geben daher eine Uebersicht über den Stand und die Aussichten dieses für den europäischen Verkehr eminent wichtigen Unternehmens nach einem sehr interessanten und eingehenden Vortrage über: „die projektirte Eisenbahnverbindung zwischen England und Frankreich“ von *A. Fölsch*, gehalten in der Versammlung des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins²⁾ und schliessen daran einige Notizen über den Michigansee-Bosporus- und Detroit-River-Tunnel.

Der Vortragende weist im Eingange darauf hin, wie das Bestreben der Jetztzeit darauf gerichtet sei, die bereits bestehenden Verkehrsstrassen so viel als möglich zu ergänzen, ohne Rücksicht auf politische Grenzen, noch sich entgegengesetzte technische Schwierigkeiten. Die Ueberbrückung riesiger Ströme, Erschliessung sonst unzugänglicher Gebirgsthäler durch Eisenbahnen, die Erbauung wunderbarer Tunnels geben davon mehr als beredetes Zeugniß.

In dem Netze europäischer Eisenbahnverbindungen zeigt sich indess immer noch die auffallende Lücke zwischen England und Frankreich, da der Kanal ein bis jetzt für die Lokomotive unübersteigbares Hinderniß war. Wie fühlbar diese Lücke ist, wie sie den Verkehr hemmt, erhellt schon aus dem Umfange, welchen letzterer zwischen dem Kontinente und dem Insellande angenommen, erhellt daraus, dass 1868 mehr als 310,000 Reisende zwischen England und vier französischen Häfen (Calais, Boulogne, Dieppe und Havre) befördert werden mussten, welche Zahl in dem Ausstellungsjahr sich auf 454,000 vermehrte, abgerechnet die mit England in Verbindung stehenden Häfen von Dünnkirchen, Ostende, Rotterdam, Antwerpen und Hamburg.

Die kurze Ueberfahrt auf der kaum $4\frac{3}{4}$ Meilen breiten Wasserstrasse zwischen

¹⁾ Kölnische Zeitung 1871, 30. September.

²⁾ Zeitschrift des österreich. Ingenieur- und Architektenvereins 1870. III. 53—62. Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltung 1870. 32. *Dingler's Journal* 1870. 198. 284.

Dover und Calais, wird von den meisten Reisenden den längeren mit Unbequemlichkeit verknüpften anderen Ueberfahrten vorgezogen. Trotz ihrer Kürze hat die Kommunikation Englands und Frankreichs auf diesem Wege doch auch manche Unbequemlichkeit, namentlich hervorgerufen durch die Unbilden der Witterung, denen der Kanal mehr als andere Meere ausgesetzt ist. Von 365 Tagen des Jahres sind durchschnittlich 90 mit ruhiger See und 144 Tage mit erträglicher Witterung, 120 Tage dagegen bringen sehr stark bewegte See, 29 Tage Sturm und schwere See.

Da man wegen der geringen Kanaltiefe und den starken Versandungen, denen der Kanal ausgesetzt, nur kleine Schiffe (200—240 Fuss lang und 7—8 Fuss Tiefgang) zur Ueberfahrt benutzen kann, so kommen genannte Uebelstände umso mehr in Betracht und es sind thatsächlich sich nicht selten wiederholende Zeitperioden, in denen jeder Personen- und Güterverkehr zwischen Frankreich und England völlig inhihirt ist.

Diese Unzuträglichkeiten liessen schon seit längeren Jahren den Wunsch nach einer besseren Verbindung immer wieder von Neuem erstehen.

Bereits vor 70 Jahren hatte ein Herr *Mathieu* den Konsul *Bonaparte* von der Möglichkeit einer besseren Verbindung zu überzeugen gesucht. Die Neuzeit ist dem Gedanken bereits näher getreten und *Thomé de Gamond* veröffentlichte bereits 1856 einen Plan, nach welchem unter dem Kanale ein Eisenbahntunnel hergestellt werden sollte.

Nach *Gamond's* Plan sollten im Kanale 13 künstliche Inseln aufgeschüttet und darin Schachte abgeteuft werden, die zur Herstellung des Tunnels und später zur Ventilation zu dienen hätten.

Gamond's Vorschlag, der wegen Beeinträchtigung der Schifffahrt fallen gelassen wurde, war der Vorläufer einer grossen Zahl neuer, theilweise sehr abenteuerlicher Projekte.

So wollte man anstatt eines Tunnels grosse eiserne Röhren auf den Grund des Meeres versenken, diese mit einander verbinden und aus den Theilstücken das Wasser auspumpen; die Verbindung der Röhren in einer Tiefe von 180 Fuss sollte von eigens dafür eingeübten Tauchern ausgeführt werden.

Andere Projektanten wollten das Tunnelrohr nicht am Boden des Meeres, sondern in gewisser gleichmässiger Tiefe unter dem Meeresspiegel vermittels Bogen und Verankerungen aufhängen. Noch andere projektirten eine auf 190 Pfeilern ruhende Gitterbrücke über den Kanal. Ein Herr *Bontet* wollte diese Monstrepfeiler verringern, indem er neun Brückenfelder von je 10,000 Fuss Spannweite vorschlug.

Von sonstigen möglichen und unmöglichen Kommunikationsprojekten absehend, sind es besonders drei neuere, welche wegen ihrer Gründlichkeit die Aufmerksamkeit der beteiligten Kreise auf sich zogen, welche daher kurz betrachtet werden sollen.

Hierher gehört zuerst der von *Fowler* (Ingenieur der Londoner unterirdischen Eisenbahnen), *Wilson* und *Abernethy* gemachte Vorschlag, die Ueberführung der Eisenbahnzüge mittelst vollkommener Fähren zu bewirken.

Die Grundzüge dieses Projekts bestehen in Folgendem.

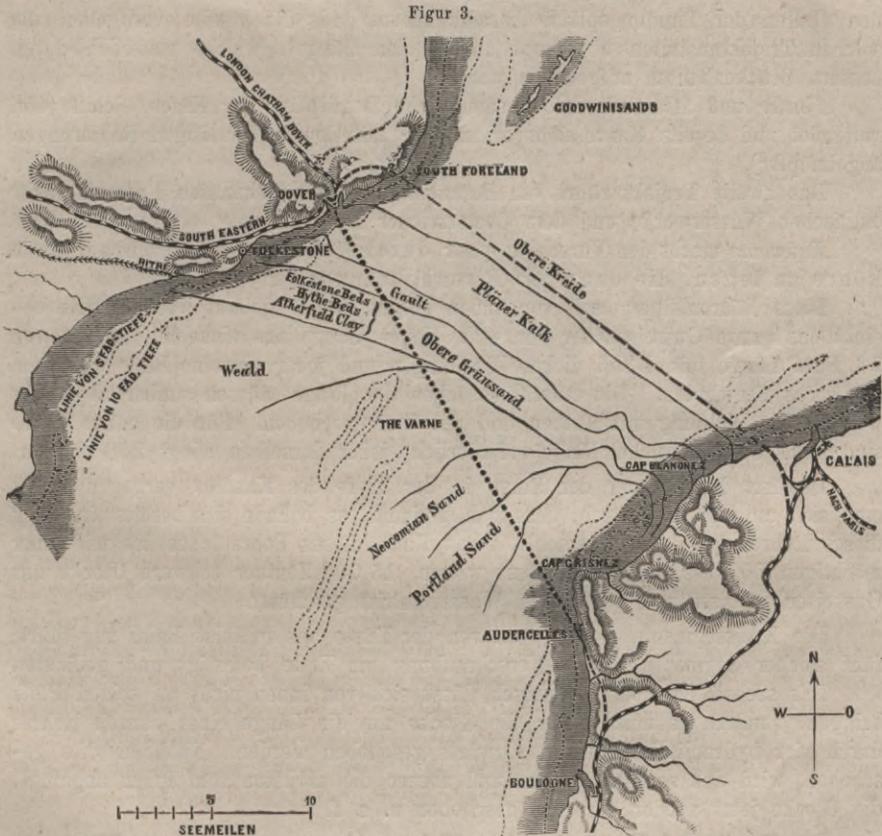
An beiden Küsten sind vor allen Dingen für das Ein- und Auslaufen der Schiffe sichere Häfen anzulegen, was keine kleine Aufgabe ist, da die Differenz zwischen Flut und Ebbe im Kanale nicht weniger als 16—18 Fuss beträgt.

Der Hafen von Dover hat zwar ausreichende Tiefe, aber gewährt nur ungenügenden Schutz gegen West- und Südwestwinde. Aus diesem Grunde empfiehlt sich die Anlage eines neuen Hafens mit Eisenbahnverbindung westlich vom jetzigen Molo.

Weit unvollkommener sind die Häfen an der französischen Küste. Nicht

allein, dass ihnen genügende Tiefe mangelt, dass sie gegen West- und Südwestwinde nur ungenügenden Schutz gewähren, werden sie von dem durch den kräftigen Ebbe- und Flutstrom bewegten Sande bespült, so dass sich meilenlange bewegliche Sandbänke vor denselben anlagern (z. B. vor Calais).

Nach *Fowler* etc. würde sich hier die Anlage eines neuen Hafens bei Audrecelles vis-à-vis von Dover, zwischen Calais und Boulogne, in der Nähe Kap Grisnez (vergleiche das Uebersichtskärtchen, Figur 3) empfehlen.



Das Kap Grisnez erhebt sich zirka 200 Fuss über die Meeresfläche, schützt nicht nur gegen die gefährlichen Stürme, sondern auch in Folge starker Längsströmung gegen Versandung. Der Leuchthurm von Grisnez ist zudem ein gutes Wahrzeichen, da er bei gutem Wetter auf der ganzen Fahrt von Dover und Audrecelles sichtbar.

Zur Ueberfahrt dienen Schiffe von 450 Fuss Länge und 57 Fuss Breite über Deck (80 Fuss inklusive dem Radkasten), mit Maschinen von 1500 Pferden, vorn und hinten mit Steuern versehen. Mit solchen Schiffen soll die Zeit der Ueberfahrt kaum eine Stunde betragen.

Die Landepunkte bilden je eine grosse Halle von 170 Fuss Spannweite. Die aus 10—12 Wagen bestehenden Eisenbahnzüge werden, um die Niveaudifferenzen von Ebbe und Flut auszugleichen, auf einer Plattform mit hydraulischen Pressen gehoben, respektive gesenkt und auf die Mitte des Fahrschiffes gestellt, um nach der Ueberfahrt in eben der Weise wieder auf das Geleis geschafft zu werden.

Die Kosten der Anlage werden auf zwei Millionen Pfund veranschlagt, die Bauzeit auf drei Jahre.

Die Zeit der Reise zwischen London und Paris, auf welcher die Züge also nicht zu wechseln wären, liesse sich auf acht Stunden abkürzen.

Ebensolcher Fähren (zirka zehn) bedient man sich zur Translocirung der Lastzüge.

Als Vortheil dieses Projektes sind namentlich dessen Realisirbarkeit in nicht ferner Zeit, bequemere und sichere Ueberfahrt und vortheilhaftere Landung unter den Hallen der Landungsplätze hervorzuheben. Als Nachtheile verbleiben die solchen Trajektanstalten überhaupt anhaftenden Mängel, welche neuerlich durch bessere Brückenbauten aufgehoben werden.

Fowler und *Abernethy* haben sämtliche Detailpläne für Häfen, Schiffe etc. vollendet und bereits Konzessionsverhandlung mit den beiderseitigen Regierungen angeknüpft¹⁾.

Das zweite Projekt rührt von *Batemann*, dem wohlbekannten Erbauer vieler englischer Wasserwerke und dem Oesterreicher *Revy* her.

Batemann macht den Vorschlag quer durch den Kanal eine gusseiserne Röhre zu legen, die dann als Eisenbahntunnel dienen soll.

Diese Röhrenleitung soll von innen heraus weiter gebaut werden. Es besteht das ganze Gusseisenrohr von $4\frac{1}{2}$ Meilen Länge aus einzelnen Ringen von 13 Fuss Länge mit 4 Zoll dicken Wandungen und jeder einzelne Ring wiederum aus sechs Segmenten. Die Anschlussflächen der Ringe müssen sauber abgedreht werden, die Dichtung mit Nuthen und mit Blei geschehen. Für die ganze Röhre sind zirka 60,000 solcher Ringe erforderlich; jeder derselben wiegt 200 Zentner.

Die Art der Legung der Ringe in der Tiefe des Kanales vergegenwärtigt man sich am besten dadurch, dass man annimmt, es befinde sich bereits ein Stück dieses Rohres an der Meeressohle. Das Ende dieses Rohrstückes ist mit einer mächtigen 70 Fuss langen, 18 Fuss weiten, 15,000 Zentner schwere Glocke aus Gusseisen umfasst und gegen den Wassereintritt geschützt.

Die Kreissegmente werden nun von der Küste aus mittelst Bahn zugeführt; fünf solcher Segmente mittels Verschraubung am Ende befestigt und gedichtet.

Das sechste Segment ist konisch, lässt sich von innen nicht an seinen Platz bringen, sondern es muss zuvor die Glocke um die Länge eines ganzen Rohres durch vier hydraulische Pressen vorwärts geschoben werden. Nachdem dies geschehen, wird das sechste Segment und ebenso die nächsten fünf innen angefügt, die Glocke jetzt wieder vorwärts geschoben u. s. f.

Die für die Arbeit erforderlichen Hilfsmaschinen werden von der Küste aus mit Wasserkraft getrieben. In welcher Weise sich die Projektanten die Bewegung bei der Ringlegung denken, wie sie die Hauptkreisbewegung und die radikale Bewegung ermöglichen wollen, übergehen wir hier.

Bei solchem regelmässigen Betriebe liessen sich täglich etwa 100 laufende Fuss legen und das Werk in zirka drei Jahren ausführen.

Ergeben sich schon Schwierigkeiten hinsichtlich der Wirkung der Arbeitsmaschinen, der Wasser- und Luftzuführungsröhren, so steigern sich dieselben noch dadurch, dass die Unterkante der Glocke tiefer als das Rohr reicht und bei Vorwärtsbewegung das letztere also künstlich von innen heraus zu unterstützen ist. Das letztere soll durch *Mitchel's* Verankerungsschrauben (*Mooring Screws*) erfolgen, die mittelst Stopfbüchsen durch die Rohrwand gehen und sukzessive je zwei und zwei in einem Winkel von etwa 30^0 in den Meeresgrund einzubohren sind.

¹⁾ Man ist Neuestens diesem Projekte näher getreten und es scheint die meisten Aussichten auf Verwirklichung zu haben.

Die im Innern des Rohres befindlichen Flantschen will man nach dessen Vollendung ausmauern und zementiren, dann mit Eisenblech überdecken.

Das Anlagekapital berechnet sich auf acht Millionen Pfund Sterling.

Was die Einrichtung des Betriebes anbelangt, so berechnete man, dass in 24 Stunden 200,000 Zentner zu befördern wären.

Für den Lokomotivbetrieb entsteht auf die Tunnellänge von $4\frac{1}{2}$ Meilen die grosse Schwierigkeit zureichender Ventilation; Maschinen von 2000 Pferdekräften wären nothwendig zur Aufsaugung und Einpressung der Luft an beiden Küsten, um den Aufenthalt im Rohre erträglich zu machen.

Es lag daher nahe, die pneumatische Triebkraft für die Züge zur Anwendung vorzuschlagen und sollen zu diesem Zwecke an den Fahrbetriebsmitteln Scheiben angebracht werden, die den ganzen Querschnitt des Tunnels bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll ausfüllen. Durch Komprimirung der Luft auf einem Ende auf $4\frac{1}{2}$ Zoll Quecksilber über Atmosphäre, am anderen durch Verdünnung $4\frac{1}{2}$ Zoll Quecksilber unter Atmosphäre ergab die Rechnung bei Anwendung von 2400 Pferdekraft noch mehr Nutzeffekt als zur Bewegung von Last- und Personenzügen mit üblicher Geschwindigkeit nothwendig.

Als Nachtheile dieses Projektes werden hervorgehoben, die Förderung des Tunnelbaues nur von einer Seite her, die Verschiebung der Glocke, auf welche das Wasser mit zirka 30,000 Zentner drückt, Abschluss von der Aussenwelt während der Arbeit, selbst von dem Fundamente des Bauwerkes, Abweichungen von dem Niveau des Rohres bei Senkungen und Steigungen sowie von der Linie, Beschädigungen, welche dem Rohre durch Bewegung des Meeres, durch die Schifffahrt etc. erwachsen, ungleiche Spannung des Rohres bei verschiedenen Meerestiefen etc.

Diese Einwände liessen denn auch die beteiligten Kreise sich zu diesem Projekte mehr kühl verhalten, und dasselbe mehr als eine interessante als realisirbare Studie bezeichnen.

Das dritte Projekt, von den Herren *Hawskshaw*, *Brunnlees* und *Low*, geht dahin: auf jeder Seite des Kanales einen tiefen Schacht zu versenken und von der Sohle dieser Schachte zunächst zwei Stollen unter dem Kanale durchzuschlagen, die später als Tunnel für die Eisenbahn zu dienen hätten.

Dies Projekt fand allseitig günstige Aufnahme, sodass 1867 englische und französische Geldkapazitäten dem Kaiser Frankreichs eine Adresse zu Gunsten einer unterseeischen Eisenbahn zwischen Dover und Calais unterbreiteten, welche von demselben günstig aufgenommen und dahin beantwortet wurde, dass die Petenten nach genauerem Studium der Sache positive Vorschläge zur Beschlussfassung vorzulegen hätten.

Die Folge davon war, dass ein grösseres internationales Komité die Sache in die Hand nahm, um alle Faktoren dieses Unternehmens genau untersuchen und erwägen zu lassen.

Zu diesem Zwecke studirte man zunächst das Terrain der Küsten und des Kanales, um zur Erkenntniss des Untergrundes und der Bodenbeschaffenheit zu gelangen.

Die mannichfachen Bohrungen und über 1000 Sondirungen ergaben zunächst die Bestätigung der früher betonten Thatsache, dass die Meerenge keineswegs durch plötzlichen Durchbruch des Meeres oder gewaltsame Zerklüftung der früher verbundenen Hügelreihe, sondern durch Auswaschung, hervorgebracht durch den kräftigen Flut- und Ebbestrom entstanden sei, welche Auswaschung bei einer grossen Flut begonnen habe.

Die beiderseitigen Schichten zeigen volle Uebereinstimmung hinsichtlich der

Schichtenlagerung, auf beiden Seiten streichen die Schichten stark gegen Nordost, wodurch die älteren Jurabildungen zu Tage treten.

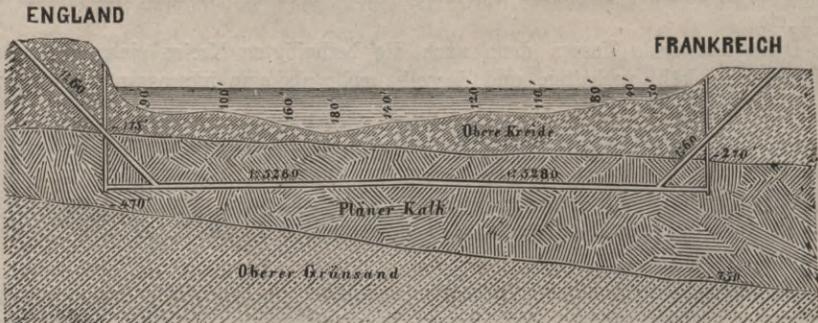
Figur 4 zeigt die Situation. Bei Dover findet man die weisse oder obere Kreide, dann Plänerkalk, dann die in England als Gault bezeichnete Zwischen-Ablagerung, dann die verschiedenen Schichten des oberen Grünsandes (*Falkestone Beds, Hythe Beds, Atherfield Clay*), dann die Wealdschichten, endlich weiter südwestlich den unteren Grünsand, die Juraformation.

Während also die Lagerung der Formationen längs der Meerenge sehr ungleich, ist sie nach der Quere des Kanales nahezu horizontal und auf fünf Meilen Distanz kaum ein Streichen von 100—200 Fuss bemerkbar.

Entsteht hierdurch für den Tunnelbau der Vortheil, dass man denselben in einer einzigen Formation ausführen kann, so kann man andererseits auch die für diesen Zweck vortheilhafteste, das heisst gegen den Wassereinbruch die grösste Sicherheit gewährende Linie aussuchen. Es ergab sich, dass die früher in Aussicht genommene Trace, von Falkestone ab, unausführbar sei, weil diese den 300 Fuss mächtigen Grünsand trifft, der aus einer Reihe von sandigen, mithin wasserdurchlassenden Schichten besteht.

Dagegen fand man als für den Tunnelbau geeignet den 300—400 Fuss mächtigen Plänerkalk, der sich vom Kap South Foreland bis zum Kap Blancnez hinzieht. Der Kalk tritt ununterbrochen und frei von Verwerfungen und Zerklüftungen mit eingelagerten Mergelschichten auf, welche ihm hohen Grad von Wasserdichtigkeit verleihen.!

Figur 4.



Figur 60 zeigt den idealen Querschnitt. Darnach liegen nach der englischen Küste

bis 175 Fuss unter Hochwasser obere Kreide,

darunter 295 Fuss mächtig,

also 470 Fuss unter Hochwasser Plänerkalk,

dann oberer Grünsand;

an der französischen Küste

bis 270 Fuss unter Hochwasser obere Kreide,

darunter 480 Fuss mächtig,

also 750 Fuss unter Hochwasser Plänerkalk,

darunter oberer Grünsand.

Baut man den Tunnel bis zirka 400 Fuss Tiefe unter Hochwasser, so bleibt die dickste Schichte über ihm bis zum Meeresgrunde stehen, ohne dass man andererseits auf wasserhaltige Gänge stösst. Zudem lässt sich der quarzfreie Plänerkalk leicht bearbeiten.

Da die Untersuchungen überall die gleichmässige Lagerung der Plänerkalkschichte ergaben, so musste die Möglichkeit einer unter dem Kanale etwa be-

stehenden Längsklüftung, die mit dem Durchbruch zwischen England und Frankreich in irgend einem Zusammenhange stehe und von lockeren, wasserführenden Geröllschichten ausgefüllt sei, welche Anfangs die grössten Bedenken verursachte, bezweifelt werden.

Nach diesen Erhebungen stellte man das Projekt eines unterseeischen Tunnels in seinen Grundzügen also fest.

Die Bahn schliesst sich englischerseits an die London-Chatam-Dover- und die South-Eastern-Dover Bahn an, fällt von 1:60, erreicht an der Küste den tiefsten Punkt, geht dann zur Mitte des Kanales der Entwässerung wegen 1:5280 steigend, nach der französischen Küste ebenso fallend, dann von 1:60 aufwärts und mündet in die französischen Bahnen Calais und Boulogne. (Siehe Figur 59 und 60.)

Die ganze Länge dieser Bahn beträgt 7 Meilen, wovon

$\frac{7}{10}$	Meilen	gewöhnliche Bahn,
$1\frac{6}{10}$	„	Tunnel unter Land,
$4\frac{7}{10}$	„	„ „ See.

Der Tunnel kommt zirka 230—320 Fuss unter der Sohle des Kanales zu liegen, soll zwei Geleise haben; seine Wände überall drei Fuss dick Mauerwerk, in der Mitte Entwässerungskanal für das durchschwitzende Wasser.

Die Arbeit soll mit Abteufung je eines Schachtes an den Küsten beginnen und von diesen zunächst zwei Stollen durchgetrieben werden, welche beide in das Profil des definitiven Kanales fallen.

Als Dampfkraft für Trockenhaltung, Ventilation etc. zirka 1000 Pferde.

Geht die Arbeit wie erwartet von Statten, so ist mit dem Stollenbau auch bereits ein grosser Theil des Tunnels fertig; zeigen sich unüberwindliche Schwierigkeiten, so sollen sie eingestellt werden und hat nur die Kosten der Stollen verlangt.

Die Kosten der Stollen werden auf zwei Millionen Pfund, die des ganzen Projekts auf zehn Millionen Pfund veranschlagt; die Arbeitsdauer auf neun bis zehn Jahre.

Die Vortheile dieses Projektes liegen auf der Hand, da man hier, abgesehen vom Wassereintritte, keine anderen Schwierigkeiten zu überwinden hat, als solche, welche man auch bei anderen bergmännischen und Wasserbauarbeiten schon vielfach überwunden hat. Der Betrieb und die Ventilation werden nach den beim Bau gewonnenen Erfahrungen mit den jetzt möglichen Hilfsmitteln sich sicher vollführen lassen.

Muss also betont werden, dass das Projekt mit den gegenwärtigen Hilfsmitteln der Technik wohl auszuführen ist, so kann man ebenso ohne Uebertreibung gestehen, dass ein solches Werk das kühnste und grossartigste wäre, was Menschenkraft überhaupt ausdenken und vollenden könnte.

Denen, welche von Vorurtheilen befangen sind, geben wir zu bedenken, dass, als *Clegg* eine erste Versuchsanstalt mit Gasometer für Gasbeleuchtung in der Nähe von London erbaute, die von der englischen Regierung zur Prüfung ernannte Kommission hervorragendster Gelehrten, aufs Bestimmteste erklärte, dass man die Anlage solcher Gasometer wegen der drohenden Explosion des Gases unter keiner Bedingung gestatten werde. Zum Beweise des Gegentheils nahm *Clegg* eine Spitzhaue zur Hand, um damit den Gasometer zu durchbohren und das Gas anzuzünden. Wie staunten die vor der Gefahr fliehenden Kommissionsmitglieder, als sie das Gas aus der Form mit ruhiger Flamme brennen sahen!

Der Vortrag erinnert an den Bau des $1\frac{1}{2}$ Meilen langen Mont-Cenis-Tunnels, ausgeführt mit ganz neuen Maschinen, mit denen man das härteste Gestein, den Quarz durchsetzte, an den Tunnel der Stadt Chicago, der der Stadt eine halbe Meile unter dem Chicagosee das Wasser zuführt, an die Grubenbauten Englands

bis unters Meer hinaus, an die 1824 von *Brunel* begonnene und wegen Wassereinbruchs wieder eingestellte Unterfahrung der Themse, welche 1831 mit verbesserten Hilfsmitteln wieder begonnen und 1843 vollendet wurde, an den im Jahre 1869 in wenigen Monaten und mit dem 40. Theile der Kosten des ersten vollendeten zweiten Themsetunnel, der seit 7. Januar 1870 die Bahnen des linken und rechten Themse-Ufers durch einen neuen Strang verbindet, welche Verbindung jetzt weiter, tief unter der London-Docks, Fortsetzung finden soll.

Der Vortragende weist ferner hin auf die Rentabilitätsfrage.

Noch Lord *Derby* erklärte Jahr für Jahr dem Parlamente, dass die Eisenbahnen durchaus gegenüber den früheren Postkutschen unrentabel seien. Sind auch die Baukosten sehr bedeutend, so muss man andererseits auch bedenken, in welch' riesigem Maasse heutzutage der Verkehr steigt. Seit *Louis Philipp's* Zeit ist der Waarenumsatz zwischen England und Frankreich von 200 Millionen auf 1800 Millionen Franks gestiegen!

Die Furcht der Reisenden durch einen so grossen Tunnel zu fahren, ist nur ein lächerlicher Einwand, gegenüber der Thatsache, dass bereits grosse Tunnels, thurmhohe Brücken und Viadukte, schroffe Bergabhänge mit grosser Gleichgiltigkeit von ihnen benutzt werden.

Der gegenwärtige Standpunkt des Unternehmens ist nun folgender:

Die Projektanten in Verbindung mit Kapazitäten Frankreichs als *Talabot*, *Michel Chevalier* und *de Gamond* haben ein internationales Konsortium von zirka 120 Personen gebildet, darunter 51 Parlamentsmitglieder.

Dieses Konsortium sandte die Details des ganzen Unternehmens im Juni 1868 von Neuem mit einer Adresse an den französischen Kaiser.

Das Konsortium beantragte die Bethheiligung der beiden Regierungen und zwar in Form einer fünfprozentigen Garantie des Kostenbetrages für die Probestollen auf 50 Jahre, wogegen die Gesellschaft unter Aufsicht den Bau führen und den Regierungen nach Vollendung der Versuchsstollen das Recht der Konzession für die definitive Bahn belassen will.

Die vom Kaiser ernannte, aus sechs Fachmännern bestehende Kommission, unter dem Vorsitze von *Combes* gab nach Prüfung des Projektes am 2. März 1869 einstimmig folgenden Bericht:

- 1) Es ist die Herstellung eines unterseeischen Tunnels in der Plänerkalkschichte zwischen Frankreich und England ein Unternehmen, welches angemessene Chancen des Erfolges für sich hat.

Allerdings kann die Kommission nicht verhehlen, dass bei der Ausführung Zufälligkeiten eintreten können, welche vielleicht das ganze Unternehmen unmöglich machen.

- 2) Diese Zufälligkeiten können eintreten: entweder indem die Plänerkalkschichte grosse Verwerfungen enthält, was jedoch bei dem Charakter dieser Formation sehr unwahrscheinlich ist, oder indem durch Spalten im Kalke eine solche Menge von Wasser einsickert, dass sich dasselbe nicht bewältigen lässt.

Abgesehen von diesen Chancen ist der Bau ein leichter und schneller, und nur von solchen Erschwernissen begleitet, welche mit Zeit und Geld leicht zu überwinden sind.

- 3) Die vorläufige Ausführung der vom französisch-englischen Comité beantragten kleinen Versuchsstollen erscheint als das geeignete Mittel, um die Möglichkeit des Unternehmens zu erproben und die Natur der zu bewältigenden Schwierigkeiten kennen zu lernen.
- 4) Für den Fall dass nicht die oben erwähnte Eventualität den Bau des Tunnels überhaupt unmöglich macht, dürfte der für die Versuchsstollen angesetzte Betrag von zwei Millionen Franks kaum überschritten werden.

Diese Beschlüsse hatten Stimmeneinhelligkeit; für die weiteren Punkte theilte sich die Stimmenzahl derart, dass die eine Hälfte gleich die Bedingungen angab, unter denen der französischen Regierung die Garantie dringend empfohlen wird, die andere Hälfte war der Meinung, dass, da ein solches Unternehmen keinen genügenden Ertrag für das Kapital liefere, so sei für jetzt die Zinsgarantie nicht zu empfehlen.

Der definitive Beschluss der kaiserlichen Regierung ist bis heute nicht erfolgt.

Englischerseits führte das Projekt zu einer Diskussion im Parlamente, bei welcher Handelsminister *Bright* die Nothwendigkeit einer Verbesserung der Kommunikation zwischen Frankreich und England betonte. Der von der Regierung veröffentlichte technische Bericht von Kapitän *Tyler* befürwortet die Zinsgarantie dringend.

Wahrscheinlich dürften bis zur Vollendung des Projektes noch 10—12 Jahre verstreichen, daher empfehle es sich zur Verbesserung des Verkehrs eine bessere Schifffahrtsverbindung, etwa nach dem Projekte von *Fowler* und *Abernethy* in Ausführung zu bringen.

Wie man sieht ist hierin ein Berührungspunkt gegeben, von welchem aus man wahrscheinlich alle drei Projekte in Verbindung bringen konnte und wird.

Der Tunnel dürfte also mit Wahrscheinlichkeit nach dem Projekte *Hawksham* und *Tolabot* zur Ausführung kommen, der Betrieb nach dem System von *Batemann* und *Revy* und bis dahin die Fähren nach *Fowler* und *Abernethy* anzuwenden sein zur Uebersetzung der Eisenbahnzüge.

Zufolge des oben angezogenen Zeitungsartikels ist das internationale Komitee auch während der Kriegszeit in der Tunnelfrage rührig vorgegangen. Die Durchbohrung der zwischen Dover und Calais liegenden Kreidelage dürfte nach ihm mit einer neuen, lange Zeit beobachteten Tunnelbohrmaschine schnell von Statten gehen, da dieselbe innerhalb 24 Stunden in den Kreideschichten von Rochester ein Loch von $2\frac{1}{8}$ Meter Durchmesser und 16 Meter Länge bohrte. Man glaubt mit Hilfe dieser Maschine die erste Durchbohrung in einem, statt, wie man anfänglich angenommen, in fünf Jahren, herzustellen und die Erweiterung dann in zwei bis drei Jahren zu vollenden.

Die Kostenanschläge, welche anfangs etwa 10 Millionen Pfund Sterling erreichten, haben sich durch die neue Bohrmaschine und das Gelingen des Mont-Cenis-Tunnels bedeutend verringert.

Nach Allem was vorliegt, lässt sich nicht daran zweifeln, dass man noch vor Ablauf eines Dezenniums zwischen England und dem Festlande reisen kann ohne Sturm oder die leidige Seekrankheit befürchten zu müssen.

IV. Der grosse Wassertunnel unter dem Michigansee,

welcher die Stadt Michigan mit frischem Wasser versorgt, hat eine Länge von vier englischen Meilen und wurde im Oktober 1863 von *James Gowan* und *James J. Dall* in Angriff genommen¹⁾.

Die kolossale Zunahme der Population Chicagos — 1833 kaum vorhanden, zählte die Stadt 1840 4470 Einwohner, 1853 schon 60,656, 1868 : 267,596 — die bedeutende Verunreinigung des Wassers am Ufer des Michigansee's durch die ausströmenden Kloaken und in Folge dessen seine Unbrauchbarkeit als Trinkwasser machten es nothwendig, die Stadt mit einer Wasserleitung zu versehen, die derselben das reine frische Wasser des mittleren Sees unter der Tiefe des Bodens zuführe.

Zur Bohrung eines Tunnels musste zuerst im See, etwa zwei Meilen vom Ufer, ein Schacht abgeteuft werden. Zu diesem Zweck wurde am Ufer ein grosser fünfseitiger Holzpfeiler konstruirt von 40 Fuss englisch (1 Fuss = 0,3047 Meter) Tiefe und 290 Fuss Umfang, in seinen Kanten mit 2 $\frac{1}{2}$ Zoll dickem Eisen beschlagen. Er war aus drei hintereinander stehenden aus 12 Zoll dickem Bauholz gezimmerten, gut kalkfaternten Wänden zusammengesetzt; die Zwischenräume der Wände betrug 15 Fuss und waren in 15 Abtheilungen getheilt, die man, um den Pfeiler zum Sinken zu bringen, mit Steinen füllte.

Der Pfeiler wurde 1865 an die 35 Fuss tiefe Stelle des Sees geschafft und in angegebener Weise versenkt und fest verankert, so dass er fünf Fuss über die Wasserfläche herausragte.

Derselbe enthielt 618,625 Kubikfuss Holz, 1300 Zentner Eisen, 400 Ballen Kalfaterwerg und kostete 100,000 Dollar.

Zur Abteufung des Schachtes wurden nun sieben Gusseisenzyylinder je 300 Zentner schwer, von je 9 Fuss Länge, 9 Fuss Durchmesser und 2 $\frac{1}{2}$ Zoll Wandstärke in den mittleren 25 Fuss weiten Raum des Pfeilers eingelassen und derart aufeinander befestigt, dass das ganze einen wasserdichten Röhrenschacht von 65 Fuss Höhe bildete, der auf dem Grunde des Sees ruhte. Hierauf pumpte man das Wasser aus, verschloss den Schacht luftdicht durch einen Deckel und pumpte nun die Luft aus, wodurch man bewirkte, dass er durch sein eigenes

¹⁾ Jahrbuch der Erfindungen 1871. 234.

Gewicht und den Druck der Luft sich fest in den Boden eintrieb, so dass man auf gewöhnliche Weise bis zur Tunneltiefe abteufen konnte. Hierauf wurde aus den Kammern des Holzpfählers das Steingeröll entfernt, durch zementirtes Mauerwerk ersetzt und über den ganzen Bau ein Leuchtturm aufgeführt.

Ein ähnlicher Schacht wurde nun am Ufer abgeteuft und der Streckenbetrieb durch Handarbeit unter Zuführung guter Luft von der Landseite und später auch von der Seeseite begonnen.

Der so hergestellte Tunnel ist kreisförmig, hat einen Querdurchmesser von 5 Fuss und ist durchgängig mit Ziegelsteinen und Zement ausgekleidet.

Das Wasser des Sees kann an drei verschiedenen Höhen unabhängig von einander in den Seeschacht eingelassen werden.

Bosporus-Tunnel. Neuerdings hat sich, wie wir lesen, eine englisch-türkische Gesellschaft gebildet, zu dem Zwecke den Bosporus zu tunnelisiren und so Konstantinopel mit der kleinasiatischen Küste zu verbinden.

Man will zu diesem Behufe ein Rohr von 3 Meter Durchmesser im Lichten, welches aus zwei konzentrischen, 20 Zentimeter von einander abstehenden Röhren von 6,5 Millimeter starkem Kesselblech besteht, in einer Tiefe von etwa 10 Meter unter dem Wasserspiegel anbringen und das Rohr durch den hydrostatischen Auftrieb des Wassers tragen lassen. Die Länge dieses Rohrs würde 365 Meter betragen, die Schifffahrt würde dadurch nicht inkommodirt werden. Auch ein

Tunnel unter der Meerenge von Messina

wurde von dem italienischen Ingenieur *Carlo Navona* projektirt. Er soll durch die unterhalb der Meerenge liegenden festen Felsmassen geschlagen werden, einen Durchmesser von 9 Meter und eine Länge von 8500 Meter erhalten und die italienischen und sizilianischen Bahnen verbinden. Die Kosten werden mit Einschluss der Verbindungsbahn nach Messina und Reggio auf 37,620,000 Lire = 10,032,000 Thaler berechnet.

Der Tunnel unter dem Detroit-River zwischen der Stadt Detroit im Staate Michigan und der Stadt Windsor im Staate Kanada verbindet die Eisenbahnlinien des Michigan-Zentral und des Great-Western in einer Länge von 2611,45 Meter¹⁾.

Der Detroitfluss, der den Huronen- mit dem Erie-See verbindet, hat steile Ufer und wird von einer grossen Zahl Segelschiffe befahren, weswegen der Bau einer Brücke eine beträchtliche Höhe erfordert hätte. Da der Eisenbahnverkehr in fortwährendem Wachsen, entschlossen sich die beiden Eisenbahngesellschaften zum Bau eines Tunnels unter dem Detroit-River, zu welchem *E. S. Chisbrough*, Ingenieur der Stadt Chicago, das Projekt ausarbeitete.

Die Untersuchungen ergaben, dass der Untergrund aus einem bläulichen trockenen Thone, hier und da unterbrochen von Alluvionen bestehe, sich also für eine Tunnelanlage wohl eigne. Der Tunnel soll, bis auf eine kurze Strecke Eingangs zu Detroit, zweigeleisig erbaut werden und in kreisrundem Querschnitt, derart, dass er sich in zirka 28 Meter Tiefe spaltet in zwei getrennte eingeleisige Tunnel, die nach der kanadischen Seite hinüberführen. Man entschloss sich, zwei getrennte eingeleisige Tunnel vorzuziehen, weil man dadurch die Grösse der Erdarbeiten um ein Bedeutendes verringert, ebenso die Gefahr der Störung des regelmässigen Verkehrs.

¹⁾ *Oppermann*, Nouvelles annales de la construction, August 1870. Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1871. 274.

Die Tunnels laufen also als zwei Zylinder in einer Entfernung von 15,240 Meter nebeneinander her; der innere Durchmesser jedes Hohlzylinders beträgt 4,723 Meter, die Verkleidung erfolgt mit Ziegeln in einer Dicke von 0,610 Meter; der Gewölbescheitel soll stets mehr als 6,095 Meter unter der Flusssohle liegen.

Zwischen beiden Tunneln soll ein kleiner Entwässerungstunnel von 1,523 Meter hergestellt werden.

Die Kosten der Erdarbeiten und des Mauerwerks sind folgende:

Erdarbeiten in den offenen Einschnitten	224,900 Dollar,
„ „ „ Tunneln	178,245 „
Mauerwerk	54,850 „

Die Gesamtausgaben sind auf 2,650,000 Dollar veranschlagt.

V. Ueber Gesteinsbohrmaschinen.

Als Einleitung dieses Abschnittes lassen wir das Wichtigste einer Arbeit *Hasslacher's* über Gesteinsbohrmaschinen und die Anwendung komprimirter Luft beim Grubenbetriebe, im *Berggeist*¹⁾ veröffentlicht, folgen. Dieselbe macht Eingangs darauf aufmerksam, dass der Mangel an Arbeitskräften die Grubenbesitzer und Tunnelbau-Unternehmer immer mehr zur Benutzung der Maschinenkraft für die Gesteinsbohrarbeit hindränge, und die Fortschritte, welche man in dieser Methode machte, auf eine baldige Verallgemeinerung derselben schliessen lassen. Daher rechtfertigt sich eine übersichtliche Darstellung des gegenwärtigen Standes dieser Frage, der wir hier folgen, da sich ein Auszug ohne Beeinträchtigung des Verständnisses nicht wohl geben lässt.

Die neuesten bis jetzt bekannten Gesteinsbohrmaschinen sind Stossmaschinen und beruhen auf Verwendung komprimirter Luft als Motor. Dieses System hat viele Vorzüge und gehört ihm wahrscheinlich die Zukunft, da die komprimirte Luft nebenbei zum Betriebe unterirdischer Göpel, Haspel, Pumpwerke etc. dienen kann und gleichzeitig die gebrauchte Luft zur Ventilation bietet. Geht auch durch die Komprimirung immer ein Theil des ursprünglichen Nutzeffekts des Motors verloren, so ist ihre Anwendung doch geboten, weil beim Berg- und Tunnelbau hydraulischer Druck nur selten vorhanden, Dampf aber in unterirdischen Räumen wegen seiner Wärmeausstrahlung, Kondensation und erstickenden Eigenschaft nicht verwendbar.

In der That hat man beim Durchstich des Mont-Cenis-Tunnels denn auch die erste grossartige Anwendung von Gesteinsbohrmaschinen gemacht, bei denen man die in der Nähe befindlichen Wassergefälle zur Kompression der Luft benutzte, welche dann die Bohrmaschinen trieb. Die Luft wurde hier auf fünf Atmosphären Ueberdruck mittelst horizontaler Pumpen komprimirt, deren Kolben auf beiden Seiten mit einer Wassersäule bedeckt waren, welche der alternativen Bewegung des Kolbens folgten und sich bei ihrer Oszillation den Ein- und Ausströmungsklappen vollständig näherten. Indem sich das Wasser in der Pumpe allmählig erneuerte, vermied man auf diese Weise die starke Erhitzung der Pumpentheile, wie sie bei Kompression der Luft auf hohem Druck vorkommt und reduzirte gleichzeitig den schädlichen Raum in den Pumpen zwischen Kolben und Klappen auf ein Minimum.

¹⁾ Der *Berggeist* 1871. 31. Polytechnisches Zentralblatt 1871. 609. Der *Maschinenbauer* 1871. 14. 214.

Das System dieser Pumpen hat sich bewährt und fand vielfach in Deutschland Nachahmung in verschiedenen Konstruktionen, so von der Maschinenfabrik *Sievers & Comp.* (Kalk bei Deutz), welche derartige Pumpen als „nasse Luftpumpen“ im Gegensatz zu den „trockenen“, die ähnlich den Gebläsemaschinen ohne Wasser als Zwischenmittel auf dem Kolben arbeiten, fertigen. Eine der rationellsten Luftpumpen letzter Art hat Herr Zivilingenieur *Kley* in Bonn für die Grube Altenberg bei Aachen konstruirt. (Dieselbe ist in der Broschüre über Gesteinsbohrmaschinen vom Maschinen-Inspektor *Carl Sachs* 1865 bei *Benrath & Vogelgesang* in Aachen näher beschrieben.) Trotzdem der schädliche Raum bei dieser Pumpe auf drei Prozent des vom Kolben durchlaufenen Raumes reduziert ist, bewirkt derselbe bei fünf Atmosphären Ueberdruck schon eine Verminderung des gelieferten Windvolumens von 15 Prozent. Allerdings arbeiten die meisten Gesteinsbohrmaschinen, wie sie bis jetzt im Bergbau in Anwendung gekommen sind, nur mit $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Atmosphären Luftdruck, wofür also der Einfluss des schädlichen Raumes bei trockenen Pumpen auf 4,5 bis 7,5 Prozent vermindert werden könne, während er bei nassen Pumpen unter denselben Verhältnissen höchstens 3 Prozent beträgt. Hierzu kommt noch der Windverlust durch den Kolben, der bei trockenen Pumpen etwa 7 Prozent mehr betragen mag, als bei nassen, so dass im ganzen bei ersteren 8,5 bis 11,5 Prozent durchschnittlich 10 Prozent mehr an Volumen verloren gehen, als bei letzteren.

Dagegen ist es möglich, die trockenen Pumpen noch ohne erheblichen Uebelstand mit 5 Fuss Kolbengeschwindigkeit in der Sekunde arbeiten zu lassen, während die nassen Pumpen, ohne zu heftiges Schlagen und Ueberstürzen des darin enthaltenen Wassers, nicht gut über $2\frac{1}{2}$ Fuss Kolbengeschwindigkeit haben dürfen. Die Altenberger trockene Pumpe ging gewöhnlich recht befriedigend mit 4 Fuss Geschwindigkeit. Um gleiche Luftvolumen zu liefern, können sich nach dem Gesagten die Durchmesser einer nassen und einer trockenen Pumpe verhalten wie

$$1 : \sqrt{\frac{1,1}{2}} \text{ oder wie } 1 : 0,74,$$

hierbei ist für die trockene Pumpe indessen eine so rationelle Konstruktion vorausgesetzt wie die Altenberger, während z. B. in Louisenthal (bei Saarbrücken) an einer anderen trockenen Pumpe gemachte Indikatorversuche erwiesen haben, dass dafür das effektiv gelieferte Luftvolumen nur 66 Prozent des vom Kolben durchlaufenen Raumes betrug. Man ist also des gelieferten Windquantums bei trockenen Pumpen nicht immer so sicher, wie bei nassen Pumpen und wenn man bei beiden Systemen auf höheren Druck von vier bis fünf Atmosphären Rücksicht nimmt, um eventuell auch Fördermaschinen, Haspel etc. ökonomisch damit treiben zu können, so erscheinen die nassen Pumpen als diejenigen, welche im Allgemeinen den Vorzug verdienen. Für höheren Druck müssen die trockenen Pumpen äusserlich mit Wasserkühlung versehen werden, um sich nicht zu sehr zu erhitzen, was sie nicht billiger und einfacher erscheinen lässt, als die nassen. Im Allgemeinen ist der Frage, ob trockene oder nasse Luftpumpen, keine zu grosse Bedeutung beizumessen, da bei rationeller Konstruktion beide Systeme in Bezug auf Preis und Wirkung für die gebräuchlichen Pressungen bis zu fünf Atmosphären mit Zweckmässigkeit anzuwenden sind.

Ein anderer Gesichtspunkt tritt hinzu, wenn man komprimirte Luft von über fünf Atmosphären verlangt. In England ist man bis zu acht Atmosphären gegangen, um unterirdische Fördermaschinen etc. zu treiben, aber die häufigen Störungen, welche bei so hohem Drucke durch die Eisbildung in den Ausströmungsöffnungen der Maschine entstanden sind, haben veranlasst, dass man von diesen hohen Pressungen zurückgekommen ist und sich mit drei bis vier Atmosphären begnügt. Kann man durch trockene Pumpen jene störende Eisbildung

vermeiden, so bleibt es fraglich, ob dieselben, trotz ihres grösseren Verlustes, durch den schädlichen Raum, der übrigens auf die Betriebskraft selbst gar keinen Einfluss ausübt, dennoch den nassen nicht vorzuziehen wären, um dadurch bei den vortheilhafteren Pressungen von sechs bis acht Atmosphären verbleiben zu können. Es ist aber wahrscheinlich, dass man sich in Deutschland mit Pressungen bis drei und vier oder fünf Atmosphären begnügen wird, und bis zu diesen Pressungen ist weder am Mont-Cenis noch sonst irgendwo bei gut konstruirten nassen Pumpen die Erscheinung der Eisbildung beobachtet worden. Die Ventilation der Grube dagegen hat sich frischer und angenehmer erwiesen als bei trockenen Pumpen.

Berücksichtigt man alles Gesagte zusammen, so wird man sich in der Regel besser dabei stehen, nasse Pumpen statt trockene anzuwenden. In Bezug auf den Kostenpunkt hängt derselbe viel von der mehr oder minder vollkommenen Konstruktion ab, die sehr verschiedenartig sein kann, und in jedem einzelnen Falle den Umständen gemäss gewählt werden muss.

Die erste Gesteinsbohrmaschine mit komprimirter Luft getrieben, die grössere Anwendung gefunden hat, ist die *Sommeller'sche*, mit der bekanntlich der 12,210 Meter lange Mont-Cenis-Tunnel durchbohrt wurde.

Ogleich sich diese Maschine bei dieser Gelegenheit gut bewährt hat, so ist sie doch ihrer grossen Dimensionen wegen, für den Bergbau im Allgemeinen wenig geeignet und mit Ausnahme von Grube Marihaye bei Lüttich bis jetzt nicht weiter in Anwendung gekommen.

In Deutschland hat *Schwarzkopf* vor etwa 15 Jahren eine Gesteinsbohrmaschine zur Sprengung der Felsen im Rhein bei Bingen zur Anwendung gebracht. Die Maschine wurde mit Dampf betrieben, konnte aber ebensogut mit komprimirter Luft arbeiten. Ihre Konstruktion jedoch war nicht dauerhaft und zweckentsprechend genug, um sich weiteren Eingang zu verschaffen.

Bald nach Beginn der Bohrarbeit am Mont-Cenis befasste sich *Schumann* in Freiberg damit, eine praktische Bohrmaschine für den Bergbau zu erfinden, indem er ebenfalls komprimirte Luft dazu benutzte; bei seiner ersten Maschine musste die Steuerung noch mittelst eines Schwungrädchens und einer Kurbel von der Hand des Arbeiters bewegt werden. Später, nachdem er einen Besuch am Mont-Cenis gemacht hatte, gelang es *Schumann*, seine Maschine, ähnlich wie die *Sommeller'sche*, selbstthätig zu konstruiren. *Schumann* hatte seiner Stellung wegen, (er war Modellschreiner der Bergakademie) mit mancherlei Schwierigkeiten zu kämpfen, doch brachte er seine Maschine im Rothschönberger Stollen bei Freiberg zur Anwendung und erzielte damit versprechende Resultate. Ueber der weiteren Verbesserung seiner Erfindung, die er mit vielem Eifer, soweit es ihm die Verhältnisse gestatteten, fortsetzte, starb *Schumann* (1864).

Ogleich sein System noch mangelhaft war, und sich nicht weiter verbreitet hat, so gebührt dem schlichten, aber tüchtigen Manne, das Verdienst, der Einführung der Gesteinsbohrmaschinen im Grubenbetrieb zuerst wirksam Bahn gebrochen zu haben.

Im Jahre 1863 entschloss sich die Gesellschaft Vieille Montagne, auf Vorschlag ihres Grubendirektors, Herrn *O. Bilharz*, die *Schumann'sche* Gesteinsbohrmaschine auf der Grube Altenberg bei Aachen zu versuchen. Bei dieser Gelegenheit ging aus der *Schumann'schen* Maschine, die Mängel derselben vermeidend, die *Sachs'sche* Konstruktion hervor, wie sie in der oben angeführten Broschüre näher beschrieben ist. Während mit derselben am Altenberg gute Erfolge erzielt wurden, benutzte gleichzeitig ein englischer Unternehmer, Namens *Doering*, die *Sachs'sche* Maschine, beim Streckenbetrieb auf Grube Altendorf bei Steele, indem er sich besonders bemühte, ein besseres Befestigungsgestelle zu konstruiren, als dasjenige war, welches, dem Mont-Cenis nachgeahmt, am Altenberg in Gebrauch war. Später gab Herr *Doering* sein Unternehmen zu Altendorf auf und ging

nach England, wo er sich ausschliesslich der Gesteinsbohrmaschinenarbeit widmete. Im Jahre 1867 stellte *Doering* in Paris ein Befestigungsgestell seiner Erfindung mit einer *Sachs'schen* Bohrmaschine und einer dreistiefeligen trockenen Luftpumpe betriebsfähig auf. Später fügte er noch eine Bohrmaschine seiner eigenen Konstruktion hinzu, mit welcher er seitdem hauptsächlich in England (Cornwall) gearbeitet hat. Doch ist über die damit erzielten Resultate nichts Vollständiges in die Oeffentlichkeit gedrungen.

Ausser der *Sachs'schen* und *Doering'schen* Maschine waren nur noch zwei Stossmaschinen auf der Pariser Ausstellung vorhanden, nämlich die *Bergström'sche* (Schweden) und die *Haupt'sche* (Amerika). Die letztere wurde mit Dampf betrieben, wog 150 Kilogramm und war hinsichtlich Konstruktion und Aufstellung nichts weniger als zweckmässig. Die *Bergström'sche* Maschine dagegen war einfach und sinnreich und arbeitete bei den Versuchen in der Ausstellung ziemlich gut. Indessen ist sie in Deutschland seitdem nicht weiter bekannt geworden.

Ausser den genannten Gesteinsbohrmaschinen war in Paris noch das *Lescho't'sche* System von Bohrmaschinen ausgestellt, das auf Druck und Rotation, statt auf Stoss, beruht. Der Bohrer besteht aus einer hohlen Röhre, die an ihrem vorderen Ende mit schwarzen Diamanten besetzt ist. Diese schneiden in das Gestein, während die Röhre unter bestimmtem Drucke rotirt, eine kreisförmige Furche ein und lassen in der Mitte einen Kern stehen, der nachträglich abgebrochen wird. *De la Roche-Tolay* hat dieses System in höchst sinnreicher Weise mit hydraulischem Drucke konstruirt und auf der Ausstellung die allgemeine Aufmerksamkeit damit erregt. In Deutschland ist dasselbe bis jetzt noch nicht eingeführt, verdient aber, seiner Vorzüge vor den Stossmaschinen halber, alle Beachtung; ob es so allgemein und leicht anwendbar ist, wie die Luftbohrmaschinen, ist übrigens zweifelhaft.

Am meisten Eingang in Deutschland und Oesterreich hat sich bis jetzt die *Sachs'sche* Maschine verschafft. Auch die *Doering'sche* Maschine ist an einzelnen Orten versucht worden. Beide Systeme werden in der Maschinenfabrik von *Sievers & Comp.* in Kalk bei Deutz mit vieler Sachkenntniss und Sorgfalt gebaut. Dieselbe liefert auch verschiedene Arten von Befestigungsgestellen, unter anderen das *Doering'sche*, sowie alle in Spezialität schlagende Zubehöre. Die *Doering'sche* Maschine wiegt mit Support 130 Pfund und kostet 450 Thaler. Die *Sachs'sche* Maschine mit Support wiegt 85 Pfund und kostet 225 Thaler.

Sievers & Comp. haben noch ein kleineres und vereinfachtes Modell der *Sachs'schen* Maschine in neuester Zeit angefertigt, das mit Support nur 60 Pfund wiegt und 180 Thaler kostet.

Die *Sachs'schen* Maschinen, mit grösstentheils nassen Luftpumpen sind bereits, an folgenden Orten in Anwendung: Altenberg bei Aachen, Sulzbach, Altenwald, Louisenthal bei Saarbrücken, Ferdinandgrube bei Kattowitz, Leoben (Steyermark), Scharley, Mathilde, Paulus (Oberschlesien), Klausthal (Harz), Mechernicher Bleiberg.

In Montirung sind gegenwärtig begriffen die Bohranlagen auf Schacht Christian Levin bei Borbeck, Erie bei Castrop, Neu-Iserlohn bei Dortmund. Ferner sind noch in Kalk bestellt, Bohranlagen und Luftpumpen für Tremonia bei Dortmund, Vollmond bei Langendreer, Flora bei Bochum, Stahlberg bei Müsen, Otto Meurer bei Wilsen, Rossitz bei Brünn, Grube Columbus (Vieille Montagne) bei Bensberg.

Die *Doering'sche* Maschine ist hauptsächlich bei dem Tunnelbau bei Brilon zur Anwendung gekommen; mit welchem Erfolg, ist nicht bekannt. In letzterer Zeit hat *Osterkamp* in Eschweiler eine Bohrmaschine konstruirt, die auf einer Modifikation der *Doering'schen* Maschine beruht und auf einigen Gruben der dortigen Umgegend, auf Zeche, Ruhr und Rhein bei Ruhrort und am Mechernicher

Bleiberg, versucht worden ist. Die *Osterkamp'sche* sowohl, als die *Doering'sche* Maschine unterscheidet sich dadurch hauptsächlich von der *Sachs'schen*, dass bei ersteren die Steuerung und Umsetzung des Bohrers durch besondere Hilfskolben statt durch Hebelübersetzung vom Hauptkolben aus bewerkstelligt werden. Es hat sich aber gezeigt, dass durch die seitliche Reibung, welche der Bohrer im Bohrloch erleidet, die Steuerung in ersterer Weise nicht so sicher und regelmässig erzielt wird als durch den Hebelmechanismus bei der *Sachs'schen* Maschine. Bei der *Osterkamp'schen* Maschine tritt namentlich die Erscheinung auf, dass beim Beginn des Bohrloches der Bohrer in einigen Schlägen um seine Achse geschleudert wird, während die Maschine zu stocken beginnt oder nur noch matt und langsam schlägt, wenn das Bohrloch drei bis vier Zoll tief geworden ist.

Der Arbeiter muss daher häufig der Steuerung zu Hilfe kommen, und da er ausserdem bei demselben System darauf angewiesen ist, die Maschine festzuhalten und vorwärts zu schieben, wenn der Bohrer ins Gestein eindringt, so sind an ihn Forderungen gestellt, die er nur mit grösster Mühe und Aufmerksamkeit gleichzeitig erfüllen kann.

Die *Sachs'schen* Maschinen dagegen besitzen den Vortheil, einen höchst einfachen Mechanismus zu haben, der sie genau in demselben Verhältniss selbstthätig vorwärts schiebt, als der Bohrer ins Gestein eindringt. Der Gang der Maschine regelt sich also ganz von selbst, je nach der grösseren oder geringeren Härte des Gesteins, und dem Arbeiter ist nichts weiter überlassen, als die Maschine in der gewünschten Stellung zu befestigen, sie bei der Arbeit zu beobachten und von Zeit zu Zeit einen längeren Bohrer einzusetzen.

Am Bleiberg bei Mechernich sind die *Osterkamp'schen* Maschinen, nach den angestrengtesten Bemühungen von Seiten der dortigen Betriebstechniker, als nicht brauchbar zurückgestellt und durch *Sachs'sche* Maschinen ersetzt worden. Mit letzteren bohrt man sehr flott bei 300 bis 350 Schlägen in der Minute drei bis vier Zoll im rheinischen Schiefer ab und fährt damit doppelt so schnell auf, als mit Handarbeit. Dabei ist das Gedinge der Bergleute von 25 Thaler auf 20 Thaler per Lachter herabgesetzt worden. Die Maschinen arbeiten häufig 14 Tage ununterbrochen, ohne der Reparatur zu bedürfen, was allen billigen Erwartungen entspricht und ein Beweis ihrer dauerhaften Konstruktion ist.

Während die *Doering'sche* Maschine unter sonst gleichen Verhältnissen bei 35 Pfund Luftdruck durchschnittlich 270 Schläge macht, arbeitet die *Osterkamp'sche* Maschine bei 28 Pfund Luftdruck mit 210 Schlägen und die *Sachs'sche* bei 21 Pfund Luftdruck mit 410 Schlägen. Der Luftverbrauch ist bei den verschiedenen Maschinen in demselben Verhältniss verschieden und dies hat sich auch am Mechnicher Bleiberg bestätigt. Auf Zeche, Ruhr und Rhein wird bis jetzt nur mit einer *Osterkamp'schen* Maschine versuchsweise beim Schachtabteufen gearbeitet. Auch hier machen sich bei dem System dieselben Mängel geltend wie in Mechernich. Man beabsichtigt daher, nächstens ebenfalls *Sachs'sche* Maschinen zum Vergleich zu versuchen.

Herr Maschinenmeister *Steinfurth* in Mechernich hat ein eigenes sehr zweckmässiges Befestigungsgestell konstruirt, das viel zu dem guten Erfolg der dortigen Bohrarbeit beiträgt. Dasselbe ist noch einfacher und weniger Raum einnehmend, als das *Doering'sche* Gestell, dabei von vollkommener Universalität und Stabilität, so dass man ebenso bequem vor Ort, als in Firste und Sohle oder den Seitenstössen, wenn es nöthig sein sollte, die Löcher ansetzen kann.

Bei Anwendung solcher fixen Gestelle kommt es gar nicht darauf an, ob die Bohrmaschinen etwas leichter oder schwerer sind, da der Arbeiter sie nicht selbst zu halten braucht. Die schwereren Maschinen halten den Rückstoss leichter aus, als die leichteren. Wo aber der zu beschränkten Räumlichkeit wegen ein besonderes Befestigungsgestell nicht zulässig ist, da kann die *Sachs'sche* Maschine

namentlich das kleinste von *Sievers & Comp.* eingeführte Modell, ebenso bequem und jedenfalls mit besserem Erfolge benutzt werden, als die *Osterkamp's*chen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass beim Schachtabteufen die Bohrmaschine ohne Schwierigkeit vom Arbeiter selbst festgehalten werden kann, und dass also die Maschinenbohrarbeit sich für das Schachtabteufen ganz besonders empfiehlt. Immerhin werden auch hierbei die *Doering's*chen und *Sachs's*chen Maschinen dem Arbeiter mehr freie Hand lassen, als die *Osterkamp's*chen.

Auffallend ist der geringe Verbrauch an Bohrern beim Maschinenbohren im Verhältniss zur Handarbeit, offenbar eine Folge des mehr gleichmässigen Schlages und der regelmässigen Drehung des Bohrers.

Die Leitung der komprimirten Luft von der Kompressionspumpe bis vor Ort kann in gusseisernen oder schmiedeeisernen Röhren geschehen und unterliegt, wie sich gezeigt hat, keinerlei besonderer Schwierigkeit, bei vorsichtiger Dichtung der Verbindung und hinreichender Röhrenweite ist der Luft- und Druckverlust ohne Bedeutung und fast unmerklich.

So ist die Gesteinsbohrarbeit mittelst Maschinenkraft, nicht ohne Ueberwindung mannichfacher anfänglicher Schwierigkeiten, und Versuche, bereits auf einem Standpunkte angekommen, der sie zu allgemeiner Anwendung geeignet macht, und es wird voraussichtlich nicht mehr lange dauern, bis sie sich in die Praxis des Bergbaues vollständig eingebürgert hat.

Von älteren Gesteinsbohrmaschinen gewährt das meiste Interesse jedenfalls diejenige, welche zu so unerwartet schneller Vollendung des *Mont-Cenis-Tunnels* (vergleiche oben) in so hohem Maasse beitrug, nämlich die von *Sommeiller*; obwohl dieselbe, in ihren Details komplizirt, kostspieligen Reparaturen unterworfen und unvollkommen in ihrer Wirkung, thatsächlich von neueren Konstruktionen (z. B. *Mc Keans*) überholt ist. Wir geben daher die Beschreibung derselben, sowie der beim Bau des *Mont-Cenis-Tunnels* benutzten Luftkompressionsmaschinen und schliessen daran diejenige einiger neuerer Konstruktionen und zwar von *De la Roche-Tolay*, *Brunton*, *Beach* und von *Mc. Kean*.

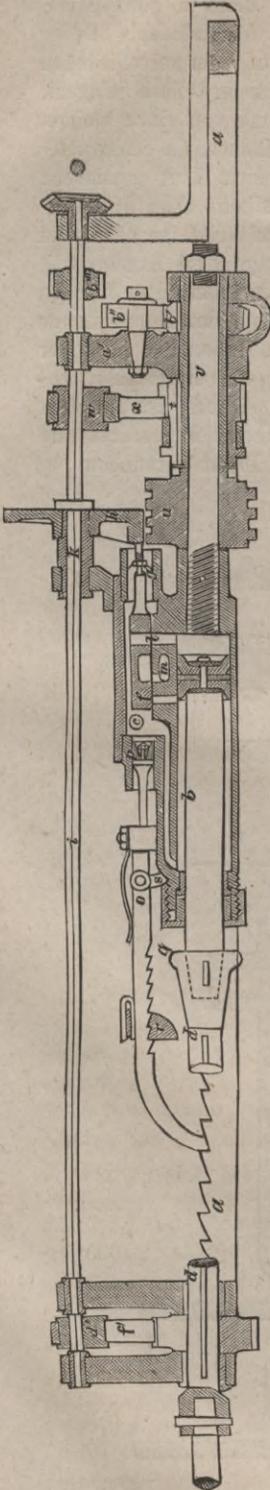
1. Gesteinsbohrmaschine von *Sommeiller* und Luftkompressionsmaschine.

Die neueste Anordnung der Gesteinsbohrmaschine von *Sommeiller* geben wir nach Zeichnungen des praktischen Maschinenkonstruktors¹⁾:

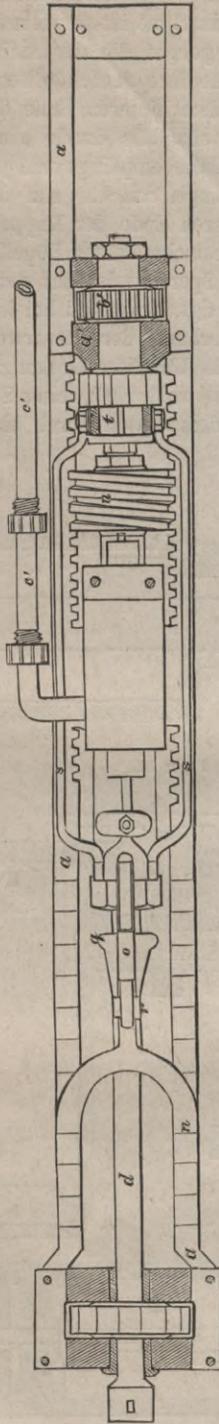
Die Maschine ruht in ihren Haupttheilen beweglich auf einem kräftigen, aus Schmiedeeisen konstruirten Gestell *a, a* und enthält zunächst den Bronzezylinder *b* von 75 Millimeter Durchmesser mit Lederkolben; in den mit ihm zusammengegossenen Schieberkasten tritt die Betriebsluft durch das Rohr *c*, welches, um den Bewegungen des Zylinders folgen zu können, in einem Teleskoprohre *c'c'* verschiebbar ist. Mit der starken Kolbenstange ist durch die Kuppelstange *d* die Stange des Bohrers verbunden, und erlangt letzterer eine vor- und rückgängige Bewegung, welche indessen kleiner ist, als der etwa 160 Millimeter betragende grösste Hub des Kolbens, da der Zylinder nicht immer dieselbe Stellung zu dem Ende des Bohrers einnimmt. Um dem Bohrer, die nach jedem Schlag erforderliche

¹⁾ Durch Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1871. 677. Polytechnisches Centralblatt 1872. 164. Maschinenbauer 1872. 8. Baugewerkszeitung 1872. 127. 137.

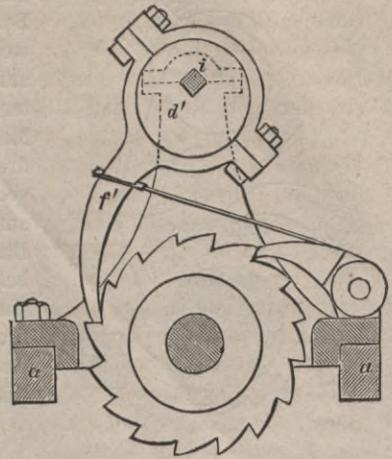
Figur 5.



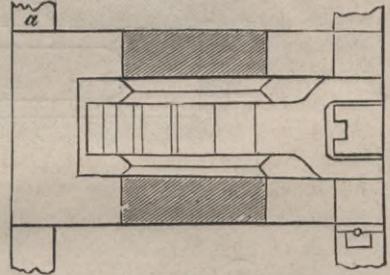
Figur 6.



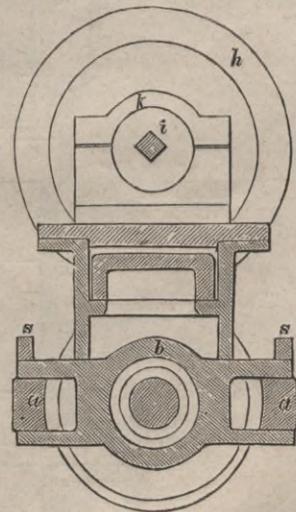
Figur 7.



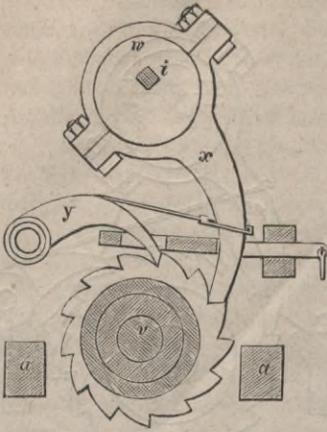
Figur 8.



Figur 9.

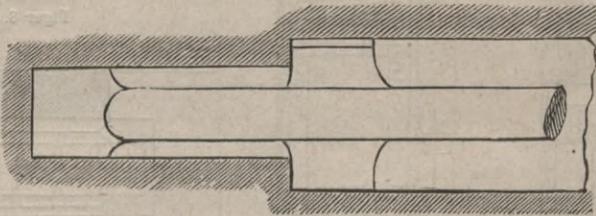


Figur 10.

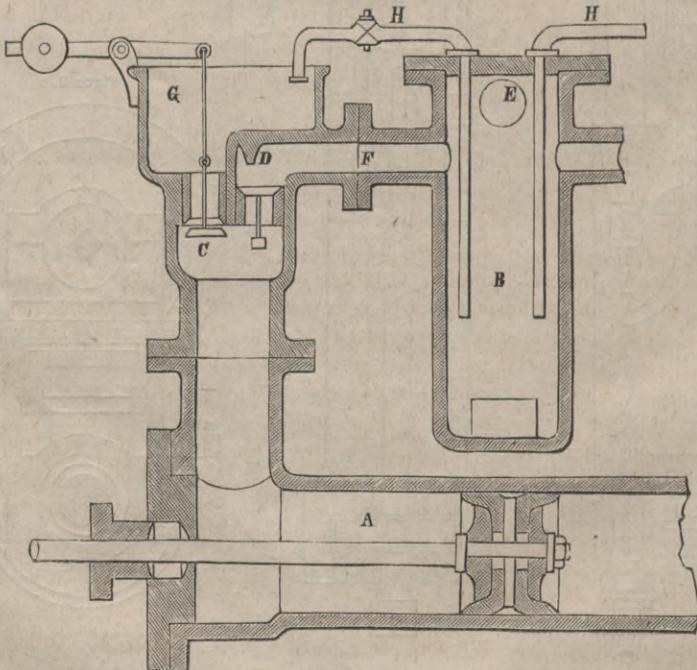


geringe Drehung zu ertheilen, dient in die Figur 6 und 7 besonders gezeichnete Vorrichtung. Ueber der Maschine ist zur Vermittelung der verschiedenen Bewegungen die vierkantige Steuerwelle *i* gelagert, welche ihre drehende Bewegung von einer kleinen auf dem hinteren Ende des Rahmens *a* aufgestellten, ebenfalls durch komprimirte Luft getriebene Maschine empfängt und pro Minute etwa 300 Umdrehungen macht. Auf dieser Welle ist über dem vorderen Ende der Kuppelstange *d* ein Exzentrik *d'* aufgesteckt, dessen Bügel einen Sperrhaken *f'* trägt. Das Sperrrad ist auf dem Kopf der Kuppelstange befestigt, und wird bei jedem Hube, also bei jeder Umdrehung der Steuerwelle, um einen Zahn gedreht. Um diese Drehung zu sichern, ist auf dem Gestell noch ein zweiter Sperrkegel angebracht und mit dem ersten durch einen Draht verbunden.

Figur 11.



Figur 12.



Die Steuerung der Maschine wird durch die gleichfalls auf der Steuerwelle sitzende Scheibe h bewirkt. Dieselbe ist auf der Messingbüchse k befestigt, welche ihrerseits in einem auf dem Schieberkastendeckel befindlichen Lager ihren Halt findet (Figur 8) und dadurch der Bewegung des Zylinders folgen muss.

Die Steuerscheibe hat ungleiche Dicke, so dass der Unterschied ihrer grössten und geringsten Stärke dem Schieberhub entspricht, und wirkt auf einen an dem Schieber angebrachten Stift, welcher durch den Lederkolben g in einem mit dem Schieberkasten zusammengegossenen kleinen Zylinder seine Führung findet. In der Figur 5 angegebenen Stellung tritt die Luft sowohl vor, wie hinter den Kolben, treibt denselben aber wegen der hinten bedeutenderen Druckfläche vorwärts, während die Luft vorn als eine Art Puffer wirkt, noch ehe der Kolben, den Hub vollendet hat, ist der dünnere Rand der Steuerscheibe vor den Stift gekommen, und die im Schieberkasten enthaltene gepresste Luft treibt den Kolben g und damit den Schieber nach rechts, so dass der Kanal l mit der Höhlung m des Schiebers und dadurch mit der äusseren Luft in Verbindung kommt. Die ausströmende Luft wird zur Ventilation vor Ort benutzt.

Es ist nun auch Vorsorge getroffen, dass der Zylinder dem in das Gestein vordringenden Bohrer folgen kann. Zu diesem Zwecke ist, wie Figur 65 zeigt, der Zylinder auf dem Rahmen a verschiebbar. Letzterer ist an seinem Vordertheil mit Sperrzähnen versehen, in welche der vorn gabelförmig getheilte Sperrhaken n fasst; dessen hinteres Ende o trägt einen Kolben p, der in den Schieberkasten hineinreicht, und durch den Luftdruck nach aussen gedrückt wird; dadurch wird der Sperrhaken fest in die Zähne des Rahmens gepresst. Sobald nach einigen Schlägen der Bohrer in das Gestein eingedrungen ist, erreicht bei seinem Vorwärtsgange der verstärkte Kopf der Kuppelstange d den auf dem Sperrhaken sichtbaren Knaggen r und hebt den Haken aus den Zähnen. Letzterer wird nun durch den auf den Kolben p wirkenden Druck geschoben und zieht die an ihm angebrachten Zugstangen s, s nach sich. Diese sind aber hinten mittelst Zapfen an der Muffe t befestigt, welche auf eine um die Welle v laufende Büchse gekeilt ist, und bei ihrem Vorwärtsgang mit einer Zahnkuppelung in die auf der gleichen Welle lose gehende Schnecke u eingreift. Letztere fasst mit ihrem Gewinde in die auf einer Strecke zahnkampfenförmig ausgeschnittenen Rahmenschienen und ist bei einer ihr ertheilten Drehung im Stande, den Zylinder auf dem Rahmen vorwärts zu schrauben. Eine solche Drehung erhält die Muffe von der Steuerwelle aus durch die in Figur 10 gezeichnete Vorrichtung.

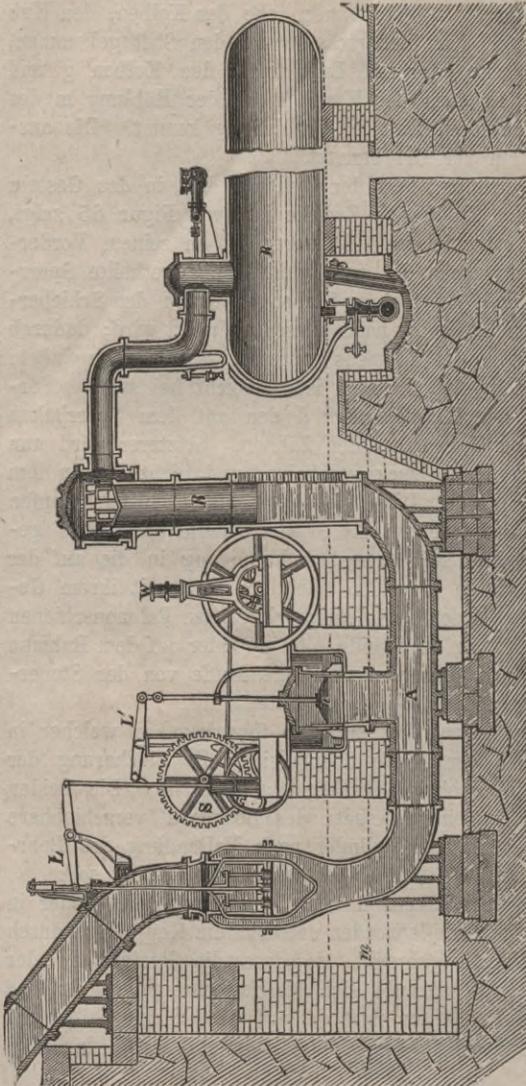
Auf der Steuerwelle sitzt das Exzentrik v mit dem Sperrkegel x, welcher in die Zähne an dem hinteren Theile der Muffe t eingreift. Zur Sicherung der Drehung ist auch hier wieder ein zweiter Sperrkegel angebracht. Die beiden Sperrkegel lassen sich durch die in einem Ansatz des Bockes a' verschiebbare Platte z ausser Eingriff bringen, wenn der Zylinder nach Vollendung des Bohrloches mittelst der Räder b' b'' und b''' schnell zurückgeführt werden soll.

Bei dem Vorwärtsgang des Sperrhakens n ist dieser durch eine Feder in den nächsten Zahn des Rahmens festgestellt worden und hat die Kuppelung durch Muffe t und Schnecke u zum Eingriff gebracht, so dass die letztere an der Drehung der Muffe theilnimmt, dabei schraubt sich die fortschreitende Schnecke aber aus dem Eingriff mit der Muffe heraus und gelangt wieder zum Stillstand, bis die Kuppelstange d wieder an den Knaggen r stösst und ein neues Einrücken der Muffe und Schnecke bewirkt.

In Figur 12 ist noch die Anordnung dargestellt, um an den Kompressionspumpen für die Luft zum Betriebe der Maschinen die schädlichen Räume zwischen den Kolben und den Ventilen auf das geringste Maass zu reduzieren. Dies geschieht durch Füllung des Kompressionszylinders und der Ventilkasten mit Wasser, welches zugleich die bei der Kompression der Luft entstehende Wärme aufnimmt

und bei der Stellung des Kolbens an einem Ende des Hubes bis an das betreffende Sauge- und Druckventil C und D reicht. Auch über den Ventilen steht zur Dichtung derselben Wasser, ebenso in dem Luftsammelraum B. Bei jeder Öffnung des Druckventils wird ein Theil Wasser in das Rohr F gerissen und gelangt in den Sammelraum, aus welchem es dann durch das Uebersteigrohr H mit Hahn wieder in den Kasten G und durch das Saugeventil in den Ventilkasten gelangt. Durch die Stellung des Hahnes kann ein genauer Ausgleich zwischen der Menge des mitgerissenen und zurücktretenden Wassers hergestellt werden.

Figur 13.



Der Luftkompressionsapparat zum Betriebe dieser Maschine am Mont-Cenis-Tunnel wird von *Francis Kosuth* beschrieben und ist in Figur 13—15 dargestellt. In Figur 13 ist das Reservoir, von welchem die Druckwassersäule A herabsinkt, aus Mangel an Raum weggelassen, in Figur 14 dagegen bei E angedeutet, während f die senkrechte Gefällhöhe bedeutet, welche in Wirklichkeit durch das schräg ansteigende Einfallrohr erreicht wird.

In dem Diagramm Figur 15 bedeutet A die Druckwassersäule, B die Kompressionskammer, CCC die Röhren zur Ueberführung der komprimierten Luft in den Windregulator D, EE die Zulassventile, FF die Auslassventile für das Wasser, G das Druckventil für die Luft, HH die Einlassventile (Saugventile) für die Luft, hh die Beschleunigungsventile, L den Bewegungshebel für das Zulassventil, L' den Bewegungshebel für das Ablassventil, MM den Rezipienten für das ausfließende Wasser und N den Abflusskanal hierfür.

Das Zulassventil E bewegt sich vertikal. An der Stelle, wo es angebracht ist, hat die Druckwassersäule einen ringförmigen Querschnitt von gleicher Fläche wie der Querschnitt der Säule A, welcher erst

unterhalb des Ventiles E wieder in den einfachen Kreis übergeht. In der Figur ist das Ventil E als offen angenommen, und die Druckwassersäule wirkt also ununterbrochen auf die in dem Raume B enthaltene Luft, während eine Hebung des Ventiles E das Druckwasser abschliesst und der Kompressionswirkung Einhalt

thut. Das Ventil F, ebenfalls von zylindrischer Gestalt und vertikal beweglich, öffnet bei seiner Hebung die seitlichen Ausflussöffnungen des Behälters M und schliesst sie beim Niedergehen. Hebt man das Ventil F, so wird der Theil der Druckwassersäule, welche sich unterhalb E befindet, sammt der Kammer B in Verbindung mit der Atmosphäre gesetzt, und das Wasser in B und in M wird natürlicher Weise das Niveau PP einnehmen, welches durch den Wasserspiegel im Kanale N und im Rezipienten M bestimmt ist. Die ganze Kompressionskammer B bis zum Niveau PP wird alsdann mit atmosphärischer Luft gefüllt sein, und die unter dem Ventile E enthaltene Wassersäule ist keinem Drucke unterworfen, ausgenommen der gewöhnlichen Pressung der Atmosphäre.

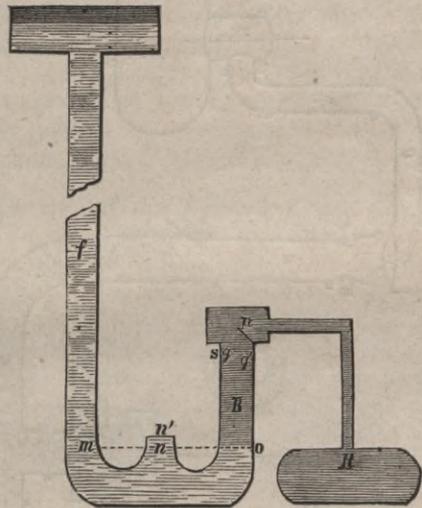
Während das Ventil F sein Spiel vollführt, bleibt E geschlossen, und umgekehrt, da im anderen Falle das Wasser mit grosser Gewalt aus den seitlichen Oeffnungen von M ausströmen würde.

Das Ventil G, welches am oberen Ende der Kompressionskammer B angebracht ist, erlaubt durch seine Hebung der komprimirten Luft den Uebertritt von B nach dem Windkessel D, während es beim Schliessen das Zurückfliessen der Luft aus D verhindert. Die Ventile HH, welche sich von aussen nach innen öffnen, lassen die atmosphärische Luft in die Kammer B eintreten, wenn das Wasser nach Vollendung einer Kompression, durch F entweicht.

Der Zweck der Ventile hh wird später klar werden; vorläufig mögen sie als geschlossen betrachtet werden. Die Wirkung des Kompressionsapparates ist nun leicht zu verstehen. Angenommen, die Ventile E und F seien beide geschlossen, der Wasserspiegel stehe in der Kammer B im Niveau PP, die Kammer B sei mit atmosphärischer Luft gefüllt, und die Ventile H seien geschlossen. Nun werde das Ventil E geöffnet. Sofort fängt die Druckwassersäule sich zu bewegen an, und komprimirt die Luft in der Kammer B, bis diese hinreichenden Druck erlangt hat, um das Ventil G zu heben, worauf sie in den Rezipienten D übertritt, während das Wasser steigt, bis es das Ventil G berührt, in welchem Augenblicke es seine ganze lebendige Kraft (und Geschwindigkeit) verloren hat. Es wird also das Ventil dann von unten nur den statischen Druck der Wassersäule auszuhalten haben, während es von oben dem Drucke der in den Rezipienten D eingetriebenen Luft ausgesetzt ist, der in diesem Falle doppelt so gross ist, wie der statische Druck der Wassersäule AA.

In diesem Momente ist die ganze Wassersäule bis zum Ventile G in Ruhe. Wird nun durch Heben des Ventiles E die oberhalb stehende Wassersäule abgeschnitten und das Ventil F geöffnet, so wird das in B enthaltene Wasser durch M in den Kanal N getrieben, die Ventile HH öffnen sich unter dem äusseren Luftdrucke, da sich innerhalb ein Vakuum gebildet hat, und die atmosphärische Luft tritt in die Kammer B ein und treibt das Wasser bis PP herab. Sobald dieses Niveau erreicht ist, befindet sich das ganze System wieder in Ruhe, und alles ist zum Beginne einer neuen „Pulsation“ bereit, welche beginnt, sobald das Ventil F geschlossen und E geöffnet wird. Das Spiel dieser Ventile E und F

Figur 14.



wird durch die Dampfmaschine W (Figur 13) regulirt, welche das Zahnrad S in Bewegung setzt, an dessen Welle entsprechend gestaltete Exzentriks angebracht sind, welche die Bewegung der Ventile im gehörigen Augenblicke vermitteln.

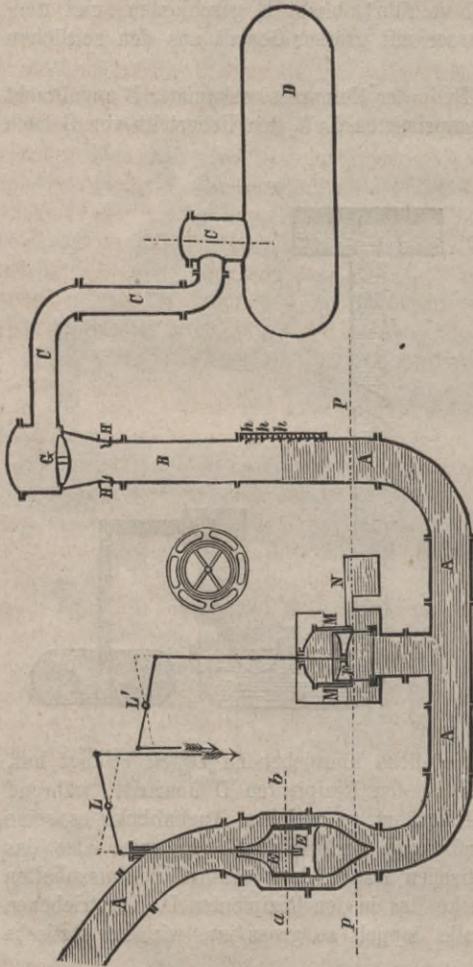
Das Resultat eines Spieles des Kompressors ist, wie schon erwähnt, die Kompression aller bei atmosphärischem Drucke in B von dem Niveau P P bis zum Ventil G enthaltenen Luft und die Einschliessung derselben in D. Dieses Resultat wurde erreicht durch die Wirkung einer Wassersäule von bestimmter Höhe und gewissem Querschnitte, welche, von dem Ruhezustande ausgehend, mit

variabler Geschwindigkeit durch einen bestimmten Raum fliesst, bis zu dem Punkte, in welchem dieselbe alle Geschwindigkeit verloren hat, und wieder in den Ruhezustand übergeht, nachdem sie an das von ihr komprimirte Luftvolumen alle lebendige Kraft abgegeben hat, welche sie zwischen Beginn und Ende des Spieles erlangte.

Bisher haben wir angenommen, dass die von dem Niveau P P aus in B aufsteigende Druckwassersäule sofort die darin enthaltene Luft zu komprimiren beginne; und dies ist auch der Fall bei der normalen Arbeitsleistung der Maschine, wovon die Bedingungen abgeleitet wurden, welchen der Kompressor genügen muss, um die grösstmögliche Arbeitsleistung zu geben. Würde jedoch ein Kompressor mit einer Kammer B angelegt, deren Grösse solchergestalt der Höhe der Druckwassersäule entspräche, so würde die Luft auf keinen höheren Druck gebracht werden können, als jenen, der diesen Voraussetzungen entspricht, und dieser Umstand würde störend sein; allein die Grenzen der Wirksamkeit des Kompressors können bedeutend erweitert werden, und zwar in solchem Grade, dass der Betrag der Kompression nicht mehr von der Höhe der Druckwassersäule abhängt.

Aus dem Diagramm Figur 15 ersieht man, dass von dem Niveau P P bis zum Ventil G die Kammer B ein konstantes Volumen darbietet. Die drückende Wassersäule wird immer von dem Niveau P P ausgehen, und nach Erreichen des Ventiles G wieder in den Ruhezustand zurückkehren. Die von ihr zwischen Beginn und Ende ihrer Bewegung geleistete Arbeit hat nun eine bestimmte Grösse, deren Maximalgrenze dargestellt wird durch das Produkt des dem Fassungsraume der Kammer B entsprechenden Wasservolumens, multipliziert mit dessen Dichtigkeit und mit der Höhe der Druckwassersäule, weniger der halben Höhe der Kammer B.

Figur 15.



Nun wird diese bestimmte Arbeitsmenge in einem Volumen atmosphärischer Luft konzentriert, welches gleich dem Volumen der Kammer B ist und zur nöthigen Dichtigkeit komprimirt wird. Dieselbe kann jedoch auch auf eine kleinere Luftmenge übertragen werden, wenn man diese zu höherer Spannung komprimirt, und es ist klar, dass, da die verfügbare Arbeitsmenge konstant bleibt, der Enddruck der Luft desto grösser ausfallen muss, je kleiner deren ursprüngliches Volumen war. Hieraus ergibt sich, dass bei unveränderlicher Höhe der Druckwassersäule wie der Kompressionskammer B es möglich sein muss, einen beliebig hohen Luftdruck zu erlangen, sobald man nur eine Luftmenge von solcher Grösse zulässt, dass sie zur Absorption aller verfügbaren Arbeit die fragliche Spannung annehmen muss.

Dies geschieht in der nachstehenden Weise: Die Kammer B wird vom Niveau PP bis zum Ventil G ganz mit atmosphärischer Luft gefüllt; allein anstatt die Anordnung so zu treffen, dass die Kompression sofort von P aus beginnt, lässt man vielmehr eine Luftmenge entweichen, welche dem Volumen entspricht, um welches man die Luftkapazität der Kammer B zu verkleinern wünscht, so dass also der ganze Kompressionseffekt auf die übrige Luft ausgeübt wird. Zu diesem Zwecke dienen die kleinen hängenden Ventilkappen h h, welche durch ihr eigenes Gewicht offen gehalten werden; man kann sie aber auch gänzlich schliessen und den Kompressor zu seinem normalen Stande zurückführen, oder man schliesst nur eine gewisse Anzahl derselben, und lässt die anderen offen, wodurch sich die Kapazität der Luftkammer nach Bedarf reguliren lässt.

Nehmen wir nun an, die Wassersäule sei bis zum Niveau PP gesunken und alles sei in Bereitschaft zum Beginne einer neuen „Pulsation“; wenn die Klappen h h geschlossen sind, so wird diese Pulsation in der beschriebenen normalen Weise vor sich gehen; sind dieselben aber offen, so wird die von der Druckwassersäule gehobene Luft nicht komprimirt, sondern strömt durch die Klappen aus, bis das steigende Wasser die letzteren erreicht, und gemäss seiner grösseren Dichtigkeit allmählig schliesst. Sobald die letzte Klappe verschlossen ist, beginnt nun die aufsteigende Wassersäule erst die oberhalb befindliche Luft zu komprimiren, und diese wird nun der Art im Volumen reduziert, wie dies der Stellung des obersten Ventiles h gegen das Kopfventil G gemäss ist. Hierbei wird die Bewegung der Druckwassersäule gänzlich angehalten, wie bei normaler Pulsation, und ein weit kleineres Luftvolumen, aber mit viel höherer Spannung, erhalten. Ist nun eine gewisse Wassermenge mit bestimmtem Gefälle vorhanden, so muss die passendste Höhe der Kompressionskammer bestimmt werden; die normale Verfassung des Kompressors ist jene, wobei er das grösstmögliche Luftvolumen mit der geringsten Spannung liefert.

Um eine regelmässige Wirkung des Kompressors zu erhalten, ist es erforderlich, dass die Spannung der Luft in dem Windkessel D konstant bleibt; wenn dieselbe zu sehr abnimmt, so hebt sich das Ventil G, ehe die Luft in der Kammer B ihren normalen Druck annimmt, und das Druckwasser verliert nicht in der Nähe des Ventiles G seine Geschwindigkeit, sondern trifft mit einer Geschwindigkeit dagegen, welche der Reduktion des Druckes in dem Windkessel D entspricht, woraus ein mehr oder weniger heftiger Stoss hervorgehen muss. Steigt dagegen der Luftdruck im Windkessel zu hoch, so verliert das Druckwasser seine lebendige Kraft, indem es die Luft in der Kammer auf eine höhere als die normale Spannung komprimirt, und bei jeder Pulsation gelangt nur ein Theil der Luft aus der Kammer B in den Windkessel, in welchem der Druck steigt, bis das Ventil G gar nicht mehr gehoben werden kann, wobei die Pulsationen dann nur noch in ganz und gar nutzlosen Oszillationen des Wassers bestehen.

Um den Druck der Luft im Windkessel D konstant zu halten, ist es offenbar nöthig, dass die Luftentnahme aus ihm proportional sei zu der Arbeit, welche der Kompressor beim Verdichten der Luft auf die bestimmte Spannung leistet¹⁾.

2. Die Gesteinsbohrmaschine von Sachs und Döring.

Die von *C. Sachs* konstruirte, auf der Grube Altenberg bei Aachen in Anwendung stehende Gesteinsbohrmaschine ist in Figur 16—18, der *Doering'sche* Bohrwagen nebst Gestell in Figur 19 und 20 abgebildet²⁾. Die Konstruktion der Bohrmaschine ist folgende: *a a* sind zwei Rundstangen, von denen die eine fast auf ihrer ganzen Länge Schraubengänge trägt, die mit den Bügeln *b* verbunden einen Rahmen vorstellen, auf welchem ein ausgebohrter Messingzylinder *e* ruht. In letzterem bewegt sich ein Stahlkolben, vorn mit dickerer, hinten mit dünnerer Kolbenstange versehen. Unter dem Zylinder ist der Schieberkasten mit Vertheilungsschieber, dessen Verlängerung bei *o* eine Achse trägt mit einem Hebel *p*. (Die ältere Anordnung der Maschine hatte zwei derartige Hebel *p* und trug der dünnere Theil der Kolbenstange an seinem Ende eine Traverse, welche in zwei Furchen der Rundstangen des Rahmens glitt.) Dieser Hebel *p* vermittelt die Bewegung des Schiebers und damit die Rück- und Vorwärtsbewegung des Kolbens der Maschine.

Die zur Arbeit nothwendige Luft ist in der Regel bis auf 0,95 bis 1,1 Kilogramm pro Quadratcentimeter komprimirt; sie tritt durch Regulirhahn *k* in den Kanal *l*, von da durch das Innere des Steuerschiebers und je nach Stellung desselben bald vor, bald hinter den Kolben, während die benutzte Luft frei in den Arbeitsraum einströmt.

Auf derselben Achse sitzen bei *o* auf beiden Seiten des Zylinders kleine Kurbeln *m m*, die beiderseits auf am untern Ende geschlitzte Stangen *s s* wirken, von denen die eine auf das auf der rückseitigen dünneren Kolbenstange sitzende Schaltrad *d*, die andere auf ein auf der mit Gewinde versehenen Rundstange sitzendes, mit *n* bezeichnetes Schaltrad wirkt, dessen Hülse eine Mutter bildet, welche diese Rundstange umschliesst.

Durch diese Einrichtung werden drei verschiedene Bewegungen der Maschine ermöglicht:

- 1) Der abwechselnde Vor- und Rückgang des Kolbens und daran befestigten Bohrers.
- 2) Das Nachrücken des Zylinders in dem Maasse, als der Bohrer ins Gestein dringt.
- 3) Das Umsetzen des Bohrers im Loche.

Alle diese Bewegungen werden bei 300—400 Schlägen der Maschine mit grosser Präzision ausgeführt.

Die Kolbenstange *C*, die in Stange *D* übergeht und den Bohrer aufnimmt, steuert durch Hebel *p p* den Schieber, gibt anderntheils aber auch dem an der

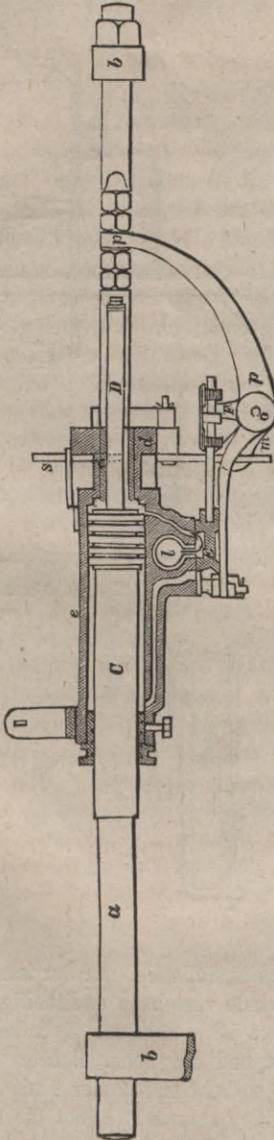
¹⁾ Der Maschinenbauer 1872. 59. Polytechnisches Zentralblatt 1872. 349.

²⁾ Ueber Gesteinsbohrmaschinen im Allgemeinen und speziell über deren Anwendung beim Streckenbetriebe auf der Grube Altenberg bei Aachen von *C. Sachs*. Aachen 1865, Verlag von *Benrath & Vogelgesang*.

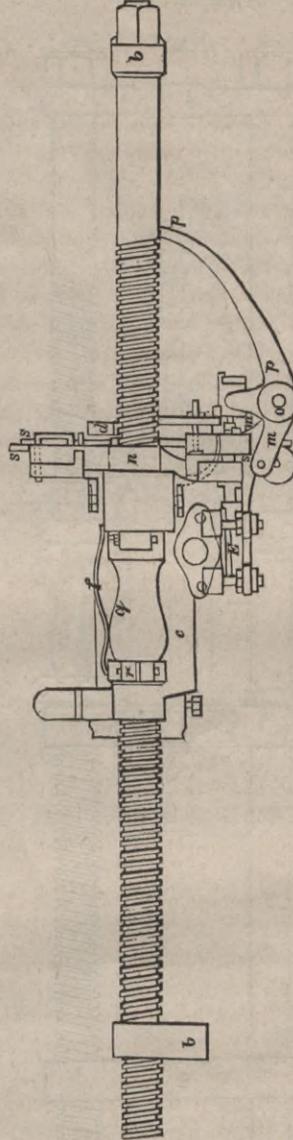
Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1867. 703. Polytechnisches Zentralblatt 1867. 211.

Kolbenstange sitzenden Bohrer eine Rotationsbewegung für das Umsetzen im Loche. Wie Figur 17 und 18 zeigen, trägt nämlich die hintere Stange D eine eingelegte Feder, die in eine Nuth in Stopfbüchse c passt. c ist in dem Boden des Zylinders drehbar, so dass die von Steuerungswelle o auf das mit c verbundene Schaltrrad d

Figur 16.



Figur 17.



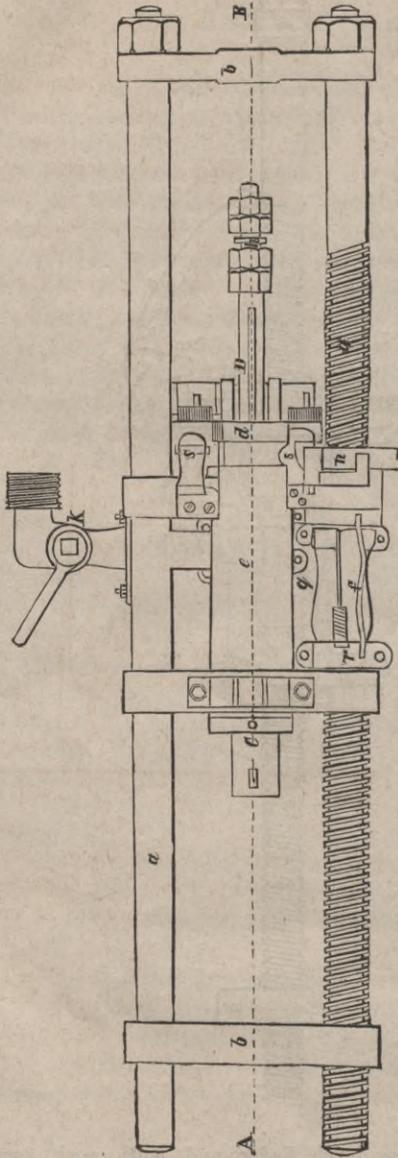
übertragene intermittierende Rotationsbewegung durch Feder und Nuth auch der Kolbenstange mitgetheilt wird, wobei die Längsbewegung der Stange D ungehindert ist.

Schalträder d und n werden von den Stangen s s mittelst Klinken bewegt und sind zur Verhinderung der rückläufigen Bewegung noch mit federnden Sperrklinken versehen. Vertheilungsschieber E bewegt sich ohne Schieberkasten zwischen

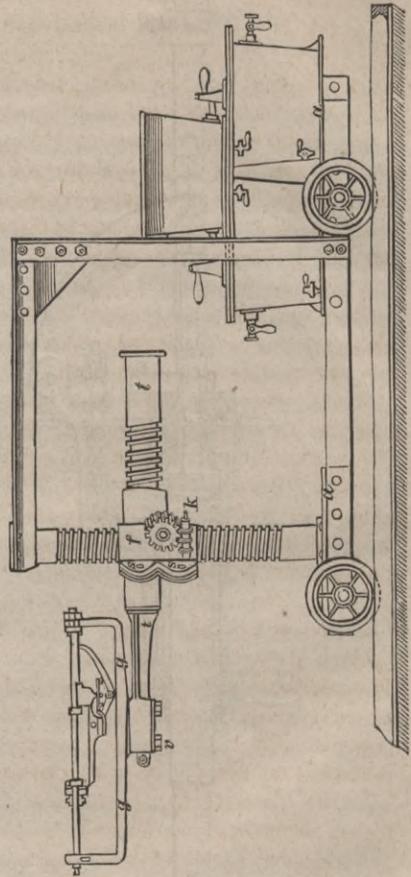
Schieberspiegel und einem mittelst Schrauben verstellbarem Deckel; Steuerungswelle o bewegt durch Hebel F die Schieberstange.

Neuerlich ist die Maschine derartig vervollkommenet, dass die Mutter in der Hülse des Zahnrades n der einen Rundstange a ganz beseitigt und die Hülse in eine scharnierartige, den Zwischenraum zwischen den durchlocherten Ansätzen des

Figur 18.



Figur 19.



Zylinders ausfüllende, auf der inneren Seite mit Gewinde versehene zweitheilige Hülse q verlängert ist. Soll der Zylinder zurückgebracht und ein neuer Bohrer eingesetzt werden, so hebt man Feder f mit der Hand, schiebt Ring r zurück, öffnet die Hülse und schiebt nun die Maschine mit einem Ruck nach rückwärts.

Alle Theile, mit Ausnahme des Zylinders und Schiebers, die von Messing sind, bestehen aus Stahl. Das Gewicht der Maschine beläuft sich auf zirka 48 Kilogramm, davon sind $12\frac{1}{2}$ Kilogramm Messing, 2,62 Kilogramm Eisen und 25 Kilogramm Stahl.

Sechs dergleichen Maschinen genügen für den flottesten Betrieb eines Ortes; sie werden alle an Ort und Stelle gefertigt.

Was die Kompression der Luft und deren Zuleitung betrifft, so muss erwähnt werden, dass die auf durchschnittlich $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ Atmosphären Ueberdruck komprimierte Luft durch eine doppelt wirkende kleine Luftpumpe von 25 Millimeter Kolbendurchmesser und 92 Millimeter Maximalhub, bei 40—45 Huben pro Minute erzeugt wird. Dieses Luftquantum von 4 Kubikmeter pro Minute versorgt zwei Maschinen vermittelt eines Luftreservoirs.

Die Pumpe ist von *Kley* konstruirt.

Die Luft gelangt durch ein Rohr von 11 Millimeter Durchmesser in das Reservoir und von hier durch gusseiserne Röhren von 39 Millimeter Durchmesser nach dem Schachte und der Streckensohle, dann in Röhren von 75 Millimeter Durchmesser bis zirka 10 Meter vor Ort, woselbst ein Dreihahnstück, durch welches die Maschine mittelst Gummischläuchen mit der Luftleitung verbunden ist.

Die Spannung der Luft in der Grube weicht von derjenigen über Tage nicht ab, wie die ausserhalb und innerhalb angebrachten Manometer beweisen.

Das *Doering'sche* Bohrgestell, in Figur 19 und 20 abgebildet, zeichnet sich vor anderen derartigen Vorrichtungen vor allen Dingen aus, nicht blos durch geringeres Gewicht und geringeren Umfang, sondern vor allen Dingen durch die Leichtigkeit und Sicherheit mit welchen man damit operiren kann.

Es besteht aus einer länglich vier-eckigen Gussplatte *aa*, worauf sich eine Rundsäule befindet, deren oberes Ende in einem gut verstrehten Kreuz von Winkel-schienen sitzt. Der ganze Rahmen kann mittelst 4 Rädern auf einer kleinen Eisenbahn bis nahe vor Ort gebracht und mit Keilen gegen die Firste festgestellt werden.

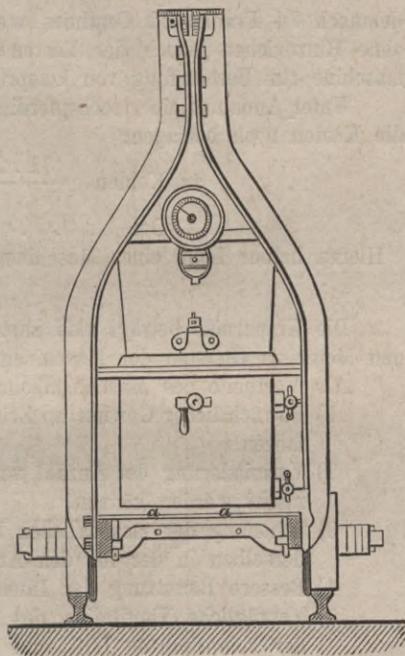
An der Rundsäule sind konzentrische Rinnen, welche die Zahnstangen versehen. Eine um die Säule drehbare Muffe *f* kann durch Kurbel- und Schneckenrad und mittelst eines kleinen Rädchens an derselben auf- und abbewegt und mit Schrauben *ss* festgeklemmt werden.

An dieser Muffe sitzt seitlich eine zweite Muffe oder Hülse mit horizontaler Achse, in welcher sich ein starker, bei neuerer Konstruktion ebenfalls mit konzentrischen Ringen versehener Röhrenbolzen oder Arm *tt* ein- und ausziehen und durch seitliche Schrauben ebenfalls in jeder beliebigen Höhe festklemmen lässt. Am vorderen Theile hat der Arm einen Ring auf dem ein Gabelstück *gg* sitzt; auf letzterem ruht die Maschine. Die Gabel ist in dem Ringe beliebig drehbar und mittelst Schrauben *vv* feststellbar.

Mit Hilfe dieser Mechanismen lässt sich die Maschine durch zwei Arbeiter mit grosser Leichtigkeit in jede beliebige Stellung bringen.

Hinten am Gestell liegen die Wasserkasten, wovon der eine in Thätigkeit der andere gefüllt ist und aus welchen das Wasser durch Luftkompression gepresst und mittelst kleiner Gummischläuche und Mundstück dem Loche zugeführt

Figur 20.



wird. Durch solchen Wasserstrahl kann man das Bohrloch immer frei von Gesteinstrümmern und Bohrschmand halten.

Als Betriebsresultate mit dieser Maschine notiren wir kurz folgende, am Altenberge gewonnene Ergebnisse.

Das Auffahren eines Meters Streckenlänge in sehr klüftigem harten Gestein kostet

bei der Handbohrarbeit:		beim Maschinenbohren:	
an Arbeitslohn	175 Frks. — Cts.,	95 Frks. — Cts.	
„ Gezähe	9 „ 68 „	3 „ 73 „	
„ Pulver	11 „ 20 „	9 „ 18 „	
„ Reparatur	— „ — „	12 „ 75 „	
Summa	194 Frks. 88 Cts.,	120 Frks. 66 Cts.,	

demnach 74 Franks 22 Centimes weniger beim Bohrbetrieb mittelst Maschine, ohne Hinzuziehen jedoch der Kosten der Unterhaltung einer besonderen Dampfmaschine zur Beschaffung von komprimirter Luft.

Unter Annahme einer sechspferdigen Maschine für zwei Bohrmaschinen würden die Kosten noch betragen:

an Kohlen	$\frac{31.24.6.3}{7}$	= 26 Frks. 78 Cts.,
„ Oel	— „ 42 „
Hierzu halber Lohn eines Maschinenwärters		8 „ 65 „
	Summa	35 Frks. 85 Cts.

Die Ersparniss beträgt also immer noch 38 Franks 3 Centimes pro laufenden Meter zu Gunsten der Maschinen.

Als Vortheile des Maschinenbohrbetriebes ergeben sich folgende:

- 1) Beträchtlicher Gewinn an Zeit und Ersparniss in den Kosten beim Auffahren.
- 2) Verminderung der Anzahl guter Hauer, deren Kräfte anders nutzbar gemacht werden können.
- 3) Schonung der menschlichen Kraft bei ausschliesslicher Nutzbarmachung derselben in der für den Arbeiter allergünstigsten Lage.
- 4) Bessere Benutzung der Intelligenz.
- 5) Vorzügliche Ventilation des Ortes, wie überhaupt bei der Anwendung der komprimirten Luft zum Betriebe unterirdischer Maschinen.
- 6) Die für den Ortsbetrieb nicht gering anzuschlagende Möglichkeit, Firste und Sohle, sowie die beiden Stösse gleichmässiger bearbeiten und nachführen zu können.

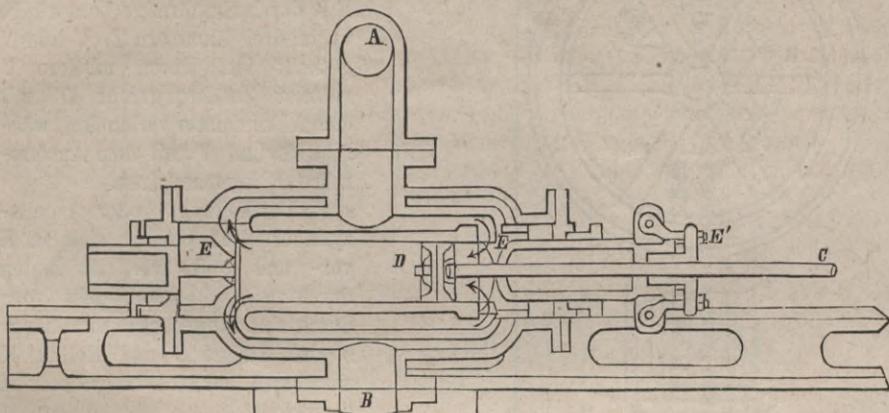
3. Gesteinsbohrmaschine von De la Roche-Tolay.

Bei der Bohrmaschine von *De la Roche-Tolay*, die wir beschreiben wollen, dient als Motor die Wasserdruckmaschine von *Perret*.

Diese Gesteinsbohrmaschine ist in Figur 21—25 abgebildet, im Durchschnitt und Querschnitt (in der Mitte der Länge)¹⁾.

Wie die Figur ergibt, besteht sie aus einem massiven Kolben der innerhalb zweier konzentrischer ringförmiger Behälter durch Wasserdruck bewegbar. Das

Figur 21.



Wasser tritt abwechselnd an einer Seite ein, an der anderen aus. Durch A strömt das Kraftwasser zu, durch B strömt es ab; C Kolbenstange, D massiver Kolben EE' an beiden Enden mit Kanälen versehener Betriebszylinder mit Windkessel bei E' um den Stoss beim Hubwechsel zu mässigen.

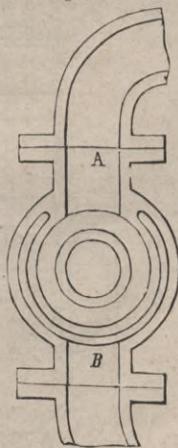
Kolbenstange C bringt durch eine Pleuelstange etc. eine Welle zur Drehung und durch diese wird die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens verursacht.

Die in Figur 23, 24 und 25 gezeichnete, für die Gesteinsbohrmaschinen abgeänderte *Perret'sche* Wasserdruckmaschine, bringt den Bohrer zur Rotation. Der nöthige Druck gegen das Gestein wird hervorgebracht durch Kolben B, der sich in Zylinder C bewegt.

Das Druckwasser gelangt aus der Hauptleitung in den unten befindlichen Zylinder und bewirkt ein Hin- und Hergehen des Kolbens, indem das Kraftwasser entweder durch Rohr e f und Hahn K hinter den Kolben, oder durch Rohr e g vor den Kolben tritt. Die sechskantige Kolbenstange A A, 1,45 Meter lang, hat eine 10 Millimeter weite zylindrische Höhlung und trägt Bohrer a und wird von einer eisernen röhrenförmigen Büchse D umschlossen, die in Lagern J J ruht und durch das konische Rad Q umgedreht wird.

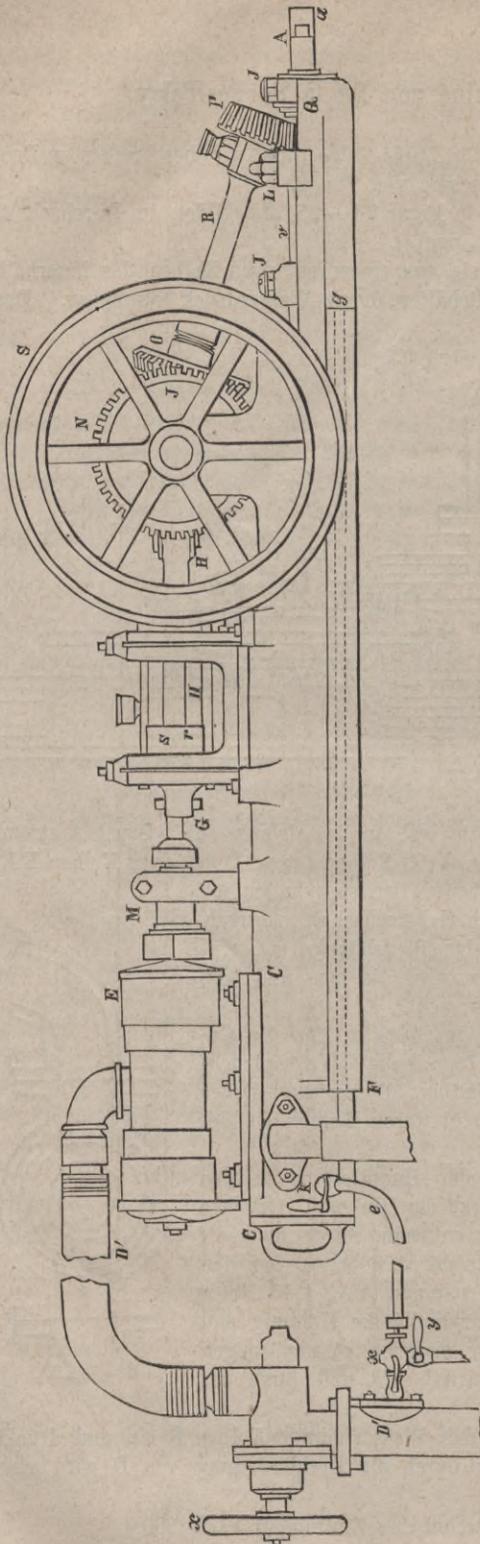
Oeffnet man Hahn K, so tritt das Wasser hinter Kolben B ein und drückt das Bohrwerkzeug gegen den Stein; durch die Drehbewegung von D wird eine

Figur 22.



¹⁾ The Engineer 1871. 395. Polytechnisches Zentralblatt 1872. 230.

Figur 23.



Umdrehung der Kolbenstange sammt dem Bohrer bewirkt. Eine kleine Oeffnung *b* im Deckel der Bohrstange führt den Diamantschneiden des Bohrkopfes fortwährend Wasser zu. Rad *Q* wird gedreht durch die am Bette des Zylinders angebrachte Wasserdruckmaschine.

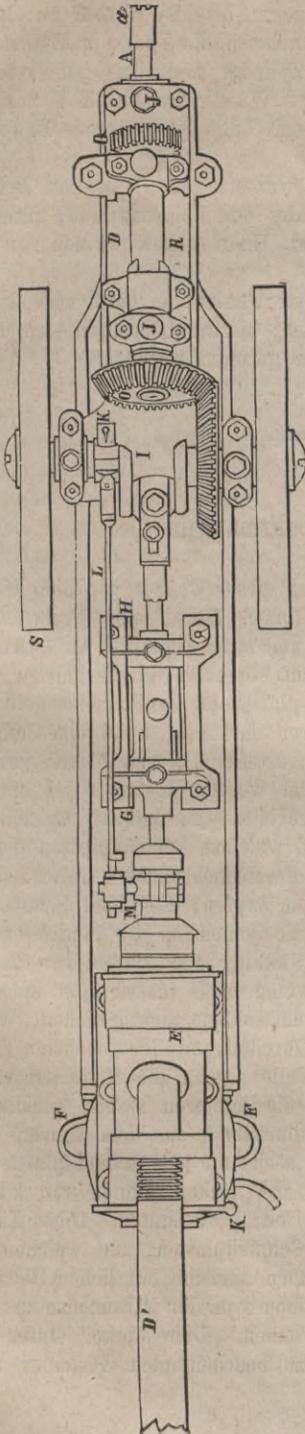
Die Wirkung der Wasserdruckmaschine erläutert Diagramm Figur 25, in welchem Zylinder *EE* durch ringförmige Vorsprünge *tt* in drei Kammern *T*, *U* und *V* getheilt ist, deren mittlere *U* mittelst Zuführungsrohr *D'* mit dem Akkumulator verbunden, während *T* und *V* mit dem Auslassrohre *F* kommunizieren.

Vertheilungs- oder Arbeitszylinder *MM* bewegt sich in *E* vor- und rückwärts, ist hinten durch *n* geschlossen, geht vorn durch eine Stopfbüchse und hängt so mit Stange *G* und Kolben *K* zusammen, der sich in Zylinder *M* verschiebt.

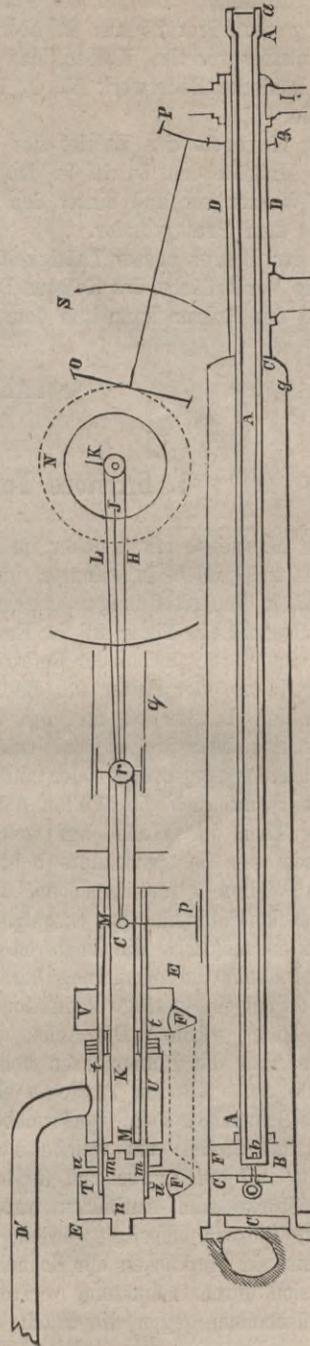
Der Zylinder *MM* erhält durch Exzentrik *k* an der Kurbelwelle *j* eine hin- und hergehende Bewegung; Kolbenstange und Kurbel nebst Stange *H* geben der Kurbelwelle *j* eine rotirende Bewegung.

Die Oeffnungen *mm* am Ende von Zylinder *M* sind in zwei Ringen angeordnet, derart, dass ihre Entfernung gleich dem Abstände zwischen den ringförmigen Vorsprüngen *tt* des Zylinders *EE* ist. Bei der Vor- und Rückwärtsbewegung des Vertheilungszyllinders kommunizieren die vorderen und hinteren Oeffnungen abwechselnd mit Eintrittskammer *U* und Austrittskammer *T* und *V*, wodurch das Wasser entweder hinter oder vor den Kolben *K* zugelassen wird. Bei Stellung von Figur 25 tritt z. B. Wasser aus Raum *U* durch Kanäle *m* in Zylinder *M* hinter den Kolben *K*, während das Wasser vor dem Kolben nach

Figur 24.



Figur 25,



Raum V austritt; Kolben K und Zylinder M gehen vorwärts bis Kurbel j ihre höchste Stellung erreicht, dann beginnt die Rückwärtsbewegung des Zylinders, während der Kolben immer noch vorwärts geht, bis die Kurbel an dem todten Punkte angekommen. Ist dies der Fall, so nehmen die Theile im Zylinder wieder die Stellung von Figur 25 an; da aber der Zylinder rückwärts geht, so tritt jetzt das Kraftwasser vor den Kolben, das hintere Wasser tritt nach T aus.

Das konische Räderwerk N, O, P, Q empfängt die rotirende Bewegung der Kurbelwelle.

Hahn X regelt den Zutritt des Speisewassers aus D in den Zylinder der Maschine; Hahn x den Zutritt in den Zylinder der Bohrmaschine; Hahn K vertheilt das Wasser vor und hinter den Kolben, Hahn y bewirkt den Austritt desselben aus dem Presszylinder.

Soll der Bohrer ausser Thätigkeit gesetzt werden, so lässt man das Wasser nur auf die Vorderfläche des Kolbens B wirken; hierdurch entleert sich der Zylinder C und der Bohrer kann aus dem Loche gezogen werden.

4. Bruntons Tunnelbohrmaschine¹⁾.

Diese Maschine, mit welcher im Januar dieses Jahres vor dem Herzog von Sutherland und vielen Ingenieuren zu Snodland, Kent, eine Probe abgehalten worden, ist in den Abbildungen angegeben und zwar Figur 26 im Aufrisse theilweise durchschnitten, Figur 27 in Endansicht ebenfalls durchschnitten, während Figur 28 eine Vorderansicht der Befestigungsplatten für die Schneidscheiben sammt einem der Halter oder Futter für die letzteren darstellt. a ist eine hohle Welle, welche in den Lagern ee an dem Wagengestelle CC ruht, auf welchem die ganze Maschine befestigt ist und transportirt werden kann; b ist ein mit der Welle a zusammengegossenes oder auf sie gekeiltes Querhaupt. An seinen Enden trägt dieses Querhaupt die Wellen dd, auf welchen Schneidplatten ee drehbar sind. Der Theil der Welle, auf welchem die Schneidplatte e rotirt, ist exzentrisch gegen den im Querhaupte b sitzenden Zapfen; FF sind Schneckenräder, die an den Wellen d festsitzen, und worin die Schnecken gg eingreifen, mittelst dieser Schneckenräder und der exzentrischen Stellung der Achsen, für die Schneidplatten ist es möglich, die letzteren ein wenig nach aussen oder innen zu bewegen, und damit die Abnutzung der Schneidscheiben auszugleichen, welche im Laufe der Arbeit eine geringe Reduktion des Durchmessers der gebohrten Tunnel etc. zur Folge haben würde. Die Achse der Welle a mag die Mittelachse, die der Platten e e aber die Planetachsen heissen; die letzteren stehen gleichweit vom Mittelpunkte ab. Mit den Platten e sind Zahnräder h aus dem Ganzen gegossen. ii sind die Schneidscheiben, von welchen je sechs an jede Schneidplatte befestigt sind; hh sind Zapfen, um welche sie sich frei drehen können und kk Bolzen, um dieselbe auf den Zapfen und in den Futter k zu halten. Diese Futter sind besondere Stücke zum Aufbolzen auf die Schneidplatten, an welchen sie mit Bolzen und Muttern befestigt werden; dieselben sind mit länglichen Bolzenlöchern versehen um ein Fortrücken der Schneidscheiben von der Mittelachse zu erlauben, wenn sie sich durch Abnutzung verkleinert haben. Der Winkel, unter welchem die Schneidscheiben gegen die Fläche des zu bearbeitenden Gesteines angestellt

¹⁾ The Engineer, March 1871. 203. Durch Polytechnisches Zentralblatt 1871. 109.

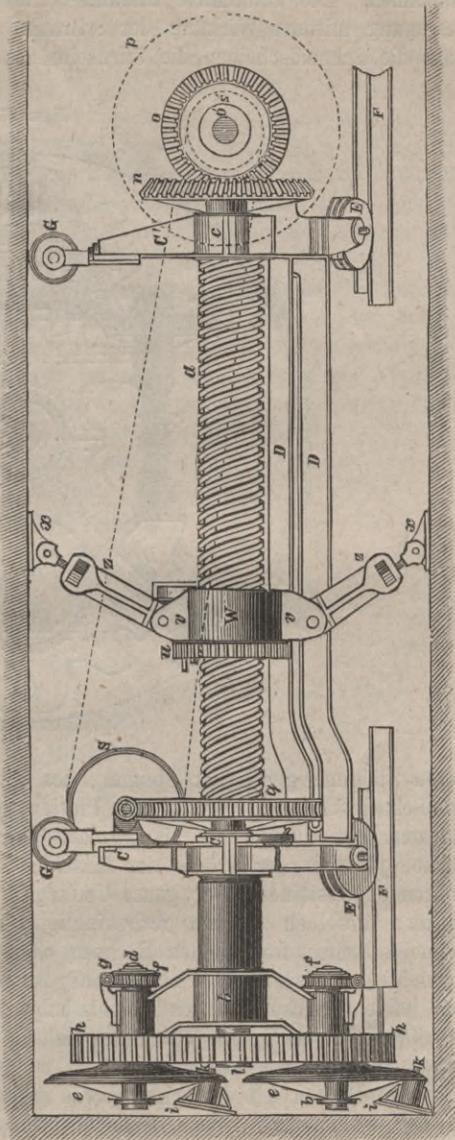
werden, lässt sich verändern, und wird so gewählt, dass die Schneiden die vortheilhafteste Wirkung äussern.

Das mittlere Zahnrad l greift in die mit den Schneidplatten e zusammengegossenen Räder h ein; dasselbe sitzt auf einer zentralen Welle m im Innern der hohlen Welle a, an deren Enden passende Lager hierfür angebracht sind. Am anderen Ende trägt die Welle m, ein Kegelrad n, in welches ein zweites Kegelrad o auf einer Querwelle o eingreift, welche von der Kraftmaschine aus durch ein Drahtseil auf der Rolle p bewegt wird. Auf die hohle Welle a ist ein Schraubenrad q aufgekeilt, in welches die Schnecke r eingreift, die ihre Umdrehungsbewegung von der Welle o aus mittelst der Riemenscheiben S' S und der Kegelräder t T erhält. Auf diese Weise wird die Welle a sammt den daran befestigten Theilen langsam in Rotation versetzt. Man sieht ferner, dass die „Planetbewegung“ der Schneidplatten e durch die Umdrehung der Welle m bewerkstelligt wird, während ihre Umdrehung um die Zentralachse nur durch die Bewegung von a herbeigeführt wird. Die relative Geschwindigkeit dieser Wellen regulirt die Tiefe des Angreifens der Schneidscheiben, oder mit anderen Worten, die Breite, um welche jede Schneidscheibe weiter schneidet, als die ihr vorausgegangene.

Auf die Aussenseite der Welle a ist ein Schraubengewinde geschnitten, über welches eine Mutter mit angegossenem Zahnrade u geschraubt ist; der äussere Umfang der Mutter ist der Art ausgedreht, dass in sie ein Ring W eingelegt werden kann. Mutter und Ring W können durch einen Keil verbunden werden, so dass sie immer zusammen zu rotiren im Stande sind. An W sind zwei oder mehr Lappen v angegossen, welche angelenkte Arme z z tragen, deren äussere Enden mit Schraubenspindeln und Schuhen x x versehen sind. Mittelst dieser Schrauben werden die Schuhe an die innere

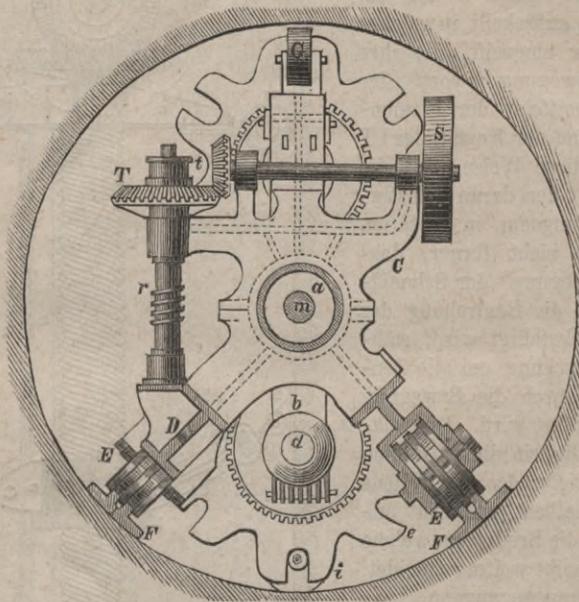
Wandung des bereits gebohrten Tunnels angestemmt. Die Wirkung des Gewindes auf der Welle a beim Gange der Maschine besteht nur darin, die Arme z z fest an den Tunnel zu klemmen, so dass die Mutter u ein festes Widerlager bildet, von dem aus die ganze Maschine nach Maassgabe der Umdrehung von a vorwärts

Figur 26.



gegen die Endfläche des Tunnels gedrückt wird. Ist die Welle *a* der ganzen Länge nach durch die Mutter *u* hindurch geschraubt, so wird der Keil gelockert, und mittelst Kurbeln und eines in das Rad *u* eingreifenden Getriebes *u'* die Mutter vorwärts gegen das Schraubenrad *q* versetzt, wobei sie den Ring *W* und die Arme *z* mit sich nimmt. Eine Stellschraube, die in eine Nuth am Umfange der Mutter *u* eingreift, verhindert dabei ein Abgleiten des Ringes *W* und erlaubt der Mutter gleichzeitig sich zu drehen, ohne den Ring *W* und die Arme *z* mitzunehmen. Die kombinierte Umlaufs- und Achsendrehung, sowie die Vorschubbewegung mittelst Wirkung der Schraube *a* gegen die feste Mutter, bewirken, dass die Schneidscheiben die Stirnseite des Tunnels nach Spiralfächen schneiden,

Figur 27.



deren Steigung gleich der Steigung des Schraubengewindes auf der Welle *a* ist. Die Schneidscheiben *ii* sind runde Platten von Stahl oder anderen geeigneten Substanzen, und können 10 bis 20 Zoll Durchmesser haben, und $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll Dicke, je nach der Grösse der Maschine und der Beschaffenheit des zu durchbohrenden Gesteines. Der ganze Umfang derselben ist zu einer Schneidkante gestaltet; dieselben stecken rechtwinklig auf den Zapfen *jj*, welche sammt den Schneidscheiben frei in den Büchsen oder Haltern *k' k'* rotiren. Der von der Schneidkante bei ihrer Wirkung auf das Gestein beschriebene Kreis soll etwa den halben Durchmesser des Tunnels haben, so dass bei jedem Umlauf die Schneidscheiben über die ganze oder doch nahezu die ganze Stirnfläche des Tunnels weggehen und dieselbe bearbeiten.

Die Wellen *dd* divergiren etwas gegen eine durch die Zentralachse gelegte Ebene, was bewirkt, dass die Schneidscheiben für den Theil ihrer Umdrehung, in welchem sie nicht arbeiten können, ausser Berührung mit dem Gesteine gehalten werden.

Der Wagen *CC*, worauf die Maschine ruht, besteht aus einem vertikalen Vordertheile *C* und Hintertheile *C'*, welche durch seitliche Bäume *DD* zusammengehalten werden; mit den doppelflanshigen Rädern *EE* rollt das Ganze auf zwei Paar Schienen *FF*. An dem Vorder- und Hintertheile des Wagens sind noch

Ständer angebracht, um die Rollen G zu tragen, welche fest gegen die Decke des Tunnels angedrückt sind und die Maschine fest in zentraler Stellung halten. Aus dieser Beschreibung einzelner Theile und ihrer gegenseitigen Bewegung ersieht man, dass bei *Brunton's* Maschine keine Stosswirkungen vorkommen, sondern die Bewegung im Kreise und ununterbrochen vor sich geht. Natürlich ist die Gestalt des erzeugten Tunnels stets wieder eine kreisförmige, die Endfläche desselben erhält eine doppelt-spiralförmige Gestalt mit zwischenliegenden Absätzen, gegen welche die Schneidscheiben wirken, indem sie Stückchen der Fläche wegsprennen. Die Reibung zwischen den Stahlscheiben und dem Gesteine ist auf ein Minimum reduziert; so viel als möglich erfolgt die ganze Arbeit durch einfache Druckwirkung, so dass es also dabei sich zwischen Stahl und Fels nur darum handelt, welcher wird zuerst splintern? Es ist wohl bekannt, dass ein Schleifstein, welcher durch Reibung rasch den ihm entgegengehaltenen Stahl wegschneidet, zu Pulver zerdrückt werden würde, wenn man ihn einem Drucke aussetzt, welchen der Stahl mit Leichtigkeit aushält. Bei *Brunton's* Maschine nun ist die Absicht darauf gerichtet, von dieser verschiedenen Widerstandsfähigkeit des Steines und Stahles gegen Kompression den vollen Vortheil zu ziehen.

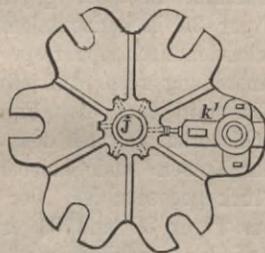
Da die Schneidscheiben ihre kreisförmige Bahn auf der Endfläche des Tunnels beschreiben, so arbeiten sie sich in das Gestein mit Hilfe der von der hohlen Schraubenwelle a ausgehenden Vorschubsbewegung, und bilden, wie sie weiter und weiter eindringen, einen kreisförmigen Absatz vor sich. Die Höhe dieses Absatzes wird von der Steigung der Schraube a abhängen (welche übrigens mittelst einer der Mutter u erhaltenen Differenzialbewegung modifizirt werden kann). Dieselbe kann von $\frac{1}{2}$ Zoll (in Granit) bis zu 2 Zoll in weichem Gesteine betragen. In jedem Falle aber entspricht dieselbe der spiraligen Vorwärtsbewegung der Maschine. Soll z. B. ein Absatz von 1 Zoll Höhe in einem Tunnel von 7 Fuss Durchmesser weggenommen werden und hat jede Schneidscheibe $\frac{1}{7}$ Zoll Vorrücken gegen die vorhergehende, so erhalten wir 924 Schnitte für die Durchbohrung von 1 Zoll Tunnellänge.

Die abgebildete Maschine besitzt zwei Schneidplatten, deren jede sechs Schneidscheiben trägt, wovon aber nur je eine angegeben ist. Nimmt jede Schneidscheibe einen Absatz von 1 Zoll Höhe, so erhält man für jede Umdrehung der Welle a ein Fortschreiten der Bohrung um 2 Zoll. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Schneidplatten wenigstens 40 Umdrehungen pro Minute in Fels von der Härte des Bergkalkes machen können. Diese Geschwindigkeit gibt bei einem Vorrücken von $\frac{1}{7}$ Zoll einen Fortschritt des Tunnels von 2 Zoll in $4\frac{1}{5}$ Minuten.

Man erkennt, dass die Aufgabe der Maschine darin besteht, in jedem Augenblicke an zwei Punkten ein Eindringen der Schneidscheiben um $\frac{1}{924}$ Zoll und ein seitliches Vorrücken derselben um $\frac{1}{7}$ Zoll gegen einen Widerstand zu bewirken wie ihn ein Steinvorsprung von 1 Zoll Höhe darbietet. Die Schneidkante rollt am Fusse des Absatzes hin unter möglichster Vermeidung jeder Reibung, wodurch sie verdorben werden würde, und schreitet ruhig aber unwiderstehlich um ihren siebentel Zoll fort, der Absatz des Steines gibt nach, splittert im Winkel ab und die nächstfolgende Schneidscheibe hat nur wenig noch zu thun. Die abgearbeiteten Steinsplitter werden durch einen endlosen Gurt unter der Maschine weg hinter dieselbe geführt und daselbst in Karren entleert. Der Gurt liegt über Walzen an einem passenden Holzrahmen, er besteht aus festem getheerten Segeltuch mit an der Unterseite angebrachten Brettchen zur Absteifung in der Breite.

Beim Durchbohren der härteren Felsarten, als Sandstein, Bergkalk etc., in

Figur 28.



welchem die Maschine pro Stunde nur etwa 1 Fuss bis 18 Zoll vordringt, ist die Menge des Schuttes nicht grösser, als dass zwei Mann zu beiden Seiten der Maschine denselben mit Schaufeln nach Maassgabe seiner Entstehung auf den Transportirgurt auflegen können. In weicheren Gesteinen dagegen, worin das Vorschreiten 2 Fuss bis 6 Fuss pro Stunde beträgt, können Arbeiter den Schutt nicht mehr schnell genug aufschauflern. In diesem Falle wird eine kreisförmige Trommel mit diagonalen Schaufeln (einer Turbine ähnlich) an dem Querhaupte b festgemacht, welche sich mit der Rückseite an eine dichtschiessende Schutzplatte anlehnt, welche bewirkt, dass kein Schutt aus der Trommel früher herausfallen kann, als bis derselbe an diejenige Stelle gebracht ist, an welcher er durch eine Rinne sofort auf das Transportirband geleitet wird.

5. Gesteinsbohrmaschine von Mc. Kean¹⁾.

Diese Bohrmaschine scheint alle bisherigen Maschinen an Einfachheit ihrer Konstruktion und Schnelligkeit einer regelmässigen Arbeit zu übertreffen. Als Vortheile, welche dieselbe gewährt, sind zu nennen, dass sie nur aus wenigen Theilen besteht.

Figur 29 bis 33 der bezüglichen Abbildungen zeigen *Mc. Kean's* Bohrmaschine in ihrer gegenwärtigen Gestalt und zwar Figur 29 in Seitenansicht, Figur 30 in horizontalem Längsdurchschnitt, Figur 31, 32 und 33 in Querdurchschnitten nach den resp. Linien xx, YY, ZZ, die übrigen Figuren stellen die Anordnung resp. Aufstellung der Maschine für Tunnelbau und Arbeit in offenem Einschnitt dar. Aus Figur 29 bis 33 erkennt man, dass der Zylinder mit dem Schieberkasten und dem Rahmen zur Unterstützung der Führungen und Lager der Kolben- und Schieberstange nebst anderen Theilen der Maschine aus einem Stück gegossen ist. Der Zylinder ist mit a, der Schieberkasten mit b bezeichnet, aus Figur 30 und 31 erkennt man, dass der Schieberspiegel von einem kleinen Zylinder c gebildet wird, der in dem Schieberkasten liegt, welcher sich neben den Zylinder auf fast dessen ganze Länge erstreckt. Der Schieber d selbst ist von zylindrischer Gestalt, parallel der Kolbenstange angeordnet und besitzt an der einen Seite eine vorspringende gekrümmte Fläche, welche seinen arbeitenden Theil bildet, der abwechselnd die Zulasskanäle e e öffnet und bedeckt, welche sich über die ganze Länge des Schieberkastens c erstrecken. Wie aus Figur 31 ersichtlich ist der Auslasskanal zwischen den Zulasskanälen gelegen, und mündet in die mittlere Höhlung des Schiebers, die in direkter Verbindung mit einer von der Maschine wegführenden Röhre steht. Durch eine einfache Anordnung ist die Verwendung einer Stopfbüchse für die Schieberspindel umgangen, wie Figur 30 zeigt. Die Ventilspindel d¹ läuft nämlich in einen Ansatz d² aus, der in den Zylinder c dampfdicht eingepasst ist; an der Unterseite dieses Ansatzes befindet sich eine vorspringende Rippe d³, welche in eine Nuth am Ende des Schiebers d eingreift, die erforderliche Oszillation erhält nun der Schieber von der Spindel d¹ durch die Vermittelung dieser Rippe d³ und Nuth. An der Unterseite des Schiebers ist ebenfalls ein Ansatz d⁴ angebracht, der dampfdicht in den Zylinder passt. Hierdurch wird einerseits aller Dampf- (resp. Luft-)verlust verhindert, und andererseits hinreichende Reibung erzeugt, um jede übermässige Bewegung des Schiebers zu verhindern, die etwa aus der Einwirkung der Steuerknaggen auf die Schieber-

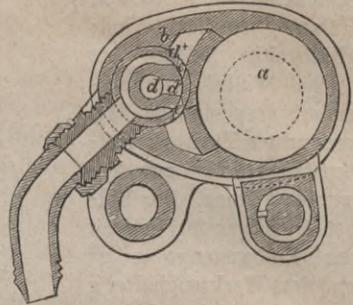
¹⁾ Engineering, Juli 1872. 45. Durch Polytechnisches Zentralblatt 1872. 1119.

Ingangsetzung des Schiebers. Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dass der Winkel der Steuerknaggen veränderlich ist, um die Dampfvertheilung gehörig reguliren zu können. Die Verdickung der Kolbenstange und Anbringung konischer Endflächen zur Wirkung auf die Steuerknaggen ist jedoch keine neue Vorrichtung, sondern nur ihre Anbringung an dieser Maschine ist neu. Die Figuren 29, 30 und 31 zeigen, dass zwischen den beiden konischen Flächen $k^1 k^2$ ein zylindrisches Stück k^3 sich befindet, in welches ringsum schräg zur Achse stehende Sperrzähne geschnitten sind.

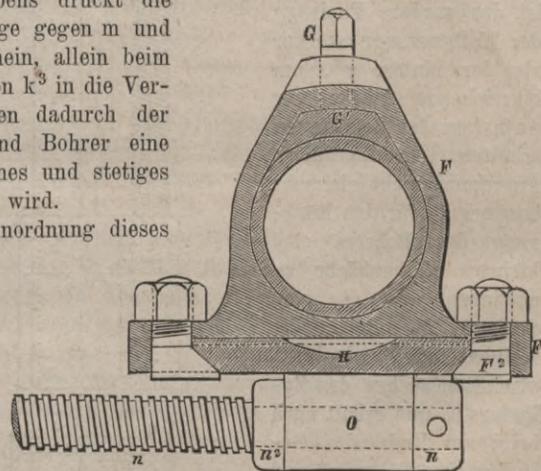
Vermöge der aus Figur 30 und 32 ersichtlichen Anordnung kommen diese Zähne in Berührung mit einer gefurchten Stange m , deren Zähne m^1 korrespondirend mit jenen von k^3 geschnitten sind. In dem Gestelle der Bohrmaschine ist eine Vertiefung angebracht, worin eine Feder m^2 liegt, die mit ihrer Mitte gegen den Rücken der gefurchten Platte m presst. Beim Vorwärtsgange des Kolbens drückt die Verstärkung k^3 der Kolbenstange gegen m und presst sie in die Vertiefung hinein, allein beim Rückgange greifen die Zähne von k^3 in die Vertiefungen von m ein und geben dadurch der Kolbenstange nebst Kolben und Bohrer eine Drehung, so dass ein langsames und stetiges Umsetzen des Bohrers bewirkt wird.

Eine andere sehr gute Anordnung dieses Theiles der Maschine, besteht in dem Ersatze der Stange m durch einen geöffneten Zylinder, welcher mit einem Sperrerr auf gleicher Welle sitzt, der nach einer Richtung hin durch eine Klinke festgehalten wird. Beim Vorwärtsgange des Kolbens greifen die Zähne k^3 in diesen Zylinder ein und drehen ihn nebst dem Sperrerr, aber beim Rückwärtsgange verhindert die Klinke jede Drehung des Zylinders und die Kolbenstange wird etwas gedreht. In jedem Falle beträgt die Drehung pro Doppelhub (das Umsetzen nach jedem Schlag) etwa ein Sechszehntel einer vollen Umdrehung. Figuren 29, 30 und 31 zeigen die selbstthätige Nachstellvorrichtung, um den Bohrer stets in gehöriger Berührung mit dem Gestein zu halten. Eine doppelgängige Schraube n mit eingehobelter Keilnuth erstreckt sich von einem Ende der Maschine bis zum anderen: das hintere Lager derselben wird durch einen an das Gestell j befestigten Arm o^1 gebildet; das vordere n^1 und n^2 aber sitzt an der Drehplatte des Bohrers (Figur 32). Nahe am hinteren Ende der Maschine ist eine Hülse p mit Kronsperzzähnen p^1 über die Schraube geschoben, welche durch einen Keil, der in die Nuth der Spindel n passt, an der freien Drehung um letztere gehindert wird. In das Sperrrad p^1

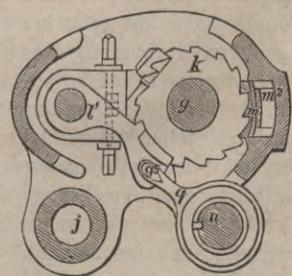
Figur 31.



Figur 32.



Figur 33.

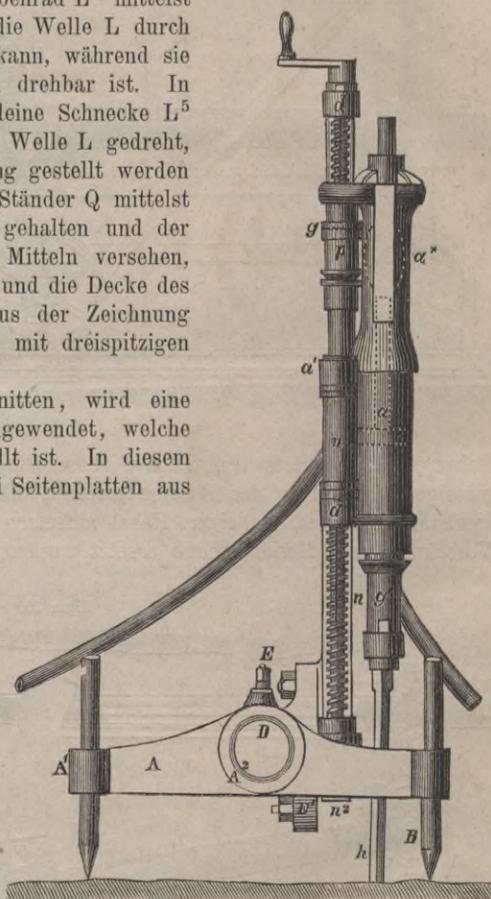


Figur 33 bis 38 zeigen verschiedene Weisen, die Bohrmaschine von *Mc. Kean* für verschiedene Arbeiten zu montiren, in allen Fällen wird eine universale Beweglichkeit erreicht. Für Tunnel- und Grubenarbeiten dient das in Figur 33 und 34 dargestellte Gestelle. Dasselbe besteht aus einem vierrädrigen, auf Schienen laufenden Wagen, dessen Räder auf kurzen unabhängigen Achsen sitzen, um den Wagen leicht über jede Schuttanhäufung gehen zu lassen. Auf dem Wagen liegt eine horizontale Stange L, mit Gewinde an einem Ende und Vorschubvorrichtung L^1 , ausserdem besitzt dieselbe noch eine Kreisbewegung um die Ständer T, wobei ihr vorderes Ende von der Schiene N unterstützt wird. Mit dem Vorderende der Welle L ist eine hohle Querstange O durch die Hülse P verbunden, worin der Ständer Q nach Bedarf verschoben werden kann. Auf der Welle L steckt noch ein Schraubenrad L^4 mittelst Nuth und Feder befestigt, sodass die Welle L durch das Rad L^4 sich hindurchschieben kann, während sie aber nur mit demselben zusammen drehbar ist. In einem passenden Lager ist eine kleine Schnecke L^5 gelagert, durch deren Drehung die Welle L gedreht, und so nach jeder beliebigen Richtung gestellt werden kann. Die Hülse P wird mit dem Ständer Q mittelst Pressschrauben O^1 in Verbindung gehalten und der Ständer O, ebenso wie T ist mit Mitteln versehen, um die Maschine gegen den Boden und die Decke des Stollens fest anzupressen. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, dienen hierzu Schrauben, mit dreispitzigen Schuhen SU^1 .

Bei Arbeit in offenen Einschnitten, wird eine andere Methode der Aufstellung angewendet, welche in Figuren 36, 37 und 38 dargestellt ist. In diesem Falle besteht das Gestelle aus zwei Seitenplatten aus Gusseisen A, deren jede an beiden Enden mit Hülsen versehen ist, in welche die Stangen oder Füße A^1 eingesetzt werden, worauf die Maschine ruht. Diese Stangen sind unten zugespitzt und werden durch Pressschrauben, in den Hülsen A^1 festgehalten. In der Mitte jeder der Seitenplatten A ist ein Lager A'' zur Aufnahme einer starken hohlen Welle D' angebracht, die sich beliebig drehen lässt und in jeder Stellung durch Pressschrauben E festgestellt werden kann. Die Länge dieser Welle und die Entfernung

der beiden Seitenplatten hängt von der Anzahl von Bohrern ab, welche man gleichzeitig zur Anwendung bringen will. In den meisten Fällen wird man es passend finden, nur einen Bohrer anzuwenden. Will man aber eine Reihe von Löchern gleichzeitig bohren, so kann die Zahl vermehrt werden. Auf der Welle D' kann eine drehbare Hülse F mit Pressschrauben GG in beliebiger Stellung befestigt werden. Eine Seite dieser Hülse ist flach gearbeitet und mit einer kreisförmigen Nuth versehen, in welche eine Platte H eingepasst ist (Figur 33), deren Umfang unter 45° konisch gedreht ist. Klemmschrauben von gehöriger Form $F F''$ dienen dazu, die Platte H in fester Verbindung mit F zu halten. Dreht

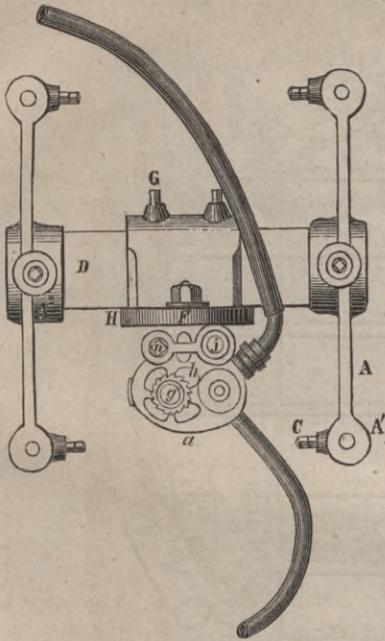
Figur 36.



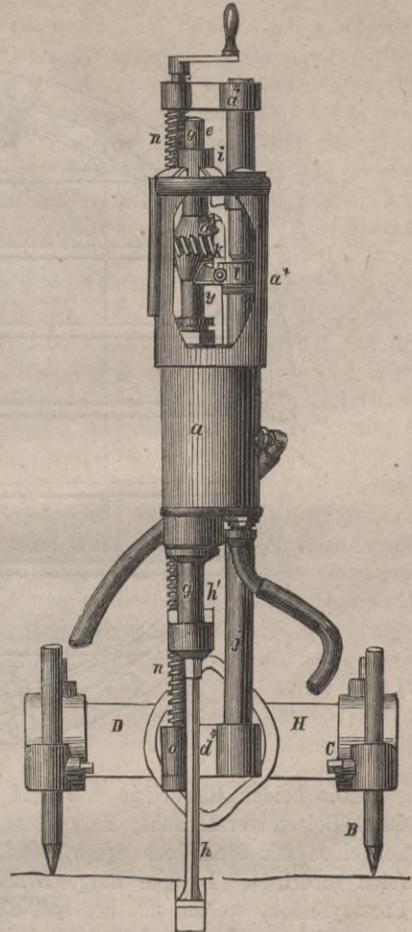
man die Muttern dieser Bolze an, so drücken ihre abgeschwächten Köpfe gegen den Rand der Platte H, wodurch dieselbe in beliebiger Lage festgehalten werden kann. Auf der Platte H sind die Hülsen angebracht, die zur Befestigung des Ständers j und der Schraube n der Bohrmaschine dienen; zum Betrieb des Bohrers von *Mc. Kean* dient bei Arbeit in Tagebauen, Einschnitten etc. Dampf, bei Tunnel- und Stollenbau aber komprimierte Luft.

Zum Schluss mögen noch einige Worte über die regulären Leistungen der Bohrmaschinen von *Mc. Kean*, von denen eine täglich zu London 42 Boroughruad

Figur 37.



Figur 38.



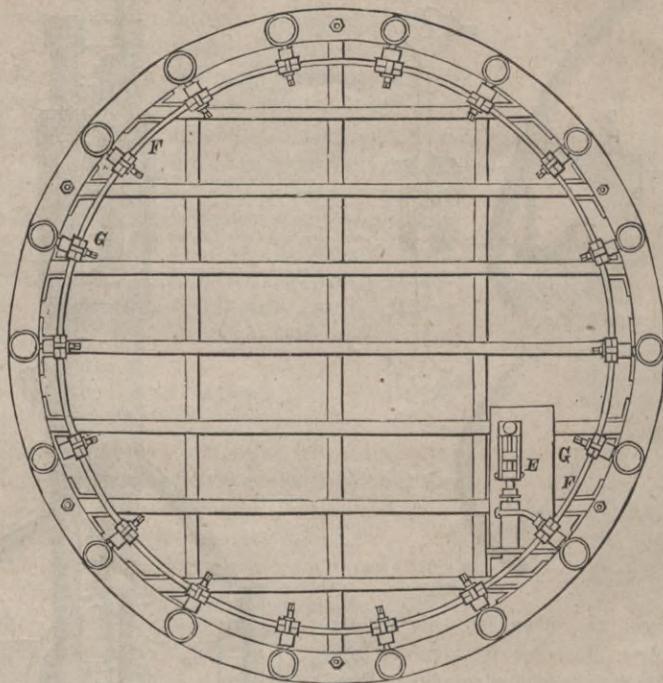
in Thätigkeit zu sehen ist, hier Platz finden. Diese Maschine ist von der gewöhnlich für Steinbrüche oder offenen Einschnitten anzuwendende Grösse, wiegt 150 Pfund und besitzt einen einzigen Bohrer, der auf einem Gestelle ruht, wie es in Figur 36 bis 38 dargestellt ist. Es wird jedoch noch eine kleinere für viele Zwecke noch passendere Maschine angefertigt, die von einem Mann gehandhabt werden kann. Mit einem Dampfdruck von 75 Pfund pro Quadratzoll (5,25 Kilo pro Quadratzentimeter) bohrt diese Maschine im Maximum ein Loch von $2\frac{1}{4}$ Zoll (58 Millimeter) Weite und 12 Zoll (305 Millimeter) Tiefe pro Minute in Granit von Aberdeen. Die mittlere Leistung kann auf 6 bis 9 Zoll (152 bis 229 Millimeter pro Minute angeschlagen werden. Die Anzahl der Schläge pro Minute beträgt 500—1000. Allerdings haben noch andere Maschinen gleichhohe Leistungen ergeben, allein bis jetzt existiren keine, welche gleicherweise allen den verschiedenartigen Anforderungen der Gesteinsbohrarbeiten entsprechen.

6. Bohrmaschine von Beach.

Die zum Bau für die pneumatische Eisenbahn in New-York benutzte Tunnelbohrmaschine ist von *A. E. Beach* konstruirt und in Figuren 39 und 40 ver-sinnlicht ¹⁾.

Die Maschine ist nach demselben Prinzip gebaut, nach welchem man Brunnen-schachte absenkt, nur wendet man bei ihr hydraulischen Druck an.

Figur 39.



Die beiden Eisenringe A B sind mit dem dazwischen liegenden Holzringe C durch Bolzen verschraubt; Ring A trägt inwendig ein Fachwerk von Holz, dessen Schneiden mit Stahlblech armirt sind und mit denen die Maschine in das Erdreich vordringt. In dem Ringe B sitzen 18 aus Stahl hergestellte hydraulische Presszylinder, welche mit der seitlich befindlichen Presspumpe E durch Rohr F kommunizieren, derart, dass sich jeder einzelne Zylinder durch die betreffenden Ventile G G ausschalten lässt.

Der Presskolben hat 58 Millimeter Durchmesser und 410 Millimeter Hub, der Ring A den für die Grösse des Tunnels maassgebenden Durchmesser von 2,84 Meter.

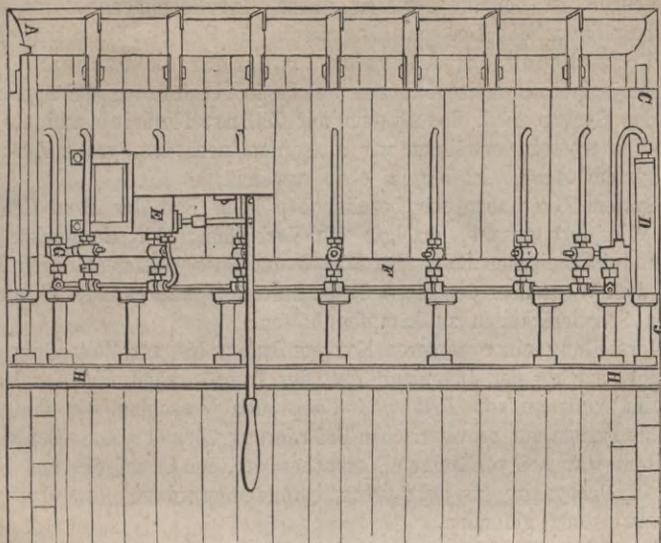
Um Ring B, und 700 Millimeter hinter diesen hinausragend, sitzt ein zweiter b aus Eisenblech, welcher stets noch einen Theil des fertigen Mauerwerks umgibt und das Eindringen von Erde zwischen Ring B und das Mauerwerk verhindert;

¹⁾ Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1870. 576.

Holzring H, mit Eisenblech beschlagen, vertheilt den Druck der Presskolben gleichförmig auf das Mauerwerk.

Die Arbeit mit diesem Tunnelbohrer erfolgt derart, dass zwei Männer die Pumpe bewegen, zwei lockern die Erde durch Einschlagen von Eisenstangen und nehmen sie aus dessen Mitte heraus. Ist der Bohrer um 410 Millimeter fortbewegt,

Figur 40.



so werden Presskolben und Ring H zurückgedrückt, 410 Millimeter Mauerwerk ausgeführt und die Arbeit wiederholt. Auf diese Weise können in gerader Strecke täglich 1,23 Meter Tunnel von 2,43 Meter inneren und 2,84 Meter äusseren Durchmesser hergestellt werden. Sich etwa entgegenstellenden Steinen begegnet man dadurch, dass man die hölzernen Fachwerksbretter herausnimmt.

VI.

Ueber Bergeisenbahnen, besonders über die Rigi-Eisenbahn mit Zahnradbetrieb.

Bekanntlich wird die Arbeit des Dampfes, d. i. die Zugkraft der Lokomotive, übertragen durch die Adhäsion der Triebräder auf den Schienen; diese Adhäsion aber ist das Resultat der Belastung derselben und der Reibung der Räder auf den Schienen.

Die Belastung der Räder ist aber eine begrenzte, ebenso ist die Grösse der Reibung von den Witterungsverhältnissen bedingt. Daraus geht hervor, dass auch die Zugkraft der Lokomotive in enge Grenzen gestellt ist und ihren Dienst bei stärkeren Steigungen des Terrains ganz versagt. Gegenwärtig hat man eine Steigung bis zu höchstens $2\frac{1}{2}$ Prozent — unter Annahme des schwersten Bahnzuges — noch für ausführbar gehalten.

Diese Steigungsgrenze ist ein grosses Hinderniss bei Anlage der Eisenbahnen in gebirgigen Gegenden und gebietet die Anlage künstlicher Entwicklungen, kostbarer Tunnels, Ausfahren von Seitenthälern etc. zur Erreichung von Gebirgsübergängen mit einem Wort, bedeutende Bau- und Betriebskosten; zudem müssen viele Gegenden unseres modernen Verkehrsmittels entbehren, die bei der Möglichkeit grössere Steigungen und weniger künstliche Entwicklungen anzuwenden, dasselbe haben könnten.

Die Neuzeit ist bemüht gewesen, diese Unvollkommenheit des Eisenbahnwesens zu beseitigen: die Lokomotive auch für Bergbahnen durch zweckmässige Vermehrung der Adhäsion brauchbar zu machen.

Von denjenigen Bergeisenbahnen, welche in Ausführung gekommen, sind zu erwähnen das System *Fell*, das System mit Zahnradbetrieb und als besonders wichtig und interessant erwähnen wir ausserdem noch das System *Larmanjat* und *Weltli*. (System *Agudio* ist bereits oben erwähnt.)

Das System *Fell* haben wir bereits oben beim Bau des Mont-Cenis-Tunnels erwähnt. Wie dort gesagt, erfolgte die Verbindung der Endpunkte der französischen und italienischen Bahn (St. Michel und Susa) Anfangs durch Diligencen, welche auf dem Wege über den Mont-Cenis, besonders während des Winters, häufig mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen hatten.

Zur Herstellung einer besseren Kommunikation bis zur Vollendung des Mont-Cenis-Tunnels machte der Ingenieur *Fell* der französischen und der italienischen Regierung im Auftrage von *Brassey & Comp.* den Vorschlag, ein ihm patentirtes Bergeisenbahnsystem zur provisorischen Beförderung über den Mont-Cenis anzulegen. Dieses System war bei vorläufigen Versuchen auf der Cromford- und High Peak-Eisenbahn in Derbyshire als ausführbar befunden worden, ohne dass es indess bis dato Anwendung gefunden.

Die französische Regierung genehmigte den Bau einer Bahn nach *Fell's* Patent unter der Bedingung, dass eine Versuchslinie dessen Ausführbarkeit konstatiere.

Zu diesem Behufe legte nun *Fell* eine Versuchslinie zwischen Lanslebourg und dem Gipfel des Mont-Cenis an, die 1960 Meter lang war, mit einer durchschnittlichen Steigung von $\frac{1}{13}$, im Maximum von $\frac{1}{12}$; die Bahn machte u. A. eine Kurve von 40 Meter Radius; sie liegt fast überall auf der Seite der Mont-Cenisstrasse, von welcher sie $3\frac{1}{2}$ —4 Meter der Breite einnimmt. Ein dreimonatlicher Betrieb geschah ohne jeglichen Unfall.

Auf Grund dieser günstigen Versuche wurde *Fell* die Konzession zum Bau seiner provisorischen Bergeisenbahn von Lanslebourg bis Susa ertheilt unter der Bedingung, dass deren Betrieb mit Eröffnung des Mont-Cenis-Tunnels eingestellt und die Mont-Cenisstrasse wieder in ihrer frühern Gestalt hergestellt werde.

Die Kosten der ganzen Linie von St. Michel bis Susa, 77 Kilometer, waren vom Ingenieur *Brunlees* auf 8 Millionen Franks veranschlagt.

Die von *Fell* vertretene Gesellschaft übernahm den Bau ohne jegliche Unterstützung der beiden beteiligten Regierungen.

Die durchschnittliche Steigung betrug $\frac{1}{25,6}$ im Maximum $\frac{1}{12}$.

Der Oberbau ist der gewöhnliche, indess befindet sich in der Mitte des Geleises eine höherliegende Mittelschiene, die aus Schmiedeeisen gefertigt, auf theils guss-, theils schmiedeeisernen Stühlen ruht, welche letztere auf einer durchgehenden mit den Querschwellen verholzten Langschwelle befestigt sind.

Diese Mittelschiene hat einen doppelten Zweck, sie soll erstens die Zugkraft der Lokomotive durch die gegen dieselbe gepressten horizontalen Triebräder unabhängig vom Lokomotivgewichte vermehren, zweitens bei scharfen Kurven ein Entgleisen derselben unmöglich machen. Sie ist auf allen Strecken der Bahn gelegt, welche grössere Steigungen als $\frac{1}{30}$ und allen Kurven, deren Radien geringer sind als 100 Meter.

Die Lokomotiven der Fellbahn haben neben den vier vertikalen noch vier horizontale Triebräder. Es sind zwei Konstruktionen derselben in Anwendung gekommen. Die Konstruktion *Gouin* arbeitet mit zwei Zylindern, bewegt mit den Kolbenstangen direkt die horizontalen Triebräder und setzt eine horizontale Welle in schwingende Bewegung; an dieser Welle sitzen, durch eine Kurbel befestigt, die Schubstangen der vertikalen Triebräder. Nach diesem Systeme bewegen sich die horizontalen Triebräder auch dann, wenn keine Mittelschiene auf dem Bahngeleise liegt.

Die Konstruktion *Caül* umgeht diesen Uebelstand durch Anwendung von vier Zylindern, zwei innen und zwei aussen, wovon jene zwei die horizontalen, diese zwei die vertikalen Triebräder drehen. Freilich verlangt diese Konstruktion von dem ohnehin schon stark beanspruchten Lokomotivführer noch grössere Aufmerksamkeit.

Die horizontalen Räder werden mit einem Druck von je 4—10 Tonnen, die vertikalen mit je 4—6 Tonnen belastet. Beide, horizontale und vertikale Triebräder sind mit Bremsen versehen, die Lokomotiven mit vier Zylindern arbeiten mit Gegendampf nach *Lechatelier*.

Auch die Wagen haben je zwei Bremsen, eine gewöhnliche Backenbremse zum Bremsen von vier Rädern und eine Zangenbremse, die ihre Backen gegen die Mittelschiene presst; bei jener findet die Uebertragung von der Kurbel durch Seil und Hebel, bei dieser durch eine Kette statt.

Die Personenwagen haben zum Theil zwei, zum Theil drei Achsen, zwei Längssitze à la Omnibus, nicht zu öffnende Fenster und tragen unten zwei Rollen, welche, indem sie die Mittelschiene umfassen, vor dem Entgleisen schützen.

Da der Verkehr in der Hochregion häufig durch Lavinestürze und Schneestürme erschwert wird, ist mit der Diligence ein Abkommen getroffen, nach welchem diese die Beförderung dann übernimmt. Die Fahrpreise sind hoch und betragen für die Strecke von 11 Meilen (St. Michel—Susa) I., II. und III. Klasse beziehentlich 15, 12 und 10¹/₂ österr. Gulden.

Die Baukosten der Fellbahn sind sehr gross und betragen inklusive Betriebsmaterial pro Meile zirka 500,000 österr. Gulden.

Als Mängel des Systems *Fell* werden aufgezählt: grosse Komplizirtheit der Lokomotiven und schwierige Bedienung derselben, grosses Gewicht derselben, da zur Hervorbringung des Horizontaldruckes starke Mechanismen erforderlich, endlich starke Streckung der Mittelschiene und leichte Lockerung derselben durch die Vertikalbewegungen der an der Lokomotive sitzenden Horizontalräder.

Da die Konzessionsurkunde der Fellbahn nur bis zur Vollendung der Frejusbahn reicht, so hat sie ihre Fahrten am 16. Oktober 1871 eingestellt.

Siehe System *Agudio* etc. bei St. Gotthard-Tunnel.

Larmanjat wendet eine einzige Mittelschiene an. Lokomotive und Waggon haben kreuzweis angeordnete Räder, derart, dass die beiden in der Achse des Zuges angebrachten Räder auf der Schiene laufen und als Leiträder dienen, während die beiden anderen seitlichen Räder die Last tragen, bei der Maschine also Triebräder sind, bei den Wagen lediglich das Umfallen hindern. Die Leiträder der Lokomotive laufen mit Kehlen auf der Schiene, die beiden Seitenräder haben flache Felgen und bewegen sich auf Langschwelen. Auf horizontalem Terrain ruht der grösste Theil des Gewichtes der Maschine auf den Leiträdern, geht sie bergauf oder bergab, so ist der Führer im Stande, die Adhäsion der Seitenräder zu reguliren, indem er das vordere Leiträder hebt oder senkt.

Wettli's System ist dem später beschriebenen Zahnradsystem ähnlich. Die Zähne des Rades werden aber ersetzt durch Schraubengänge, während diejenigen der Zahnstange entsprechend der Steigung dieser Gänge schräg gestellt sind.

Wettli nennt sein Rad daher Schraubenrad, die Gänge desselben Felgen und die Schiene Zahnschiene auch Leitschiene. Das Schrauben- oder Triebäder hat

rechts und links gewundene Gänge oder Felgen mit grosser Steigung, derart, dass die Walze, auf welche die Felgen aufgewunden sind, ein fünf- bis sechsfaches Gewinde zeigen würde, es sind jedoch nur zwei von der Mitte aus nach rechts und links gewundene Gangstücke benutzt, welche gerade nur so lang sind, dass die Verbindung mit den, gleichlange abgewinkelte Gangstücke in fortwährender Wiederholung bildenden Zahnschienen beim Fortwalzen nie unterbrochen wird. Das Bahngestänge lässt sich daher vergleichen mit einer Leiter, deren Sprossen in der Mitte unter einem bestimmten Winkel abgeknickt sind¹⁾.

Bei Steigungen von 4—7 Prozent ist die Anwendung eines oder zweier Schraubenräder angenommen, welche ohne Erhöhung des Lokomotivgewichtes eine grössere Zugkraft ausüben, die durch eine besondere Vorrichtung gehoben oder gesenkt werden können. Diese Schraubenräder sollen nur den Ueberschuss der Zugkraft über denjenigen Theil übernehmen, den die Triebräder in Folge ihrer Adhäsion ausüben.

Als Hauptvortheile des Systems *Wettli* werden hervorgehoben²⁾:

1) Die konstante Ausnutzung der Dampfarbeit.

Da die Leitschienen eine Art Keil zwischen den Felgen bilden, so können die Schraubenräder nicht gleiten und schleifen; sie rollen nur, ebenso können auch die vertikalen Triebräder nicht schleifen. Dadurch sind zwei Vortheile erreicht:

2) Durch die Verhinderung des Gleitens der Triebräder und Schraubenräder ist die Leistungsfähigkeit oder die effektive Arbeit der Maschine vergrössert.

3) Die Schienenabnutzung wird bedeutend vermindert.

VII.

Die Rigi-Eisenbahn mit Zahnradbetrieb.

Länger als 10 Jahre beschäftigte den geistigen Urheber der Rigibahn, den Ingenieur *Riggenbach*, Direktor der Schweizerischen Zentralbahn-Werkstätte in Olten, der Plan einer Alpenüberschienenung; schon 1862 erhielt er für Frankreich ein Patent für Berglokomotiven mit Zahnradbetrieb, ohne dass es ihm gelingen wollte sein Projekt zu verwirklichen. *Riggenbach* benutzte die Zeit, um weitere Versuche an Modellen zu machen und Erfahrungen über Berglokomotiven verschiedener Systeme, die beste Konstruktion der anzuwendenden Zahnstange, deren Ausdehnung bei verschiedenen Temperaturen und andere Konstruktions- und Betriebs-Details zu sammeln. In Verbindung mit dem Ingenieur *Olivier Zschocke* aus Aarau veröffentlichte er 1868 die Flugschrift: „Überschienenung der Alpen mit Zahnradbetrieb“, welche u. A. auch dem eidgenössischen Generalkonsul *Hitz* in Washington übersandt wurde. *Hitz* berichtete in Folge dessen an den Bundesrath in Bern, dass ein ähnliches Projekt, nämlich eine Bergbahn auf den 1700 Meter hohen Mount Washington bei Boston nach gleichem System mit einer Steigung von 33 Prozent bereits in Ausführung begriffen sei.

Ermuthigt durch diese Nachricht, trat *Riggenbach* auch seinem Projekte einer Rigibahn näher, es gelang ihm in Verbindung mit *Zschocke* den Oberst *Näff* in

¹⁾ Der Maschinenbauer 1870. 190.

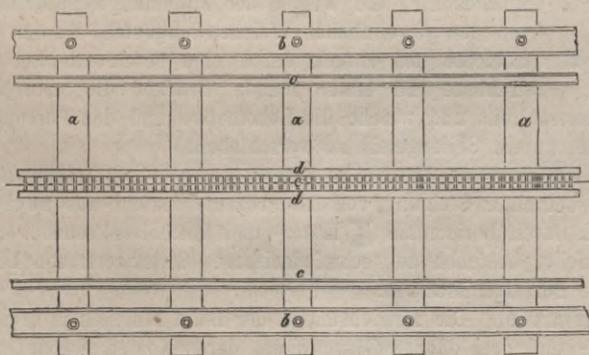
²⁾ *Harlacher, A. R. Wettli's Eisenbahnsystem.* Zürich 1871. Organ für das Fortschreiten des Eisenbahnwesens 1872. 44.

St. Gallen für dasselbe zu interessiren. Auf Veranlassung dieser Männer ging der Ingenieur *Grüner* aus Zürich nach Amerika, um die Bahn am Mount Washington an Ort und Stelle zu studiren und seinerzeit über die Erfolge des Unternehmens zu berichten. Der Bericht dieses Technikers über genannte Bahn lautete derart günstig, dass man, nachdem die Luzerner Regierung und der Bund die Konzession zur Anlegung und zum Betriebe einer Eisenbahn an dem südlichen Abhange des Rigiberges ertheilt hatte, zur Bildung einer Aktiengesellschaft schritt, welche das erforderliche Kapital von 1,250,000 Franks in kurzer Zeit bis zum 22. September 1869 aufbrachte; die Bahn würde jedenfalls im Laufe von 1870 vollendet worden sein, wenn nicht der Ausbruch des deutsch-französischen Krieges die Lieferung der Schienen aus Frankreich gehemmt und die Eröffnung bis zum Mai 1871 verzögert hätte.

Was nun die Anlage der Rigibahn betrifft, so nimmt dieselbe ihren Anfang unmittelbar am Vierwaldstädtersee am Landungsplatze der Dampfschiffe zu Vitznau mit einer horizontal liegenden 12 Meter grossen Drehscheibe (Lokomotivwagenschuppen und Bahnhofgebäude), durchläuft dann mit einer Steigung 1 : 15 den Ort Vitznau, geht oberhalb desselben gegen die Wand der Rothfluth allmählig in eine Steigung von 1 : 4 über, welche sie mit vielfachen Kurven von 180 Meter Radius und mit kürzeren Unterbrechungen durch 1 : 4 $\frac{1}{2}$ bis 1 : 4 bis zur Höhe des Kaltbades beibehält. Oberhalb der Rothfluth führt die Bahn durch einen in Nagelfluth gesprengten Tunnel von 75 Meter Länge, überschreitet dann eine etwa 23 Meter tiefe Schlucht, das Schnurtobel, mittelst einer 76,5 Meter langen zierlichen Eisenbrücke aus drei Oeffnungen mit à 25,5 Meter Spannweite, um in der Mitte der Bahnlänge auf zirka 600 Meter Höhe die Ausweichestelle (Station Freibergen) zu erreichen und weiter aufwärtssteigend am Rigikaltbad Station „Gatterli“ an der Schwyzer Grenze einstweilen ihr Ende zu nehmen, sodass die ganze Länge der Bahnstrecke 5340 Meter, die Niveaudifferenz der beiden Endpunkte 1200 Meter beträgt.

Oberbau. Die Erdarbeiten boten theilweise nicht geringe Schwierigkeiten dar, als grosse Felssprengungen, zahlreiche hohe Stützmauern, Erd- und Steintransporte, Durchlässe bis zu 6 Meter Weite in Granit ebenso eine Menge Wegeüberführungen nöthig wurden und die Transporte weder bergauf noch bergab durch Karren geschehen konnten. Man bewerkstelligte daher dieselben nur bergab oder seitwärts und zwar mittelst leichter Schlitten, die auf einer schlüpfrig erhaltenen Fahrbahn herunterglitten und bergauf von zwei Männern getragen wurden. Der

Figur 41.

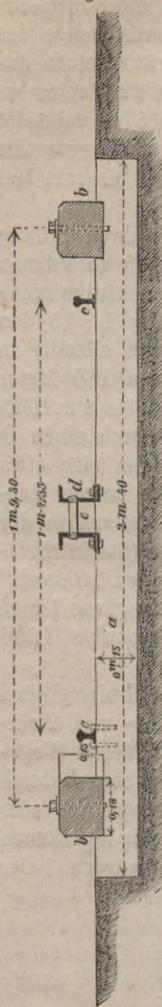


zum Bau benutzte Granit wurde von den über die Höhe verstreuten zahlreichen erratischen Blöcken, welche theilweise herunterzustürzen waren, geliefert.

Der eigentliche Oberbau besteht nur aus eichenen unpräparirten Querschwellen.

von 2,40 Meter Länge in Entfernungen von 0,75 Meter; diese Schwellen sind ausserhalb der Schienen durch aufgeschraubte tannene und mit Theer bestrichene Langschwelen zu einem festen Rost verbunden. Die Querschwellen sind alle drei Meter entweder in den festen Felsen eingehauen und verkeilt oder in Granitquadern eingelassen und vergossen, um so dieselben vor Verschiebungen hinlänglich zu sichern. Figur 41 und 42.

Figur 42.



Ueber die Querschwellen laufen leichte Vignoleschienen von 80 Millimeter Höhe, 65 Millimeter Breite am Fuss, 37 Millimeter Breite am Kopf und 9 Millimeter Stegdicke, von welchen der laufende Meter $16\frac{2}{3}$ Kilogramm wiegt; an den Stössen sind die Schienen verlascht; die Spurweite ist die gewöhnliche 1,435 Meter.

Zwischen diesen beiden Schienen in der Mitte läuft die Zahnstange, die aus zwei gewalzten \square förmigen, den Rücken gegeneinanderkehrenden Schienen *d*, durch welche die schmiedeeisernen Zähne *e* gesteckt sind. Die Zahnstücke haben 36 Millimeter Höhe, unten 55 Millimeter und oben 36 Millimeter Breite und stecken mit abgedrehten, oben und unten etwas abgeplatteten Zapfen (Figur 42) in den Wänden *d* und sind ausserhalb vernietet. Diese Zahnstange ist aus Stücken von je 3 Meter Länge zusammengesetzt und die Enden zweier Stücke sind durch unterlegte und wohlverschraubte Platten miteinander verbunden.

Proben die man anstellte, um zu erfahren, welche Kraft zum Ausbrechen des letzten Zahnes aus den Seitenwänden erforderlich sei, ergaben, dass 520—860 Zentner Belastung nothwendig waren, ehe der Bruch erfolgte.

Man legte nach den hierbei gewonnenen Erfahrungen die Stossfuge zweier Zahnstangenstücke nicht in die Mitte zweier Zähne, sondern 35 Millimeter von dem oberen und 26 Millimeter von dem unteren Zahne.

Besondere Schwierigkeiten erwuchsen bei der Herstellung der Zahnstange für die Kurven von 180 Meter Radius, bei welchen man natürlich die Zähne konvergierend anordnen musste.

In der Mitte der ganzen Strecke befindet sich die Ausweichestelle, die wegen der Zahnstange natürlich abweichend von den gewöhnlichen Weichen hergestellt werden musste. Man erreichte den Zweck durch eine beschiente um einen Zapfen drehbare 15 Meter langen Brücke, die man mittelst einer

Winde auf Rollen dreht und welche die Lokomotive und den Personenwagen aufnimmt, um sie an ein Seitengeleis zu verschieben.

Die zierliche Brücke über das Schnurtoibel macht einen Bogen von 180 Meter Radius bei einer Steigung von 25 Prozent, besteht aus zwei Blechwänden, die unter sich durch horizontale Γ Eisen- und Flacheisenkreuze verbunden. Die beiden Mittelpfeiler bestehen aus schmiedeeisernen Gitterwerk von 10 Meter, resp. 8 Meter Höhe auf Granitsockeln.

Betriebsmittel. Die Betriebsmittel der Bahn bestehen in drei Lokomotiven, drei Personen- und drei offenen Güterwagen, deren Kosten sich auf zirka 350,000 Thaler belaufen.

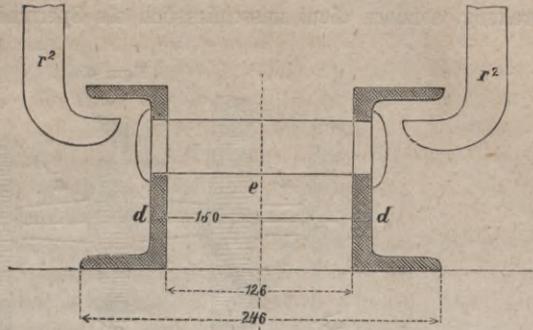
Jeder Personenzug besteht aus einer zweiachsigen Lokomotive und einem zweiachsigen Personenwagen, welcher aufwärts von jener gestossen, abwärts getragen wird; der Zug kann durch gleichbeschreibende kräftige Bremsen momentan

zum Stehen gebracht werden. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt zirka 7,5 Kilometer per Stunde, so dass also die ganze Strecke in zirka $1\frac{1}{4}$ Stunde zurückgelegt wird.

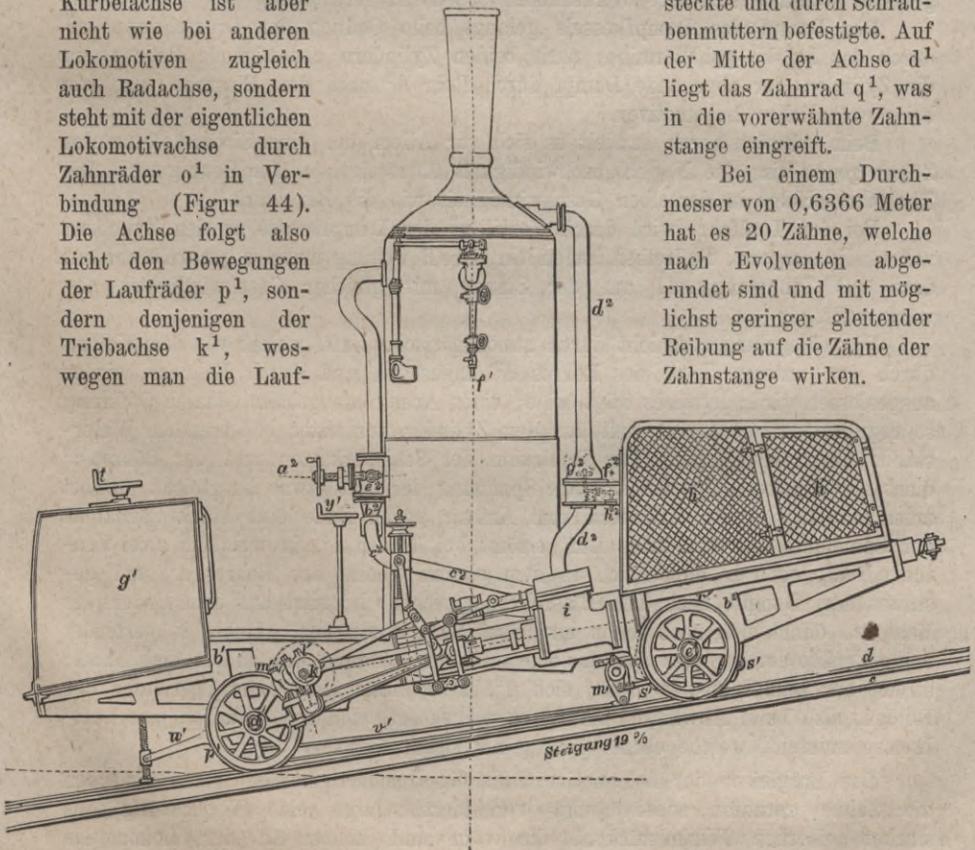
Die Lokomotive (Figur 43) wurde von *Riggenbach* eigens für vorliegenden Zweck konstruiert. Sie hat einen stehenden Röhrenkessel f^1 , welcher auf Eisenrahmen b^1 ruht und solche Lage hat, dass er erst auf der schiefen Bahn bei einer Steigung von etwa 19 Prozent in die vertikale Stellung tritt. Der Tender g^1 liegt auf der bergabwärts gekehrten Seite und trägt den Wasser- und Kohlenkasten; auf entgegengesetzter Seite liegt ein von einem Gitter eingerahmter Behälter h für das Gepäck der Touristen.

Die Lokomotive trägt auf jeder Seite einen Dampfzylinder i^1 , dessen Kolbenstange mit Kurbelachse k^1 auf gewöhnliche Weise verbunden; Exzentriks l^1 und m^1 dienen für die Kulissensteuerung; die Kurbelachse ist aber nicht wie bei anderen Lokomotiven zugleich auch Radachse, sondern steht mit der eigentlichen Lokomotivachse durch Zahnräder o^1 in Verbindung (Figur 44). Die Achse folgt also nicht den Bewegungen der Laufräder p^1 , sondern denjenigen der Triebachse k^1 , weswegen man die Lauf-

Figur 44.



Figur 43.



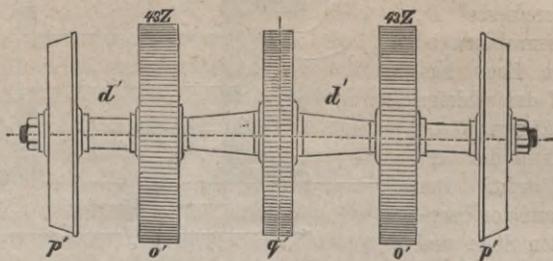
Die Lokomotive trägt auf jeder Seite einen Dampfzylinder i^1 , dessen Kolbenstange mit Kurbelachse k^1 auf gewöhnliche Weise verbunden; Exzentriks l^1 räder p^1 lose auf die Endzapfen der Triebachse steckte und durch Schraubenmuttern befestigte. Auf der Mitte der Achse d^1 liegt das Zahnrad q^1 , was in die vorerwähnte Zahnstange eingreift.

Bei einem Durchmesser von 0,6366 Meter hat es 20 Zähne, welche nach Evolventen abgerundet sind und mit möglichst geringer gleitender Reibung auf die Zähne der Zahnstange wirken.

Da es die ganze Last zu bewegen hat, so ist es aus vorzüglichem Gussstahl hergestellt.

Die zweite Lokomotivachse e' trägt zwei Laufräder r und in der Mitte ein festgekeiltes Zahnrad, wie das vorige q' . Dies Rad erhält keine selbstständige Drehung, sondern dient ausschliesslich als Sperrrad beim Anhalten der Maschine.

Figur 45.



Hierzu trägt seine Achse zwei Bremscheiben, an welche die beiden Bremsbacken s' durch die über dem Tender angebrachte Kurbel t' in die Verbindungsstücke u' , v' , w' angepresst werden können. Eine solche Bremscheibe, deren Backen von y' aus beweglich, sitzt auch auf Triebachse k' . Diese sowie auch die an den Personenwagen befindlichen Bremscheiben sind an ihrer Oberfläche keilförmig gekerbt, wodurch sich ihre Wirksamkeit bedeutend vergrössert.

Der Dampf des Dampfkessels gelangt beim Oeffnen der Drosselklappe a^2 durch das bei b^2 gabelförmige, nach beiden Zylindern abzweigende Rohr c^2 in die Zylinder, der abgehende Dampf durch Rohr d^2 nach dem Blasrohr, also wie bei gewöhnlichen Lokomotiven.

Beim Abwärtsfahren handelt es sich vor Allem um eine Sicherstellung des Zuges gegen eine die Normalgeschwindigkeit übersteigende Beschleunigung. Die Thalfahrt erfolgt in derselben Geschwindigkeit wie die Bergfahrt.

Bei der Thalfahrt wird Ventil x^2 der Dampfzutritt zu den Zylindern vollständig gesperrt, die Kolben laufen leer, ihre Bewegung muss so geregelt werden, dass das Zahnstangenrad auf der Stange mit gleicher Geschwindigkeit abwärts rollt.

Diese Regelung geschieht durch atmosphärische Luft, welche von dem Kolben durch den unteren Theil des Rohres d^2 angesogen und durch Rohr c^2 wieder ausgestossen wird; letzteres trägt bei e^2 einen Ausströmungshahn, dessen Oeffnung so regulirt wird, dass die Luft aus dem Zylinder nur unter bedeutendem Widerstande ausströmen kann. Der Hohlraum der Schieberkasten und der Röhre c^2 dient als Windkessel, worin sich die Spannung der Luft etwas ausgleicht. Dabei muss natürlich in den Zylindern vom Anfang gegen Ende eine starke Zunahme der Spannung eintreten. Die Luft strömt bei Kasten f^2 , in welchem zwei Ventile g^2 h^2 , ein; g^2 öffnet sich in dem oberen Theile des Rohres d^2 und gestattet dem Dampfe nach dem Blasrohr abzuziehen; h^2 sitzt auf dem Boden des Kastens, öffnet sich nach innen und lässt Luft einströmen. Hebel i^2 verbindet beide Ventile derart, dass sich das eine schliesst, während das andere sich öffnet; strömt der Dampf aus, so öffnet sich g^2 , h^2 schliesst sich, beim Leerlaufen der Kolben, also beim Abwärtsfahren ist es umgekehrt, wodurch natürlich eine Luftbremse entsteht, welche ebenso kräftig als sicher wirkt.

Das Entgleisen der Lokomotive, falls ein fremdartiger Gegenstand zwischen die Zähne gerathen sollte, wird verhindert, durch eine Vorrichtung aus starken eisernen Winkelstücken, die vorn und hinten an der Lokomotive

befestigt unter die oberen Flantschen der Zahnstange gleich einer Zange einzugreifen.

Die ganze Maschine mit beladenem Tender wiegt 12,500 Kilogramm.

Personenwagen. Dieselben sind zweiachsrig, enthalten neun Bänke à fünf Sitzplätze; die Sitze sind stark geschweift und derartig angeordnet, dass die Passagiere nur nach einer Seite, beim Ansteigen rückwärts, beim Absteigen vorwärts sitzen, so dass die hinten Sitzenden über die Vorsitzenden hinwegsehen können. Jede Sitzreihe hat Seitenthüren, ist bis zur Höhe der Armlehnen geschlossen, dann offen (mit Vorhängen) und einer Decke, auf welcher wiederum noch neun Bänke à zwei Sitzplätze in der Mitte ein Gang angebracht, die von der einen Querseite durch eine Eisentreppe zugänglich und durch Brustwehr nach aussen geschlossen sind.

Am vorderen und hinteren Ende haben die Wagen eine Schraubenbremse, welche von den Wagenwärtlern bedient werden und in derselben Weise mittelst Bremsbacken auf besondere Bremsbacken und schmiedeeiserne Zahnräder wirken, die auf den beiden Laufachsen festgekeilt sind, wie vorhin beschrieben; die Zahnräder greifen wie bei der Lokomotive in die Zahnstange ein.

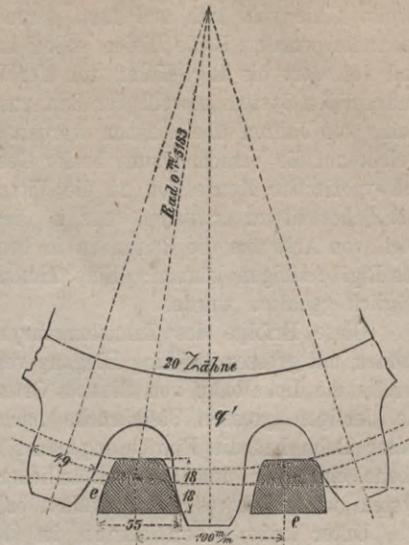
Bei der Rentabilitätsberechnung ist angenommen, dass von den 40,000 Personen, die den Rigi jährlich besuchen, 30,000 die Bahn benutzen; für die Aufahrt sind 5 Franks, die Herabfahrt $2\frac{1}{2}$ Franks, für jedes Stück Gepäck $\frac{1}{2}$ Frank tarifirt.

Die Unternehmer haben die Kosten des Betriebes für 30 Prozent der Bruttoeinnahme auf die Dauer von sechs Jahren übernommen.

In der That war die Frequenz der Rigibahn während der Betriebssaison des Jahres 1871 — vom 23. Mai bis 15. Oktober — eine ausserordentliche, wie der Geschäftsbericht darthut.

Während dieser 146 Tage wurden $60,262\frac{1}{2}$ Personenbillette gelöst; in Vitznau selbst kamen 31,559 Billette zur Ausgabe, was also der Anzahl der Touristen entspricht, die den Rigi mit der Eisenbahn besucht haben. Ausserdem wurden 5437,5 Zentner Gepäck und 32,005 Zentner Güter befördert. Der Personenverkehr brachte 222,479 Franks, das Gepäck 7168 Franks und die Güter 24,081 Franks ein. Die höchste Einnahme ergab der 7. August, wo befördert wurden: bergwärts 545 und thalwärts 425, zusammen 970 Personen. Total-einnahme, mit 141 Franks für Gepäck, 4102 Franks. Personen- und Güterzüge wurden 1992 abgelassen, also durchschnittlich per Tag 13 Züge und für jede der zum Dienst stehenden drei Lokomotiven vier Züge. Die drei Maschinen hatten, da die Bahn 5,4 Kilometer Länge hat, 10,159 Kilometer oder, die Bahn auf ihre virtuelle Länge berechnet, 95,616 Kilometer zurückzulegen. Die Betriebsausgaben betragen 81,190 Franks und der Einnahmeüberschuss 177,033 Franks. Bis zum 31. Oktober erreichten die Baukosten 1,246,156 Franks und werden, in Folge der ferneren Anschaffung von Betriebsmaterial, Bauten in Vitznau u. s. w. auf 1,509,756 Franks steigen, also auf den Kilometer eine Kostensumme von

Figur 46.



annähernd 300,000 Franks. Der Verwaltungsrath beantragt, 5 Prozent Dividende und 5 Prozent Superdividende zu vertheilen, 40,000 Franks für den Reservefond und 12,033 auf neue Rechnung zu übertragen.

In Folge dieser glücklichen Resultate ist denn auch bereits ein Konkurrenzunternehmen im Gange, indem eine in Arth entstandene Rigibahngesellschaft eine zweite Linie von Arth aus baut, deren Unterbau im vorigen Herbst jedoch nicht vollendet wurde. Beide Linien sollen in Staffelhöhe in geeignete Verbindung treten und von dort bis Rigi-Kulm, von der Vitznauer Gesellschaft nach dem bewährten und soliden System sowohl der Bau ausgeführt als der Betrieb auf eine bestimmte Reihe von Jahren übernommen werden. Ausserdem sind Verhandlungen im Werk, welche auf die Verschmelzung beider Gesellschaften, resp. die Abtretung der ganzen schwyzerischen Konzession an die Vitznauer Gesellschaft abzielen. Es ist daher mit Sicherheit zu erwarten, dass in diesem Jahre nicht nur von Vitznau, sondern auch von Arth aus die Reisenden in bequemen Eisenbahnwagen die höchste Spitze des Rigi ersteigen können: Eine Thatsache, welche vor 10 Jahren noch für unmöglich gehalten wurde.

Diese Erfolge des Zahnstangensystems dürften ihm bald auch für Lokalbahnen mit grosser Steigung Eingang verschaffen, wie denn *Riggenbach* thatsächlich bereits die Lokalbahn von Station Ostermündingen (zwischen Bern und Thun) in die dortigen grossen Steinbrüche nach seinem System baut. Die Lokomotive dieser Bahn hat die Einrichtung, dass man das Zahnrad mit Beginn der schiefen Ebene einrücken und auf gewöhnlicher Bahn ausrücken kann. Dies gemischte System wird, falls es sich bewährt, bald weitere Verbreitung finden¹⁾.

Unter „die Eisenbahnen in den letzten Jahren und der Gegenwart“ gibt Professor *Neumann* im Hannöverschen Wochenblatt für Handel und Gewerbe²⁾ eine interessante Uebersicht über die Ausdehnung des Eisenbahnnetzes in den Hauptländern Europas und der Erde, die wir hier reproduzieren.

Staaten.	Ausdehnung des Bahnnetzes in geographischen Meilen.				Auf 1000 Q.-M. entfallen Meilen Länge im Jahr 1869.
	1860	1865	1867	1869	
Grossbritannien und Irland	2262,9	2882,2	2925,8	3132,2	546,3
Deutsche Staaten	1516,3	1815,6	1948,1	2335,7	241,1
Frankreich	1255,9	1828,8	2111,7	2289,0	232,0
Russland	214,4	555,1	732,2	1241,0	12,6
Oesterreich	728,6	868,6	875,3	1148,5	101,9
Spanien	258,2	596,2	768,1	940,2	103,6
Italien	229,7	497,7	672,6	886,1	171,9
Schweden	62,9	185,8	233,4	257,4	32,0
Schweiz	129,7	174,5	176,4	193,4	257,1
Niederlande	34,9	86,5	156,3	184,4	309,2
Portugal	17,6	94,3	97,9	108,2	66,6

¹⁾ *J. H. Kronauer*: Die Rigi-Eisenbahn mit Zahnradbetrieb, Schweizerische Polytechnische Zeitschrift 1870. 6. 151. In besonderem Abdrucke erschienen bei *J. Wurster, Winterthur*.

Heusinger von Waldegg: Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1870. 5. 177.

Scherzer: Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins 1870. 138.

Ziebarth: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1871. 269. 391. Leipziger Illustrierte Zeitung 1871. 215. Kölnische Zeitung, Dezember 1872.

²⁾ Hannöversches Wochenblatt für Handel und Gewerbe 1871, No. 17. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1871. 209. Deutsche Bauzeitung 1872. 294.

Staaten.	Ausdehnung des Bahnnetzes in geographischen Meilen.				Auf 1000 Q.-M. entfallen Meilen Länge im Jahr 1869.
	1860	1865	1867	1869	
Dänemark	14,7	56,4	64,4	64,4	92,7
Norwegen	9,1	32,4	42,4	50,0	8,7
Europäische Türkei	8,9	8,9	38,5	38,5	6,1
Griechenland	—	—	1,4	1,4	1,5
Europa	6976,4	999,09	11190,3	13238,3	

Die Länge der aussereuropäischen Eisenbahnen beträgt nach *Neumann* 13,092 geographische Meilen, die Gesamtlänge der Bahnen der Erde mithin 26330,7 geographische Meilen.

Hiervon fallen auf

Europa	13238,3	geographische Meilen
Amerika	11828,6	„ „
Asien	970,7	„ „
Afrika	174,9	„ „
Australien	118,2	„ „
<hr/>		
26330,7		geographische Meilen.

Von europäischen Gebirgsbahnen sind folgende Data von Interesse:

	Semmeringbahn.	Brennerbahn.	Mont-Cenis (ausserhalb).	Mont-Cenis (-Tunnel) ¹⁾ .
Höchster Bahnpunkt über dem Meere, in Metern	881,536	1367,05	2062,48	1371
Länge der Bahn in Kilometern	41,12	125,239	70,80	12,227
Maximalsteigung	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{45}$

Der Weg von Genua nach Bombay beträgt

um das Kap		über Suez	Differenz	
Seemeilen	Seemeilen	Seemeilen	Tage	
10696	4208	6488	32	

Die am 10. Juni 1869 dem Verkehr übergebene, Nordamerika quer durchschneidende „Zentral Pacific Railroad“ (San Francisco-Omaha) gestattet den Weg von 713 geographischen Meilen (2852 Seemeilen) in $7\frac{1}{2}$ Tagen zurückzulegen, nämlich von

	geograph. Meilen.	Tage,	Stunden.
San Francisco nach Sacramento	26,0	—	5
Sacramento nach Promontory	149,7	1	15 $\frac{1}{2}$
Promontory nach Omaha	235,2	2	11 $\frac{1}{2}$
Omaha nach Chicago	107,2	1	4
Chicago nach New-York	195,0	1	17
Summa	713,1	7	5

¹⁾ Der höchste Punkt des Col de Frejus über der Eisenbahnsohle im Mont-Cenis-Tunnel liegt 3144,7 Meter über dem Meere.

Der Gotthard-Tunnel.

(Fortsetzung von p. 34.)

Zur Ergänzung und Weiterführung des auf pag. 13 beschriebenen, gegenwärtig weitaus bedeutendsten Werkes der Tunnelbaukunst dienen uns als Grundlagen die umfassenden Geschäftsberichte, welche Direktion und Verwaltungsrath des Gotthardunternehmens in den Baujahren 1872—73 und 1873—74 über den Stand der Arbeiten gaben¹⁾, sowie die eingehende Besprechung, welche vom österreichischen Genie-Hauptmann *Christoph Klar* auf Grund seiner Studien an Ort und Stelle dem grossartigen Bau in allen seinen Arbeiten und Anlagen widmet²⁾, endlich die Kritik, die eine Autorität der Tunnelbaukunst, der Ober-Ingenieur *Franz Rziha* demselben zu theil werden lässt³⁾.

Bekanntlich ward die Wahl der Gotthardlinie namentlich durch die Thatsache bestimmt, dass dieselbe in die Zentralschweiz führt, mithin den Interessen der gesammten Schweiz am meisten entspricht, dass ferner diese Linie für die internationale Verbindung von Süddeutschland mit Italien allein in Betracht kommen könne.

Die ziffernmässige Vergleichung von Länge, Kosten etc. der drei in Frage kommenden Projekte Splügen-Chur-Colico, Lukmanier-Chur-Bellinzona, Gotthard-Flüelen-Bellinzona stellte sich nämlich folgenderweise:

Projekte.	Länge.	Gesamtkosten.	Länge des grossen Tunnels.	Kosten desselben.
Splügen-Chur-Colico	107,8	174 Mill. Frks.	16,290	74 Mill. Frks.
Lukmanier-Chur-Bellinzona	128,7	163 „ „	17,400	76 „ „
Gotthard-Flüelen-Bellinzona	110,3	184 „ „	14,900	68 „ „

Wesentlich entscheidend für die Wahl war dann noch die Höhenlage der Gotthard-Linie. Man hatte sich einmal für einen langen Tunnel entschieden, der

¹⁾ Bericht des Schweizerischen Bundesraths an die bethelligten Regierungen.

²⁾ Die Arbeiten und Maschinenanlagen am St. Gotthardtunnel von *Chr. Klar*, Zeitschr. d. österr. Ingen. u. Architekt.-Ver. 1875. 61. 101.

³⁾ Beurtheilung des St. Gotthardtunnelbaues von *Fr. Rziha*. Zeitschr. d. österr. Ing. u. Architekt.-Ver. 1875. 66.

Ausser diesen Arbeiten finden sich während der Jahre 1873, 74, 75 u. a. Notizen und längere Artikel über den Bau in: Zeitschr. d. Architekt. u. Ing.-Ver. zu Hannover 1873. 147. 307. 623. 1874. 586. *Romberg's* Zeitschr. 1874. 375. Neue Deutsche Gewerbezt. 1874. 59. 82. Allgem. deutsche Polyt. Zeitg. 1875. 88. Zeitschr. d. bayer. Ing.- u. Archit.-Ver. 1874. 1. 40. 61. 733. 91. 125.

allein einen rationellen Betrieb ermöglicht und es ergab eine Vergleichung der Höhenlagen, dass der Gotthardtunnel

120,3 M. niedriger liegen würde als der	Lukmanier,
134,2 „ „ „ „ „ „	untere Splügen,
437,5 „ „ „ „ „ „	obere „
475,5 „ „ „ „ „ „	Septimer.

Man entschied sich also für den niedriger liegenden, wenn auch längeren Gotthardtunnel.

Der ganze Bau der Gotthardlinie wurde von der Direktion der Gotthardbahn-Gesellschaft in 3 grosse Sektionen eingetheilt:

I. Flüelen-Biasca	97,200 Kilom. =	109,189,754 Franks,
II. Flüelen-Luzern	62,296 „ =	26,842,322 „
III. Biasca-Camerlata	97,480 „ =	42,962,152 „
Summa	256,976 Kilom. =	178,994,228 Franks.

Selbstverständlich musste zuerst auf die Inangriffnahme des Tunnels das Augenmerk gelegt werden und es sei hier ergänzend bemerkt, dass für den Bau desselben 23 Offerten eingegangen waren, wovon 7 in engere Wahl kamen und zwar:

Die „*Societa Italiana*“ mit *Grattoni* vom Mont-Cenis-Tunnel, dann *Munseu* in Paris, Firma *Humboldt* bei Deutz, die *Patent Tunneling Comp.*, die *Tunneling Comp.*, die Firma *Grandjean* und der Unternehmer *Favre* in Genf.

Den Sieg errang bekanntlich *Favre*.

An der Spitze der topographischen Sektion des Baues, welcher die Ausführung des markscheiderischen Theiles oblag, steht der Ingenieur *O. Gelpke*, der sich seit 1869 mit der Feststellung der Höhenlage und Richtung des Tunnels beschäftigte. Die definitive Tunneltrace weicht bei Airolo um 70 M. von der ersten Trace ab, so dass die verlängerte Tunnelaxe im Süden auf Genua, im Norden auf Zürich, Karlsruhe, Mainz, Osnabrück und den Jadebusen fällt. Station Airolo liegt in 1145 M., Station Göschenen in 1109 M. Höhe; die Tunnellänge beträgt 14900 M. und inkl. des Richtungsstollens bei Airolo 14,920 Meter. Der ganze Tunnel wird zweigeleisig hergestellt und mit Ausnahme einer am Südportale liegenden 145 M. langen Strecke, die eine Kurve von 300 M. Krümmungshalbmesser macht, geradlinig hergestellt werden. 25 M. vom nördlichen Tunnelportale bei Göschenen wird die Bahn auf 7457 M. Länge mit 5,82 % steigen, sodann durch 180 M. horizontal bleiben, dann mit 1 %, d. h. so viel, als zum Wasserablauf unbedingt nöthig ist, auf eine Länge von 7400 M. bis zu der um 112 M. vom Südportale des Tunnels entfernten Station Airolo fallen.

Folgende Tabelle gibt eine Uebersicht der Höhenlagen der verschiedenen Alpenbahnen.

Name der Bahn.	Benennung d. einzelnen Punkte der Bahn.	Seehöhe in Metern.	Scheitelhöhe in Metern.	Passhöhe in Metern.
Semmering-Bahn	Gloggnitz	438,9	895,3	1003,1
	Mürzzuschlag	681,6		
Brenner-Bahn	Innsbruck	578,9	1367,1	1382,9
	Bozen	262,2		
Mont-Cenis-Tunnel	Bardonnèche	1202,82	1338,43	2064,0
	Modane	1335,0		
St. Gotthard-Tunnel	Airolo	1145,0	1152,4	2113,0
	Göschenen	1109,0		
Arlberg-Bahn (Projekt)	Bludenz	559,1	1267,0	1787,0
	Westseite (Mundloch)	1210,0		
	Ostseite (Mundloch) .	1260,0		
	Landeck	788,0		

Von den kolossalen Schwierigkeiten, welche bei dem Bau der Gotthardbahnlinie zu überwinden sind, gibt die Thatsache Kenntniss, dass dieselbe im Ganzen 93 Tunnel umfasst in der Gesamtlänge von 39,346 Meter, dass also 15 % der ganzen Linie (etwa $\frac{1}{7}$ der ganzen Bahn) unterirdisch geführt werden muss.

Betrachten wir alle die Anlagen und Arbeiten etwas eingehender, durch welche das bedeutendste Werk der gegenwärtigen Tunnelbaukunst seiner Vollendung entgegengeführt wird, so müssen wir vorausschicken, dass demselben alle Erfahrungen, welche beim Durchbruch des Mont-Cenis gemacht wurden, zu statten kamen und es also wohl nicht zu gewagt erschien, wenn der Unternehmer des Baues mit seinen Berechnungen und Voraussetzungen betreffend die Kosten und Vollendung des Baues dort anknüpft, wo man mit Beendigung des Mont-Cenis-Tunnels stehen geblieben. Unter den Faktoren, welche zum Gelingen des Mont-Cenis-Tunnels wesentlich beitrugen, standen oben an die ausgedehnteste Benutzung der mechanischen Bohrung und neu konstruirte und vervollkommnete Bohrmaschinen, sowie die Benutzung komprimirter Luft zum Betriebe derselben, endlich die Benutzung der zur Verfügung stehenden Wasserkraft und deren Umsetzung in Spannkraft komprimirter Luft. Waren dafür eine Reihe völlig neuer Maschinen ersonnen, so hatten sich dieselben noch im Verlauf der Zeit wesentlich vervollkommenet; dies gilt namentlich für die seit jener Zeit allgemein in Aufnahme gekommenen Gesteinsbohrmaschinen. Freilich musste für die Arbeit des Gotthard-Tunnels mit Rücksicht auf das zu durchbrechende sehr harte Gestein, das zu benutzende Terrain zur Aufstellung, auf die zur Verfügung stehenden Wasserkräfte, endlich mit Rücksicht auf etwaige Elementarereignisse, namentlich beträchtlichen Wasserandrang, vorgegangen werden, und konnten erst eine Reihe von speziellen Erfahrungen, die man durch Versuche bei diesem Bau gewonnen, über die zweckmässigsten Anlagen und Maschinen entscheiden.

Die Kraft der von den Hochalpen herabstürzenden Wasser wird ausgenutzt, indem dieselbe an Kraftmaschinen übertragen wird, welche sie durch die Kompressoren in Spannkraft der Luft umsetzen. Die komprimirte und sich dann ausdehnende Luft treibt die Kolben der Bohrmaschinen, erzeugt also die Arbeit. Hieraus geht hervor, dass wir einen Ueberblick über die ganze Thätigkeit des Gotthardtunnelbaues erhalten werden durch Betrachtung: 1) der Art, wie die Kraft des fallenden Wassers zur Verfügung gestellt wird, 2) der Kraftmaschinen (Turbinen, Tangentialräder), welche die Wasserkraft anwendbar machen, 3) der Komprimirung der Luft (Kompressoren), 4) der allgemeinen Anordnung, 5) der Bohrarbeit und Herstellung des Stollens, 6) der Fortschritte des Baues und geologischen Verhältnisse, 7) der Beurtheilung des Baues und seiner Anlagen. An diese Kapitel schliesst sich dann als Anhang 8) südlicher Theil der Gotthardbahn.

1. Die Wasserkraft.

Die Kraft wird geliefert auf der Nordseite durch das Wasser der Reuss, das den Turbinen mit einem Gefälle von 93 Meter zuläuft. Das kleinste Wasserquantum der Reuss beträgt per Sekunde 1200 Liter; es stehen also bei Göschenen, das nützliche Gefälle zu 85 M. gesetzt, mindestens $\frac{12 \cdot 85}{75} = 1360$ effektive Pferdekräfte zu Gebote.

Um dies Wasser zu sammeln, war ein Bassin im Bette der Reuss herzustellen, welches ein nützliches Gefälle von 85 M. ermöglichte, dann aber auch gegen herab-

fallende Felsblöcke und Gesteintrümmer sowie gegen Schnee- und Eismassen des Winters geschützt ist. Die natürlichen Verhältnisse ausnutzend, legte man das Bassin etwas mehr als 93 M. über die Turbinen, dort wo der Strom durch mächtige Felsblöcke in 2 Arme getheilt wird. An die Blöcke lehnte man gemauerte Dämme und gewann so, das in Figur 47 dargestellte Reservoir. Vorn an demselben sind 2 Schleusen, von denen die eine an der Einmündung der Wasserleitung in das Bassin, die andere, welche zum Ablass der sich sammelnden Ablagerungen dient, seitlich der erstern angeordnet ist. Zwei hölzerne Gitter schützen die Wasserleitung gegen Schnee und schwimmende Körper, der Damm W ist als Ueberfallwehr ausgeführt, damit über denselben der Wasserüberschuss in die Reuss abfließe.

Aus dem Bassin fließt das Wasser mittelst eines gemauerten Kanales von 0,95 Meter Querschnitt und 130 Meter Länge — Figur 48 — in ein gemauertes überwölbtes Filter, das im Innern 12 Meter lang, 2 Meter breit und durchschnittlich 6 Meter hoch ist. Wie die Figuren 49, 50, 51 erkennen lassen, ist das Filter durch 2 Quermauern P und O in drei im oberen Raume stets kommunizirende Kammern getheilt, welche jedoch auf der Sohle durch Oeffnen der für gewöhnlich durch Schützen geschlossenen Kanäle c und d in Verbindung zu setzen sind. Zwei hölzerne Wände R und R' sind so im Filter aufgehängt, dass sie bis 2 Meter vom Boden hinabreichen.

Die Kanäle c, d, ebenso b (in der dritten Kammer) werden zur Entfernung etwaiger Ablagerungen von Zeit zu Zeit geöffnet.

Durch diese Einrichtung des Filters ist das Wasser zu einem längern Aufenthalte darin gezwungen, lagert dabei seine Verunreinigungen ab und gelangt dann in die eiserne Rohrleitung ST von 0,85 Meter innerem Durchmesser, welche theils bedeckt, theils frei längs der Gotthardstrasse gelegt ist und eine Länge von 650 Meter hat. 150 Meter vor Eintritt in die Turbinen theilt sich der Röhrenstrang in 2 Arme, deren jeder 2 Turbinen speist. Die Länge der ganzen Leitung beträgt 930 Meter.

Auf der Südseite des Tunnels bei Airolo benutzt man als bewegende Kraft das Wasser der Tremola (vergl. das Kärtchen p. 16), die per Sekunde ein Minimalquantum von 200 Liter, bei einem Gefälle von 185 Meter — wovon 165 Meter effektiv — also

$$\text{mindestens } \frac{165 \cdot 200}{75} = 440 \text{ effektive Pferdekraften zur Verfügung stellt.}$$

Figur 47.

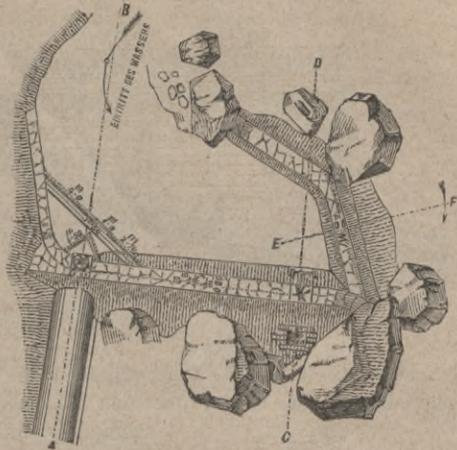
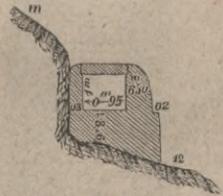
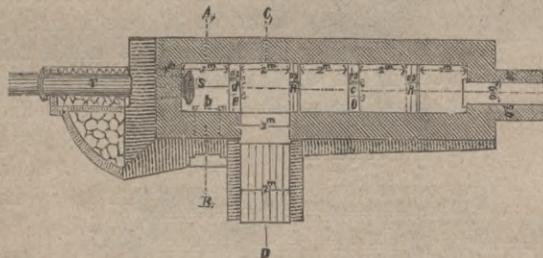


Fig. 48.



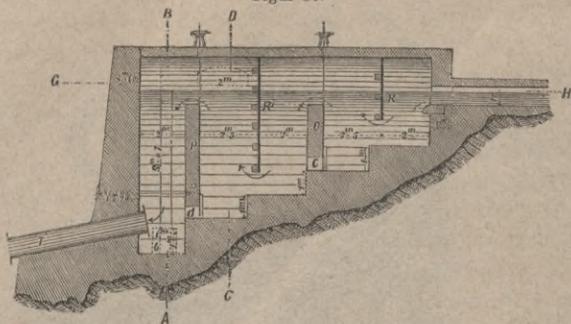
Figur 49.



Neuerlich leitet man aus dem Tessin etwa tausend Liter mit einem Gefälle von 90 Meter den Kraftmaschinen zu und gewinnt dadurch etwa 1080 effektive Pferdekräfte.

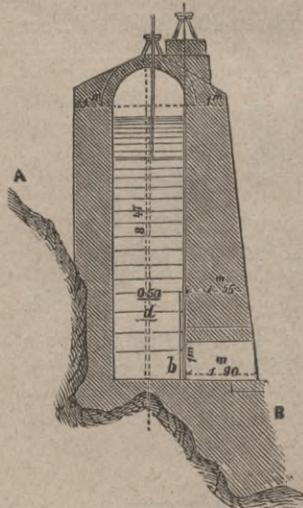
Die Anlage zur Nutzbarmachung der Wasserkraft der Tremola an der Südseite war noch schwieriger herzustellen wegen des zerrissenen, aufgewühlten, engen, tiefeingeschnittenen Bettes der Tremola und der Felsabrutungen, im Winter der Lawinenstürze, denen dieselbe ausgesetzt. Die Schwierigkeiten werden erhöht durch kolossale Schneeanhäufungen im Winter, die beispielsweise 1873 eine Dicke von 20 Meter hatten, und welche nicht selten die Tremola zur Aufsuchung eines neuen Abflusses zwingen.

Figur 50.



Für die Wasserableitung wählte man unter Erwägung aller Faktoren eine Stelle, die ca. 437 Meter über den Turbinen liegt, legte Anfangs für die Wassersammlung ein Wehr und im Oktober 1874 eine Wehrmauer in der Tremola an. Der Situationsplan

Figur 51.



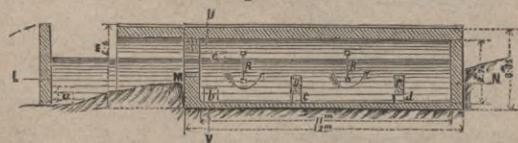
Figur 64 orientirt über die Anlage.

Das Wasser läuft aus dem Bassin anfänglich in einen gemauerten Kanal, dann wegen des sumfigen Terrains in einer Länge von 620 Meter in einen hölzernen mit Erde überdeckten Kanal mit einem Fall von 2—4‰ ab; weiterhin benutzt man das Bett des Chieso-Baches, in welchem das Wasser bis in das Filterreservoir 180 Meter über den Turbinen weiter geht.

Die Figuren 52, 53, 54 zeigen das Filterreservoir; a ist ein in dem Wehr angebrachter Kanal, der mittelst Oeffnen der zugehörigen Schütze die Abfuhr der Ablagerungen gestattet. Das gewölbte Reservoir kommuniziert im oberen Theile mit dem soeben erwähnten Vorraum und ist durch 2 Quermauern O und P in 3 Kammern getheilt; in den ersten Kammern ist je eine hölzerne Scheidewand R, R' aufgehängt und sie dienen zur mechanischen Reinigung

des Wassers, während die 3. Kammer die Wasserleitung aufnimmt. Die sich ansammelnden Ablagerungen werden durch zeitweises Oeffnen der Kanäle c, d und b fortgeschafft, der Wasserüberschuss läuft durch Oeffnung e nach e' b' ab.

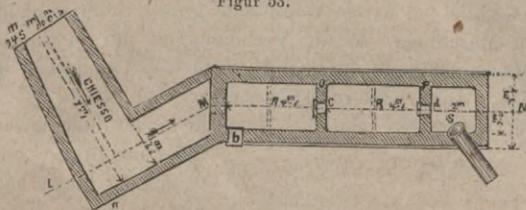
Figur 52.



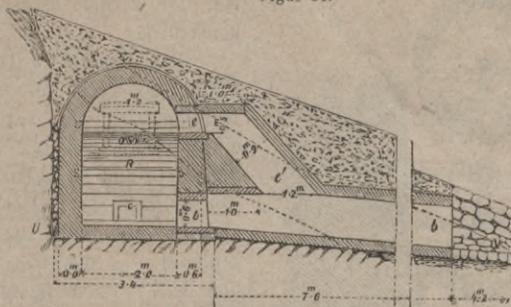
Das Wasser wird aus der letzten Kammer durch eine gusseiserne Leitung von 0,62 Meter Durchmesser und 841,75 Meter Länge, die meist auf solidem Mauerwerk ruht, an die Tangentialräder abgeführt. Die Länge der ganzen Leitung von dem natürlichen Wehre bis zu den Turbinen beträgt 2300 Meter.

Das Wasser aus dem Tessin wird bei Fontana im Bedrettothale entnommen und durch einen offenen hölzernen Kanal von 3077,6 Meter Länge und 0,6 □M.

Figur 53.



Figur 54.



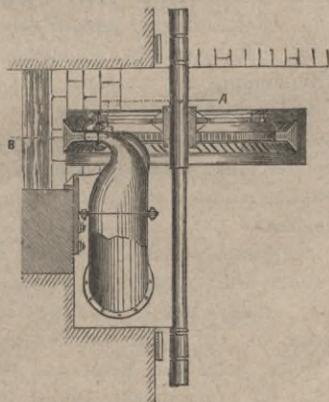
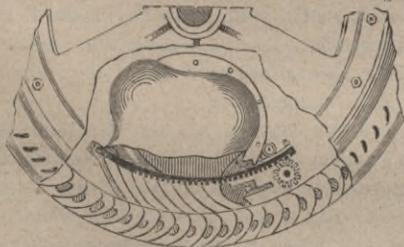
Querschnitt in ein an der Gotthardstrasse gelegenes Filterreservoir geleitet, und läuft von hier in einer eisernen Röhrenleitung von ca. 700 Meter Länge nach dem oberen Turbinensystem.

2. Die Kraftmaschinen (Turbinen und Tangentialräder).

Zur Nutzbarmachung dieser eben in ihrer Gewinnung angedeuteten Wasserkraft mussten natürlich die passenden Kraftmaschinen konstruirt und angewandt werden und entschied man sich für *Girard'sche* Turbinen und Tangentialräder.

Die auf der Nordseite bei Göschenen angewandten 4 *Girard'schen* Tur-

Figur 55.



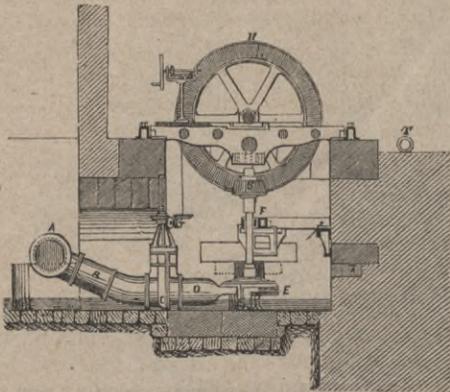
binen mit vertikaler Aufstellung und innerer Beaufschlagung wurden von der Firma *B. Roy & Co.* in Vevey geliefert und ist eine derselben in Figur 55 abgebildet.

Jede dieser Turbinen ist für 300 Liter Wasser per Sekunde mit 85 Meter Gefälle konstruirt und liefert eine effektive Kraft von 250 Pferdekraften, also einen Nutzeffekt von 76 %. Ihr äusserer Durchmesser beträgt 2,4 Meter, die Schaufelzahl 80, die normale Geschwindigkeit 160 Tonnen per Minute. Der Leitschaufelapparat hat 8 Oeffnungen.

Die Wassereinfuhr aus dem Leitschaufelapparate in den Radkranz ist regulirbar durch einen Segmentschieber, so dass auch bei variablen Wassermengen immer der grösste Nutzeffekt erzielt werden kann. Das Rad ist mit einem Blechmantel umgeben.

Das grosse Gefälle bei Airolo veranlasste grosse Schwierigkeiten für die dafür zu konstruirenden Maschinen, da die Verbindungen der Leitungsröhren leicht gelockert, da die Maschinentheile durch die grosse Geschwindigkeit des Wassers stark angegriffen werden. Dies letztere ist besonders bei Eisen der Fall, was leicht durchlöchert wird, wesswegen man die Haupttheile der hier benutzten Tangentialräder aus Bronze herstellte, die 5 bis 6 mal so lange hält als Eisen. Die hier benutzten Kraftmaschinen sind von der Firma *Escher, Wyss & Co.* konstruirt.

Figur 56.



Tangentialrad.

können zur Regulirung des Ganges. Regulatur C' dient zur gänzlichen Absperrung des Wassers bei Reparaturen. Die Räder machen bei gutem Wasserstande 390 Umdrehungen per Minute.

3. Kompressoren.

Wie bereits mehrfach bemerkt, dient zum Betriebe der Bohrmaschinen komprimirte Luft, welche allein die Ausführung derartiger Tunnelbauten in rationeller Weise ermöglicht, und es kommt daher jetzt darauf an, die zur Luftkompression nothwendigen Einrichtungen näher zu betrachten. Hierbei müssen wir die am Gotthardtunnel getroffenen vorübergehenden, oder provisorischen Anlagen von den definitiven unterscheiden; man musste sich anfangs mit jenen behelfen, da die Herstellung der letzteren eine längere Zeit beanspruchte.

Die provisorische Anlage zur Luftkompression bestand an der Nordseite und Südseite aus 2 nassen Kompressoren, deren Pumpen durch 2 gekuppelte horizontale Dampfmaschinen getrieben wurden. Die Kompressoren sind den am Mont-Cenis-Tunnel angewandten fast ganz gleich (vgl. p. 54—56) und gestatten bei einem effektiven Dampfdrucke von 3 Atmosphären die Luft auf $3\frac{1}{2}$ Atmosphären zusammenzudrücken. Die komprimirte Luft tritt in ein zylindrisches Reservoir von 8,9 Meter Länge und 1,5 Meter Durchmesser, in welchem die Trennung der Luft von dem mitgerissenen Wasser erfolgt, und gelangt von hier in die Rohrleitung des Tunnels bis auf ca. 9 Meter vor Ort. Die Rohrleitung liegt auf der Tunnelsohle und hat anfänglich 0,2 Meter, dann 0,1 Meter und schliesslich 0,065 Meter Weite. In Betrieb kam und war die provisorische Anlage an der Nordseite vom 3. April bis 8. Oktober 1873, an der Südseite vom 24. Juni bis 5. November 1873; von da ab diente sie nur als Reserve.

Für die definitive Anlage der Kompressoren dienten folgende von Professor *Colladon* gestellte Anforderungen als Grundlage:

1. Die Verbindung zwischen Kraftmaschinen und Kompressoren muss in einfacher Weise hergestellt werden, damit bei der Uebertragung der motorischen Kraft so wenig als möglich Verluste sich ergeben.

2. Die Anordnung soll derart sein, dass die einzelnen Kraftmaschinen sich ersetzen und ergänzen können.

Hiernach waren angezeigt Pumpen mit kurzem Hube und schneller Bewegung, ferner eine derartige gruppenweise Aufstellung der Pumpen, dass man die einzelnen Transmissionswellen beliebig mit einander verbinden konnte. Zur Ersparung der Schwunräder wurde die Verbindung zwischen den Pumpenkolben und Transmissionswellen so hergestellt, dass eine ziemliche Kompensirung der Widerstände in den einzelnen Wellen statthaben kann.

Die am Mont-Cenis benutzten nassen Kompressoren lieferten zwar zufriedenstellende Resultate, haben aber den Nachtheil, dass die hin- und herzubewegenden Massen sehr bedeutend sind, was eine langsame Kolbenbewegung bedingt. Hierdurch ist man zur Anlage verhältnissmässig grosser, kostspieliger, viel Raum beanspruchender Pumpen genöthigt, wozu wieder langsam wirkende Motoren gehören. Da bei dem mächtige Gebirge durchbrechenden Tunnel zwar kleine Wassermengen, aber von bedeutendem Gefälle zu Gebote stehen, so sind dazu nur schnell laufende Turbinen ökonomisch und vortheilhaft. Nasse Kompressoren hätten die Einschaltung vieler Räderübersetzungen und dadurch Kraftverluste zur Folge gehabt.

Das zu bewegendes Wasserquantum am Mont-Cenis zu Modane betrug 2600 Kilogramm, zu Bardonneche 2000 Kilogramm; die Erfahrung ergab, dass man die Geschwindigkeit von 8 Touren per Minute ohne bedeutende Betriebsstörungen nicht überschreiten dürfte. Die kleinen Pumpen der provisorischen Anlage bewegen ca. 600 Kilogramm Wasser, gestatten aber 14—15 Touren per Minute.

Ferner wirkt das grosse Wasserquantum nur wenig abkühlend auf die Luft, auch ist die Luft im Innern des Zylinders stets um einige Grade wärmer als beim Austritte, es erfolgt also die Abkühlung nicht während der Kompression.

Diese Erwägungen bestimmten *Favre* zur Wahl trockener Kompressoren, die für diesen Zweck neu zu konstruiren waren, was Professor *Colladon* in Genf gelang.

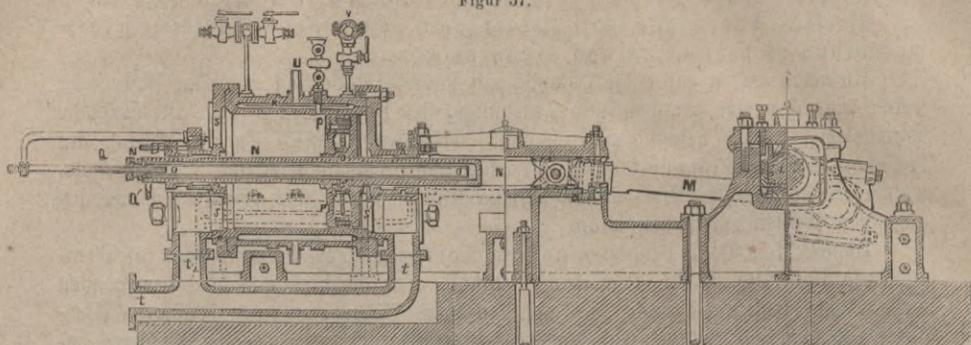
Die *Colladon'schen* Luftkompressoren gestatten, die Luft oder ein Gas, während einer selbst beträchtlichen Kompression und bei grosser Geschwindigkeit des Kolbens ohne Einführung von Wasser in den Komprimierungsraum, kühl zu erhalten. Dies wird erreicht, indem man die geriebenen oder die reibenden Flächen der Pumpe in innige Berührung mit kaltem Wasser bringt. Durch Einspritzen von Wasser kann die Kühlung während der Komprimirung noch erhöht werden. Diese Kompressoren gestatten eine Komprimirung der Luft auf 7, ja auf 10 Atmosphären.

Betrachten wir nun die Kompressoren der definitiven Anlage, mit Airolo beginnend. Dieselben — sie wurden von der Firma *Escher, Wyss & Co.* geliefert — sind in den Figuren 57, 58, 59 dargestellt und wie ersichtlich im Wesentlichen auf das Prinzip der Saug- und Druckpumpe zurückzuführen.

Sowohl der Zylinder R als die Deckel sind doppelt und es wird in den Zwischenräumen ein kontinuierlicher Strom kalten Wassers unterhalten, welches durch die Röhren V zugeführt wird. Der Kolben P und die nach rückwärts verlängerte Kolbenstange N sind hohl. In der Höhlung der Kolbenstange, welche einen Durchmesser von 0,66 Meter hat, ist eine an beiden Enden offene, kupferne Röhre OO von 0,07 Meter äusserem Durchmesser zentrisch befestigt, so dass letztere der Bewegung der Kolbenstange stets folgen muss. Ein auf der kupfernen Röhre aufgesetzter Ring O' trennt den Raum zwischen Kupferröhre und der inneren Wand der Kolbenstange in zwei Theile, welche durch je 3 unmittelbar vor und hinter dem Ringe O' befindliche Löcher mittelst der Höhlung des Kolbens kommuniziren.

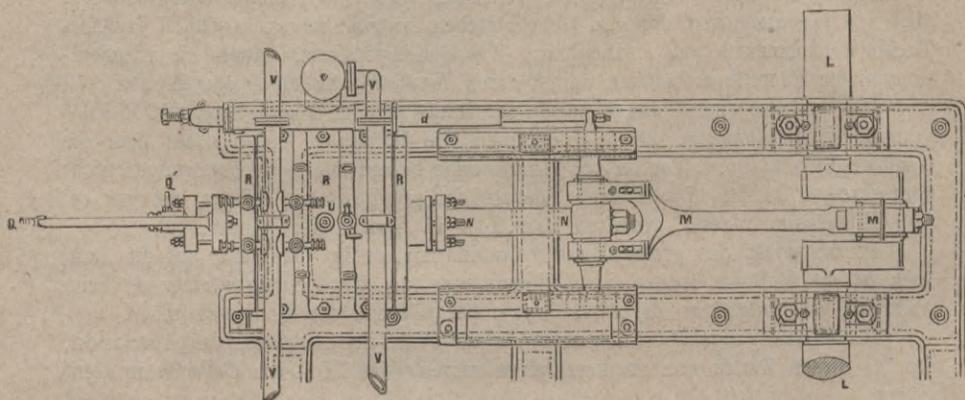
Auch letztere ist durch eine auf die Kolbenstange aufgesetzte dünne Scheibe in 2 mit einander kommunizierende Räume abgetheilt. Das eine Ende der Kupferföhre

Figur 57.

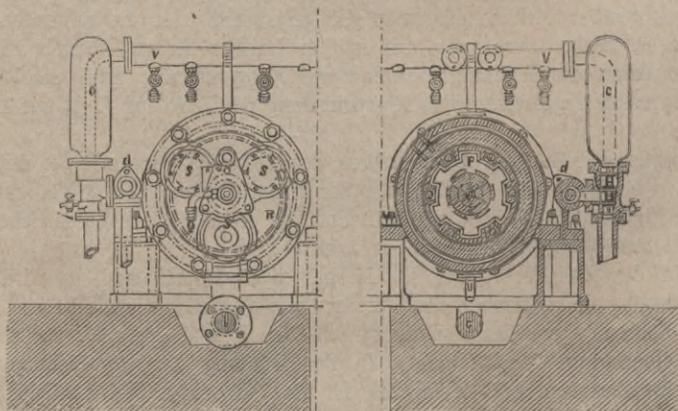


Kompressor (Airolo).

Figur 58.



Figur 59.



ist durch eine Stopfbüchse mit der fixen Röhre Q in Verbindung. Das Kühlwasser, welches durch die Röhre Q zugeführt wird, tritt in das Innere der Röhre O, strömt sodann in den Raum zwischen der Röhre O und der Kolbenstange bis zum Ring O', welcher das Wasser nöthigt, in das Innere des Kolbens zu treten, von wo es durch

den erwähnten Zwischenraum und die seitliche Röhre Q' austritt. Diese Vorrichtungen werden ausschliesslich dann benutzt, wenn man die komprimirte Luft trocken erhalten will. Wird dies nicht verlangt, so bedient man sich, um die Abkühlung vollständiger und die reibenden Flächen des Kolbens und der Stange schlüpfriger zu machen, der an beiden Enden des Zylinders befestigten Wasserinjektoren. Die Injektoren können in 1—2 Minuten untersucht und gereinigt werden.

Das Injektionswasser wird zuerst, da es feinen granitischen Sand enthält, welcher eine grosse Abnutzung der Dichtungen hervorrufen würde, zwei Mal, und zwar durch den Sandfilter m und den Filter n (Figur 63) aus Eisenblech, gereinigt, dann durch die Pumpen d mittelst der Röhren V den Injektoren zugeführt. Bei e sind Luftreservoirs speziell für die Pumpen d angeordnet.

Das Quantum des eingespritzten Wassers ist im Allgemeinen $\frac{1}{1000}$ jenes der eingesaugten Luft. Für die gleiche Quantität komprimirter Luft bei gleichem Drucke und gleicher Temperatur verlangen diese Pumpen nur $\frac{1}{4}$ derjenigen Wassermenge, welche man nassen Kompressoren zuführen muss. Das Wasser wird mittelst einer 6 Zentimeter weiten Röhre dem Ende der grossen Wasserleitung entnommen.

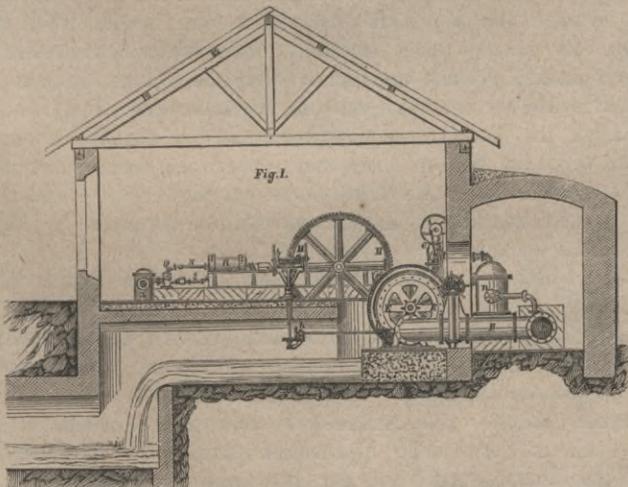
Die Ventile S, S' hat man so angeordnet, dass die schädlichen Räume auf ein Minimum reduziert sind. Für den gleichen Zweck erhält der Kolben einen derartigen Hub, dass er vom Deckel beim Ende seiner Bewegung nur 6 Millimeter absteht. Die Oeffnungen der beiden Saugventile repräsentiren eine Fläche von 0,0173 \square Meter, das ist nahezu $\frac{1}{10}$ der Querschnittsfläche des Zylinders. Da die mittlere Geschwindigkeit des Kolbens 1,35 Meter beträgt, so dringt die gesaugte Luft mit einer mittleren Geschwindigkeit von 13—14 Meter in den Zylinder.

Die komprimirte Luft gelangt durch die Röhren tt in die 4 Luftreservoirs, wo die Absonderung des mitgeführten Wassers erfolgt.

Bei diesen Kompressoren beträgt der innere Durchmesser der Zylinder 0,46 Meter, der Durchmesser der Kolbenstange 0,10 Meter, der Kolbenhub 0,45 Meter.

Kompressor bei Göschenen. Die Gesamtanordnung und die hauptsächlichsten Details der an der Nordseite etablirten Kompressoren (Figur 60 und 61) sind analog jenen, welche sich auf der Südseite befinden. Auch bei den Pumpen zu

Figur 60.



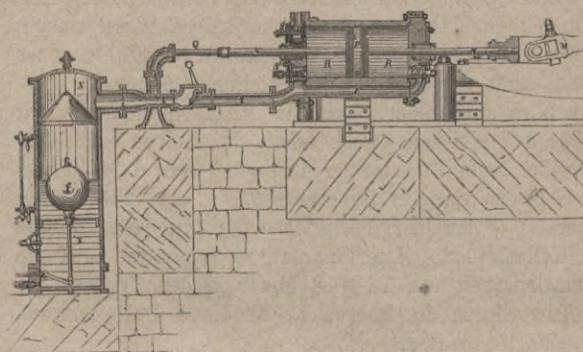
Göschenen hat man die Zirkulation des Wassers im Innern der Kolbenstange und des Kolbens adoptirt, doch ist die Kühlung des letzteren vermehrt, indem man auch auf dessen Oberfläche eine Wasserzirkulation anordnete. Letztere ist dadurch bewirkt, dass man Wasser durch eine Oeffnung aus dem Innern des Kolbens in den

Raum zwischen den 2 Bronzeringen führt, welche sich in Falzen auf der Oberfläche des Kolbens befinden und die Dichtung des letzteren vermitteln. Indem man Wasser, welches sich unter einem höheren Drucke als die komprimierte Luft befindet, benutzt, so drängt es in das Innere des Zylinders und kühlt demnach die Luft während der Kompression selbst ab. Hierbei ersetzt das Wasser zugleich die Kolbenlindeung und kühlt ausserdem beständig die anschliessenden Wände.

Dieses Detail rührt von *Roy & Co.* in Vevey her, welche Firma die Kompressoren für Göschenen lieferte.

Das Injektionswasser wird der grossen Wasserleitung entnommen und steht sonach unter einem genügenden Druck, um den Widerstand der Luft bei gewöhnlicher Komprimierung zu überwinden. Bei grösserem Kompressionsgrad muss der Druck des Wassers vermehrt werden, wofür eine in der Nähe jeder Kompressionsgruppe aufgestellte kleine Druckpumpe Figur 60 dient. Die Pumpe erhält ihre Bewegung durch eine Riementransmission von der Welle I und liefert bei einer Geschwindigkeit von 26 Touren per Minute 2 Liter Wasser per Sekunde. Das Injektions-

Figur 61.
Fig. 2.



wasser wird in dem Filtrirreservoir n gereinigt, woselbst man es zwingt, drei übereinanderliegende Siebe aus Eisenblech zu passiren, die nach ihrer Lage von unten nach oben Löcher haben, deren Durchmesser abnehmen.

Aus den Pumpen, welche gleichfalls doppelt wirkend sind, gelangt die komprimierte Luft gemischt mit dem eingespritzten Wasser mittelst der Röhre t (Figur 61) an der eine automatisch verschliessbare Klappe angeordnet ist, in das Reservoir X, wo sich das Wasser von der Luft abscheidet. Ein in der Nähe des Bodens plazirter Hahn, der mittelst eines kupfernen, sphärischen Schwimmers bei einem bestimmten Wasserstand geöffnet und beim Fallen des Wassers wieder geschlossen wird, ermöglicht zeitweilig ein Abfliessen des abgeschiedenen Wassers. Damit der Schwimmer durch die herabfallenden Wassertheile in seinen Funktionen nicht gestört werde, wird das Wasser durch einen über dem Schwimmer befindlichen Konus aus Eisenblech gegen die Seitenwände des Reservoirs geleitet; die komprimierte Luft passirt den Konus und gelangt mittelst der Röhre T (Figur 62) in die grossen Sammelreservoirs.

Der innere Durchmesser des Zylinders beträgt 0,420 Meter, der Kolbenhub 0,650 Meter.

In nächster Zeit werden einige kleine Kompressoren aufgestellt, welche die Luft auf 12 Atmosphären komprimiren werden, mit der man die auf dieser Seite in Verwendung stehende Lokomotive zu speisen gedenkt¹⁾.

Nachstehende Tabelle gibt Aufschlüsse über die theoretischen Ergebnisse der am Mont-Cenis in Verwendung gestandenen und am St. Gotthardt-Tunnel im Betrieb stehenden Kompressoren, aus der allerdings nur zu entnehmen ist, wie ausserordentlich kompendiös die *Colladon'schen* Kompressoren sind.

Der innere Durchmesser des Zylinders beträgt 0,420 Meter, der Kolbenhub 0,650 Meter.

In nächster Zeit werden einige kleine Kompressoren aufgestellt, welche die Luft auf 12 Atmosphären komprimiren werden, mit der man die auf dieser Seite in Verwendung stehende Lokomotive zu speisen gedenkt¹⁾.

Nachstehende Tabelle gibt Aufschlüsse über die theoretischen Ergebnisse der am Mont-Cenis in Verwendung gestandenen und am St. Gotthardt-Tunnel im Betrieb stehenden Kompressoren, aus der allerdings nur zu entnehmen ist, wie ausserordentlich kompendiös die *Colladon'schen* Kompressoren sind.

¹⁾ Diese kleinen Kompressoren wurden von der Société Gènevoise de construction konstruirt.

Volumen der eingesaugten Luft bei mittlerer Geschwindigkeit.	Mont-Cenis		St. Gotthard.		
	Bardonèche.	Modane.	Provisori- sche Kom- pressoren.	Definitive Kompres- soren.	
				Göschenen.	Airolo.
a) per Kolbenhub einer Pumpe Liter	424	305	180	87,55	71
b) für die Pumpen einer Gruppe und per Minute Liter . .	11,872	8,540	10,440	42,024	36,210
c) für sämtliche Gruppen und per Minute Liter	83,104	51,240	10,440	210,120	181,050
d) Fläche der Kompressoreng- ebäude Quadratmeter	2,023	8,900	225	472,5	377,5
e) Fläche per Kubikmeter in der Minute eingesaugter Luft Quadratmeter	24,34	15,69	21,55	2,24	2,08

4. Allgemeine Anordnung der Maschinen.

Bezüglich der allgemeinen Anordnung sowohl der Turbinen wie der Kompressoren sei noch Folgendes bemerkt.

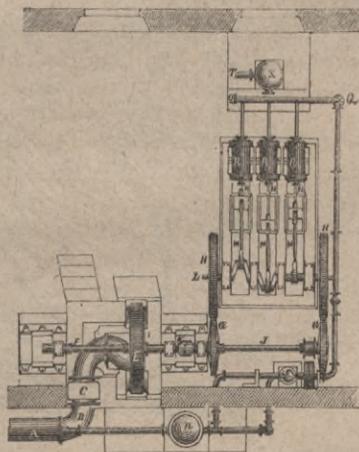
An der Nordseite befinden sich 4 *Girard'sche* Turbinen mit horizontaler Axe und 5 Gruppen von je 3 *Colladon'schen* Luftkompressoren. Die Turbinen sind so gelegt, dass je eine sich rückwärts und in der Mittellinie von 2 Kompressorengruppen befindet, wie dies in Figur 62 angedeutet ist.

E ist die Turbine, F deren horizontale Axe, diese kann bei K mit Welle J gekuppelt werden. J überträgt mit 2 Räderpaaren GH an den Enden die Bewegung an die parallele und 3fach gekröpfte Welle L, deren Kröpfungen unter 120° verstellt sind, die letzteren nehmen die Pleulstangen M der Kompressoren R auf.

Turbinen und Kompressoren sind in einem grösseren Gebäude untergebracht, in dessen Verlängerung 4 zylindrische schmiedeeiserne Luftreservoirs von je 9 Meter Länge und 1,65 Meter Durchmesser sich befinden. (Vergl. folg. Figur.)

An der Südseite, bei Airolo, sind 4 Tangentialräder, auf deren Axen man neuestens noch je eine *Girard'sche* Turbine aufsetzte, so dass jede Vertikalaxe zwei Kraftmaschinen trägt, und 5 Gruppen von je 3 *Colladon'schen* Kompressoren in Thätigkeit sind, deren Anordnung uns Figur 63 zeigt. Die rotierende Bewegung der vertikalen Turbinenaxen F (Figur 57) wird durch ein konisches Räderpaar GH auf die horizontalen Wellen I übertragen, welche beiderseits mit eingeschalteten dreifach gekröpfte Wellen gekuppelt werden können.

Figur 62.



5. Die Herstellung des Stollens und die Bohrarbeit.

Die Uebnahme der Arbeiten seitens *Favre's* geschah auf der Südseite des Tunnels am 27. August, auf der Nordseite am 9. Oktober 1872. Um die Richtung des Tunnels genau inne zu halten, wurde an beiden der Tunnelportale und in Verlängerung der Tunnelaxe je ein Observatorium errichtet, worin man die beiden am Mont-Cenis benutzten Passage-Instrumente für die Angabe der Richtung gebraucht. Die Fernrohre dieser Instrumente haben 60 Zentimeter Brennweite, Oeffnungen von 6 Zentimeter Durchmesser und vergrößern 40 mal; das auf der Südseite am rechten Ufer des Tessin gelegene Observatorium ist so gelegen, dass eine Visirlinie von 348 Meter Länge entsteht; dasjenige auf der Nordseite liegt auf dem linken Ufer der Göschenen Reuss in einer Entfernung von 590 Meter. Zur Legung dieser Visirlinie war es nothwendig 2 Felsvorsprünge von 115 Meter und 91,6 Meter Länge zu durchstechen.¹⁾

Für den Bau des Tunnels wählte *Favre* das belgische Bau-System, welches bekanntlich 1828 beim Tunnel zu Charleroy das erstmal angewandt wurde. Nach ihm wird der Richtstollen in den First des Tunnels gelegt und von ihm aus der ganze Stollen nach unten zur Sohle ausgeweitet. Die Ausführung erfolgt nun auf beiden Tunnelmündungen in nicht ganz gleicher Weise, wie ihre nähere Andeutung zeigen wird.²⁾

¹⁾ Um das Zusammentreffen der beiderseitigen Richtstollen absolut sicher zu stellen, ist im Jahre 1874 noch eine zweite Triangulation von der früheren ganz unabhängig durch einen andern Geodaten ausgeführt worden. Die hierdurch erhaltene Richtungsaxe des Tunnels weicht von der früheren Angabe in Airolo nur um 1 Sek. nach Osten, ebenso in Göschenen um za. 5 Sek. nach Osten hin ab, welche Abweichungen als höchst gering zu bezeichnen sind. Die bei dieser Triangulation angestellten Ausgleichsrechnungen haben denn auch gezeigt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die auf beiden Seiten des Berges abgesteckten Axen in halber Länge des Tunnels nur um 4 Zentimeter von der die beiden Observatorien verbindenden Geraden abweichen werden = 1:1 ist.

²⁾ Bei Ausführung eines Tunnels kommt es im Ganzen auf zweierlei an: die Art des Abhubs des Gesteins und diejenige der Bölzung. Der Aushub kann entweder in kleineren Partien oder sofort zum ganzen Profile des Tunnels vorschreiten; die Bölzung (Verpfählung), d. i. die Unterstüzung der Tunnelwände behufs definitiven Ausbaues, um dem Tunnel einen dauernden Bestand zu sichern, kann durch Holz oder Eisen erfolgen. Die Holzverbözung geschieht entweder mit Querpfählen senkrecht auf die Tunnelaxe oder Langpfählen parallel zur Tunnelaxe.

Je nachdem die verschiedenen Verpfählungs- und Aushubarten mit einander kombinirt sind, entstehen sowohl bei dem Holz als bei dem Eisenbau die verschiedenen Systeme, die sich dann auch noch in der Art und Weise des Mauerwerks von einander unterscheiden.

Ingenieur *Köncös-Tóth* gibt auf Grund von *Rziha's* Tunnelbau-Handbuch folgende Charakteristik der einzelnen Hauptsysteme¹⁾:

A. Holzbau-Systeme.

1) Belgisches System; Mauer-Unterfangungs-Baumethode: Querpfähle, Aushub und Mauerung in kleineren Partien, stufenweise, in horizontalen Stufen, von oben nach abwärts. Mauerungsbeginn mit dem Firstgewölbe.

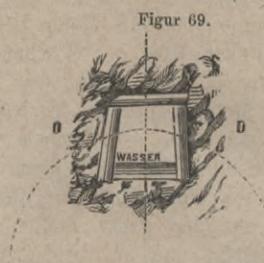
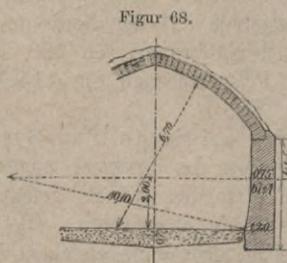
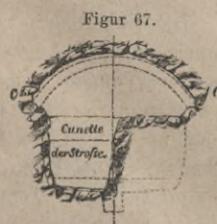
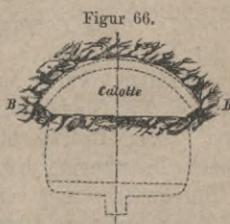
2) Deutsches System; Kernbau-Methode: Längpfähle, Aushub und Mauerung mit Erhaltung des Kernes in kleineren stollenartigen Kammern, etagenweise von unten nach oben. Mauerbeginn mit den Widerlagern.

3) Oesterreichisches System; Bockgestelle-Baumethode: Längpfähle, Sparenzimmerung, Aushub scheibenweise in senkrecht auf die Tunnelaxe stehenden Scheiben, zum ganzen Profile führend, Mauerung im ganzen Profile, Beginn derselben mit den Widerlagern.

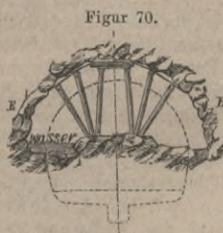
Das Sohlengewölbe wird bei den erwähnten 3 Systemen nachträglich eingezogen, kann aber nur bei dem österreichischen Systeme auf die ursprünglich eingebrachte Bölzung abgezweigt werden.

¹⁾ Zeitschrift d. österr. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1875, 233.

Auf der Nordseite wird zuerst ein Richtstollen in den First gelegt wie ihn Figur 65 zeigt, und nachdem eine beträchtliche Strecke desselben fertig, dieser



nach beiden Seiten zu einer Kalotte von Figur 66 erweitert. Weiter rückwärts wird nun an der östlichen Tunnelwand von der Kalotte aus ein Sohlenschlitz oder wie man das dort nennt, Kunette der Strosse, in 2 Stufen nach Figur 67 abgearbeitet und der einstweilen stehen bleibende westliche Theil, die Strosse, als Rampe vom Firststollen nach der Sohle gebraucht, um später ebenfalls nach und nach abgearbeitet zu werden. Auszimmerungen sind an der Nordseite bis jetzt nicht nothwendig gewesen. Ist ein Theil der Tunnelstrecke fertig, so werden Widerlager und Gewölbe, soweit solche nothwendig, aufgemauert; für die ersten 300 Meter Länge ist das Deckengewölbe in Stichbogenform, Figur 68, ausgeführt und zwar auf 100 Meter Länge mit 50 Zentimeter, für die weiteren 200 Meter mit 35—50 Zentimeter Gewölbstärke.



4) Englisches System: Streichjoch-Baummethode: Querpfähle, Kronbalken-Umpfangzimmerung. Aushub scheibenweise in parallel zur Tunnelaxe liegenden Scheiben, zum ganzen Profile führend. Mauerung im ganzen Profile, Beginn derselben mit dem Sohlengewölbe. (Die Widerlager jedoch einer systematischen Abpreizung entbehrend.)

Modifikationen dieser Systeme sind das österreichische Langschwellsystem, das englische Mittelgestellsystem und das Zentralstreben-Bausystem.

B. Eisenbau-Systeme.

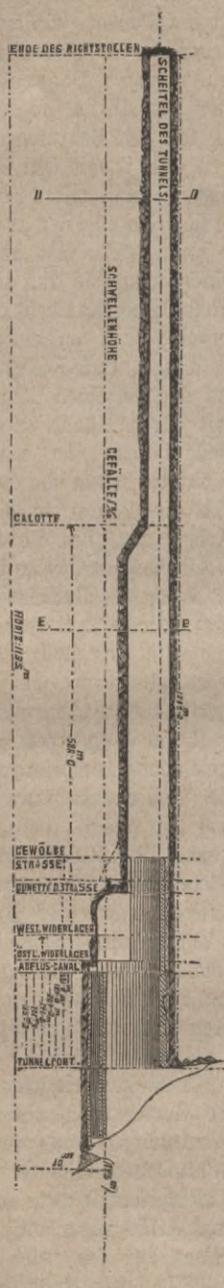
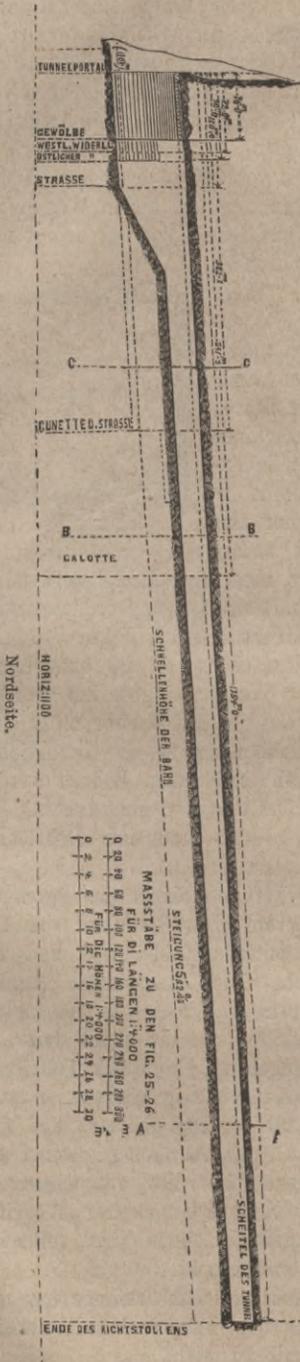
1) *Brund's System*. 1834. Erster Themse-Tunnel. Die Eisenpfähle werden nicht mittels Schlägel vorgetrieben, sondern mittels Schrauben parallel zur Tunnelaxe vorgeschoben, sie liegen auf einem festen Rahmen und übergreifen nach rückwärts das Mauerwerk derart, dass unter dem Schutze des hinteren Theiles derselben die Ausführung eines kurzen Mauerringes im ganzen Profile, mit dem Sohlengewölbe beginnend, ungehindert ermöglicht wird. Die Bucht kann vorne nach erfolgtem Vorgreifen der Vorschiefpfähle unter dem Schutze derselben, da sie sich in Folge des nach rückwärts weiten Uebergreifens selbst tragen, mit voller Sicherheit in kleinen Zellenräumen und doch zum ganzen Profile führend, abgetrieben werden, wonach in den „vor Ort“ entstandenen leeren Raum der feste Rahmen selbst partiell vorgeschoben und an dessen früher eingenommenen Platze, da er die äussere Lichte des Tunnelprofils zum Umfange hat, wieder gemauert werden kann.

2) *Rziha's System*. 1864. Tunnel Ippensen & Naensen. Holzpfahl-Umfangszimmerung des österreichischen Systems mit Pfandkeilen und Schlägelvertrieb; das österreichische Bockgestell ist gänzlich verlassen, zum Tragen der ganzen Gebirgslast und zugleich der Mauerung dient als Hauptträger ein einziger grosser, eiserner auf

Auf der Südseite wird der Richtstollen (Figur 69) mit dessen seitlicher Erweiterung gleichzeitig vertieft (Figur 70); eine Rampe verbindet die Sohle der

Figur 71.

Figur 72.



Kalotte mit der Sohle des Richtstollens. Sind beide ein Stück vorgerückt, so wird in dem rückwärts liegenden Theile auf der einen Seite der Mittellinie ein Sohlenschlitz (Kunette) auf der andern eine Rampe (Strosse) vorgetrieben.

Da das Gestein an der Südseite stark klüftig, so waren namentlich für den Richtstollen viele Zimmerungen nöthig und zwar in den ersten 260 Metern volle Auszimmerung, wie sie in den Figuren 69 u. 70 angedeutet.

Wie die Arbeiten auf beiden Seiten des Tunnels aufeinander folgen, wird verdeutlicht durch die Figuren 71 und 72.

Der Querschnitt des Richtstollens beträgt durch-

das im Vorhinein eingezogene Sohlengewölbe aufgestellter, in der inneren Lichte unterstützter, freier Tunnel-Lehrbogen-Rahmen. Auf den zur innern Lichte des auszuführenden Mauerwerks passenden Tunnel - Lehrbogen - Rahmen wird ringsherum ein aus kleinen, 4eckigen, die Pfähle unmittelbar unterstützende eisernen Auswechslungsrahmen bestehender Kranz gut befestigt, wodurch die bei Langpfählen unvermeidliche Auswechslungsarbeit sehr leicht auszuführen ist, indem die Auswechslrahmen je nach dem Fortschreiten der Mauerung einzeln entlastet und weggenommen werden.

Modifikationen dieser beiden Systeme sind: *Schmidt zu Rusardorf's* System, Wasserleitung Chicago 1868, *Barlow's* System, zweiter Themse-Tunnel, *Beach's* System, *Maywald's* Kriegstollen-System. Eine Verschmelzung der Systeme

Brund und Riha ist von Winkler für das Projekt einer „Wiener Tunnelbahn“ angenommen.

schnittlich 6 □ Meter. Der Bau desselben wurde am 13. September an der Süd-, am 24. Oktober 1872 an der Nordseite begonnen und zwar Anfangs mit Handarbeit, später, und zwar an dieser am 4. April, an jener am 24. Juni 1873, mit Maschinenarbeit. Die dazu gebrauchten Bohrmaschinen (siehe unten) sind auf einem 5000—6000 Kilogramm schweren Gestell befestigt, was bei der Arbeit bis vor Ort geschoben und nachdem das Bohren vollendet, wieder zurückgezogen wird. Sämmtliche Arbeiten die von einem Vorrücken der Bohrmaschinen bis zum nächstfolgenden verrichtet werden, nennt man einen „Angriff“. Der erste Theil eines solchen Angriffs besteht darin die Schienen der Dienstbahn im Richtstollen soviel wie möglich zu verlängern und den Wagenzug mit den Bohrutensilien vor Ort zu bewegen. Dieser Zug besteht aus dem fahrbaren Gestell mit den Bohrmaschinen, einem Wagen mit einem Wasserbehälter und einem Wagen mit Reservebohrern. Vor Ort bringt man die Bohrer der Maschinen in die Richtung der zu bohrenden Löcher, stellt dieselben am Fahrgestell fest und verkeilt auch das letztere. Nun verbindet man die auf der Stollensohle liegende Luftleitung mittelst eines Kautschukschlauches mit einem kleinen Luft-Reservoir, dass am hinteren Ende des Fahrgestelles liegt. Von diesem Luft-Reservoir führen kleinere Kautschukschläuche zu den einzelnen Bohrmaschinen und kann die komprimirte Luft durch Hähne zu den letzteren eingelassen werden. Oeffnet man die letzteren, so beginnt die Thätigkeit der Bohrer; haben die Löcher eine gewisse Tiefe, so bringt man die Bohrer in eine andere Lage, führt hier dieselbe Arbeit aus, bis die für eine Gesteinsart notwendige Zahl der Bohrlöcher fertig ist. In welcher Weise die Bohrlöcher angeordnet werden und zwar unabhängig von der Natur des Gesteins ersieht man aus Figur 73. Da während des Bohrens sich die Bohrer stark erhitzen, ebenso da das entstehende Bohrmehl zu entfernen ist, muss in die Bohrlöcher Wasser eingespritzt werden. Diesem Zwecke dient das Wasser-Reservoir, aus welchem das Wasser unter dem Drucke der komprimirten Luft mittelst Kautschukschläuchen in die bezüglichen Löcher nach dem Oeffnen der Hähne eingepresst wird. Nach dem Bohren werden dann die Bohrlöcher mit eingelassener komprimirter Luft wieder getrocknet.

Dergestalt werden in die Stollenbrust etwa 24—29 metertiefe Bohrlöcher bei jedem Angriff gemacht.

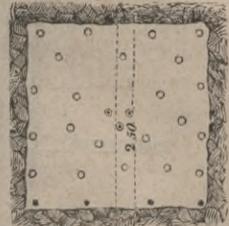
Nun beginnt der zweite Theil des Angriffes, welcher das Sprengen und Abräumen umfasst. Zunächst wird der Bohrzug auf etwa 80 Meter vom Ort zurückgezogen und jedes Bohrloch mit einer Dynamitladung beschickt und zur Zündung mit Bickford'scher Zündschnur vorbereitet. Die Zündschnüre werden partienweise ungleich lang gemacht, damit ein lagenweises Abschiessen bei gleichzeitigem Anzünden erfolge, und zwar zuerst die mittlere, dann die obere dann die untere Lage der Patronen. Der Dynamit zum Sprengen wird von der Fabrik zu Isleten von *Nobel* und *Favre* geliefert. Sind die Ladungen abgeschossen, so wird zur Ventilation ein mächtiger Strahl komprimirter Luft vor Ort geblasen und nun beginnt, nachdem das lockere Gestein abgeschlagen, das Abräumen, wobei die Transportwagen gefüllt und zurückgefahren werden. Ist dies geschehen, so wiederholen sich die eben beschriebenen Arbeiten, es beginnt ein zweiter „Angriff“.

Während man Anfangs nicht einmal zwei Angriffe in einem Tage vollenden konnte, hat man es seit August 1874 sogar auf vier gebracht.

Die Ausweitung des Stollens auf das volle Profil geschah Anfangs nur mit Handarbeit, erst seit Februar 1874, seit Aufstellung der Compressoren theilweise mit Maschinenarbeit, soweit eben die komprimirte Luft ausreicht.

Da die aus dem Tunnel zu transportierende Gesteinsmenge ca. 1 Million Kubikmeter beträgt, so musste eine möglichst rationelle Förderung eingerichtet

Figur 73.

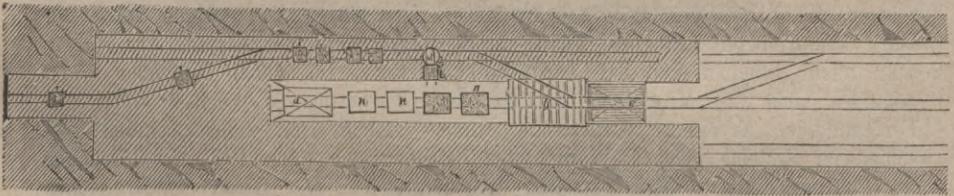


- 1. Lage.
- 2. Lage.
- 3. Lage.

werden. Für dieselbe sind auf den verschiedenen, mit einander in Verbindung stehenden Rampen des Tunnels Dienstbahnen von 1 Meter Spurweite gelegt, auf denen im Richtstollen kleine eiserne Wagen mit $\frac{1}{3}$ Kubikmeter Fassungsraum (ihre Kästen sind 100 Zentimeter lang, 92 Zentimeter breit und 31 Zentimeter hoch) und auf der Tunnelsohle hölzerne Kippwagen mit 1 Kubikmeter Fassungsraum laufen. Die Wagen werden vom Richtstollen zur Tunnelsohle theils durch Arbeiter gestossen, theils durch Pferde gezogen. Von der Tunnelsohle nach den Halden geschieht die Förderung der Materialzüge seit Februar 1874 auf beiden Seiten je mit einer durch komprimirte Luft bewegten Lokomotive. Die Lokomotive ist eine Tender-Lokomotive, an welche ein vieraxiger Wagen gekuppelt ist, der ein Luftreservoir von 18,15 Kubikmeter Inhalt trägt. Die Füllung des Reservoirs mit Luft und deren Weiterleitung geschieht mit Hähnen und Kautschukschläuchen. Die komprimirte Luft wird durch den Aschenfall in den Kessel der Lokomotive eingeführt und bewirkt von hier aus die Bewegung derselben geradeso wie der Dampf. Anfangs beträgt die Pressung, wie das Manometer zeigt, 6—7 Atmosph., nach einem Transporte von 12 beladenen Wagen auf 500—600 Meter noch $4\frac{1}{2}$ Atmosphären und nach der Rückkehr des leeren Trains noch $2-2\frac{1}{2}$ Atmosphären.

Figur 74 gibt die Anlage zur Massenförderung aus dem Gotthardtunnel. Es bedeuten a Bohrmaschinen, b Gerüste, c hydraulische Hebevorrichtung, d Drehscheibe, n Rollwagen, i Hunde.

Figur 74.



Anlage zur Massenförderung aus dem St. Gotthard-Tunnel.

Um eine genügende Ventilation zu erzeugen, reichte die Luft der Bohrmaschinen nicht aus, man musste daher die komprimirte Luft direkt aus der Hauptleitung ausströmen lassen und, damit ein schnelleres Abziehen der Gase erfolge, auf jeder Seite des Tunnels, geradeso wie man dies bei dem Mont-Cenis Tunnel gethan, einen Glockeninspirator aufstellen und damit die verdorbene Luft durch eine Röhrenleitung aussaugen. —

Betreffend die Menge der verbrauchten Luft im Tunnel und die Ventilation, äussert sich *Colladon* in einem Vortrage auf der Schweizerischen Naturforscher-Versammlung in Andermatt (Mitte September 1875)¹⁾, dass die 400 Arbeiter mit ihren 400 Lampen in 24 Stunden 120,000 Kubikmeter Luft haben müssen, wozu noch 30,000 Kubikmeter Luft kommen, welche die täglich abzufeuernenden 80 Kilogramm Dynamit beanspruchen, zusammen also 150,000 Kubikmeter Luft. Die Kompressoren liefern durch Bohrmaschinen und Förderlokomotiven in 24 Stunden 172,000 Kubikmeter Luft in den Tunnel, welche die genannte Menge zwar übersteigt, aber bei Weitem und schon desswegen nicht genügt, weil ihre Vertheilung eine höchst ungleichmässige. Um eine hinreichende Ventilation und Zirkulation frischer Luft zu ermöglichen, sind 2, Gasometern ähnliche, grosse Glocken an beiden Enden eines Balanciers hängend vor dem Tunnelkopfe aufgestellt worden, welche vom Wasser getrieben werden, per Minute 10

¹⁾ Bericht der Vossischen Zeitung vom 26. September 1875.

mal sich senken und heben und, in Kommunikation mit einer Bohrleitung bis vor Ort, hierdurch 500 Kubikmeter schlechte rauchige Luft aus dem Tunnel saugen. Es muss dadurch eine Strömung frischer Luft von aussen in den Tunnel entstehen, welche pro Stunde in 600 Meter Tunnellänge eine vollkommene Erneuerung der Luft hervorbringt. Diese Aspiratoren sind im September 1. Jahres in Gang gesetzt worden und bewegen in 24 Stunden ein Luftquantum von 560,000 Kubikmeter, so dass per Tag im Ganzen 730,000 Kubikmeter frische Luft den Tunnel passiren.

Bohrarbeit.

Bis zu Ende 1872 war an der Nordseite des Tunnels der Firststollen 18,9 Meter vorgerückt und hierbei, und noch bis 31. März 1873, allein Handarbeit benutzt worden. Mit genanntem Tage wurde der erste Versuch mit Maschinenbohrung gemacht, die dann vom 4. April ab in regelmässigen Betrieb kam. Die Maschinen werden, wie bereits angedeutet, mit komprimirter Luft betrieben, wozu Anfangs eine Dampfmaschine von 35 Pferdekraft und Compressoren von Cockerill in Seraing, nach gleichem System wie die am Mont-Cenis Tunnel angewandten, dienten. Im Jahre 1873 benutzte man fast ausschliesslich Bohrmaschinen nach dem System *Dubois François* in Seraing, bei denen abweichend von den Sommeiller'schen das Vorrücken durch die Hand bewirkt wird. Anfangs hatte man 20 solcher Maschinen, deren je 6 auf einem etwa 6000 Kilogramm schweren fahrbaren Bahngestelle montirt waren, angewandt. Die Maschinen gaben zuerst auch gute Resultate, zeigten sich jedoch später als zu schwer und hatten besonders den Nachtheil, dass durch die heftigen Stösse der stark komprimirten Luft ihre Theile in den krystallinischen Zustand übergingen, sehr leicht brachen und der Reparatur bedurften. Im Monat Dezember 1873 befanden sich 224 Maschinen in Reparatur; der oftmalige Wechsel störte den Fortgang der Arbeiten. Mittlerweile waren Versuche mit Bohrmaschinen verschiedener Systeme gemacht worden und befanden sich Ende 1873 in Göschenen 24 Bohrmaschinen *Dubois François*, 24 dergleichen *Mac-Kean*, 1 dergleichen *Burleigh*, 1 dergleichen *Warrington*, 2 dergleichen *Ferroux*, endlich 86 Bohrmaschinen nach dem System Sommeiller. Bei diesen Versuchen benutzte man Bohrer von 35 Millimeter Stärke und eine Luftpressung von $5\frac{1}{2}$ Atmosphären; sie wurden in granitischem Gneis ausgeführt und ergaben folgende Resultate.

Ferroux, durchschnittl. Fortschritt pro 1 Minute . .	4,01 Zentimeter.
Mac-Kean „ „ „ „ . .	3,50 „
Sommeiller „ „ „ „ . .	2,12 „
Dubois François „ „ „ „ . .	2,6 „

Wie man sieht, zeigten sich die Maschinen von Ferroux am leistungsfähigsten und sind daher im nördlichen Richtstollen seit Mitte Juni 1874 im Gebrauch, während man auf der Südseite noch die früheren abwechselnd mit den zwei andern genannten Systemen gebraucht¹⁾.

Das Personal der technischen Bauleitung des Gotthardbahn-Unternehmens bestand am Schlusse 1874 aus²⁾ 131 Ingenieuren, Architekten, Geometern und Zeichnern, nebst einem Hilfspersonal von 57 Köpfen. Von diesen 188 Personen standen im Dienst 23 auf der Nordseite, 128 auf der Südseite des Gotthard und 37 auf dem Zentralbureau; der Heimath nach kamen 96 auf die Schweiz, 40 auf Italien, 37 auf Deutschland und 15 auf sonstige Länder.

¹⁾ Vergl. unten Gesteinsbohrmaschinen, wo die Beschreibung derselben zu finden.

²⁾ 3. Geschäftsbericht der Direktion und des Verwaltungsrates der Gotthardbahn, umfassend das Jahr 1874.

Jeder Bohrmaschinen-Posten besteht aus 16 Mann, nämlich:

- 1 Vorarbeiter
- 4 Mineuren,
- 2 Mechanikern,
- 8 Handlangern,
- 1 Laufburschen.

Mit dieser Mannschaft und 6 *Ferroux*'schen Maschinen werden in 4 Stunden 19—25 Bohrlöcher von 1,2 Meter Tiefe in die Stollenbrust getrieben. Die Löcher nahe der Mitte stehen senkrecht auf der Stollenbrust, die näher dem Umfange befindlichen unter 60—85° gegen dieselbe geneigt.

Hat die Bohrkolonne ihre Arbeit gethan, so tritt eine andere 22 Mann starke Arbeiterkolonne in Thätigkeit, um die Bohrlöcher zu laden dann zu sprengen, die Gesteinsmasse in Handkörben abzutragen, schliesslich die Schienenbahn zu verlängern, damit der nachfolgende Maschinenposten die vorhin angeführte Arbeit wieder beginnen kann. Die angedeuteten Arbeiten beanspruchen 6—8 Stunden. Für den ganzen Betrieb des Richtstollenausbruches sind 2 Ladeposten à 16 Mann und 2 Arbeiterposten à 22 Mann erforderlich.

6. Die geologischen Verhältnisse des Gotthardtunnels und die Fortschritte des Baues bis Anfang 1875.

Die Gotthardgruppe ist in Bezug auf das Gestein, aus welchem sie gebildet, und dessen Lagerung, seit Langem von einer ganzen Reihe ausgezeichnete Geologen — wir nennen nur *Pini, Leonhardt, Escher, Lardi, Studer, v. Rath, Giordano, Sismonda, v. Fritsch* — eingehend studirt und haben diese geologischen Untersuchungen dem Projekt für den Gotthardtunnel zur Grundlage gedient. Dieselben ergaben, dass der Gotthard wesentlich aus granitischem Gneis, aus Glimmerschiefer und Amphibolschiefer besteht, mit Ausnahme der Einsenkung um Andermatt, wo Jurakalk in einer Mächtigkeit von 2500—3000 Meter eingelagert ist.

Die Gesteinschichten lagern fächerförmig und die Streichungslinie der Schichten läuft hier, wie durch die ganze Schweiz, von Nordost nach Südwest, ist also 45—80° gegen die Tunnelaxe geneigt.

Die beiden nebenstehenden geologischen Profile nach *v. Fritsch* und nach *Giordano* (Figur 75 u. 76) geben Aufschluss über die im Gotthardtunnel zu durchfahrenden Gesteine und deren Lagerungen. Sie stimmen mit den bei der Bohrarbeit wirklich gefundenen Gesteinen bis jetzt vollständig überein; denn in der That ging der bis Januar 1875 auf der Nordseite bis auf 1637,3 Meter vorgetriebene Stollen durch einen granitischen Gneis, der an der Südseite bis auf 1425 Meter geförderte durch Glimmerschiefer und Amphibolschiefer. Die Tabelle 3 (a u. b) gibt über die in den einzelnen Monaten der Bauzeit bis inkl. Januar 1875 durchfahrenen Gesteinsformationen genaueren Aufschluss. Aus derselben ersieht man, dass man bei Göschenen ein sehr hartes Gestein zu durchbrechen, bei Airolo auf kurze Strecke ein gleiches, dabei aber mit grossen eindringenden Wassermassen zu kämpfen hatte. Diese Wassermassen verzögerten und erschwerten die Arbeiten auf der Südseite ausserordentlich, wie auch durch die grosse Nässe der Gesundheitszustand sehr leidet, so dass geübte Arbeiter häufig durch ungeschulte Leute abgelöst werden müssen.

Die Fortschritte des Baues während der verflossenen Bauperioden sind in Tabelle I eines Genaueren angegeben. Dieselbe lässt erkennen, welch ausserordentlichen Einfluss die Einführung der Maschinenbohrung auf das Vorwärtsschreiten hatte.

Geologische Verhältnisse im Richtstollen auf der Nordseite,

Tabelle IIIa.

Jahr	Monat	Art der Arbeit; Zahl und Gattung der eventuell verwendeten Bohrmaschinen		bei der Vorbereitung	Zimmernng	Entfernung von der Tunneldüngung	Benennung der Gesteinsformation	Bemerkungen
		im Richtstollen						
1872	Oktober	Handarbeit		—		0·0	Gneissgranit	Geringe Sickerwässer.
	November	dto.		—		30	—	Geringe Sickerwässer bei 40—45 M.
	Dezember	Handarbeit		—		46	—	—
	Januar	Handarbeit		—		100	Gneissgranit	Geringe Wasserzuflüsse.
	Februar	Handarbeit		—		158·6	Granit.	—
	März	Handarbeit		—		100	Gneissgranit mit augengneisartiger Struktur	—
	April	Handarbeit		—		190·5	Gneissgranit mit dünnen Einlagerungen von Talk und Glimmerschiefer.	—
	Mai	Handarbeit		—		243	—	—
	Juni	Handarbeit		—		250	—	—
	Juli	Handarbeit		—		276·4	—	—
	August	Handarbeit		—		344·1	—	—
	September	Handarbeit		—		363	—	—
1873	Oktober	Handarbeit		—		380	—	—
	November	Handarbeit		—		408	—	—
	Dezember	Handarbeit		—		446	—	—
	Januar	Handarbeit		—		465	—	—
	Februar	Handarbeit		—		483	—	—
	März	Handarbeit		—		535	—	—
	April	Handarbeit		—		589	—	—
	Mai	Handarbeit		—		624	—	—
	Juni	Handarbeit		—		670	—	—
	Juli	Handarbeit		—		735	—	—
	August	Handarbeit		—		738·6	—	—
	1874	September	Handarbeit		—		—	—
Oktober		Handarbeit		—		820·1	—	—
November		Handarbeit		—		878·5	—	—
Dezember		Handarbeit		—		960·5	—	—
Januar		Handarbeit		—		1030·8	—	—
Februar		Handarbeit		—		1099·4	—	—
März		Handarbeit		—		1125·8	—	—
April		Handarbeit		—		1245·8	—	—
Mai		Handarbeit		—		1354	—	—
Juni		Handarbeit		—		1467·4	—	—
Juli		Handarbeit		—		1550·8	—	—
August		Handarbeit		—		1637·3	—	—
September	Handarbeit		—		—	—	—	
Oktober	Handarbeit		—		—	—	—	
November	Handarbeit		—		—	—	—	
Dezember	Handarbeit		—		—	—	—	
1875	Januar	Handarbeit		—		—	—	—

Jahr	Monat	Art der Arbeit: Zahl und Gattung der eventuell verwendeten Bohrmaschinen		Zimmerung	Entfernung v. d. Tunnel-Mündung in Metern	Benennung der Gesteinsformation	Bemerkungen.
		im Richtrollen	bei der Verbreiterung				
1875	Oktober	Handarbeit	Handarbeit	Durchgehendssohlde Zimmerung	37	Dolomitischer Kalkstein, Dolomit und Rankkalk.	Ziemlich viel Wasser. Am 30. betrug die per Sek. aus dem Tunnel abfließende Wassermenge 7 Liter.
	November	dto.	dto.	dto.	69	Dolomit in verschiedenen Variationen.	Ziemlich viel Wasser. Am 24. wurde der Stollen durch einen Wasserstrom mit feinen Geschieben von Glimmerschiefer und mit Quarzblöcken überschattet.
	Dezember	dto.	dto.	dto.	85.5	Glimmerschiefer, etwas Kalk und Quarzit, Amphibolschiefer.	Scheinliche Schichten sehr wasserreich. Am 6. Gesamtanstrich 30 Liter per Sekunde.
	Januar	dto.	dto.	dto.	101.9	Glimmerschiefer, Quarzitschiefer, talkiger Glimmerschiefer.	Der Wasserzudrus nimmt zuerst ab, dann wieder zu; betrug durchschnittlich 25—30 Liter per Sekunde.
	Februar	dto.	dto.	dto.	136.8	Grauer Glimmerschiefer	Wasserzudrus ziemlich gleich. Gesamtanstrich v. 143.6 M. = 27.4 Liter.
	März	dto.	dto.	dto.	148.5	Bleichlich grauer Glimmerschiefer (Quarzit).	Ersthat feste und fast ganz trockene Schichten.
	April	dto.	dto.	dto.	171	Grauer Glimmerschiefer (stark zerklüftet).	Beständig Wasserzudrus.
	1. Mai	dto.	dto.	dto.	190	Grauer Glimmerschiefer.	Bei 196 M. dossen 90 Liter Wasser per Sekunde ab.
	2. Mai	dto.	dto.	dto.	201	dto.	Geringe Wasserzudrus aus Soliquellen.
	Juli	Seit 24. 4 François & Dubois seine Maschin. Anstrich 4. d. 6 François & Dubois seine Maschin.	dto.	dto.	220	Kalkglimmerschiefer, talk. Glimmerschiefer, quarzig. Glimmerschiefer, Quarzitzglimmerschiefer	Wasserzudrus ziemlich bedeutend.
	August	6 François & Dubois'sche Maschinen.	dto.	Die Seitenwände fastdurchgeh.o.Z. dto.	297	Glimmerschiefer und quarzschiefer	dto.
	September	dto.	dto.	dto.	355.7	Talkglimmerschiefer, Glimmerschiefer und auf 4.4 M. amphibol. Gestein.	Gesamtanstrich 192.7 Liter per Sekunde; zwischen 500 u. 509 M. neue reiche Zuflüsse.
Oktober	dto.	dto.	Nur an einigen Punkten gezimm. dto.	415.9	Quarzig. Glimmerschiefer, Glimmerschiefer, amph. Glimmerschiefer, Kalkglimmerschiefer, Granitalkiger u. amphibolischer Glimmerschiefer (abwechselnd)	Gesamtanstrich bei 521 Meter 196 Liter per Sekunde.	
November	dto.	dto.	dto.	475.9	Glimmerschiefer, reich an Quarz	Bis 541 M. kein neuen Zuflüsse; weiterhin beträchtliche; bei 580 M. Gesamtanstrich 30—40 Liter per Sekunde.	
Dezember	dto.	dto.	dto.	527	Glimmerschiefer, reich an Quarz	Durch die Adern flossen 8—10 Liter per Sekunde. Gesamtanstrich bei 616 M. 228 Liter, bei 624 M. 214 Liter, bei 639 M. 189 Liter, bei 645 M. 170 Liter per Sekunde.	
Januar	dto.	dto.	dto.	566.5	Quarzschiefer.	Wasserzudrus geringer. Gesamtanstrich bei 665 Meter 165 Liter, bei 686 M. 141 Liter, bei 703 M. 135 Liter per Sekunde.	
Februar	Handarbeit u. seit 24. 5 Sommerliche M. Zimmerungen.	Handarbeit u. seit 24. 5 Sommerliche M. u. in der 1. Woche Zimmerungen.	Mittlerer starke Zimmerungen.	647.7	Kalkiger Glimmerschiefer, * danhl. *	Gesamtanstrich bei 74 M. 142 Liter, bei 766 M. 174 Liter. Der Zudrus vor Ort nahm ab.	
März	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	731	Glimmerschiefer von heller Farbe.	Gesamtanstrich bei 782 M. 165 Liter, bei 815 M. 181 Liter per Sekunde.	
April	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	753	Quarziger Glimmerschiefer.		
1. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	766.2	Amphibolit.		
2. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	807	Amphibolit.		
3. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	812.4	Quarziger Glimmerschiefer.	Bis 837 Meter Wasserzudrus vor Ort abgenommen, weiterhin ganz trocken. Gesamtanstrich bei 835 M. 216 Liter per Sekunde.	
4. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	835	Amphibolischer Glimmerschiefer.	Mehrere Partien waren ganz trocken; vor Ort nur wenig Wasserzudrus.	
5. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	867.7	Quarziger Glimmerschiefer.	Größtentheils trocken, nur wenig feuchte Partien. Wasserzudrus nur selten aus Adern.	
6. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	911.4	Amphibolischer Gestein.	Während der Bearbeitung trocken, später feucht und Wasser durchlassend.	
7. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	934.0	Quarzit.	Wasserfiltrationen begannen bei 1068 M. und erreichten bei 1091.6 M. 5 Liter per Sek. Gesamtanstrich bei 1092 M. 224 L. per Sek.	
8. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	957.8	Quarziger Glimmerschiefer.	Urdurchdringender Wasserzudrus an einigen Stellen. Gesamtanstrich bei 1132 M. 210 Liter per Sekunde.	
9. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1014.6	Amphibolischer Glimmerschiefer.		
10. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1049.6	Schiefer. Quarzit. enth. Amphibol.		
11. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1052.7	Amphibolischer Gestein.		
12. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1077	Quarzit.		
13. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1099	Quarzit.		
14. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1118	Glimmerschiefer, reich an Quarz.		
15. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1165	Chloritschiefer.		
16. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1172.4	Glimmerschiefer, reich an Quarz.	Bei 1225 M. eine neue Quelle, welche 15 Liter per Sekunde ergab. Gesamtanstrich bei 1230 M. 236 Liter per Sekunde.	
17. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1257	Glimmerschiefer, reich an Quarz mit Lagen v. amph. Gestein.	Die Infiltrationen sind nicht bedeutend, die stärkste betrug 2 Liter per Sekunde.	
18. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1343.4	Grauer Glimmerschiefer	Wasserzudrus unbedeutend, bei 1442 M. ergoss sich eine Quelle, welche 1/2 Liter per Sekunde ergab.	
19. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1387.3	Amphibolischer Gestein.		
20. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1390	Grauer Glimmerschiefer		
21. Mai	Handarbeit.	Handarbeit.	Zimmerungen.	1425	Amphibolischer Gestein.		

Table II.

Nähere Angaben über das mechanische Bohren.

Seite des Tunnels.	Jahr.	M o n a t	Nordseite		Südseite	
			1874	1873	1874	1873
Monatlicher Fortschritt in Metern.						
Mittlerer tägl. Fortschritt in laufend. Metern						
Maximum des täglichen Fortschr. in lauf. Metern						
Zahl der Angriffe						
Mittlere Zeit für die Bohrperiode bei ein. Angriffe						
Mittlere Zeit f. d. Sprengen u. Abtreiben						
Mittlere Zeit für einen Angriff						
Totalzahl der gehobren Löcher						
Mittlere Zahl d. Bohrlöcher per Angriff						
Totale Länge aller Bohrlöcher in Met.						
Mittl. Länge der zu einem Angriffgehör. Bohrlöcher i. M.						
Mittler. Tiefe ein. Bohrlöcher o. mittl. Länge e. Angriff. i. M.						
Länge von allen Angriff. in Metern						
Zahl der zur Reparatur gesendeten Maschinen						

Anmerkung: Auserdem sind uns von den weiteren Monaten folgende Daten bekannt:

	Dezember 1874	Januar 1875	Februar 1875	Dezember 1874	Januar 1875	Februar 1875
Dauer der l. Periode	h m	h m	h m	h m	h m	h m
" " eines Angriffes	5-30	5-06	5-11	4-10	2-57	3-46
" " Bohrstärke in Metern.	2-40	2-50	2-57	4-05	4-27	3-14
Zahl der Bohrlöcher per Angriff	8-10	7-56	8-08	8-15	7-24	7-00
	1-1	?	?	1-1	?	?
	22	?	?	21	?	?

So betrug der monatliche Fortschritt:

bei Göschenen mit Handarbeit	20,6	Meter
„ „ „ mechanischer Bohrung im ersten Baujahre	52	„
„ „ „ „ „ „ zweiten „	76,75	„
„ „ „ „ „ „ 1. Semester des dritten Baujahres	84,5	„
bei Airolo mit Handarbeit	22	Meter
„ „ „ mechanischer Bohrung im ersten Baujahre	68	„
„ „ „ „ „ „ zweiten „	57,6	„
„ „ „ „ „ „ 1. Semester d. dritten Baujahres	84,5	„

Es entspricht sonach der mechanischen Bohrung im ersten Semester des dritten Baujahres eine viermal so grosse Leistung als der anfänglichen Handbohrung.

Wenn man berücksichtigt, dass am Mont Cenis unter weit günstigeren geologischen Verhältnissen erst im letzten Baujahre (1870) ein so grosser Fortschritt (1635,3 Meter) erzielt wurde, als am Gotthard im zweiten Baujahre (1612,1 Meter), so gewinnt man erst den richtigen Maassstab für die Grossartigkeit der Leistungen in den beiden Richtstollen. Soll übrigens der Richtstollen rechtzeitig, d. i. etwa 6 Monate¹⁾ vor Ablauf der achtjährigen kontraktlichen Bauzeit beendet werden, so müsste für die Bewältigung der noch restlichen 11,562,5 Meter eine Steigerung des mittleren monatlichen Fortschrittes auf 193 Meter, vom Monate März 1875 angefangen, eintreten, d. i. auf beiläufig so viel, als der bis nun erzielte grösste Fortschritt betrug (194 Meter im Monate Januar 1875).

Gegenüber dem Fortschreiten des Richtstollens fällt das unverhältnissmässige Zurückbleiben der Erweiterungs- und Ausmauerungsarbeiten sehr auf, deren Stand sich aus den Figuren 71 u. 72, sowie aus den Angaben in Tabelle I des Näheren ersehen lässt.

Die Tabelle II giebt Aufschluss über die mechanische Bohrarbeit, ebenso über den ungünstigen Einfluss, welchen grössere zuströmende Wassermengen auf dieselbe üben. Bei fast trockenem Gestein wurde das Sprengen und Abräumen, also der zweite Theil eines Angriffes auf der Südseite, in durchschnittlich 3 Stunden 14 Minuten beendet, bei reichlichem Wasserzuffluss beanspruchte dieselbe Arbeit durchschnittlich 6 Stunden, also die doppelte Zeit.

Besondere Vortheile brachte in diesem harten Gestein die Sprengung mit Dynamit anstatt mit Schwarzpulver, wie es beim Mont Cenis Anwendung fand.

Für den Querschnitt von 6 □Meter sind am Gotthard durchschnittlich 20 Bohrlöcher erforderlich, während am Mont Cenis unter weit günstigeren geologischen Verhältnissen bei einem Querschnitt von 11 □Meter und Anwendung von Schwarzpulver 90 Bohrlöcher nöthig waren, also für 6 □Meter etwa 50 Bohrlöcher. Darnach ist das Verhältniss der Bohrarbeiten am Gotthard bei Anwendung von Dynamit zu jenen, welche beim Gebrauch von Pulver am Mont Cenis nöthig waren, wie 2:5 und dürfte sich bei gleichen geologischen Verhältnissen noch günstiger gestalten. Dabei ist bei Dynamit vorthheilhafter, dass man die Bohrlöcher noch tiefer anlegen darf — die Tiefe beträgt am Gotthard 1,1 Meter, betrug am Mont Cenis 0,8 Meter — wodurch bei der Bewegung des Fahrgestelles Zeit erspart wird.

Ein vollständiges Bild über die grossartigen Arbeiten des Baues am Gotthard liefert die Zusammenstellung der vierteljährlich beendeten Installationsarbeit, die *Chr. Klar* folgenderweise gibt:

¹⁾ Im besten Falle dürften 6 Monate nach der Beendigung des Richtstollens bis zur Vollendung des Tunnels verstreichen.

I. Nordseite.

1872. Aushebung von 5000 Kubikmeter im Einschnitte, von denen 30% aus geschlossenem Felsen bestanden. — Erbauung des Gebäudes für die provisorische Kompressorenanlage (15 Meter lang, 8 Meter breit), der zweistöckigen Reparaturwerkstätte (52 Meter lang, 12 Meter breit). — Herstellung einer provisorischen Schmiede, eines Pulvermagazins, einer Dynamit-Wärmhütte und eines Zufahrtsweges von der Poststrasse zum Platze vor der Tunnelmündung. — Beginn der Montirung der zwei provisorischen Kompressoren und des Kessels.

Januar, Februar, März **1873.** Erweiterung des Einschnittes. — Beginn der Arbeiten für das Emplacement der grossen Wasserleitung. — Völlige Herstellung der provisorischen Kompressionsanlagen. — Einrichtung der Werkstätte; Aufstellung einer Turbine von 15 1/2 Pferdekräfte in derselben zum Betriebe der Arbeitsmaschinen. — Herstellung einer kleinen Wasserleitung, bestehend aus einem gemauerten Kanal und schmiedeeisernen Röhren, welche das Wasser (etwa 55 Liter per Sekunde) der Gott-hard-Reuss entnimmt und es bei 28 Meter Gefälle der Werkstättenturbine zuführt.

April, Mai, Juni **1873.** Erbauung einer grossen gemauerten Schmiedewerkstätte. — Herstellung eines Depotmagazins, eines Dynamitmagazins, einer Zimmermannswerkstätte. — Beginn des Baues des Gebäudes für die definitive Kompressionsanlage und eines Bureau- und Baudienstgebäudes. — Legung der Leitung für die komprimirte Luft bei der provisorischen Anlage; Aufstellung eines zweiten Kessels daselbst. — Bei der grossen Wasserleitung: Inangriffnahme des Bassins und des gemauerten Kanales; völlige Herstellung des Filterreservoirs; Legung von eisernen Röhren auf 300 Meter Länge.

Juli, August, September **1873.** Bei der grossen Wasserleitung: Vollendung des Bassins und des gemauerten Kanals; Legung der eisernen Röhren bis auf jene des zweiten Zweiges. — Völlige Aufstellung einer *Girard'schen* Turbine mit den drei zugehörigen Kompressoren; Herstellung der Verbindung der letzteren mit der schon gelegten Luftleitung. — Montirung der zweiten Turbine. — Beginn der Durchstechung der 115 Meter langen Visirgalerie.

Oktober, November, Dezember **1873.** Vollständige Aufstellung der zweiten und dritten Turbine, sowie der zugehörigen Kompressorengruppen¹⁾. — Aufstellung der vier grossen Luftreservoirs; Verbindung derselben mit der Luftleitung und mit den Kompressoren. — Legung einer kleineren, sich von der grossen Wasserleitung abzweigenden Leitung bis vor Ort, welche das zum Reinigen der Bohrlöcher nöthige Wasser liefert. — Herstellung einer Metallgiesserei, anschliessend an das Kompressorengebäude. — Fortsetzung der Arbeiten bei der ersten Visirgalerie.

Januar, Februar, März **1874.** Aushebung der Fundamente für die vierte Turbine. — Herstellung einer Wagenwerkstätte, eines Kohlenmagazins und einer Kalkbaracke. — Regulirung der Reuss. — Fortsetzung der Arbeiten bei der ersten Visirgalerie.

April, Mai, Juni **1874.** Beendigung der grossen Wasserleitung. — Legung der Fundamente für die vierte Turbine und die dazu gehörigen Kompressoren; Aushebung der Fundamente für die fünfte Gruppe von Kompressoren. — Legung einer Wasserleitung zu einer Wassersäulmaschine, welche die provisorischen Pumpen betreiben soll. — Erbauung eines grossen Arbeiterwohnhauses und eines Pulvermagazins. — Regulirung der Reuss. — Beendigung der ersten Visirgalerie (29. Mai).

Juli, August, September **1874.** Montirung der vierten Kompressorengruppe und des Akkumulators. — Vergrösserung des Kompressorengebäudes, der Hauptschmiede und der Giesserei. — Erbauung eines Wohnhauses für Steinmetze, eines

¹⁾ Die definitiven Kompressoren lieferten die komprimirte Luft zum ersten Male am 8. Oktober; doch waren Verbesserungen nöthig, sodass ein regelmässiger Gang der Kompressoren erst Anfangs November eintrat.

Magazins, einer Schmiede zu Schöllenen und eines Spitals. — Beginn der Arbeiten beim Aspiratorengebäude. — Regulirung der Reuss. — Inangriffnahme der Durchstechung der zweiten Visirgallerie.

Oktober, November, Dezember **1874**. Völlige Aufstellung der vierten Turbine und der vierten Kompressorengruppe, des Hebeapparats und des Akkumulators. — Montirung der fünften Kompressorengruppe. — Herstellung eines Observatoriums, einer Wagnerwerkstätte und einer Baracke für die Vergleichsversuche mit Bohrmaschinen. — Fortsetzung der Arbeiten beim Aspirator. — Regulirung der Reuss. — Völlige Durchstechung der zweiten Visirgallerie (20. November); Ausmauerung derselben.

Januar **1875**. Fortsetzung der Montirung der fünften Kompressorengruppe. — Transformation der provisorischen Kompressoren, in welchen mit hydraulischem Motor. — Inangriffnahme der Hebevorrichtung. — Ausmauerung der zweiten Visirgallerie. — Regulirung der Reuss.

II. Südseite.

1872. Im Einschnitte Aushebung von 4900 Kubikmeter, bestehend aus Lehm, Sand und Gerölle mit einzelnen grösseren Blöcken. — Herstellung einer Strasse von der Gotthardstrasse zum Installationsplatze. — Beginn der Arbeiten bei der provisorischen Kompressorenanlage und bei dem grossen Werkstättingebäude. — Wasserbauten für eine Werkstättingenturbine.

Januar, Februar, März **1873**. Fortsetzung der früher erwähnten Arbeiten. — Beendigung der Strasse zum Installationsplatze.

April, Mai, Juni **1873**. Vollendung der provisorischen Kompressionsanlage und der Reparaturwerkstätte. — Herstellung des Kompressorengebäudes und des Filterreservoirs. — Montirung der Werkstättingenturbine ($15\frac{1}{2}$ Pferdekraft stark). — Beginn der Montirung der Tangentialräder und der Kompressoren. — Aushebung eines Grabens für die grosse Wasserleitung. — Erbauung eines grossen Arbeiterwohnhauses (50 Meter lang, 9,5 Meter breit).

Juli, August, September **1873**. Beendigung der Montirung von zwei Tangentialrädern und den zugehörigen Kompressoren; Montirung des dritten Tangentialrades und der dritten Kompressorengruppe. — Fortsetzung der Arbeiten beim grossen Wohnhause. — Regulirung des Giessobettes. — Legung von eisernen Röhren auf 390 Meter Länge für die grosse Wasserleitung.

Oktober, November, Dezember **1873**. Beendigung der Montirung des dritten Tangentialrades und der zugehörigen Kompressorengruppe¹⁾. — Etablirung von drei Luftreservoirs vor dem Turbinengebäude. — Vollendung der grossen Wasserleitung und des grossen Arbeiterwohnhauses. — Legung einer kleinen Wasserleitung (0,06 Meter Durchmesser) vom untersten Ende der grossen Wasserleitung bis vor Ort zur Lieferung des Injektionswassers in die Bohrlöcher. — Herstellung des Observatoriums, eines Wohngebäudes für die Beamten, eines Dienstgebäudes und kleinerer Magazine.

Januar, Februar, März **1874**. Aufstellung eines vierten Luftreservoirs. — Montirung einer Turbine für eine am Ufer des Tessin gelegene Säge. — Umwandlung eines angekauften Hauses in eine Schule, wo den Kindern der Arbeiter unentgeltlich Unterricht erteilt wird. — Erbauung einer Metallgiesserei. — Aushebung von 27,420 Kubikmeter beim Einschnitte vor dem definitiven Tunnelportale.

April, Mai, Juni **1874**. Herstellung der Fundamente für die vierte und fünfte Kompressorengruppe. — Erbauung eines Spitals, eines Wohnhauses und zweier Arbeitsschuppen.

¹⁾ Die neuen Kompressoren lieferten vom 5. November an komprimirte Luft; ein regelmässiger Gang derselben trat erst mit Ende November ein.

Juli, August, September 1874. Fortsetzung der Arbeiten bei der vierten und fünften Gruppe von Kompressoren. — Beginn der Arbeiten bei der Tessiner Wasserleitung. — Montirung des Hebeapparates und des Akkumulators. — Herstellung der Umfassungsmauern des Aspiratorengebäudes, sowie der Fundamente für die Glocke. — Legung einer Wasserleitung zum Aspirator mit einer Abzweigung zu den provisorischen Kompressoren. — Fortsetzung der Aushebung im Einschnitte vor dem definitiven Tunnelportale (bis Ende September waren 50,000 Kubikmeter ausgehoben).

Oktober, November, Dezember 1874. Beendigung der Montirung des vierten Tangentialrades, der vierten und fünften Kompressorengruppe, sowie des Aspirators. — Fortsetzung der Arbeiten bei der Tessiner Wasserleitung. — Vollendung des Einschnittes (die ganze Aushebung betrug 55,300 Kubikmeter. — Vortreibung des Firststollens im gekrümmten Theile des definitiven Tunnels auf eine Länge von 71 Meter.

Januar 1875. Ingangsetzung der vierten und fünften Gruppe von Kompressoren, der provisorischen Kompressoren mit hydraulischem Motor und der Tessiner Wasserleitung.

7. Beurtheilung des Baues und der Anlagen.

Eine eingehende Beurtheilung des Gotthard-Tunnelbaues hat der auf dem Gebiete der Tunnelbaukunst als Autorität geltende Ober-Ingenieur *Rziha* in einem in dem österr. Ingenieur- und Architekten-Verein am 30. Januar 1875 gehaltenen Vortrage gegeben, dem die folgenden Hauptmomente als für weitere Kreise von Interesse entnommen sind. *Rziha* rubrizirt seine ganze Kritik unter 1. den marktscheiderischen, 2. den maschinellen, 3. den bergmännischen Theil der Bauausführung. Der erste Theil hat von uns bereits oben Erwähnung gefunden. Bezüglich des

maschinellen Theiles der Bauausführung

bemerkt *Rziha*, dass derselbe sich auf die Anwendung der Bohrmaschinen konzentriert und, anschliessend an die Arbeiten am Mont-Cenis-Tunnel, also vorausgesetzt, dass die Arbeiten voraussichtlich per Monat mehr als 155 Meter Fortschritt erzielen werden, der Unternehmer *Favre* hauptsächlich in früherer Vollendung des Baues in der pro Tag festgesetzten Prämie von 5000 Frkn. seinen Gewinn zu finden gedächte. Da *Favre* laut Vertrag für jeden Tag späterer Vollendung während der ersten 6 Monate 5000 Frkn. und nachher per Tag 10,000 Frkn. Konventionalstrafe zahlen muss, so beläuft sich die in einem Jahre eventuell zu zahlende Konventionalstrafe auf 2,735,000 Frkn., wozu dann noch der Verfall der Kaution tritt.

Mit dem 1. Januar 1875 war der Richtstollen im Ganzen auf 2980,7 Meter vorgerückt. Soll der Tunnel am 7. August 1880, als der stipulirten Zeit fertig sein, so muss der Richtstollen wenigstens 6 Monate früher durchschlägig sein, da die Nacharbeiten — Erweiterung, Ausmauerung etc. — diese Zeit beanspruchen. Für den Richtstollen bleibt vom 1. Januar 1875 bis zu genanntem Termine eine Zeit von 61 Monaten; die zu leistende Arbeit beträgt 14900—2980,7 gleich 11919 Meter oder etwa so viel, wie der Mont-Cenis-Tunnel lang ist. Wozu man am Mont-Cenis-Tunnel 14 Jahre brauchte, dass muss hier in 5 Jahren und 2 Monaten geleistet werden, oder *Favre* muss, will er seinen Kontrakt halten, monatlich 195 Meter fertig machen.

Während am Mont-Cenis die durchschnittliche Monatsleistung in den letzten 2 Jahren 155,6 Meter betrug, ergibt sich am Gotthard 1873 eine solche von 126,2 und für das erste Semester 1874 bereits 170,7 Meter, also 15 Meter mehr als am Mont-Cenis. Aber selbst eine, wie in Folge Verwendung ausgezeichneter Bohrmaschinen und wo nach Aufhören der Proben mit den verschiedenen Systemen nicht zu bezweifeln, weitere Steigerung des monatlichen Fortschrittes vorausgesetzt, wird diese Steigerung, weil dieselbe ja auch an die Wegräumung des Schuttes geknüpft ist, doch ihre Grenzen haben und *Rziha* ist der Meinung, dass die nothwendigen 195 Meter pro Monat bei den heutigen Dispositionen des Baues voraussichtlich nicht erreicht werden dürften, somit die rechtzeitige Fertigstellung schon jetzt in Frage steht.

Die nicht zu verkennenden grossen Leistungen der Bohrarbeit, die wahrscheinlich also noch steigen werden, werden abgeschwächt durch die Dispositionen, welche den

bergmännischen Theil der Bauausführung

betreffen. *Favre* hat das belgische Tunnelbausystem (Legung des Richtstollens in die Firste, vergl. oben) für den Gotthardtunnel adoptirt, trotzdem dasselbe dem heutigen Stande der Wissenschaft nicht mehr entspricht und ein irrationelles genannt werden muss, trotzdem dass die Ingenieure der Direktion von dessen Wahl abgerathen. Der zweite und weit grössere Dispositionsfehler besteht aber darin, dass der Unternehmer den Stollen für die maschinelle Bohrung in die Firste des Tunnels statt in die Sohle desselben gelegt hat. Nach *Rziha* konnten für diese Wahl nur folgende Gründe sprechen:

1. Die Wahl des belgischen Systems, für welches in seiner Zimmerung und Wölbung und in seiner Förderung ein Sohlenstollen deshalb unzweckmässig ist, weil dasselbe die Massen des unteren Profils lockert und das System diese Lockerung nicht vertragen kann. Weil ferner das System es verlangt, dass die Bausohle in der Mitte der Höhe des Tunnelprofils und nicht, wie es bei jedem bergmännischen Baue naturgemäss ist und auch überall befolgt wird, auf der Sohle des Profils liegt.

2. Die leichtere bergmännische Gewinnung. Bekanntlich ist bei einem Tunnelbau das Vortreiben des Stollens durch Sprengarbeit verhältnissmässig die theuerste Arbeit; die Ausweitung des Stollens auf den oberen Profiltheil kommt nur halb, die Niederschliessung der Strosse nur ca. $\frac{1}{4}$ so theuer pro Kubikeinheit wie der Stollenvortrieb. Bei einem Tunnelbaue, der durch Sprengarbeit aufgeföhren werden muss, vermeidet man die zwei- oder mehrmalige Eindringung mittelst eines Stollens in das schussfeste Gestein des Tunnelprofils, weil dadurch der Preis für die Kubikeinheit erhöht wird. Wird in einem Tunnel durch festes Schussgestein ein Sohlenstollen hergestellt, so muss nebenher auch noch ein stollenartiger Vorbruch in der Firste gemacht werden, und man hat dann die theuerste Arbeit der Sprengung zweimal zu machen.

3. Die leichtere Ventilation. Ein Sohlenstollen bei langem Tunnel erschwert die Ventilation, wenn man genöthigt ist Aufbrüche zu machen. Die Gase ziehen in die Höhe und erschweren die Arbeit. Ein langer Tunnel mit zahlreichen Aufbrüchen erfordert daher umfangreiche und kostspielige Ventilationsvorrichtungen. Diese 3 Gründe sind zwar bei einem kurzen Tunnel stichhaltig und in gewissem Falle überwiegend, nicht aber bei einem langen, durch maschinelle Bohrung des Vorstollens herzustellenden Alpentunnels wie derjenige des Gotthard. Hier ist eine darnach getroffene Disposition als verfehlt zu bezeichnen und muss nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft enorme Verluste an Zeit und Geld im Gefolge haben.

Rziha bringt für diese Behauptung folgende Gründe bei:

1. Der Sohlenstollen ist eine Bedingung für die rasche Vollendung eines langen Alpentunnels. Bei einem langen Tunnel muss zunächst ein Stollen mit Maschinerie vorgetrieben werden, diesem folgt dann der vollständige Ausbruch zum Profil. Letzteres kann nicht mit Maschinenarbeit geschehen, da diese gegenwärtig noch zu theuer kommt, der Ausbruch bleibt in Folge dessen sehr zurück. Liegt der vorauseilende Stollen in der Firste, so kann die obere Profilhälfte (die Bogenorte) nicht aber die untere Profilhälfte (die Strosse) forcirt abgebaut werden, wenn man anders schachtartige Vertiefungen (Gesenke in der Strosse) vermeiden will und wegen der Förderung und dem Wasserzuflusse vermeiden muss. Es sind also hier Sohlenstollen angezeigt, beziehentlich ist man auf Aufbrüche angewiesen, welche nur durch jenen herstellbar und zur Forcierung erforderlich sind.

In der That tritt in Göschenen die Festfahung des Systems ganz auffällig zu Tage, da dort monatlich 100 Meter Richtstollen, dagegen nur 8—10 Meter Vollausbau fertig werden, in Airola auf 100 Meter etwa 17 Meter.

Um einer weiteren Festfahung und dadurch Verzögerung der Vollendung zu entgehen, bleibt keine andere Wahl als entweder Uebergang zum Sohlenstollen oder beschleunigtere Abtragung der Strosse, woran jedoch die nothwendigere Zimmerung und Mauerung hindert und welche selbst bei Anwendung von Maschinen unbedingt theurer kommt.

2. Die benachtheiligte Förderung. Gegenwärtig wird der obere Profiltheil am meisten forcirt; die heraus zu fördernden Erdmassen, die hinein zu bringenden Mauer- und Holzmaterialien, Arbeitsgeräthe etc. haben von der oberen Sohle nach der Hauptsohle oder umgekehrt zu gehen. Dazu benutzt die Strosse als schiefe Ebene ein in das Vollprofil hineingebautes Gerüst. Durch die schiefe Ebene und das Gerüst verengt sich das Tunnelprofil, der Strossenvertrieb, die Zimmerung und Mauerung wird gehemmt. In der That sind diese Unbequemlichkeiten derart störend gewesen, dass schon gegenwärtig ein Strossenschlitz vorgetrieben und eine vertikale Förderung von der oberen nach der unteren Sohle eingerichtet ist (Vergl. Figur 28).

Ist diese Einrichtung auch rationeller, so reicht sie doch nicht aus, kommt theurer, ist dort, wo Zimmerung und Mauerung nothwendig, kaum durchführbar und unter allen Umständen bedenklich, weil der komplizirte Mechanismus solcher Förderung leicht intakt, derselbe auch für grosse Massen ungenügend wird. Einfachheit der Förderung muss auch hier Grundsatz sein.

Also auch aus Gründen der Förderung ist für solche Tunnel ein Sohlenstollen angezeigt, auf der tiefsten Sohle allein sind die rationellen maschinellen Einrichtungen möglich.

3. Die Röhrenleitungen sind für lange Alpentunnel nothwendig für den maschinellen Betrieb, für die Ventilation. Liegt ein Theil der Sohle unten, einer oben, so müssen Stollenverbindungen eingeschaltet werden, welche Zeit, Kosten und Betriebsstockungen verursachen.

4. Die Zimmerung und Mauerung kann bei klüftigem Gestein, wie dies beim Gotthardtunnel anzutreffen, im oberen Theile in einer Ausdehnung erforderlich werden, dass die Frequenz in demselben vollständig gestört wird, wodurch Betriebsstockungen und bedeutende Zeitverluste entstehen. Der Sohlenstollen weicht diesen Schwierigkeiten vollständig aus.

5. Die Richtungs- und Höhenbestimmung ist bei einem Sohlenstollen viel einfacher als bei einem Firststollen.

6. Die Sicherung der Arbeiter erfordert den Sohlenstollen geradezu. Dazu ist aber eine rasche Nachführung des genannten Raumes erforderlich und

zwar in der Tunnelsohle. Im Firststollen kann ein sicherer Schlüpfraum für die Arbeiter nicht erzielt werden.

7. Zur Einhaltung des Wassergefälles legt man lange Tunnel nach beiden Mundlöchern im Gefälle an. Die Arbeiter arbeiten nun nie an beiden Enden so gleichmässig vor, dass sie gleichzeitig am Scheitelpunkte der Nivelette ankommen. Liegt der Stollen im Firste, so muss der früher ankommende Theil im Gefälle arbeiten und die Wasserzuzüsse bekämpfen, was beim Sohlenstollen durch vorübergehende Höherlegung der Sohle leicht vermieden werden kann.

8. Die geologischen Verhältnisse, wie wir solche oben besprochen haben, wiesen auf folgende Baudisposition hin:

- a) Der Tunnel ist mit ganz untergeordneten Ausnahmen durch Sprengarbeit aufzufahren.
- b) Einzelne Schichten werden lettenartigen Charakter haben und nicht unbedeutende bergmännische Schwierigkeiten bereiten. Die Zerklüftung des Gesteins wird voraussichtlich eine solche sein, dass in der Tunnelstrecke zwischen Andermatt und Aiolo beträchtliche Längen der Ausmauerung bedürfen werden.
- c) Die hervorragendsten Schwierigkeiten werden auf der Seite von Göschenen und zwar in der Strecke von 2500—3000 Meter vom Mundloche ab, eintreten, weil dort inmitten des Urgesteins Jura liegt, demnach also Punkte angetroffen werden, welche von erheblichen geologischen Revolutionen berührt worden sind. Weichheit des Gesteins, sehr arge Klüftung, lettige druckhafte Partien und ein ganz hervorragender Wasserzuzfluss werden voraussichtlich die Faktoren sein, mit denen die Ingenieure dort in heftigen Kampf gerathen müssen.
- d) Der St. Gotthardtunnel wird einen ausserordentlichen Wasserzuzfluss nachweisen.

Die Umstände nämlich, dass die Schichten nahezu normal auf die Tunnelaxe streichen und dass eine arge Zerklüftung im Gebirgsstocke vorhanden sein muss, sind Ursache der Herbeiziehung grosser Wassermassen, weil jede Streichungskluft des Berges die Niederschlagswasser weit von rechts und links her zur Tunnelaxe herbeiholt.

Wie bedeutend die Niederschläge am Gotthard sind, geht schon daraus hervor, dass vier der grössten Ströme der Schweiz (Rhein, Rhone, Reuss, Tessin) dort ihr Quellgebiet haben. Das Niederschlagsgebiet, das für die Tunnelaxe in Betracht kommt, ist auf wenigstens 60 Millionen □Meter zu veranschlagen; nimmt man ein Minimum von 0,1 bis 0,2 Kubikfuss Wasser pro 15,000 □Meter an, im Mittel also 0,15 Kubikfuss, so lässt sich der Zufluss zwischen 400—600 Kubikfuss per Minute schätzen. Der Wasserzuzfluss wird wahrscheinlich in den Schichten Jurakalk bei Andermatt am bedeutendsten sein. Jedenfalls hat der ganze Bau also auf sehr grossen, vielleicht auf einen der ärgsten Wasserzuzflüsse zu rechnen — wie sich dies bei Aiolo bereits vollständig bestätigt hat, wo die Wassermenge stetig zunimmt — was allein nothwendig macht, die Disposition des Firststollens in eine solche des Sohlenstollens umzuändern, um die Bauarbeit zu beschleunigen.

Die Wasser des Firststollens finden nur gehemnten Abfluss, überströmen dann die Bogenorte derart, dass die Arbeiter knietief in ihnen waten müssen, in Folge dessen zahlreiche Erkrankungen der Arbeiter eintreten, der Betrieb gestört ist. Während in Göschenen der trockenere Stollen im letzten halben Jahre 1873 104 Meter pro Monat vordrang, geschah dies in Aiolo bei starkem Wasserandrang nur 66,2 Meter. — Auch diese Thatsachen erfordern gebieterisch die Anlage des Sohlenstollens, soll die rechtzeitige Vollendung, die jetzt schon unsicher, nicht noch mehr in Frage gestellt werden. —

Ist das Unternehmen des Gotthardtunnels wohl das grossartigste der Gegenwart, so geht aus der vorstehenden Kritik doch hervor, dass die gegenwärtige Baudisposition doch nicht in allen ihren Theilen den Beifall der Sachverständigen findet. — Befremden muss es überdies, dass der Bauunternehmer auf die Anwendung des dritten der Hauptfortschritte der neueren Sprengtechnik, die Anwendung der elektrischen Zündung bisher verzichtete; die gleichzeitige Explosion dürfte sicher eine Verringerung der Bohrlöcher möglich machen. Auch ist es sonderbar, dass nicht neben dem Dynamit die diesem überlegenen Sprengmittel benutzt werden, welche vielleicht eine weitere Verringerung der Zahl der Bohrlöcher und grössere Tiefe derselben zur Folge haben würde. Soviel über den gegenwärtigen Stand des Unternehmens.

Aehnliche Befürchtungen, wie sie *Rziha* über die rechtzeitige Beendigung des Tunnelbaues ausgesprochen, scheinen auch innerhalb der Bauverwaltung desselben laut geworden zu sein, worauf eine am 19. Juni 1874 vollzogene Ergänzung des früheren Vertrages mit dem Unternehmer *Favre* hindeutet. Diese Ergänzung des Artikels 10 des Kontraktes vom 7. August 1872 bestimmt Folgendes: Die Vollendung des Richtstollens soll derart geschehen, dass der Unternehmer fertig stellt

vom 1. April 1874 bis dahin 1875	1750	Meter.
1875	1876	2050 -
1876	1877	2320 -
1877	1878	2400 -
1878	1879	2400 -
1879	1880	2400 -

Ferner, dass der Vollausschub, die Mauerung und die Herstellung des Sohlenkanals der Ausführung des Richtstollens derart nachfolgen müssen, dass der Tunnel bis zum Endtermin 1880 sicher vollendet werden kann.

Aus dieser Vereinbarung ist zu schliessen, dass die Bauverwaltung die rechtzeitige Vollendung des Baues für erreichbar hält und der bisherige Verlauf des Baues scheint allerdings für die Richtigkeit dieser Voraussetzung zu sprechen. Denn in der Zeit vom 1. April 1874 bis dahin 1875 ist der Bau an beiden Seiten in Summa 1951,3 Meter, also um reichlich 200 Meter mehr wie stipulirt war, fortgeschritten.

In den ersten 4 Monaten des Jahres 1875 betragen die Leistungen:

	Göschenen.	Airolo.	Summa.
Januar	92,6	101,4	194,0
Februar	83,1	101,0	184,1
März	92,1	86,7	178,8
April	97,6	128,0	225,6
			782,5

Hieraus ergibt sich eine Durchschnittsleistung von monatlich 195,6 Meter, d. i. mehr als die Zusammenstellung *Rziha's* verlangt.

Wird die Durchschnittsleistung, bei welcher übrigens die am schwierigsten abzubauenende Südseite am meisten betheilig ist, weiter erreicht, was man wohl als wahrscheinlich bezeichnen kann, so dürfte der oben mitgetheilte Ausspruch *Rziha's*, der allerdings die jüngsten Resultate nicht berücksichtigen konnte, etwas zu modifiziren sein.

Die oben in ihren Hauptpunkten berührte Kritik *Rziha's* hat übrigens eine Gegenkritik des sachverständigen Ingenieur's *Kauffmann*¹⁾ gefunden, die wir nebst den Bemerkungen, welche die „deutsche Bauzeitung“²⁾ dazu macht, hier

¹⁾ Die Eisenbahn 1875, No. 24. 25.

²⁾ Deutsche Bauzeitung 1875. 287.

folgen lassen. *Rziha* hält das bisherige Bausystem mit Firststollen für verfehlt und den Uebergang zum Sohlenstollen-Bau als eine Bedingung für die rasche Vollendung des Gotthard-Tunnels. — Dagegen erklärt Herr *Kauffmann* letzteres Bausystem für vollkommen undurchführbar, weil die vielen Aufbrüche, welche man bei einer rationellen Verfolgung des Sohlenstollenbaues am Gotthard werde machen müssen, bei der Verwendung von Dynamit als Sprengmittel nicht genügend ventilirt werden könnten, wenn man nicht der künstlichen Ventilation durch die Art des Tunnelaufbruchs mit einer natürlichen Ventilation zu Hilfe komme. — Die Meinung des Herrn *Rziha*, dass es beim Firststollenbau unmöglich sein werde, mit dem Ausbruch des vollen Profils rasch genug zu folgen, bestreitet Herr *Kauffmann* durch die Aufstellung, dass es leichter sei, den Sohlen-Schlitz auszusprengen, als einen Firststollen, der, der Ventilation wegen, ausser dem von Herrn *Rziha* befürworteten Sohlenstollen eröffnet werden müsste. Die bisherigen geringen Fortschritte beim Ausbruch des Sohlenschlitzes seien noch nicht als erreichbare normale Leistungen anzusehen, sondern ebenso der Steigerung fähig wie der Firststollenausbruch. — Hierzu kann man bemerken, dass während in 1873 der Sohlenschlitz monatlich nur evtl. 35 Meter fortgeschritten ist, die Fortschritte desselben in 1874 und in den ersten 4 Monaten von 1875 betragen haben bezw. rot. 55 Meter und 141 Meter. —

Die von Herrn *Rziha* behauptete Benachtheiligung der Förderung des Ausbruchmaterials durch den Firststollenbau stellt Herr *Kauffmann* als unbegründet durch die Anführung hin, dass dieselbe auf der unzutreffenden Voraussetzung beruhe, dass die Schuttförderung aus dem oberen Theil des Tunnelprofils auf die Sohle desselben durch die — in unseren früheren Artikeln erwähnten — hydraulischen Hebewerke bewirkt werde; in Wirklichkeit finde diese Förderung in der Weise statt, dass die Gesteinmassen durch Schläuche in die auf dem Sohlengleise stehenden Transportwagen geschafft werden. Die 2 Bausohlen, welche beim Gotthard-Tunnelbau existiren, hält Herr *Kauffmann*, im Gegensatz zu der Meinung des Herrn *Rziha*, nicht für nachtheilig, sondern geradezu für sehr nützlich, „weil dadurch der Vertrieb der oberen Etage theilweise unabhängig von der Hauptbahn — in der Tunnelsohle — gemacht wird und man dabei einen Spielraum gewinnt, der gestattet, sich mit dem Entleeren der vollen Schuttwagen, die auf den oberen Geleisen laufen, nach dem jeweiligen Betriebe auf der unteren Bahn zu richten; hierdurch können etwaige Störungen auf der letzteren paralysirt werden.“ — Zu diesem Punkte kann man anführen, dass die Aeusserungen im Jahresberichte der Bauverwaltung nicht ganz mit den *Kauffmann*'schen Ausführungen zusammenzustimmen scheinen. Nach dem, was S. 32 und 37 des Berichts mitgetheilt wird, lässt sich nicht genau übersehen, ob und in welchem Maasse etwa dennoch die hydraulische Hebevorrichtung auf der Südseite des Tunnels für den Transport der Ausbruchmassen in Anspruch genommen wird; jedenfalls ist der Vorgang hier ein anderer als auf der Nordseite des Berges. —

Herrn *Rziha*'s Behauptung, dass durch die Mehrkosten, welche durch die Verlegung der Luftleitungsrohren beim Firststollenbau entstehen, die Mehrkosten des Sohlenstollenbaues vollständig aufgewogen werden, stellt Herr *Kauffmann* eine ganz bestimmte Verneinung entgegen. —

Dem Umstande, das in druckhaften Gebirgsstellen beim Firststollenbau solche Verengungen des Profils durch Einbauten nöthig werden können, dass der ungestörte Verkehr in diesem Profiltheil verloren geht, glaubt Herr *Kauffmann* dadurch sicher begegnen zu können, dass Bohlenbögen von genügender Stärke für die Einwölbung angewendet werden, event. könne man sich durch „Auffirsten“ helfen, wie solches auch manchmal beim Sohlenstollenbau nothwendig werde. Im übrigen weist Herr *Kauffmann* darauf hin, dass ein regelrechter Einbau beim Gotthard nur auf kurzen Strecken erforderlich und nicht abzusehen sei, warum

bei der nöthigen Vorsicht im Abbau ein Firststollen nicht ebensogut frei erhalten werden könne, als ein Sohlenstollen. —

Als fernerer Moment, dass für die Ausführung eines Sohlenstollens spricht, gibt Herr *Rziha* die dabei mögliche leichtere und sichere Feststellung von Richtung und Höhe des Tunnelprofils an. — Der Anerkennung der von Herrn *Kauffmann* dagegen aufgestellten Ansicht, dass die betr. Messoperationen ebensogut und bequem auch beim Firststollenbau sich ausführen lassen, wird man bei Beachtung der dessfalsigen Verhältnisse am Gotthardtunnel kaum sich entziehen können. —

Herr *Rziha* spricht die Ansicht aus, dass aus Rücksicht auf die Sicherung der vor Ort befindlichen Arbeiter bei langen Tunneln die Herstellung eines Sohlenstollens und die sofortige Nachführung des gemauerten Wasserabzuges bergpolizeilich vorgeschrieben werden sollte; er bezieht sich auf Erfahrungen am Mont-Cenis-Tunnel, wo der Fall vorgekommen sei, dass nach einer Tunnelverschüttung die Arbeiter sich durch den Sohlenkanal retten konnten, und macht auf das bekannte Unglück am Hauenstein-Tunnel aufmerksam, mit dem Hinweis, dass beim Vorhandensein eines solchen Kanals dort die Katastrophe vermeidbar gewesen wäre. — Herr *Kauffmann* entzieht dieser Begründung einen Theil ihrer Basis dadurch, dass er, auf Grund spezieller Nachfragen, den Vorfall vom Mont-Cenis als nicht vorgekommen hinstellt und dass er ausserdem das sofortige Nachfolgen des Sohlenkanals hinter der Stollenbrust für eine Unmöglichkeit erklärt; auch beim Mont-Cenis sei dieser Kanal immer erst hergestellt worden, nachdem die Ausmauerung des Profils vollendet war. Mit einem Hinweis auf den Umstand, dass am Gotthardt-Tunnel Gebirgsdruck überhaupt nicht vorkommen wird und es sich dort immer nur um partielle Ablösungen in Folge von Gesteinzerklüftungen handelt, schliessen die hierher gehörigen Auslassungen des Herrn *Kauffmann*. —

Als 7. Grund für die Ausführung eines Sohlstollens führt Herr *Rziha* die Rücksicht auf das Gefälle des Tunnels an. Schreiten die Arbeiter auf beiden Seiten nicht so gleichmässig fort, als bei der Bestimmung der Sohlennivellete vorausgesetzt wurde, so muss man auf dem letzten Stück der einen Seite mit umgekehrtem Gefälle arbeiten und geräth dadurch in Schwierigkeiten mit der Wasserabführung. — Herr *Kauffmann* bemerkt dem gegenüber nicht unzutreffend, dass für den Fall, dass der Ausbruch des Firststollens bei Airolo dem an der anderen Bergseite erheblich vorausseilen würde, — wozu aber vorläufig eine Aussicht nicht vorhanden sei — man lediglich in die Lage komme, den Scheitelpunkt der Sohle auf Kosten der Länge der zwischen beiden Gefällen liegenden Horizontalen etwas zu erhöhen. Letzteres sei für den Tunnelbetrieb sehr gleichgiltig, wie es in Rücksicht auf den an der Südseite des Berges zu erwartenden Wasserzutritt auch jedenfalls zweckmässiger gewesen sein würde, statt des schwachen dortigen Gefälles von nur 1‰ ein solches von nicht unter 3‰ festzusetzen. —

Das letzte unter den Argumenten, welche Herr *Rziha* für seine ungünstige Meinung ins Feld führt, ist von den geologischen Verhältnissen auf der Nordseite des Berges, die zwischen 2500—3000 Meter Abstand vom Tunnelportal einen erheblichen Wasserzutritt befürchten lassen, hergenommen. Die Wasser sollen beim Firststollenbau einen gehemmten Abfluss finden und den Baufortschritt in erheblichem Maasse beeinträchtigen. Als Beweise hierfür wird auf die zahlreichen vorgekommenen Erkrankungen der auf der Südseite des Berges verwendeten Arbeiter und die geringen Fortschritte, die in 1875 und 1874 der Richtstollenvortrieb bei Airolo im Vergleich zu dem (Trocken-)Bau bei Göschenen gemacht hat, hingewiesen. Letzteres Argument ist jetzt nicht mehr ganz zutreffend, nachdem die oben mitgetheilten Zahlen gerade für die Südseite des Berges einen über alles Erwarten günstigen Baufortschritt in den ersten 4 Monaten

des gegenwärtigen Jahres erkennen lassen. Der Vermuthung, dass für die Nordseite des Berges Wasser zu befürchten sei, tritt Herr *Kauffmann* bei, glaubt jedoch die Gefahr für die von Herrn *Rziha* als am bedenklichsten bezeichnete Strecke nicht zu gross, da man sich die Spalten und Klüfte des Glimmerschiefers auf der Strecke vom Urner Loch bis Andermatt durch Depositionen aus einem früher dort bestandenen See sehr wohl als verschlossen denken könne und da ferner beim Mont-Cenis-Tunnel die Erfahrung die im Allgemeinen zutreffende Vermuthung, dass in den Formationswechseln des Gebirges Wasserzutritt vorkommen werde, nicht bestätigt habe. Man wird nach diesen Ausführungen nicht im Stande sein, sich ein definitives Urtheil über das Zutreffende in den Behauptungen der einen und der anderen Seite zu bilden. Herr *Kauffmann* gibt im übrigen die von Herrn *Rziha* behaupteten Schwierigkeiten der Wasserabführung beim Firststollenbau nicht zu, sondern schliesst mit der Bemerkung, dass die bei der Wasserabführung aus dem Firststollen eintretende Kostenvermehrung sich keinesfalls grösser gestalten dürfte, als die Mehrauslagen, welche der Betrieb von Sohl- und Firststollen — welche Anlage von Herrn *Rziha* empfohlen wird — erfordern würde. Wenn auf der Göschener Bergseite wider Erwarten ein so nachhaltiger Wasserzudrang sich einstellte, wie auf der Südseite, so würde der Abfluss dort, bei dem stattfindenden fast 6 mal so grossen Gefälle, erheblich rascher und dadurch mit weniger Behinderung für den Bau vor sich gehen. —

Wir glauben, dass die vorstehenden, in Kürze dargelegten Gründe und Gegengründe in Bezug auf das vom Unternehmer *Favre* adoptirte Bausystem dem Fernstehenden zu der Auffassung führen müssen, dass die Gefahren, welche der rechtzeitigen Beendigung des Tunnelbaues drohen, in Wirklichkeit nicht so gross sind, als von manchen Seiten angenommen wird. Hierin soll aber eine Meinung darüber nicht ausgesprochen sein, ob nach Lage der Sache das gewählte Bausystem im Allgemeinen für zweckmässig oder unzweckmässig zu halten sei. Im heutigen Stadium des Gotthardtunnelbaues scheint es, bei der täglich fortschreitenden Vervollkommnung der Bohrmaschinen, Bohrwerkzeuge und Sprengmittel, die bis jetzt schon zu einer Leistung geführt hat, bei der die früheren Leistungen am Mont-Cenis sich mehr als veranderthalbfacht haben (130 Meter Monatsfortschritt gegen 82 Meter), verfrüht zu sein, eine definitive Meinung abzugeben, die bei der Eigenart des Falles durch die spätere Erfahrung entweder ratifizirt oder widerlegt werden könnte. Eine Beurtheilung günstiger Art wird man in der auf S. 32 des Jahresberichtes pro 1874 mitgetheilten Bemerkung der Bauverwaltung: „Gleichwie in Göschenen wurde auch in Airolo der Tunnel trotz des sehr hindernden Wasserandranges nach dem belgischen Tunnelbau-System abgebaut“ wohl nicht finden können; ebenso wenig aber kann in derselben ein durchaus ungünstiges Urtheil gefunden werden, wenn man die auf S. 28 ebendasselbst gemachte Bemerkung hinzunimmt, welche lautet: „dass an den konstatarnten erfreulichen Fortschritt des Baues bei Göschenen die wohl berechtigte Hoffnung auf einen gleich erfreulichen Aufschwung aller Arbeiten am Tunnel und auf eine rechtzeitige Vollendung des grossen Alpendurchstichs geknüpft werde.“ —

Schliessen wir unsern gegenwärtigen Bericht mit dem Wunsche des Herrn *Rziha*:

„Möge es dem Unternehmer gelingen, das rühmlich begonnene Werk auch rühmlich zu beenden, und mögen die technischen Wissenschaften dabei Errungenschaften machen, welche sie bei noch grösseren Schöpfungen für das Gemeinwohl Triumphe feiern lassen!“ —

8. Südlicher Theil der Gotthardbahn.

Der auf der Südseite des Gotthard-Tunnels bei Airolo anschliessende Theil der Gotthardbahn führt das Thal des Tessin abwärts über Biasca nach Bellinzona, von da über Taverne und durch einen Tunnel von 4000 Meter Länge unter dem Gipfel des Monte Cenere nach Lugano, dann über den südlichen Theil des Luganer Sees nach Chiasso. Diese Station bildet den Endpunkt der Hauptbahnlinie, da die verbindende Strecke von Chiasso nach Camerlata vertragsmässig durch die Oberitalienische Eisenbahngesellschaft (Alta Italia) zu bauen ist.¹⁾

Ein Theil der Südlinie wurde bereits im Herbst 1872 in Angriff genommen, so dass die Strecke Biasca-Bellinzona und Chiasso-Lugano bereits Ende 1874 dem Verkehr übergeben werden und die Postverbindung zwischen Mailand und dem St. Gotthard vermitteln konnte. Diese Hauptbahn wird überall zweigeleisig ausgeführt. Von dieser Hauptlinie zweigt sich die ebenfalls von der Gotthardbahngesellschaft erbaute und Ende 1874 eröffnete eingeleisige Nebenlinie von Bellinzona nach Cadenazzo ab, geht von dort über den Tessin, gelangt an das Ufer des Lago Maggiore, um in Locarno zu endigen.

Die Strecke Biasca-Bellinzona-Locarno beträgt 45 Kilometer und wurde unter der Spezialeitung der Sektionsingenieure *Fraschina* und *Sartorio* gebaut. Die zwischen Biasca und Bellinzona nothwendigen Brücken in einem Gesamtgewicht von 4000 Zentnern wurden der Waggonfabrik in Freiburg (Schweiz) übertragen, jedoch wegen eines Fabrikbrandes von der Firma *Schneider & Co.* in Creusot ausgeführt. Unmittelbar bei Bellinzona muss die Bahn mit einem bedeutenden Einschnitt in einen 300 Meter langen Tunnel unter der Burg Schwyz gehen, dessen Bau insofern Schwierigkeiten machte, als am nördlichen Eingange eine unter Sand und Geröll befindliche Strecke vollständig ausgewölbt werden musste. Auf der Strecke Bellinzona-Locarno befinden sich 29 eiserne Brücken, welche von der Firma *Gehr. Decker & Co.* in Kannstadt geliefert wurden und wovon allein die Tessinbrücke 11,000 Zentner beträgt. Diese Brücke hat 5 Oeffnungen und besteht aus Fachwerkträgern nach *Schwedler's* System mit je 50 Meter Spannweite. Bedeutend ist auf dieser Linie noch die 4500 Zentner schwere Verzascabrücke.

Die Strecke Lugano-Chiasso, 26 Kilometer, stand unter Spezialeitung des Sektionsingenieurs *Schraff*. Sie hat 4 Tunnel, von denen 2 bedeutende Schwierigkeiten machten, namentlich der 700 Meter lange Paradiso-Tunnel, welcher den Monte Salvatore bei Lugano durchbricht. Diese Strecke hat 22 Brücken, die sämmtlich von der vorhin genannten Firma *Decker* in Kannstadt geliefert wurden. Unter ihnen sind bemerkenswerth: eine zweigeleisige Bogenbrücke von 40 Meter Spannweite, welche bei einer Steigung von 1:60 und in einem Winkel von 57 Grad die 40 Meter tiefe Tassino-Thalschlucht in unmittelbarer Nähe des unvergleichlich schön gelegenen Lugano-Bahnhofs überschreitet; eine Bogenbrücke bei Melide mit 4 Oeffnungen von je 17 Meter Spannweite und eine Fachwerkbrücke bei Bissone mit 22 Meter Spannweite. Die beiden letzten Brücken dienen zur Ueberschreitung des Lugano Sees, unter denen hindurch der Dampfbootverkehr stattfindet. Von Lugano fährt die Bahn, nachdem sie den Tunnel verlassen, den grünen hellen See entlang um diesen dann zu überschreiten. Sämmtliche Bahnschwellen der Linie wurden von der Firma *Otto Steinbeis & Cons.* in Braunenberg (Bayern) geliefert; dieselben wurden auch von derselben kyanisirt. Ebenso hat genannte Firma sämmtliche Zimmerarbeiten für beide Linien gefertigt.

Die Eisenschienen lieferte die Gesellschaft Union in Dortmund, die Stahlschienen die „Rothe Erde“ ebendasselbst.

¹⁾ Allgem. deutsche polytechn. Zeitg. 1875. 88.

Sämmtliche umfangreiche Arbeiten wurden in nahezu 1 Jahr vollendet, was gewiss mit bedeutenden Schwierigkeiten verknüpft war, wenn man bedenkt, dass der Kanton Tessin weder Holz noch Eisen, wenig Industrie und somit auch keine mit den Bahnbauten vertrauten Arbeitskräfte hat. Fast alles Material mit Ausnahme der Steine, jedes Werkzeug musste aus der deutschen Schweiz oder aus Deutschland über den St. Gotthard oder den Brenner oder Mont-Cenis an Ort und Stelle gebracht werden, welche Länder auch den grössten Theil der Ingenieure und der intelligenteren Arbeiter gestellt haben.

Mehrmals wurden die Arbeiten durch Hochwasser unterbrochen, die Bauten theilweise zerstört, die Zufuhren von Materialien gehemmt. Trotzdem gelang es der Energie aller Betheiligten, die Eröffnung der Strecken zur festgesetzten Zeit, nämlich am 6. Dezbr., resp. 20. Dezbr. 1874, zu ermöglichen.

Der Monte Cenere-Tunnel das verbindende Glied zwischen Lugano und Bellinzona wurde im Frühjahr 1875 in Angriff genommen.

Der unterseeische Tunnel zwischen England und Frankreich.¹⁾

(Vergl. p. 35.)

Unter den Projekten, welche behufs einer Eisenbahnverbindung zwischen England aufgestellt und welche oben (p. 39) ausführlich besprochen, hat dasjenige eines unterseeischen Tunnels gegenwärtig eine greifbare Gestalt gewonnen und dürfte, wenn der bald anzufangende Versuchsstollen nach Wunsch ausfällt, bald seiner Verwirklichung entgegengehen.

Ein Kanaltunnel würde im Ganzen eine Länge von 48 Kilometer erhalten, von denen $36\frac{1}{2}$ Kilometer unter dem Meeresspiegel zu liegen kommen.

Da die Frage der Durchbohrung bedeutender Gebirgsketten und Herstellung langer Tunnel als gelöst betrachtet werden darf und die Bauschwierigkeiten mit der Länge nicht so beträchtlich zu wachsen scheinen, so dürfte, nach Vollendung des 12 Kilometer langen Mont-Cenis-Tunnels, nach glücklichem Baufortgange des zirka 15 Kilometer langen Gotthardtunnels, für einen herzustellenden Kanaltunnel nur die Zeitfrage und namentlich als Hauptschwierigkeit die Bedrohung des Tunnels durch Einbruch von Wassermassen bestehen. Indessen sind auch hier bereits Vorbilder in Ausführung begriffen, welche auch die Möglichkeit der Unterfahrung des Kanales in Aussicht stellen. Hierher gehört der im Bau begriffene Tunnel unter dem Severn in einer Länge von 5 engl. Meilen, ferner der unter dem Mersey, nicht zu gedenken anderer bereits gelungener Unternehmungen (p. 15), des ersten derartigen Unternehmens, des Londoner Themsetunnels unter dem Bette des 400 Meter breiten und 16 Meter tiefen Stromes, in welchem Tag für Tag hunderte von Eisenbahnzügen verkehren. Die Tiefe des Kanales an den Stellen, welche die Tunneltrace berührt, erreicht nirgends 50 Meter; es verbleibt nach dem Projekt (vergleiche das Kärtchen) und den Sondirungen überall mindestens eine 50 Meter dicke Schicht von weisser oder grauer Kreide zwischen der Tunneldecke und dem Meeresboden und es wäre nur zu konstatiren, ob Zerklüftungen dieser Schicht ein Wasserdurchdringen ermöglichen.

Um über die Beschaffenheit des Meeresgrundes und der Küsten des Kanales Klarheit zu erhalten, sind bereits im 17. Jahrhundert Untersuchungen angestellt und in der Folgezeit fortgesetzt worden, u. A. 1818 durch die Londoner geologische Gesellschaft. Aus deren durch *R. Phillips* verfassten Bericht ergibt sich, dass die Küsten auf englischer Seite bestehen aus

120 Meter	weissem Kalk mit Kies,
45 „	„ „ „ „ etwas Kies,
50 „	„ „ „ ohne Kies und
60 „	grauem Kalk.

¹⁾ Zeitschrift des Architekten- und Ingenieurvereins zu Hannover 1873. 421. 1874. 114, 439. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architektenvereins 1875. 12. Leipziger ill. Zeitung 1875. 1104, 1654, 1662, 1663. Neue Deutsche Gewerbezeitung 1874. 194. E. A. v. Hesse, der unterseeische Tunnel zwischen England und Frankreich. Leipzig 1875.

Die Küste Frankreichs zeigt eine ganz gleiche Bildung, nur dass die oberste Kalkschichte nicht so bestimmt hervortritt. Hierdurch wurde die bereits früher aufgestellte Theorie, dass der Isthmus, der einstmals die Verbindung zwischen dem Kontinente und England herstellte, nicht durch eine gewaltsame Zerreißung der Erdoberfläche, sondern durch Auswaschung der Schichten durch das Meereswasser entstanden sei, bestätigt. Die in den 60er Jahren fortgesetzten Sondirungen gaben weitere genaue Aufklärung und erhärteten die Ansicht mehr und mehr. Sie zeigten auf beiden Seiten des Kanales sowohl bei Calais als bei Dover folgende Schichtenlagerung:

A. In Frankreich.

Fruchtbarer Ackerboden und Torf	0,915	Meter,
Grauer Sand	14,640	„
„ „ mit schwarzem Geröll	1,520	„
Sandhaltiger brauner Thon	0,610	„
Kies	2,740	„
Feiner Sand	0,300	„
Kiesel	0,610	„
weiche Kreide	1,520	„
Harte weisse Kreide mit Kiesel	0,910	„
Weisse Kreide	57,640	„
Grauliche Kreide	18,300	„
Weiche Kreide, bläulich schimmernd	37,800	„
„ „ weisslich „	0,610	„
„ „ dunkelblau	12,500	„
Total	150,615	Meter.

B. In England.

Ackerkrume und Geröll	2,74	Meter,
Weisse Kreide	68,75	„
Gelbe „	1,22	„
Weisse „	1,22	„
Spalte mit Salzwasser	0,91	„
Weisse Kreide	6,10	„
Grauliche „	9,15	„
Weisse „	3,05	„
Blauer Mergel	3,35	„
Plastischer Mergel	12,71	„
Bfäulicher „	48,25	„
Abwechselnde Schichten von Mergel und hartem Sand	12,87	„
Sandstein	0,90	„
Total	166,22	Meter.

Die grosse Uebereinstimmung insbesondere bei der Kreideschicht, nämlich auf der französischen Seite 81,41 Meter weisse Kreide über 68,32 Meter graue oder mergelhaltiger Kreide, auf englischer Seite 75,94 Meter weisse Kreide über 90,28 Meter mergelhaltiger Kreide, lässt mit fast absoluter Sicherheit darauf schliessen, dass sich die genannten Schichten in ähnlichen Mächtigkeitsverhältnissen unter der ganzen Breite des Kanales erstrecken und der projektirte Tunnel völlig innerhalb dieser beiden Schichten liegen würde.

Es bliebe nur die Frage, ob nicht vielleicht ein Durchsickern durch den Kalk oder direktes Eindringen des Seewassers durch Zerklüftungen den Bau unmöglich machen dürften. Bezüglich des ersten Theiles der Frage wird auf die

englischen Kohlenminen verwiesen, die sich weit ins Meer erstrecken, ohne dass ein Eindringen des Wassers stattfand. Die Minen von Cornwall, wo man die Erzgänge ausbeutet, gehen tief unter das Meer hinein. In Botalloch erstrecken sich dieselben bis 600 Meter von der Küste entfernt, in Whitehaven sind mehrere hundert Meter Minengänge unter dem Meeresspiegel angelegt in Tiefen, die zwischen 70 Meter und 220 Meter schwanken, und nie drang Wasser in die Gänge.

Schon im Jahre 1778 schreibt der englische Ingenieur *Pryce* über diesen Gegenstand:

Der Schacht von Huel Cock in der Pfarre von St. Just (Cumberland) erstreckt sich bis 150 Meter ins Wasser hinein und ist an manchen Stellen nur 5 Meter vom Meeresgrunde entfernt, so dass die Arbeiter deutlich das Geräusch der sich brechenden Wogen und der von diesen auf dem Meeresboden bewegten Kiesel vernahmen. Trieb man doch in einzelnen Fällen die Kühnheit so weit, sich beim Ausbeuten der Erzgänge dem Meeresgrunde bis auf 1,20 Meter zu nähern, und wurden selbst hier die Arbeiter nur zeitweilig genöthigt, dem hereinsickernden Salzwasser durch Verstopfen mit Werg und Zement vorzubeugen.

In Bezug auf etwaige Zerklüftungen im Kalk erwähnt schon *R. Phillips*, dass dieselben in der Umgebung bei Dover zwar auftreten, aber stets vollständig mit Lehm ausgefüllt seien. *Prestwich* ist der Meinung, dass grosse Klaffungen in tieferen Kalkschichten nur selten auftreten durften. Brunnen zu Dover und Calais gegraben, in den Kalkschichten liegend, geben verhältnissmässig wenig Wasser. Ein Brunnen zu Harwich nahe am Meere reicht in eine Tiefe von über 350 Meter und gab kein Wasser, ein eben solcher zu Calais auf 370 Meter zeigte dasselbe. Selbst wenn Risse und Spalten bestehen sollten, so müssen dieselben durch die vom Meere unauflöhrlich herbeigebrachten Schlammsubstanzen ausgefüllt und durch den darauf lastenden Wasserdruck gedichtet sein.

Um aber diese Fragen endgültig zu erledigen, haben die Tunnelprojektanten sich entschlossen, auf der französischen Seite folgende Arbeiten vorzunehmen:

1. Aushebung eines grossen Brunnens von ungefähr 130 Meter Tiefe und 6 Meter lichter Weite aus der Meereskluft zwischen Calais und Tangatte an derselben Stelle, wo die Sondirung seitens der englischen Ingenieure *John Hawkshaw* und *James Brunlees* vorgenommen wurde.

Dieser Punkt liegt in der Axe des projektirten Tunnels.

2. Antrieb eines ausgemauerten Stollens von kreisförmigem Querschnitt und 2,10 Durchmesser, vom Boden dieses Brunnens ausgehend (in einer Tiefe von 127,185 Meter unter dem höchsten Flutspiegel oder 121,185 Meter bei niedrigster Ebbe) in einer Länge von wenigstens einem Kilometer ins Meer hinein. Dieser Stollen würde später als Abfluss für das in den Tunnel durchsickernde Wasser dienen,

Da der Brunnen bis zu einer Tiefe von ungefähr 25 Meter Alluvialschichten, Kiesschichten und wasserreichen Sand, zu durchbrechen hat, so wird er zunächst einen gusseisernen Mantel erhalten und erst, wenn man in genügend dichter Kreide angelangt ist, aus Mauerwerk und Zement ausgeführt.

3. Die untere Partie des Brunnens wird später als Reservoir für die in den Tunnel durchsickernden Wasser benutzt, und letzteres von hier aus mittelst Pumpen gehoben werden.

Während man den Brunnen und Stollen aushebt, sollen die Untersuchungen des Meeresgrundes im Kanal, welche von *John Hawkshaw* begonnen wurden, fortgesetzt werden.

Man wird besonders suchen, die Sandsteinschicht wieder aufzufinden, welche sich unterhalb der mergelhaltigen Kreide befindet.

Die Kontinuität und Gleichförmigkeit dieser Bank wären dann ein sicherer Beweis, dass keine Unterbrechung der Kreideschicht existirt.

Die oben beschriebenen vorbereitenden Arbeiten werden dazu dienen, insbesondere den Grad der Durchlässigkeit der Kreide, ihre Härte und Widerstandsfähigkeit zu bestimmen. Man wird dann mit dem möglichsten Grade von Genauigkeit die Kosten des Tunnelbaues und seiner Verbindung mit den beiderseitigen Bahnlagen bestimmen können.

Man beabsichtigt zur Durchbohrung des Tunnels die Maschine von *Brunton* (Siehe oben p. 68) anzuwenden, welche pro Stunde mindestens 1 Meter vorgeht.

Nach Beendigung des Untersuchungsstollens hat man nur noch nöthig, den Querschnitt zu erweitern, wie dies auch sonst bei Tunnelbauten üblich.

Ueber den finanziellen Theil des Projektes und den Stand der Arbeiten Anfang 1875 bemerken wir noch folgendes.

Nach vorläufigem Ueberschlage wird ein Kanaltunnel ein Kapital von 8 bis 10 Millionen Pfd. Sterling erfordern, welche zu verzinsen wären. Mr. *William Hawes*, einer der angesehensten Finanzmänner Englands, macht unter Rücksichtnahme auf alle einschlagenden Faktoren, über die Einkünfte einer Tunneleisenbahn folgende Aufstellung:

1. An Fahrgeldern von Passagieren 1. 2. u. 3. Klasse zusammen 2 Millionen (das Doppelte des gegenwärtigen Verkehrs) zum Durchschnittspreise von 8 Shill. 6 Pc. (dem gegenwärtigen Ueberfahrtspreise bei Einschluss der Gepäckkosten etc. . . .	850,000 Pfd. Sterling
2. An Frachtgeldern für die Hälfte der gegenwärtig allein zwischen England und Frankreich transportirten Frachten, etwa 1,200,000 Tons zu 2 d. pro Meile	300,000 „ „
3. Einkünfte für Brief- und Packetpost, Telegraph etc.	50,000 „ „
Summa	1,200,000 Pfd. Sterling

Hiervon 40% Erhaltungskosten (kein eigener Fahrpark, keine Stationen oder Wechsel, keine Schäden durch Sturm, Wetter, längere Dauer des Bahnmaterials

468,000 Pfd. Sterling

Nettoeinnahme 732,000 Pfd. Sterling

oder Verzinsung des im ungünstigsten Falle 10,000,000 Pfd. Sterling betragenden Anlagekapitals mit $7\frac{1}{3}$ Prozent.

Bereits am 15. Januar 1872 konstituirte sich die „Channel Tunnel Company Limited“ zur Herstellung einer unterbrochenen Eisenbahn zwischen Grossbritannien und dem Kontinent und beschloss die Herstellung zweier Vertikalschächte bei Dover und Calais. Zur Leitung der Vorarbeiten wurden in England und Frankreich Comités gebildet. An der Spitze des englischen steht als Präsident Lord *Richard Grosvenor*, als Vizepräsident Mr. *William Hawes*, an der Spitze des französischen *Michel Chevalier*. Zu leitenden Ingenieuren sind ernannt *John Hawkshaw* und *Brunless*, die Erbauer des Merseytunnels, sowie *Thomé de Gamond*, der das erste Tunnelprofil vorgelegt hatte (vergl. oben p. 36). Sekretär der Gesellschaft ist Mr. *Bellingham*, das Bureau der englischen Gesellschaft befindet sich in London, 9 Cannon Street E. C.

Da das französische Gesetz eine Konzession bereits für die Tunnelvorarbeiten fordert, so ist dieselbe seitens der Gesellschaft bereits erworben, auch die für die angedeuteten Vorarbeiten nothwendige Summe im Betrage von 3,200,000 Reichsmark bereits gezeichnet, wozu Frankreich und England zu gleichen Theilen beigetragen, so dass dem Beginne derselben nichts mehr im Wege steht. Rufen wir dem Unternehmer auch von unserer Seite ein herzliches „Glück auf!“ zu. —

Ueber Gesteinsbohrmaschinen.

(Vergleiche 47 u. f.)

Die wichtigsten Fortschritte der Sprengtechnik im Allgemeinen, sowie des Tunnelbaues, bestehen in zweierlei:

- 1) dem Ersatz der Handbohrung durch Maschinenbohrung unter Anwendung von Wasserkraft, oder was im Allgemeinen vortheilhafter, von komprimirter Luft;
- 2) dem Ersatz des gewöhnlichen Sprengpulvers durch die Nitroglyzerinpräparate, darunter besonders das Dynamit, und der Zündung derselben entweder durch die *Bickford'sche* Zündschnur oder, was bei ausgedehnter Arbeit vortheilhafter, mit Hilfe des elektrischen Stromes.

Wir haben uns an dieser Stelle nur mit dem ersten Fortschritt, so weit die neueste Zeit ihn weiterzuführen und zu vervollkommen suchte, zu beschäftigen, um das früher mitgetheilte bis zur Gegenwart zu vervollständigen.

Bereits *Richard Trevithik* hat im Jahre 1813 versucht Bohrmaschinen zu konstruiren und sie für den Grubenbetrieb in Cornwall in Anwendung zu bringen, jedoch ohne Erfolg. Ueber 40 Jahre vergingen, bis die Projektirung und Inangriffnahme ausgedehnter Tunnelbauten die Aufmerksamkeit der Mineure auf die Erfindung von Mechanismen gerichtet sein liessen, durch welche die langsame und theure Handbohrung zu beseitigen sei. Die Durchbohrung des Mont-Cenis sollte für diese Apparate entscheidend sein, da die Gesteinsbohrmaschine *Sommeiller*, welche hier ausschliesslich angewandt, einen grossen Antheil an dem sicheren Erfolge dieser Riesenarbeit hatte, den Ausgangspunkt für die neueren mechanischen Bohrapparate bildet.

Bei Konstruktion der Bohrmaschinen kam es darauf an, die Mechanismen möglichst einfach und solid herzustellen, derart, dass sie vom Arbeiter leicht zu handhaben und ohne allzuhäufige Reparaturen zu gebrauchen seien. Dazu war nothwendig, die bewegenden Theile dem bei der Gruben- und Bohrarbeit unvermeidlichen Staube und Schmutze möglichst zu entziehen, also in das Innere des Apparates zu verlegen. Vor allen Dingen mussten die Maschinen aber auch möglichst schnell arbeiten, also leistungsfähig sein.

Jede durch Schlag oder Stoss wirkende Bohrmaschine hat bei der Bohrarbeit 3 Bewegungen auszuführen: Sie muss den Bohrmeissel mit grosser Gewalt gegen das Gestein treiben und ihn nach dem Stosse wieder zurückziehen, wesswegen nach jedem Stosse ein rasches Ein- und Ausströmen der Luft unter und über dem Treibkolben möglich sein muss; zweitens muss die Maschine dem Bohrer eine drehende Bewegung ertheilen, damit das Bohrloch etwas rund

werde, also diesen umsetzen; drittens muss die Maschine in dem Maasse wie das Bohrloch tiefer wird, vorrücken, damit die Bohrschneide jedesmal das Gestein wirksam trifft, sie muss also einen Ausschub haben.

Zu allen 3 Arbeiten sind natürlich besondere Vorrichtungen erforderlich, und die Art, wie man diese unbeschadet obiger Anforderungen konstruirt, unterscheidet die neuerlich erfundenen Maschinen von einander.

Zum Vorschieben des Bohrers mit kräftigem Stosse dient als bewegende Kraft die komprimirte Luft, welche mit $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ Atmosphären Ueberdruck auf den Kolben der Maschine wirkt und mit Hilfe einer Steuerung (Schieber-, Kolben-, Hahnsteuerung), deren Wechsel momentan erfolgt, bald vor, bald hinter dem Kolben eingeführt wird. Für Regelung des Vorschubes dient eine Leitspindel; zu dem Umsetzen dienen Sperrräder oder Führungen mit schraubenförmiger Nuth. Indem wir bezüglich der Einzelheiten, durch welche sich die zahlreichen Bohrmaschinen von einander unterscheiden, auf die Beschreibungen verweisen, geben wir noch einige allgemeine Bemerkungen über die richtigsten Systeme.

Bei der Bohrmaschine von *Sommeiller* geschieht die Zulassung der Luft für das Vor- und Rückwärtsbewegen des Bohrers durch einen Vertheilungsschieber, der durch einen ebenfalls mit Luft getriebenen Steuerungszyylinder bewegt wird. Hierdurch und durch die starke Reibung des Schiebers wird eine Menge Kraft absorbiert, die der eigentlichen Bohrarbeit verloren geht. Auch das Umsetzen des Bohrers geschieht durch den Steuerungszyylinder, dessen Kolben mit einer kurzen Schubstange auf einen konischen Zapfen und eine konische Radübersetzung wirkt, welche die Steuerungswelle bewegt. Auf letzterer befindet sich ein Sperrkegel, dieser greift in ein Sperrrad an einer 4kantigen Leitstange, auf welcher sich der hohle Kolben und die Kolbenstange des Arbeitszylinders bei jedem Hube hin- und herschiebt. Auf diese Weise erhält der Kolben und mit ihm der Bohrer eine drehende Bewegung und zwar um den 18. Theil der ganzen Peripherie, sodass nach 18 Huben eine vollständige Umsetzung des Bohrers herbeigeführt ist.

Endlich wird auch der Ausschub des Arbeitszylinders an den Führungsleisten des Rahmens mit Hilfe eines Schneckenrades, dass in die Zähne des Führungsleisten eingreift, besorgt.

Wie aus der früheren Beschreibung und diesen wenigen Andeutungen hervorgeht, ist der Mechanismus sehr komplizirt, wodurch sich natürlich auch sein Gewicht auf 200 Kilogramm erhöht, was einer leichten Anbringung in Bergwerken hinderlich.

Sehr verbreitet ist die Bohrmaschine von *C. Sachs*. Sie unterscheidet sich von der genannten dadurch, dass der Vertheilungsschieber von der Bewegung des Arbeitskolbens selbst abhängig gemacht ist und durch diesen bewegt wird. Das Umsetzen erfolgt durch Sperrrad und Sperrkegel; der Bohrer erfährt nach 36 Huben eine volle Drehung. Der Ausschub erfolgt ebenfalls automatisch. Die Maschine zeigt noch mehrere Verbesserungen in einzelnen Konstruktionstheilen, wiegt 43 Kilo., hat aber den Nachtheil, dass viele bewegende und komplizirte Theile ausserhalb des Zylinders liegen und, dem Schmutze und der Nässe unterworfen, häufige Reparaturen verlangen; auch traten bei Klemmung des Bohrers im Bohrloche nicht selten Brüche der Steuerung ein.

Die Bohrmaschine von *Osterkamp* ist einfacher als die *Sachs'sche* und wiegt weniger. Die Steuerung geschieht durch einen besonderen Steuerungskolben, dessen Stange gleichzeitig als Vertheilungsschieber dient, die Umsetzung des Bohrers durch ein Kegelrad an einer Führungsstange; ein zweites Kegelrad, das auf einer Welle sitzt, bewegt die Führungsstange. Der Ausschub wird mittelst einer Schraubenspindel und Kurbel durch die Hand bewirkt.

Nach Beobachtungen soll bei Zunahme der Tiefe des Bohrloches das Umsetzen des Bohrers Schwierigkeiten machen.

Die Bohrmaschine *Dubois François* vollführt Steuerung und Umsetzen automatisch; der Ausschub geschieht mit der Hand. Ihre Leistungen sind bedeutende, wenn man auch am Gotthard die Erfahrung machte, dass bei Anwendung stark komprimirter Luft in Folge stärkerer Stösse, die Theile derselben in krystallinischen Zustand übergingen und häufige Brüche und Reparaturen die Folge waren.

Da der in dem Stollen beim Vortriebe entstehende Staub und Schmutz die an der Bohrmaschine aussen liegenden Theile stark verunreinigt und die Mechanismen in ihrem regelmässigen Gange stört, so sahen es die Systeme *Burleigh* und *Warrington* darauf ab, dieselben so viel wie irgend möglich in die Umhüllung zu verlegen.

Die Bohrmaschine von *Ingersoll* unterscheidet sich von der genannten namentlich durch die charakteristische Uebertragung der Drehbewegung vom Kolben des Zylinders auf den Bohrschaft, welche dadurch erfolgt, dass die Führungsstange, an welcher der Treibkolben auf- und niedergeht und durch deren Drehung er mit gedreht wird, nicht gerade, sondern schwach gewunden ist. Die Steuerung dieser Maschine wird durch ziemlich bedeutende Kolbenstösse bewegt, wodurch sie sich leicht abnutzt, auch hat sie zu beiden Seiten des Kolbens einen grossen schädlichen Raum, welcher Nachtheile bezüglich des Luftverbrauches im Gefolge haben muss. Nach den Bohrerfolgen am St. Gotthard scheint man dort für den definitiven Betrieb eine von *Ferroux* konstruirte Bohrmaschine, deren Gestell ebenfalls Vortheile zeigt, anwenden zu wollen. Bei dieser Maschine geschieht die Vorwärtsbewegung des Bohrapparates statt durch den gewöhnlichen Schraubenmechanismus mittelst komprimirter Luft, wodurch der Vortheil entsteht, dass sich dieselbe mehr der Härte des Gesteins anpassen lässt.

Von allen Bohrmaschinen zeichnet sich nach *Gurll* durch ihre Einfachheit aus diejenige von *Darlington*, welche zur Steuerung keinen besonderen Apparat hat, sondern bei welcher der Treibkolben so eingerichtet ist, dass er gleichzeitig als Steuerungsvorrichtung wirken kann.

Bereits im Jahre 1863 kam der Genfer Uhrmacher *Leschot*¹⁾ auf den Gedanken, den Diamanten und zwar die schwarze billige Abart desselben zum Felsbohren anzuwenden. Er befestigte 8 bohngrosse Steine gleichmässig längs der Mündung eines Flintenlaufes, drückte diese „Diamantkronen“ gegen das Gestein und liess das Rohr rasch um seine Axe rotiren, wodurch die Diamanten den Stein rasch in hohlzylinderischer Form ausschliffen, in dessen Mitte dann ein Kern von der Stärke einer Kerze stehen blieb. Die Diamanten widerstanden der Abnutzung ausgezeichnet und man war zu dem Schlusse berechtigt, dass man mit ihnen mehrere Kilometer durchbohren könne, ehe sie untauglich wären.

Seit jener Zeit ist aus jener Entdeckung die Diamantbohrmaschine mit allen ihren Vollkommenheiten entstanden, „ein Apparat, der mit geringen Kosten und erhöhter Garantie des Gelingens Tiefbohrungen in Monaten vollführt, wozu früher Jahre nöthig waren.“ — Auch diese Maschine musste erst über den Ozean wandern, um nach 10 Jahren zu ihrer gegenwärtigen Gestalt nach Europa zurückzukehren.

Die Diamantbohrmaschine ist namentlich durch Major *Beaumont* in England sehr vervollkommenet worden und zwar dadurch, dass bei ihr eben das unvollkommene Prinzip des stossenden Bohrers verlassen und dafür die einfach rotirende Bewegung bei konstantem Druck angewandt ist.²⁾

Die Diamantbohrmaschine nach *Beaumont* und *Appleby* (Engl. Patent vom 7. Febr. 1872) hat einen röhrenförmigen Bohrschaft, so dass im Bohrloch ein nachträglich abzubrechender Zylinder bleibt. Der Bohrschaft ist äusserlich mit

¹⁾ Deutsche Polytechn. Zeit. 1874. 301.

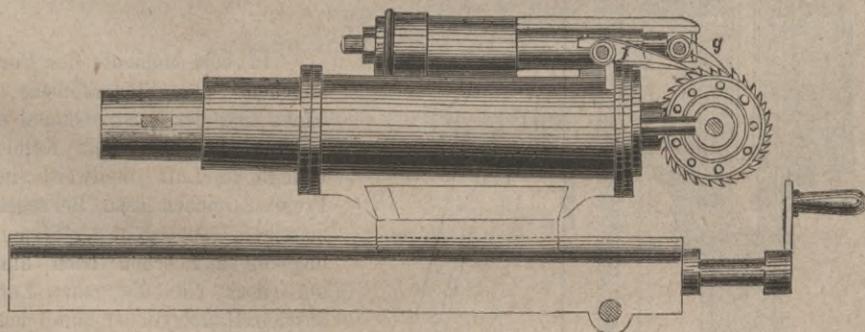
²⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1875. 91.

Schraubengängen versehen und es geht derselbe durch eine am Maschinenrahmen drehbare, aber unverschiebbare Mutter. Die Bewegung der Mutter, sowie des Bohrer-schaftes, wird durch Drehung einer zum Schafte parallelen Welle mittelst entsprechender Zahnräder erzeugt, wobei die Umdrehungsgeschwindigkeit etwas von der der Mutter abweicht und daher eine fortschreitende Bewegung des Bohrer erzielt wird.¹⁾

Die Gesteinsbohrmaschine von Osterkamp

wird mit komprimierter Luft betrieben und ist in ihrer Konstruktion von der *Sachs'schen* und deren Vorgängern wesentlich verschieden²⁾. Die Figuren 77—81 stellen die *Osterkamp'sche* Maschine dar und zwar in Figur 77 in Ansicht, Figur 78 im Längs-, Figur 79 im Querdurchschnitt. In der Oeffnung a wird ein Regulirungshahn, welcher vermittelt eines Gummischlauches mit der Leitung der komprimierten Luft verbunden ist, eingeschraubt. Durch Oeffnung des Hahnes tritt die Luft durch den Kanal bb von den Hauptkolben c, welcher ohne besondere Dichtung in den Zylinder eingesetzt, beziehungsweise eingeschliffen ist, und treibt den Kolben nebst Bohrer nach hinten. Sobald der Kolben c den quadratischen Kanal d passirt hat, tritt durch diesen Kanal Luft vor den Steuerkolben f und treibt denselben ebenfalls nach hinten. Bei der Bewegung nach hinten drehen

Figur 77.



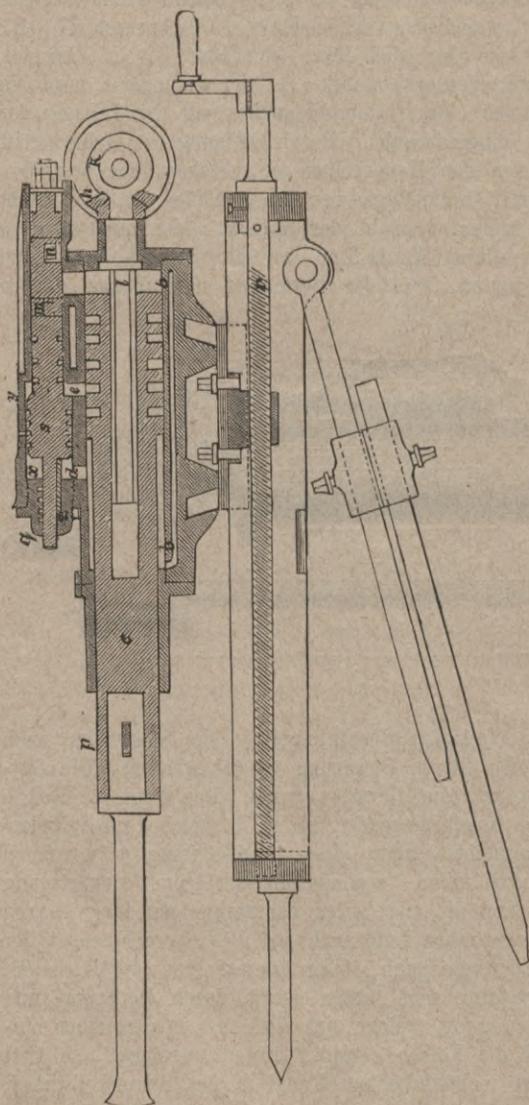
die an den Steuerkolbenstangen befestigten Speerklingen g die Sperrräder nach rechts, wodurch die konischen Räder kk in Bewegung gesetzt werden. Die festliegende Speerklinge i verhindert nur die Rückbewegung. Das konische Rad h sitzt auf einer in den Hauptkolben hineinreichenden Stange l, welches im Zylinderdeckel rund, innerhalb des Hauptkolbens aber, dessen Aushöhlung entsprechend vierseitig ist; damit indessen dadurch keine Verminderung der beim Vorwärtsgang gedrückten Kolbenfläche eintrete, sind die vier Seiten der Stange auf ihrer ganzen Länge ausgehöhlt, so dass die komprimierte Luft auch auf die innere Fläche t der Aushöhlung der Hauptkolbens c wirken kann. Der Hauptkolben erhält daher, sobald der Steuerkolben f die Bewegung nach hinten macht, durch die Sperr- und konischen Räder eine rotirende Bewegung, welche sich dem fest in demselben eingesetzten Bohrer mittheilt. Sind die Kolben c und f hinten angelangt, so tritt die komprimierte Luft durch den rechtwinkeligen Kanal m des Steuerkolbens f,

¹⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ingen.-Ver. zu Hannover. 1873. 149.

²⁾ Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1872. 349. Polyt. Zentralblatt 1873. 548. Deutsches Jahrbuch der Baugewerbe, Jahrg. 1873. 150.

welcher keine rotirende Bewegung machen kann, hinter den Hauptkolben c und treibt denselben vorwärts. Hat nun die hintere Oberkante des Hauptkolbens c den Kanal e passirt, so tritt komprimirte Luft hinter den Steuerkolben f, treibt denselben nach vorn und schneidet den Luftzutritt durch den Kanal m ab. Die hinter dem Hauptkolben c befindliche Luft expandirt und die Fortbewegung des Kolbens nebst Bohrer beendet den Kolbenhub, bis der Bohrer auf das Gestein stösst. Der Kanal d ist in dieser Stellung ebenfalls durch den Hauptkolben c geschlossen; die Luft, welche fortwährend durch den Kanal bb vor den Kolben tritt, stellt ein Luftkissen her, welches das Schlagen des Kolbens e gegen den Zylinderboden und die Führungsbüchse verhindert.

Figur 78.



Figur 79.



In dem Momente des Vorangehens des Steuerkolbens f öffnet sich der Austrittskanal n, welcher die über dem Kolben befindliche Luft theilweise ins Freie entweichen lässt. Bei regelmässigem Gange geht der Steuerkolben f schon nach hinten, noch ehe die ganze Luft aus dem Hauptzylinder hinter dem Hauptkolben entweichen ist, der Kanal n wird geschlossen und die noch im Zylinder befindliche Luft stellt ebenfalls ein Luftkissen gegen das Anschlagen nach hinten her. Durch Herstellung der beiderseitigen Luftkissen ist das lästige Schlagen der Bohrmaschine vollständig vermieden. In ähnlicher Weise wird das Anschlagen des Steuerkolbens vermieden, das Kolbenrohr des Steuerkolbens hat bei o ein rundes Loch von 3,27 Millimeter Durchmesser, die Verschlussmutter g hat eine schmale

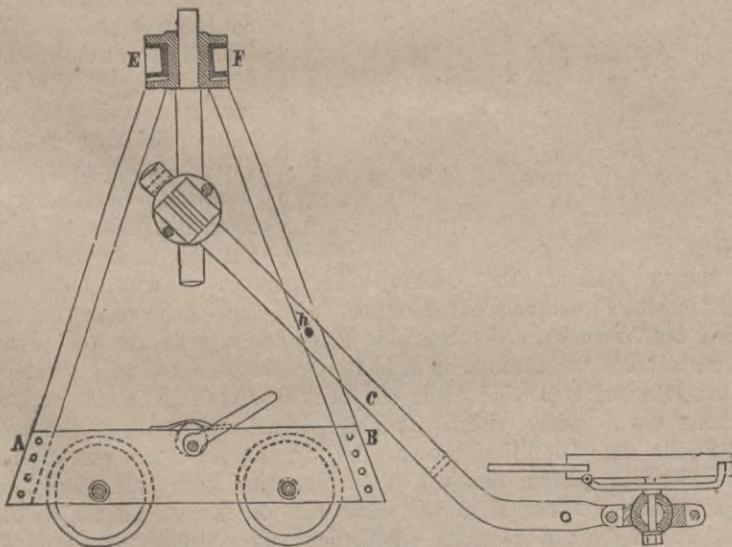
Nuthe z, durch welche ein Theil Luft ausströmt. Sobald der Kanal d geöffnet ist und der Steuerkolben f nach hinten geworfen wird, kommuniziert in der hinter-

sten Stellung desselben der vorderste Einschnitt des Steuerkolbens mit dem Ausströmungsloche o. Der vorderste und hinterste Einschnitt stehen durch die Nuthen x und y mit den betreffenden Lufträumen vor und hinter dem Kolben in Verbindung. Sobald o mit dem vordersten Einschnitt kommuniziert, entweicht durch die Nuth z und das Loch o so viel Luft, dass die Bewegung des Kolbens nach hinten aufhört, bezugsweise das Anschlagen des Steuerkolbens durch das sich hinten bildende Luftkissen, welches langsam in die Einschnitte des Hauptkolbens abzieht, vermieden wird. Die Bewegung nach vorn geschieht mit geringer Heftigkeit, da die Kolbenstange des Steuerkolbens hinter diesem stärker ist als vor ihm. Tritt die Nuth y mit o in Verbindung, so hört die Wirkung der komprimierten Luft auf und der Kolben geht ruhig bis zur vordersten Stellung, wenn nicht schon bei dem schnellen Gange von 120 Schlägen pro Minute die Luft durch den Kanal d eingetreten ist und den Kolben wieder rückwärts bewegt. Die Vor- und Rückwärtsbewegung der Bohrmaschine geschieht mittelst Kurbel und der Schraube r.

Die *Osterkamp'sche* Maschine ist beispielsweise beim Abteufen der zum Scharleyer Tiefbau gehörigen Wasserhaltungs- und Maschinenschächte Schmidt I und II und Scherbening in Oberschlesien in sehr festem und wasserreichen Gestein angewendet worden. Als Luftkompressionspresse diente eine liegende, nach Art der gewöhnlichen Kolbenpresse konstruierte Maschine, welche bei dem Durchmesser des Dampfzylinders von 40,8 Millimeter des Luftkompressionszylinders von 34 bis 68 Zentimeter Hub und 30 Umdrehungen pro Minute 37,1 Kubikmeter Luft komprimierte.

Die Bohrmaschine, mit Bohrern arbeitend, deren ein jeder 31½ Zentimeter Tiefe abbohrt, stand beim Schachtabteufen auf einem aus drei Füßen gebildeten Gestell und wurde durch den Arbeiter mittelst eines gepolsterten Bügels, welcher über die Kurbel hinaus reicht, angedrückt.

Figur 80.



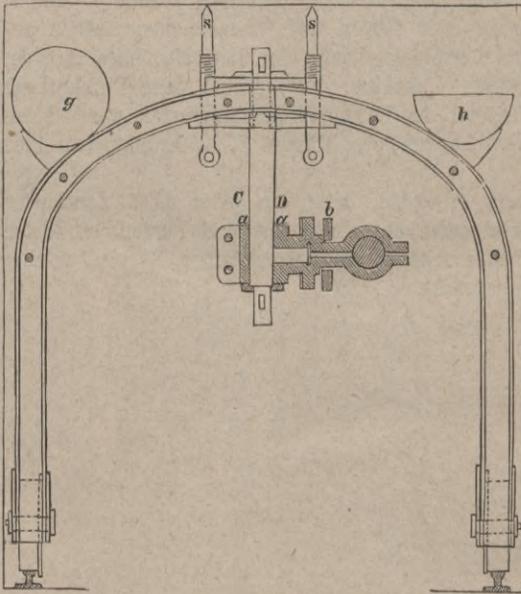
Für den Streckenbetrieb ist ein von dem Maschinenmeister *Freudenberg* in Scharley konstruiertes Bohrgestell (Figur 80 u. 81) bestimmt. Dasselbe ist grösstentheils aus Schmiedeeisen hergestellt, um gegenüber dem Abschiessen der Bohrlöcher möglichst grosse Widerstandsfähigkeit zu erzielen. Es besteht aus 2 elliptischen Rahmen aus U-Eisen, 2 Radkästen, in welchem 4 Grubenwagenräder mit Bremsklotz sitzen, wird auf dem Schienengeleise vor- und rückwärts bewegt und

gewährt den Vortheil, die Förderung vor Ort unter dem Gestelle weg nach dem Förderschacht bringen zu können.

Das Scharnier a gestattet die Drehung in der Horizontalebene, das Scharnier b die in der vertikalen. Die Stange c kann nach Belieben vor- und rückwärts geschoben werden. Das Kugelgelenk d gibt der Bohrmaschine Beweglichkeit nach allen Richtungen hin. Die Scharniere werden, nachdem der Bohrer in die gewünschte Lage gebracht worden ist, je mit 2 Schrauben fest angezogen, das Bohrgestell mittelst der Schrauben ff gegen die Firste festgestellt, die Bremsklötze der Räder gespannt, die Spritzwässer aus dem Ballon g angestellt und gebohrt. Die offene Mulde h ist zur Aufbewahrung des Gezähes angebracht.

Dieses Bohrgestell gestattet, dass horizontale Löcher bei der Entfernung von 36 Zentimeter über der Sohle und 78 Millimeter unter der Firste gebohrt werden können. Soll in der Firste horizontal gebohrt werden, so dreht man das Knie der Stange c nach oben durch die gusseiserne Kugel.

Figur 81.



Stange c werden Knebel zum Drehen und Schieben der Stange nebst Bohrmaschine eingesetzt. Auf der Steinkohlengrube Mathilde bei Schwientochlowitz sind einige Zeit hindurch bei dem Schachtabteufen sowohl als beim Querschlagsbetrieb die *Sachs'sche* und die *Osterkamp'sche* Maschine neben einander gebraucht worden. Die *Sachs'sche* arbeitete mit 250 kräftigen Schlägen pro Minute bei $2\frac{1}{4}$ Atmosphären Luftdruck. Obgleich bei Versuchen in festen Sandsteinblöcken über Tage bei 39 Millimeter weiten Bohrlöchern die Leistung bis 78 Millimeter pro Minute betrug, so sank dieselbe unter Tage deshalb sehr herab, weil theils die Auswechselung der Bohrer bei tieferen Bohrlöchern sehr viel Zeit kostete, theils die Bohrer bei

nicht nahezu gleichartigem Gestein sich zeitweise festklemmten, besonders beim Durchsetzen von Schichtungsklüften. Es fand sich weiter im Einzelnen bezüglich der Arbeitsweise der Maschine Folgendes zu bemerken. Bei dem Uebergange des Bohrers aus härteren in milderes Gestein oder bei dem Anbohren einer Kluft dringt derselbe plötzlich tiefer ein, ohne dass gleichzeitig eine entsprechende Vorrückung des Zylinders erfolgt. In Folge dessen schlägt der Kolben mit seiner untern Fläche auf den Zylinderboden. Ist der Kolben auch zum Schutze mit Gummi- oder Lederplatten versehen, so werden diese doch bald zerschlagen. Es kam bei derartigen Fällen sogar vor, dass sich der Kolben an der Kolbenstange lockerte, worauf das zur Steuerung erforderliche obere Kolbenstangenende absprang und die Maschine defekt wurde. Weiter wurden die zum Umsetzen des Bohrers dienenden Theile der Maschine leicht defekt und veranlassten häufig Reparaturbedürftigkeit, beziehungsweise die Nothwendigkeit, eine erhebliche Reserve an Maschinen zu halten, wenn Unterbrechungen des Betriebes vermieden werden sollen. Weiter entstanden bei der Benutzung der Maschine aus freier Hand beim Abteufen alsdann, wenn der Arbeiter die Stellung der Maschine nicht genau inne-

hielt, insbesondere wenn bei Auswechslung der Bohrer kleine Abweichungen von der früheren Stellung eintraten, leicht Hemmungen der Bohrer durch das Schiefgehen der Bohrlöcher, ein Uebelstand, dem durch Uebung der Arbeiter und jedenfalls durch Benutzung eines einfachen Gestells abgeholfen werden kann.

Auch die *Osterkamp'sche* Maschine arbeitete mit 250 Schlägen per Minute. Die zu beiden Seiten des Kolbes vorhandenen Luftkissen verhindern den oben erwähnten Uebelstand des Anschlagens des Hauptkolbens an die Zylinderböden, sind aber andererseits vielleicht als Ursache der Wahrnehmung anzusehen, dass die Kraft der Schläge nicht ausreichte, in mässig festem Sandstein eine grössere Leistung als 26—40 Millimeter Bohrlochtiefe pro Minute zu erzielen. Die Unterstützung der Maschine durch den zugehörigen *Osterkamp'schen* Dreifuss erwies sich als nicht hinreichend stabil, um bei dem Druck des Arbeiters gegen den Bügel, Schwankungen zu vermeiden. Das Vorrücken des Bohres durch die Hand des Arbeiters hat den Vortheil einer leichten und sichern Einstellung des Bohrers in sein Bohrloch.

Die Maschine selbst ist durch ihre einfache Konstruktion solider und bedarf erheblich weniger Reparaturen als die *Sachs'sche* Maschine.

Die durch den Vergleich erlangten Resultate wurden von der Grubenverwaltung noch nicht als ausreichend angesehen, um sich für die Wahl der einen oder der andern definitiv zu entscheiden.

Vergleichende Versuche mit beiden Maschinen, welche auf dem Meinerzhagener Bleiberge bei Kommern ausgeführt wurden, fielen zu Gunsten der *Sachs'schen* Maschine aus. Nach den bei diesen Versuchen gemachten Wahrnehmungen soll die *Osterkamp'sche* Maschine in festem Gestein gute, in minder festem aber, beispielsweise in Schiefer, ungenügende Resultate gegeben haben, so dass man ihr gegenüber zu Handbohrern zurückkehrt.

Die Gesteinsbohrmaschine von Dubois und François.¹⁾

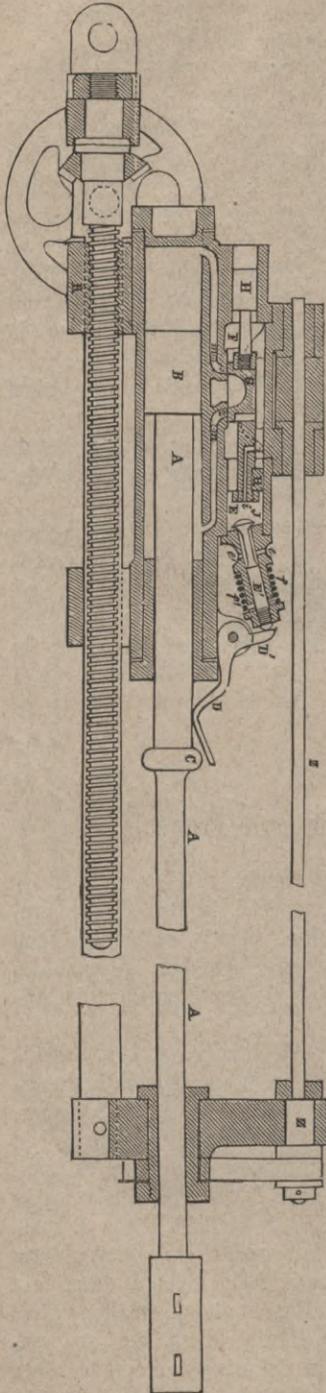
Die dem Direktor der Kohlenwerke Marihay bei Lüttich, *Dubois*, in Gemeinschaft mit *François* patentirte Gesteinsbohrmaschine, welche in den Kohlenbergwerken der Aktiengesellschaft *John Cokerill* zu Seraing, ebenso zu Anzin und Ronchamp in Frankreich und auf rheinischen Werken eingeführt, gewinnt dadurch ein besonderes Interesse, dass sie auch für den Gotthardtunnelbau in Anwendung gekommen ist.

Wie aus den Figuren 82 bis mit 85 der bezüglichen Abbildungen (p. 140) ersichtlich ist, bewegt sich der mit der Kolbenstange A, welche an ihrem andern Ende den Bohrer trägt, verbundene Kolben B in einem mit dem Zylinder verbundenen Schieberkasten, — worin der Schieber G. Dieser wird an der einen Seite durch den Kolben H, an der andern durch den Kolben H' geführt. Der letztere hat einen grössern Querschnitt als der erstere, und ist zugleich mit einer feinen Durchbohrung *ii* versehen. Der im Steuerzylinder hinter dem Kolben H' befindliche Raum J kommunizirt durch die Oeffnungen *be* mit der äussern atmosphärischen Luft; diese Verbindung ist jedoch in der Regel durch das Ventil EE, welches durch die Federspirale *ff* in seiner diese Verbindung absperrenden Stellung erhalten wird, abgesperrt. Der Gang des Spieles des Kolbens B, beziehentlich des an dem entgegengesetzten Ende der Kolbenstange A befestigten Bohrers ist nun folgender: Die nach Oeffnung des Hahnes in dem Zuleitungsrohre in den Schieberkasten

¹⁾ Deutsches Jahrbuch d. Baugewerbe, Jahrg. 1873. 155.

eintretende komprimierte Luft, drückt auf die beiden Kolben H und H, und schiebt dabei den letzteren wegen seines grösseren

Figur 82.



Querschnittes nebst dem damit verbundenen Schieber G vor sich her und öffnet dadurch den Kanal F, so dass die komprimierte Luft unter den Kolben B tritt und diesen und damit den Bohrer heftig in der Richtung nach dem zu bohrenden Stosse oder Gesteine vorwärts stösst.

Während dessen strömt zugleich ein Theil der komprimierten Luft durch die Bohrung ii des Kolbens H' auf dessen andere Seite, der Druck auf beiden Seiten dieses Kolbens wird gleich gross und der Kolben H' daher inaktiv, so dass nun die Wirkung des Luftdruckes auf den andern Steuerkolben H in Thätigkeit gelangt und diesen Kolben zurückschiebt, damit aber die zur Einführung der komprimierten Luft über den Kolben B dienende Oeffnung Z jener Luft zugänglich, und so deren Eintritt in den Treibzylinder über den Kolben B möglich gemacht. Infolge dessen verzieht sich nun der Rückzug des Kolbens B beziehentlich der Rückzug des Bohrers vom Bohrorte. Auf die beschriebene Steuerungseinrichtung legt Herr *Dubois* auch desshalb Werth, weil mittelst derselben der Vorstoss des Bohrers gegen das Gestein plötzlich und mit thunlichster Gewalt, sein Rückzug aber mehr allmählig und mit einer verhältnissmässig geringen Heftigkeit und Geschwindigkeit erfolgt, Umstände, die geeignet sind, die höchstmöglichen Leistungen des Bohrapparates mit thunlichster Schonung desselben zu verbinden.

Ist der Rückgang des Kolbens B, beziehentlich des Bohrers ziemlich vollendet, so tritt der ringförmige Wulst C der Kolbenstange A unter den Hebelarm D der Klinke DD', wodurch der andere Arm D' dieser Klinke gegen das Kopfende des Ventiles EE gepresst und dieses geöffnet wird, so dass die in der Kammer J befindliche komprimierte Luft durch die Oeffnung ee entweicht, im Schiebergehäuse wird Ueberdruck auf den Kolben H' eintritt und so F geöffnet, der Bohrer gegen das Gestein gestossen und das Spiel des Bohrkolbens von Neuem begonnen wird. Die Umsetzung des Bohrers, beziehentlich der Kolbenstange A geschieht dadurch, dass die komprimierte Luft, je nachdem sie durch den Schieber über oder unter den Treibkolben B geleitet wird, abwechselnd durch eine der Oeffnungen m und n unter einen

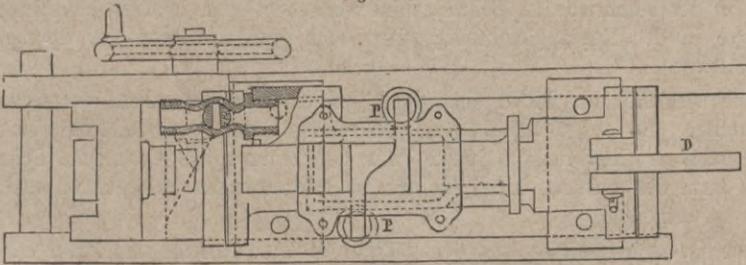
der Kolben PP tritt und diesen aufwärts treibt.

Dadurch werden abwechselnd die Daumen *q q*, welche an der Welle *Z* sitzen, gehoben, die letztere aber setzt mittelst der mit ihr und unter sich durch eine Feder verbundenen Sperrklinken *XX*, die wieder auf das auf der Kolbenstange *A* sitzende Sperrrad *v* wirken, diese Kolbenstange, beziehentlich den Bohrer um.

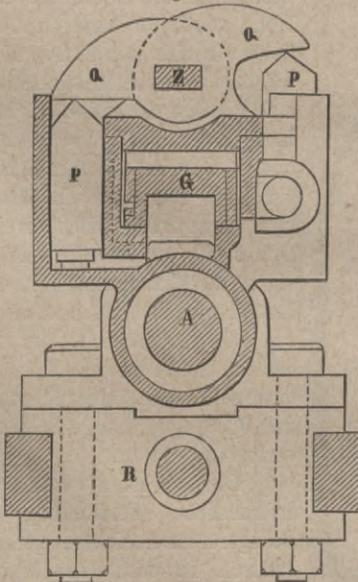
Das Vorrücken des Bohrapparates nach Maassgabe der Zunahme der Bohrlochsteufe erfolgt nicht selbstthätig, sondern mittelst der mit der Schraubenmutter *R* verbundenen, in der Figur 83 ersichtlichen Schraube und mittelst eines Handrades.

Die Patentinhaber halten dies für vortheilhafter, als ein selbstthätiges Vorrücken des Apparates, weil es der Arbeiter dabei in der Hand habe, auf das zu bearbeitende Material je nach Bedarf mit rasch auf einander folgenden kurzen oder mit langausgeholt, langsamer auf einander folgenden Stössen zu wirken, indem er die Länge des Laufes des Bohrkolbens bis herab auf 2 Zentimeter verkürzen oder bis auf 18 Zentimeter verlängern kann.

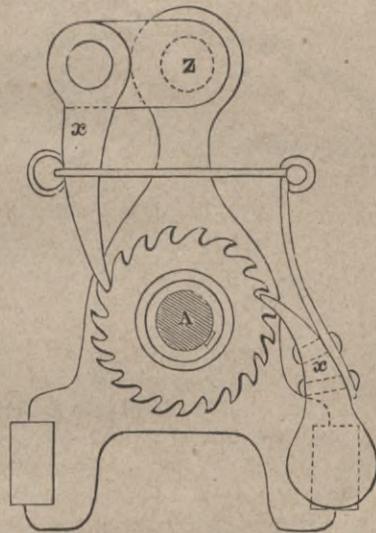
Figur 83.



Figur 84.



Figur 85.



Die beschriebene Maschine hat eine Gesammtlänge von 2,2 Meter, eine Breite von 0,23 Meter und eine Höhe von 0,32 Meter bei einem Gesammtgewicht von 220 Kilo; der Durchmesser des Kolbens *B* ist 0,07 Meter und der der Kolbenstange *A* 0,05 Meter, wobei die Kolbenstange mit Kolben etwa 28 Kilo wiegt.

Die Spannung der zum Betriebe der Bohrmaschine *Dubois-François* verwendeten komprimirten Luft ist bei deren Verwendung in Querschlägen im Kohlengebirge des Lütticher Beckens, mit denen man Schieferthone und Sandsteine, und

zwar letztere zuweilen von ziemlicher Festigkeit und Härte, zu durchsetzen hat, 2 bis 2,5 Atmosphären, während die anfänglich zu Marihaye versuchsweise angewendeten *Sommeiller'sche* Bohrmaschine eine auf 5 Atmosphären Spannung und darüber komprimierte Luft erfordert haben soll, ein Grad der Kompression, der, wenn man zum Betrieb der Kompressionspumpen Dampfmaschinen verwenden muss, sehr kostbar wird und nahezu jeden sonstigen mit der fraglichen Bohrarbeit zu erhoffenden Nutzen aufzehren kann.

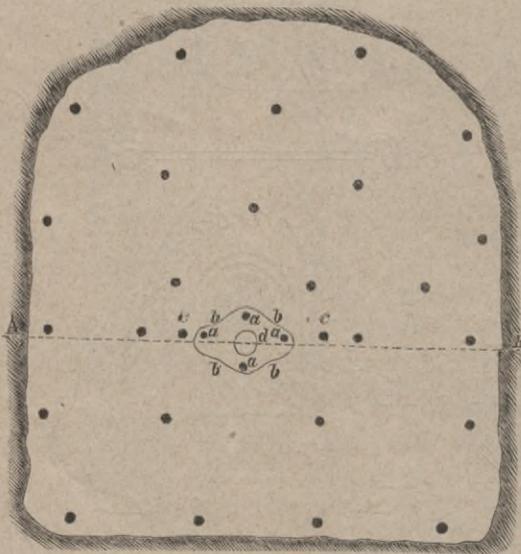
Im Sandstein des Kohlengebirges bohrt man mit der Maschine in der Regel 0,040 Meter, in Schieferthon 0,150 Meter bis 0,200 Meter Bohrlochsteufe bei 55 Millimeter Bohrlochweite in der Minute ab, während man bei einem über Tage angestellten Versuche in einem Block äusserst festen Porphyrs und mit einem ziemlich abgeführten Bohrer von \sphericalangle förmiger Schneide trocken ein 0,040 Meter tiefes, mit scharfen Kronenbohrer und unter Einspritzung von Wasser aber ein 0,175 Meter tiefes, 35 Millimeter weites Loch in fünf Minuten abbohrte.

Von der beschriebenen Bohrmaschine verwendet man in den Querschlägen zu Marihaye in der Regel gleichzeitig vier Stück zum Abbohren der Sprenglöcher im Ortsstosse.

Die vier Bohrmaschinen sind dann auf einem aus starken Walzeisenstäben hergestellten und auf 5 Rädern ruhenden Gerüst mittelst gusseiserner, sehr einfacher Supports angebracht. Starke, mit der Zimmerung verbundene Schrauben dienen dazu, den Bohrmaschinen die für sie erforderlichen Bewegungen und Richtungen zu erteilen.

Die Querschlagsstösse, von denen Figur 86 eine Ansicht und Figur 87 einen horizontalen Grundriss nach einem Schnitt in der Linie AB der Figur 86 darstellen,

Figur 86.



besitzen in der Regel eine lichte Höhe von 2,30 Meter und eine lichte Breite von 2,20 Meter, während das obenerwähnte Bohrmaschinengerüst bei 3,60 Meter Länge eine Höhe von 1,50 Meter und eine Breite von 1,250 Meter einnimmt und dabei ein Gewicht von etwa 2200 Kilo erreicht. Dieses Gerüst bewegt sich auf einem Eisenbahngleise von 0,50 Meter Spurweite, das aus Schienen von 10 Kilo Gewicht per laufenden Meter hergestellt und mittelst Laschen und Schrauben auf 0,75 Meter lange Schwellen verlegt ist.

Die während der Bohrarbeit erforderliche Feststellung des Bohrgerüsts erreicht man einfach dadurch, dass man dessen hintern, vom Querstosse abgewendeten

Teil mit Hilfe einer Wagenwinde anhebt und dann auf ein untergelegtes starkes Holz aufsetzt.

Abspreizungen des Gerüsts gegen die Firste und die Stösse haben sich als für fraglichen Zweck ungeeignet herausgestellt.

Für die Handhabung eines solchen mit 4 Maschinen armierten Bohrgerüsts oder Bohrgestelles haben sich zu Marihaye drei verschiedene Arbeitsperioden er-

geben, als: 1) die Periode des Bohrens, 2) die Periode des Wegthuens der gebohrten Löcher und 3) die Periode der Entfernung der gefallenen Berge, wovon jedoch die beiden letzten zum Theil zusammenfallen.

Die Arbeiterbedienung besteht aus 4 Mann, von denen einer als Bohrarbeiter gilt.

Der Letztere gibt vor Beginn der Arbeit die Stellung und Richtung der zu bohrenden Löcher an und verweilt während der Bohrarbeit selbst mit einem seiner 3 Gehilfen unmittelbar vor Ortsstoss, während die beiden übrigen Arbeiter sich an die Seite der Bohrmaschine stellen.

Letztere haben das Richten und Feststellen des Bohrgerüsts, das Richten der einzelnen Maschinen nach der den Bohrlöchern zu gebenden Richtung, das Oeffnen der Hähne der Luftleitungen und die sonstige Bedienung der einzelnen Maschinen, Erstere dagegen das Auswechseln der Bohrer, das Einlegen der Vorstecker in die Bohrerträger und, soweit nöthig, das Einspritzen von Wasser beim Bohren zu besorgen.

In gewöhnlichem Schieferthon sind für ein Fortbringen des Querschlagstosses um 1,50 Meter sechs Stunden Zeit, 25 Sprenglöcher und ein die Stelle des Einbruchs versahendes und das zentrische Weichen des Gesteins beim Sprengen zunächst ermöglichendes weiteres Loch erforderlich.

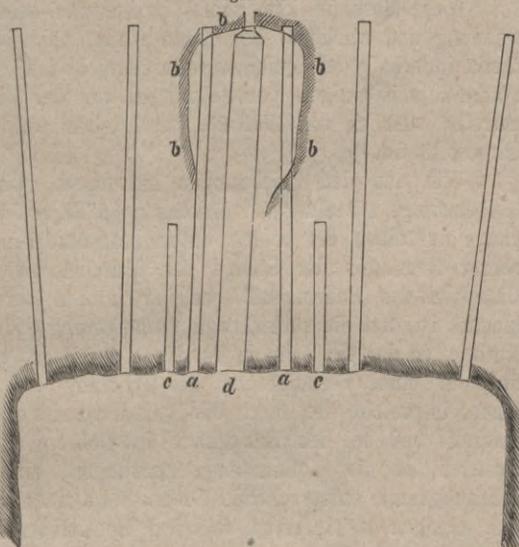
Die Anordnung dieser Löcher ergibt sich aus den Figuren 5 u. 6. Die Löcher *c c* sind in der Regel nur etwa 0,45 Meter bis 0,5 Meter, die übrigen 1,50 Meter tief, das Einbruchslot *d* hat eine Weite von 0,10 Meter, die übrigen Löcher besitzen eine solche von 0,035 Meter. Sobald das Bohren der Löcher beendet ist, wird das Bohrgerüst bis in eine Streckenweiche zurückgeschoben, zwei Arbeiter besetzen die Löcher und die zwei andern fördern das Bohrmehl und etwaige Berge fort.

Das Wegthun der Löcher beginnt mit dem den Einbruchslot *d* zunächst ausgesetzten Löchern *aa*, wobei sich in der Regel nur in Figur 87 durch die Linie *bb* begrenzte Gebirgsmasse löst; so dass deren vollständige Beseitigung und Auswerfung erst durch das Besetzen und Wegthun der Löcher *cc* bewirkt werden muss. Nachdem so ein grösserer Einbruch hergestellt ist, werden die übrigen Löcher in 6 bis 7 Malen à 3 bis 4 Schüsse weggethan. Das Sprengen selbst erfolgt mittelst Dynamit, das man, beiläufig gesagt, sonst in den belgischen Kohlenruben nicht in Anwendung findet.

Die Unterhaltung der Bohrgerüste soll so gut wie keine Kosten machen, aber auch die der Bohrmaschinen einfach und verhältnissmässig wenig kostspielig sein, weil die einzelnen Theile dieser Maschine ihrer Konstruktion und Stärke wegen nicht leicht Beschädigungen unterworfen sind.

Zu Marihaye genügt es daher, die Bohrmaschinen nur alle 2 Monate auszufördern, um über Tage von ihrem Zustande Einsicht zu nehmen und etwa nicht mehr gehörig diensttchtige Theile derselben auszuwechseln.

Figur 87.



Zur Zuleitung der komprimirten Luft an die Arbeitspunkte in der Grube, die etwa 2000 Meter von dem über Tage aufgestellten Windkesseln entfernt sind, bedient man sich im Schachte 0,075 Meter in den Querschlägen selbst etwa 0,050 weiter gezogener eiserner Gasröhren, während man Kautschukschläuche nur auf diejenige Länge verwendet, welche für die Zuleitung in unmittelbarer Nähe der Bohrmaschinen biegsame Schläuche verlangt.

Die Komprimirung der Luft geschieht durch 2 doppeltwirkende Luftpumpen mit 0,45 Meter Kolbendurchmesser und 1,0 Meter Kolbenhub, welche durch eine 40pferdige Dampfmaschine betrieben werden. Aus den Luftpumpen wird die komprimirte Luft zunächst in einen aus mehreren nebeneinander aufgestellten Windkesseln bestehenden Windkessel oder Sammler von etwa 130 bis 150 Kubikmeter Gesamttinhalt gepresst, aus welchem sie erst in die Leitungsröhre tritt.

Die Gesteinsbohrmaschine von Burleigh.

Diese Maschine kam zuerst in Amerika beim Bau des Hoosac-Tunnels in Anwendung und zeichnet sich dadurch aus, dass bei ihr der Mechanismus grösstentheils innerhalb des Zylinders untergebracht ist. In Wien war ein Exemplar dieser Maschine mit einigen Verbesserungen von der Firma *Mahler & Eschenbacher* ausgestellt, welches von *Ziebarth* beschrieben wurde und in den Figuren 88—91 dargestellt ist.¹⁾

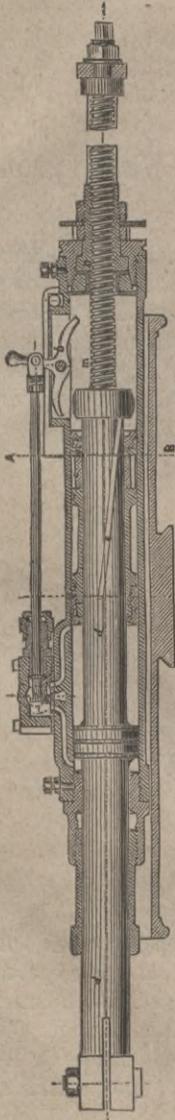
Wie aus den Zeichnungen hervorgeht, wirkt behufs der Umsteuerung die Kolbenstange mit einer Verstärkung a (s. Figur 91) bei ihrem Vor- und Rückwärtsgange auf einen der beiden unteren Ansätze eines dreiarmligen Hebels b, dessen oberer Arm mit der Stange des Muschelschiebers r verbunden ist. Für das Umsetzen des Bohrmeisels, welcher in den Vordertheil der Kolbenstange eingeklemmt ist, hat die rückwärtige Verlängerung d der letzteren eine schraubenförmige Nuth e, in der ein Zahn in der Nabe des Rades e (Figur 91) sich führt. Letzteres liegt in einer Verlängerung des Zylinders und ist aussen mit Sperrzähnen versehen, in welche die durch die Zylinderwandung tretende Sperrklinke i (Figur 91) eingreift und bei dem Rückgange des Bohrers eine Drehung des Rades verhindert. Dadurch ist die Kolbenstange gezwungen, eine dem Wege des Zahnes in der Schraubennuth entsprechende Drehung zu machen. Bei dem Vorwärtsgange dreht sich dagegen das Sperrrad, während die Kolbenstange ohne Drehung vorgeht, weil die Reibung des Kolbens gegen die Zylinderwandung grösser ist als die des Sperrrades gegen ein neben ihm liegendes Friktionsrad g. Der Widerstand des letzteren, welches mit einem Zahne in der axialen Nuth h der Kolbenstange gleitet, kann noch durch die kleine Bremse f (Figur 91) regulirt werden. Dieselbe drückt mit einem Schuhe auf den Umfang des Rades g und kann mittelst einer Schraube mehr oder weniger fest gegen den Umfang angestellt werden. Der ganze Mechanismus zur Umsetzung des Bohrers liegt zwischen der hinteren Stopfbüchse und einem Stellringe, welche beide durch die Pressionsschrauben k und l (Figur 91) in ihrer Lage festgehalten werden.

Bei kleineren Maschinen erfolgt der Vorschub des Bohrers von Hand, indem die Luftspindel m, welche in eine Bohrung der hintern Kolbenstange eintreten kann, mittelst Handkurbel gedreht wird. Die Spindel hat ihre Mutter in n und findet ihr Widerlager in einem Bügel, der an dem halbröhrenförmigen Untersatz der Maschine festgeschraubt ist. Für grössere Apparate ist zum Zwecke des Vorschubes ein eigenes Schaltwerk angebracht, von welchem Figur 91 eine genauere

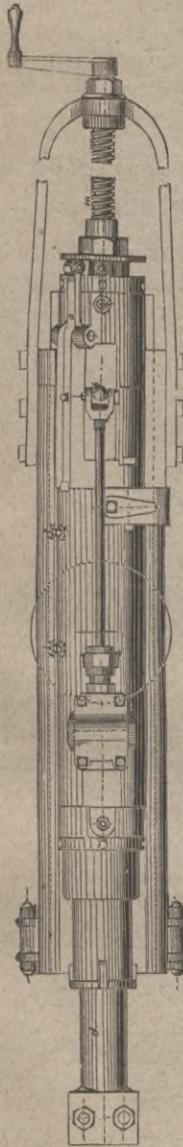
¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1874. 715. Dingler's Journ. 1874. 215. 298.

Darstellung gibt. Dringt nämlich der Bohrer so tief in das Loch ein, dass der Kolben nahezu den vorderen Zylinderdeckel erreicht, so trifft die Verstärkung a der Kolbenstange gegen den kleinen, durch eine Feder niedergehaltenen Hebel q, hebt diesen aus und bringt dadurch den bisher von q gestützten Arm des grösseren Hebels o zum Niederfallen, so dass dieser ebenfalls von der Verstärkung a erreicht

Figur 88.

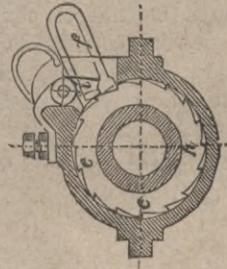


Figur 89.

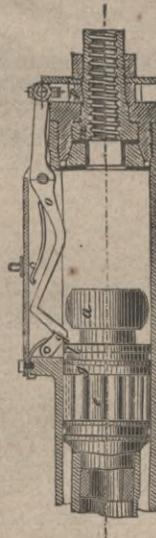


und abwechselnd gehoben werden kann. Der zweite Arm dieses Hebels trägt eine Sperrklinke, mittelst deren er das mit der Mutter der Leitspindel verbundene Sperrrad p in Drehung versetzt. Sobald hierdurch genügender Vorschub gegeben ist, trifft die Verstärkung nicht mehr gegen q, und dieses hält den Hebel o in die Höhe.

Figur 90.



Figur 91.



Burleigh's Bohrmaschine für Löcher von 19—127 Millimeter wiegt 91—454 Kilo, bohrt 5—15 Zentimeter in der Minute und ist beim Bau des Hoosac-Tunnels sowie bei den Sprengarbeiten des Hellgate im Gebrauch.

Die Kolbenstange, an welcher der Bohrer direkt befestigt ist, erhält in der

Minute 250—300 Schläge, bei einem Druck von 351 Kilo auf den □Zentimeter. Je nach der Grösse sind die Abmessungen der Maschine 0,305 M. \times 0,165 M. \times 0,97 M. bis 0,381 M. \times 0,33 \times 2,67 M. und beträgt die Länge bis zu welcher der Bohrer nachrückt 0,48—1,37 Meter.¹⁾

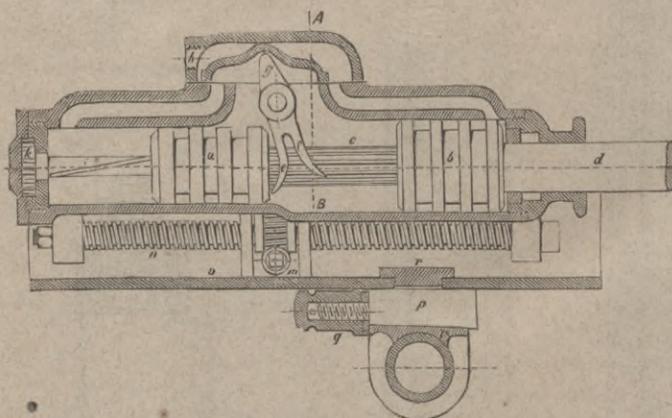
Eine nach *Burleigh's* System von Gebr. *Craven* zu Manchester konstruirte Maschine gestattete bei Versuchen im Musée royal industriel zu Turin innerhalb 7 Minuten Löcher von 0,04 Meter Durchmesser bis zu einer Tiefe von 0,4 Meter einzutreiben. Die Maschine wog 80 Kilo.²⁾

Gesteinsbohrmaschine von Brydon, Davidson und Warrington, genannt Power Jumper.

Diese Bohrmaschine, von *Whitley Partners* in Leeds in England eingeführt, ist im Ganzen genommen, obwohl mit einigen Vereinfachungen, nach denselben Prinzipien wie die Maschine *Burleigh's* konstruirt und bei ihr sind auch noch die Theile, die bei der vorigen noch ausserhalb der Umbüllung des Apparates lagen, in denselben verlegt. Die Maschine ist in den Figuren 92—95 abgebildet.³⁾

Nach diesen hat die Maschine zwei Kolben a und b, verbunden durch die Kolbenstange c und mit der Bohrstange d. Da diese eine grössere Stärke er-

Figur 92.



halten hat als die Kolbenstange, so ist, um gleichen Kolbenquerschnitt bei Vor- und Rückgang zu erhalten, dem Kolben b ein grösserer Durchmesser gegeben. Die Umsteuerung erfolgt auf einfache Weise durch einen dreiarmligen Hebel, dessen beide Arme e und f, welche sich um die Kolbenstange herumkrümmen (Figur 93) von dem betreffenden Kolben getroffen werden und mittelst des Armes g den Muschelschieber bei den Umsetzen auf die andere Seite rücken. Die Zuführung der Luft erfolgt über den Schieber bei h.

Für die Drehung des Bohrers ist, ähnlich wie bei der Maschine von *Burleigh*, die schraubenförmige Nuth auf der in dem hinteren Zylinderdeckel drehbaren

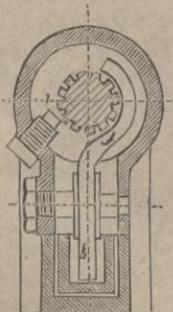
¹⁾ Engineering 1872. 209. Zeitschr. d. Archit. u. Ing.-Ver. z. Hannov. 1873. 98.

²⁾ Chronique de l'Industrie 1873. 65. Dingler's Journal 208. 291.

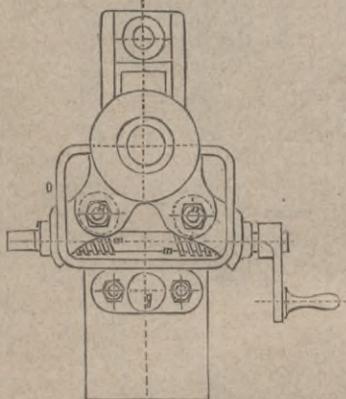
³⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1874. 113. Dingler's Journ. 215. 300. Hier sei auch noch die dort beschriebene Maschine von *Azolino dell' Acqua* in Mailand erwähnt.

Stange *i* angeordnet, in welche ein in der Ausbohrung des hintern Kolbens *a* eingesetzter Zahn sich führt und während des Rückganges den Kolben zur Drehung veranlasst, da während dieser Zeit die Stange *i* durch das Sperrrad *k* an der Rotation verhindert ist. Umgekehrt wird, wenn die Kolben vorwärtsgehen, die Kolbenstange *c* durch einen Sperrkegel *l*, welcher in Figur 95 in grösserem Maassstabe gezeichnet wurde, an der Drehung verhindert, während die Sperrung bei *k* jetzt ein Mitdrehen der Stange *i* gestattet. Die Kolbenstange ist für den angegebenen Zweck mit parallel zur Axe laufenden Rinnen versehen, und ergibt sich aus der Form des Sperrkegels *l*, dass der Kolbenstange eine Drehung nach einer Seite gestattet ist, während eben beim Rückwärtsgange die Führung in der Nuth *i*, eine solche Umdrehung veranlasst. Es dürfte diese Einrichtung der Arbeit der Maschine eine grössere Sicherheit geben als die nur auf Reibung basirte entsprechende Anordnung an der Bohrmaschine von *Burleigh*.

Figur 93.



Figur 94.



Figur 95.



Zur Erzielung grösster Einfachheit ist der Vorschub des Bohrers nicht selbstthätig gemacht, sondern erfolgt von Hand, indem durch eine Kurbel die beiden Schrauben *m, m* (Figur 94) in Umdrehung versetzt werden, welche mittelst Schneckenräder die beiden Leitspindeln *n, n* bewegen und dadurch den Zylinder in den kastenförmigen Gehäuse *o* vorwärts schieben. Dieses Gehäuse ist universalgelenkig auf dem Zapfen in dem einen Fusse des dreibeinigen Bohrgestelles befestigt, und geschieht die Feststellung in einer bestimmten Lage durch Anziehen der einen Mutter *q*, welche den Keil *p* fest gegen das Gehäuse presst und dadurch eine Drehung des Reibungsstückes *r* sowohl in dem Gehäuse wie um den Zapfen des Gestellfusses unmöglich macht.

Gesteinsbohrmaschine von Ingersoll.

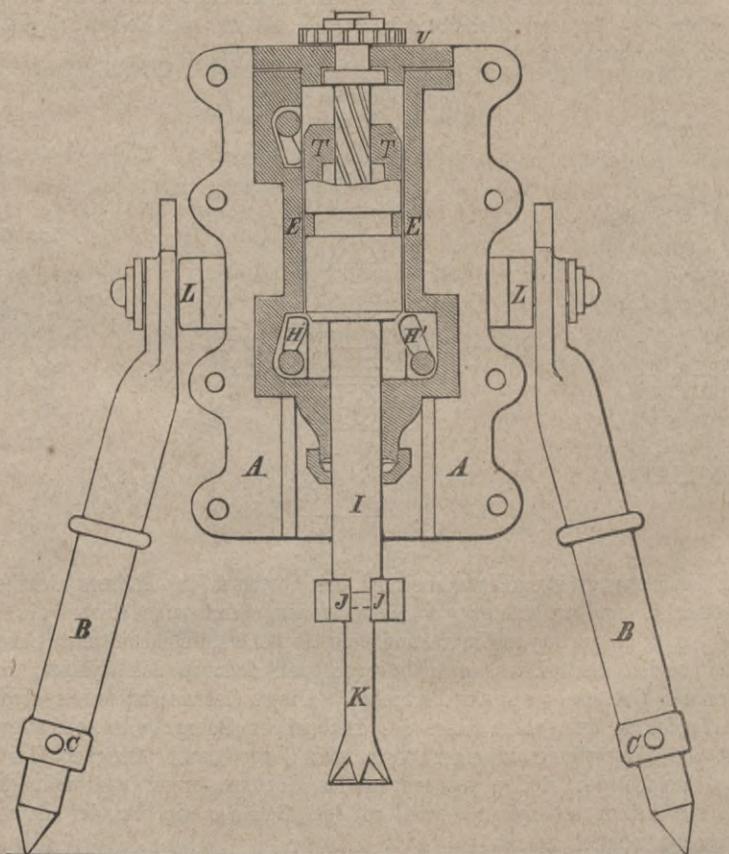
Die von dem Amerikaner *Ingersoll* erfundene Steinbohrmaschine, welche in England mit gutem Erfolge eingeführt ist, ist charakteristisch durch die Uebertragung der Drehbewegung vom Kolben des Dampf- (oder auch Luft-) Zylinders auf den in der axialen Verlängerung unter dem letzteren befindlichen Bohrer-schaft. Die Uebertragung geschieht mit Hilfe einer am Kolben befestigten, spiral-förmig genutheten Stange, deren Führung mit der Bohrerstange in Verbindung

¹⁾ Maschinenb. 1874. 247. Deutsches Jahrbuch d. Baugew. 1874. 138.

steht. Eine andere Vorrichtung nöthigt den Kolben etwas zurückzubleiben in dem Augenblicke, wo der Bohrer gegen das Gestein schlägt, so dass der ganze Stoss nur vom Bohrer, nicht aber von den übrigen Maschinentheilen aufgenommen wird. Die Maschine ist in Fig. 96—98 abgebildet.¹⁾

Der Kolben, der durch Dampf oder Luft bewegt wird, erhält eine rotirende Bewegung, welche er durch eine steil gewundene Schraubenspindel dem mit ihm verbundenen Bohrer mittheilt. Die erwähnte Schraubenspindel ist mit einer Stellvorrichtung versehen, so dass der Kolben in der einen Richtung direkt wirken, in der andern Richtung aber sich in umgekehrter Weise drehen kann. Durch

Figur 96.

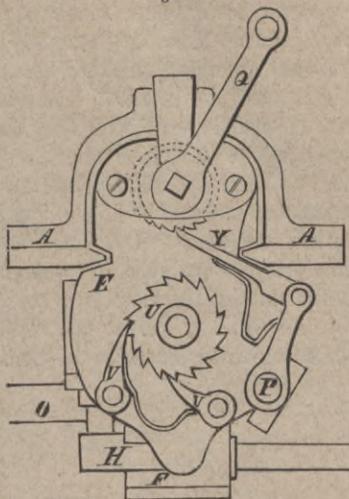


eine Daumenvorrichtung wird der Kolben, bevor der Bohrer auf das Gestein auftritt, etwas zurück gedrängt. Auf diese Weise wird verhütet, dass der Kolben auf den Zylinderboden aufschlägt und bewirkt, dass der beim Auftreffen des Bohrers entstehende Stoss von diesem allein angenommen und dem übrigen Apparate nicht mitgetheilt wird. Das Vorrücken des Bohrers wird gleichfalls durch einen Daum regulirt, welcher durch die Bewegung des Kolbens nach dem Grade des Vorrückens der Bohrung bewegt wird. Der ganze Apparat ruht auf drei verstellbaren Füßen, so dass die Aufstellung und der Betrieb in jeder Lage bewerkstelligt werden kann. Figur 96 zeigt einen Vertikaldurchschnitt, Figur 97 einen Grundriss und Figur 98 einen Querschnitt des Apparates.

¹⁾ Engineering 1874. 332. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1875. 90.

A ist der Rahmen, welcher den Arbeitszylinder trägt, B sind die Füße mit denen der Rahmen verbunden ist. Diese Füße sind in sich verschiebbar (teleskopartig verstellbar) eingerichtet und werden durch die Schrauben C in ihrer Länge justirt. Durch Anhängen schwerer Gewichte wird der Maschine ein fester Stand gegeben, und zugleich nehmen diese Gewichte den Stoss des Bohrers auf, so dass ein Erzittern des Apparates verhütet wird. E ist der Arbeitszylinder, worin gespannter Dampf oder komprimierte Luft wirksam sind; F ist der Schieberkasten; H, H' und H'' sind die oben erwähnten Daumen: I ist die Kolbenstange; II sind Klammern zur Befestigung des Bohrers K an der Kolbenstange; LL sind Zapfen, um welche der Arbeitszylinder gedreht und unter einem beliebigen Winkel verstellt werden kann. Das Betriebsmedium (Dampf oder Luft) strömt durch N ein und nach gethener Arbeit durch O aus; P ist die Vorschubschraube, welche durch die Handkurbel Q bewegt werden kann, so dass der Bohrer gegen das Gestein geführt oder von demselben wieder entfernt werden kann. R ist eine Welle für den selbstthätigen Vorschub, S' eine Feder, wodurch die Drehung dieser Welle bewirkt wird. S ist die steilgewundene Schraubenspindel oder spiralförmige Drehstange des Kolbens und T deren Führung; U und V sind Sperrrad und Klinke, wodurch ein Zurückdrehen des Kolbens nach jeder Drehung verhütet wird.

Figur 97.

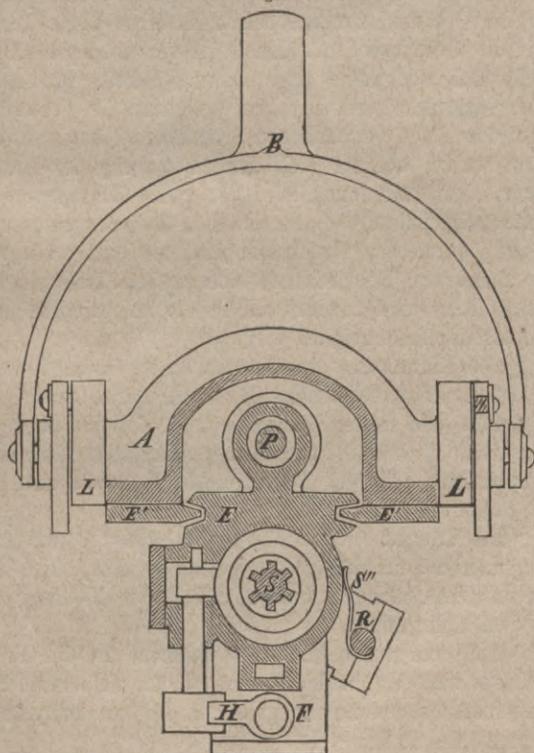


Bei der Ingangsetzung wird diese Bohrmaschine zuerst in die richtige Stellung versetzt, die Schraubenmutter unter der Handkurbel, durch welche die Vorschubschraube P gehalten wird, gelöst, der Bohrer in die Kolbenstange eingesetzt und der Zylinder nach vorn geschoben, bis der Bohrer das Gestein berührt. Zugleich wird das untere Ende des Kolbens mit dem Daumen für den Vorschub in Berührung gebracht. Dann öffnet man das Dampf- oder Luftventil, nachdem die erwähnte Schraubenmutter wieder fest

angezogen worden ist. Der Vorschubhebel bringt dann den Zylinder immer nach

Maassgabe des Eindringens des Bohrers in das Gestein vorwärts. Die mittlere

Figur 98.



Geschwindigkeit ist 300 Schläge per Minute, und der Bohrer macht bei zwölf Schlägen sieben Umdrehungen.

Die Bohrmaschine ist in Amerika bei dem westlichen Tunnel der Newyork- und Harlem-Eisenbahn thätig, wo sie die *Burleigh*-Maschine verdrängt hat. Die *Ingersoll*'sche Maschine bringt täglich 40 Fuss (engl. Maass) fertig, während die *Burleigh*'sche Maschine nur 33 Fuss vollendete. Im letzten November wurden von dem Amerikan Institute Versuche mit beiden Maschinen angestellt, wobei sich zeigte, dass die *Ingersoll*'sche Maschine per Minute $13\frac{3}{4}$ Zoll (349 Millimeter) mit 47 Pfund per □Zoll (3,3 Kilogramme per □Zentimeter) Druck bohrte, die *Burleigh*'sche Maschine aber in derselben Zeit nur $3\frac{1}{5}$ Zoll (139,7 Millimeter) mit 55 Pfund (3,87 Kilogramme per □Zentimeter) Druck fertig brachte. Die Bohrlöcher hatten 2 Zoll (50,8 Millimeter) Durchmesser und wurden in demselben Gestein eingesetzt. Bei einer andern Gelegenheit wurden während vierstündiger Arbeit $9\frac{1}{2}$ Fuss gebohrt, während in $7\frac{1}{2}$ Stunden eine Tiefe von $10\frac{1}{4}$ Fuss in hartem Gestein erreicht wurde.

Le Gros, 2 Angel tarrace, Milton-road, Stoke Newington, London, ist der Agent für diese Maschine in England.

Gesteinsbohrmaschine von Ferroux.

Ferroux, Ingenieur und Vorstand der Konstruktions- und Reparaturwerkstätten für die Gesteinsbohrmaschinen beim Mont-Cenis-Tunnel, hatte reichliche Gelegenheit die Gesteinsbohrmaschinen der verschiedensten Systeme in Bezug auf ihre Vortheile und Nachtheile zu studiren. Bereits im Jahre 1869 hatte er ein Modell einer Maschine konstruirt, bei welchem die Vorwärtsbewegung des Bohrapparates statt durch den gewöhnlichen Schraubenmechanismus mittelst komprimirter Luft bewirkt wurde, wodurch sich diese Bewegung der Härte des Gesteins anpassen liess. Nach seiner Anordnung wird der ganze Bohrapparat vorgeschoben durch den sogenannten Propulseur, einen in einen Zylinder eingeschlossenen Kolben, dessen Bewegung durch den Druck komprimirter Luft erzeugt wird, und zwar dann, wenn der Bohrer im Bohrloch auf eine gewisse Tiefe eingedrungen ist. Der Zurückgang des Kolbens wird bewirkt, indem die komprimirte Luft durch einen Hahn vor den Propulseurkolben geleitet wird.

Die Einrichtung der *Ferroux*'schen Gesteinsbohrmaschine erhellt aus Fig. 99—103¹⁾. Dieselbe besteht in den Haupttheilen: 1) aus dem Gestellrahmen A zur Aufnahme der ganzen Maschinetheile; 2) aus dem Bohrapparate T; 3) aus dem Propulseur L und 4) aus einer kleinen stehenden Maschine R zur Vertheilung der komprimirten Luft im Bohrapparate T, sowie zur Erzeugung der Drehbewegung des Bohrers.

Die Längenstücke des Gestellrahmens A sind sowohl auf den oberen als auf den inneren Seitenflächen theilweise gezahnt, doch sind die oberen Zähne gegen die seitlichen verkehrt gestellt. Das Ohr Y dient zur Befestigung der Maschine an dem Bohrgestelle.

Auf dem einen Ende des Rahmens ist der Propulseur L festgeschraubt, in welchem sich ein hohler Kolben M mit hohler Kolbenstange N befindet, und in den einerseits das Zuleitungsrohr E für die komprimirte Luft, anderseits eine vom

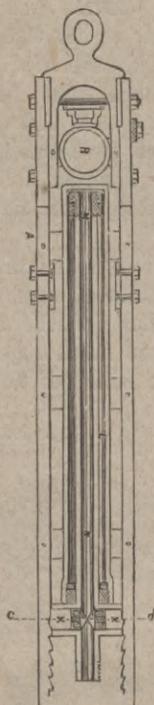
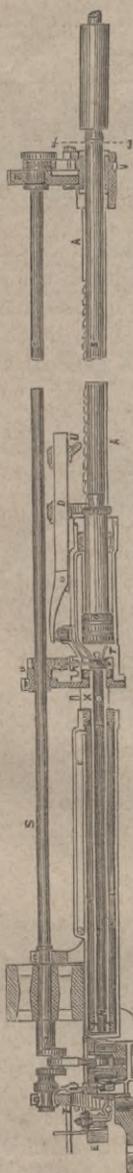
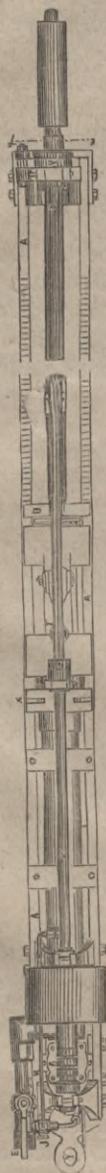
¹⁾ C. Klar: Die Arbeiten und Maschinenanlagen am St. Gotthardtunnel. Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins 1875. 61. *Fr. Rziha*: Beurtheilung des Gotthardtunnels. Ebendasselbst 66. *Dingler's Journal* 1875. 215, S. 495.

Rohre E abzweigende Röhre K mündet. Ausserdem ist der Propulseur seitlich mit zwei kleinen Zylindern XX versehen, in denen je ein Kolben, welcher in einen Sperrhaken endigt, sich zu bewegen vermag (Figuren 99 u. 100). Der eigentliche Bohrapparat ist fest mit der hohlen Kolbenstange N des Propulseurs verbunden

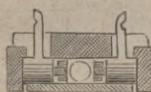
Figur 99.

Figur 100.

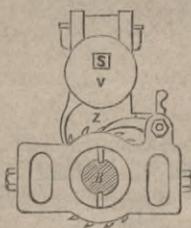
Figur 101.



Figur 102.



Figur 103.



und besteht aus dem Zylinder T mit Kolben O und Kolbenstange B, auf welche der Bohrer verkeilt wird, sowie aus der Vertheilungskammer P mit dem Schieber Q. Auf dem Bohrapparat sitzt ein doppelarmiger Hebel D, dessen längerer Arm eine Gabel D' und eine Knagge D'' trägt, während der kürzere Arm auf einem Kolben ruht, der einen an den Bohrapparat angegossenen und mit der Vertheilungskammer kommunizierenden Zylinder d luftdicht abschliesst (Figur 100). Die Kolbenstange ist mit einem Bund C und auf die halbe Länge mit einer Nuth versehen, in welche der Keil eines aufgesetzten Sperrrades V eingreift.

Der Motor R liegt am hinteren Ende der Bohrmaschine und wirkt mittelst seiner Kolbenstange auf die gekröpte Welle S, deren Lager auf dem Rahmen A gestützt sind. Auf der Stange sitzen zwei exzentrische Scheiben, von denen die eine U den Schieber Q, die andere V' eine in das Sperrrad V greifende Klinke bewegt.

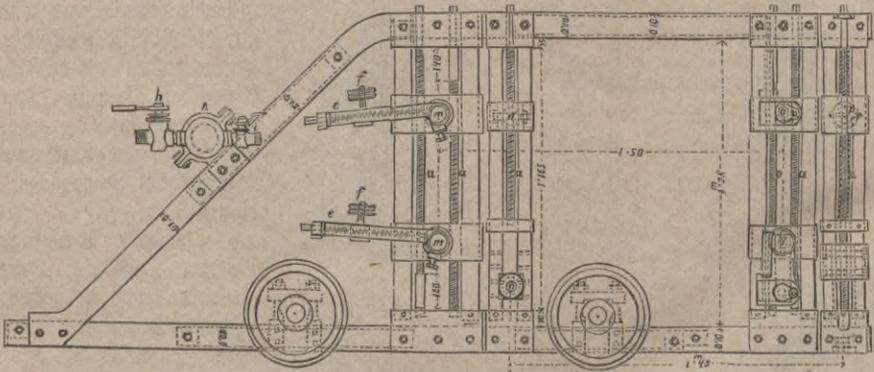
Die eigentliche Bohrmaschine ist für gewöhnlich während der Arbeit fixirt, indem deren Vorwärtsbewegung durch die in die oberen Zähne des Rahmens A eingreifenden

Zinken der erwähnten Gabel D' und deren Rückwärtsbewegung durch die in die seitlichen Zähne eingreifenden Sperrhaken der beiden Kolben XX verhindert wird. Die mittelst des Hahnes I hinter den Kolben M eingelassene komprimirte Luft strebt einerseits diesen Kolben sammt Bohrapparat vorzudrücken und

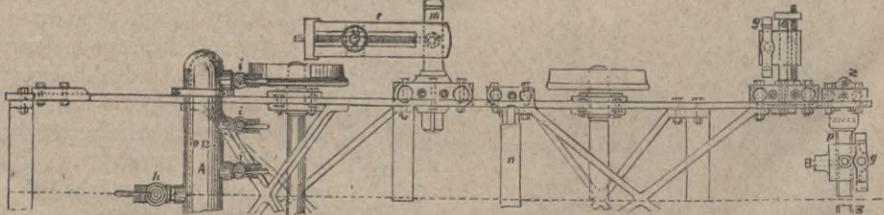
gelangt anderseits in die Vertheilungskammer P, sowie auch in den kleinen an den Bohrapparat angegossenen Zylinder d, dessen Kolben durch die komprimierte Luft mittelst des Hebels D die Gabel D' gegen die oberen Zähne des Rahmens A drückt. Eine ähnliche Wirkung übt die komprimierte Luft auf die Kolben XX. Gleichzeitig wird die komprimierte Luft auch in den Motor R eingelassen und dadurch die Welle S in Rotation versetzt, wodurch einestheils mittelst des Exzenters U die Vertheilung der komprimierten Luft in der eigentlichen Bohrmaschine erfolgt, anderntheils mittelst des Exzenters V' und des Sperrades V die Drehbewegung (das Setzen) des Bohrers hervorgerufen wird. Beim Tieferwerden des Bohrloches rückt der Bohrer sammt Kolbenstange nach und nach vor, bis endlich der Bund C an die Knagge D'' stösst, wodurch die Gabel D' ausgelöst wird und der Bohrapparat vermöge des Druckes der komprimierten Luft auf den Kolben M so weit vorrücken muss, bis die Zinken der Gabel D' in die nächsten Zähne des Rahmens A einfallen.

Um die eigentliche Bohrmaschine zurückzuziehen, wenn dieselbe am Ende ihres Laufes angelangt ist, schliesst man den Hahn I und öffnet den Hahn J (Figuren 99 und 100). Die Luft, welche früher die Maschine vorwärts gedrückt hat, entweicht nun, während die frisch zugeleitete Luft, durch die Röhre KK und den Kanal K' auf die vordere Seite des Kolbens M geführt, die Maschine zurück-schiebt.

Figur 104.



Figur 107.



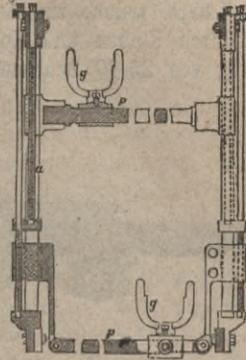
Das Bohrgestell der Maschine, ebenfalls von *Ferroux* herrührend, ist in Figuren 104—106 abgebildet. Es vermag 8 Bohrmaschinen aufzunehmen und besteht aus einem vierrädrigen Wagen, der aus einem horizontalen und zwei vertikalen Rahmen zusammengesetzt ist. Andreaskreuze versteifen den horizontalen und verbinden die vertikalen Rahmen. Dieser Wagen trägt 12 Bohrspindeln aa, mittelst welcher horizontale Arme m, n, o, p auf u niederbewegt werden können. Die Arme mm dienen zur Aufnahme von je einem, jene nn von je zwei Auflagern e, welche derartig angeordnet sind, dass sie gedreht und längs der Arme verschoben werden können. Mittelst der Schraube f, die längs des Auflagers verschiebbar ist,

wird das Ohr Y der Bohrmaschine und damit deren unteres Ende befestigt. Auf den Armen oo, pp sind Gabeln verschiebbar angeordnet, welche das vordere Ende der Maschine aufnehmen. Auflager und Gabeln sind fixirbar.

Durch Röhre A am Bohrgestell wird mittelst eines starken Kautschukschlauches die komprimirte Luft von der Luftleitung zugeleitet und durch kleinere Kautschukschläuche den einzelnen Bohrmaschinen zugeführt. Die Hähne a, i dienen zur Verbindung.

Die Bohrer haben Meisselform und einen Durchmesser von 36 Millimeter und bestehen aus gehärtetem Gussstahl. Das Patent für den Bau der *Ferrouz*-schen Bohrmaschine ist im Besitze der Maschinenbauanstalt *B. Roy & Comp.* in Vevey und es sei hier bemerkt, dass dieselbe auch für den Bau des Moseltunnels bei Cochem 18 solcher Maschinen und 2 Bohrgestelle lieferte.

Figur 106.



Der Gesteinsbohrer von Darlington.

(Valveless rock-borer.)

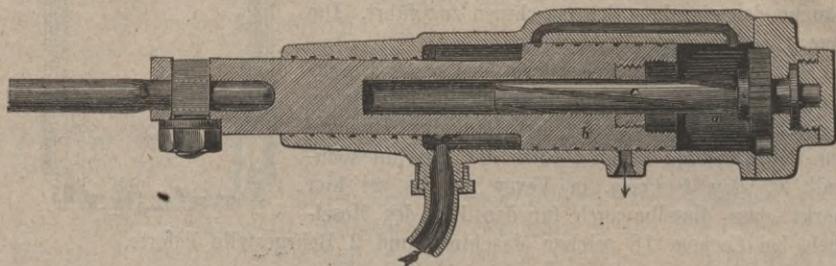
Diese Bohrmaschine ist von dem Bergingenieur *Darlington* in London erfunden und unterscheidet sich von allen andern dadurch, dass sie zur Steuerung keinen besonderen Apparat, wie Vertheilungsschieber, Hahn oder Steuerungskolben besitzt, sondern, dass der Treibkolben selbst auch als Steuerungsvorrichtung wirkt¹⁾. Der Apparat besteht nur aus den nothwendigsten beiden Theilen: einem feststehenden Theile, dem Zylinder und Deckel, und einem beweglichem, dem Kolben und der daran geschmiedeten Kolbenstange.

Die Konstruktion wird veranschaulicht durch Figur 107 (Durchschnitt) und Figur 108 (Ansicht) a ist der Zylinder, b Kolben mit Kolbenstange, c die Umsetzungsvorrichtung. Der Arbeitszylinder hat eine Länge von 41,0 Zentimeter, ist aus Gusseisen, Stahl oder Bronze, hat hinten, wo sich der Treibkolben bewegt 12,72 Zentimeter äusseren, 8,93 inneren Durchmesser; vorn wo die Kolbenstange hindurchgeht, aussen 8,25 Zentimeter, innen 6,40 Zentimeter Durchmesser. Am vordern Ende ist die Einlassöffnung (mit Pfeil bezeichnet) für die komprimirte Luft, etwa in der Mitte die Ausflussöffnung (ebenfalls mit Pfeil bezeichnet) für die verbrauchte Luft. In der Zylinderwandung sind Luftwege von 1,35 Zentimeter Weite ausgespart, die 8,93 Zentimeter über dem Zylinderboden und 1,3 Zentimeter vom Zylinderdeckel entfernt einmünden. Der konische Theil des vorderen Zylinders, durch den die Kolbenstange geht, hat im Innern 7 flache Ringe ausgedreht, die, mit Oel gefüllt, zur Dichtung dienen. Kolben und Kolbenstange sind aus Gussstahl in einem Stück gegossen; jener hat 8,92 Zentimeter Durchmesser und 12,72 Zentimeter Höhe und trägt an seinem Umfange gleichfalls 7 flache Ringe eingedreht, die ebenfalls mit Oel gefüllt zur Dichtung dienen. Die Kolbenstange hat dagegen 25,80 Zentimeter Länge und nur 6,40 Zentimeter Durchmesser, so dass zwischen ihr und der Zylinderwand ein ringförmiger Raum von 1,26 Zentimeter lichter Weite bleibt, in welchem die kom-

¹⁾ Der Darlington-Gesteinsbohrer von *Dr. A. Gurlt.* Bonn, Cohen u. Sohn. 1875.
Zwick, Neuere Tunnelbauten.

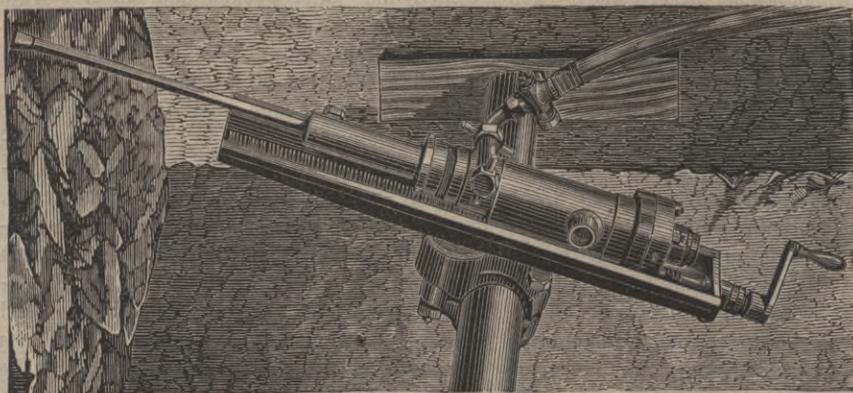
primierte Luft bei dem Rückgange des Kolbens eintritt. Die Spitze der Kolbenstange hat eine Aussparung von 2,62 Zentimeter Durchmesser und 10,19 Zentimeter Länge, welche zur Aufnahme des Bohrerkopfes bestimmt ist. Endlich geht noch durch Kolben und Kolbenstange eine nach hinten offene, zylindrische Ausbohrung von 25,80 Zentimeter Länge und 2,20 Zentimeter Weite, in welche die

Figur 107.



Führungsstange hineinragt; sie ist im Kolben bis auf 5,24 Zentimeter Tiefe, auf 6,40 Zentimeter erweitert und mit einem Schraubengewinde versehen, in welchem eine Führungsmutter bis auf den Boden der Erweiterung hineingeschraubt werden kann. Das hintere Ende des Arbeitszylinders wird durch den aufgeschraubten Zylinderdeckel geschlossen, der 7,67 Zentimeter Höhe hat. In seinem Innern besitzt er Aussparungen, die das hintere Ende der Führungsstange, sowie den Mechanismus zum Umsetzen des Bohrers aufnehmen. Die Führungsstange, welche 27,96 Zentimeter ganze Länge hat, ist mit drei eingeschnittenen Drallzügen versehen, in welche drei Rippen auf der inneren Fläche der stählernen Führungsmutter genau passen. Ferner trägt die Führungsstange innerhalb des Zylinderdeckels ein Sperrrad von 8,90 Zentimeter Durchmesser, in dessen Zähne zwei

Figur 108.



Sperrkegel einfallen, welche je durch eine Spiralfeder angedrückt werden. Die Einrichtung ist so getroffen, dass bei etwaigem Bruche dieser Spiralfedern, durch Lösen einer Schraube, eine neue Feder eingesetzt werden kann, ohne dass es nöthig ist, den Zylinderdeckel abzunehmen. Die Sperrkegel gestatten eine Drehung von links nach rechts, verhindern aber eine solche in umgekehrter Richtung. Wenn nun beim Rückgange des Kolbens die in ihm eingeschraubte Führungsmutter sich an den Drallzügen entlang bewegt, steht das Sperrrad fest, wodurch der Kolben nebst Kolbenstange und Bohrer gezwungen werden eine Drehung an-

zunehmen. Bei der Vorwärtsbewegung findet der Kolben aber an der Führungsstange durch die Sperrkegel keinen Widerstand; er kann daher ungehindert geradeaus gehen, zwingt aber dabei die Führungsstange ihm zu folgen und sich ihrerseits zu drehen.

Nach dieser Beschreibung von der Einrichtung der Maschine ist ihre Wirkungsweise leicht verständlich. Die untere ringförmige Kolbenfläche steht, nach Anlassen des Luffhahnes, fortwährend unter dem Drucke der komprimirten Luft in dem Reservoir, wodurch der Kolben soweit zurück gedrückt wird, bis er die vorderen Eingänge zu den Luftwegen frei macht. Darauf strömt die Luft durch die Ausgänge derselben hinter dem Kolben und, da sie hier auf eine viel grössere Kolbenfläche drückt, so presst sie ihn gewaltsam vorwärts bis er die Ausgangsöffnung aus dem Zylinder erreicht, durch welche sie nach vollbrachter Arbeit entweicht. Die einzelnen Oeffnungen sind so angebracht, dass die Luft mit Expansion arbeitet und dass sich über und unter dem Kolben Luftkissen bilden, welche sein Anschlagen an Boden und Deckel verhindern. Die wirksame Zylinderfüllung für je einen Hub beträgt 645 Kubikzentimeter und bei einer Pressung der Luft von 1,30 Kilogramm auf einen \square Zentimeter wird auf die hintere Kolbenfläche ein Druck von 72,48 Kilogramm ausgeübt. Die verbrauchte Luftmenge ist hier sehr gering, aber bei allen Bohrmaschinen ein sehr wichtiges Element, da die komprimirte Luft viel kostspieliger als Dampf ist. In dieser Weise kann der Kolben bis zu 1000 Hüben in einer Minute machen, er arbeitet aber gewöhnlich nur mit 600 bis 800 Hüben, also doch noch viel schneller, als alle anderen Bohrmaschinen.

Bei dieser ausserordentlichen Geschwindigkeit würde eine gewöhnliche Liderung oder Packung am Kolben und der Kolbenstange gar nicht anwendbar sein, weil sie viel zu rasch abgenutzt werden würde. Desshalb ist eine solche gar nicht vorhanden und die Dichtung wird lediglich durch die mit einigen Tropfen Oel gefüllten flachen Ringe am Kolben und in der Stopfbüchse bewirkt. Wie dennoch eine vollkommene Dichtung hergestellt wird, wurde schon weiter oben gesagt, und wenige Tropfen Oel, die vor Beginn der Bohrarbeit durch die Ausströmungsöffnung eingegossen werden, genügen, sie herzustellen.

Was die Befestigung des Bohrers an der Kolbenstange betrifft, so zeichnet auch sie sich durch grösste Einfachheit und Solidität aus, und viele Versuche haben gezeigt, dass sie die zweckmässigste ist. Die bisher üblichen Befestigungsarten sind sehr verschieden; meist werden dazu Keile gebraucht, die mit dem Hammer angezogen und gelöst werden, oder es sind Schultern oder Augen am Kopfe des Bohrers angebracht, oder es ist mehr als eine Schraube zum Festmachen erforderlich, alles Methoden, die grosse Nachtheile mit sich bringen dadurch, dass sie beim Gebrauche nachgeben. Die bei dem Darlington-Bohrer angewandte Befestigung durch eine Klemmschraube ist zugleich einfach und zweckentsprechend; sie lässt beim Arbeiten niemals los und ist aus Figur 107 leicht ersichtlich. Das Ende der Kolbenstange ist an einer Seite abgeflacht, um einen Sitz für die Mutter der Klemmschraube zu bilden, und ein Schlitz durch die Stange hindurch ausgeschnitten. In diesen passt ein geschmiedetes Stück Stahl, als Klemme, ganz genau und nachdem es eingepasst ist, wird erst die für Aufnahme des Bohrerkopfes bestimmte Aussparung in Kolbenstange und Klemme eingebohrt. Dann wird die Klemme herausgenommen, etwas abgefeilt, um bequemer in den Schlitz zu passen, und an einer Seite mit einem Schraubengewinde versehen, auf welchem die Mutter läuft. Der Kopf des Bohrers passt genau in die Aussparung der Kolbenstange und ist an seinem Ende, wie diese, sphärisch, um den Stoss der Kolbenstange leicht zu übertragen. Der Bohrer wird dann bis auf den Boden der Aussparung durch die Klemme eingesteckt und durch Anziehen

der Schraubenmutter festgeklemmt oder eben so leicht wieder gelöst und herausgenommen, sobald er seine Länge abgebohrt hat.

Um den Ausschub mit der Hand leicht auszuführen und der Maschine jede beliebige, aber während der Bohrarbeit unveränderliche, Lage zu geben, ist der Darlington-Gesteinsbohrer mit einem ganz einfachen, muldenförmigen Rahmen, wie aus Figur 108 ersichtlich, versehen. Derselbe ist 952 Zentimeter lang, aus Guss-eisen, und an seinen Seiten mit Führungsleisten versehen, an denen zwei, dem Arbeitszylinder angegossene, Backen gleiten. Durch die durchbohrte Rückwand des Rahmens ist die Schraubenspindel hindurchgeführt, die an dem hinteren Ende die Kurbel zum Drehen trägt und durch einen, mit Muttergewinde versehenen, Anguss am Zylinder hindurchgeht. Durch Drehung der Kurbel wird daher der Zylinder und mit ihm der Bohrer beliebig vorwärts oder rückwärts geschoben. Zur Befestigung des Rahmens an einem Gestelle trägt er auf der Mitte seiner unteren Seite einen dicken Zapfen, mit dem er in der Hülse eines beweglichen Klammer-Gelenkes drehbar ist, wie aus Figur 108 leicht zu erkennen.

Dieses Klammer-Gelenke besteht aus zwei Backen, von denen die vordere die Hülse für den Drehzapfen des Gestelles enthält während die hintere, wie auch die vordere, einen halbkreisförmigen Ausschnitt enthält, mit dem beide eine zylindrische Spreize umgreifen, an der sie durch Anziehen einer Schraube sich in jeder beliebigen Lage festklemmen können. Da die Bohrmaschine sich gleichzeitig in zwei aufeinander rechtwinkeligen Ebenen drehen kann, einmal um die Spreize, dann um den Drehzapfen, so ersetzt das Klammer-Gelenk vollständig ein Universal-Gelenk und bietet dabei eine grosse Solidität der Befestigung. Ebenso einfach ist das Gestell oder die Spreize, mit welcher der Gesteinsbohrer vor Ort, sei es in einer Strecke oder in einem Schachte, festgestellt wird. Figur 2 erläutert die Befestigung in einem Schachteufen an einer horizontal gestellten Spreize.

Die Spreize besteht aus einer schmiedeeisernen Röhre von etwa 10 Zentimeter äusserem Durchmesser und ist ungefähr um 30 Zentimeter kürzer, als die Weite des Schachtes oder die Höhe der Strecke, in denen die Maschine befestigt werden soll. Die Röhre hat an jedem Ende eine Schraubenmutter aus Kanonenmetall, in die an einem Ende ein links drehendes, am anderen ein rechts drehendes Muttergewinde eingeschnitten ist. Sie dienen zur Aufnahme von zwei Schraubenbolzen, die am Kopfe mit Klauenfüssen versehen sind und leicht vorwärts oder rückwärts geschraubt werden, mit Hilfe eines eisernen Hebelarmes, den man in ein an dem Kopfe befindliches Loch steckt. Die Spreize wird so durch Anziehen der Schrauben an zwei Bohlenstücken zwischen den Stössen oder zwischen Firste und Sohle festgeklemmt. Beim Schachteufen hängt die Spreize horizontal an einer Kette mit Zwieselenden und wenn sie zwischen den Stössen festgeklemmt ist, kann sie gleichzeitig für zwei oder mehrere Bohrmaschinen zur Befestigung dienen. Ist die Schachtweite sehr bedeutend, also die Spreize sehr lang, so schlägt man noch, zur Verhinderung von Vibrationen, einen hölzernen Bolzen unter dieselbe. Die grossen Vorzüge dieses Gestelles vor ähnlichen Befestigungen liegen in seinem geringen Gewichte, so dass ein Mann es bequem handhaben kann, und in der grossen Leichtigkeit seiner Befestigung. Auch erfordern die Schrauben keine Schlüssel oder Vorstecker, um ihr Rückgehen und das Losewerden der Spreize zu verhindern, da eine Verkürzung nur durch Drehung der Spreize möglich wäre, welcher durch die Maschine selbst vorgebeugt wird.

Ausser dem eben beschriebenen Spreizen-Gestell können bei dem Darlington-Gesteinsbohrer auch noch andere Gestelle zur Anwendung kommen. So ist z. B. noch ein Dreifuss von dem Erfinder konstruirt worden, welcher wie bei ähnlichen anderen Gestellen Beine hat, deren Länge verstellt werden kann und welcher am oberen Ende zwischen zwei Beinen eine kurze hohle Spreize trägt, an der die

Maschine in der obigen Weise mit dem Klammer-Gelenke befestigt ist. Dieses Gestell findet seine Anwendung über Tage, in Steinbrüchen und Tagebauen, wo das Festklemmen des Spreizen-Gestelles nicht leicht anzuwenden ist.

Endlich wurde auch noch zu dieser Maschine von *Thomas B. Jordan* in London ein besonderes Gestell konstruirt, das beim Abteufen von Schächten auf der Southfield Kohlengrube der Nitshill und Lesmahogow Kohlen-Kompagnie in Schottland Anwendung findet, wo zwei runde Schächte von grossem Durchmesser neben einander abgeteuft werden. Dasselbe besteht aus zwei gusseisernen Wänden von der Form der Mörser-Laffeten, die auf einer schweren, durch vier Schrauben verstellbaren Bodenplatte befestigt sind. In den Zapfenlagern dieser Wände ist der Rahmen der Maschine um zwei seitlich angebrachte Zapfen drehbar und sie kann durch eine Schraube in jeder Lage leicht festgestellt werden. Das Gestell wiegt etwa 850 Kilogramm, ist also hinreichend schwer, um ohne andere Befestigung, als durch sein Gewicht, unverrückt zu stehen. Die Anwendung desselben geschieht von *Jordan* in folgender Weise. Sobald auf der Sohle des einen Schachtes die erforderliche Zahl von Bohrlöchern gebohrt ist, wird die Maschine mit einer Kabelwinde aufgeholt und zum Bohren in den zweiten Schacht hinabgelassen. Inzwischen wird in dem ersten Schachte gesprengt und die Sohle durch Aufräumen und Förderung der Berge zur neuen Bohrarbeit vorbereitet. Die Befestigung des Gesteinsbohrers ist auch auf allen älteren Bohrgestellen und Bohrwagen, wie aus Konstruktion seines Rahmens hervorgeht, sehr leicht zu bewirken, und bei seinem sehr geringen Volumen ist er ganz besonders zum Betriebe von Tunneln geeignet, indem sich von ihm eine grössere Anzahl von Exemplaren gleichzeitig vor einem Ortsstosse anbringen lässt, als von den älteren Bohrmaschinen.

Der Darlington-Gesteinsbohrer wird in drei Grössen angewendet und zwar ist bei

		No. I.	No. II.	No. III.
Gewicht mit Rahmen	Kilogramm	50	74	90
Länge des Zylinders	Zentimeter	41	41	48,25
Ganze Länge des Rahmens	„	95,2	95,2	100
Länge des Ausschubes	„	50,9	50,9	50,9
Grösster Querschnitt	„	15×15	20×15	23×18

Die Maschine No. II bohrte bei einem Versuche vor der Versammlung mechanischer Ingenieure in London in hartem grauem Granit in 15 Minuten 10 Sekunden 214,6 Zentimeter oder im Durchschnitt 14,8 Zentimeter in der Minute und zu Altenberg bei Aachen, wo eine kleine Maschine No. I im tiefen Querschlage versucht wurde, bohrte diese, mit nur 2 Atmosphären Ueberdruck, in der Minute ein Loch von 6,5 Zentimeter Länge in sehr fester quarziger Grauwacke. Der Darlington-Gesteinsbohrer ist bereits in mehreren Gruben Grossbritanniens in Gebrauch und hat sich wegen seiner Einfachheit und Leistungsfähigkeit sehr rasch eine grosse Beliebtheit erworben. Er ist zu beziehen durch *Mr. J. D. Thomas*, 2, Coleman Street Buildings, Moorgate Street, London, E. C., durch welchen er auch in Thätigkeit gezeigt wird. Die ausgezeichneten Leistungen desselben sind von der Königlichen Cornwall Polytechnischen Gesellschaft im Jahre 1874 durch Verleihung der grossen silbernen Medaille anerkannt worden.

VI. Ueber Bergeisenbahnen.

(Vergleiche p. 79.)

Seilbahnen und Zahnradbahnen.

Von den Bergeisenbahnen, welche dazu dienen sollen Höhen mit ganz ungewöhnlich grosser Steigung mit möglichster Anschmiegun^g an das gegebene Terrain zu erklimmen und so dem Publikum bequemer zugänglich zu machen, sind bekanntlich 2 Arten: Seilbahnen und Lokomotivbahnen, zu unterscheiden¹⁾.

Die Seilbahnen, seit Langem für Beförderung von Mineralstoffen, aber erst neuerer Zeit für Personenbeförderung benutzt, wenden feststehende Dampfmaschinen an, welche die Wagen mittelst Seilen emporschaffen.

Die Lokomotivbahnen erreichen den Zweck durch eigens konstruirte Berglokomotiven mit Zahnrädern mit stehenden oder liegenden Kesseln: Bergeisenbahnen mit Zahnradbetrieb.

Unter den Seilbahnen, welche seit Längerem in Betrieb stehen, sind zu nennen:

Die Seilbahn nach dem Kahlenberg bei Wien,

Die Ofener Seilbahn,

Die Seilbahn auf dem Croix-vousse bei Lyon,

Die Seilbahn bei Pitsbourgh in Amerika,

Die Seilbahn von San Francisco verbindet in 850 Meter Länge die steilen Anhöhen genannter Stadt mit der Pferdebahn²⁾,

Die Mount Aubura-Seilbahn bei Cincinnati ersteigt eine Anhöhe von 84 Meter mit 261 Meter Länge mit 32% und 26% Steigerung³⁾.

1. Seilbahn nach dem Kahlenberg bei Wien.

Etwas oberhalb Wien, am rechten Ufer der Donau, liegen zwei Berge, der Kahlenberg und der Leopoldsberg von etwa 270 Meter Höhe, die eine umfassende Aussicht einerseits über Wien und das Marchfeld hinab bis zu den Abhängen der Karpathen an der Grenze von Mähren und Ungarn, andererseits auf das Gebiet der Nordostalpen, namentlich der steyerischen Kette, gewähren und daher jeden Sommer von Tausenden von Wienern besucht werden. Diese Anhöhen konnten

¹⁾ Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins 1874. 213.

²⁾ Zeitschrift des Architekten- und Ingenieurvereins zu Hannover 1873. 238.

³⁾ Zeitschrift des Architekten- und Ingenieurvereins zu Hannover 1873. 557.

früher nur von den Stationen Döbling oder Grinzing aus zu Fuss oder Pferd besucht werden, was mit Unbequemlichkeiten verknüpft war. Die Vollendung und die Erfolge der Rigi-Eisenbahn legte den Gedanken nahe, die Höhen durch eine Berg-eisenbahn zugänglicher zu machen. In der That wurden fast gleichzeitig 2 Projekte angeregt und zur Ausführung gebracht, nämlich eine Seilbahn und eine Zahnradbahn nach dem System Rigi auf den Kahlenberg¹⁾.

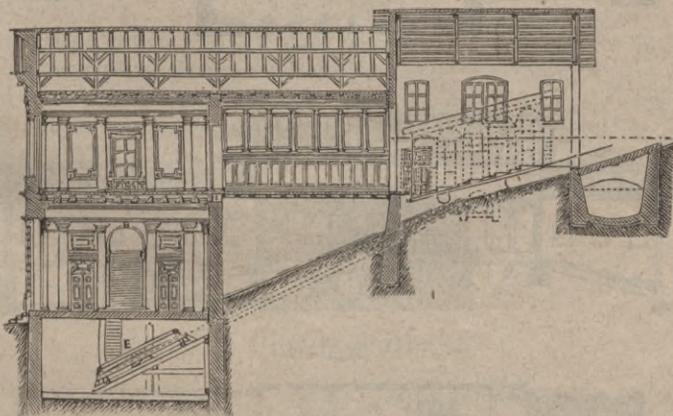
Die Seilbahn wurde durch die Direktoren der Union Baugesellschaft *E. Stix* und *Fr. Stach* projektirt, die höchst sinnreiche Dampfmaschine durch den Ingenieur *Felbinger* konstruirt und von der Maschinenfabrik *Sigl* ausgeführt. Sie verbindet die am Fusse des Kahlenberges befindliche, an der Franz Josephs-Bahn errichtete Station mit dem Gipfel. Ihre Länge beträgt 694 Meter, mit welcher sie die Höhe von 235 Meter mit durchschnittlicher Steigung 1 : 3 erklimmt.

Die Zahnradbahn, durch Ingenieur *C. Maader* projektirt und in Verbindung mit *Riggenbach* und *Zschokke* ausgeführt, beginnt in Nussdorf und führt über Grinzing, Krapfenwald in einer horizontalen Länge von 5,2 Kilometer mit einer Steigung von 1 : 20 bis 1 : 10 bis auf das Plateau des Kahlenberges. Der Oberbau der Bahn ist wie derjenige des Rigi hergestellt; die von *Riggenbach* konstruirte Lokomotive unterscheidet sich von den Rigi-Lokomotiven durch liegende Kessel und bedeutendere Leistungsfähigkeit. Die Bahn arbeitet mit 6 Lokomotiven, 18 Personen- und 4 Güterwagen und kann täglich 12—15,000 Personen befördern.

Beide Eisenbahnen wurden Mitte 1873 dem Betriebe übergeben.

Wir geben im Folgenden eine kurze Beschreibung der Seilbahn, deren einzelne Anlagen aus den Figuren 109—113 verständlich werden.

Figur 109.

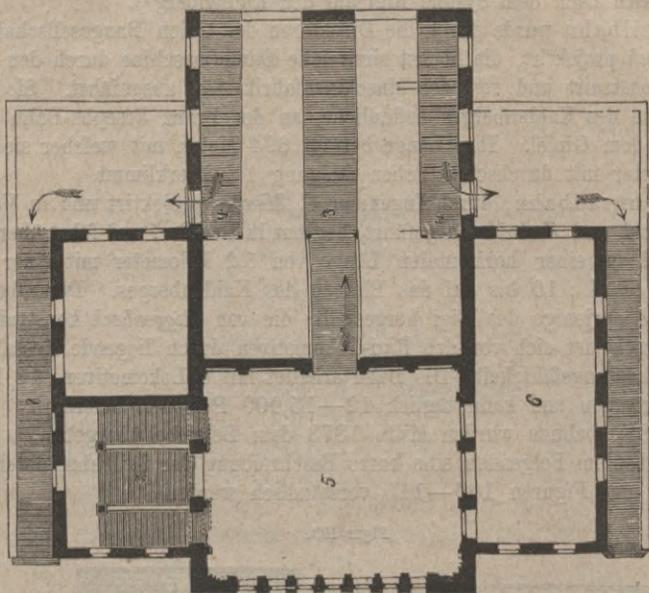


Die Schienen beider Geleise ruhen auf hölzernen Langschwelen, welche durch Querschwellen unterstützt sind. Das Drahtseil zur Bewegung der Wagen liegt auf 2 mittleren Längsschwelen, auf denen es über hölzerne Rollen von 32—40 Zentimeter Durchmesser läuft. Der Abstand beider Geleise, die zur gleichzeitigen Auf- und Abwärtsbewegung je eines Wagens dienen, beträgt 6,3 Meter. Die Wagen hängen jeder an einem eigenen Drahtseile von 54 Millimeter Dicke, welche aus der Fabrik von *Felten & Guillaume* in Köln stammen. Das obere Ende des Seiles sitzt an einer Windtrommel, Figur 113, welche ihre Drehung durch eine Dampfmaschine erhält, so dass der Wagen mit einer Geschwindigkeit von 3 Meter pro

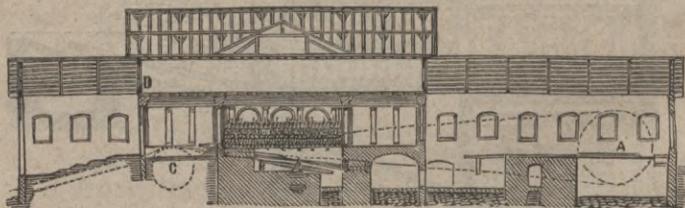
¹⁾ *E. Winkler*, Technischer Führer durch Wien, p. 56. (Wien 1873. *Lehmann & Wentzel*) Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Archit.-Ver. 1874. 217. 427. *Romberg's* Zeitschr. 1874. 29.

Sekunde bewegt wird. Jeder Personenwagen hat ein unteres und ein oberes Coupé und gewährt Raum für 100 Personen, der Eingang erfolgt durch seitliche Schiebethüren. Da die Plätze gemäss der schiefen Lage des Wagens terrassirt über einanderliegen, so muss dasselbe mit den Perrons der Fall sein.

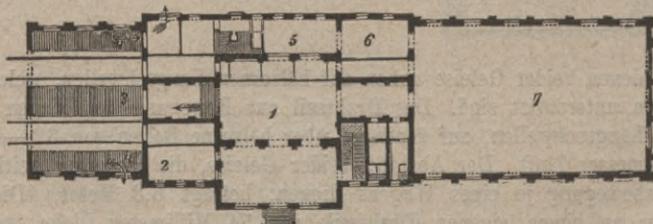
Figur 110.



Figur 111.



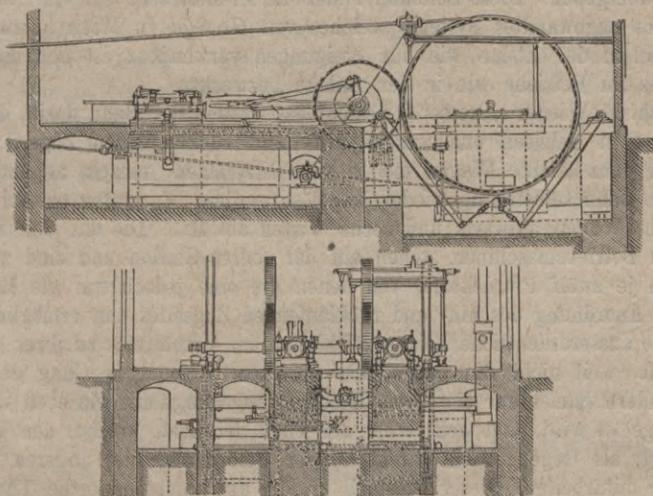
Figur 112.



Neben dem eigentlichen Förderseile ist an beiden Enden des auf- und abfahrenden Wagens zur Sicherheit gegen das Zerreißen noch ein Fangseil und von gleicher Stärke wie das Zugseil befestigt. Dieses Reserveseil legt sich auf der oberen Station um eine unter dem Fussboden liegende horizontale Trommel B von 6,3 Meter Durchmesser und kann sofort gebremst werden, so dass bei etwaigen Zerreißen des Zugseiles beide Wagen durch dieses Fangseil balancirt werden.

Die Dampfmaschine ist eine 2zylindrige gekuppelte Hochdruckmaschine von 1,9 Meter Hub und 0,63 Meter Zylinderdurchmesser. Auf der Kurbelwelle sitzen 2 Zahnräder von 3,5 Meter Durchmesser, welche wiederum in Zahnräder, die an der Axe der Windtrommel sitzen, eingreifen. Der Maschinist steht vorne oben bei D, so dass er die ganze Bahn übersehen und den Gang der Maschine reguliren kann. Zug-

Figur 113.



und Fangseil gleiten durch vertikale Leitrollen von 4,1 Durchmesser in die entsprechende Richtung über. Damit die Geschwindigkeit des aufwärts- und abwärtslaufenden Wagens gleich gross bleibe, tragen beide Wagen ein sogenanntes Spannseil von 20 Millimeter Durchmesser, welches an der unteren Station nach der entsprechenden Ablenkung durch Leitrollen um eine Scheibe E liegt.

Die Fahrzeit von der unteren nach der oberen Station beträgt 5 Minuten oder per Minute 145 Meter Geschwindigkeit.

2. Die Ofener Seilbahn.

Die Ofener Seilbahn, von dem Ingenieur *H. Wohlfahrt* 1869 erbaut, stellt einen bequemeren Personenverkehr von der Pester Donaubrücke, also dem untern Donauufer aus, mit dem hochgelegenen Theile von Ofen her. Ihre horizontale Länge beträgt 80 Meter; mit derselben ersteigt sie die Höhe von 50 Meter mit einer gleichmässigen Steigung von 62 $\frac{1}{2}$ %.

Ihre Einrichtung ist ganz ähnlich der Kahlenberg-Seilbahn. An der unteren Station ist eine 2zylindrige Dampfmaschine von je 0,4 Meter Durchmesser und 0,63 Meter Hubhöhe, welche mittelst des auf der Treibaxe sitzenden konischen Zahnrades gleichzeitig 2 gusseiserne Trommeln von je 3 Meter Durchmesser in entgegengesetzte Rotation setzt und dadurch das Seil, welches die an der oberen Station befindliche Scheibe umschlingt, auf der einen Trommel aufrollt, von der zweiten aber gleichzeitig abwickelt.

Neben dem Fangseil ist hier am Personenwagen, der wie der vorhin beschriebene, wenn auch in kleineren Dimensionen eingerichtet ist, noch eine Fangvorrichtung, welche ihn sofort zum Stehen bringt.

3. Drahtseilbahn auf der Sophienalpe bei Wien.

Die Drahtseilbahn auf der Sophienalpe bei Wien, welche den genannten herrlichen Aussichtspunkt in der Umgebung der Hauptstadt vom Hütteldorfer Thale aus bequem zugänglich macht, wurde Ende August d. J. ebenfalls dem Verkehr übergeben. Diese Seilbahn bildet die Probestrecke für ein neues bis dahin noch nicht angewandtes System, welches von *G. Sigl* in Wien herrührt und das ebensowohl in der Ebene wie auf Steigungen verwendbar ist und die möglichste Ersparniss im Betriebe wie in der Anlage bezweckt.

Nach der Wiener „Presse“¹⁾ besteht das System der Bahn darin, dass an einem zwischen zwei Geleisen unausgesetzt hin- und rücklaufenden Zugseil die Wagen, und zwar ganz leichte Wagen mit je vier Sitzplätzen, einzeln angehängt und am Ende der Bahn selbstthätig wieder losgelöst werden. Es laufen bei vollem Betriebe stets sechs Wagen aufwärts und sechs Wagen abwärts. Die das Seil in Bewegung setzenden Betriebsmaschinen stehen auf der oberen Station und sind zwei Lokomobilen von je zwölf Pferdekraft, von denen die eine jedoch nur als Reserve dient.

Die Anordnung des hin- und rücklaufenden Zugseiles nun ermöglicht für diese Bahn eine ausserordentliche Leistungsfähigkeit im Verhältniss zu ihrer geringen Betriebskraft, weil nicht die ganze Last in einem Moment in Gang gesetzt werden muss, sondern immer nur ein Theil derselben angehängt und ein eben solcher gleichzeitig losgelöst wird, und weil ferner der Theil der Last, welcher den Weg zu Thal zurücklegt, als Gegengewicht direkt an der Beförderung des anderen Theiles nach der Höhe mitarbeitet. Dieser Umstand erklärt die beachtenswerthe Thatsache, dass für den Betrieb dieser Bahn bei einer Fahrgeschwindigkeit von zirka 1,57 Meter per Sekunde bei ungünstigster Belastung, d. h. wenn die zur Höhe gehenden Wagen voll besetzt, die abwärts gehenden aber leer sind, nicht mehr als zwölf Pferde Betriebskraft nothwendig und die Kosten des Betriebes im Vergleich mit denen anderer bekannten Bergbahnen also ganz ausserordentlich gering sind.

Denn während hiernach diese Drahtseilbahn nach dem System *G. Sigl* kontinuierlich 12 Wagen mit 48 Personen bei einem Aufwand von nur 12 Pferdekraft befördert, erfordert die Drahtseilbahn auf den Kahlenberg bei 2 Wagen mit 200 Personen, auf- und abwärtsgehend, einen Aufwand von 260 Pferdekraft, die Zahnradbahn daselbst bei einem Wagen mit 54 Personen zirka 90 Pferdekraft, die Rigibahn, bloß aufwärts, bei einem Wagen mit 60 Personen zirka 120 Pferdekraft. Abgesehen von den Steigungs- und Geschwindigkeitsverhältnissen, welche bei den angeführten Bahnen verschieden sind, ist also zum Transport einer Person auf der Rigibahn ein Kraftaufwand erforderlich von 2 Pferdekraft, auf der Zahnradbahn auf den Kahlenberg von $1\frac{1}{2}$ Pferdekraft, auf der Drahtseilbahn daselbst von $1\frac{3}{10}$ Pferdekraft, während bei der neuen Drahtseilbahn auf die Sophienalpe, nach *G. Sigl*'s System, für dieselbe Leistung nur $\frac{1}{4}$ Pferdekraft in Anspruch genommen wird.

Wird ferner die wirklich nutzbare Last mit der sogenannten todtten Last, welche letztere sich bei den Lokomotivbahnen aus den Gewichten der Lokomotiven und Waggons, bei den Seilbahnen aus den Gewichten der zu bewegenden Seile und Wagen zusammensetzt, verglichen, und nehmen wir als Einheit der nutzbaren Last wieder eine Person an, so findet sich, wie vorhin volle Belastung angenommen, für die Lokomotivbahnen, dass für eine Person auf der Rigibahn 6,83 Zentner, auf der Zahnradbahn auf den Kahlenberg 10 Zentner todtte Last kontinuierlich mitgeschleppt wird, wofür ein Theil der Betriebskraft verloren geht. Bei der Drahtseilbahn auf die Sophienalpe aber ist für den Transport der todtten Last gar keine Betriebskraft aufzuwenden, weil sich sowohl die auf- und abgehenden Wagen, als auch das Draht-

¹⁾ Baugewerkzeitung 1875. 615.

seil vollständig ausbalanciren. Ebenso günstig wie gegen diese Lokomotivbahnen verhält sich die Seilbahn auf der Sophienalpe gegen die auf dem Kahlenberg. Denn wenn bei letzterer allerdings auch ein Ausbalanciren der Wagen und Drahtseile stattfindet, so ist dennoch die riesige Pferdekraft von zirka 250 Pferden, also zirka fünfmal so viel, als bei gleicher Leistung bei *G. Sigl's* Drahtseilbahn, nothwendig, um nach jedem Stillstand die gewaltigen Gewichte in einem Moment von Neuem in Bewegung zu setzen.

Aber nicht minder als hinsichtlich der Betriebskraft, bietet das neue Seilbahnsystem nicht zu unterschätzende Vortheile hinsichtlich seiner Anlage; denn die Vertheilung der Lasten in kleine Theile, die niemals auf einem Punkt der Bahn zusammenkommen können, erlaubt nicht nur die Anwendung eines ganz leichten Schienenprofils, schwacher Schwellen in weiten Distanzen und überhaupt eines leichten Unterbaues, sondern auch ganz leichte billige Wagen, durch welche das Verhältniss zwischen der in Bewegung zu setzenden Bruttolast und der Nettolast ein sehr günstiges wird.

4. Die Seilbahn auf dem Croix rousse bei Lyon,

welche täglich zirka 30,000 Personen und die Waaren-Konsumtionsartikel für eine Bevölkerung von 40,000 Personen befördert, hat eine Horizontallänge von 489 Meter und ersteigt mit einer gleichmässigen Steigung von 16% eine Höhe von 70 Meter.

Das Maschinenhaus mit der Dampfmaschine ist an der oberen Station. Die Trommel zur Aufwindung des Zugseiles hat einen Durchmesser von 4,5 Meter und ist mit 2 Dampfbremsen versehen.

An jedem Ende des 60 Millimeter starken Seiles hängt ein Train von 3 Wagen mit à 180 Sitzplätzen, also im Ganzen für 540 Personen. Die Fahrzeit beträgt 3 Minuten oder 143 Meter per Minute.

Zur Sicherheit dienen 4 Bremsen mit Stahlbändern, welche die Radkränze umfassen und das Rollen der Räder verhindern und ausserdem 2 Backen, welche den Schienenkopf umgreifen und die Räder festpressen, um das Gleiten auf den Schienen unmöglich zu machen. Ein Zahn hält den ganzen Bremsapparat zusammen, welcher, wenn das Zugseil reisst, sofort denselben in Funktion setzt und den Zug zum Stehen bringt.

Die Seilbahn bei Pittsbourgh in Amerika

hat eine horizontale Länge von 192 Meter und erklimmt mit einer Steigung von 58% die Höhe von 111 Meter.

Auch hier ist die Dampfmaschine im Maschinenhause an der obern Station. Die ganze Bahn ruht auf eisernen, mit einander durch eiserne Brückenträger verbundenen Pfeilern. An den Enden eines 35 Millimeter starken Seiles ist je ein Waggon mit 25 Sitzplätzen.

5. Bergeisenbahnen mit Zahnradbetrieb.

Die früher beschriebene Rigi-Eisenbahn ist zum Vorbild für eine ganze Reihe von Bergbahnen geworden, die theils projektirt und in Aussicht genommen, theils ausgeführt oder in Ausführung begriffen, sich mehr oder weniger ihrem Vorbilde anschliessen. Unter diesen Bahnen sind folgende zu nennen.

1. Die Arther Rigibahn, welche von Arth am Zugersee über das Trümmerfeld des Goldauer Bergsturzes, über das Kloster Maria zum Schnee (Rigiklösterli) nach Rigi-Staffel und Rigi-Kulm führt und im Juni 1875 eröffnet wurde. Seit Eröffnung derselben verkehren am Rigi 30 Lokomotiven.

2. Die Ostermündinger Industriebahn.

3. Die Zahnradbahn von Rorschach nach Heiden am Bodensee.

4. Eine Zahnradbahn von Ofen nach dem Schwabenberge.

5. Eine Zahnradbahn von Lauterbrunnen über die Wengenalpe nach der kleinen Scheidegg und nach Grindelwald. Die Verbindung von Lauterbrunnen und Grindelwald mit Interlaken soll erfolgen durch eine gewöhnliche Lokomotivbahn. (Projekt.)

6. Eine Zahnradbahn von Lauterbrunnen nach Mürren. (Projekt.)

7. Eine Zahnradbahn von Grindelwald nach der grossen Scheidegg und nach Meyringen. (Projekt.)

8. Eine Zahnradbahn von Interlaken über die scheinige Platte nach dem Faulhorn und der grossen Scheidegg. (Projekt.)

9. Eine Zahnradbahn von Heidelberg auf den Königsstuhl. (Projekt.)

10. Eine Zahnradbahn auf die Schneekoppe (Riesengebirge) in Schlesien, welche bei einer Länge von 11,500 Meter in ihrem letzten Theile eine Höhe von 977 Meter ersteigen soll, von Schmiedeberg zur Riesenbaude; von hier aus soll sie auf böhmischer Seite nach Johannisbad und Freiheit fortgeführt werden.¹⁾ (Projekt.)

11. Eine Zahnradbahn auf den Vesuv. (Projekt.)

12. Eine Zahnradbahn auf den Monte Generoso am Comersee. (Projekt.)

Die Ostermündinger Industriebahn ist ebenfalls von *Riggenbach & Zschokke* erbaut und seit 3 Jahren im Betriebe. Dieselbe ist eine Kombination des Zahnradsystems mit einer gewöhnlichen Lokomotivbahn und verbindet die Station Ostermündingen der schweizerischen Zentralbahn mit den in der Nähe befindlichen Steinbrüchen. Zunächst führt sie eine Strecke von 1500 Meter horizontal, dann steigt sie auf 1500 Meter Länge mit 1:10, dann geht sie wieder horizontal in die verschiedenen Steinbrüche. Nur dort, wo die 10 % Steigung vorhanden, ist die Zahnstange eingelegt. Die Lokomotive ist derart konstruirt, dass sie auf den horizontalen Strecken wie eine gewöhnliche Maschine arbeitet, indem die hintere Axe direkt getrieben wird, hingegen dort, wo die Steigung beginnt, das Zahnrad in die Zahnstange eingreift und sodann durch eine Auslösung der Excenterstange die Triebaxe des Zahnrades bewegt wird, welche die Uebersetzung auf das Zahnrad bewirkt.

Neuerlich haben *Riggenbach & Zschokke* auch den Seilbahn- und Zahnrad-Betrieb miteinander kombiniert und wird eine derartige Bahn im Kanton Luzern auf den Rigiplik ausgeführt. Bei den oben besprochenen Seilbahnen ist das Seil direkt mit dem Wagen verbunden und muss daher dem ganzen Zug des reduzierten Gewichtes widerstehen, wesswegen Seile und ebenso Seilscheiben von bedeutenden Dimensionen nothwendig sind. *Riggenbach & Zschokke* ändern daher das System dahin ab, dass sie das Seil nicht direkt mit dem Wagen verbinden, sondern dasselbe nur die Seilscheiben des Transportwagens in Bewegung setzt, welcher

¹⁾ Illustr. Kunst- u. Industrie-Ztg. 1874. 327.

wieder mit einem Zahnrad in eine in der Nuthe des Geleises befindliche Zahnstange eingreift. Hierbei hat das Seil nur einen Theil des reduzierten Gewichtes des Zuges zu halten, welches sich durch Benutzung des Zahnrades beliebig vermindern lässt. Durch diese Kombination wird ermöglicht, dass das Seil schwächer sein kann, dadurch leichter wird und an Biegsamkeit gewinnt und im Falle eines Seilrisses der Zug durch das Zahnrad zum Stehen gebracht werden kann, dass auch das Seil nicht um eine Trommel aufgewunden zu werden braucht, sondern nur um die treibenden Rollen läuft.

Die Bahn ist zweigeleisig, ohne Kurven, jedes Geleis hat in der Mitte seine Zahnstange; in der Mitte befinden sich in Distanzen von 9 zu 9 Meter je zwei Leitrollen zur Aufnahme des Seiles. An den Endstationen sind Seilscheiben von 3 Meter Durchmesser angebracht, die an der oberen Station wird durch Wasser oder Dampfkraft getrieben. Das Seil, das die Kraft überträgt, ist ein Seil ohne Ende und jeder Strang wickelt sich um je zwei der gleich grossen Seilscheiben des Transportwagens. Auf jedem Geleise läuft gleichzeitig ein Transportwagen und zwar der eine auf- der andere abwärts und vor jedem befinden sich nach Erforderniss ein- oder mehrere Personenwagen.

In dem Momente, wo sich die obere Seilscheibe in Bewegung setzt, werden auch alle damit in Verbindung stehenden Seilscheiben gedreht und die beiden Züge beginnen die Fahrt. Wird die Bewegung der oberen Seilscheibe gehemmt, so stehen die Züge und werden dann zu grösserer Sicherheit noch gebremst. Der Transportwagen, der durch das Drahtseil in Bewegung gesetzt wird, stösst den Personenwagen vor sich her. Er besteht aus einem Gestell, das die Lager der verschiedenen Axen und Wellen aufzunehmen hat und auf 2 Laufaxen ruht, und aus einem Triebwerk, das die Kraft des Seiles aufnimmt und sie auf das Zahnrad überträgt. Die treibende Kraft gelangt so von den Seilscheiben durch die Wellen in das Getriebe und wird von hier aus durch Uebersetzung auf das Zahnrad übertragen.

6. Die Fell'sche Versuchsbahn nach dem Aufhängesystem

seit dem Oktober 1872 befahren, hat eine vorläufige Länge von 1600 Meter von Aldershot bis Flagstaff Hill.¹⁾ Die Bahn, für welche man stets und ohne Rücksicht auf das Terrain den kürzesten Weg gewählt hat, liegt überall über der Erdoberfläche in einer Höhe, je nach dem Terrain, von 1—7,5 Meter und ist eine fortlaufende Holzkonstruktion. Eine Reihe von unten auf Holzschwellen stehenden gegenander verstrehten Ständern ist der Bodenformation angepasst und trägt oben 2 gegen die Ständer verstrehte Langschwellen mit zusammen 4 Schienen, zwei eiserne in 457 Millimeter Spurweite für die Laufräder und zwei hölzerne nahe der Unterkante ihrer Aussenfläche für die horizontalen Klemm- und Leiträder. Starke Steigungen und Kurven lassen sich mit Leichtigkeit überwinden. Die Weichen sind in der Weise ermöglicht, dass ein etwa 6 Meter langes Stück des ganzen Holzüberbaues mit Schwellen und Schienen am einen Ende am einen Zapfen drehbar, am andern auf Rollen beweglich gemacht wird, so dass es vor die stumpfen Enden beider zu verbindenden Geleise geschoben werden kann. Die Langschwellen sind 41×15 Zentimeter stark, die Schienen sind Brunelschienen von 50 Millimeter Höhe mit einem Gewichte von 15 Kilo pro laufenden Meter. Die Lokomotive

¹⁾ Engineer 1872. 297. 330. Durch Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. Hannover 1873. 408.

nebst Tender ist von *Manning Wardle & Co.* in Leeds konstruirt. Die Rahmen derselben sind unter den Axen aufgehängt und tragen am unteren Ende die horizontalen Leiträder. Da beide viel breiter sind als die Bahn, so wurden sie mit einer Plattform mit Geländer umgeben.

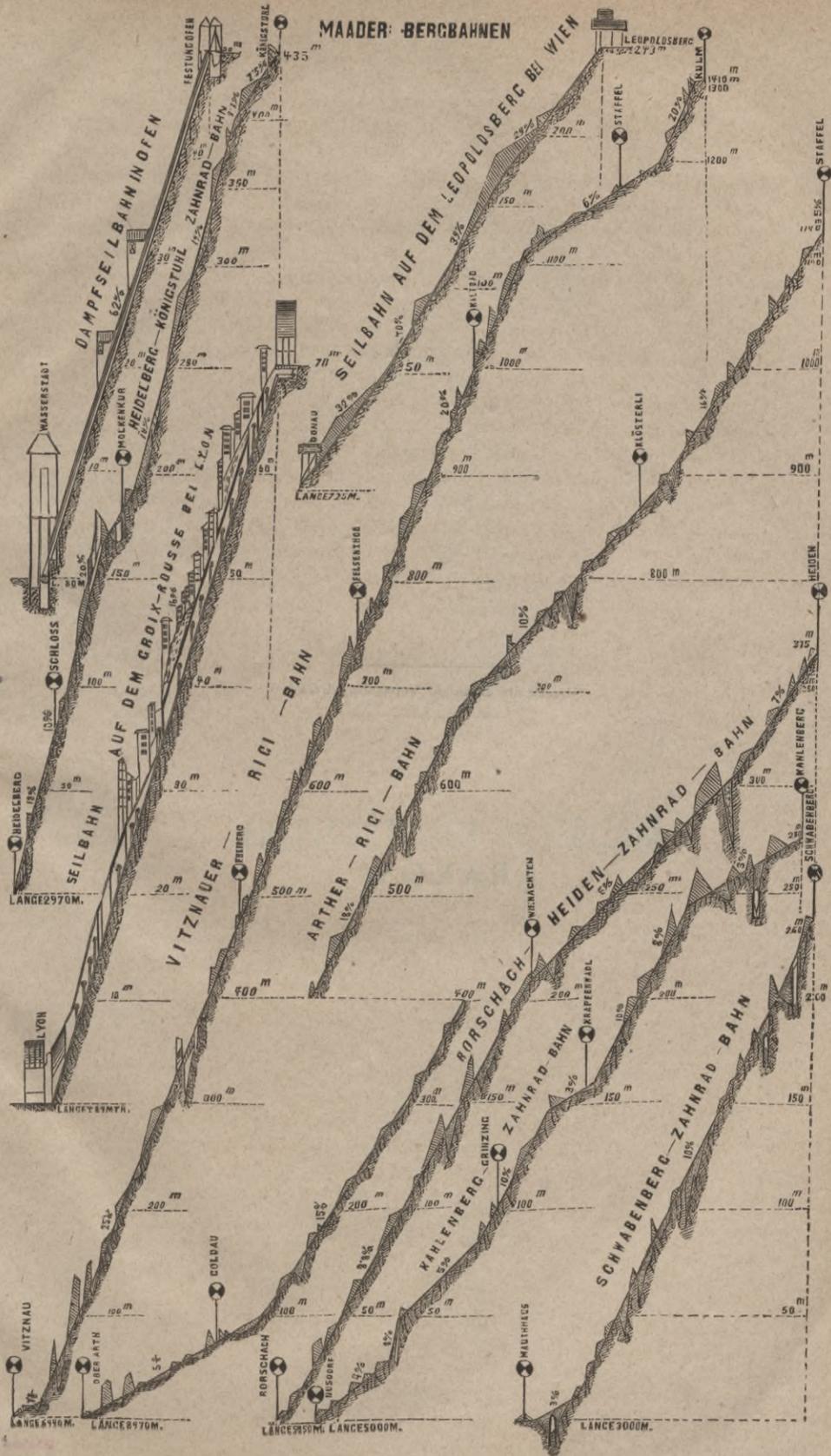
Die Wagen haben 254 Millimeter hohe, 127 Millimeter breite Seitenrahmen aus Eichenholz, die oben den Wagenboden mittelst Konsolen tragend, soweit von einander entfernt sind, dass sie die Langschwellen kastenartig umfassen, um an ihrer Unterseite die Lager für die horizontalen auf den oben erwähnten Klemmschienen laufenden Kleinräder aufnehmen zu können. Die Axen der Laufräder liegen nun statt unterhalb oberhalb der Rahmen, die mittelst C-Federn unter den Axbüchsen aufgehängt sind. Um den Platz für die Axen zu gewinnen, ist der Boden der Güterwagen kreissegmentartig über der Mittelaxe und den Rädern gewölbt, während bei den Personen- und Güterwagen die Endaxen über den eigentlichen Wagenkasten hinaus verlängerten Rahmenenden liegen. Auf die Weise ist es gelungen, den Schwerpunkt unbeladener Wagen nur 200 Millimeter über die auf 60 Millimeter starken Planken verbundenen Schienen zu erheben, ein Umstand, der die geringe Spurweite genügend erscheinen liess. Die Güterwagen sind im Ganzen 4 Meter lang, der Wagenkasten 2,44 Meter lang, 1,68 Meter breit, 0,61 Meter hoch; die Personenwagen haben bis auf die Höhe dieselben Dimensionen.

Die ganze Konstruktion soll sich gut bewähren.

Zum Schluss lassen wir in einer Anzahl Figuren nach *Maader* eine Zusammenstellung der verschiedenen Bergbahn-Tracen mit den Längen, Höhen, Steigungen, Stationen folgen, welche ohne Weiteres verständlich sind.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

MAADER BERGBAHNEN



Druck der Leipziger Vereinsbuchdruckerei.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

15927

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298795