Zeitschrift: Die Eisenbahn = Le chemin de fer
Herausgeber: A. Waldner
Band: 2/3 (1875)
Heft: 24

Artikel: Der Bau des Gotthardtunnels
Autor: Kauffmann, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-3807

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

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

DIE EISENBAHN — LE CHEMIN DE FER

Schweizerische Wochenschrift für die Interessen des Eisenbahnwesens.

Journal hebdomadaire suisse pour les intérêts des chemins de fer.

Bd. II. ZÜRICH, den 18. Juni 1875. No. 24.

„Die Eisenbahn" erscheint jeden Freitag. – Correspondenzen und Reclamationen sind an die Redaction, Abonnements und Annoncen an die Expedition zu adressiren.

„Le Chemin de fer" paraît tous les vendredis. — On est prié de s'adresser à la Rédaction du journal pour correspondances ou réclamations et au bureau pour abonnements ou annonces.

Abhandlungen und regelmässige Mittheilungen werden angemessen honorirt.

Les traités et communications régulières seront payées convenablement.

Abonnement. — *Schweiz:* Fr. 10. — halbjährlich franco durch die ganze Schweiz. Man abonnirt bei allen Postämtern u. Buchhandlungen oder direct bei der Expedition.
Ausland: Fr. 12. 50 = 10 Mark halbjährlich. Man abonnirt bei allen Postämtern und Buchhandlungen des deutsch-österreichisch. Postvereins, für die übrigen Länder in allen Buchhandlungen oder direct bei Orell Füssli & Co. in Zürich.
Preis der einzelnen Nummer 50 cts.

Abonnement. — *Suisse:* fr. 10. — pour 6 mois franco par toute la Suisse. On s'abonne à tous les bureaux de poste suisses, chez tous les libraires ou chez les éditeurs.
Etranger: fr. 12. 50 pour 6 mois. On s'abonne pour l'Allemagne et l'Autriche chez tous les libraires ou auprès des bureaux de poste, pour les autres pays chez tous les libraires ou chez les éditeurs Orell Fussli & Co. à Zurich.
Prix du numero 50 centimes.

Annoncen finden durch die „Eisenbahn" in den fachmännischen Kreisen des In- und Auslandes die weiteste Verbreitung. Preis der viergespaltenen Zeile 25 cts. = 2 sgr. = 20 Pfennige.

Les annonces dans notre journal trouvent la plus grande publicité parmi les intéressés en matière de chemin de fer. Prix de la petite ligne 25 cent. = 2 silbergros = 20 pfennige.

INHALT: Der Bau des Gotthardtunnels. — Das Normalprofil des lichten Raumes für die schweizerischen Hauptbahnen. — Mémoire à l'appui de la demande de concession des embranchements Gingins-Nyon et Bière-Morges. — Gotthardtunnel. — Les accidents de chemins de fer en Angleterre 1874. — Kleinere Mittheilungen. — Anzeigen.
Beilagen. Eine Tafel: Normalprofil des lichten Raumes für die schweizerischen Hauptbahnen. — Text: Schlussbericht des Eisenbahn- und Handelsdepartements. Unfälle-Tabelle. — Bundesgesetz betr. den Transport auf Eisenbahnen.

Der Bau des Gotthardtunnels.

Von J. Kauffmann, Ingenieur.

(Mit 1 Tafel als Beilage.)*

In dem IV. und V. Hefte des vielverbreiteten Fachblattes „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins" ist ein von dem Ingenieur Fr. Rziha gehaltener Vortrag über das beim Gotthardtunnel angewandte Bausystem zur Veröffentlichung gelangt und später auch in andere Journale übergegangen.

Bei der eminenten Bedeutung des Bauwerkes selbst und dem Rufe, welchen sich Herr Rziha durch sein Werk „Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst" in Fachkreisen erworben hat, ist es erklärlich, dass dieser Vortrag das lebhafteste Interesse wachgerufen hat, um so mehr als das Urtheil des Hrn. Rziha ein für Ausführung und rechtzeitige Beendigung des Baues vollständig absprechendes genannt werden muss.

Ich habe nun Veranlassung genommen, den Bauvorgang in eingehender Weise zu prüfen, und es sei mir daher gestattet, meine Ansicht hierüber in Folgendem niederzulegen.

Das Urtheil des Herrn Rziha lässt sich kurz in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Der Unternehmer, Herr Favre, hat einen grossen Fehler gemacht, dass er den Betriebs-(Richt-)Stollen in die Firste, anstatt in die Sohle verlegte.
2. Wenn dieser Fehler nicht corrigirt, d. h. vom First- in den Sohlenstollen nicht übergegangen wird, kann der Tunnel nicht rechtzeitig fertig gestellt werden, überhaupt wird ein grosser Verlust an Zeit und Geld entstehen.

Diese Aussprüche werde nun durch verschiedene Schlüsse näher zu begründen gesucht, auf welche ich später zurückkommen werde.

Ich erachte es nun im Interesse einer möglichst klaren Darstellung liegend, den Bauvorgang mit Sohl- und alsdann mit Firststollen im Allgemeinen nach einander vorzuführen, indem es auf diese Weise gelingen dürfte, die Vor- und Nachtheile der beiden Systeme übersichtlich einander gegenüber zu stellen.

* Wird dem Schluss in nächster Nummer beigelegt.

I. Bau mit Sohlstollen.

Als Fundamentalsatz muss vorangestellt werden, dass beim Bau von Alpentunnels zuerst die Zeit und dann das Geld in Betracht kommt. Die mit Unternehmern von Alpentunnels abzuschliessenden Verträge werden es daher jenen zur Hauptaufgabe machen, in kürzester Zeit die Tunnels zu vollenden, und da, wie wir weiter sehen werden, die Vollendung vom Fortschritte des Hauptstollens abhängt, so wird ein Unternehmer diesen möglichst, d. h. mit Anwendung von Maschinenbetrieb zu forciren suchen.

Die in dieser Hinsicht günstigsten Dimensionen für den Hauptstollen sind nun circa 2.40 Meter Höhe und Breite. Die Sohle des Stollens mit der Betriebsbahn wird auf die Planietiefe gelegt. Damit das Bahnlegen vor Ort möglichst rasch geschehen kann, werden dort Geleisabschnitte von 1 und 2 Meter Länge mit eisernen Querschwellen verwendet, wodurch man in Betreff der Höhenlage eine leichtere Regulirung erzielen kann; bei der definitiven Schienenlage werden alsdann diese Abschnitte gegen ganze Schienen mit hölzernen Querschwellen ausgetauscht.

Der Wasserabzugscanal kann nun keineswegs sofort mittelst Maschinenbetrieb ausgebrochen, sondern höchstens eine kleine Mulde (Fig. 1) von ca. 0.30 Meter Tiefe ausgeschossen werden, wie dies eine Zeit lang am Mont-Cenis geschah.

Nach dem Vorgange im letztern Tunnel liegen für den Maschinenbetrieb schmiedeiserne Röhren von 0.10 Meter Weite an der Stollenwand möglichst gut mit Schutt überdeckt; soweit die Mauerung vollständig fertig, können 0,20 Meter weite gusseiserne Röhren mittelst eiserner Hacken an einem Widerlager aufgehängt oder aber längs der Mauerung auf die Sohle gelegt werden.

Aus Fig. 2 ist der Bauvorgang vom Stolleneinbruch bis zur Fertigstellung der Mauerung ersichtlich, wie solcher im festen Felsen in rationeller Weiser vorgenommen wird (Verfahren am Mont-Cenis und in der Muschelkalkformation am Hauenstein.) Nachdem nämlich der Stollen mit Bohrmaschinen vorausgetrieben, wird mit der allmäligen Erweiterung per Hand in die Breite und mittelst Fussgerüste in die Höhe begonnen. Beträgt diese Ausweitung ca. 3 Meter im Geviere, so müssen Stollenbäue eingestellt werden, da das gelöste Gebirge und die Fussgerüste die Passage auf der Betriebsbahn unmöglich machen würden. Die Kappen der Stollenbäue werden daher mit starken Bohlen bedeckt und darauf das gelöste Gebirge der obern Profilhälfte zurückgehalten. Von Zeit zu Zeit werden wegen der Volumvermehrung der gelösten „Berge" dieselben in die unten auf der Bahn stehenden Wagen geworfen und mit der Ausweitung so fortgefahren, bis das ganze obere Profil ausgeweitet ist, worauf die gänzliche Leerung über den Stollengevieren erfolgt und an die Ausweitung der Strosse gegangen werden kann. Erscheint ein Einbau der Decke nöthig, so wird dieser vorher vorgenommen und nach gänzlicher Ausweitung mit der Aufmauerung der Widerlager begonnen, welcher das Gewölbe und zuletzt der Canal folgt.

Ich habe oben erwähnt, dass dieser Vorgang bei felsigem Gebirge als zweckmässig bezeichnet werden muss, indem bei der Ausweitung die Schüsse nirgends in gespannten Felsen eingesetzt werden, wie diess bei einem Stolleneinbruch der Fall ist. Je nach der Härte und Zähigkeit des Gesteins erzielt man einen grössern oder geringern Fortschritt der ganzen Front und darf derselbe bei Granit und Gneiss pro 24 Stunden zu 0,30 bis 0,40 Meter angenommen werden. Wenn man daher dem Stollen gleichmässig folgen will, so bedarf es bei einem Fortschritte des erstern von täglich 3 Meter, 8 solcher Angriffspunkte und ist es daher nöthig, stets 4 Aufbrüche nach beiden Seiten zu betreiben. Wenn die Maurer den Mineurs direct folgen, wie es in der Zeichnung Fig. 2 angenommen, so ist ein Arbeitsfeld etwa 40 Meter lang und beträgt die Ausdehnung der 8 Arbeitsfelder zusammen 320 Meter; man wird daher die Entfernung der Aufbrüche nicht unter 100 Meter nehmen. Hiezu kommen noch 2 weitere Aufbrüche vorzubereiten, wodurch das ganze Arbeitsfeld inclusive des unteren Stollens eine Länge von gegen 700 Meter erhält. Dabei ist — wie oben erwähnt — immer angenommen, dass die

Maurer und Mineurs sich stets folgen und nicht sich gegenseitig ablösen, welch' letzteres Verfahren womöglich desshalb immer angewendet werden sollte, damit während des Abfeuerns der Minen die Maurer nicht auch den Bauplatz zu verlassen haben, um sich gegen Sprengstücke zu schützen; in letzterm Falle würde die Arbeitsstrecke selbstverständlich etwa $1^1/_2$ mal so lang.

Nachdem wir nun den für Felsen rationellsten Arbeitsvorgang mit Sohlstollenbetrieb kennen gelernt haben, ist es Zeit, einen Hauptfactor, nämlich die Ventilation in's Auge zu fassen. Selbst unter der Voraussetzung, es werde nur Schwarzpulver verwendet, würde, abgesehen von der grossen Hitze in den Aufbrüchen trotz kräftiger Ventilation an allen Arbeitsstellen, wo der obere Stollen noch nicht durchschlägig geworden, eine so dichte Atmosphäre erzeugt, dass die Maurer und Mineurs nur sehr mühsam arbeiten können, da aller Rauch nur in dem Mass der ausströmenden comprimirten Luft verdünnt wird und von dem obern Tunneltheil in den Sohlstollen verdrängt werden muss.

Heutigen Tages werden jedoch keine Alpentunnels mehr mit Schwarzpulver aufgeschlossen, wie diess am Mont-Cenis mittelst comprimirtem Pulver der Fall war, sondern mit dem weit wirksamern Mittel des Dynamits, der vor Ort in Portionen von etwa 1 Kilogramm per Bohrloch von 1,10 Meter Tiefe verbraucht wird. Nur mit Benutzung dieses letztern Sprengstoffes ist es möglich, die Zahl der Bohrlöcher auf mindestens die Hälfte zu reduciren (im Granit im Maximum 24 per „Angriff") und diesen bedeutenden Stollenfortschritt zu ermöglichen, wie solcher am Gotthard erzielt wird, wenn auch hieran immerhin die stete Verbesserung der Bohrmaschinen einen erheblichen Antheil hat. Setzen wir also die Anwendung von Dynamit bei allen Minirarbeiten voraus, welche in so harten und zähen Felsarten wie Granit, Gneiss, Hornblende etc. auch bedeutenden finanziellen Vortheil gegenüber dem Schwarzpulver gewährt, so genügt ein nur kurzes Verweilen an Ort und Stelle nach dem Abfeuern im Richtstollen, um zur Ueberzeugung zu kommen, dass der oben beschriebene Bauvorgang einfach unmöglich ist und man zu dem Mittel übergehen muss, den schädlichen Gasen ausser der künstlichen Verdrängung auch den natürlichen Abzug zu verschaffen.

Es ist ein Irrthum anzunehmen, dass das Ausströmen von comprimirter Luft die verschiedenen Arbeitsstellen sofort reinige; diess ist am Stollenort allerdings in kurzer Zeit der Fall, nicht aber in den vielen Ausbrüchen, wo überhaupt nur eine Verdünnung der Dämpfe bis zu einem gewissen Grade möglich ist, der noch immer Betäubungen der Arbeiter verursacht und zum Einstellen der Arbeit in solchen oben geschlossen Arbeitsräumen überhaupt zwingt.

Wenn nun aber dieser im Felsen sonst übliche Baubetrieb bei Anwendung von Dynamit nicht möglich ist, so entsteht die Frage, wie alsdann vorgegangen werden soll, und hier präsentirt sich zunächst der Gedanke, vom untern in den obern Stollen mittelst Maschinen in 2 Etagen aufzuschlitzen, ein Verfahren, welches auch am Mont-Cenis in den letzten Jahren zur Anwendung kam (Fig 3). Der Stollen muss natürlich auch hier nachträglich eingebaut werden. Ueber den Kappen liegt die Bahn für die mittlere Etage und auf abgeschossenem Schutte wird die Bahn für die obere Etage zurecht gelegt und auf diese Weise von der Planietiefe bis zur First durchgeschlitzt. Da nun die Förderung aus den obern 2 Etagen abhängig von der Förderung im untern Stollen ist und durch die heftigen Dynamitschüsse der Einbau des untern Stollens häufig durchschossen werden wird — wodurch Aufenthalte in der Regulirung der obern Bahnen entstehen, abgesehen von Hindernissen in der Förderung vor Ort — so ist es einleuchtend, dass der Fortschritt in den obern Etagen mit denjenigen des Richtsollens bei Weitem nicht gleichen Schritt halten kann, daher man auch am Mont-Cenis bei einem viel geringern Stollenfortschritte genöthigt war, ausser einem solchen maschinellen Angriff noch zwischenliegende Ausbrüche per Hand zu betreiben. Damit kehrt man aber zu dem vorhergehenden Verfahren theilweise zurück, welches absolut unthunlich ist.

Es bleibt somit nichts anderes übrig, als einen Firststollen unabhängig vom Richtstollen zu treiben, d. h. dasjenige Verfahren anzuwenden, welches in weicheren Gebirgsarten üblich ist und wie es Herr Rziha auch am Gotthard angewendet wissen will. Geschieht dies per Hand und mittelst Aufbrüchen, so muss der Firststollen an mindestens 5 Stellen betrieben werden; dazu kommen zwei stets in Arbeit befindliche Aufbrüche. Wenn nun auch bei der massenhaften Production comprimirter Luft alle diese Stollen und Aufbrüche ventilirt werden können, um eine ungestörte Arbeit zu ermöglichen, und wenn die Ausweitungen und Mauerungen in Folge hievon nur bei ununterbrochenem Firststollen vorgenommen werden, so müssen alle Dämpfe von sämmtlichen Stollenarbeiten den rückwärts liegenden untern Stollen passiren, bis sie an der ersten Ausweitung, resp. dem ersten Schüttloch in den durchschlägig gewordenen obern Stollen steigen. Der Vorgang wird sich nach Fig. 4 gestalten. Hieraus ist ersichtlich, dass alle Mineur- und Maurerpartien, wenn sie an der obern Ausweitung oder am Gewölbe arbeiten, allen wenn auch verdünnten Rauch von den vorwärts liegenden Stollen und Ausweitungen zu ertragen haben. Nach meinen Erfahrungen sind nun schon bei einem Dynamitverbrauche von nicht 10 % des am Gotthard verwendeten Quantums Betäubungen und Erkrankungen vorgekommen und halte ich diesen Arbeitsvorgang wenn auch nicht absolut so doch practisch unmöglich.

Selbst bei dem möglichst besten Verfahren in Bezug auf Ventilation, wie am Gotthard, ist trotz dem massenhaften Ausströmen von comprimirter Luft durch die ausgedehnte Maschinenbohrung namentlich bei weiterm Vordringen noch eine zweite künstliche Ventilation nöthig und ist solche ähnlich wie s. Z. am Mont-Cenis mittelst Glockenapparaten eingeleitet, durch welche die schlechte Luft von der Tunnelfirst angesaugt wird. Die Wirkung dieser Aspiratoren wird sich so gestalten, dass per Minute 500 Cubikmeter Luft um 0,15 Meter Wassersäule verdünnt aus dem Tunnel gezogen werden. Die Röhrenleitung hiefür wird sich am Gotthard bis zunächst vor den in Mauerung begriffenen Stücken unter den Lehrbogen hindurch erstrecken, so dass nicht nur für sämmtliche Mineurs, sondern auch für die Maurer bestens gesorgt ist, während bei einem Tunnelbetriebe, wo an verschiedenen durch das nicht ausgeweitete Tunnelprofil getrennten Stellen gemauert wird, die Aspiratorleitung selbstverständlich nur bis zur ersten Maurerpartie, vom Tunneleingange gerechnet, geführt werden kann. Ich behaupte daher, dass aus Gründen der Ventilation das von Herrn Rziha vorgeschlagene System — maschineller Betrieb des Sohlstollen und Aufbrüche und Ausweitungen per Hand nach Fig. 4 — undurchführbar und dass man genöthigt ist, die Ausweitung der Gewölbkappe ununterbrochen vorzunehmen, ehe die Wölbung daselbst erfolgen kann. Damit sind wir aber, was die Minirarbeiten der oberen Etage anbelangt, bei dem Vorgang im Gotthardtunnel angelangt.

Nachdem nämlich der obere Stollen vorausgetrieben, müssen aus dem vorerwähnten zwingenden Grunde die Segmentabschnitte 3 in Fig. 5 zuerst ununterbrochen, alsdann können rückwärts die Zwischenwand 4 und die seitlichen Erweiterungen 5 in der Sohle ausgeschossen werden, je nachdem man die belgische oder eine Methode mit Vollaushub des Profiles (englische oder österreichische) für die Mauerung anwenden will. In beiden Fällen kann die Aspiratorleitung bis zur weitest vorgerückten Maurerpartie geführt und so der Tunnelrauch vor der letzteren ausgesaugt werden. Immerhin ist es nicht gleichgültig, welche Quantität Rauch auszuziehen ist, d. h. es ist nicht gleichgültig, ob vor der Mauerung her nur das Segment für die Gewölbkappe oder das Vollprofil ausgeschossen wird.

Es ist daher in Betreff der Ventilation keineswegs ein Fehler, wie Herr Rziha meint, dass die belgische Methode am Gotthard zur Anwendung kommt, abgesehen von andern Gründen, welche wir später kennen lernen werden.

Die Röhrenleitung für diese Aspiratoren wird zweckmässiger Weise aus Pappdeckel gefertigt, da alsdann die unvermeidlichen Reparaturen am leichtesten vorgenommen werden können.

Zum Zwecke der Luftleitung in dem obern Stollen, ob solcher von Hand oder Maschine betrieben wird, ist die Zwischenwand 4 von Zeit zu Zeit zu durchbrechen, was übrigens schon im Interesse einer wohlfeileren Förderung in jedem Ring von circa 9 Meter Länge mit einem Schüttloch zu geschehen hat. Die Segmentabschnitte 3 können auch mit Maschinen auf festem Gestell, die Wand 4 muss per Hand und die Strossensätze 5 können per Hand oder theilweise per Maschine gebohrt werden. Hiebei ist die Härte des Gesteines maassgebend und ferner der Umstand, ob das Gebirge wasserreich ist oder nicht, indem im erstern Falk Maschinenarbeit sich weit weniger beschwerlich vollzieht, als Handarbeit.

Die Mauerung des Canales folgt zuletzt dem fertigen Tunnel nach, nachdem das Hauptgeleise seitlich verlegt worden.

II. Bau mit Firststollen.

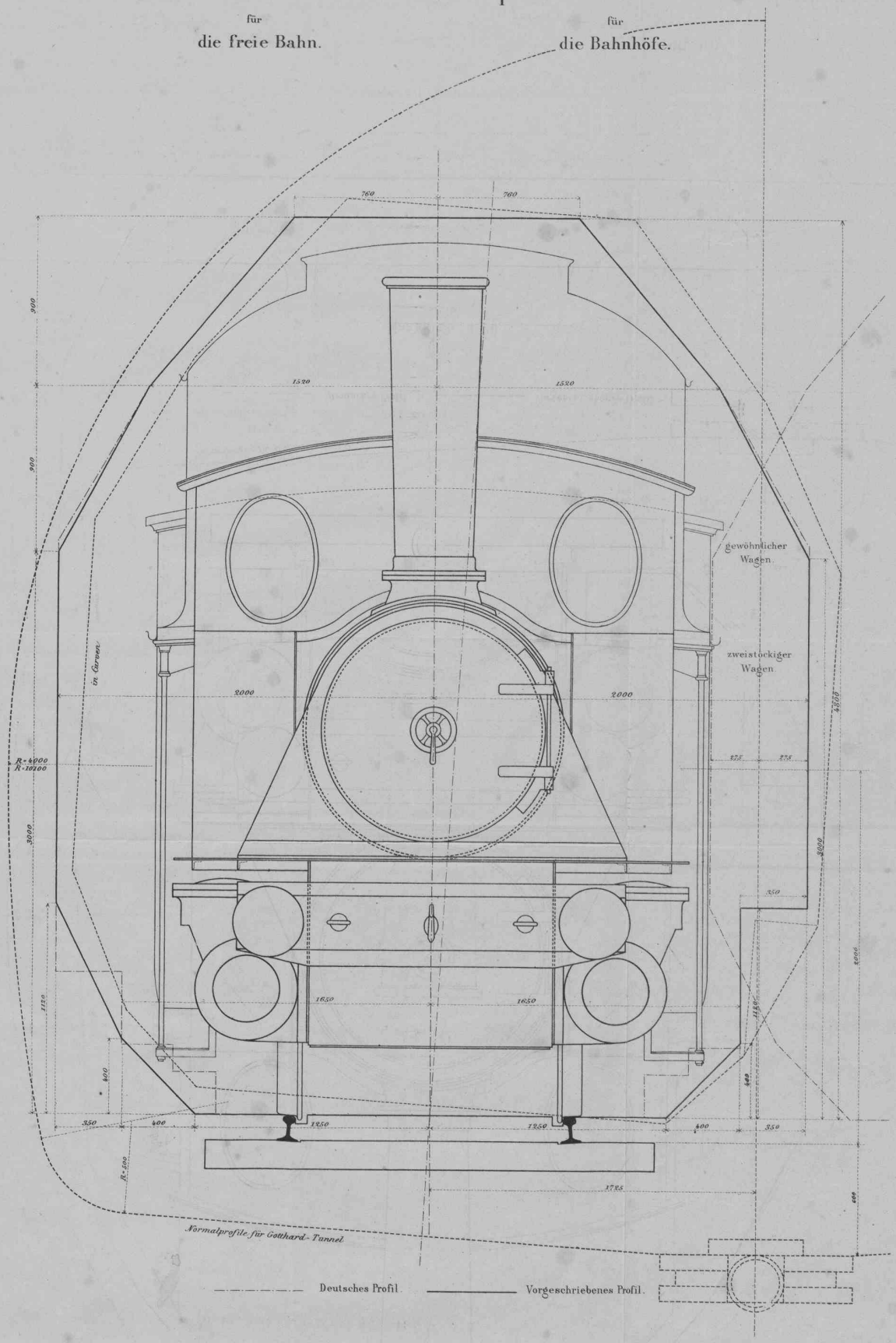
Aus Fig. 6, 7, 8, 9 und 10 ist der ganze Vorgang ersichtlich, in welcher Reihenfolge die einzelnen Arbeiten vorgenommen werden. Dem Hauptstollen in der First, sogenannter Richtstollen, folgen in angemessenen Entfernungen (Wurfweite der Dynamitminen circa 150 Meter) die seitlichen Erweiterungen ganz wie unter I. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Systemen liegt aber darin, dass statt des untern Stollens ein Sohlenschlitz bis zur Planietiefe getrieben wird, welcher den Erweiterungen

L. Blotnitzki, Oberingenieur. Technisches Inspektorat.

NORMAL-PROFIL DES LICHTEN RAUMES

für die schweiz. Hauptbahnen

für die freie Bahn. für die Bahnhöfe.



Maasstab 1:20.

Lith. von O. Kümmerly, Bern.

Seite / page

leer / vide / blank

der First in circa 150 Meter folgt. Da dieser Schlitz etwa 4 Meter hoch ist, so muss er in zwei Etagen getrieben werden und wird am Gotthard der obere 1,50 Meter hohe Theil per Hand oder mit einzelnen vertical arbeitenden Maschinen Mac Kean auf beweglichem Gestell, der untere 2,50 Meter hohe Theil mit Maschinen auf festem Gestell abgetrieben. Es ist nun einleuchtend, dass ein Schlitz, der nur nach drei Seiten verspannt ist, leichter zu treiben ist, als ein completer Stollen und dass man daher im ersteren mindestens denselben Fortschritt erzielen kann, wie in letzterem. Man könnte auch den obern Theil des Schlitzes mit Maschinen auf festem Gestell abtreiben, wodurch man einen grössern Fortschritt zu erreichen im Stande wäre. Die Erweiterung der Strosse kann per Hand oder auch mit Zuhülfenahme von Maschinen geschehen, wie letzteres am Gotthard beabsichtigt ist.

Die Mauerung der Gewölbekappe folgt rückwärts dem Sohlenschlitz ebenfalls circa 150 Meter und um dieselbe Entfernung rückwärts die Erweiterung der Strosse und zuletzt das Ausschiessen und Mauern des Canales. Da, wo mit Bestimmtheit die Nothwendigkeit eines oder beider Widerlager vorausgesehen werden kann, wird der Sohlschlitz seitlich eingetrieben und das betreffende Widerlager vor Ausführung der Gewölbekappe aufgemauert. Ein Beispiel hievon liefert das östliche Widerlager auf der Nordseite des Gotthardtunnels, während dort das westliche in Folge des Streichens und Fallens der Schichten ohne Mauerung belassen werden kann. Die Förderung ist aus den Fig. 6—10 ersichtlich. Bei vollständiger Durchführung des Betriebes gestaltet sich dieselbe folgendermaassen:

Die vollen 0,90 Cubikmeter haltenden seitlich leerenden Rollwagen des Richtstollens und dessen seitlichen Erweiterungen werden in zwei hölzerne Schläuche S Fig. 10 ausgekippt, welche über dem Hauptgeleise des Sohlschlitzes eingesetzt sind. Ein „Angriff" (Stollenlänge von 1,10 Meter) im Richtstollen füllt z. B. 10 Wagen, welche in einem Zuge zu den Schläuchen verbracht und dort nach einander geleert werden; der laufende Meter der Segmentabschnitte gibt je 10 Wagen und es ist selbstverständlich, dass die Förderung der „Berge" sofort an allen Stellen unmittelbar nach dem Abfeuern der Minen zu geschehen hat, und dass in den Nebengeleisen der obern Etage genügend Wagen in Bereitschaft zu halten sind.

Die in Mauerung begriffenen Längen befinden sich rückwärts dieser Schläuche Fig. 10; an Stellen jedoch, wo ein Einbau nöthig ist, wird das Gewölbe zweckmässiger Weise vor dem Sohlschlitz ausgeführt wie dies z. B. gegenwärtig in Airolo im Glimmerschiefer der Fall ist.

Da bei Anwendung des belgischen Systems zu beiden Seiten der Hauptbahn im Sohlschlitz kein Raum für die Ablagerung der Maurermaterialien vorhanden ist, so müssen solche auf Plattwagen in die obere Etage verbracht werden. Dies geschieht durch einen Elevator verbunden mit einem Accumulator. Die mittelst comprimirter Luft betriebenen Maschinen des letztern bewirken per Stunde 8 Hebungen beladener Steinwagen, während für den laufenden Meter Tunnelgewölbe 6 Wagenladungen nöthig sind. Ausser den Materialien für die Mauerung passiren aber alle reparaturbedürftigen Gestelle, Maschinen, Wagen, Bohrer etc. den Elevator, der jedoch selbst bei einem Fortschritt von täglich 4 Meter Mauerung nicht genügend beansprucht ist. Um des ununterbrochenen Betriebes sicher zu sein, ist eine Reservemaschine für den Accumulator aufgestellt. Aus Fig. 10 ist ersichtlich, dass alle Schuttwagen für die obere Etage und den Sohlschlitz durch den Elevator zu fahren haben und dass daher in der Nähe desselben ein Zweiggeleise für die Maurermaterialien auf der Sohle anzulegen ist. Alle 2—3 Monate muss der Elevator nebst Accumulator vorwärts versetzt werden und zwar in der Regel an die Ausweichstellen der Bohrgestelle des Sohlschlitzes, indem man beide auf Rollwagen an die vorher präparirte Stelle schafft. Diese Dislocation nimmt 1—2 Tage Zeit in Anspruch und müssen zuvor Steine, Maschinen etc. im Vorrath beigeführt werden. Im Nothfall kann man sich auch einer in der obern Etage aufgestellten Hebemaschine bedienen. Ebenso werden die hölzernen Schüttschläuche, welchen man eine dem Material entsprechende Neigung gibt, alle 2 Monate vorwärts versetzt.

Sämmtliche Wagen werden durch Locomotiven mit comprimirter Luft betrieben, bis zum Elevator gebracht und dann durch Pferde zu den Schläuchen gezogen. In der obern Etage wird der Transport theils per Pferd, theils per Hand ausgeführt. Soweit der Sohlschlitz getrieben, ist das Transportgeleise oben seitlich gelegt, und um dort genügend Platz zu haben, wird ersterer nicht in der Mitte, sondern mehr der Tunnelwand entlang eingetrieben.

Die Röhrenleitung hat folgende Lage: Von den Luftreservoirs münden 0,20 Meter weite gusseiserne Röhren aus, die sich längs des fertigen Widerlagers auf der Kämpferhöhe hinziehen; im Sohlschlitz liegen 0,15 Meter weite schmiedeiserne Röhren, in der Nähe der Maschinenbohrung zweigen solche in die Sohle des Firststollens ab, wo sie der Hauptbahn entlang liegen; vom 2. Bohrgestell bis vor Ort kommen 0,10 Meter weite schmiedeiserne Röhren zur Verwendung. Zum Schutze gegen Beschädigungen durch Sprengstücke werden alle Röhren durch Schutt bedeckt und nur höchst selten findet eine Auswechslung in Folge Beschädigung statt, was bei gusseisernen Röhren sehr häufig der Fall wäre. Die Röhrenleitung der obern Etage bleibt daher in derselben Lage erhalten, wie sie sich beim Treiben des Richtstollens ergibt, und nur in dem Maass, als sämmtliche Arbeiten vorrücken, werden die engeren Röhren gegen weitere ausgewechselt, resp. entfernt, da selbstverständlich bei Erweiterung des Sohlschlitzes sowohl die auf dem Satze liegenden Röhren als die Bahn weggenommen sein müssen.

III. Vergleichung beider Verfahren mittelst Richtstollen auf der Sohle und in der First.

Unter I habe ich gezeigt, dass aus Gründen des vor Allem maassgebenden Factors — der Ventilation — der Bau eines Alpentunnels in festem Gestein von in der First abgeschlossenen Angriffspunkten aus absolut unmöglich, ferner das bei längern Tunnels in der Regel übliche Verfahren, wie solches in Fig. 4 dargestellt ist, und wie es Herr Rziha vorschlägt, practisch unthunlich und dass man der Ventilation wegen gezwungen ist, principiell zu dem am Gotthard eingeführten Betriebe des Tunnelabbaues überzugehen, wonach das Segment ohne Unterbrechung auszuschiessen ist, ehe jeweilen das Gewölbe ausgeführt werden kann, da sonst die bei weiterem Vorrücken für die Mauerung absolut nothwendige Aspiratorenleitung nicht durchführbar wäre.

Nehmen wir aber einen Augenblick an, der Tunnelbetrieb nach Fig. 4 sei möglich, so ergibt sich bei der grossen Zahl von Arbeitsstellen eine so schwierige Förderungsweise, dass es in dem festen Gesteine des Gotthard unmöglich ist, monatlich 100 bis 120 Meter Tunnel zu bewältigen. Es ist nämlich eine Erfahrungssache, dass, je mehr Arbeitsstellen vorhanden, desto mehr Hindernisse und Störungen eintreten. In vorliegendem Falle hat man, inclusive der Aufbrüche vom untern in den obern Stollen, Aufschiessen von Schuttlöchern mindestens 25 Arbeitsstellen für Mineurs und Maurer; wohl die Hälfte dieser Arbeitsstellen hat mit jedem Zug leere Schutt- und volle Steinwagen zu erhalten, die bei der Einfahrt in richtiger Ordnung einzuschalten und bei der Rückfahrt in separate Geleise auszuscheiden sind. Die Aufbrüche und die Schuttlöcher werden im untern Stollen auf Gerüsten erstellt, die bei jedem Zug entfernt werden müssen. Von den vielen Ausbrüchen befinden sich ferner mindestens zwei in dem Stadium, dass die Scheidewand zwischen beiden Stollen zu durchschiessen ist; häufig haben nun die Sprengstücke dieser Partie ein so grosses Volumen, dass sie den Verkehr in dem untern Stollen abschliessen und erst wieder durch Bohren und Schiessen zerkleinert werden müssen. Bei der grossen Anzahl Mineurs gebietet nun ein zweckmässiges Arbeiten das Abschiessen von Minen nicht zu gewissen Zeiten, sondern fast ununterbrochen vorzunehmen und haben sich die betreffenden Mannschaften (Mineurs, Maurer und Förderleute) ausser Schussweite zu flüchten.

Man kann sich nun leicht eine Vorstellung machen, dass durch diese vielfachen Hindernisse bedeutende Zeitverluste entstehen, so dass die nothwendige Zahl von Transportzügen selbst bei grösster Eile unmöglich ist. Selbstverständlich wirken aber diese vielfachen Erschwerungen nicht allein in Betreff der Zeit, sondern auch der Kosten sehr ungünstig ein und muss sich dagegen ein Bauvorgang empfehlen, bei welchem diese Hindernisse wegfallen. Diess wird erreicht, wenn man die maschinelle Bohrung in möglichst ausgedehntem Maass wie am Gotthard anwendet, um so mehr, wenn diese an und für sich wohlfeiler wird als Handbohrung, wie es bei Granit und Gneiss thatsächlich der Fall ist, nachdem die allgemeinen Installationen für Maschinenbohrung des Richtstollens erstellt sind. Ich widerspreche hier der Behauptung des Herrn Rziha, dass für die Ausweitung am Gotthard Maschinenbohrung theurer sei als Handbohrung, und habe vorhin erwähnt, dass die Härte des Gesteins hierbei ein maassgebender Factor ist. Im Muschelkalk habe ich z. B. Handbohrung wohlfeiler gefunden als Bohrung mit Maschinen auf beweglichem Gestell, im Granit und Gneiss findet aber das Umgekehrte statt und kann diess am Gotthard durch Zahlen nachgewiesen werden, wovon ich weiter unten sprechen werde.

Wenn wir nun eine Vergleichung zwischen I (worunter wir

für die Folge maschinellen Betrieb eines Sohl- und Firststollens verstehen) und II betreffs der Bauzeit anstellen, so hängt die Vollendung des Tunnels in beiden Fällen vom Fortschritt des Firststollens ab. Wenn der Verkehr zwischen demselben und dem Sohlstollen in beiden Fällen durch einen Elevator vermittelt wird, so ist kein Grund vorhanden, warum bei I der Firststollen nicht ebenso rasch vorschreiten sollte, wie bei II; die Ausweitung der obern Etage kann auf gleiche Art geschehen. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass statt des untern Stollens bei I ein Schlitz von der Planietiefe bis zur Sohle des obern Stollens in 2 Etagen getrieben wird, der wie oben schon bemerkt, selbstverständlich rascher erstellt werden kann als ein Stollen. Bei I tritt das schon oben erwähnte Factum ein, dass täglich auf 3—4 Meter Länge die Wand zwischen oberm und unterm Stollen durchschossen werden muss, wodurch der Förderung in letzterem erhebliche Hindernisse bereitet werden, ferner wirken störend die zur Röhrenleitung und Schuttförderung dienenden Schächtchen zwischen beiden Stollen. Manchmal wird selbst in zerklüftetem Gestein beim Treiben des Firststollens durch die sehr heftigen Dynamitschüsse die Zwischenwand durchschossen werden. Diese Hindernisse kommen bei II nicht vor, wir können daher den Satz aufstellen, dass der Richtstollen in der First unter allen Umständen rascher getrieben werden kann als in der Sohle.

Was nun die Differenz der Kosten zwischen I und II anlangt, so ist einleuchtend, dass ein Stollen von denselben Dimensionen theurer zu treiben ist als ein Schlitz. Herr Rziha berechnet die Kosten auf das Doppelte. Nehmen wir an, der Schlitz von 2.4 Meter Höhe und ebensolcher Weite koste $^2/_3$ des Stollens, so ergibt sich zu Gunsten des erstern eine Differenz von mindestens Fr. 180 pro laufenden Meter, abgesehen von der durch das Ausschiessen der Schüttlöcher hervorgerufenen Vermehrung der Mineur-Arbeit.

Die Kosten der Förderung sind in beiden Fällen dieselben; der Schutt vom obern Stollen bei I muss ganz wie bei II in Wagen verladen und umgeladen werden; bei den Erweiterungen wird derselbe zuerst an die Schüttlöcher verbracht und dort zu geeigneter Zeit in die untenstehenden Wagen geworfen, während bei II die Ladung auch in Wagen erfolgt, welche durch Auskippen umgeladen werden müssen. Auf der untern Etage findet kein Unterschied des Betriebes statt.

Die Mauerung wird bei I und II im Allgemeinen auf die gleiche Weise vollzogen. Bei I hat man die Wahl das ganze Profil auszuschiessen, ehe mit der Mauerung der beiden Widerlager begonnen wird, bei II kann jedoch nur ein Widerlager vor Ausführung der Gewölbekappe erstellt werden. Wenn nun beiderseits Widerlager nöthig werden, so ist es offenbar für die Mauerung rationeller, solche zuerst aufzuführen, dagegen ist nicht ausser Acht zu lassen, dass mit dem Abtreiben des ganzen Profiles in diesem Fall auch der Holzeinbau bis zur Planietiefe reichen müsste — wenigstens für die Stempel —, und bei den hohen Holzpreisen am Gotthard muss der Unternehmer vorzugsweise auf Holzersparniss bedacht sein. Ich sage daher: überall da, wo kein regulärer, sondern nur ein sogenannter fliegender Holzeinbau verlangt wird und grossentheils keine gemauerten Widerlager nöthig sind, erscheint das vorgängige Einziehen der Gewölbekappe rationell.

Am grossen Gotthardtunnel kann, mit Ausnahme der südlichen Mündung, von Gebirgsdruck keine Rede sein, der Einbau im Glimmerschiefer bezweckt nur die Sicherung gegen locale Ablösungen, und kann daher das Unterfangen des Gewölbes keine nachtheilige Folgen für die Mauerung haben; ich habe auch nirgends eine Bewegung in dem Gewölbe beim Unterfangen desselben am Gotthard wahrgenommen. In Betreff der Mauerung wird sich daher kein nennenswerther Unterschied in Bezug auf Zeit und Kosten zwischen I und II ergeben.

Zu vorstehenden Schlüssen bin ich bekanntlich unter der Annahme gekommen, dass nur wenig oder keine Gebirgswasser auftreten. Man wird nun kaum noch einen Alpentunnel bauen, der so merkwürdig wenig Wasser liefert wie der Mont Cenis, nämlich 1 Liter per Secunde auf jeder Seite (die Airoler Seite liefert bis jetzt 222 mal so viel), sondern sich immer auf starken Wasserandrang gefasst machen müssen.

Nehmen wir nun eine solche ausserordentlich grosse Wassermasse an und denken uns den Bau nach I ausgeführt, so ist selbstverständlich der Stollen unter ganz gleichen Verhältnissen wie bei II, nämlich im Wasser zu treiben. Ich habe nun ausdrücklich betont, dass der Canal erst rückwärts der fertigen Mauerung bei I wie bei II ausgeschossen werden kann, während Herr Rziha annimmt, dies könne sofort hinter dem Richtstollen her geschehen, worauf ich später zurückkommen werde. Bei grossem Wasserandrang hat daher bei I die ganze Förderung auf der unter Wasser gesetzten Bahn zu geschehen und es tritt eine Calamität ein, die absolut unstatthaft ist.

Hiegegen wüsste ich mir nur dadurch zu helfen, den untern Stollen überhaupt nicht in der Mitte, sondern etwas seitlich zu treiben, Fig. 11, und unmittelbar hinterher den Canal auf den erforderlichen Raum auszuschiessen. So lange nur wenig Wasser kommt, kann derselbe sofort gemauert werden, im andern Falle ist später das Wasser erst abzuleiten.

Gehen wir nun zum Vorgang bei II über, so wird auf der linken Seite, Fig. 12, der Segmentabschnitt so tief ausgeschossen, dass alles Wasser aus der Sohle der obern Etage entfernt wird, rückwärts kann dann das gegenüberliegende Segment im Trocknen ausgeschossen werden. Nun wird auf derselben Seite ein Strossenschlitz eingetrieben und da hinein ein hölzerner Canal gelegt, in welchem das Wasser durch einen Querschlitz von der andern Seite her geleitet wird. Auf dem Niveau dieses hölzernen Canales wird nun neben demselben die Hauptbetriebsbahn der obern Etage gelegt und müssen demzufolge sämmtliche Wagen aus dem Stollen und dem linken Segmentabschnitt zweimal umgeleert werden. Damit das Einschlitzen zum Zweck des Legens des hölzernen Canales ununterbrochen geschehen kann, ohne dass das Wasser aus dem Canal den Schlitz überfluthet, wird dieser nach vorwärts abgeschlossen und von Zeit zu Zeit ein Sumpf abgetrieben, in welchem sich das aus Spalten sickernde Wasser sammelt, von wo es durch eine ebenso einfache als sinnreiche Vorrichtung mittelst comprimirter Luft in den Canal geleitet wird. Der weitere Vorgang ist der oben geschilderte ohne Rücksicht auf ein erhebliches Wasserquantum. Bei dieser Gelegenheit muss ich ausdrücklich hervorheben, dass bei Maschinenarbeit das Wasser vor Ort nicht stark genirt, sondern weit mehr das Ueberfluthen der Sohle und zwar hauptsächlich wegen der dadurch erschwerten Arbeit des Bahnlegens, welche namentlich bei Maschinenbohrung möglichst pünktlich vorgenommen werden muss.

Für II ergeben sich daher gegenüber von I folgende Mehrarbeiten: Erschwertes Ausschiessen des Segmentes nach links, Fig. 12, einmal öfteres Auskippen des Schuttes vom obern Stollen und des linken Segmentabschnittes, erschwerter Transport des Schuttes vom obern Theil des Sohlenschlitzes über der untern maschinellen Bohrung hinweg. Das Legen eines hölzernen Canals kann nicht als Mehrarbeit betrachtet werden, da dies auch bei I zum Zweck der Mauerung nöthig wird, und das Einschlitzen für diesen Canal ist nur zum Theil Mehrarbeit, da dasselbe der Ausweitung zu gut kommt.

Meine Ansicht geht daher dahin, dass diese Mehrarbeiten bei grossem Wasserandrang keinen Falls höher anzuschlagen sind, als die Mehrausgabe bei I in Folge der Anlage zweier Stollen, sehr erschwerten Ausschiessens des Canals unter Wasser, Aufschiessens der Schüttlöcher, Inconvenienzen wegen Verbreiterung des untern Stollen bei klüftigem Gestein und Anhäufung aller Förderung auf nur ein Geleise längs des ganzen Arbeitsfeldes.

Aus Vorstehendem mag entnommen werden, dass ich im Betreff des am Gotthard zur Anwendung kommenden Bausystems wesentlich anderer Meinung bin, als Herr Rziha und es erübrigt mir noch auf die einzelnen Punkte kurz einzugehen, welche demselben als Unterlage für seine Kritik gedient haben. *

* * *

Das Normalprofil des lichten Raumes für die Schweizerischen Hauptbahnen. (Siehe beiliegende Tafel.) Aus der Zeichnung geht hervor, dass das schweizerische Profil sich dem deutschen im allgemeinen anschliesst, dass somit die grössten üblichen Ladeprofile in demselben Platz finden. Der höchste Punkt des zweistöckigen Wagens hat genau die Höhe des grössten deutschen Ladeprofiles. Eine Vergleichung der bestehenden lichten Räume unserer Bahnen mit dem vorliegenden, vom eidgenössischen Inspectorate aufgestellten Profile, können wir nicht geben, da uns die bezüglichen Notizen noch nicht alle eingegangen sind. Dagegen machen wir bei dieser Gelegenheit auf den Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen aufmerksam, welcher die Minimal-Durchfahrts- und Maximal-Ladeprofile der dem Vereine deutscher Eisenbahn-Verwaltungen angehörenden Eisenbahnen nach den Beschlüssen der **technischen Commission** des Vereines durch die **Redaction** des technischen Vereins-Organes zusammenstellen liess. Berlin 1874.

Im Februar 1872 war in Deutschland bei der geschäftsführenden Direction des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen

* Wir verdanken diese Arbeit der gütigen Mittheilung der Direction der Gotthardbahn.