Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 49/50 (1907)

Heft: 1

Artikel: Bauausführung des Gattico-Tunnels im Zuge der Santhià-Borgomanero-Arona-Bahn

Autor: Crugnola, Gaetano

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-26744

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: 10.01.2026

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

bei Reparaturen im Tunnel, die nicht ausbleiben werden, die Leitungen beseitigt werden müssen, sodass, wenn nicht andere Motoren verwendet werden können, der Verkehr unterbrochen würde.

Auch wirtschaftliche Gründe sprechen gegen die Ausführung solch langer Tunnel. Beim Splügen z. B. würde der Ausbau des zweiten Tunnels eine Ausgabe von mindestens 50 Millionen erfordern, oder mindestens eine Summe von etwa 53 Millionen mehr als das frühere Projekt mit zweispurigem Tunnel. Nun beträgt aber die Bahnlänge nach dem Projekt von 1890 93,345 *km* und nach dem neuen mit langem Tunnel 83,892 *km*, die Verkürzung somit 9,453 *km*; hiervon ist aber die Verkürzung des neuen Projekts zwischen Ems und Rothenbrunnen mit 1,620 *km* in Abzug zu bringen, da sie auch beim frühern Projekt möglich ist, es bleiben daher 7,830 *km*.

Die Betriebsausgaben der Gotthardbahn betragen pro *km* und Jahr heute annähernd 50 000 Franken, so dass die jährliche Mehrausgabe beim Splügen für 8 *km* einen Betrag von höchstens 400 000 Franken erreichen würde, welche den Zins eines Kapitals von 10 Millionen repräsentieren; da die Mehrkosten der Bahn aber eine Summe von 50 Millionen noch erheblich übersteigen, so ist eine so grosse Mehrausgabe und eine bedeutende Verlängerung der Bauzeit wirtschaftlich kaum zu begründen.

Kurz zusammengefasst ist daher nach vorstehenden Erörterungen das Greinaprojekt demjenigen des Splügens technisch weit überlegen und eignet sich, namentlich infolge seiner ungemein günstigen Richtungs- und Steigungsverhältnisse und seines niedrigern Kulminationspunktes ganz wesentlich besser als internationale Verkehrslinie."

Mit einem Ausblick auf die Bedeutung, welche der *Tödibahn* bei einer künftigen Entwicklung des Verkehrs auf der Ostalpenbahn zukommen dürfte, schliesst die Mosersche Broschüre.

Bauausführung des Gattico-Tunnels im Zuge der Santhià-Borgomanero-Arona-Bahn.

Von Oberingenieur *Gaetano Crugnola* in Teramo.

I. Einleitung.

Gelegentlich der internationalen Mailänder Ausstellung im Jahre 1906 hat die italienische Gesellschaft der Eisenbahnen des Mittelmeeres einen Bericht über ihre Bautätigkeit während des Zeitraumes von 1897 bis 1905 veröffentlicht, der in einem Prachtband als Text und einem ebenso schönen Atlas besteht[1]) und dem frühern Berichte für die Periode von 1885 bis 1897, den wir in der Schweizerischen Bauzeitung seiner Zeit[2]) besprochen haben, an Vollständigkeit, Gründlichkeit und Ausstattung nicht nachsteht, sondern ihn eher übertrifft.

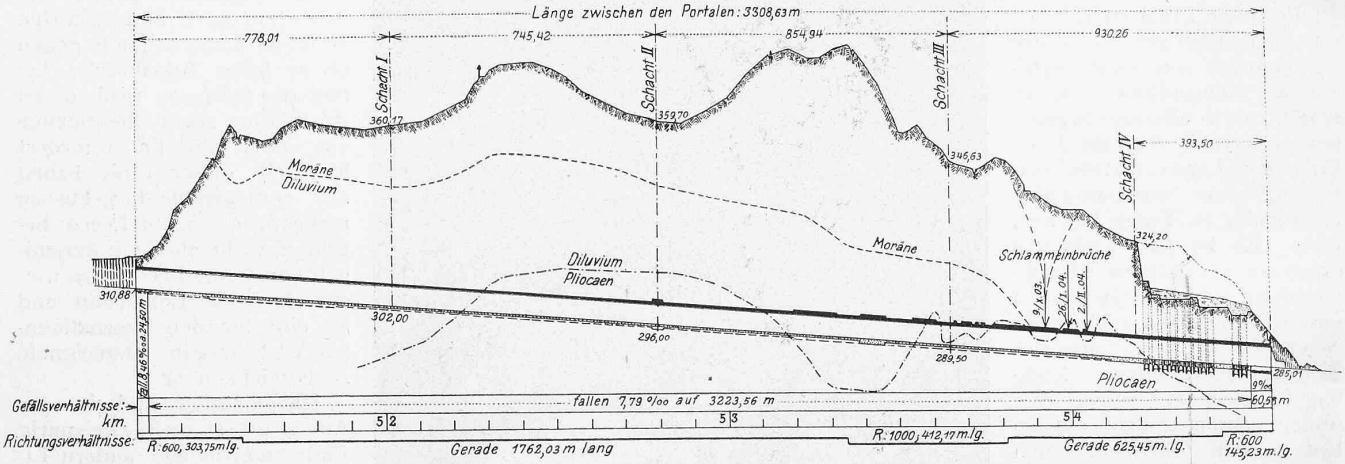


Abb. 2. Längenprofil des Gattico-Tunnels. — Masstab 1 : 20 000 für die Längen, 1 : 2000 für die Höhen.

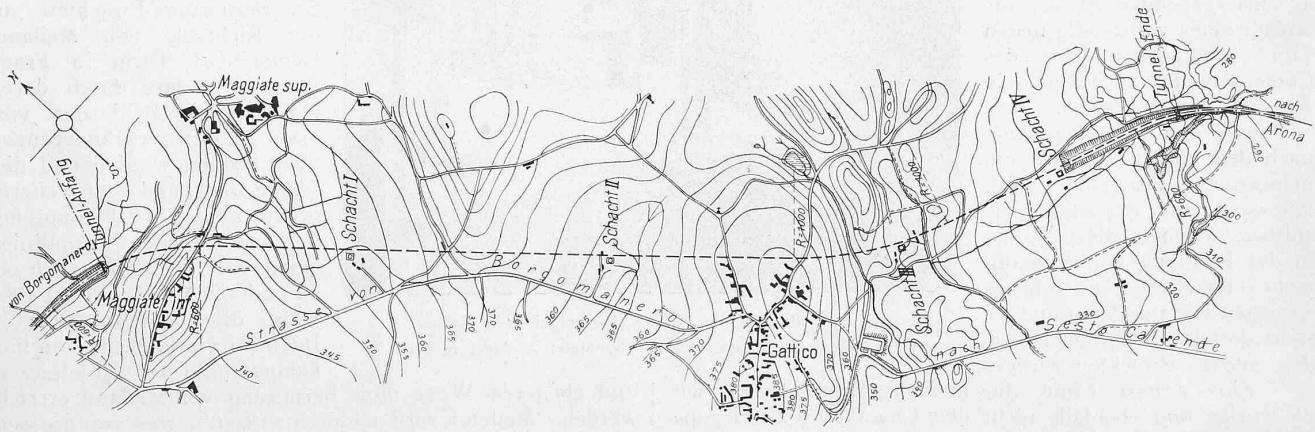


Abb. 1. Lageplan des Gattico-Tunnels. — Masstab 1 : 20 000.

Der Bericht bietet vieles des Nützlichen und Interessanten, auf das wir unsere Leser gern aufmerksam machen möchten. Da der verfügbare Raum aber nicht gestattet, das Werk erschöpfend zu besprechen, beschränken wir uns, daraus einige Mitteilungen über die Ausführung eines Tunnels zu bringen, die sich ganz eigenartig gestaltet hat und in der ganzen Tunnelbaugeschichte kaum ihres Gleichen haben dürfte.

Das Gesetz vom 3. August 1898 (No. 357), das den Staatsvertrag mit der schweizerischen Eidgenossenschaft betreffend den Bau und Betrieb des Simplontunnels samt dessen Zufahrtslinien in Kraft setzte, bestimmte auch den Bau einer Eisenbahnlinie zwischen Santhià und Borgomanero. Die Gesellschaft für die Eisenbahnen des Mittelmeeres reichte, durch die Regierung dazu aufgefordert, ein

[1]) Relazione sugli Studi e Lavori eseguiti dal 1897 al 1905. Società italiana per le S. f. d. Mediterraneo, servizio delle costruzioni. Per l'ingegnere *G. B. Biadego*. Roma 1906. Tipografia D. Squarci.

[2]) Band XXXII, Seite 107.

vollständiges Programm für den Ausbau eines Bahnnetzes ein, das direkte und passende Verbindungen der italienischen Eisenbahnen mit dem Simplontunnel bezweckte. Unter diesen Linien befindet sich auch die Fortsetzung der obengenannten Linie Santhià-Borgomanero bis Arona, zu deren Bau die Konzession am 27. November 1901 der Gesellschaft erteilt und mit Gesetz vom 30. Dezember 1901 genehmigt wurde. Dieser Konzession gemäss hätte die Linie am 31. Dezember 1904 vollendet sein sollen; wegen den ausserordentlichen Schwierigkeiten, auf die man, besonders im *Bau des Gattico-Tunnels*, gestossen ist, konnte die Linie aber erst am 20. Dezember 1905 fertiggestellt und am 2. Januar 1906 dem Betriebe übergeben werden.

Bezüglich der *allgemeinen Verhältnisse der Strecke* sei erwähnt, dass die Linie einspurig, mit einem Maximal-Gefälle von 9 ‰ und einem Minimal-Kurvenradius von 500 *m* gebaut wurde. Ihre Länge zwischen den äussersten Punkten Santhià und Arona beträgt 65,009 *km*, wovon 48,844 *km* in der Geraden, 16,166 *km* in Kurven liegen. Die horizontalen Strecken erreichen eine Gesamtlänge von 12,160 *km*.

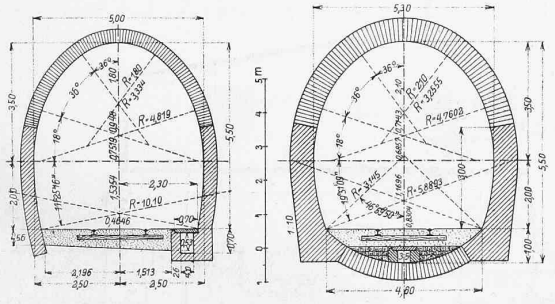


Abb. 3. Normale Tunnelprofile der Linie Santhià-Borgomanero-Arona. Masstab 1 : 200.

Der *Gattico-Tunnel* führt zwischen den Stationen von Borgomanero und Comignago, ungefähr 12 *km* von Arona entfernt unter dem Gatticohügel hindurch und ist nach diesem benannt. Er fällt in der Richtung gegen Arona auf seiner ganzen Länge von 3308,63 *m* zwischen den Portalen mit 7,8 ‰. Die Einfahrt Borgomanero befindet sich auf Kote 310,88 *m* ü. M. und die Ausfahrt gegen Arona auf 285,01 *m*. Der Tunnel beginnt mit einer Kurve von 600 *m* Radius und 303,75 *m* Länge, auf diese folgen der Reihe nach eine Gerade von 1762,03, eine Kurve von 1000 *m* Radius und 412,17 Länge, dann wieder eine Gerade von 625,45 *m* und schliesslich eine Kurve von 600 *m* Radius, mit der nach 145,23 *m* Länge der östliche Tunnel-Ausgang erreicht wird.

Die Oberflächengestaltung in der Richtung der Tunnelachse ist ziemlich unregelmässig. Die grösste Ueberlagerung unter zwei durch eine muldenartige Einsenkung getrennten Hügelkuppen beträgt 85 *m*, die mittlere Tiefe des Tunnelplanums unter dem Terrain 60 *m* (Abb. 2).

Nach den geologischen Voruntersuchungen war in den ersten zwei Kilometern eine Moräne der letzten Eiszeit mit Uebergang zum alten Diluvium und in der übrigen Strecke eine Moräne der jüngsten Eiszeit mit groben, kantigen Steinblöcken zu erwarten. Man nahm an, dass das zu durchfahrende Gebirge locker sein und dass der Abbau leicht vor sich gehen werde, nur war man darauf gefasst, eine starke Zimmerung in Anwendung bringen zu müssen, um dem Herunterfallen von Blöcken von der First vorzubeugen. Im Bereiche der beiden Moränen liess sich kein starker Wasserandrang erwarten, wohl aber in der Nähe des Gesteinswechsels.

Diese Voraussetzungen trafen richtig ein, bezüglich des Wasserandranges aber in einem bedenklich umfangreichen Masse, besonders in der letzten Strecke auf der Seite von Arona, wo die Verhältnisse noch durch das Hinzukommen von Findlingsblöcken und die ausserordentliche Feinheit des Sandes mit starken Wassereinbrüchen sehr erschwert wurden. Die Wassermengen erreichten einen solch hohen Betrag und traten noch dazu unter Druck aus, dass sie das abzubauende Gebirge nicht nur lockerten, sondern den Sand flüssig und fliessend machten und samt Gerölle und Blöcken, oft mit grosser Wucht, wegschwemmten. Da man wegen der Gebirgsart darauf angewiesen war, den Abbau mit den gewöhnlichen Mitteln auszuführen und die Frist für die Fertigstellung des Tunnels nicht allzulang bemessen war, sah man sich genötigt, die Angriffe zu vermehren und entschloss man sich, drei Schächte abzuteufen, wodurch die Ausführung des Tunnels von acht Angriffspunkten aus möglich wurde. Die Schächte sind, wie aus dem Längenprofil (Abb. 2) ersichtlich ist, an geeigneten Stellen des Geländes 12 *m* rechts der Tunnelachse angelegt worden. Durch dieselben wird die Tunnellänge in vier Strecken geteilt von 778,01 *m*, 745,42 *m*, 854,94 *m* und 930,26 *m* Länge. Später kam noch ein vierter Schacht hinzu, der indessen für den Tunnelvortrieb nicht verwendet werden konnte.

II. Vortrieb mit den gewöhnlichen Mitteln.

Nördlicher Angriff. Auf der Seite von Borgomanero wurde der Tunnel Ende Mai 1902 nach der bekannten belgischen Methode mittelst Firststollen in Angriff genommen, wie es die Abbildung 4 zeigt. Das Gebirge war anfangs nicht ungünstig, es bestand aus gelbem Sand mit festem Lehm gemischt, auch der Wasserandrang war unbedeutend. Mit dem weitern Fortschreiten stiess man aber abwechselnd auf Schichten, in denen Sand mit Kies gemengt war; es traten auch Quellen auf, die gefährliche Rutschungen des Gebirges veranlassten und zu einem kräftigen Einbau nötigten. Für die Wasserbewältigung genügte anfänglich eine Kreiselpumpe, da der Zufluss etwa 180 Min.-*l* betrug; in der Folge musste man aber drei solcher Pumpen aufstellen, wovon zwei stets in Betrieb waren. Diese durch eine Dampfmaschine von 38 *P. S.* angetriebenen Pumpen haben ohne Unterbrechung vom Juli 1902 bis November 1905 gearbeitet und förderten bis zum Oktober 1903 rund 330 Min.-*l* und von dieser Zeit bis Juni 1904 etwa 1000 Min.-*l*. Von dieser Angriffsstelle aus bewältigte man in 13 Monaten strenger Arbeit eine Strecke von 561 *m*, bis man mit dem von der andern Angriffsstelle kommenden Richtstollen zusammentraf. Der mittlere tägliche Fortschritt betrug somit hier 1,50 *m*. Der weitere Abbau des Profils und die Ausmauerung desselben waren am 28. September 1903 fertig hergestellt.

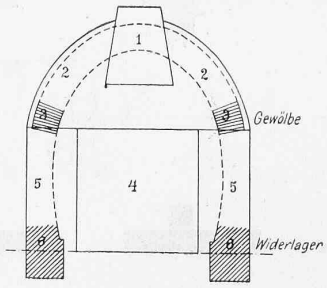


Abb. 4. Schema des normalen Arbeitsvorganges. — 1 : 200.

Vortrieb von den Schächten aus. Der *Schacht I* lag in einer Entfernung von 772,51 *m* von dem nördlichen Richtstolleneingang. Er hat ovalen Querschnitt mit Durchmessern von 3,20 *m* und 3,70 *m* erhalten, die auch für die andern Schächte in Anwendung kamen. Seine Tiefe betrug 58,17 *m*; am 1. April 1902 in Angriff genommen, war er am 15. September des gleichen Jahres fertig abgeteuft und ausgemauert. Die Arbeit ging im Anfang gut und fast im Trockenen von statten, in der Tiefe von 20 *m* aber stiess man auf eine Schicht sehr feinen und reinen, mit starken Wasseradern durchzogenen Sandes und weiter unten auf eine Schlammschicht, in der der Wasserzufluss bis auf 330 Min./*l* anschwoll, sodass man zur Wasserhaltung eine Worthingtonpumpe im Schacht aufstellen musste. Die Arbeit gestaltete sich sehr beschwerlich und dauerte mit Unterbruch 124 Arbeitstage. Der mittlere Fortschritt für Abteufung und Ausmauerung betrug somit nur 0,44 *m*. Mit der Abteufung des Schachtes wurde bis 3 *m* unter die Tunnelsohle gegangen, um genügend Raum für den zur Ansammlung der Wasser dienenden Sumpf zu erhalten. Der Stollenvortrieb von diesem Schacht aus konnte somit erst Anfangs November aufgenommen werden; er erreichte

bis zum Durchschlag gegen das Portal zu eine Länge von 211,51 *m*. Auf der Seite gegen Schacht II sind bis zum Durchschlag 443,92 *m* Stollen aufgefahren, 428,92 *m* Calottenausbruch- und Mauerung, sowie 34,40 *m* Strossenausweitung erstellt worden.

Die Verhältnisse dieser Strecke waren günstigere, sodass bis auf 290 *m* Vortrieb ein mittlerer Tagesfortschritt von 2,40 *m* eingehalten werden konnte. Es folgte eine kurze Strecke mit Schlammschichten und reichlichem Wasserzufluss, in der die Einbrüche so stark waren und so rasch aufeinander folgten, dass der Stollen auf über 100 *m* Länge 80 *cm* hoch überflutet wurde. Sobald aber diese Strecke überwunden war, konnte man ohne Schwierigkeiten fortfahren und erreichte wieder einen mittlern täglichen Fortschritt von 2,10 *m* bis zum Zusammentreffen mit dem vom zweiten Schacht aus entgegenkommenden Richtstollen. Nach Fertigstellung der Tunnelmauerung in dieser Strecke hat Schacht I bis zum 15. September 1905 für die Wasserhaltung gedient.

Die Arbeit bei *Schacht II* gestaltete sich in ähnlicher Weise und musste unter ähnlichen Verhältnissen ausgeführt werden, weshalb wir uns mit deren Beschreibung kurz fassen können. Der Schacht II hatte eine Tiefe von 63,70 *m*; der mittlere tägliche Fortschritt in seiner Abteufung betrug nur 0,25 *m*. Aus diesem Schachte wurden gegen Schacht I 301,50 *m* und gegen Schacht III 590,70 *m* lange Stollen vorgetrieben, mit einem Fortschritt von durchschnittlich 2,46 *m* bezw. 2,30 *m* für den Arbeitstag. Nachdem auf beiden Seiten der Durchschlag erfolgt war, diente auch dieser zweite Schacht bis zum 10. Juli 1905 für die Wasserhebung.

Der *Schacht III* ist bis auf 57,13 *m* abgeteuft worden. Die Verhältnisse waren hier bis auf 24,40 *m* Tiefe bedeutend schwieriger als bei den ersten zwei Schächten, da die Grösse und Heftigkeit des Wasserzuflusses und die Nachgiebigkeit des Sandes zu wiederholter Einstellung der Arbeit zwangen. Wiederholt wurde die bereits ausgeführte Ausmauerung zerstört und musste wieder hergestellt und die Zimmerung verstärkt werden. Die Wasserförderung betrug über 250 Min./*l*. Bald zeigten sich im Gelände Senkungen, welche die Standfestigkeit der rings um den Schacht erstellten Gebäude gefährdeten und zu Unterfangung derselben nötigten. Nachdem man die Tiefe von 24,40 *m* überschritten hatte, traten bessere Verhältnisse ein, sodass die letzten 29,90 *m* der Abteufung nur zwei Monate beanspruchten, während für die ersten 24,40 *m* ungefähr 7 Monate gebraucht worden waren. Von diesem Schacht aus griff man den Tunnel wieder auf beiden Seiten an. In der Richtung gegen Borgomanero konnte der Stollen mit einem täglichen Fortschirtte von 1,65 *m* bis auf 63 *m* ohne besondere Schwierigkeiten vorgetrieben werden; die Wasserhebung betrug im Mittel 300 Min./*l*, während die vorhandenen Anlagen für eine Maximalförderung von 1100 Min./*l* berechnet waren. Dagegen nahm am 9. Mai 1903, nach einer Regenzeit von mehrern Tagen, der Wasserzufluss so stark zu, dass alle die vorhandenen Vorkehrungen zu seiner Bewältigung nicht mehr genügten und beide Stollen ersoffen. Das Wasser begann im Schacht zu steigen und erreichte in diesem am 15. Mai bereits eine Höhe von 27 *m*. Mit grösster Anstrengung nur konnte ein weiteres Steigen verhindert werden. Glücklicherweise trat bald besseres Wetter ein, aber der Wasserandrang schien nicht nachgeben zu wollen. Erst nachdem ein während der Regenzeit in der Nähe entstandener kleiner See künstlich abgeleitet worden war, fing auch das Wasser in dem Schacht an allmählich zu sinken; die unten aufgestellten Pumpen konnten wieder arbeiten und es gelang endlich den Schacht und die zwei Stollen zu entwässern. Man ging zugleich an die Entfernung des Schlamms und um solchen verhängnisvollen Ereignissen in der Zukunft vorzubeugen, stellte man eine vierte Worthington-Pumpe in dem Stollen und einen weitern Cornwall-Dampfkessel an der Schachtmündung auf.

Der Vortrieb wurde wieder aufgenommen; man war aber immer im schwimmenden Gebirge und auch wo dieses anfänglich noch ziemlich standfest schien, traten schon nach einigen Stunden so starke Quellen auf, dass das Gebirge zu einem breiigen Schlamm wurde, der überall durch die Fugen der Zimmerung eindrang und die Hölzer und Geviere auseinander drückte. So ging der Abbau vor Ort mit ungeheuren Schwierigkeiten vor sich, wurde überhaupt nur dadurch möglich, dass man den Stollen so rasch als

Bauausführung des Gattico-Tunnels im Zuge der Santhià-Borgomanero-Arona-Bahn.

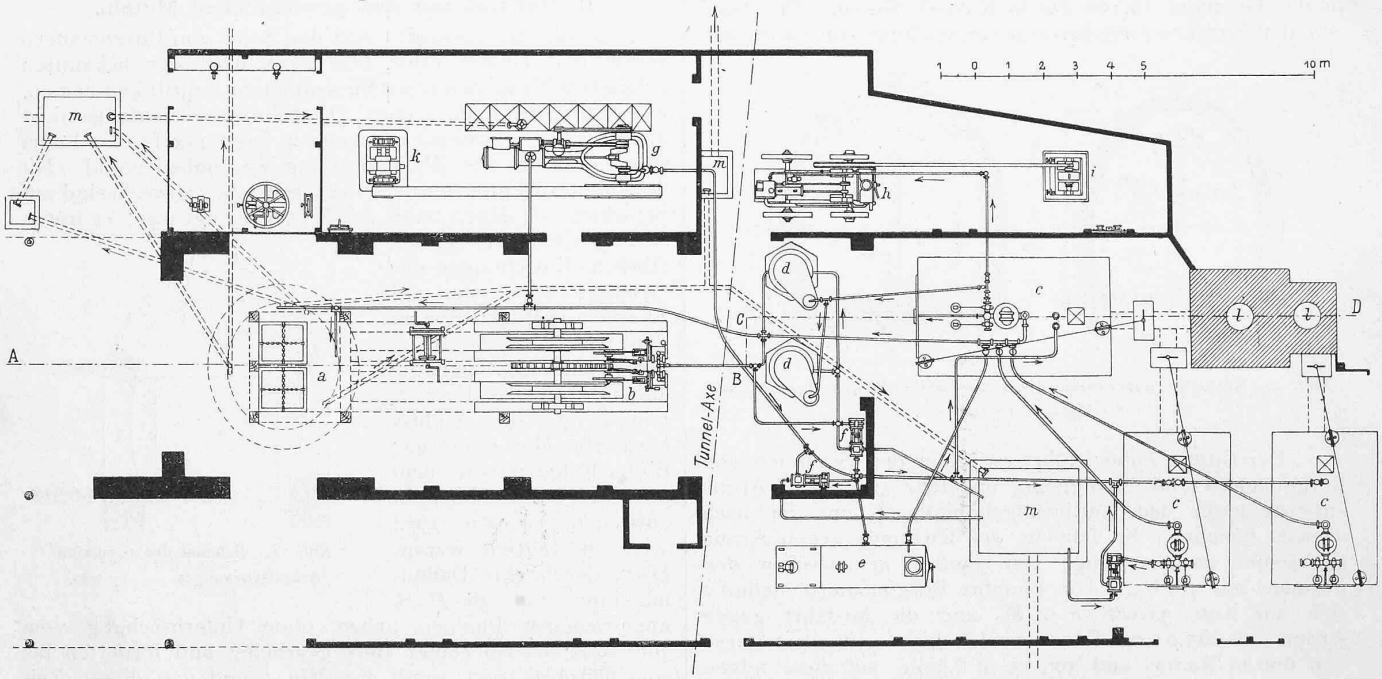


Abb. 5. Lageplan der oberirdischen Installation im Schacht III. — Masstab 1 : 200.

Legende zu den Abbildungen 5, 6 u. 7: *a* Förderschacht, *b* Förderhaspel mit Dampfantrieb, *c* Eingemauerte Dampfkessel, *d* Stehende Dampfkessel, *e* Halblokomobilkessel, *f* Kesselspeisepumpen, *g* Liegende Dampfmaschine zum Antrieb der Gleichstromdynamo *k* für Kraftbedarf, *h* Lokomobil zum Antrieb der Lichtdynamo *i*, *l* Kamine, *m* Wasserbehälter, *n* Worthington Dampfpumpen für Wasserhaltung, *o* Dampfpumpe Tosi, *p* Elektrisch angetriebene Hochdruck-Zentrifugalpumpen von Gebr. Sulzer.

Bauausführung des Gattico-Tunnels im Zuge der Santhià-Borgomanero-Arona-Bahn.

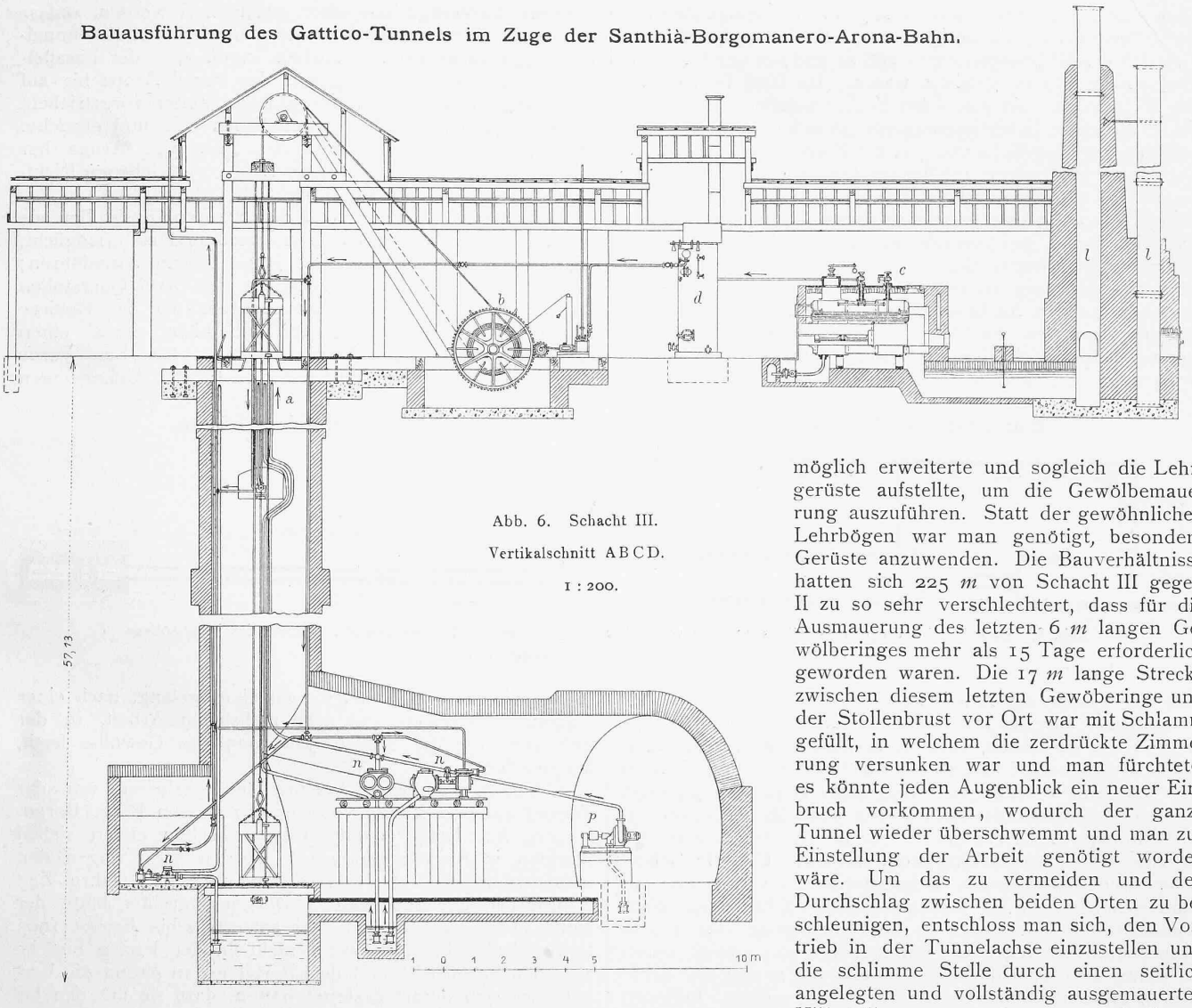
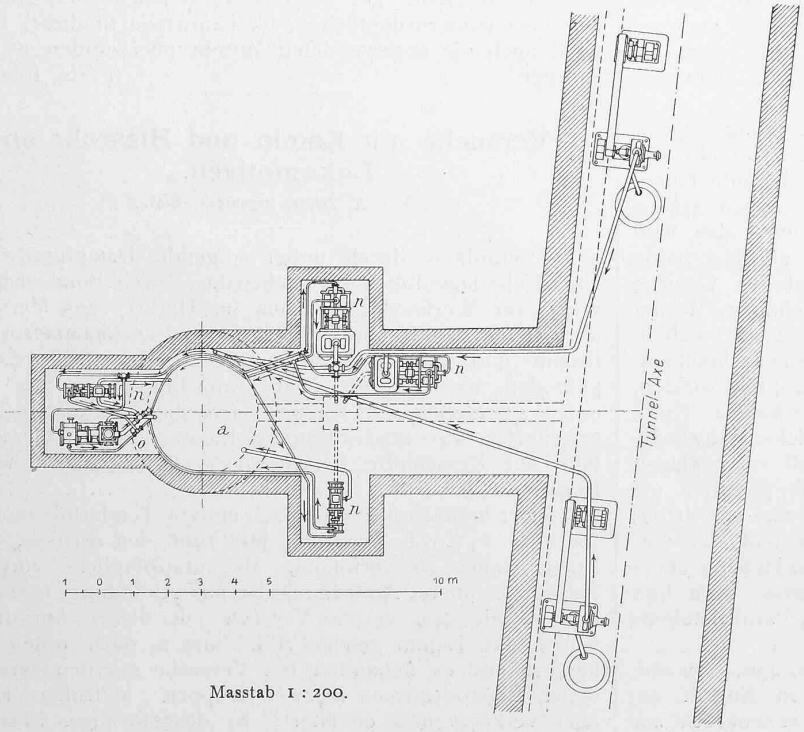


Abb. 6. Schacht III.
Vertikalschnitt ABCD.
1 : 200.



Masstab 1 : 200.

Abb. 7. Lageplan der Wasserhaltungsanlage auf Höhe der Tunnelsohle.

möglich erweiterte und sogleich die Lehrgerüste aufstellte, um die Gewölbemauerung auszuführen. Statt der gewöhnlichen Lehrbögen war man genötigt, besondere Gerüste anzuwenden. Die Bauverhältnisse hatten sich 225 *m* von Schacht III gegen II zu so sehr verschlechtert, dass für die Ausmauerung des letzten 6 *m* langen Gewölberinges mehr als 15 Tage erforderlich geworden waren. Die 17 *m* lange Strecke zwischen diesem letzten Gewöberinge und der Stollenbrust vor Ort war mit Schlamm gefüllt, in welchem die zerdrückte Zimmerung versunken war und man fürchtete, es könnte jeden Augenblick ein neuer Einbruch vorkommen, wodurch der ganze Tunnel wieder überschwemmt und man zur Einstellung der Arbeit genötigt worden wäre. Um das zu vermeiden und den Durchschlag zwischen beiden Orten zu beschleunigen, entschloss man sich, den Vortrieb in der Tunnelachse einzustellen und die schlimme Stelle durch einen seitlich angelegten und vollständig ausgemauerten Hilfsstollen zu umgehen, um auf diesem Weg das andere Ort zu erreichen. Die Stollenstrecke wurde durch Einbau einer wasserdichten starken Quermauer abgedämmt, sodass dem Schlamm und dem Wasser von dieser Seite der Zutritt zu dem übrigen Bau versperrt wurde und der Vortrieb des Seitenstollens unternommen werden konnte. Am 26. November war der Umgehungsstollen fertig und drei Tage nachher fand der Durchschlag mit dem andern Richtungsstollen von Schacht II her statt. Man mauerte sogleich zwei Gewölberinge und unternahm den Abbau gegen Schacht III. Obschon in der Quermauer eine Bresche angelegt worden war, um den Schlamm und das Wasser allmählich abzulassen und das Auffahren des Stollens sowie das Einbauen der Gewölbe in kleinen Strecken von etwa vier Meter zu ermöglichen, boten sich so ausserordentliche Schwierigkeiten, dass für die kurze Strecke von 20 *m* über drei Monate erforderlich waren. Der Seitenstollen wurde alsbald wieder zugemauert.

In der Richtung gegen die Tunnelmündung nach Arona zu waren die Schwierigkeiten gleicher Art und nicht geringern Umfangs. Anfänglich ging der Vortrieb ziemlich gut von statten, sodass trotz der

oben erwähnten Ueberschwemmung, die für einige Zeit zur Einstellung der Arbeit nötigte, am 9. Oktober 1903 mit dem Vortrieb des Richtungsstollens 288 *m* und mit der Calottenerweiterung 277 *m* geleistet waren. Da fand im Scheitel des Richtstollens ein plötzlicher Schlammeinbruch statt, der durch die ganze Ueberlagerung von 36 *m* hindurch eine Einsenkung der Oberfläche von 7 *m* zur Folge hatte, die sich bis auf 400 m^2 im Umkreis fühlbar machte (Abb. 2). Das Ereignis trat so plötzlich und mit solcher Wucht ein, dass der Tunnel bis auf 31 *m* Länge ganz verstopft und eine Wettermaschine 80 *m* weit verschoben wurde. Man stellte die Arbeit notgedrungen ein, um allsogleich an die Räumung und Wasserhebung zu gehen, die wegen den zahlreichen und bedeutenden Ausbesserungen ungefähr drei Monate in Anspruch nahmen. Der Vortrieb wurde dann wieder aufgenommen, aber nicht für lange Zeit, denn am 26. Januar 1904 und dann wieder am 2. Februar erfolgten neue Einbrüche, welche die Arbeit bedeutend verzögerten. Immer zahlreichere Quellen traten auf, die an Ertrag und Heftigkeit so sehr zunahmen, dass die vorhandenen Einrichtungen zur Wasserhaltung in Kürze nicht mehr ausreichten, obschon sie aus zwei Worthington- und einer Duplexdampfpumpe von einer Gesamtförderleistung von 2000 Min.-*l* bestanden.

Infolge dieser Ereignisse war die Arbeit gehemmt und musste bald gänzlich eingestellt werden. Um die Ueberschwemmung der ganzen Tunnelstrecke zu vermeiden, sah man sich zunächst zur Abdämmung durch Einbauen einer wasserdichten Quermauer in der Entfernung von 310 *m* vom Schacht III gegen das Portal Arona zu genötigt, deren Wirkung aber bald durch eine zweite 210 *m* und eine dritte 100 *m* entfernte Mauer unterstützt werden musste. Indessen konnten auch die Mittel zur Wasserhaltung vermehrt werden und Ende Juli 1904 hatte man auf der Baustelle mehrere Sulzersche Hochdruckzentrifugalpumpen mit einer Leistungsfähigkeit von 10 000 Min.-*l* samt den nötigen Antriebsmotoren von zusammen 400 *P.S.* zur Verfügung.

Mit diesen reichen Mitteln konnte man Anfangs August die Wasserhebung, dann die Räumung des Tunnels und die Reparaturen und endlich den Vortrieb wieder aufnehmen. Die Sperrmauern wurden entfernt und die Arbeit schien wieder regelmässig vorwärts gehen zu können; aber bald traten neue Einbrüche auf und der Wasserandrang nahm in erschreckender Weise zu. Das durchfahrene Gebirge bestand nicht mehr blos aus Sand und Lehm, es lösten sich noch von der Decke grosse Granitblöcke, die sich in der Zimmerung verfingen und sie in Unordnung brachten. Der Stollen musste teilweise mit Steinen ausgepackt werden, um ihn vor gänzlichem Zerdrücktwerden zu schützen. Es ist ein Wunder, dass dabei trotz so ausserordentlichen Schwierigkeiten und Gefahren kein erheblicher Unfall zu beklagen war. Man hat dann zu allen möglichen Mitteln gegriffen, um diese Hindernisse zu bewältigen, aber alles war vergebens; das Wasser drang von allen Seiten herein und die vorhandenen neuen Pumpen reichten zu dessen Hebung ebenfalls nicht mehr aus. Wohl oder übel musste auch hier wieder zu dem Hilfsmittel eines seitlichen Parallelstollens gegriffen werden.

Der Vortrieb dieses *Hilfsstollens* wurde, 430,40 *m* südwärts von Schacht III, Ende Januar 1905 in Angriff genommen, zuerst auf einer Länge von 14,57 *m* senkrecht zur Tunnelachse, dann parallel zu dieser. In der ersten Strecke schienen die Verhältnisse schon günstiger zu werden, sodass man durch einen zweiten Normalstollen wieder in die Tunnelrichtung zurückkehrte. Daneben wurde aber der Parallelstollen in der Richtung gegen das Portal Arona bis auf eine Länge von 69 *m* ununterbrochen weiter vorgetrieben. Am Ende dieser Strecke schwenkte man ein und erreichte am 23. März 1905 den von der Seite von Arona her mittelst Betrieb in komprimierter Luft vorgetriebenen Richtstollen, rund 507 *m* von Schacht III (Abb. 8).

Indessen hatte man von dem zweiten Querstollen aus den Abbau des Tunnels aufgenommen und es ermöglicht, 56 *m* Calotte in der Richtung gegen Arona auszuführen; es blieb aber immer noch zwischen den zwei Querstollen eine 12 *m* lange Strecke auszuführen, wo das Gebirge ausserordentlich schlammig war und nicht einmal einen Richtungsstollen aufzufahren gestattete. Der Bau wurde hier zunächst eingestellt und erst in verjüngten Abmessungen später wieder aufgenommen, wobei es gelang, nach einer langen, schwierigen und sehr mühsamen Arbeit, in der Zeit vom 15. Mai bis 20. Juli 1905 das Gewölbe fertig herzustellen.

Bauausführung des Gattico-Tunnels im Zuge der Santhià-Borgomanero-Arona-Bahn.

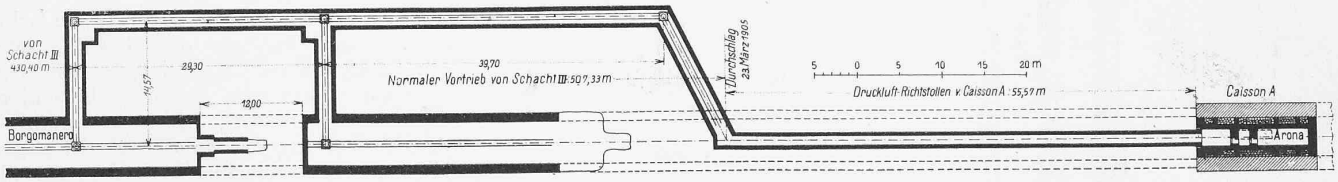


Abb. 8. Lageplan des Umgehungsstollens 430,4 *m* von Schacht III her bis zur Durchschlagsstelle, sowie des Richtstollens vom Portal Arona her. — Masstab 1 : 800.

Durch die bisher beschriebenen Arbeiten war der Tunnel auf eine Länge von 2891,37 *m* vom Portal Borgomanero her fertig erstellt, wozu, obschon er an sieben Punkten in Angriff genommen worden war, wegen den ausserordentlichen Schwierigkeiten über drei Jahre Zeit erforderlich gewesen waren. Dessenungeachtet hätte der ganze Tunnelbau bis Juni oder spätestens bis August 1905 fertig werden können, wenn nicht in der letzten Strecke zwischen Schacht III und dem Portal gegen Arona die Verhältnisse sich derart gestaltet hätten, dass sie mit den bis jetzt beschriebenen gar nicht zu vergleichen sind, und nur mit ganz ausserordentlichen, im Tunnelbau in dieser Form wohl noch nie angewendeten Mitteln überwunden werden konnten. (Forts. folgt.)

Versuche mit Kamin und Blasrohr an Lokomotiven.

Von *E. Höhn*, Ingenieur, Biel.

Veranlasst durch unbefriedigende Dampfproduktion einer Heissdampflokomotive haben die schweiz. Bundesbahnen von ihrer Werkstätte Biel aus im Herbst 1905 Versuche über die zweckmässigste Form der zwei Rauchkammerorgane Kamin und Blasrohr vorgenommen. Es wurde damals gefunden, dass die günstigste Anordnung sei: Ein nach unten zylindrisch verlängerter, nach oben schwach konisch erweiterter (also düsenförmiger) Kamin und ein bis ungefähr auf Kesselmitte heruntergesetztes, möglichst weites Blasrohr.

Der hohe Kohlenverbrauch einiger Tenderlokomotiven (Serie E^c $^3/_4$-Zwilling) gab im Jahr 1906 den Anstoss, diese Frage weiter zu verfolgen. Die ursprüngliche von der Fabrik getroffene Anordnung ist aus Abbildung 1 ersichtlich. Nach dem ersten Versuch mit dieser Anordnung wurde der Kamin gemäss Abbildung 2 nach unten verlängert und es begannen die Versuche mit den verschiedenen Blasrohrformen in zwei Gruppen: a) frühere Form, aber verkürzt und erweitert; b) düsenförmiges Blasrohr, nach dem Vorschlag des Einsenders. Zur Kontrolle der