

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 47/48 (1906)
Heft: 24

Artikel: Einspurige und zweispurige Alpentunnel
Autor: Hennings
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-26114>

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: 03.04.2026

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

Diese Umstände lassen sich dahin zusammenfassen:

a) Auf den rund 107 km langen Veltlinerlinien der italienischen Staatsbahnen ist ein elektrisches Traktionssystem (Dreiphasen-Wechselstrom, sogenannter Drehstrom) in Verwendung, dessen Leistungsfähigkeit den Anforderungen entspricht, welche an den Traktionsdienst für den Simplontunnel gestellt werden müssen.

b) Mit der am 1. Mai 1905 dem Bundesrate zugestellten Einladung zu einem Besuche auf der Veltlinerbahn hatte die italienische Regierung das Anerbieten verbunden, uns nötigenfalls einige der Veltlinerlokomotiven vorübergehend abzutreten, wodurch es nach ihrer Ansicht ermöglicht werden sollte, den Simplon von seiner Eröffnung ab elektrisch zu betreiben.

c) Weder das Vorhandensein eines leistungsfähigen Systems, noch das grossmütige Anerbieten der italienischen Regierung auf zeitweilige Ueberlassung der Lokomotiven hätten jedoch für sich allein genügt, die Einführung der elektrischen Traktion auf die Eröffnung des Tunnels zu ermöglichen.

Denn die Verwaltung der S. B. B. hätte die nötigen Arbeiten und Lieferungen nicht ohne Eröffnung einer Konkurrenz unter den verschiedenen Konstruktionsfirmen vergeben dürfen. Dabei hätte ohne Zweifel die Frage des Systems selbst weiter studiert werden müssen. Diese Studien, die Vorbereitung und Durchführung des Wettbewerbes, die Ausarbeitung des endgültigen Projektes und dessen Genehmigung durch alle Instanzen hätten wohl zum mindesten so viele Monate in Anspruch genommen, als vor der Eröffnung noch Wochen für die Ausführung der ganzen Arbeit zur Verfügung standen. Da stellte sich — zuerst mündlich während der Studienreise vom 16. bis 20. Oktober und sodann schriftlich bestätigt am 25. Oktober 1905 — die Offerte der A.-G. Brown, Boveri & Cie. ein, auf analoger Basis, wie es von seiten der Maschinenfabrik Oerlikon auf der Strecke Seebach-Wettingen geschehen, den elektrischen Betrieb des Simplontunnels einzurichten und zwar auf den Zeitpunkt der Eröffnung hin, unter der Voraussetzung, dass von Italien fünf elektrische Lokomotiven erhältlich seien. Damit waren nun mit einem Schlage die formalen Schwierigkeiten, die einem raschen Handeln entgegenstanden, dahingefallen; denn zum Abschluss eines solchen Vertrages war die Generaldirektion von sich aus kompetent.

Allerdings war damit auch eine Auswahl unter den verschiedenen möglichen Systemen ausgeschlossen.

Denn nur von der Veltlinerbahn her waren rechtzeitig genug Lokomotiven von entsprechender Leistungsfähigkeit erhältlich, und nur auf das hier verwendete Dreiphasen-Drehstromsystem konnte sich daher das Anerbieten der A.-G. Brown, Boveri & Cie. stützen.

Leider ergab eine am 15. Dezember 1905 zwischen der Generaldirektion der S. B. B. und der Simplonbauunternehmung abgehaltene Besprechung, dass eine Betriebseröffnung mit Dampfbetrieb nicht vor dem 1. Mai 1906 möglich und dass für Vollendung der Installationen für den elektrischen Betrieb und die erforderlichen Probefahrten eine Fristverlänge-

rung um einen weitem Monat notwendig sei. Die Generaldirektion hat daraufhin mit Rücksicht auf die grossen Vorteile, welche der elektrische Betrieb in technischer und kommerzieller Hinsicht bietet, den Bundesrat um Bewilligung dieser Verlängerung ersucht.

Nachdem der Bundesrat unterm 16. Dezember dem Gesuch entsprochen, wurde der Vertrag zwischen der Generaldirektion der S. B. B. und der A.-G. Brown, Boveri & Cie. am 19. gleichen Monats unterzeichnet.

Durch die nun vorliegende Ordnung der Dinge ist das den Bundesbahnen zufallende Risiko ein unbedeutendes. Wenn je eine Störung im elektrischen Teile des Betriebes vorkommen sollte, so stehen in Brig und Iselle die Dampflokomotiven stets im Feuer und sind daher jederzeit bereit, den Dienst zu übernehmen.

Das Eisenbahndepartement hat deshalb keinen Anstand genommen, die in Art. 16 des Vertrages vorgesehene grundsätzliche Zustimmung des Bundesrates zur Einführung des projektierten elektrischen Betriebes auf der Strecke Brig-Iselle durch Beschluss vom 23. Januar 1906 zu erteilen.

Inspektion und Kontrolle der Bahnen. Die Organisation der Kontrolle und die Verteilung der Kontrollbezirke blieben wesentlich unverändert. Die durchgehenden Inspektionsreisen zu Fuss über Haupt- und Nebenbahnen, ausser Spezialbahnen und städtische Strassenbahnen, erstrecken sich auf 3679 km, wobei zu bemerken ist, dass 400 km wegen Krankheit und zeitweiser Vakanz der Stelle eines Kontrollingenieurs nicht begangen werden konnten. Die Gesamtsumme der Begehungen der genannten Haupt- und Nebenbahnen mit Inbegriff der Wiederholungen bei besondern Anlässen kam auf 5160 km.

Auf die Kontrolle der Zahnrad- und Drahtseilbahnen entfallen: Allgemeine Inspektionen 125, Besuche bei besondern Anlässen (Untersuchungen von neuem Rollmaterial, Prüfung der Baurechnungen usw.) 84. Dabei fanden 345 km Streckenbegehungen statt.

Bei den elektrischen Bahnen, bei welchen 109 allgemeine Inspektionen vorgenommen wurden (die Besuche bei

besondern Anlässen nicht mitgezählt), wurden anlässlich der Begehungen auch die Fahrdrähte untersucht. Im Zustand dieser letztern wurde eine Besserung konstatiert, welche darauf zurückzuführen ist, dass die vorgeschriebenen periodischen Revisionen von seiten der Bahnverwaltungen gewissenhaft durchgeführt werden. Ueber das Auftreten von Fahrdrähtlebensbrüchen werden wir nur unvollständig benachrichtigt, sodass wir aus den erfolgten Anzeigen über die Häufigkeit solcher Vorkommnisse keine sichern Zahlen besitzen. In keinem Falle sind durch einen Leitungsbruch Verletzungen von Personen vorgekommen. (Schluss folgt.)

Einspurige und zweispurige Alpentunnel.

Von Prof. Hennings in Zürich.

Die in Aussicht stehenden neuen Alpenbahnen drängen auf eine Entscheidung der Frage, ob die künftigen grossen Alpentunnel ein- oder zweispurig hergestellt werden sollen.

Zwei rheinische Villen.

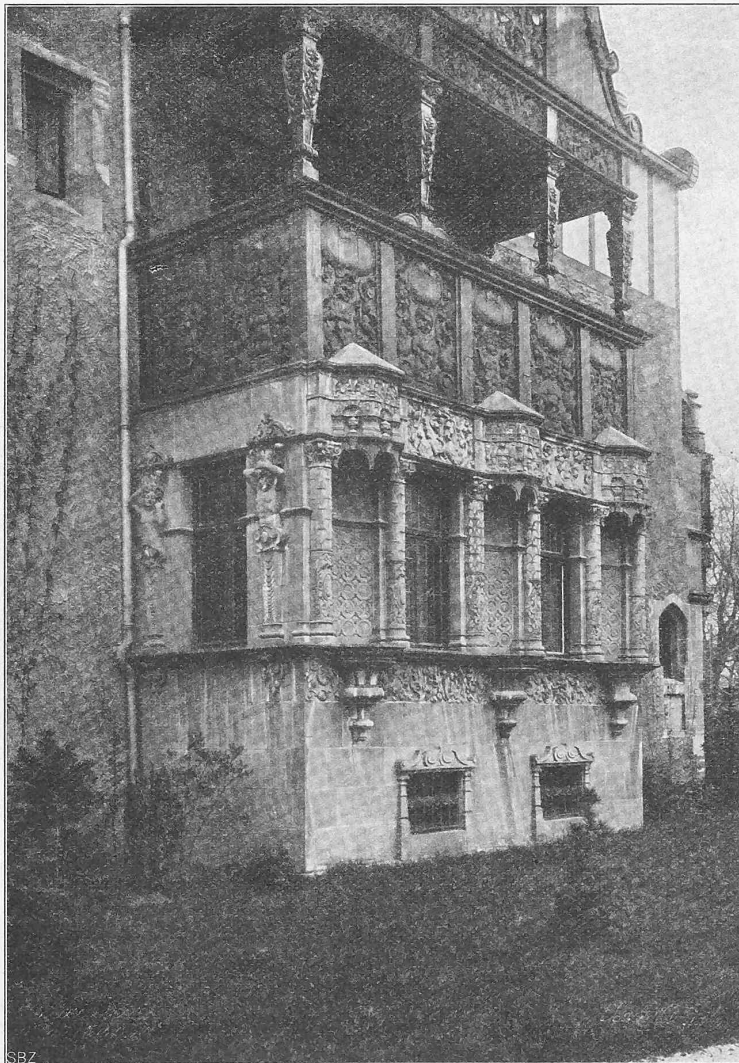


Abb. 5. Haus Osterroth in Koblenz. — Erkerausbau an der Seitenfassade. Architekt Willy Bock in Koblenz.

Zwei rheinische Villen.



Abb. 6. Haus Osterroth in Koblenz. — Strassenfassade. — Architekt *Willy Bock* in Koblenz.

Bekanntlich rechnet man in gewöhnlichen Fällen, dass zwei eingleisige Tunnel etwa 130% eines zweisepurigen kosten. Bei Tunneln unter hoher Ueberlagerung aber verschiebt sich dies Verhältnis, weil zum Zwecke der Lüftung, sobald die Felstemperatur 25° überschreitet, so grosse Luftmengen (30 bis 40 m^3 in der Sekunde) eingeblasen werden müssen, dass die dafür erforderlichen Röhren in den unvollendeten Tunnelstrecken keinen Platz finden, sondern — sowohl beim einspurigen, wie beim zweisepurigen Tunnel — durch besondere, ausserhalb liegende Stollen ersetzt werden müssen.

Beim Simplontunnel ist dieser Lüftungsstollen so angelegt, dass er dem, erst später notwendigen, zweiten einspurigen Paralleltunnel als Sohlstollen dient und somit für die Zukunft nutzbar gemacht ist.

Für die Lüftung beim Bau eines zweigleisigen Alpentunnels mit hoher Ueberlagerung ist bis jetzt keine einwandfreie Lösung bekannt geworden.

Bei mehrfacher Erörterung hierüber kam zuerst Oberingenieur *Weber*, z. Z. Bauleiter der Bodensee-Toggenburg-Bahn in St. Gallen, auf den Gedanken, den Lüftungsstollen unter den zweisepurigen Haupttunnel zu legen, und ich bringe die darauf beruhende Lösung des Problems — in

seinem Einverständnis — hiemit zur Kenntnis der Fachgenossen.

Abbildung 1 (S. 292) gibt die Darstellung eines Tunneltypes, wie er — abgesehen von eigentlichen Druckstrecken — in mittlerem und hartem Felsen durchgeführt werden kann.

Unter dem eigentlichen Tunnel liegt der „Unterstollen“, welcher den Richtstollen bilden soll und zugleich als Lüftungsrohr und Wasserkanal dient.

Seinem Fortschritt folgt nach Abbildung 2 (S. 292) zunächst der erste Teil des Firstschlitzes, welcher bei dem eigentlichen Tunnel-Ausbau den Sohlstollen vertritt, worauf sofort die Erweiterung und Mauerung des Unterstollens folgt, der bis zum Ende seiner Ausmauerung die Lüftung in gleicher Weise bewirkt, wie der Parallelstollen am Simplon.

Der weitere Ausbau des Haupttunnels erfolgt alsdann mit dem förderlichen und vorteilhaften Firstschlitzbetrieb, der keineswegs auf feste Felsen beschränkt ist, sondern bei drückendem Gebirge die Form des „hohen Stollens“ annimmt, wie ihn schon Rziha bei der Rekonstruktion des Czernitzer Tunnels anwandte und wie er auch — in einer von Oberingenieur *Weber* verbesserten Konstruktion — beim Zürcher Tunnel und anderweitig mit bestem Erfolg angewendet worden ist.

Einspurige und zweispurige Alpentunnel.

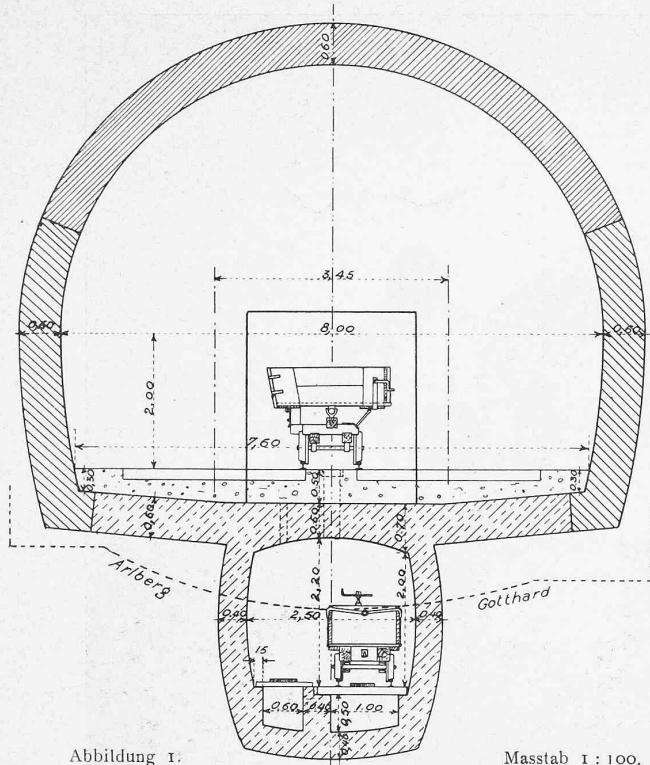


Abbildung 1. Masstab 1 : 100.

Ehe ich zur Kostenfrage übergehe, fasse ich die Vorteile des Unterstollens noch kurz zusammen:

1. Es ist nur ein einziger Stollen herzustellen.
2. Auch die grössten Wassereintrüche können den Tunnelbau niemals stören, da von Anfang an ein Kanal zur Verfügung steht, der bei 2‰ Gefälle 1000 Sekundenliter abführen kann und durch Hebung der Dienstbahn leicht zu erweitern ist. (Wenn in der Tunnelmitte keine grössern Wasserzuflüsse mehr zu erwarten sind, kann daselbst die Kanalhöhe auf die Hälfte beschränkt werden.)
3. Im Haupttunnel entfällt jedes stehende oder fließende Wasser.
4. Der Verkehr des Richtstollens und Haupttunnels ist völlig getrennt, was die Arbeit beider sehr erleichtert.
5. Im Unterstollen ist elektrischer Betrieb leicht einzuführen.
6. Da der Wasserkanal *unter* dem Sohlgewölbe angelegt wird, kann letzteres hoch gelegt werden. Sobald daher ein Sohlgewölbe nötig wird, bedürfen die bisherigen Typen, wie Abbildung 1 zeigt, ebensoviel Ausbruch, als der neue Typ mit Unterstollen, sodass in diesem Fall der Unterstollen fast gar keine Mehrkosten veranlasst.
7. Telegraphen-, Telephon- und Hochspannungsleitungen können in dem ganz isolierten Unterstollen in blanken Drähten geführt werden, sodass die kostspieligen und umständlichen Kabel entfallen.



Abbildung 2.

Um einen Vergleich der Kosten der einspurigen Tunnel mit der Doppelspur vornehmen zu können, muss auch für erstere ein Normaltyp gewählt werden. Ein solcher ist in Abbildung 3 dargestellt und sieht ebenfalls ein Sohlgewölbe vor, teils um gleichartige Typen zu vergleichen,

teils im Sinne der Ausführungen des Herrn Prof. Heim über „Tunnelbau und Gebirgsdruck“.

Es ist unzweifelhaft, dass unter hoher Ueberlagerung der Gebirgsdruck seine Pressungen von allen Seiten gleichmässig auf die Tunnelröhre ausüben wird, sodass bei Ueberlagerungen von mehr als 500 m eine vollständige Umschliessung derselben unbedingt anzuraten ist, zumal die Mehrkosten nicht allzu gross sind. Ueberdies ist es zweckmässig, in solcher Lage bei sorgfältig herzustellendem Bruchstein-Mauerwerk Portland-Zement-Mörtel zu verwenden, damit die Mörtelfestigkeit in einigen Jahren der Festigkeit der Mauersteine gleichkommt und das Bruchsteinmauerwerk einen Druck von 1500 kg/cm² aufnehmen kann.

Eine weitere allgemeine Vergrösserung der Mauerwerksdicke auf 1 bis 2 m kann jedoch meines Erachtens unserer Generation nicht zugemutet werden, und es mag unsern Nachkommen überlassen bleiben, allfällig schadhafte Tunnelringe später nötigenfalls mit Stahlpanzern zu sichern.

Zur Kostenvergleiche wähle ich eine Tunnelstrecke in hartem Granit, so wie sich derselbe am Albula gezeigt hat und im Lötschberg zu erwarten ist, und nehme an, dass der daraus entwickelte Tunnelpreis auch in andern Tunnelstrecken gelten soll, wo vermehrter Holzeinbau und Wasserzudrang die leichtere Gewinnung ungefähr ausgleichen.

Als Einheitspreise des Ausbruchs sind die Ergebnisse des Regiebaus im dritten Kilometer des Albulatunnels verwendet und es werden für den Ausbruch des Richtstollens 45 Fr. für den m³, für zweispurige Verbreiterung des Stollens und eine 0,5 m breite Zone am Tunnelumfang 25 Fr. für den m³, für den restlichen Ausbruch 20 Fr. für den m³ berechnet. Beton ist mit 35 Fr. für den m³, Widerlager und Gewölbe aus vorzüglichem Bruchstein-Mauerwerk in Portlandzement-Mörtel sind mit 28 bzw. 38 Fr. angesetzt

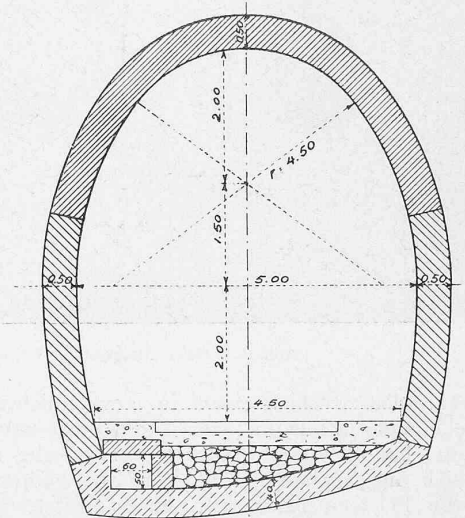


Abbildung 3. — Masstab 1 : 100.

Dem hieraus ermittelten Tunnelpreis sind nach einem Zuschlag für Portale, Nischen, Kammern, Verfugen usw., noch 10% für Bauleitung und Verschiedenes hinzugefügt, worauf der so gewonnene Betrag — der eigentlich für den dritten Kilometer ermittelt war — für den ersten Kilometer eingesetzt ist. Hiedurch entsteht ein weiterer Preisaufschlag von 10% für Unvorhergesehenes, weil ich angenommen habe, dass die Kosten in jedem folgenden Kilometer um 5% höher sind, als im vorhergehenden und daraus der Durchschnittspreis gebildet ist.

Die Ergebnisse der auf dieser Grundlage durchgeführten Berechnung sind in der am Schlusse folgenden Tabelle zusammengestellt.

Aus derselben ergibt sich, dass der zweispurige Tunnel um 18% billiger wird, als zwei einspurige. Die

Minderkosten betragen, unter den gemachten Voraussetzungen, bei Längen von 10 bis 20 km 5 bis 11,5 Millionen.

Zwar wird bei der einspurigen Anlage zur Zeit der Bahneröffnung ein Betrag von 7,5 bis 17,5 Millionen vorläufig erspart, allein es würde 13 Jahre brauchen, bis durch den vierprozentigen Zinsgewinn dieser Beträge die Summe erreicht wird, welche zum Ausbau des zweiten Tunnels nötig ist. Ein so langsames Anwachsen des Verkehrs darf man aber nicht voraussetzen, wenn man an so grosse Bauten herantritt, und es ergibt sich daher aus der vorliegenden Berechnung, dass bei künftigen grossen Alpentunneln die sofortige Herstellung der Doppelspur als selbstverständlich gelten sollte.

Es sollte dies umso mehr der Fall sein, weil die Vornahme von grösseren Rekonstruktionen bei so langen eingleisigen Tunneln ausserordentlich schwierig ist.

Ueberdies ist darauf hinzuweisen, dass die Entfernung der Zwillingtunnel verdoppelt werden sollte, um eine schädliche Rückwirkung des Nebenstollens auf Tunnel I zu vermeiden und dass zwei Tunnel mit ihren Querschlägen weit mehr Wasser anschneiden, als ein einzelner Tunnel, was ebenfalls für die Doppelspur spricht.

In den Preisen der Tabelle sind die „Installationen“ nicht einbezogen, weil sie für beide Alternativen gleich sind. Sie werden je nach Kraftbeschaffung, Gebirgsbeschaffenheit, Temperatur, Wasserzudrang und allgemeiner Lage 300 bis 400 Fr. für den m kosten und lassen sich auf Grund der Simplon-Erfahrungen annähernd ermitteln.

Die in der Tabelle angegebenen Preise sind hoch bemessene Durchschnittspreise.

Ein grosser Tunnelbau wird jedoch mannigfache Ueberraschungen bringen, gute und schlechte.

Es ist daher die Herstellung in Regie die einzige, welche die Möglichkeit gibt, die Ausführung völlig den Verhältnissen anzupassen und die Kosten auf das zu beschränken, was die Gebirgsbeschaffenheit erfordert. Will aber die Verwaltung ihren Technikern so grosse Kompetenzen nicht einräumen, so ist die Vergebung auf Grund von Einheitspreisen jedenfalls bei Weitem der Vergebung im Pauschal-Akkord vorzuziehen, bei welcher eine zutreffende Preisbestimmung unmöglich ist und eine sachgemässe Ausführung nicht gesichert werden kann.

A. Preise für den Laufmeter (ohne Installationen)

Nr.	Gegenstand	Tunnellänge in Kilometern					
		10	12	14	16	18	20
1	Einspur. Tunnel I m. Sohlgewölbe	Fr. 1635	Fr. 1680	Fr. 1725	Fr. 1770	Fr. 1815	Fr. 1860
2	Parallelstollen m. teilw. Mauerung	450	465	475	485	500	515
3	Ausweiche, 500 m lang . . .	50	50	50	50	50	50
4	Kostensumme der 1. Bauperiode	2135	2195	2250	2305	2365	2425
5	Vollendung des Tunnels II . . .	1280	1315	1350	1385	1420	1455
6	Gesamtkosten von Tunnel I u. II	3415	3510	3600	3690	3785	3880
7	Zweispur. Tunnel m. Unterstollen	2900	2980	3060	3140	3220	3300
8	Mehrkosten (6) gegen (7) . . .	18%	18%	17,5%	17,5%	17,5%	17,5%

B. Kostenbeträge in Millionen (ohne Installationen)

4	Einspur. Anlage der 1. Bauperiode	21,35	26,34	31,50	36,88	42,57	48,50
5	Vollendung des Tunnels II . . .	12,80	15,78	18,90	22,16	25,56	29,10
6	Gesamtkosten von Tunnel I u. II	34,15	42,12	50,40	59,04	68,13	77,60
7	Zweispur. Tunnel mit Unterstollen	29,00	35,76	42,84	50,24	57,96	66,00
9	Minderkosten d. zweispur. Tunneln	5,15	6,36	7,56	8,80	10,17	11,60
10	Minderausgabe (4) gegen (7) . . .	7,65	9,42	11,34	13,36	15,39	17,50

Simplon-Tunnel.

Am 25. Mai d. J. ist der XXX. Vierteljahrsbericht der Kreisdirektion I der S. B. B. über den Bau des Simplontunnels ausgegeben worden, der das Quartal Januar bis März 1906 umfasst. Im Verfolge unserer bezüglichen auszusweisen Wiedergabe der wesentlichen Daten dieser Berichte entnehmen wir dem vorliegenden die folgenden Angaben:

Da die gesamten Ausbruch- und Mauerungsarbeiten schon im vorhergehenden Quartal beendigt waren, entfallen die üblichen Tabellen I und VI unserer Berichte. Der Oberbau war am 25. Januar fertig gelegt. Die andern Arbeiten im Tunnel beschränkten sich auf die Auswechslung einiger Gewölberinge und Mauerwerksteile, namentlich an jenen Stellen, die bei der provisorischen Uebernahme vom 20. bis 22. Februar bezeichnet worden waren. Am 23. Februar wurde mit dem Erstellen der elektrischen Leitungen und Anlagen im Tunnel begonnen.

Tabelle III. Nordseite-Brieg. — Parallelstollen.

Abstand vom Stolleneingang m	Datum der Messungen	Temperatur ° C.	
		des Gesteins	der Luft
500	27. Januar	10,4	6,0
	28. Februar	10,4	8,0
1000	27. Januar	14,4	11,0
	28. Februar	14,2	11,5
2000	27. Januar	18,4	13,0
	28. Februar	17,8	15,5
3000	27. Januar	20,8	18,0
	28. Februar	20,4	17,5
4000	27. Januar	23,8	21,0
	28. Februar	23,5	21,0
5000	27. Januar	—	23,7
	28. Februar	—	22,5
6000	27. Januar	29,0	24,7
	28. Februar	28,8	24,5
7000	27. Januar	31,0	24,5
	28. Februar	30,8	25,0
8000	27. Januar	32,8	25,6
	28. Februar	32,2	25,0
9000	27. Januar	31,4	27,5
	28. Februar	30,5	21,5
9572 Kulminationspunkt Parallelstollen	27. Januar	33,9	24,0
	28. Februar	32,5	23,5
9572 Haupttunnel	27. Januar	35,6	26,0
	28. Februar	35,1	24,0
10000	27. Januar	34,6	24,5
	28. Februar	34,0	27,0

Tabelle IV. Südseite-Iselle. — Parallelstollen.

Abstand vom Stolleneingang m	Datum der Messungen	Temperatur ° C.	
		des Gesteins	der Luft
500	10. Januar	13,4	8,2
	3. Februar	13,1	8,0
	29. März	14,0	11,0
1000	10. Januar	14,0	19,2
	3. Februar	13,9	11,0
	29. März	14,0	13,0
2000	10. Januar	16,0	10,8
	3. Februar	15,8	12,0
	29. März	16,0	15,0
3000	10. Januar	16,6	12,4
	3. Februar	16,5	14,0
	29. März	17,3	16,0
4000	10. Januar	20,8	13,4
	3. Februar	20,9	15,0
	29. März	20,8	16,0
4400 im Haupttunnel	10. Januar	20,7	28,8
	3. Februar	20,6	27,9
	29. März	20,5	27,4
5000	10. Januar	21,8	22,0
	3. Februar	21,6	21,0
	29. März	22,0	27,0
6000	10. Januar	27,8	27,5
	3. Februar	28,0	28,0
	29. März	28,6	33,0
7000	10. Januar	29,9	30,7
	3. Februar	31,1	31,0
	29. März	32,0	33,3
8000	10. Januar	32,8	33,1
	3. Februar	33,0	33,0
	29. März	33,6	33,5

Ueber die geologischen Verhältnisse teilt der Bericht mit, dass die kalten Quellen bei Km. 4,420 vom Südportal aus in gleichem Masse wie in den entsprechenden Monaten des Vorjahres zurückgegangen sind. Das Tunnelwasser ist am Südportal mit 946 Sek.-l gemessen worden, wovon 301 Sek.-l aus den heissen Quellen bei Km. 9,100 stammten.