

ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.

HERAUSGEGEBEN

IM

MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

REDACTIONS-COMMISSION:

H. HERRMANN, J. W. SCHWEDLER, O. BAENSCH, H. OBERBECK, F. ENDELL,
OBERBAUDIRECTOR. GEH. OBERBAURATH. GEH. OBERBAURATH. GEH. OBERBAURATH. GEH. BAURATH.

REDACTEURS:

OTTO SARRAZZIN UND KARL SCHÄFER.

JAHGANG XXXVI.

MIT LXVI KUPFERTAFELN IN FOLIO UND VIELEN IN DEN TEXT
EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.



BERLIN 1886.

VERLAG VON ERNST & KORN.

(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.)

Der Adlerthurm in Rüdesheim.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 9 im Atlas.)

Die Stadt Rüdesheim am Rhein, berühmt durch die herrliche Lage dicht an dem in ihrer Gegend sehr breiten Strome, durch das hochedle Gewächs, welches die Rebenberge allda spenden, und in neuester Zeit besonders viel besucht wegen des nationalen Denkmals, das weit in's Land schauend die benachbarte Höhe krönt, verdient in hohem Grade auch die Beachtung der Alterthums- und Kunstfreunde. Dies darum, weil in ihrem Bezirk eine Anzahl der interessantesten mittelalterlichen Wehrbauten sich auf unsere Zeit gerettet haben. Drei Burgen, die im wesentlichen noch aus dem 12. Jahrhundert stammende Niederburg, am unteren Ende des Orts gelegen, die oberhalb derselben, einige hundert Schritte landeinwärts gelegene Mittelburg und die im Orte selbst nächst dem Markte sich erhebende Vorderburg, sind theils leidlich vollständig, theils in Besten noch erhalten. Am oberen Ende des Städtchens aber nimmt die Blicke des auf den Rheinschiffen einherziehenden Fremden fast am meisten gefangen ein prächtiger Stadthurm, der Adlerthurm genannt. Ihm sind die folgenden Zeilen gewidmet, zu deren Veranschaulichung die Darstellungen auf Blatt 9 im Atlas dieser Zeitschrift dienen sollen.

Der Adlerthurm ist der einzige Ueberrest, der von der eigentlichen Stadtbefestigung auf uns gekommen ist. Wie bei allen rheinischen Städten und Städtchen durfte auch in Rüdesheim ein stattlicher Thurm an der Wasserseite nicht fehlen. Er nimmt die östliche Ecke der Mauerumschließung ein und ist wie die meisten Ecktürme rund. Er hat mit allen echten mittelalterlichen Thürmen das gemein, daß seine Ausschmückung durch Zweckrücksichten geleitet ist und daher auch den verständigen Beschauer voll befriedigt. Mit einem äußeren Durchmesser von 6 m und einer Mauerstärke von nur 1 m steigt er in 5 Stockwerken 17 m hoch auf, oben gekrönt durch einen Bogenfries, welcher die Zinnen und vier Wichhäuser trägt, in Mitten deren, wie Merian 1645 dies noch darstellt, sich ein etwa 8 m hoher Helm erhob. Unten ist er, im Anschluß an die alte Stadtmauer, umgeben von einem Zwinger, welcher, ehe das Ufer so breit und hoch wie jetzt angeschüttet war, unmittelbar vom Rheinspiegel 6 bis 7 m hoch aufstieg und so das Gestade vor dem Städtchen abschloß.

Die Zwingermauer besteht aus zwei Stockwerken; das untere, mit Bogenblenden und runden Falkonetscharten versehen, trägt den 50 cm breiten Wehgang hinter den mittels einer Hohlkehle ausgekragten Zinnen. Diese halten sich in den gewöhnlichen Abmessungen, haben steil abgeschrägte Sohlen und Dächer und sind mit den dem 15. Jahrhundert eigenen Leisten um-

geben; derselben Zeit gehören auch die Schlüsseloch-Scharten, welche eine um die andere Wimberge durchhrehen, sowie die Anwendung von Mauerziegeln in der Bekrönung an. Ueber dem unteren Stockwerk, dem Verliefs, wölbt sich eine Kuppel mit Einsteigelloch; das dritte und vierte Stockwerk ist durch Balkenböden, das oberste, der Zinnenstock, durch ein Kuppelgewölbe mit Rippen getragen. Die Verbindung zwischen den Stockwerken fand durch Holztreppe oder Leitern statt, da die Mauerstärke keine Treppen in ihrer Dicke gestattete; die Mauerstärke aber ist eine so geringe, weil die Umgebung des Thurmes, der Rhein und sein flaches Ufer das Auffahren von Geschützen ausschloß, und das Ansetzen von Minea oder von Sturmböcken durch den Zwingermantel unmöglich gemacht ward. Zwischen dem dritten und vierten Stock treten 8 Tragsteine nach außen vor, um flachen Stichbogen als Ansätze zu dienen, scheinbar, als ob der runde Thurm zum Achteck gestaltet werden sollte; doch wird dasselbe nicht senkrecht aufgeführt, sondern seine Seiten werden sogleich wieder beigezogen, sodafs der Thurm kaum anderthalb Meter über den Tragsteinen wieder rund weiter aufsteigt.

Durch den Rundbogenfries, welcher, mit Kehlen gegliedert und mit Nasen besetzt, ein reiches Ansehen gewährt, und vor welchem vier sechseckige Wichhäuser sich noch weiter vorlehnen, gewinnt der Thurm den allerdings durch das Fehlen des Dachkegels beeinträchtigten Abschluß. Und doch ist diese reiche Bekrönung mit geringen Mitteln erreicht, da nur die Tragsteine und Friesbögen von rothem Sandstein, alles übrige verputzter Ziegelbau ist. Die Zinnen und Wichhäuser, mit ihren Streben, Gesimsen, Spitzbogenfenstern und Zierzinnen sind auf einer Ziegelunterlage sehr sauber mit kiesreichem Mörtel verputzt und in Rundstäben und Hohlkehlen scharf ausgezogen, und haben sich, seit der Erbauung, also etwa 400 Jahre lang Wind und Wetter ausgesetzt, untadelhaft erhalten. Ob der hydraulische, sogenannte schwarze Kalk von Bingerbrück dazu verwandt worden, ist sehr fraglich, gewifs aber hat zum Gelingen der Arbeit beigetragen der scharfe, kiesige Sand, welcher hier aus dem Rhein geschöpft wird und zumal in Berührung mit Eisen, aber auch sonst, man möchte sagen: durch seine Kieselfeuchtigkeit, zur Bildung von Concretionen geneigt ist, und man muß zugestehen, daß er die verrufene Verputzarchitektur hier zu Ehren gebracht und gezeigt hat, wie schön und dauerhaft auch mit geringen Mitteln im mittelalterlichen Stil gebaut werden kann.

v. Cohausen.

Der Kaiser Wilhelm-Tunnel bei Cochem a. d. Mosel.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 10 bis 13 im Atlas.)

Lage und geognostische Verhältnisse.

Der von Mitte 1874 bis Ende 1877 im Zuge der Moselbahn erbaute Kaiser Wilhelm-Tunnel durchschneidet zwischen Coblenz und Trier bei der Kreisstadt Cochem einen von der Mosel umflossenen, sich weit nach Osten vorschubenden Gebirgsvorsprung, den sogenannten Cochemer Krampen, und zwar an

einer Stelle, an welcher dieser zwischen den von den Höhen der Eifel in das Moselthal sich herabwindenden beiden Seitenthälern des Endert- und des Ellerbachs rd. 4000 m breit ist, während die an den Windungen der Mosel entlang um den Krampen führende Straße eine Länge von 22000 m hat, also diejenige der Tunnellinie mehr als fünf mal übertrifft. Genau

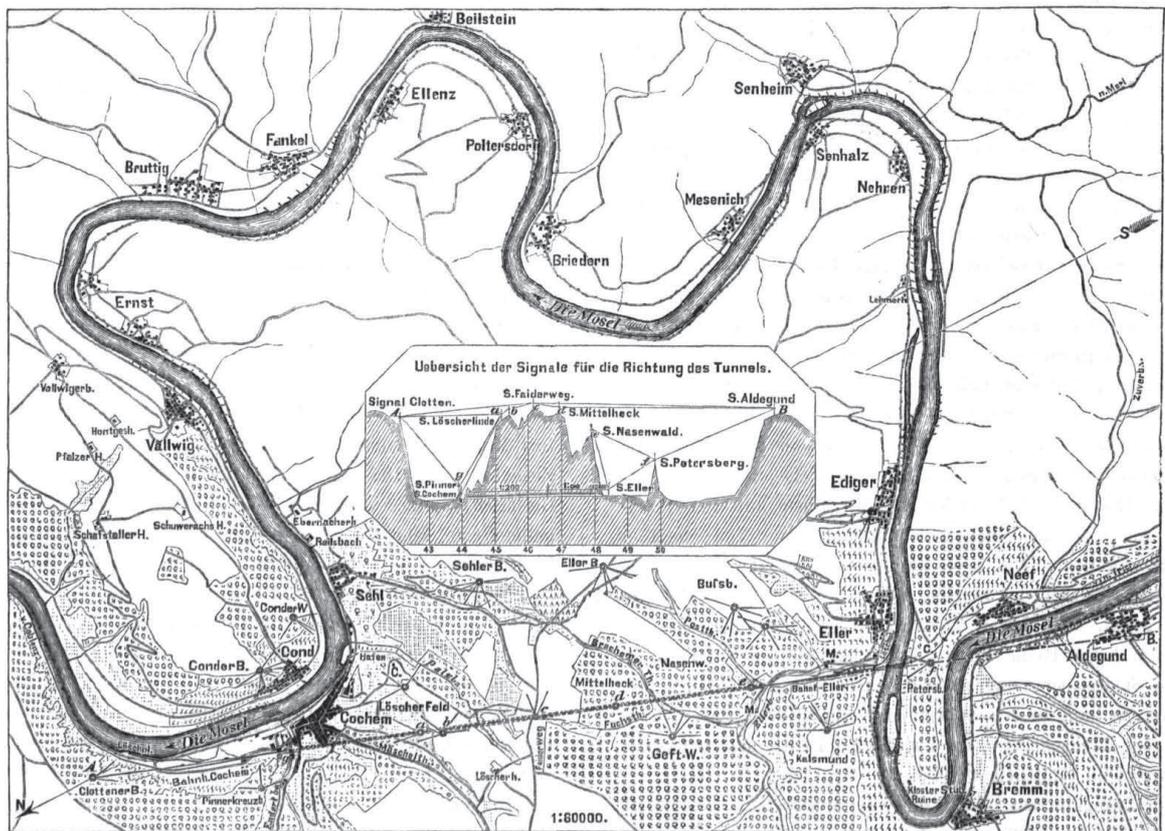
mifst der Tunnel 4204,75 lfd. m; diese Länge wird von keinem der Tunnel Deutschlands erreicht und von nur wenigen Eisenbahntunneln in Europa übertroffen. Der Tunnel erstreckt sich in gerader Richtung von NNO nach SSW; der Ausschlagwinkel gegen die Nordlinie beträgt 20°. Was die Steigungsverhältnisse betrifft, so folgen in der Richtung Coblenz-Trier zunächst 2572 m steigend 1:200, dann 1300 m waagrecht, endlich 332,75 m steigend 1:300.

Das durchörterte Gestein gehört zu den Coblenz-Schichten des rheinischen Unter-Devon-Gebirges. Zwar vollzieht sich vom Rheinthale an moselaufwärts allmählich eine bedeutende Veränderung in den Gebirgsverhältnissen, sowohl in Bezug auf das

Streichen und Einfallen der Schichten, als auch bezüglich der Gesteinsarten; nichts destoweniger ist aus dem allgemeinen Verhalten, aus dem ungestörten Zusammenhange, dann aber auch aus den, freilich nur wenigen, aufgefundenen organischen Resten (z. B. *Pleurodictyon problematicum*, *Spirifer macropterus*, *Avicula bifida*, *Chonetes*, *Strophomena*, verschiedene Crinoiden-Stielstücken u. s. w.) mit Sicherheit zu erkennen, daß das von der Moselbahn durchschnittene Gestein von Coblenz bis Alf und im Alfthale hinauf bis Bengel den sogenannten Coblenzschichten angehört.

Das durch den Kaiser Wilhelm-Tunnel im Innersten des Berges aufgeschlossene Gestein bestand aus abwechselnden Grau-

Uebersichtskarte für den im Zuge der Moselbahn gelegenen Kaiser Wilhelm-Tunnel.



In der Uebersichtskarte bezeichnet:

b. oder B. berg bezw. Berg. ba. oder Ba. bach bezw. Bach. C. Capelle. M. Mühle. pl. platz. h. — H. hof — Hof.
w. — W. wald — Wald. th. oder Th. thal bezw. Thal.

wacken- und Thonschieferschichten, welche Uebergänge bis zum entschiedenen bituminösen Thonschiefer zeigten. Die Mächtigkeit der Schichten war eine sehr verschiedene, indem die Lagen von der Stärke einer Degenklinge bis zu 1 Meter Mächtigkeit miteinander wechselten, ohne in der Reihenfolge irgend eine Regelmäßigkeit erkennen zu lassen, wogegen die Schichten in ihrer Lagerung einem entschieden ausgeprägten Parallelismus folgten. Das Streichen der Schichten ging von NO nach SW und zwar fielen dieselben unter einem Winkel von durchschnittlich 50° nordwestlich ein. Verwerfungen und Sattelbildungen waren im ganzen an wenigen Stellen vorhanden; die Störungen in den allgemeinen Gebirgsverhältnissen bestanden meistens in größeren oder kleineren Contractionsspalten, die mit Quarzab-

sonderungen und zersetztem Schiefer ausgefüllt waren. In der Nähe solcher Spalten war das Gebirge immer mehr oder weniger gebüchert. An vielen Stellen fanden sich statt einer größeren viele kleine Spalten, welche in ihrem netzförmigen Auftreten das Gebirge auf längere Strecken (bis zu 30 m) druckhaft und äußerst unsicher machten.

Größere Störungen in den allgemeinen Gebirgsverhältnissen zeigten sich in der Nähe des nördlichen Tunnelleinganges und zwar unmittelbar hinter der Stadt Cochem. Hier wurden zwei mit Diluvial-Gebilden ausgefüllte Erosionsthäler in der Länge von 65 m bzw. 85 m durchfahren, und es war dieses Gebirge, aus Thon- und Schiefertrümmern bestehend und mit vielen wasserführenden Sandadern und Sandlagern durchzogen, für den

Bau so ungünstig, daß eine von der allgemeinen Ausführungsweise erheblich abweichende gewählt wurde, über welche an passender Stelle Näheres mitgeteilt werden soll.

Ueber die Bauausführung im allgemeinen.

Da die Verwaltung der Ansicht war, daß sie bei einem so wichtigen und für das Ingenieurwesen so lehrreichen Bau in Bezug auf den Bauplan und die Art der Ausführung vollständig freie Hand behalten müsse, daß dieses aber bei Vergebung an einen Unternehmer durch die Vertragsbedingungen mit genügender Sicherheit nicht zu erreichen sei, entschloß sie sich, die Arbeiten theils in eigenem Betriebe, theils auf Grund kleiner Verträge zur Ausführung zu bringen. Demgemäß wurden alle diejenigen Einrichtungen, welche für den Gesamtbau oder für einen wichtigen Theil desselben von besonderer Bedeutung waren, seitens der Verwaltung getroffen. Ingleichen wurden die gesamten Maschinen-Anlagen für den Bohrmaschinenbetrieb und für die Lufterneuerung, die für die Förderung nöthigen Locomotiven, Wagen und Schienengeleise, ferner die Lehrbögen für die Maurerarbeiten verwaltungsseitig beschafft, auch auf beiden Tunnelseiten an der Mosel Löschplätze hergestellt, mit Schienengeleisen, Dampf- und Handkrahnen versehen und mit den Tunnelfördergeleisen durch Zufahrtsrampen so in Verbindung gebracht, daß ein Locomotivbetrieb zwischen diesen Löschplätzen und den vor dem Tunnel befindlichen Aufstellgeleisen und Lagerplätzen möglich war. Auf diesen Löschplätzen, welche auf der Uebersichtskarte angedeutet sind, wurden die ebenfalls verwaltungsseitig beschafften und mit geringer Ausnahme auf Schiffen angefahrenen Maurermaterialien, Steinkohlen, Baugeräthe, Maschinen u. s. w. mittelst Krane aus den Schiffen in die Tunnelförderwagen verladen und in den Tunnel oder nach den verschiedenen Lagerplätzen verfahren.

Ebenso ist der Vortrieb des Sohlstollens mittelst Bohrmaschinen, sowie der Betrieb der Werkstätten seitens der Verwaltung bewirkt worden. Dagegen wurde anfangs die Ausführung der Vollaubruchs- und Maurerarbeiten verschiedenen Unternehmern auf Grund kleiner Verträge überlassen.

Im November 1876, also zu der Zeit, als der Bau im regelten Betriebe sich befand, die verschiedenen Arbeiten somit in bestimmter Reihenfolge nach dem Bauplane sich wiederholten, wurden die Vollaubruchs- und Maurerarbeiten im öffentlichen Verding vergeben, die übrigen Arbeiten jedoch nach wie vor seitens der Verwaltung ausgeführt.

Wahl des Bausystems.

Die Frage über das für den Bau eines Tunnels zu wählende Bausystem läßt sich nicht allgemein nach den Vor- und Nachtheilen der verschiedenen Systeme beantworten; die Entscheidung wird vielmehr nach Maßgabe der Verschiedenheit der den Bau beeinflussenden Verhältnisse auch eine verschiedene sein müssen. Insonderheit werden bei kleineren Tunneln mit verhältnißmäßig langer Bauzeit Erwägungen den Ausschlag zu geben haben, denen bei langen Tunneln nur eine untergeordnete Bedeutung zugestanden werden kann. Bei letzteren tritt gewöhnlich die Frage der Zeitdauer in den Vordergrund, und diese gestattet es nicht, dem Kostenpunkte eine gleich große Berücksichtigung zu Theil werden zu lassen, wie bei kürzeren Tunneln. Man wird daher bei langen Tunneln in der Wahl des Systems im allgemeinen viel mehr eingeschränkt sein, als bei

kürzen, bei denen nicht allein zu untersuchen ist, ob man sein Ziel besser bei einem Firststollen oder mit einem Sohlstollen erreicht, sondern bei denen auch unter Umständen die Frage ihre Berechtigung hat, ob überhaupt ein Stollen erforderlich ist und ob nicht die terrassenförmige Herstellung des Vollaubruchs ohne Stollen oder die belgische Baumethode mit oder ohne Sohlstollen empfehlenswerth sei.

Bei langen Tunneln muß der Zeitfrage wegen mit thunlichster Beschleunigung ein Stollen aufgeföhren werden, welcher für die übrigen Arbeiten viele Angriffspunkte schafft, also einen Bauplan ermöglicht, bei welchem die übrigen Arbeiten an so vielen Stellen in Angriff genommen werden können, als zur Einhaltung der festgesetzten Vollendungszeit erforderlich erscheint. Die Anzahl dieser Angriffspunkte darf mit Rücksicht auf die Förderung der Ausbruchmassen und der Materialien eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Denn falls es nicht möglich ist, immer rechtzeitig die gelösten Berge von den verschiedenen Arbeitsstellen zu entfernen, das für die Verzimmerung erforderliche Holz und die nöthigen Maurermaterialien durchaus regelmäßig und dem Bedarf entsprechend herbeizuschaffen, ist der Betrieb in der empfindlichsten Weise gestört, und jede Störung ist bei einem solchen Bau mit vielen üblen Folgen verbunden. Abgesehen nämlich von den durch die gestörte Förderung bedingten Verlusten an Zeit und Geld, ist es Thatsache, daß kein Umstand den Häuer so sehr entnuthigt, als wenn ihn die aufgehäuften Berge am weiteren Schaffen hindern, daß der Maurer verdrießlich Hammer und Kelle fortlegt, wenn die passenden Steine fehlen, und daß das häufige Wiederkehren derartiger Verhältnisse auf die ganze Belegschaft höchst ungünstig einwirkt.

Besonders bei langen Tunneln besteht daher eine der wichtigsten Aufgaben in der Sicherung der regelmäßigen Förderung. Hierbei ist zunächst die Lage und Größe des Stollens von Wichtigkeit, weil dieser die eigentliche Verkehrs- und Lebensader des ganzen Baues bildet. Die Frage, ob der First- oder ob der Sohlstollen diese Haupt-Lebensader sein solle, ist somit von der hervorragendsten Bedeutung.

Im vorliegenden Falle entschied man sich zu Gunsten des Sohlstollens. Denn dieser gestattet, an beliebigen Stellen die übrigen Tunnelarbeiten in Angriff zu nehmen, ermöglicht die Herstellung eines während des ganzen Baues in seiner Lage, auf der Tunnelsohle verbleibenden guten Fördergeleises und läßt auf geschütztem Wege eine ungestörte Förderung zu, weil die meisten Arbeiten ausgeführt werden können, ohne den Verkehr im Sohlstollen zu beeinträchtigen. Das Durchschlitzen der Stollendecke, das Entfernen der beiden seitlichen Stöße und das Setzen der Hauptstempel der Zimmerung sind diejenigen Arbeiten, die in unmittelbarer Nähe des Stollens zur Ausführung gelangen, immer aber bequem so eingerichtet werden können, daß die Förderung keine Störung erleidet. Die Arbeiten zur Herstellung des Oberschnittes, der wesentlichste Theil der Zimmerung und der Maurerarbeiten lassen den Verkehr im Sohlstollen ungestört. Die meisten Arbeitsstellen, an denen die Ausbrucharbeiten in der Ausführung sich befinden, sind vom Sohlstollen aus kaum wahrzunehmen. Bei einem Bau mit Firststollenbetrieb dagegen, wo dieser, bezw. das Bogenort, die Hauptverkehrsstraße bildet, nimmt man beim Durchfahren unmittelbar neben und unter sich alle Arbeitsstellen und sämtliche Arbeiter wahr, was schon zu der Schlussfolgerung berechtigt, daß die auf demselben Wege

zu bewirkende Förderung sicherlich viele Störungen sowohl ausüben als erleiden muß.

Ein nicht geringer Vorzug liegt ferner darin, daß in dem Fördergeleise scharfe Krümmungen und starke Steigungen oder andere die Förderung erschwerende Anlagen vermieden werden können, wie solche bei der Förderung im Firststollen und beim Uebergange derselben zur Sohle des fertigen Tunnels unvermeidlich sind. Sodann ist beim Sohlstollenbetrieb die Länge der im Bau befindlichen Strecke immer eine verhältnißmäßig kurze, und der regelmäßige und rasch nachfolgende fertige Theil des Tunnels läßt den geordnetsten Verkehr mit Locomotivbetrieb und Weichenanlagen zu, was beim Firststollenbetriebe wohl kaum im gleichen Grade erreicht werden kann. Endlich sprach im vorliegenden Falle auch der Vorzug der besseren Wasserabführung zu Gunsten des Sohlstollenbetriebes.

Was nun den oft erhobenen Einwand betrifft, daß die Lüfterneuerung in den Aufbrüchen beim Sohlstollenbetriebe in langen Tunneln eine mangelhafte sei, so hat sich derselbe beim Bau des Kaiser Wilhelm-Tunnels nicht als zutreffend erwiesen. Denn da der Firststollen bei längeren Tunneln unter allen Umständen aufgefahren werden muß, so liegt es nahe, der allerdings höchst wichtigen Lüfterneuerung wegen den Firststollen, dem Fortschritte der Vollaubruchsarbeiten entsprechend, so flott zu betreiben, daß letztere nur auf den Strecken zur Ausführung gelangen, wo der Firststollen bereits durchschlägig ist. Dieses läßt sich dadurch erreichen, daß, falls der Sohlstollen mit Bohrmaschinen vorgetrieben wird, auch zum Vortreiben des Firststollens Bohrmaschinen verwendet werden, der Firststollen also dem Sohlstollenort unmittelbar folgt, oder daß, wie hier geschehen, vom Sohlstollen aus in entsprechenden Zwischenräumen Aufbrüche gemacht werden, von denen aus der Firststollen an so vielen Oertern von Hand betrieben wird, daß der Gesamtfortschritt desselben dem Fortschritte des Sohlstollens entspricht.

Der Umstand endlich, daß das Vortreiben zweier Stollen die Baukosten steigert, kann wegen der großen anderweitigen Vortheile bei langen Tunneln nicht in Betracht kommen.

Die Weite des Stollens wurde verhältnißmäßig groß angenommen, nämlich zu 3,5 m; denn mit Rücksicht auf die langen Strecken, auf denen die Tunnel-Ausbruchmassen sowohl, als auch die größtentheils mit Schiffen ankommenden Baumaterialien gefahren werden mußten, entschloß man sich, große Förderwagen und normalspurige Tenderlocomotiven zur Anwendung zu bringen. Ausser dem dadurch bedingten normalspurigen Fördergeleise mußten noch zwei Rohrleitungen, nämlich die Rohrleitung von 130 mm Durchmesser für die Luft zum Betriebe der Bohrmaschinen und die Lüftungsleitung (aus Eisenblech) von 400 mm lichtigem Durchmesser, untergebracht werden. Hiernach ergab sich bereits eine so erhebliche Breite, daß für die Tunnelzimmerung durch eine geringe weitere Vergrößerung der Stollenbreite ein wesentlicher Vortheil erzielt werden konnte. Wird nämlich der Stollen so breit gemacht, daß (nach dem Durchschlitzen der Stollendecke) die Hauptstempel des österreichischen Bockgerüstes gestellt werden können, ohne daß es nöthig wird, an den heiderseitigen Stößen eine Erweiterung vorzunehmen, so werden nicht allein die verhältnißmäßig erheblichen Kosten für das nachherige Erweitern einzelner Stellen erspart, sondern es wird auch der Vortheil erreicht, daß das Setzen der Hauptstempel rasch und ohne Beeinträchtigung des

Verkehrs im Sohlstollen erfolgen kann. Freilich wurden durch den großen Querschnitt die Kosten für den Stollen selbst gesteigert, indess kann dieser Nachtheil nur gering angeschlagen werden, da die größere Breite von 3,5 m, wie durch verschiedene Versuche dargethan, kaum mehr Bohrlöcher und Dynamit erforderte, als eine Breite von 3 m. Der Fortschritt der Stollenarbeit wurde allerdings nicht unerheblich beeinträchtigt, weil das Schüttern (das Forträumen der gelösten Berge) eine entsprechend längere Zeit beanspruchte, dann aber auch, weil die größere Breite stellenweise eine stärkere und raschere Verzimmerung des Stollens bedingte; dagegen genügte der Stollenfortschritt, um seinen Zweck, die Schaffung genügender Angriffspunkte für die übrigen Arbeiten, im vollsten Malse zu erfüllen. Somit lag kein Grund vor, durch Verminderung der Stollenbreite zu Gunsten eines rascheren Fortschritts auf die hervorgehobenen Vortheile zu verzichten.

Nunmehr erübrigte noch die Entscheidung über die Frage, ob es zweckmäßiger sei, den Vollaubruch im ganzen Querschnitt auszuführen und dann das Mauerwerk (mit den Widerlagern beginnend) herzustellen, oder wie beim belgischen System das Bogenort zunächst anzubrechen, das Gewölbe einzuspannen und die Widerlager später nach Entfernung der beiderseitigen Stöße aufzumauern.

Hegt man bei dem belgischen System bezüglich des nachherigen Unterfangens des Gewölbes keinerlei Bedenken, gestatten also die Gebirgsverhältnisse, dieses Unterfangen ohne Gefahr und so dicht anschließend auszuführen, daß das fertige Tunnelmauerwerk dieselbe Haltbarkeit besitzt, wie das von unten nach oben zu ausgeführte, so bietet diese Art der belgischen Bauweise in Verbindung mit der Sohlstollenförderung gewiß wesentliche Vortheile. Die größere Sicherheit infolge Verkleinerung des aufgeschlossenen Querschnittes, der verhältnißmäßig geringe Holzverbrauch, die bequeme Herstellung des Gewölbenauerwerks und, was sehr ins Gewicht fällt, die vollständigste Trennung dieser Arbeiten von dem Verkehr im Sohlstollen, also möglichst große Sicherheit für einen ungestörten Betrieb, sprechen sehr beredt für diesen Bauvorgang.

Nichtsdestoweniger wurde auf diese Vortheile mit Rücksicht auf die vorliegenden Gebirgsverhältnisse verzichtet. Denn abgesehen davon, daß, wie früher angeführt, längere sehr druckhafte Strecken aufgeschlossen wurden, für welche die in Frage stehende Bauweise ein großer Fehlgriff gewesen wäre, war das Streichen von NO nach SW und das steile Einfallen nach NW insofern äußerst ungünstig und bei Anwendung der belgischen Bauweise gefährlich, als auf der linken Seite (in der Richtung Coblenz-Trier gesehen) dem Gewölbe kein genügend sicherer Fußpunkt gegeben werden konnte. Beim Fortschleifen des linken Stoßes stand nämlich ein Weichen der steil nach rechts einfallenden Schichten, denen der Fuß abgeschnitten war, zu befürchten, und diese Befürchtung wuchs beim weiteren Nachschleifen, welches zur Gewinnung des Raumes für die Widerlager die stützenden Schichten bis zur Hinterkante des fertigen Gewölbes entfernte. Auch wenn diese Arbeiten mit besonderer Vorsicht (also unter größerem Kostenaufwande) zur Ausführung gelangten, waren Gefahren doch keineswegs ausgeschlossen, zumal, wie früher geschildert, die vielen bald hier, bald dort auftretenden größeren und kleineren Quarzgänge den linken Stoß so unsicher machten, daß dieser oft kräftig verbaut und abgestrebt werden mußte. An einigen Stellen erfolgte auf der linken

Seite eine nicht unbedeutende Verdrückung sogar des fertigen Mauerwerkes als Folge eines Seitenschubes, der ein nach der belgischen Weise hergestelltes Tunnelmauerwerk vielleicht zerstört haben würde. Denn es dürfte wohl nicht zu bestreiten sein, daß, wenn zunächst das Gewölbe und, nachdem dieses sich vollständig gesetzt und zu einem Ganzen vereinigt hat, das Widerlager zur Ausführung gelangt, niemals ein so einheitliches, gegen seitliche Kräfte widerstandsfähiges Mauerwerk erzielt wird, als wenn zunächst das Widerlager und dann auf diesem das Gewölbe sich aufbaut. Bei letzterer Entstehungsart bildet auch die Hälfte des Tunnelmauerwerks vom Fundament bis zum Scheitel ein gleichmäßiges, gegen Seitenschub widerstandsfähiges Gewölbe, wogegen bei der Ausführung nach dem belgischen Verfahren die Verbindung zwischen Widerlager und Gewölbe häufig keine innige ist und kein Mauerwerk entsteht, welches, als ein Ganzes wirkend, das Herausdrücken eines einzelnen Theiles verhindert. An sehr vielen Stellen wird ein solches Widerlager nichts anderes als eine Verblendung der Stöße sein, welche das Verwittern und das Ausbröckeln des Gesteins verhindert und seinen Zweck vollständig erfüllt, falls kein Seitendruck vorhanden ist. Entwickelt sich aber ein solcher, so ist das Mauerwerk als gefährdet anzusehen.

Wenn auch viele und lange Strecken aufgeschlossen wurden, in denen ein späterer Seitenschub nicht im entferntesten zu befürchten war, so mußte es doch bedenklich erscheinen, auf diesen Strecken einen Betrieb anzuwenden, welcher nicht allgemein durchzuführen war, weil die dabei zu gewärtigende Kostenersparniß keinen Ersatz bieten konnte für die Nachteile, welche ein mehrfacher Betriebswechsel, also die Störung der Gleichmäßigkeit des Betriebes im Gefolge gehabt hätte. Die Regelmäßigkeit in der Aufeinanderfolge der verschiedenen Leistungen (Stollen, Bogenort, Schwellenvorbruch, Vollaubruch, Mauerung) an den einzelnen Arbeitsstellen verdient bei einem großen Bau eine besondere Berücksichtigung, weil die Belegschaften den ihnen besonders zusagenden und in hohem Grade geläufigen Arbeiten bei einer Störung in der Einheitlichkeit des Betriebes nothwendigerweise eine Zeit lang entzogen werden.

Die Maschinen-Anlagen.

Die hauptsächlich zum Betriebe der Gesteinsbohrmaschinen ausgeführten Anlagen sind auf Blatt 10 im Grundplan angedeutet. Die betreffende Darstellung zeigt die Anlage auf der Nordseite. Die Anlage auf der Südseite weicht nur in Bezug auf die durch die örtlichen Verhältnisse bedingte Gruppierung der verschiedenen Maschinen, Schuppen u. s. w. unerheblich von der gezeichneten ab.

Auf jeder Tunnelseite befanden sich:

a) 2 Compressionsmaschinen (Fig. 1 u. 2 auf Blatt 11) mit Dampfzylinder von 640 mm Durchmesser, 1500 mm Hub und doppelt wirkender Luftpumpe von 500 mm Plunger-Durchmesser. Die Maschine pufste die Luft bis auf 5 Atmosphären Spannung, arbeitete mit $\frac{2}{8}$, $\frac{3}{8}$ und $\frac{4}{8}$, im Mittel mit $\frac{3}{8}$ Füllung. Bei dem Querschnitt von 0,2 qm und dem Hube von 1,5 m entsprach ein Plungerhub 0,3 cbm; die doppelt wirkende Maschine sog also bei jedem Gange 0,6 cbm Luft ein, welche, eine Spannung von nur 0,8 Atm. zeigend, 0,48 cbm atmosphärischer Luft entsprach und bis auf 0,096 cbm von 5 Atm. Spannung geprefst wurde. Die mittlere Anzahl Umgänge in der Minute betrug 20, sodaß die Maschine bei vollem

Gange 115 cbm Luft von 5 Atm. Spannung in der Stunde leistete. Beide Compressionsmaschinen machten in den letzten Monaten der Bohrarbeiten zusammen durchschnittlich 38000 Umgänge täglich, in welchen 18240 cbm atmosphärische Luft auf 3648 cbm Luft von 5 Atm. Spannung geprefst wurden.

b) 1 Luftsammler (Blatt 10), welcher als Kessel von 10 m Länge und 2 m Durchmesser die geprefste Luft aufnahm; diese wurde durch die mit dem Luftsammler in Verbindung stehende Rohrleitung in den Tunnel geführt;

c) die Kesselanlage, bestehend aus zwei Siederkesseln und einem Cornwalkessel von zusammen 160 qm Heizfläche. Jeder Siederkessel hatte bei 8 m Länge einen Durchmesser von 1 m, zwei Sieder von 0,61 m Durchmesser und eine Heizfläche von 40 qm, der Cornwalkessel bei 7 m Länge 2,2 m Durchmesser und 2 Feuerröhren, in welchen je 50 Stück gezogene Siederöhren von 100 mm Durchmesser kreuzweise eingesetzt waren; die Heizfläche betrug 80 qm. Die Kessel erzeugten Dampf von 5 Atm. Ueberdruck. Bei Beginn der Bohrarbeiten genügten 80 qm Heizfläche, später wurden 120 qm nöthig, und zum Schlusse mußte die gesamte Heizfläche von 160 qm ausgenutzt werden. Der Kohlenverbrauch belief sich für jede Tunnelseite im Jahre 1876 auf 6000 kg und im Jahre 1877 auf 12000 kg täglich;

d) die Werkstätte mit einer Zwilling's-Bockmaschine, den erforderlichen Hobel- und Drehbänken, Bohrmaschinen, Schraubstöcken u. s. w.;

e) die Schmiede mit sechs Schmiedefeuern und einem Dampfhammer.

Außerdem waren im Maschinenraum noch zwei Roots'sche Gebläse (Fig. 4 und 5 Blatt 10) für die Tunnel-Lüftung aufgestellt. Diese Gebläse wurden von der Bockmaschine der Werkstätte durch Riemen und Seilbetrieb in Thätigkeit gesetzt, ebenso die neben der Bockmaschine stehende Pumpe. Als der Brunnen dieser Pumpe im Hochsommer kein Wasser mehr lieferte, wurde das Wasser des in der Nähe der Maschinenanlage liegenden Mühlgrabens (s. den Grundplan auf Blatt 10) für die Kesselspeisung benutzt, und zum Heraufdrücken des Wassers auf 14 m Höhe eine sehr einfache, in den Fig. 3, 4, 6 und 7 auf Blatt 11 dargestellte selbstthätige Einrichtung getroffen, welche mit geprefster Luft in folgender Weise betrieben wurde:

Einen beim Bohren entbehrlich gewordenen Spritzwasserkessel versenkte man in das Bachbett, nachdem derselbe mit einem Einlaufventil *a* für das Wasser, einem Druckventil *b* und einem Absperrhahn *c* für die geprefste Luft versehen war. Der letztere, ein Dreiwegehahn, wurde durch einen Schwimmer *d* selbstthätig geöffnet und geschlossen. Beim Absperrn der Luft liefs er die im Kessel befindliche Luft ins Freie entweichen. Der Schwimmer bewegte zu diesem Behufe mittels einer Zahnstange ein Zahnrad um etwa $\frac{3}{4}$ Kreisbogen, welches vermittelt angesezter Knaggen einen um denselben Drehpunkt beweglichen Hebel mit Gegengewicht soweit nach oben mitnahm, bis der Hebel durch seine Schwere weiter nach unten umschlug und auf diesem Wege den Hahnkegel um $\frac{1}{4}$ mitdrehte. War der Kessel entleert, die Luft ausgeblasen, so fiel das Einlaufventil *a* herunter, und der Kessel füllte sich mit Wasser; der Schwimmer stieg und hob durch Drehung des Zahnrades den Hebel herum. Letzterer schlug schließlic um, und bei Drehung des Luftkahnkegels (auf demselben waren Zahnrad samt Hebel befestigt) trat die geprefste Luft auf das Wasser. Das Ein-

laufventil schloß sich, und das Wasser wurde von dem Druck der geprefsten Luft durch die Rohrleitung zum Maschinenhause gedrückt. Beim Entweichen des Wassers sank allmählich auch der Schwimmer und bewirkte durch Drehen des Hahnes den Schluß der Leitung, welche die geprefste Luft zuführte, und das Entweichen der im Kessel befindlichen Luft. Das Spiel begann alsdann von neuem.

Die Compressionsmaschinen drückten die geprefste Luft in den neben ihnen liegenden, unter *b* genannten Luftsammler, von welchem sie dann durch die Rohrleitung den Bohrmaschinen im Tunnel zugeführt wurde. Diese Leitung, bestehend aus gußeisernen Röhren von 3,14 m Länge und 130 mm Durchmesser, mußte bis nahe vor Stollenort geführt, also mit fortschreitendem Stollenorte stets verlängert werden. Die Verbindung zwischen dieser Leitung und dem Bohraparat geschah durch einen kräftigen Gummischlauch, welcher mit einem Ende an die Leitung, mit dem andern an einen auf dem Bohrgestell befindlichen Cylinder *z* (vgl. Fig. 2 Blatt 10) geschraubt wurde. Dieser Cylinder hatte, entsprechend der Anzahl der auf dem Bohrgestell befindlichen Bohrmaschinen, sechs Stützen, von welchen aus Gummischläuche die Verbindung der einzelnen Bohrmaschinen herstellten. Jeder dieser Stützen hatte einen kleinen Hahn, vermittelt dessen die Luft abgesperrt, eine einzelne Maschine also außer Thätigkeit gesetzt werden konnte. Ein größerer Hahn, mittels dessen es möglich war, mit einem Male sämtlichen Maschinen die Luft abzusperrn, befand sich auf der entgegengesetzten Seite des Cylinders, am Ende der Rohrleitung.

Als Gesteinsbohrmaschine ist während der ganzen Bohrzeit mit gutem Erfolge die Ferroux-Bohrmaschine älterer Einrichtung in Thätigkeit geblieben. Obgleich diese Maschine im Laufe der Zeit von ihrem Erfinder schon manche wesentliche Verbesserungen erfahren hatte, so konnte doch von diesen für den Kaiser Wilhelm-Tunnel bei der verhältnismäßig kurzen Bauzeit nur geringer Nutzen gezogen werden, da derartige Aenderungen mit unverhältnismäßig großem Aufwande von Zeit und Geld verbunden gewesen wären. Die betreffende Maschine ist auf Blatt 11 in den Fig. 8, 9, 10, 11 und 12 dargestellt.

Die Bauausführung im besonderen.

a) Geometrische Arbeiten zur Festlegung der Tunnelachse.

Nachdem auf Grund der allgemeinen Vorarbeiten und nach genaueren geognostischen Untersuchungen die Lage des Tunnels auf dem Plane bestimmt war, wurde dieselbe örtlich festgelegt, indem man mittels des bei den allgemeinen Vorarbeiten über den Tunnelberg gelegten trigonometrischen Netzes die Punkte *a*, *b*, *c*, *d* (s. die Uebersichtskarte) als Punkte der Tunnelachse berechnete, einmala und mit hohen Signalmasten versah. Von den am höchsten stehenden Signalen aus konnte eine Linie von nur 1000 m Länge übersehen werden; es war daher zur Festlegung der geraden Linie die Einrichtung von Zwischenpunkten nöthig. Um nun auch ins Thal hinein Punkte dieser geraden Linie zu übertragen, von welchen aus die Richtung für die Stollen abgegeben werden konnte, erschien es zur Gewinnung längerer Richtungslinien nöthig, auf den entfernter liegenden Berghöhen Punkte aufzusuchen, von denen aus sowohl ein möglichst langes Stück der über den Tunnelberg ausgesteckten Linie, als auch tieferliegende Punkte auf beiden Tunnelseiten übersehen und eingerichtet werden konnten. Die hiernach auf der Clottener und Aldegunder Höhe ermittelten Punkte *A* und

B, welche 11294 m von einander entfernt sind, gewährten die Möglichkeit, den größten Theil der Linie über dem Berge zu übersehen und Punkte *e*, *f*, *g* nach unten zu übertragen, die dann die weitere Bestimmung der Stollenachse ermöglichten.

Auf der Nordseite wurde schon im Anfange des Jahres 1875 durch Herstellung des Felsanschnittes am Pinnerberge die Visirlinie vom Punkte *A* bis zum Tunnelmundloch frei gelegt und es dadurch ermöglicht, vom Stollen aus den Punkt *A* ins Fernrohr zu nehmen und durch Umschlagen desselben die Linie in den Stollen hinein zu verlängern.

Auf der Südseite blieb wegen des Gefällwechsels während des ersten Baujahres die Visirlinie eine verhältnismäßig kurze; sie wurde erst länger, als das Tunnelmauerwerk auf einer größeren Strecke fertig gestellt, der freie Blick also durch den niedrigen Stollen nicht mehr eingeschränkt war.

Da besonders im Sohlstollen die Dynamitgase ein weites Visiren schwierig machten, so wurde auf der Nordseite an jedem ersten Sonntage, auf der Südseite an jedem letzten Sonntage im Monat das Sprengen im Stollen eingestellt und möglichst viel Luft in letzteren eingeblasen. Hierdurch erreichte man, daß am Nachmittage der Stollen auf eine Länge von etwa 500 m keine störenden Dynamitgase mehr zeigte und Punkte für den weiteren Vortrieb mit genügender Sicherheit ermittelt werden konnten.

Die größeren Nachmessungen wurden an den drei höchsten Festtagen vorgenommen, weil an diesen Tagen die Arbeiten vollständig ruhten und am zweiten Festtage, da das Einblasen frischer Luft ohne Unterbrechung fortgesetzt wurde, auf weite Entfernungen Punkte festgelegt werden konnten. Die letzte größere Nachmessung fand am Ostermontage, dem 2. April 1877 statt, wobei die früher ermittelten Punkte der Mittellinie in der Nähe des Stollenorts durch eine elektrische Batterie beleuchtet und mit dem Instrumente aus einer Entfernung von annähernd 1700 m in Bezug auf ihre Richtigkeit geprüft wurden. Die Prüfung lieferte ein so günstiges Ergebnis, daß für den nach kurzer Zeit bevorstehenden Durchschlag in Bezug auf die Richtung und — da auch gleichzeitig nochmals eine durchgehende Höhenmessung ausgeführt war — auch auf die richtige Höhenlage Befürchtungen nicht zu hegen waren.

Der Durchschlag im Mai 1877 ergab denn auch die erfreuliche Thatsache, daß die beiderseitigen Richtungen nur um 8 cm von einander abwichen, die Höhenmessung aber genau übereinstimmte.

b) Herstellung des Sohlstollens.

Auf der Südseite konnte der Stollen am 15. Mai 1874, auf der Nordseite aber erst am 20. Juli desselben Jahres in Angriff genommen werden.

Da es nach Lage der örtlichen Verhältnisse nicht möglich war, die zum Vortrieb des Stollens mittels Gesteinsbohrmaschinen erforderlichen Einrichtungen vor Jahresfrist zu vollenden, so erschien es, um in dem noch für Handbetrieb verbleibenden Jahre den Stollenfortschritt möglichst zu fördern, angezeigt, auf der Nordseite an zwei passenden Stellen, nämlich 217 m bzw. 490 m vom Tunnelmundloch entfernt, Schächte abzenteufen und von diesen aus den Stollen mit Ort und Gegenort ebenfalls vorzutreiben. Da diese Schächte bis zu einer Teufe von nur 18,4 m bzw. 33 m herzustellen waren, die geförderten Schacht- und Stollenberge außerdem in unmittelbarer Nähe in den be-

treffenden Seitenthälern abgelagert werden konnten, so empfahlen sich diese Schächte um so mehr, als das auf den ersten 500 m zu durchzufahrende Gebirge nach den Schürfversuchen als unzuverlässig angesehen werden mußte, und es daher höchst wünschenswerth erschien, hinter dieser in Bezug auf Standfähigkeit und Sicherheit unzuverlässigen Strecke noch Verbindungen zu haben, welche bei unerwarteten Vorkommnissen als Rettungsschächte benutzt werden konnten. In der That hat sich die Anlage dieser Schächte nicht allein in Bezug auf den Fortschritt, sondern auch auf die Sicherheit des Betriebes als nutzbringend erwiesen, denn da auf der fraglichen Strecke wirklich Gebirge der gefährlichsten Art anstand, so hat das Bewußtsein, hinter dieser Strecke der Gefahr noch eine sichere Verbindung bis zu Tage zu haben, einen beruhigenden und günstigen Einfluß auf die weiteren Vorgänge ausgeübt. Auch auf der Südseite ließen es die örtlichen Verhältnisse angezeigt erscheinen, einen kleinen Schacht von 19 m Teufe herzustellen und von diesem aus ebenfalls mit Ort und Gegenort den Stollen aufzufahren. Hiernach befanden sich also während einiger Monate die Arbeiten zum Auffahren des Sohlstollens an acht Oertern im Gange, in Folge dessen bei Beginn der Maschinenbohrarbeiten bereits über 1000 lfd. m Sohlstollen aufgefahren waren.

Mit den Maschinenbohrarbeiten begann man auf der Südseite am 15. Mai 1875, auf der Nordseite jedoch, wo zur Gewinnung eines geeigneten Platzes für die erforderlichen Einrichtungen noch Erd- und Felsarbeiten ausgeführt werden mußten, erst am 10. August 1875. Der Betrieb wurde gleich anfangs so eingerichtet, wie er sich beim St. Gotthard-Tunnel bereits bewährt hatte; im großen und ganzen ist er auch bis zum Ende derselbe geblieben. Auf jeder Tunnelseite wurden vier Arbeiterabteilungen, zwei Bohr- und zwei Schlepperposten, gebildet, jede aus einem Oberhauer und 17 bis 20 Mann bestehend, welche in folgender Reihenfolge arbeiteten: Nachdem der Bohrposten I die je nach der Gebirgsart nöthig erscheinende Anzahl Bohrlöcher in den Ortstofs gebohrt hatte, schob er den Bohraparat (das Bohrgestell mit sechs Bohrmaschinen) zurück, dem bereits wartenden Schlepperposten I das Feld räumend. Letzterer hatte nun die Bohrlöcher mit Dynamit zu besetzen, die Schüsse zu lösen, die Berge zu verladen und, soweit nöthig, das Schienengeleis zu verlängern. Sobald die Strecke bis vor Ort wieder frei war, fuhr der Bohrposten II an, den Bohraparat mit sich führend, und begann das Bohren. Hatte dieser seine Arbeit beendet, so folgte der Schlepperposten II, welcher demnächst vom Bohrposten I abgelöst wurde.

Die Bohrschichten dauerten je nach der Beschaffenheit des Gebirges 3 bis 5 Stunden, die Schlepperschichten je nach der Wirkung der Schüsse und der Standfähigkeit des Gebirges $2\frac{1}{2}$ bis 6 Stunden. Die große Verschiedenheit in der Dauer der Bohrschichten wurde durch die Verschiedenheit des zu durchzufahrenden Gebirges herbeigeführt, welches, wie oben erwähnt, streckenweise aus nicht sehr hartem geschlossenen Grauwackenschiefer, aus mächtiger, quarzreicher und äußerst harter Grauwacke und aus dünn geschichteten Schieferlagen bestand, die wiederum mit vielen theils dünnen, theils stärkeren Grauwackebänken durchsetzt waren. Das erstgenannte Gebirge war das günstigste, das letztgenannte das ungünstigste, und zwar deshalb, weil bei dem spitzen Winkel (10 bis 13 °), unter welchem gegen die Schichtung gebohrt werden mußte, und bei dem sehr großen Unterschiede in der Härte der aufeinander folgenden

Lagen die Bohrer nach Durchdringung der weichen Schiefer-schichten auf der folgenden harten Grauwackebank oft seitlich abgedrängt wurden, sodaß häufig Löcher von 0,3 bis 0,5 m Tiefe aufgegeben werden mußten, weil es — des gebohrten „Fuchses“ wegen — nicht möglich war, dieselben bis zu der erforderlichen Tiefe von 1 bis 1,3 m herzustellen.

Die Verschiedenheit in der Dauer der Schlepperschicht hing selbstverständlich in erster Linie von der Wirkung der Schüsse, dann aber auch sehr von der Standfähigkeit des durchzufahrenen Gebirges ab. War diese nicht so groß, daß der Stollen auf wenigstens 6 m Länge einige Stunden ohne Verzimmerung stehen konnte, so mußte nach jeder Schlepperschicht vor Beginn der Bohrarbeiten das Verbauen des Stollens vorgenommen werden, wodurch die betreffende Schlepperschicht je nach den Verhältnissen um eine oder mehrere Stunden verlängert wurde.

Infolge der sehr ungleichen Dauer der einzelnen Schichten konnte für den Schichtenwechsel vorher ein bestimmter Zeitpunkt nicht angegeben werden; es wurde deshalb ungefähr eine Stunde vor Beendigung jeder Bohr- bzw. Schlepperschicht mit einem elektrischen Lätewerk, welches eine Verständigung zwischen der vor Stollenort beschäftigten Belegschaft und dem Maschinenhause ermöglichte, das Zeichen gegeben, daß die Mannschaften der folgenden Schicht zu benachrichtigen seien. Letztere erschienen dann nach einer halben Stunde unter Führung des Oberbauers in der vor dem Tunnel belegenen Baubude und wurden vom Tunnelaufseher vor Ort geführt. Hier übergab der Oberbauer der abfahrenden Schicht dem Oberbauer der an-fahrenden Schicht unter Anwesenheit des Tunnelaufsehers die Arbeitsstelle, nachdem — beispielsweise nach einer Schlepperschicht — nochmals genau festgestellt war, wieviel Löcher besetzt gewesen, und ob vielleicht noch Dynamitladung in einer sehen gebliebenen Büchse vorhanden wäre. Erst wenn alles förmlich übergeben war, durften die Bohrmaschinen in Thätigkeit gesetzt werden. Diese förmliche Uebergabe der Arbeitsstelle erschien geboten, weil sonst, wie im Anfange der Bohrarbeiten ein trauriger Vorfall leider bewies, die Möglichkeit nicht ausgeschlossen war, daß eine unentdeckt gebliebene Ladung während der Bohrarbeiten, etwa durch Anbohren der Mine, zur Entzündung hätte gelangen können.

In jeder Bohrschicht wurden je nach dem anstehenden Gebirge in den Ortstofs 20 bis 28 Löcher von 1 bis 1,3 m Tiefe gebohrt und zwar mit sechs Bohrmaschinen, welche auf einem fahrbaren Bohrgestell (Wagengestell) sich befanden. Auf letzterem waren die Bohrmaschinen mittels Schraubenspindel in der loth- und in der waagerechten Ebene verstellbar. Zwei Maschinen befanden sich auf jeder Seite und zwei in der Mitte des Bohrgestells; die seitlich gelagerten konnten gegen die Tunnelachse bis zu einem Winkel von 10°, die mittlere bis zu einem Winkel von 30° in der waagerechten Ebene verstellt werden. In der lothrechten Ebene war die Verstellbarkeit der Maschinen weniger begrenzt. Für die mittlere Lage wurden die besten Maschinen ausgewählt, weil mit diesen die meisten, und zur Erzielung eines wirksamen Einbruchs auch die tiefsten Löcher zu bohren waren. Durchschnittlich erhielt jedes Bohrloch eine Ladung von 0,75 kg Dynamit. Zuerst wurden die oberen 12 bis 18 Löcher geladen und gleichzeitig abgethan; nach Fort-räumung der gelösten Berge kamen die unteren 7 bis 10 Schüsse zur Entzündung. Bei einer günstigen Wirkung sämtlicher Schüsse

wurde ein Fortschritt von 1 m erzielt und es mußten nach dem Abschießen der ersten 12 bis 18 Löcher gegen 9 cbm Berge (die Auflockerung betrug bei diesem Grauwackenschiefer annähernd 50 pCt.), nach dem Abschießen der übrigen Löcher gegen 5 cbm Berge fortgeschafft werden. Von den vorhandenen Förderwagen faßte jeder 2,5 cbm, sodaß also nach jedem Angriffe 5 bis 7 Wagen zu beladen waren. Um den zu beladenden Wagen vor Ort bringen zu können, mußte vorab das Bohrgestell zurückgefahren und nach der anfänglichen Einrichtung über eine Weiche oder Schiebehöhne in eine seitliche Erweiterung des Sohlstollens geschoben werden, was sich auch jedesmal wiederholte, wenn ein vor Ort beladener Wagen einem leeren Wagen den Platz räumen sollte. Wenn nun auch dieses Verfahren infolge der öfteren Wiederholung rasch und geschickt zur Ausführung gelangte und die einzelnen Zwischenzeiten anferdem durch Abtreiben des Ortstoftes und der First thunlichst ausgenutzt wurden, so war doch ein Zeitverlust bei dem Wechsel der Wagen und der Bohrvorrichtung nicht zu vermeiden; es wurde daher auf der nördlichen Tunnelseite eine anderweite Einrichtung getroffen. Dieselbe bestand darin, daß die Stollenberge nicht unmittelbar in die großen Tunnelwagen, sondern vor Ort in Hunde von $\frac{1}{3}$ cbm Fassungsraum verladen wurden, welche an einer 80 bis 200 m vom Ort entfernten Stelle mittels einer durch geprefte Luft getriebenen Maschine auf einer schiefen Ebene aus dem Sohlstollen in den Firststollen gezogen, dort auf einem Schienengeleis bis zu einem Rolloche gefahren und durch letzteres vermittelst eines Wippers in den unter dem Rolloche stehenden Tunnelförderwagen entleert wurden. Die Figuren 1 und 2 auf Blatt 12 lassen den ganzen Vorgang erkennen. War beispielsweise der Wagen 2 beladen, so wurde er zurück und der Wagen 3 an seine Stelle gebracht, und so wurde fortgefahren, bis sämtliche Tunnelförderwagen beladen waren.

Bei dieser Einrichtung wurde also die Bohrmaschine nur bis hinter die schiefe Ebene zurückgefahren und blieb dort auf dem Fördergeleis stehen. Waren sämtliche Berge verladen, so wurde der untere, um das Charnier *e* bewegliche Theil *ef* der schiefen Ebene bis unter die Stollenfirst aufgewunden und der Bohraparat (die Hunde befanden sich im Firststollen, die Strecke war also frei) vor Ort gefahren, was nur kurze Zeit in Anspruch nahm.

Wie aus dem Grundriß ersichtlich, waren auf der Strecke von der schiefen Ebene bis vor Ort zwei Schienengeleise dergestalt verlegt, daß die beiden äußeren Schienen derselben ein normalspuriges Geleis bildeten; auf dieser Strecke konnten also sowohl die Bohrmaschine und die Tunnelförderwagen, als auch die Hunde laufen. Eine möglichst nahe vor Ort die Geleise in ihren innern Schienen unterbrechende Fläche gestattete das Uebersetzen der Wagen von dem einen Geleis auf das andere, wodurch es möglich wurde, an Stelle eines vor Ort beladenen Wagens sofort einen leeren Wagen heranzubringen und immer zwei Wagen gleichzeitig zu beladen, also den mit dem Wechsel der großen Wagen verbundenen Zeitverlust zu vermeiden.

Um auch beim Verlängern des Schienengeleises möglichst wenig Aufenthalt zu verursachen, wurden aus 4 Schienenstücken feste Rahmen von solcher Länge gebildet, daß drei derselben auf eine gewöhnliche Schienenlänge gingen. Waren 4 bis 5 Rahmen verlegt, so konnten während einer Bohrschicht 3 Rahmen hinter dem Bohrgestell ohne jeden Zeitverlust ausgewechselt und dafür ein Geleisstück von einer Schienenlänge

ingelegt werden. Die Zeit, welche in der Bergförderung durch diese Einrichtung erspart wurde, betrug im Durchschnitt etwa 45 Minuten. Beim Vorrücken des Stollenortes mußte selbstverständlich auch die vorbeschriebene ganze Ladevorrichtung folgen; im allgemeinen wurde es in je 5 bis 6 Wochen einmal nöthig, die schiefe Ebene zu verlegen.

Den bei diesem Stollenauffahren beschäftigten Arbeitern wurde ein Einheitspreis für 10 lfd. m aufgefahrenen Sohlstollens festgesetzt, welcher innerhalb der 14 tägigen Zahlungsperiode mit der größeren Leistung von 10 zu 10 m wuchs; es bestand also ein Gedinge, welches geeignet war, den Fleiß und das gemeinsame Interesse der Arbeiter an dem guten Fortschritt des Stollens möglichst zu steigern.

e) Herstellung des Vollaushubs.

Vom Sohlstollen aus wurden zum Auffahren des Firststollens, beziehungsweise zum Einbauen der schiefen Ebene, an passenden Stellen, zumeist 150 m von einander entfernt, Aufbrüche gemacht und von diesen aus mit Ort und Gegenort der Firststollen aufgefahren. Gewöhnlich waren auf jeder Seite 5 Firststollenörter in Betrieb, und es wurde an diesen ein Gesamtfortschritt erzielt, der dem Fortschritt im Sohlstollen gleich kam. In Entfernungen von je 8 m befand sich ein Rolloch, um die Firststollenberge, sowie beim weiteren Ausbruch auch die übrigen Ausbruchsmassen des Oberprofils unmittelbar in den unter dem Rolloche stehenden Wagen zu stürzen. Wenn nicht geladen wurde, waren die Rolllöcher mit einer Abdeckung dicht geschlossen, so daß dann der Verkehr im Sohlstollen ohne Gefahr stattfinden konnte.

So weit der Firststollen durchschlägig war, wurden demnächst die anderen Arbeiten zur Herstellung des Vollaushubs in Angriff genommen. Da sich auf diesen Strecken 2 übereinander liegende und durch viele Rolllöcher mit einander in Verbindung stehende Stollen befanden, so bildete sich ein entsprechend kräftiger Wetterzug; die Lüfterneuerung war also auch ohne besondere Vorrichtungen eine verhältnißmäßig günstige.

Der Bauvorgang bei Herstellung des Vollaushubs war folgender: Eine Belegschaft von 4 Mann trieb das Bogenort vor, d. i. den oberen Theil bis zur Höhe der Sohle des Firststollens (Theile 3 · 3 der Figur 5 auf Blatt 12). War diese Ausweitung bis auf die Länge von 8 m vollendet und die nöthige Verzimmerung eingebracht, so folgte, während die genannte Belegschaft zur Herstellung des folgenden Bogenorts weiter schaffte, eine zweite Belegschaft von 6 Mann zur Herstellung des Schwellevorbruchs, also zur Entfernung der Gebirgsmasse bis zur Unterkante der demnächst zu verlegenden Hauptschwelle (Theil 4 der Fig. 6 auf Blatt 12). Wenn diese Arbeiten auf 8 m Länge vollendet, die Hauptschwellen verlegt, die Hauptstempel gesetzt und die übrigen Auszimmerungsarbeiten bewirkt waren, folgte eine dritte Belegschaft von 6 Mann zur Entfernung der Stöße (Theile 5 · 5 der Fig. 7 auf Blatt 12) und zum Aussprengen der Fundamente. Hatte diese Belegschaft das Feld geräumt, so erschienen die Maurer, um das Stück von 8 m Länge zunächst in der Mauerung fertig zu stellen. Die 4 Belegschaften folgten sich in den angegebenen Zwischenräumen, bis die betreffende Strecke fertig gestellt war. Zuerst wurde die erste Belegschaft frei, indem das Bogenort mit einem entgegengetriebenen Bogenort zusammentraf. Die frei gewordene Belegschaft rückte weiter vor, um einen neuen Aufbruch durch Herstellen

der Bogenorte vorzubereiten; hierhin folgten bald die an der vorigen Stelle nunmehr auch frei gewordene Belegschaft des Schwellenvorbruchs, dann die Belegschaft der Stöße und zuletzt die Maurer. In dieser stufenförmigen Gleichmäßigkeit wurde die Arbeit stetig weiter gefördert.

Die Bergleute arbeiteten auf der Nordseite durchgehend in 8stündigen Schichten (auf der Südseite auch in 12stündigen), sodafs an einer solchen Arbeitsstelle aufser den Maurern und Handlangern thätig waren:

3 · 4 = 12 Bergleute zur Herstellung des Bogenorts,

3 · 6 = 18 Bergleute zur Herstellung des Schwellenvorbruchs,

3 · 6 = 18 Bergleute zur Herstellung der Stöße.

Die Belegschaften des Bogenortes und des Schwellenvorbruchs stürzten ihre Berge durch das in unmittelbarer Nähe befindliche Rolloch in die unter dasselbe geschobenen Wagen im Sohlstollen, konnten die Berge also in sehr kurzer Zeit durch einen oder höchstens zwei Schaufelwürfe in die Wagen bringen, ohne bei dieser Arbeit die andere Belegschaft zu stören oder von letzterer Störungen zu erleiden. Aufserdem war jeder Arbeiter beständig mit derjenigen Arbeit beschäftigt, die ihm am meisten zusagte und für welche er sich eine besondere Fertigkeit angeeignet hatte. Jede Belegschaft (die 3 Schichten als eine zusammengehörige Belegschaft gerechnet) hatte ihr je nach der Gebirgsart verschiedenes, auf 1 m Länge festgesetztes Gedinge.

Der regelmäfsige Fortschritt der Arbeiten ist auf Blatt 12 durch die Darstellung des Standes derselben in Zeiträumen von 2 zu 2 Monaten des letzten Baujahres in den Figuren 11 bis 17 veranschaulicht; die letzte Figur entspricht dem Arbeitsstande kurze Zeit vor dem Stollendurchschlage.

An denjenigen Stellen, an welchen die Gebirgsverhältnisse es wünschenswerth erschienen liefsen, wurde selbstverständlich von der allgemeinen Regel abgewichen, z. B. auf der Nordseite infolge der hier vorhandenen druckhaften Thonstücke. Diese Strecken liefsen nur eine Länge des Vollaubruchs von 5 m zu und gestatteten nicht, die Bogenorte des folgenden Stückes früher in Angriff zu nehmen, als das angrenzende Stück im Mauerwerk fertig gestellt war. Hinter diesen, sehr grofsen Schwierigkeiten verursachenden Strecken konnte jedoch, Dank dem Sohlstollenbetriebe, der regelmäfsige Bau fortgesetzt werden, ohne die Förderung selbst während der Ausführung des rasch nach der Fertigstellung eines Mauerstücks einzuspännenden Sohlgewölbes zu beeinträchtigen.

d) Die Verzimmerung.

Die Gebirgsverhältnisse waren im ganzen solche, dafs zwar durchgehend eine Verzimmerung, an vielen Stellen sogar eine sehr kräftige, geboten erschien, jedoch mit Ausnahme der mehrerwähnten Thonstücke eine Getriebezimmerung nicht nöthig war; es handelte sich beim Einbauen der Verzimmerung lediglich darum, dem Schieben gröfserer Felsmassen, besonders von der linken Seite her, gleich anfangs zu begegnen und das Herabfallen kleinerer Gesteinsmassen zu verhindern. Hiernach erschienen die Kronbalken und Wandruthen des englischen Verfahrens, gestützt von den österreichischen Mittelgesparren, als die passendste Bötzung. Diese Verzimmerung kam zuerst beim Bau der Karstbahn (1853), dann beim Bau der Rhein-Nahe-Bahn (1857), demnächst beim Bau des Altenbekener Tunnels (1863)

und beim Bau der Eifelbahn (1870) zur Ausführung. Obwohl dem Urtheile Rziha's (vergl. Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst von F. Rziha, Band II, Seite 183), dafs dieser Bau keine eigentliche Getriebezimmerung zuläfst, zugestimmt werden mufs, so hat derselbe doch bei einem Gebirge, welches ein regelrechtes Vortreiben der Getriebepfähle nicht durchaus nöthig macht, sehr grofsen Vorzüge. Bei den Tunneln der Eifelbahn wurde auch auf den Strecken, wo Felsgebirge, wenn auch zerklüftetes, und sehr druckhaftes Gestein anstand, diese Zimmerung mit Vortheil angewandt. Selbst im Mettericher Tunnel (in der Nähe der Kreisstadt Bitburg in der Eifel), welcher in sehr druckhaftem Gebirge hergestellt und wo zuerst der besseren Getriebezimmerung zu Liebe das österreichische Verfahren angewandt wurde, mufste dieses dem englisch-österreichischen System weichen, weil bei dem österreichischen Sparrenbau die Sicherung der Sparrenfüsse oft erhebliche Schwierigkeiten machte.

Für die Thonstücke des Kaiser Wilhelm-Tunnels erschien eine möglichst gute Getriebezimmerung ebenfalls wünschenswerth, und es wurde daher das in den Figuren 3, 4 und 5 auf Blatt 13 gezeichnete Verfahren befolgt, wie solches vom Verfasser bereits beim Bau des Mettericher Tunnels der Eifelbahn angewandt war. Abgesehen von den höchst zweckmäfsigen Hülfssträgern, unterscheidet sich dieses von dem österreichischen Verfahren nur dadurch, dafs die Sparren, anstatt aus Holz, aus I-Eisen bestehen und die einzelnen Stücke miteinander durch Laschen verbunden sind. Die mit diesem Verfahren erzielten Erfolge waren zufriedenstellend, nichtsdestoweniger wurde der gröfsere Theil der Thonstücke nach dem englisch-österreichischen System unter Mitwirkung der vorhin genannten Hülfssträger sicher und glücklich aufgebaut. Sobald nämlich das Gebirge, wenn auch nur für sehr kurze Zeit, das Freilegen einer kleinen Fläche gestattet, also nicht sofort die regelrechtete Getriebezimmerung bedingt, bewährt sich dieses Verfahren ausgezeichnet; es widersteht bei vorsichtiger Verbözung wie ein Gewölbe dem stärksten Drucke, auch ist der Längsverband leicht zu sichern und eine etwa nöthig werdende Verstärkung der Bötzung, besonders aber auch die Auswechslung bei Herstellung der Mauerung bequem und rasch ausführbar.

Das Weitere dürfte aus den Figuren 3, 4, 5 und 6 auf Blatt 13 hervorgehen, jedoch soll der Ausbau der Druckstollen weiter unten noch näher beschrieben werden.

e) Die Mauerung.

Für die Ausmauerung kamen nur Bruchsteine zur Verwendung, welche größtentheils aus neu aufgeschlossenen Steinhüchlen des unteren Moselthales gewonnen wurden; nur in geringer Menge konnten Steine aus den Tunnelbergen für die Mauerung entnommen werden. Die Widerlagssteine behielten in ihren Außenflächen, falls diese nicht zu unregelmäfsig waren, ihre ursprüngliche Gestalt; für die Wölbsteine dagegen, welche auf die Schalung gesetzt, eine centrale Lage einnehmen müssen, war die Bearbeitung der Stirnflächen nicht zu umgehen. Der Mörtel bestand im allgemeinen aus 1 Theil Trierer Kalk, 1 Theil Trafts (aus dem Plaidter Thal bei Andernach) und 2 Theilen scharfem Moselsand. Entsprechend dem Feuchtigkeitsgrade des Gebirges wurde der Traftszusatz vergrößert oder vermindert. Cement kam nur an den sehr nassen Stellen zur Verwendung.

Als Lehrgerüst für die Ausführung des Gewölbes dienten eiserne Lehrbögen aus I-Eisen von 194 mm Höhe, wie solche

bereits bei dem Bau der Eifelbahn (Call-Trier) ausgedehnte Verwendung gefunden hatten. Dieselben beanspruchen nur geringen Raum, sind bequem aufzustellen und auszurüsten, gestatten auch eine bequeme Verstrebung, welche, gleichzeitig den Längsverband erhöhend und viele feste Stützpunkte bietend, als Verstärkung der Verzimderung in schwierigen Fällen eine zuverlässige Hilfe leistet. Dieser Vorzüge wegen sind die eisernen Lehrbögen auch bereits in ausgedehnterem Maße bei Tunnelbauten zur Benutzung gekommen.

Da es selbst unter Anwendung von rasch bindendem Cement und bei Zuhilfenahme von Filz-, Blei- und Zinkplatten nicht gelang, an den wasserreichen Stellen ein wasserdichtes Mauerwerk herzustellen, so mußte auf vielen Strecken ein nachheriges Dichten des Gewölbes vorgenommen werden. Dies geschah während der trockenen Jahreszeit, in welcher die durchfließende Wassermenge möglichst gering, ein sofortiges Ausspülen des Dichtungsmaterials also weniger zu befürchten war. Es wurden an den betreffenden Stellen in Entfernungen von 1 bis 2 m von einander durch die ganze Stärke des Gewölbe-mauerwerks Bohrlöcher getrieben und in diese dann einzeln mittels einer Presspumpe Cementmilch gedrückt, welche, sich nach allen Richtungen vertheilend, die hohlen Räume im Mauerwerk und hinter demselben ausfüllte. Nach Maßgabe der beim Pressen aufzuwendenden Kraft konnte geschlossen werden, ob genügend Cementmilch eingepreßt und die mit dem betreffenden Bohrloch in Verbindung stehenden hohlen Räume ausgefüllt seien. Wenn in dieser Beziehung Gewißheit erlangt war, begann das Einpressen an einem anderen Bohrloch, und so fort, bis durch alle Bohrlöcher einer größeren Fläche Cementmilch in genügender Menge gepreßt war; alsdann wurden die vorher tief aufgekratzten Fugen mit Cementmörtel (1 Theil Cement und 1 Theil Sand) gehörig verstrichen. Der Erfolg dieser Dichtung war ein ausgezeichneter, da Stellen vollständig trocken gelegt worden sind, welche auf 1 qm 2 Liter Wasser in der Minute durchließen.

Das Dichten eines oberen Gewölbetheiles von 4 m Länge und 7,5 m Breite, also von 30 qm Fläche, erforderte:

| | |
|---|--|
| 4 Bergmannsschichten zu | 4,5 \mathcal{M} = 18,0 \mathcal{M} |
| (diese bohrten zweimännisch 15 Löcher); | |
| 6 Maurerschichten zu | 4,0 „ = 24,0 „ |
| 6 Handlangerschichten zu | 2,5 „ = 15,0 „ |
| 2 Tonnen Cement zu | 10,0 „ = 20,0 „ |
| 1/4 cbm Sand zu | 6,0 „ = 1,5 „ |
| Aufstellen und Abbrechen des Gerüsts, Transport | |
| der Materialien, Geräte u. s. w. | rd. 71,5 „ |

zusammen 150,0 \mathcal{M}

und haben mithin die Kosten zum Dichten der wasserreichsten Stellen für 1 qm Fläche 5 \mathcal{M} betragen.

f) Der Ausbau der druckhaften Strecken.

Am Nordende, und zwar unmittelbar hinter der Stadt Cochem, kreuzt der Kaiser Wilhelm-Tunnel, wie erwähnt, zwei mit Diluvialgebilden ausgefüllte Erosionsthäler. Das hier durchfahrene, aus Thon- und Schiefertrümmern bestehende, mit vielen Sandadern durchzogene Gebirge war für den Bau um so ungünstiger und gefährlicher, als die sandigen Einlagerungen viel Wasser führten und den Thon aufweichten.

Das der Mündung zunächst liegende kleinere Thonstück hatte eine Länge von 65 m, das größere war 85 m lang. Bei

dem ersteren zeigte sich der günstige Umstand, daß eine ziemlich feste felsige Sohle vorhanden war, vermutlich die Sohle des alten Thales. In dem zweiten Druckstück war die Sohle dermaßen unzuverlässig, daß nach jedesmaliger Herstellung einer Mauerstrecke von 15 m Länge sofort das Sohlgewölbe eingespant werden mußte, ohne daß das Fördergeleis unterbrochen werden durfte; letzteres aus dem Grunde, weil die Arbeiten auf der Strecke eine ungestörte Förderung verlangten. Die hier zu lösende Aufgabe bot daher besondere Schwierigkeiten.

Wenn Rziha in seinem Werke (Band II, Seite 5 Absatz 2) sagt: „Im Tunnelbau ist es die größte Kunst, großen Gebirgsdruck fern zu halten, eine weit größere Kunst, als jene, einmal vorhandenen Gebirgsdruck zu bewältigen, und möchten wir das erstere mit geistiger, das letztere mit roher materieller Arbeit zu vergleichen wagen,“ — so ist ihm hierin gewiß zuzustimmen. Wird beim Bau in druckhaftem Gebirge nicht von vornherein die größte Aufmerksamkeit auf die Verhinderung des Unruhigwerdens des Gebirges gerichtet, wird z. B., weil anfangs sich kein großer Druck zeigt, der Sohlstollen in gewohnter Weise verzimmert, demnächst mit neuen Kappen versehen, wenn die alten gebrochen, dann aufgefristet, wenn der Stollen unter dem Drucke zu niedrig geworden ist; wird endlich bei den weiteren Ausbruchsarbeiten in gewohnter Weise weiter gearbeitet, so darf man sich nicht wundern, wenn nach und nach sich ein mächtiger Druck entwickelt, unter welchem der anscheinend kunstgerecht hergestellte Bau gewaltig „kragt“, wenn alsbald die stärksten Hölzer brechen, Waudruthen und Hauptschwellen vollständig zerquetscht werden, die mächtigen Stempel spalten oder in die Sohle sinken, und schließlich der allmählich weit aus dem Loth gerathene Bau unter dem nicht mehr zu bewältigenden Drucke zu Bruche geht.

Dieser beim Tunnelbau nicht seltene Ausgang ist oft die natürliche Folge einer unrichtigen Bauweise. Denn durch das Sinken des Stollens, durch das zunächst scheinbar unbedeutende Heruntergehen des Baues beim Herstellen des Oberprofils, beim Legen der Hauptschwellen und Setzen der Hauptstempel sind immer mehr böse Geister geweckt, die anfangs im Berge friedlich schlummerten, die aber — einmal aufgerüttelt und heraufbeschworen — entweder die Oberhand behalten und den Bau zu Bruche bringen, oder doch eine solche Menge von Verstärkungen der Verzimderung, Auffristungen u. s. w. nöthig machen, daß die Baukosten derartiger, unrichtig behandelter Druckstrecken, selbst wenn ein Tunnelbruch vermieden wird, eine ganz bedeutende Höhe erreichen.

Um diesen, bei der gewöhnlichen Bauweise in sicherer Aussicht stehenden Uebelständen thunlichst vorzubeugen, wurde schon beim Auffahren des Sohlstollens mit größter Vorsicht dahin gestrebt, jedes Sinken und Schadhafwerden des Stollens, also jede Beunruhigung des Gebirges zu verhindern. Zu diesem Zwecke wurde mit Getriebezimderung vorggegangen. Die kräftigen enggestellten Stellengezimmer erhielten Grundschnellen und Kappen von mindestens 0,35 m Stärke; zwischen ersteren wurde die ganze Sohle mit seitlich heschlagenen Rundhölzern dicht geschlossen ausgelegt und darüber wurden die Langschwellen *a a* (vergl. Figur 3 und 8 auf Blatt 13) gestreckt, welche mittels Drempel gegen die unter den Kappen her gezogenen Holme *b b* verspannt wurden. Auf diese Weise (da auch die Seitenstöße dicht verzogen waren) ward ein nach allen 4 Seiten kräftig abgestrebter und gegen das Eindringen des Gebirges gesicherter

Stollen geschaffen, welcher auch den gesamten senkrechten Druck thunlichst gleichmäßig auf die Sohle vortheilte. Die Herstellung des Vollausschubs und der Mauerung erfolgte dann in der Weise, daß zunächst vor und hinter den Druckstellen in festem, standfähigem Gebirge Aufbrüche gemacht und hier 2 Strecken von je 16 m Länge in der Mauerung fertig hergestellt wurden. Von diesen beiden sicheren Punkten aus konnte nun gegen das druckhafte Gebirge weiter vorgegangen werden.

Die Länge jeder Baustrecke mußte auf 5 m eingeschränkt werden. Ausweitung und Verzimierung des vollen Profils erfolgte nach 2 verschiedenen Bauweisen, bezüglich deren bereits in dem Abschnitt über die bergmännische Auszimmerung Einiges mitgeteilt ist.

Bei beiden Bauweisen wurde zunächst der Firststollen in einer Länge von 8 m aufgeföhren und möglichst sicher verbaut; dann folgte das Einbringen, Unterstützen und Verbolzen der beiden 5 m langen Kronbalken und die Herstellung des Bogenorts unter gleichzeitigem Einbauen von je 2 Wandruthen auf beiden Seiten in der üblichen Weise.

Um die Herstellung des Schwellenvorbruchs zu ermöglichen, durfte eine sichere Abstützung der Kronbalken und Wandruthen nicht fehlen. Daher wurden auf die Sohle des fertig gestellten Bogenorts 2 verstärkte Träger (Fig. 3 bis 8 auf Blatt 13) 1,2 m von einander entfernt so gelegt, daß sie mit dem einen Ende ein sicheres Auflager auf einem Bocke erhielten, welcher auf der nächsten Hauptschwelle des bereits fertigen Stückes stand, mit dem andern Ende dagegen auf der gesicherten Sohle des einige Meter weiter aufgefahrenen Firststollens fest auflagern. Nachdem von diesen untereinander verbolzten kräftigen Trägern die Kronbalken und Wandruthen bezw. die Unterzüge unter den eisernen Sparren abgestrebt waren, konnte die Sohle des Bogenorts auf einer für das Legen einer Schwelle genügenden Länge ausgeschachtet werden. Schnelligst wurde nun die erste Hauptschwelle, und zwar 0,5 m gegen die Kopfenden der Kronbalken und Wandruthen zurückbleibend, gelegt, dann die Decke über dem Sohlstollen durchgeschlitzt und die Aufstellung der Hauptstempel auf die Langschwellen bewirkt.*) Die zweite Hauptschwelle wurde in der Mitte des herzustellenden Stückes und die dritte in gleicher Weise wie die erste, 0,5 m von den Enden der Kronbalken zurückbleibend, verlegt; sobald eine Schwelle in ihre sichere Lage gebracht und unterstützt war, bot sich Gelegenheit, durch einen aufgesetzten Bock die Hülfssträger zu unterstützen.

Das Abfangen der Kronbalken und Wandruthen bezw. der Unterzüge, das Einbringen der Verspannung der Brust, ferner das Einbringen der Langhölzer mit den nöthigen Verstreobungen, das Einbauen einer zweiten Reihe Hauptstempel konnte nach und nach erfolgen, und auf diese Weise die Vollendung der Verzimierung stattfinden, ohne daß ein Sinken des Baues und damit ein gefahrbringendes Unruhigwerden des Gehirges zu befürchten war. Bei Anwendung eiserner Sparren ergah sich ein Unterschied von der geschilderten Bauweise nur insoweit, als sich überhaupt der englische Bau von dem österreichischen Sparrenbau unterscheidet. Das Nähere dürfte aus den Figuren auf Blatt 13 zur Genüge hervorgehen. Die erstere Bauweise

*) Der Sohlstollen war auch an diesen Druckstellen so geräumig, daß die Hauptstempel versetzt werden konnten, ohne die seitliche Verpfähung des Stollens fortnehmen und die Stöße beanruhigen zu müssen.

erfreute sich bei den Bergleuten einer größeren Beliebtheit, als die letztere, welche ihnen unbekannt war und besonders beim Auswechseln einige, hauptsächlich auf Mangel an Uebung zurückzuföhrende Schwierigkeiten verursachte. Hervorzuheben ist, daß die Unterzüge unter den Sparren an den Stützpunkten in unzulässiger Weise auf Zerdrückung in Anspruch genommen wurden, ein Uebelstand, welcher unschwer durch Vergrößerung der gedrückten Flächen gehoben worden wäre, wenn es sich gelohnt hätte, die Geschicklichkeit der Arbeiter in dieser Bauweise durch längere Uebung zu erhöhen und die dann nöthigen Eisenconstruktionen für größere Strecken zu beschaffen. Bei der geringen Länge der Druckstellen und unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die erstere Bauweise, in welcher die Arbeiter sich bereits eine besondere Gewandtheit angeeignet hatten, gut und sicher zum Ziele föhrte, wurde von Beschaffung weiterer Eisenconstruktionen Abstand genommen und der größere Theil nach dem englisch-österreichischen Verfahren ausgezimmert.

Mit Herstellung des Sohlgewölbes durfte aus Rücksicht auf die Unzuverlässigkeit der Sohle nicht lange gewartet werden; die Ausführung mußte, wie bereits früher bemerkt, so erfolgen, daß die Tunnelförderung keinerlei Störung erlitt. Diesen Anforderungen ist in folgender Weise genügt: Nachdem in einem Stücke von 5 m Länge das Widerlags- und Gewölbe-mauerwerk hergestellt war, wurde in dem vorübergehenden Stücke, welches noch in der durch Figur 7 auf Blatt 13 dargestellten Verspreizung, also in vollständiger Verspannung stand, mit Herstellung des Sohlgewölbes begonnen, indem zunächst dem gut verlaschten, mit Bohlen vorsichtig ausgelegten Fördergeleise Eisenbahnschienen (Figur 7 und 8) hergezogen und durch Hängeeisen *h* an den verstärkten Längsträgern befestigt wurden, sodafs die ganze Förderbahn mit den unberührt an ihrer Stelle verbleibenden Rohrleitungen an den starken Längsträgern hing und nunmehr das Ausschachten der Sohle für das Sohlgewölbe, sowie die Herstellung des Sohlgewölbes selbst auch unter dem Geleise erfolgen konnte, ohne die Förderung zu stören.

Wie aus der Zeichnung hervorgeht, fehlte auch nicht die Verstreobung des Fundamentmauerwerks gegen seitlichen Schub. Bei der geringen Länge der einzelnen Ausschachtungen, welche der größeren Sicherheit wegen auf 2,5 m beschränkt wurden, ist ein größerer Seitenschub bei Herstellung der tiefen Ausschachtungen nicht wahrgenommen, demselben hätte, wie gleichfalls aus der Zeichnung hervorgeht, leicht mit Erfolg begegnet werden können. Was im besondern die in Figur 6 dargestellten Längsträger *H* im Oberschnitt und auf der Sohle anbetrifft, so bestanden diese aus je zwei I-Eisen von 360 mm Höhe und 8 m Länge, welche, mit zwischengelegten genau schließenden Holzbalken durch kräftige Bolzen fest verschraubt, zuverlässige Stützpunkte bildeten.

Die vorgeschilderte Bauweise hat sich bewährt. Lediglich dadurch, daß von Anfang an jedes Unruhigwerden des Gebirges auf das sorgfältigste verhindert wurde, ist beim Aufbau dieser gefährlichen Strecken nicht allein jeder Bruch, sondern auch jedes Auffirsten, jede nachträgliche aufsergewöhnliche Verstärkung der Verzimierung vermieden und überhaupt allen jenen bedenklichen Erscheinungen vorgebeugt worden.

g) Die Förderung.

Nachdem die von Schächten aus getriebenen Stollen unter sich und mit dem von Tage aus getriebenen Stollen durchschlä-

gig geworden waren, wurde ein normalspuriges Fördergeleis gelegt und der Betrieb desselben vorläufig mit 10 Förderwagen begonnen. Diese Wagen hatten bei 5 m Länge des festen Untergestelles 0,8 m Bodenhöhe, 1,27 m Gesamthöhe, 1,8 m Breite und 1,8 m Radstand. Um die Widerstandsfähigkeit, welche besonders mit Rücksicht auf die Art des Verladens eine möglichst große sein mußte, nicht zu beeinträchtigen, sowie um die Boden- und Gesamtwagenhöhe möglichst zu beschränken, wurde von der Verwendung von Seitenkippern Abstand genommen. Der Laderaum hatte einen kräftigen Unterboden, welcher durch einen zweiten Deckboden gegen die Beschädigungen der aus größerer Höhe herabstürzenden Felsstücke geschützt war, ferner feste aushebbare Stirnborde und in einfachen Scharnieren bewegliche Seitenklappen. Die Figuren 7, 8 und 9 auf Blatt 10 ergeben das Nähere.

Die Einstellung von 10 Förderwagen genigte zu einem regelmäßigen Betriebe so lange, als außer dem Sohlstollen nur noch der Firststollen vorgetrieben wurde. Die im Winter 1874/75 nach einander in Angriff genommenen Bogenorte und die ihnen bald folgenden Vollausrüche verlangten natürlich eine Vermehrung der Wagen. Nach Inangriffnahme der Mauerarbeiten im Mai 1875 mußte ein großer Theil der in den Tunnel zurückzuschaffenden Wagen mit Mauermaterialien, ein anderer Theil — wie auch bereits früher — mit Verzimmerungshölzern u. s. w. beladen und der Zug je nach dem Bestimmungsorte der Materialien geordnet werden; die Förderung wurde nun mit der Zeit so bedeutend, daß außer der abermaligen Vermehrung der Wagen die Einrichtung eines Locomotivbetriebes nöthig erschien. Auf jeder Tunnelseite gelangte daher im Sommer 1876 eine kleine Tendermaschine zur Verwendung, welche aber nach einigen Monaten, als das Rampengeleis nach der Mosel und der Löschplatz daselbst fertig gestellt war und fast alle Materialien: Steine, Sand, Kalk, Trafs, Cement, Kohlen, Hölzer, Schienen u. s. w., aus den Moselschiffen in die Förderwagen verladen und nach den Verwendungsstellen bzw. Lagerplätzen geschafft wurden, den Dienst nicht mehr bewältigen konnte, sodafs (für jede Seite) eine zweite Maschine eingestellt werden mußte. Die Zahl der Tunnelförderwagen auf beiden Tunnelseiten wuchs nach und nach bis auf 142 Stück an; außerdem wurden noch 37 alte, von der Betriebsverwaltung zurückgestellte Lowrys (diese hauptsächlich zum Dienste auf den Moselrampen) verwendet. Nach Abzug der in der Werkstätte befindlichen wiederherzustellenden Wagen verblieben auf jeder Tunnelseite durchschnittlich 60 Wagen für den regelmäßigen Tunneldienst, aus denen zwei Züge zu je 30 Wagen gebildet wurden. Die Kreuzung der beiden Züge fand auf dem Ausweichegeleis statt, welches in dem fertigen Tunnelstücke angelegt und mit dem Fortschreiten des letzteren zeitweise soweit vorgeschoben wurde, als das fertige Tunnelmauerwerk eine zweigeleisige Bahn gestattete. Zwischen dieser Ausweichestelle und den Arbeitsstellen im Tunnel wurde die Förderung durch Pferde bewirkt, auf der weitem Strecke bis zur Halde bzw. zu den Lagerplätzen durch Locomotiven.

Unerläßlich war es, den einfahrenden Zug je nach dem Bestimmungsorte der Wagen genau zu ordnen. Letztere mußten vertheilt werden im allgemeinen für: einen Sohlstollenort, fünf Firststollenörter, fünf Bogenörter, fünf Schwellenvorbruchsstellen und fünf Stellen, auf denen die Stöße entfernt wurden. Außerdem waren auf diesem Arbeitsfelde an vier bis fünf Stellen die Mauerarbeiten in der Ausführung begriffen, für welche die erforderlichen

Materialien durch den einfahrenden Zug herbeigeschafft wurden. Sobald die mit diesen Materialien und ebenso mit Hölzern beladenen Wagen entladen waren, wurden dieselben zum Beladen mit Bergen nach den zunächst gelegenen bergmännischen Arbeitsstellen geschoben. Durch das Entladen dieser mit Materialien eingefahrenen Wagen wurden letztere zwar der bergmännischen Förderung auf eine nicht unwesentliche Zeitdauer entzogen, welche besonders bei den hintersten Wagen im Zuge, die zuletzt an Ort und Stelle kamen und zurückgeschoben werden mußten, unangenehm empfunden werden konnte, wenn nicht mit der größten Beschleunigung entladen und beladen wurde; wirkliche Uebelstände haben sich jedoch aus dieser Art der Förderung und des Materialvertriebes, Dank dem Sohlstollenbetriebe, auch nicht im geringsten herausgestellt.

Anfangs wurde die Förderung entsprechend den vier Bohr- und Schutterschichten, welche durchschnittlich in 24 Stunden am Stollenort sich ergaben, in vier Zügen zu 15 Wagen bewirkt, so daß also immer annähernd nach sechs Stunden der Wagenwechsel erfolgte. Da jedoch die Zeitdauer der Bohrschichten nach der Gebirgsart sich änderte, so konnte ein Fahrplan nicht genau eingehalten werden, vielmehr mußte derselbe je nach dem Stande der Arbeit am Stollenorte dann und wann eine kleine Aenderung erleiden. Die hierdurch bedingten Uebelstände wurden auf der Westseite durch die Einführung der oben beschriebenen Förderung der Stollenberge vermittels der schiefen Ebene (Fig. 1 und 2 auf Blatt 12) gehoben, bei welcher eine so große Anzahl Wagen für den Stollenbetrieb in den Sohlstollen gebracht und ohne zeitraubendes Hin- und Herschieben beladen werden konnte, daß thunlichste Unabhängigkeit des Sohlstollenbetriebes von der übrigen Tunnelförderung erreicht und nunmehr ein genauer Fahrplan eingehalten wurde.

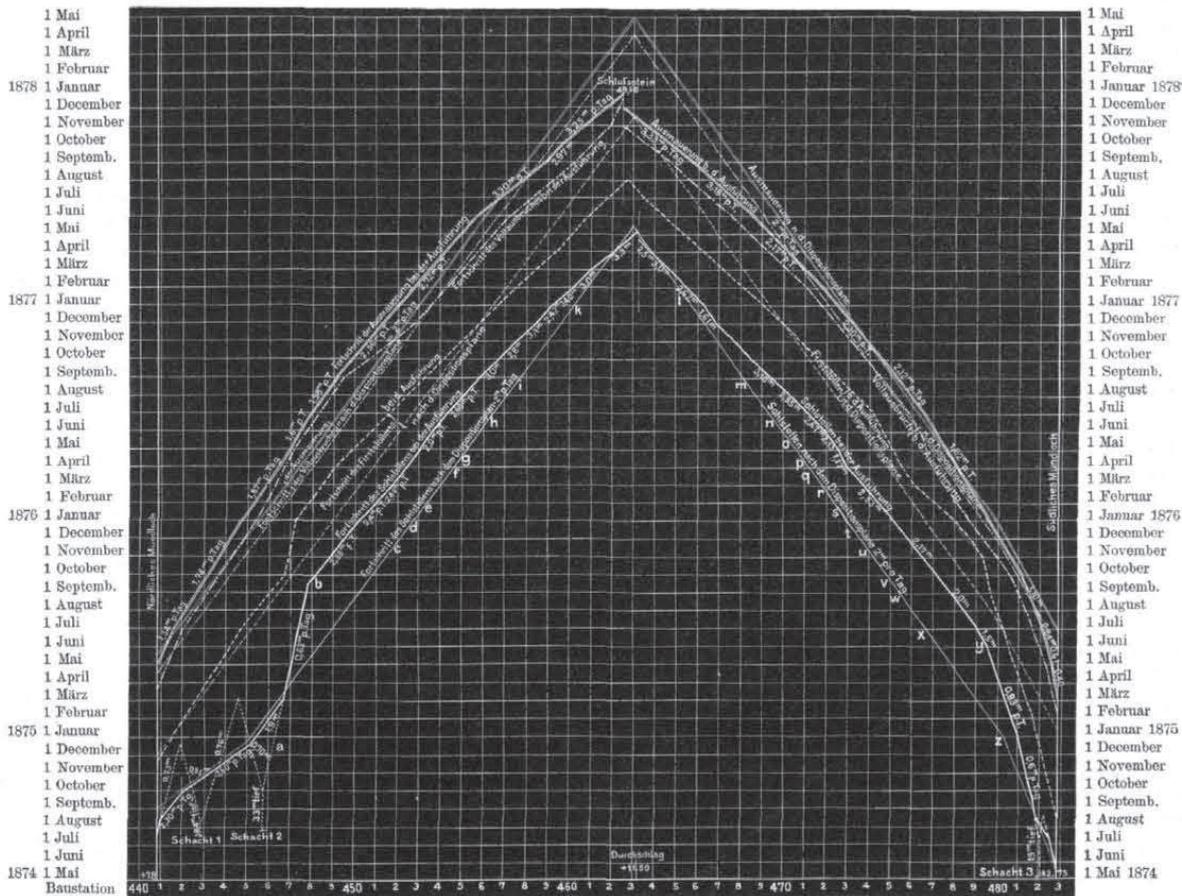
Auf der Südseite des Tunnels war die Förderung insofern von der vorstehend geschilderten verschieden, als dort acht Züge in 24 Stunden, also die doppelte Anzahl gefördert wurden. Dies war deshalb nöthig, weil dort der beladene Zug in einer Steigung von 1:300 (auf der Südseite in einem Gefälle von 1:200) aus dem Tunnel gefahren und daher die Zuglänge beschränkt werden mußte. Bei diesem häufigeren Wagenwechsel war es selbstverständlich viel leichter möglich, für den Sohlstollenvortrieb rechtzeitig die erforderlichen Wagen zur Verfügung zu stellen. Dieser Umstand gab auch Veranlassung, die Hilfsförderung auf der schiefen Ebene hier nicht einzuführen, sondern die ebenerdige Schiebebühne, vermittels welcher ein vor Stollenort beladener Wagen in eine seitliche Auswärtung des Sohlstollens geschoben und die Strecke bis vor Stollenort für einen leeren Wagen frei gemacht wurde, bis zum Durchschlage des Stollens im Gebrauch zu lassen.

Um die Wetter im Tunnel durch den Rauch der Locomotiven möglichst wenig zu verschlechtern, wurde mit Koks gefeuert und mit gutem Feuer und hoher Dampfspannung in den Tunnel gefahren, sodafs ein Aufheizen mit frischem Brennmaterial im Tunnel selten nöthig war; auch mußte sich die Locomotive, um ihren Aufenthalt im Tunnel thunlichst einzuschränken, sobald sie den leeren (bzw. mit Zimmerungs- und Mauermaterial beladenen) Zug in das Ausweichegeleis gedrückt hatte, sofort vor den beladenen Zug setzen und diesen hinausfahren, unbekümmert darum, ob etwa noch einige Wagen fehlten oder nicht.

Wie sehr die im Vorigen geschilderte Förderung allen Anforderungen entsprach, geht wohl am besten daraus hervor, daß die Unternehmer, welchen die Herstellung des Restes der Vollausruchs- und Mauerarbeiten im letzten Quartal des Jahres 1876 übertragen wurde, monatlich 90 lfd. m auf jeder Tunnelseite fertig stellten, obgleich sie nur zu einer Leistung von 65 lfd. m vertraglich verpflichtet waren. Im Monat Juni 1877 wurde die Leistung auf der Südseite sogar bis auf

124 lfd. m gesteigert. Zu solchen Leistungen hätten sich die Unternehmer gewiß nicht entschließen können, wenn nicht die Förderung in vollem Maße allen Wünschen gerecht geworden wäre. Gegen eine mäßige Entschädigung wären die Unternehmer aber gern zu einem noch stärkeren Betriebe bereit gewesen, doch lag hierfür mit Rücksicht auf den Stand der übrigen Bauarbeiten der Moselbahn keine Veranlassung vor.

Graphische Darstellung der Baufortschritte.



- a, z. Beginn der Maschinen-Bohrarbeit nach dem Arbeitsplane.
- b, y. Wirklicher Beginn der Maschinen-Bohrarbeiten. Obgleich die Bohrmaschinen bei b schon Mitte August, bei y Mitte Mai angesetzt waren, kamen sie doch erst Mitte Septembar bzw. Ende Mai in regelmäßigen Gang.
- Unterbrechungen fanden statt bei:
- d, t, k, g, h, n durch Feiern während der Festtage (24 bzw. 36 und 48 Stunden),
- c, l durch Defecte an der Rohrleitung (9 bzw. 68 Stunden),
- e, f, i (je 33, 61 u. 40 Stunden) durch Verbauen in druckhaftem Gebirge,
- l durch Maschinendefecte, 34 Stunden,
- p durch Anhauen eines Wassersackes und Verwässerung des Stollens, 14 Tage,
- q, r, s, u, v, w, x durch Defecte an den Maschinen und Rohrleitungen (bzw. 32, 36, 68, 34, 22, 68 u. 83 Stunden);
- o langsamer Fortschritt durch ungünstiges Gebirge.

Vorstehend sind die Baufortschritte der sämtlichen Tunnelarbeiten graphisch dargestellt. Zunächst geht daraus hervor, daß nach erfolgtem Durchschlage die Leistung bei den übrigen Arbeiten sich um 18 pCt. vermehrte, welche Zahl die Abhängigkeit dieser Arbeiten (Firststollen, Vollausruch, Ausmauerung) vom Sohlstollenvortriebe darstellt. Es ist hierbei zu berücksichtigen, daß, wie oben erwähnt, keine Veranlassung vorlag, die Arbeiten über den nach Beendigung des Sohlstollenvortriebes von

selbst sich ergebenden regelmäßigen Fortschritt durch Vermehrung der Angriffstellen zu verstärken. Man hätte aber ohne weiteres nur unter Verstärkung der Belegschaften die Zahl der Angriffstellen auf jeder Seite um etwa zwei vermehren, also anstatt der bisherigen fünf Angriffstellen deren sieben in Betrieb nehmen und hiermit die Baufortschritte um weitere 40 pCt. erhöhen, also den Gesamtbetrag auf rund 4,5 m fertigen Tunnels für den Tag bringen können.

h) Die Lufterneuerung.

Als die lediglich durch die Compressoren bewirkte Lufterneuerung nicht mehr ausreichend erschien, entschloß man sich zur Anlage einer zweiten, bohufs Verminderung der Reibungswiderstände möglichst weiten Rohrleitung. Man wählte für die Stellen, an denen die Bauarbeiten noch im Gange waren, Eisenblechröhren (Blechstärke 3 mm) und für die fertigen Tunnelstrecken die billigeren Zinkblechröhren (Blech Nr. 15) und gab denselben den mit Rücksicht auf den beengten Raum im Stollen zulässig größten Durchmesser von 0,4 m. Die genieteten Eisenblechröhre hatten eine Baulänge von 5 m, ein Gewicht von 32 kg auf 1 lfd. m und Winkeleisenringe als Flanschen. Die Zinkblechröhre hatten keine Flanschen, vielmehr wurde die Dichtung durch Uberschiebung (das eine Ende mit in Mennige getränktem Hanf unwickelt) bewirkt, die Baulänge betrug 2,5 m. Das Weitere dürfte aus den Figuren 10 bis 13 auf Blatt 10 hervorgehen.

Für das Einblasen der Luft wurde zunächst auf jeder Seite ein Root-Gebläse Nr. 9 der Mannheimer Maschinen-Fabrik (damals größte Sorte) beschafft und nach kurzer Zeit ein zweites gleich großes Gebläse hinzugefügt. Beide zusammen nahmen 13 effective Pferdekräfte der Zwilling-Bockmaschine der Werkstätte dauernd in Anspruch. Anfangs wurden diese Apparate zeitweise zum Saugen benutzt, besonders um nach dem Abfeuern der stark geladenen Minen vor Stollenort die sehr dichten Dynamitgase aus dem Stollen zu saugen, und so zu verhindern, daß diese, auf ihrem Wege aus dem Tunnel durch sämtliche Arbeitsstellen ziehend, auch die sämtlichen Arbeiter belästigten. Indessen stellten sich bei dieser Art des Betriebes bald Schwierigkeiten heraus. Einmal war es nicht leicht möglich, auch diese zweite Leitung dem fortschreitenden Stollenorte immer unmittelbar folgen zu lassen, dann aber hatten die Vorkehrungen, welche erforderlich waren, um die Gebläse abwechselnd saugen und blasen zu lassen, Zeitverluste und Störungen auch im Gange der Bockmaschine, welche zugleich die Werkzeugmaschinen der Werkstätte betrieb, zur Folge; außerdem blieb die Wirkung des Saugens hinter den Erwartungen erheblich zurück, sodaß es zweckmäßiger erschien, die Gebläse lediglich zum Einblasen der Luft zu verwenden, also beständig in demselben Gange zu belassen. Diese Gebläse und die Compressoren wirkten demnach in gleicher Weise und brachten eine merkliche und stetige Luftbewegung in der Richtung zum Tunnelmunde hervor.

Die Gebläse hatten Flügel von 900 mm Länge, machten durchschnittlich 300 bis 350 Umgänge in der Minute und lieferten in dieser Zeit, wie durch wiederholte Messungen mit dem Anemometer festgestellt wurde, bei 1500 m Rohrlänge 50 cbm Luft in den Tunnel. Die Pressung der Luft in der Rohrleitung in unmittelbarer Nähe der Gebläse entsprach, wenn beide Apparate 350 Umgänge in der Minute machten, einer Wassersäule von 400 mm. Als die Leitung die Länge von 1900 m erreicht hatte, betrug die Leistung der Gebläse noch 350 cbm in der Minute.

Im ganzen wurden durch diese Anlage in 24 Stunden durchschnittlich 40000 bis 70000 cbm Luft (verschieden je nach der Länge der Leitung) in den Tunnel geblasen. Diese Luftmenge nebst derjenigen, welche beim Betriebe der Bohrmaschinen ausströmte, genügte jedoch auf die Dauer nicht, um eine Erneuerung der Luft in wünschenswerther Weise zu bewirken. Es erschien daher im letzten Betriebsjahre geboten, die Com-

pressoren ununterbrochen, also auch während der Schutterzeit, im Gange zu halten. Da während dieser Zeit selbstverständlich der Hahn am Ende der Rohrleitung vollständig geöffnet blieb, die Luft also frei ausströmte, so arbeiteten die Maschinen nur gegen einen Luftdruck von $\frac{1}{2}$ Atmosphäre, infolge dessen der Kohlenverbrauch während dieser Zeit ein verhältnismäßig geringer war. Bei diesem Betriebe lieferten die Compressoren eine Luftmenge von 18240 cbm in 24 Stunden, sodaß im ganzen täglich 58000 bis 90000 cbm Luft in den Tunnel gedrückt wurden.

Ein Einblasen von Luft in die Aufbrüche erfolgte im allgemeinen nicht; nur die Firststollenstrecken mit Ort und Gegenort erhielten eine kleine Luftleitung, und zwar einfach dadurch, daß in ein Rohr der Druckleitung (gewöhnlich in ein Compensationsrohr, Fig. 11 auf Blatt 10) ein $\frac{3}{4}$ zölliges Loch mit Gewinde eingebohrt und ein Hähnchen eingeschraubt wurde, an welches sich eine kleine Zweigleitung, bestehend aus dünnen biegsamen Gasröhren, anschloß. Diese kleine Leitung erstreckte sich bis in die Nähe des Firststollenorts. Beim weiteren Vorrücken des Orts erfolgte ein Verlegen dieser Zweigleitung ohne jede Störung und Absperrung der Druckleitung innerhalb eines Zeitraumes von zwei Stunden, indem das Hähnchen an einer anderen Stelle der Druckleitung eingesetzt, die alte Oeffnung durch einen Schraubenbolzen geschlossen und die Gasröhren durch das dem Orte zunächst liegende Rolloch in den Firststollen geführt wurden.

i) Zusammenstellung der Kosten.

| A. Allgemeine Anlagen, Zurichten der Baustellen, Beschaffung und Unterhaltung der Transporteinrichtungen. | |
|--|-----------|
| a) Anlagen zum Betriebe der Gesteinsbohrmaschinen und zur Lufterneuerung: | |
| 2 Maschinenhäuser, 2 Schmieden, 2 Werkstättenhäuser, Brunnenanlagen | 71101 17 |
| 4 Compressionsmaschinen, 2 Werkstätdampfmachines, 6 Dampfkessel, 2 Luftbehälter, einschl. Fundamentirung, Einmauerung, Aufstellung | 115187 87 |
| 40 Ferroux- und 2 Sachs'sche Gesteinsbohrmaschinen, 4 Bohrgestelle und einige andere Bohrgeräthe | 112311 41 |
| Bohrer, Bohrstuhl | 22705 69 |
| 4500 lfd. m Rohrleitung für die gepresste Luft einschl. Verlegung und Unterhaltung | 53709 54 |
| Ausrüstung der Werkstätten (Hobelbänke, Drehbänke, Bohrmaschinen, Schraubstöcke), der Schmiede (Schmiedeessen, Dampfhammer, Schmiedegeräthe), Schreinergeräthe u. dgl. | 59164 24 |
| Werkstattsmaterialien, Eisen, Stahl, Schmiedekohlen | 128189 21 |
| Instandhaltung der Bohrmaschinen, Bohrgeräthe, Bohrer, der Compressionsmaschinen, Werkstätdampfmachines, Kessel | 65149 14 |
| Beschaffung von 4000 lfd. m Rohrleitung für die Lüftung der 4 Root'schen Gebläse und der 2 großen Ventilatoren einschl. Verlegung, Aufstellung und Unterhaltung | 77094 50 |
| Löhne für Maschinen-, Kesselwärter und Arbeiter | 12870 88 |
| zu übertragen | 717483 65 |

| | | |
|---|-----------------|-------------------|
| | Uebertrag | 717483 65 |
| Kohlen zur Kessel- und Locomotivheizung, Oel, Putzwolle | | 216718 72 |
| Heranschaffen der Kohlen | | 130895 — |
| | Summe a) | <u>1065097 37</u> |
| b) Zurichtung der Baustelle, Beschaffung und Unterhaltung der Transportgeräte: | | |
| Herstellung von Lagerplätzen, Materialschuppen | | 23335 — |
| Herstellung der beiden Löschlätze an der Mosel, Zufahrtsrampen zu denselben, Beschaffung der zum Verladen der Materialien erforderlichen Dampf- und Handkrahne | | 70150 42 |
| Herstellung von Baubuden, Speisehallen, Baubü- reaus der Aufseher | | 16428 76 |
| Locomotiv- und Wagenreparaturschuppen | | 5109 70 |
| Herstellung der Telegraphenleitungen von den Werkstätten bis vor Stellenort | | 3647 19 |
| Miethe für die von der Betriebsverwaltung der Saarbrücker Eisenbahn entliehenen 4 Locomoti- ven, rd. 30000 lfd. m alte Eisenbahnschienen, Beschaffung von Schwellen, Verlegen der Geleise, Heranschaffen der Locomotiven und Schienen | | 262497 51 |
| Beschaffung von Tunnelförderwagen | | 127661 37 |
| Allgemeiner Werkstättenbetrieb: Instandhalten der Wagen, Locomotiven, Geräte, Weichen, Dampf- und Handkrahne | | 218486 21 |
| Heranschaffen und Ausladekosten im allgemeinen, für die verschiedensten Materialien, Geräte, Maschinen, Schienen | | 252516 96 |
| | Summe b) | 979833 12 |
| | hierzü Summe a) | 1065097 37 |
| | mithin Summe A. | <u>2044930 49</u> |

B. Bergmännische Arbeiten.

a) Sohlstollen.

| | | |
|---|----------|--------------------------|
| 1025,50 lfd. m Sohlstollen durch Hand aufgeföhren, die Förderwagen der Berge zur Hälfte durch die Schächte bewirkt, einschl. Beschaffung der Spreng- materialien, der Verzimmerung | | 199857 — |
| 3192,25 lfd. m Sohlstollen mit Bohrmaschinen aufgeföhren: | | |
| Arbeitslohn | M | 515426,49 |
| Verzimmerung | M | 90793,16 |
| Fortschaffen der Berge | M | 69179,99 |
| Sprengmaterialien (1442 Ctr. Dynamit, Zündschnüre) | M | 191823,07 |
| Herstellen von Ausweichstellen, Wechsel-Schiebehöhnen und schiefe Ebenen | M | 45892,67 |
| für verschiedene Geräte | M | 6046,90 |
| | | 919162 28 |
| | Summe a) | <u>1119019 28</u> |
| b) Aufföhren des Firststollens in einer Länge von 4140,55 lfd. m, einschl. Verzimmerung, Sprengmaterialien, Förderung der Berge | | 551049 03 |
| c) Herstellung des gesamten Vollausbruchs (mit Ausnahme des First- und Sohlstollens) einschl. der Verzimmerung, der Sprengmaterialien, des | | |
| | | zu übertragen 1670068 31 |

| | | |
|---|---------------------|-------------------|
| | Uebertrag | 1670068 31 |
| Transports der Berge in einer Länge von 4204,74 m | | 2590201 32 |
| d) Aussprengen des Wassercanals in einer Länge von 4300 m | | 99900 — |
| e) Für Wasserschöpfarbeiten | | 48961 24 |
| | Summe B. | <u>4409130 87</u> |
| C. Herstellung des Mauerwerks. | | |
| a) Herstellung von 4204,75 lfd. m Tunnelmauer- werk einschl. Transport sämtlicher Materia- lien von den Lagerplätzen zu den Verwen- dungsstellen, Zurichten der Steine | | 895998 06 |
| Herstellung von 89 lfd. m Schlgewölbe einschl. Ausschachtung, Abspreizung | | 16705 08 |
| Dichtung des Gewölbes | | 9042 90 |
| | Summ a) | 921746 04 |
| b) Ausmauerung des Wassercanals 24458 90 Beschaffung der Canaldeckplatten 33573 22 | | 58032 12 |
| | Summe b) | 58032 12 |
| c) Beschaffung von: | | |
| 78976 cbm Steine | M | 1144767,65 |
| 91469 Ctr. Kalk | M | 134885,70 |
| 19149 cbm Sand | M | 100801,74 |
| 3394 Tonnen Cement | M | 37091,60 |
| 128482 Ctr. Trafs | M | 154553,06 |
| | Summe c) | 1572099 75 |
| d) Beschaffung der Lehrbögen | | 29045 46 |
| | mithin Summe C. | <u>2580923 37</u> |
| D. Herstellung, Einrichtung und Inbetriebsetzung der 3 Schächte einschl. Fördergeräte | | 28828 85 |
| E. Herstellung der beiden Portale | | 22210 86 |
| F. Sonstige Kosten: | | |
| Arbeiten an den Voreinschnitten | M | 23798,58 |
| Geometrische Geräte, Tagelöhne an Meißgehilfen | M | 1910,54 |
| Entschädigungen verletzter Interessenten von Privatpersonen | M | 5128,75 |
| | Summe F. | 30837 87 |
| Hierzü Summe A, wie oben 2044930 49 desgl. Summe B, desgl. 4409130 87 | | 9116861 81 |
| | Demnach Gesamtsumme | <u>9116861 81</u> |
| Veranschlagt man den verbliebenen Werth der noch im guten Zustande befindlichen Compressionsmaschinen, der Dampf- kessel, der Gesteinsbohrmaschinen, der Bohrgestelle, der Werk- stattseinrichtungen (Dampfmaschinen, Hobel- und Drehbänke, Schraubstöcke, Dampfhammer u. s. f.), der Rohrleitungen, der Förderwagen, der Lehrbögen, sowie des auf der Nordseite ver- hleibenden Löschlplatzes mit Rampengeleise auf 300000 M, so ergeben sich als Baukosten für 1 lfd. m fertigen Tunnels rd. 2100 M | | |
| Hiervon entfallen auf Herstellung: | | |
| α) des Sohlstollens auf 1 lfd. m annähernd | | 440 M |
| β) des Firststollens | | 140 M |
| γ) des Vollausbruchs | | 730 M |
| δ) der Mauerung | | 680 M |
| e) verschiedene Kosten | | 110 M |
| | zusammen | <u>2100 M</u> |

α) Kosten zur Herstellung des Sohlstollens, 9,45 qm Querschnitt.

Von den vorstehend unter A h) aufgeführten und insgesamt zu rd. 979833,12 \mathcal{M} ermittelten Kosten werden dem Sohlstollen zur Last fallen rd. 600000 \mathcal{M} .

Die Kosten zur Herstellung des Sohlstollens würden sich aus folgenden Einzelbeträgen für 1 lfd. m zusammensetzen:

| | |
|--|-------------------|
| für allgemeine Anlagen | 150 \mathcal{M} |
| Arbeitslohn | 170 \mathcal{M} |
| für Verzimmerung*) | 20 \mathcal{M} |
| Transportkosten | 17 \mathcal{M} |
| für Sprengmaterialien**) | 45 \mathcal{M} |
| verschiedene Kosten (Ausweichstellen u. s. w.) | 38 \mathcal{M} |
| Summe | 440 \mathcal{M} |

β) Kosten zur Herstellung des Firststollens, 6 qm Querschnitt.

| | |
|--|-------------------|
| Arbeitslohn im Mittel für 1 lfd. m | 60 \mathcal{M} |
| Für Verzimmerung | 10 \mathcal{M} |
| Transportkosten | 15 \mathcal{M} |
| Für Sprengmaterialien | 33 \mathcal{M} |
| Verschiedene Kosten | 22 \mathcal{M} |
| Summe | 140 \mathcal{M} |

γ) Kosten zur Vollendung des Vollaushruchs.

1. Herstellung der Bogenorte 14 qm Querschnitt:

| | |
|--|------------------|
| Arbeitslohn im Mittel für 1 lfd. m | 70 \mathcal{M} |
| für Sprengmaterial | 26 \mathcal{M} |
| = | 96 \mathcal{M} |

2. Herstellung des Schwellenvorbruchs 12 qm Querschnitt:

| | |
|------------------------------|-------------------|
| Arbeitslohn | 76 \mathcal{M} |
| für Sprengmaterial | 28 \mathcal{M} |
| = | 104 \mathcal{M} |

3. Entfernung der Stöße, 25,5 qm Querschnitt:

| | |
|------------------------------|-------------------|
| Arbeitslohn | 90 \mathcal{M} |
| für Sprengmaterial | 23 \mathcal{M} |
| = | 113 \mathcal{M} |

4. Holzverbrauch

150 \mathcal{M}

5. Transportkosten

123 \mathcal{M}

6. Herstellung des Wassercanals einschl. Sprengmaterial

24 \mathcal{M}

7. verschiedene Kosten

120 \mathcal{M}

Summe 730 \mathcal{M}

δ) Kosten zur Herstellung des Tunnelmauerwerks:

Arbeitslohn im Durchschnitt für 1 lfd. m 125 \mathcal{M}

für Schalung und Lehrgerüste 25 \mathcal{M}

für Auf- und Abladen, sowie Förderung der Mauermaterialien bis zur Verwendungsstelle

für 1 lfd. m 60 \mathcal{M}

zu übertragen 210 \mathcal{M}

*) 1 cbm Holz kostete auf dem Lagerplatz durchschnittlich 30 \mathcal{M}

**) 1 Ctr. Dynamit kostete durchschnittlich 120 \mathcal{M} ; auf 1 Ctr. sind 8 Ringe Zündschnur und 80 bis 100 Stück Zündhütchen zu rechnen.

Uebertrag 210 \mathcal{M}

Ausmauerung und Abdeckung des Wassercanals

einschl. Deckplatten u. dgl. 20 \mathcal{M}

für Steine, Kalk, Sand, Trafs, Cement 370 \mathcal{M}

verschiedene Kosten 80 \mathcal{M}

Summe 680 \mathcal{M}

k. Bauzeit und Fortschritt.

Die Bauarbeiten wurden auf der Südseite im Mai, auf der Nordseite im Juli 1874 in Angriff genommen.

Bis zur Inbetriebsetzung der Gesteinsbohrmaschinen erfolgte das Auffahren des Sohlstollens auf beiden Seiten sowohl von Tage, als auch von den bereits erwähnten 3 kleinen Schächten aus mit Ort und Gegenort.

Der Fortschritt an den verschiedenen Stollenörtern — während einer kurzen Zeit wurde der Stollen von 8 Oertern angegriffen — betrug 0,5 bis 0,8 m für jedes Ort und je 24 Stunden.

Auf der Südseite konnten im Mai und auf der Nordseite im August 1875 die Gesteinsbohrmaschinen in Thätigkeit gesetzt werden. Bis zu diesen Zeitpunkten waren durch Handbetrieb auf der Nordseite 694,50 lfd. m und auf der Südseite 331 lfd. m, also im ganzen bereits 1025,50 lfd. m Sohlstollen aufgeföhren.

Mit Hilfe der Gesteinsbohrmaschinen wurde anfangs vor jedem Ort ein monatlicher Fortschritt von 50 bis 60 m erzielt, welcher sich allmählich bis auf 90 m und auf der Nordseite, wo für die Förderung der Berge die sogenannte schiefe Ebene eine erhebliche Erleichterung schaffte, in den letzten Monaten bis 170 m steigerte. Ende April 1877 waren die beiden Stollenörter bereits so nahe an einander gerückt, daß es zur Sicherheit der Belegschaften geboten erschien, die Arbeiten an einem Orte, dem südlichen, einzustellen. Der Durchschlag erfolgte am 4. Mai. Am 15. Mai wurde dieses glückliche Ereigniß in Anwesenheit des damaligen Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten, des Herrn Oberpräsidenten der Rheinprovinz, der Vertreter der Königlichen Regierung in Coblenz, der Königlichen Eisenbahn-Direction in Saarbrücken und vieler anderer Gäste von nah und fern in einer der Größe des Werkes würdigen Weise gefeiert. Sieben Monate nach dem Stollendurchschlage, nämlich am 22. December 1877 wurde der Schlufstein in das Gewölbe eingefügt und acht Tage später, am Neujahrstage 1878, fuhr der erste Personenzug auf dem provisorischen Geleise durch den fertigen Tunnel.

Unter dem 30. Mai 1877 geruhten Se. Majestät der Kaiser zu genehmigen, daß dieses Bauwerk fortan den Namen führe:

Kaiser Wilhelm-Tunnel.

Der Bau der Moselbahn erfolgte seitens der Königlichen Eisenbahn-Direction zu Saarbrücken durch den Regierungs- und Baurath Früh. Das vorbeschriebene Bauwerk befand sich in der Abtheilung des Unterzeichneten und gelangte unter der besonderen Leitung des Sections-Baumeisters Schunk und des Sections-Ingenieurs Haupt zur Ausführung. Als Maschinen-techniker ist bei diesem Bau der Eisenbahn-Werkmeister Axer thätig gewesen.

Lengeling.

Kaiser Wilhelm-Tunnel bei Cochem.

Zur Werkstättenanlage. Fig. 1-5.

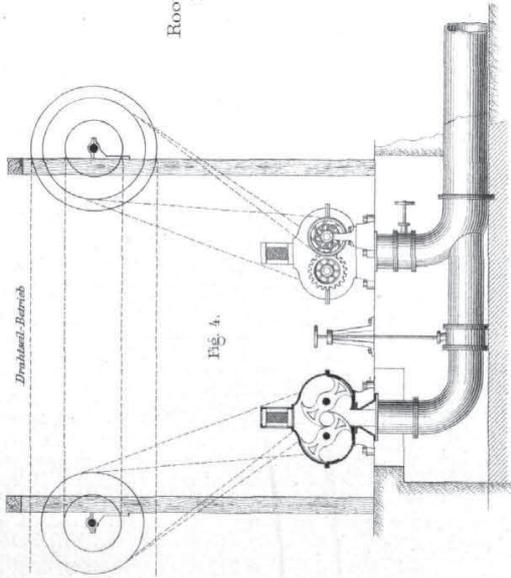


Fig. 4.

Root's Gebläse.
Fig. 4 u. 5.

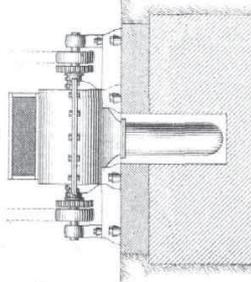


Fig. 5.

Bohrgestell.
Fig. 1-3.

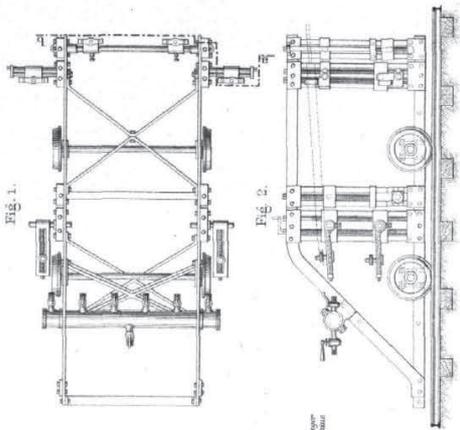
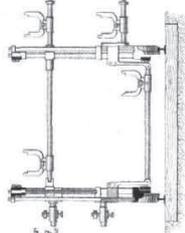


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.
Schnitt a b.



Wasserpumpe
resp. Ventilator
der Bohrmaschine

Fig. 7.

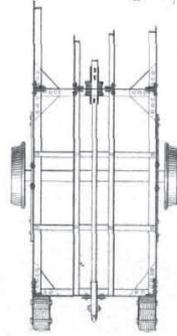


Fig. 6. Grundplan.
1:1750.

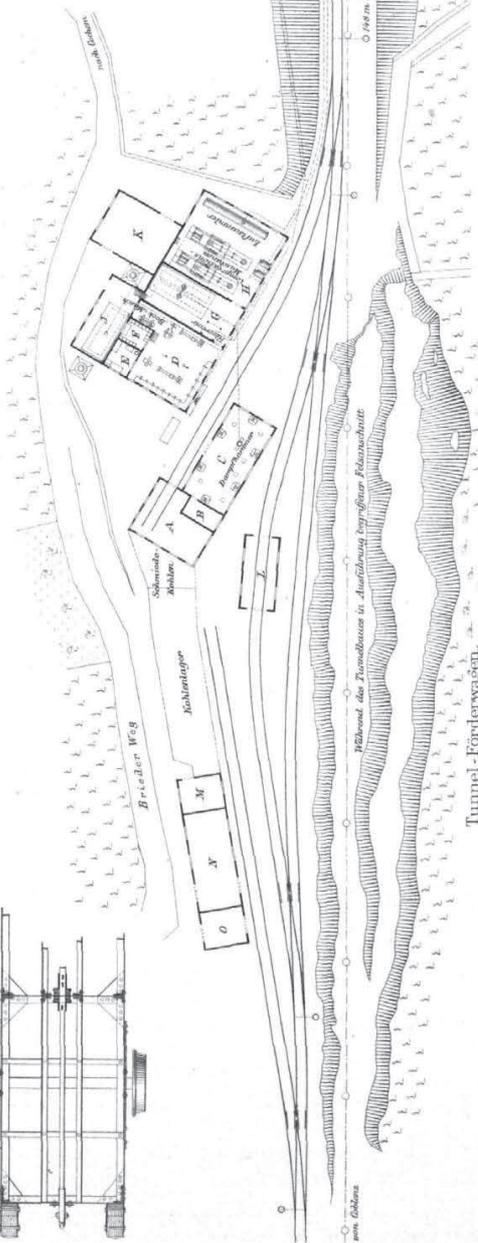


Fig. 7-9.

Fig. 8.

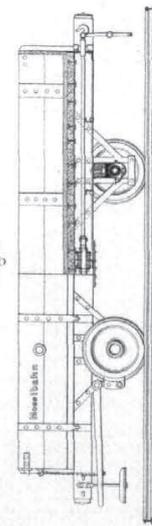
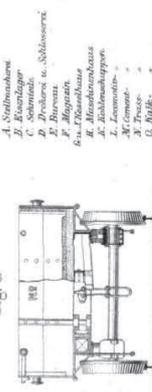


Fig. 9.



- A. Stahlwerk
- B. Eisenlager
- C. Schwefelmöhlen
- D. Kohlenlager
- E. Kohlenlager
- F. Maschinenhaus
- G. Maschinenhaus
- H. Maschinenhaus
- I. Maschinenhaus
- J. Maschinenhaus
- K. Maschinenhaus
- L. Maschinenhaus
- M. Maschinenhaus
- N. Maschinenhaus
- O. Maschinenhaus
- P. Maschinenhaus
- Q. Maschinenhaus
- R. Maschinenhaus
- S. Maschinenhaus
- T. Maschinenhaus
- U. Maschinenhaus
- V. Maschinenhaus
- W. Maschinenhaus
- X. Maschinenhaus
- Y. Maschinenhaus
- Z. Maschinenhaus

Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.



Kaiser Wilhelm-Tunnel bei Cochem.

Luftpressmaschine.

Fig. 1 u. 2. (1:445).

Fig. 1. Längenschnitt.

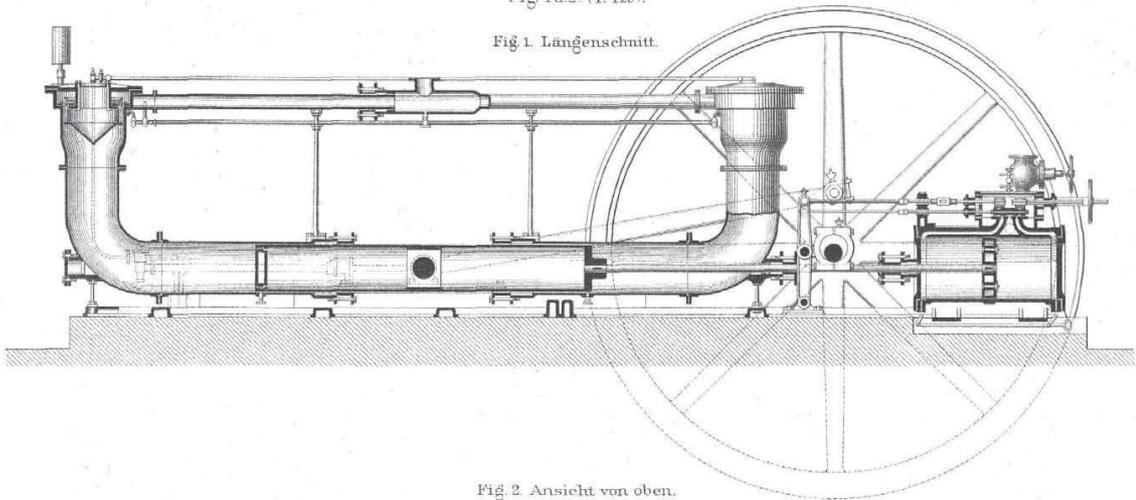
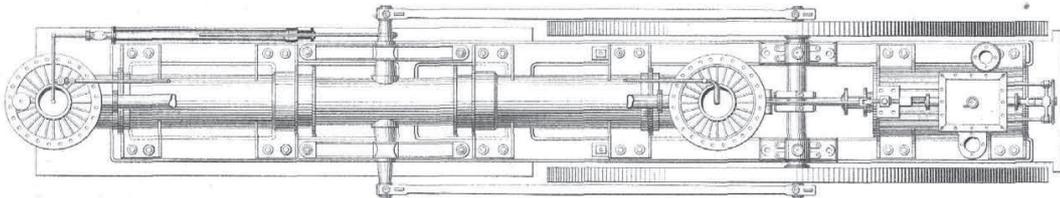


Fig. 2. Ansicht von oben.



Pumpe.

Fig. 3, 4, 6 u. 7.

Fig. 3. Querschnitt.
(1:30)

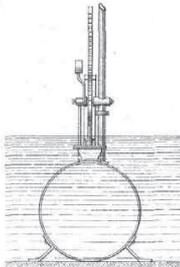


Fig. 4. Längenschnitt.
(1:30)

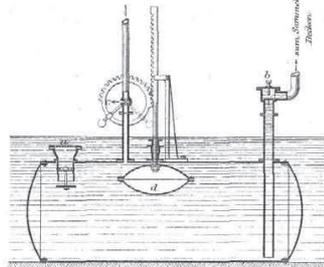
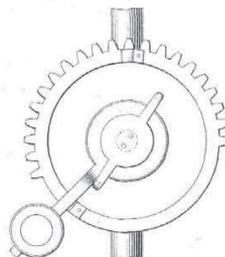
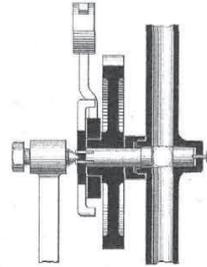


Fig. 6.



(1:75)

Fig. 7.



Bohrmaschine.

Fig. 5 u. 8-12 (1:15).

Fig. 8. Längenschnitt.

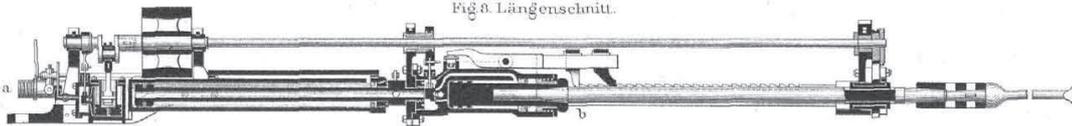


Fig. 9. Ansicht von oben.

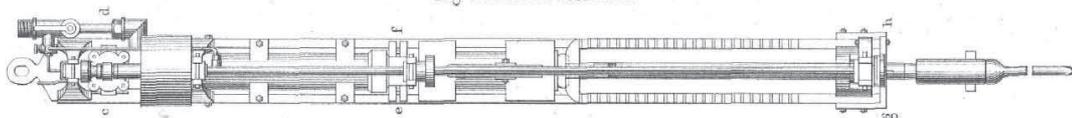


Fig. 5. Schnitt. a. b.

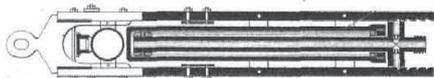


Fig. 10. Schnitt. c. d.



Fig. 11. Schnitt. e. f.



Fig. 12. Schnitt. g. h.



Kaiser Wilhelm-Tunnel bei Cochem.

Nordseite.

Schiefe Ebene zur Förderung der Sohlstollenbohrer.

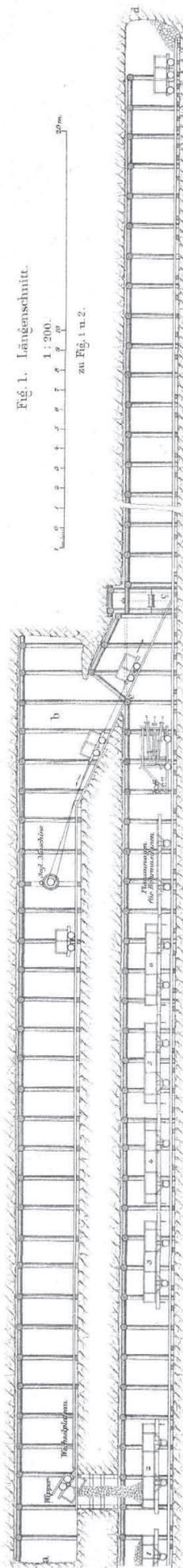


Fig. 1. Längenschnitt.

1 : 2000

zu Fig. 1 u. 2.

Fig. 2. Grundriss (abgeth).

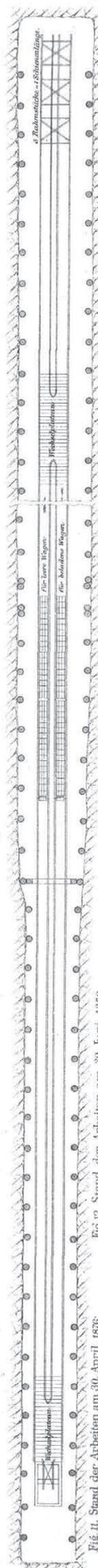


Fig. 11. Stand der Arbeiten am 30. April 1876: Sohlstollen 1222 m, Firststollen 910 m, Mauerung 607 m.

Fig. 12. Stand der Arbeiten am 30. Juni 1876: Sohlstollen 1335 m, Firststollen 1077 m, Mauerung 750 m.

Fig. 13. Stand der Arbeiten am 31. August 1876: Sohlstollen 1513 m, Firststollen 1166-150-5-4 = 1255 m, Mauerung 841 m.

Fig. 14. Stand der Arbeiten am 31. October 1876: Sohlstollen 1622 m, Firststollen 1304-48-66-4 = 1492 m, Mauerung 981 m.

Fig. 15. Stand der Arbeiten am 31. December 1876: Sohlstollen 1636 m, Firststollen 1987-44-53-4 = 1580 m, Mauerung 1027 m.

Fig. 16. Stand der Arbeiten am 28. Februar 1877: Sohlstollen 2022 m, Firststollen 1832-72-48-4 = 1722 m, Mauerung 1224-24-8-46 = 1229 m.

Stand der Arbeiten am Tage des Sohlstollendurchschlags (4. Mai 1877): Sohlstollen 2233.50 m, Firststollen 1878+42+22 = 1942 m, Mauerung 1883+30+20 = 1933 m.

Fig. 4. Sohl- u. Firststollen.

Fig. 5. Bogenort.

Fig. 6. Schweller vorbruch.

Fig. 7. Vollhausbruch.



Fig. 5. Bogenort. Anordnung der Bohrlöcher in der Stollenbohrer.

Fig. 6. Schweller vorbruch. Mauerung bei normalem Gebirge.

Fig. 7. Vollhausbruch. Mauerung bei starkem Druck.

Fig. 8. Anordnung der Bohrlöcher in der Stollenbohrer.

Fig. 9. Mauerung bei normalem Gebirge.

Fig. 10. Fertiges Tunnelmauerwerk.

Fig. 11. Stand der Arbeiten am 30. April 1876: Sohlstollen 1222 m, Firststollen 910 m, Mauerung 607 m.

Fig. 12. Stand der Arbeiten am 30. Juni 1876: Sohlstollen 1335 m, Firststollen 1077 m, Mauerung 750 m.

Fig. 13. Stand der Arbeiten am 31. August 1876: Sohlstollen 1513 m, Firststollen 1166-150-5-4 = 1255 m, Mauerung 841 m.

Fig. 14. Stand der Arbeiten am 31. October 1876: Sohlstollen 1622 m, Firststollen 1304-48-66-4 = 1492 m, Mauerung 981 m.

Fig. 15. Stand der Arbeiten am 31. December 1876: Sohlstollen 1636 m, Firststollen 1987-44-53-4 = 1580 m, Mauerung 1027 m.

Fig. 16. Stand der Arbeiten am 28. Februar 1877: Sohlstollen 2022 m, Firststollen 1832-72-48-4 = 1722 m, Mauerung 1224-24-8-46 = 1229 m.

Stand der Arbeiten am Tage des Sohlstollendurchschlags (4. Mai 1877): Sohlstollen 2233.50 m, Firststollen 1878+42+22 = 1942 m, Mauerung 1883+30+20 = 1933 m.

Fig. 11. Stand der Arbeiten am 30. April 1876: Sohlstollen 1222 m, Firststollen 910 m, Mauerung 607 m.

Fig. 12. Stand der Arbeiten am 30. Juni 1876: Sohlstollen 1335 m, Firststollen 1077 m, Mauerung 750 m.

Fig. 13. Stand der Arbeiten am 31. August 1876: Sohlstollen 1513 m, Firststollen 1166-150-5-4 = 1255 m, Mauerung 841 m.

Fig. 14. Stand der Arbeiten am 31. October 1876: Sohlstollen 1622 m, Firststollen 1304-48-66-4 = 1492 m, Mauerung 981 m.

Fig. 15. Stand der Arbeiten am 31. December 1876: Sohlstollen 1636 m, Firststollen 1987-44-53-4 = 1580 m, Mauerung 1027 m.

Fig. 16. Stand der Arbeiten am 28. Februar 1877: Sohlstollen 2022 m, Firststollen 1832-72-48-4 = 1722 m, Mauerung 1224-24-8-46 = 1229 m.

Stand der Arbeiten am Tage des Sohlstollendurchschlags (4. Mai 1877): Sohlstollen 2233.50 m, Firststollen 1878+42+22 = 1942 m, Mauerung 1883+30+20 = 1933 m.

Fig. 11. Stand der Arbeiten am 30. April 1876: Sohlstollen 1222 m, Firststollen 910 m, Mauerung 607 m.

Fig. 12. Stand der Arbeiten am 30. Juni 1876: Sohlstollen 1335 m, Firststollen 1077 m, Mauerung 750 m.

Fig. 13. Stand der Arbeiten am 31. August 1876: Sohlstollen 1513 m, Firststollen 1166-150-5-4 = 1255 m, Mauerung 841 m.

Fig. 14. Stand der Arbeiten am 31. October 1876: Sohlstollen 1622 m, Firststollen 1304-48-66-4 = 1492 m, Mauerung 981 m.

Fig. 15. Stand der Arbeiten am 31. December 1876: Sohlstollen 1636 m, Firststollen 1987-44-53-4 = 1580 m, Mauerung 1027 m.

Fig. 16. Stand der Arbeiten am 28. Februar 1877: Sohlstollen 2022 m, Firststollen 1832-72-48-4 = 1722 m, Mauerung 1224-24-8-46 = 1229 m.

Stand der Arbeiten am Tage des Sohlstollendurchschlags (4. Mai 1877): Sohlstollen 2233.50 m, Firststollen 1878+42+22 = 1942 m, Mauerung 1883+30+20 = 1933 m.

1:3000 für die Längen.

Maßstab zu Fig. 11-17.

1:750 für die Höhen.

Ernst & Korn, Berlin.

Inst. Inst. v. Bogdan Gasernus Berlin O.

Kaiser-Wilhelm-Tunnel bei Cochem.

Auszimierung bei normalen Gebirge.

Fig. 2.

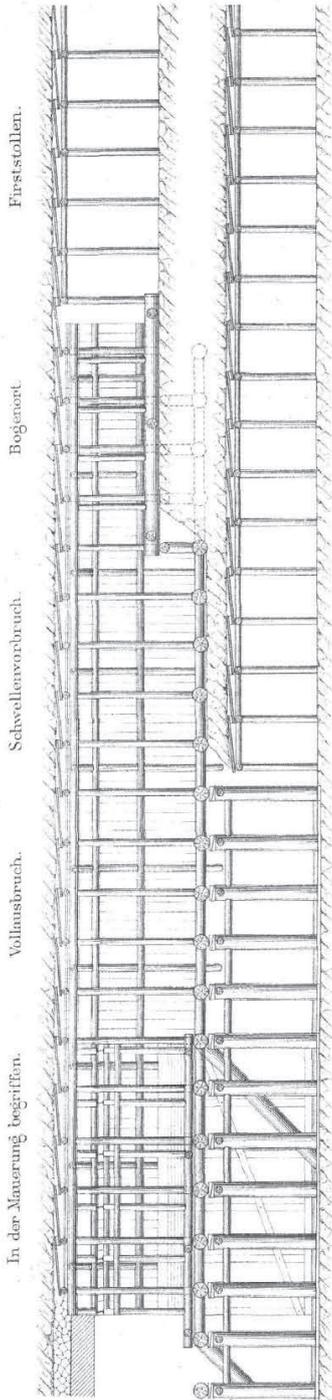


Fig. 1.

Querschnitt.

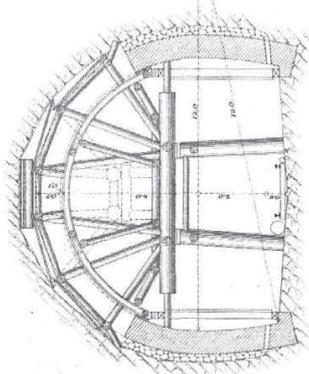
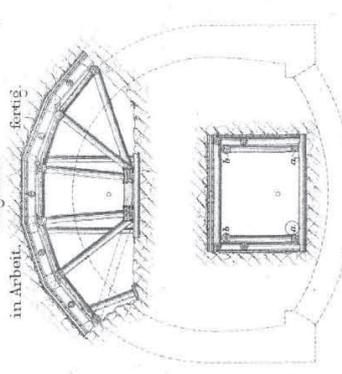


Fig. 3.

Bogenort

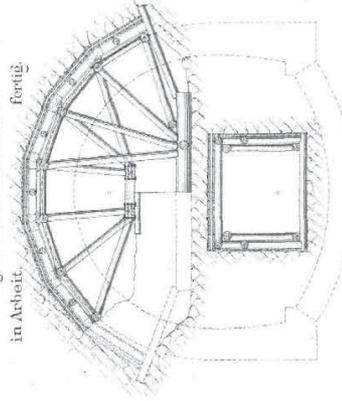


in Arbeit.

fertig.

Auszimierung bei starkem Drucke.

Fig. 4. Schwellenvorbruch

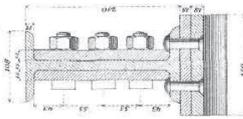


in Arbeit.

fertig.

Querschnitt der eisernen Sparrten.

1: 7.5.



Längenschnitt der eisernen Sparrten.

1: 7.5.

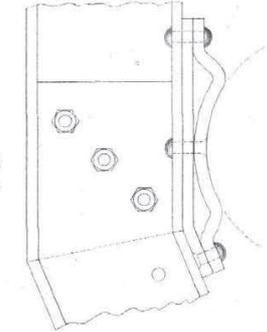


Fig. 6.

Querschnitt der Hilfsstütze II.

Durchsch. 1: 150.

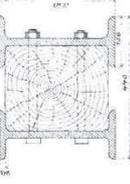


Fig. 7. Längenschnitt einer Strecke mit starkem Drucke.

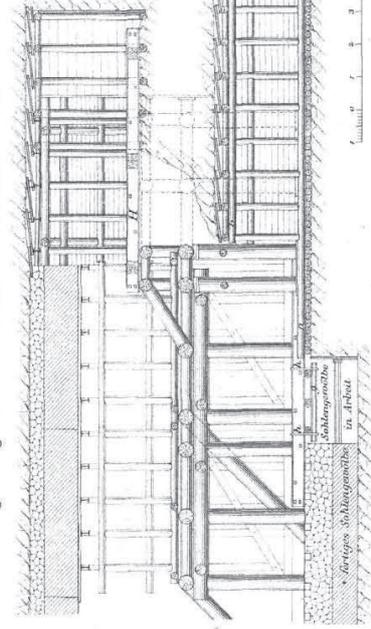


Fig. 8. Auszimierung und Ausrüstung während der Ausführung des Mauerwerks mit Sohlengewölbe.

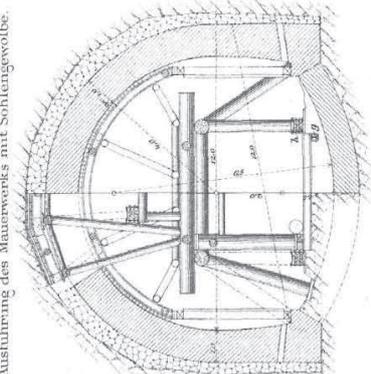
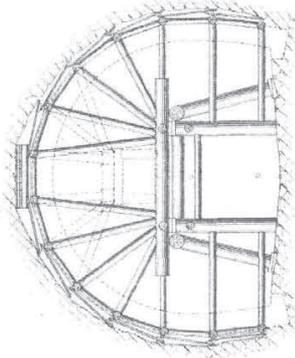


Fig. 9.

Auszimierung bei mittlerem Drucke.



Maßstab 1: 150.

20m