

Über die Absteckung des Lötschbergtunnels

Autor(en): **Baeschlin, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **57/58 (1911)**

Heft 12

PDF erstellt am: **20.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-82667>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die *elektrische Beleuchtung* bezieht ihren Strom aus der Stadtleitung. Sie erfolgt in den Rampen, Soffiten- und Seitenbeleuchtungen mittelst Tantallampen. Die ganze Glühlampenanlage ist auf das sog. Vierfarbensystem eingerichtet, (weiss, gelb, grün, rot), und von Dunkel bis zur vollen Helle regulierbar. Der Schalt- und Regulierapparat befindet sich an der rechten Prosceniumsseite, er ist um zwei Meter über den Bühnenboden gehoben, damit der Beleuchter ausserhalb des Betriebes der Bühne ist. Vom Schaltapparat aus wird auch die Beleuchtung des Saales, d. h. des Kronleuchters und der Wandarme an der Brüstung des ersten Ranges bedient. Ausser den regulären Beleuchtungs-Einrichtungen der Bühne befinden sich auf dieser, sowie auf den Galerien eine genügende Anzahl von Anschlüssen für transportable Versatzbeleuchtung, ein- und vierfarbig, sowie für Effektbeleuchtung mittelst Bogenlichtes. Es kommen noch dazu die nötigen Einrichtungen für Signallampen, sowie eine Taktübertragungsanlage vom Dirigentenpulte zur Bühne. Die sog. Wettergeräuschmaschinen, d. h. die Einrichtungen zum hervorbringen des Geräusches von Donner, Wind und Regen sind auf den Galerien untergebracht; sie werden vom Bühnenniveau aus elektrisch betätigt.

Die Beleuchtungsanlage der Bühne wurde von den Siemens Schuckertwerken in Berlin geliefert und montiert, jene des Garderobe- und des Zuschauerhauses besorgte die Allg. Elektrizitätsgesellschaft in Basel. Die Hauptschalttafel

dienen, woselbst auch die im Zuschauerraume verteilten Fernthermometer abgelesen werden können. Die Heizanlage wurde von der Firma Stehle & Gutknecht in Basel projektiert und ausgeführt.

Im ganzen Hause verteilt befinden sich 27 Zapfstellen einer *Staubabsaug-Anlage*, die nach dem System der Firma Borsig in Tegel bei Berlin und durch dieselbe ausgeführt ist (Abbildung 6).

Die *Notbeleuchtung* im Theater geschieht mittelst Kerzenlampen.

Die Mauerwände im Eingang und in den Korridoren des Balkon- und des ersten Ranges sind mit Steinstuck der Firma Taponnier in Genf verputzt.

Die dekorativen Bilder des Foyer malte Kunstmaler Emil Beurmann in Basel.

Es würde zu weit führen, hier die etwa 100 Namen umfassende Liste aller Unternehmer und Lieferanten zu nennen. Wir müssen uns mit dem Gesagten begnügen.

Das neue Theater wurde am 20. Sept. 1909 eingeweiht; die Erfahrung hat gezeigt, dass bei einiger Vorsicht in der Behandlung der Böden, Decken und Wandflächen eine schädliche Wirkung der Konstruktionsweise auf die Akustik, wie dies befürchtet worden war, nicht stattfindet.

Die Kosten der Bauarbeiten, einschliesslich Möblierung, jedoch ohnedie Bühnendekorationen betrugen Fr. 1 256 642,85. *F. Stehlin*, Architekt.

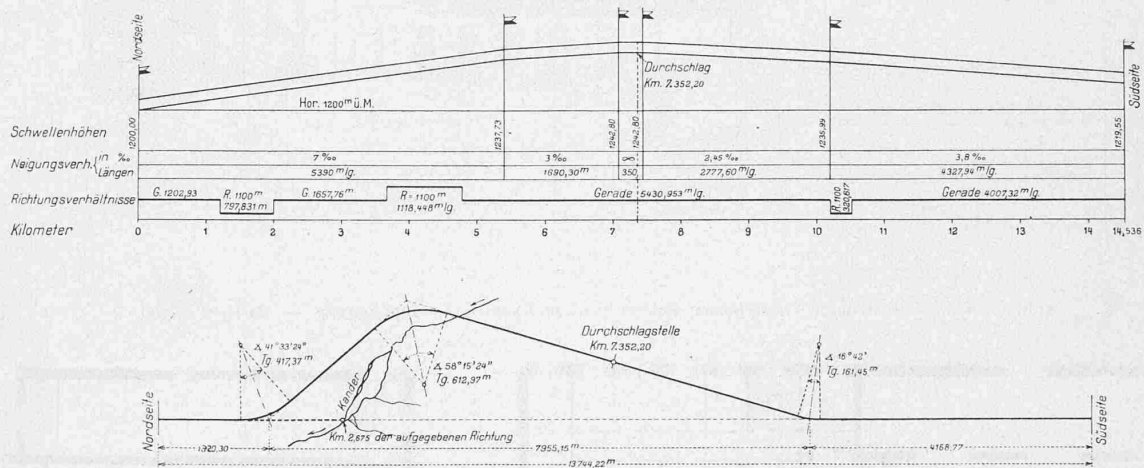


Abb. 7. Lageplan und Längenprofil des Lötschbergtunnels. — Masstab für die Längen 1 : 100 000, für die Höhen 1 : 5000.

befindet sich im Nachtwächterlokal im Souterrain, sodass das ganze Theater während der Nacht stromlos gehalten werden kann, ohne dadurch eine zur Aufsicht etwa nötig werdende Einschaltung unnötig zu erschweren.

Ueber das *Zuschauerhaus* ist wenig beizufügen. Dessen Disposition und Dekoration sind in den Abbildungen (Tafeln 32 bis 35 und Abbildungen 1 bis 6), die diesen Artikel begleiten, ersichtlich.

Schliesslich mag noch gesagt sein, dass das Theater 1200 Sitzplätze aufweist und dass in den Garderoben für jeden Sitz ein besonderer, gleich nummerierter Platz für Hut, Mantel und Schirm vorhanden ist.

Die *Beheizung* des ganzen Hauses geschieht durch eine Niederdruck-Dampfheizung mit Ventilation. Die Bühne, sowie die Räume des Garderobehauses und alle Nebenzimmer des Zuschauerhauses werden direkt mit Radiatoren geheizt. Das Zuschauerhaus wird mittelst *Ventilationsluft* erwärmt. Der grosse Ventilator liefert eine Luftmenge von 36 000 m³ in der Stunde, was auf den Rauminhalt bezogen einer ungefähr 6,25-fachen Lüfterneuerung in der Stunde entspricht. Die eingepumpte Luft wird filtriert, d. h. entstaubt, befeuchtet und erwärmt, bevor sie mit etwa 17° C und 50% relat. Feuchtigkeit mit einer Schnelligkeit von 0,3 m/sek. durch die zahlreichen Einströmöffnungen in den Saal gelangt. Alle Abluft- und Zuströmklappen, sowie die Hauptventile der Heizung sind vom Heizraume aus zu be-

Über die Absteckung des Lötschbergtunnels

von Professor F. Raeschlin, Zürich.

(Fortsetzung.)

VI. Die Absteckung der Kurven.

Das ganze Personal hatte sich anlässlich einiger Hauptabsteckungen gerade so recht in die Organisation einer solchen Operation eingelebt, da kam die Katastrophe vom 24./25. Juli 1908 auf der Nordseite des Tunnels, die dann bekanntlich veranlasste, dass die Unternehmung den Vorschlag machte, die schwierige Stelle durch ein neues Tracé zu umgehen, dadurch dass drei Kurven von je 1100 m Radius eingelegt wurden. Abbildung 7 zeigt den Grundriss und das Längenprofil des neuen Tracé.

Bezeichnend für die rasche Entscheidungsfähigkeit der Unternehmung ist, dass der Verfasser wenige Tage nach dem Unglück telegraphisch nach Bern gebeten wurde, um sein Gutachten darüber abzugeben, ob es vom absteckungstechnischen Standpunkt aus möglich sei, die vorgeschriebene Richtung trotz der Kurven so genau innezuhalten, dass ein seitlicher Durchschlagsfehler von weniger als 1 m garantiert werden könne.

Der Verfasser bejahte diese Frage auf Grund vorher angestellter überschlägiger Genauigkeits-Untersuchungen. Als einzige Bedingung von einiger finanzieller Tragweite

wurde die Anschaffung eines genauen Theodoliten verlangt. So hat denn die Unternehmung wenige Tage nachher das Projekt zu einer Umgehung der schwierigen Stelle an die kompetenten Organe der Berner-Alpenbahngesellschaft eingereicht und drang dann wie bekannt damit schliesslich nach längerem Widerstand durch.

In der Zwischenzeit fand der Verfasser Zeit, die Massnahmen, die für die Absteckung der Kurven getroffen werden mussten, vorzubereiten.

In erster Linie musste man sich darüber Rechenschaft geben, ob die Länge des Tunnels aus der Mathys'schen Triangulation genügend genau abgeleitet werden konnte.

Während die Länge für einen geraden Tunnel nur sekundäre Bedeutung hat, ist sie für einen krummlinigen Tunnel ein Element von nahezu derselben Bedeutung wie die Richtung, weil die rechnerische Bestimmung der Absteckungselemente auf die Länge des ganzen Tunnels basiert werden muss.

Beim Loetschbergtunnel war vorauszusehen, dass der Durchschlag in der 5431 m langen dritten Geraden ab Nordportal erfolgen werde. Diese Gerade besitzt eine Neigung von $16^{\circ} 42' 0''$ (alter Teilung) zum ursprünglichen Tracé.

Wenn wir daher annehmen, dass die Entfernung der beiden Tunnelportale aus der Triangulation um 1 m fehlerhaft abgeleitet werde, so ergäbe das an beliebiger Stelle der erwähnten Geraden einen seitlichen Durchschlagsfehler von $1 m \times \sin \alpha$, wo α die Neigung zur Verbindungslinie der Tunnelportale bedeutet. Mit $\alpha = 16^{\circ} 42'$ ergibt dies 28,7 cm Durchschlagsfehler pro 1 m Längenfehler. Hätte der Durchschlag in der zweiten 1658 m langen Geraden ab Nordportal stattgefunden, so wäre $\alpha = 41^{\circ} 33' 24''$ gewesen, sodass der Durchschlagsfehler 66,3 cm auf 1 m Längenfehler geworden wäre.

Aus den Ueberschlagsrechnungen des Verfassers geht hervor, dass der Maximalfehler in der trigonometrischen Bestimmung des Abstandes der beiden Tunnelportale zu annähernd 1 m angenommen werden musste, und zwar ist diese Grösse zum kleinsten Teil der Mathys'schen Triangulation direkt zuzuschreiben, sondern vielmehr der Landes-triangulation. Der Abstand des Berner Oberländernetzes der Schweiz. Landestriangulation von der nächsten Basis, d. i. der Aarberger Basis, ist in der Luftlinie etwa 75 km. Mit Rücksicht auf die Ableitung des Abstandes der Tunnel-länge aus der Aarbergerbasis durch die ganze dazwischen liegende Triangulation ergibt sich der oben erwähnte Maximalfehler von ungefähr 1 m.

Man hat sich die Frage gestellt, ob es nicht angezeigt sei, die Tunnellänge dadurch genauer zu bestimmen, dass an einer geeigneten Stelle im Kanderthal eine Basis gemessen würde, die dann durch ein Basis-triangulationsnetz mit der Mathys'schen Tunneltriangulation verbunden würde. Zweifellos hätte dadurch die Tunnellänge genauer bestimmt werden können; hingegen wäre der Genauigkeitsgewinn nicht so gross gewesen, wie man auf den ersten Blick glauben möchte, weil das Basisnetz notgedrungen sehr steile Richtungen erhalten hätte, auf welche die Lotabweichungen starken Einfluss gehabt hätten. Ausserdem wäre dadurch die ganze Absteckungsarbeit stark verteuert worden.

Vom praktischen Gesichtspunkt aus spielt aber der Durchschlagsfehler von rund 30 cm, der durch die mutmasslich fehlerhafte Längenbestimmung entsteht, keine Rolle. Es lag dem Verfasser aber fern, die Unternehmung mit Kosten zu belasten, die nur vom rein akademischen Gesichtspunkte aus verantwortet werden könnten.

So wurde denn die Mathys'sche Längenbestimmung unverändert beibehalten, nachdem die Triangulation nochmals auf die richtige Rechnung nachgeprüft worden war.

Eine andere Frage war, wie genau die Längenmessung im Tunnel vorgenommen werden musste, damit der Durchschlagsfehler innerhalb der vorgeschriebenen Toleranz blieb. Zur Lösung dieser Frage wurden folgende Erwägungen zu Grunde gelegt:

Durch die Mathys'sche Triangulation wird direkt der Abstand der beiden Axsignale Kandersteg und Goppenstein bestimmt. Von diesen Punkten aus muss also durch direkte Längenmessung in den Tunnel vorgegangen werden. Auch für diese Untersuchung wurde angenommen, dass der Durchschlag in der dritten Geraden ab Nordportal stattfinde, und zwar ist es dabei gleichgültig, wo die Durchschlagsstelle auf dieser Geraden liegt.

Um zunächst den Einfluss der zufälligen Längenfehler auf den Durchschlagsfehler zu ermitteln, wurde angenommen, dass der mittlere zufällige Längenfehler einer Strecke von S Meter $= K \sqrt{S}$ sei (Quadratwurzelgesetz). Aus einer einfachen Betrachtung findet man dann unter Berücksichtigung des Gauss'schen Fehlerfortpflanzungsgesetzes, dass der Durchschlagsfehler $d = K \sqrt{\sum (s \sin^2 \alpha)}$, wo s die Länge der Polygonseiten, und α deren Richtungsunterschied gegen die Durchschlagsgerade darstellt.

Für den Loetschbergtunnel ergibt die Berechnung unter der Annahme, dass in den Kurven Polygonseiten von 100 m Länge eingelegt werden,

$$\sqrt{\sum (s \sin^2 \alpha)} = 33,5.$$

Setzen wir für d einen Betrag von 10 cm fest, so finden wir das zulässige $K = \frac{0,1}{33,5} = 0,00299$, d. h. dass

für eine Strecke von 100 m ein mittlerer zufälliger Fehler von $\pm 29,9$ mm zulässig wäre. Für die ganze Tunnellänge würden wir unter der Annahme des $K = 0,003$ einen mittleren zufälligen Längenmessfehler von ± 36 cm finden.

In praxi lässt sich das K für besonders sorgfältig durchgeführte Längenmessungen mit 5 m-Messlatten leicht auf den Wert von 0,001, ja wie wir an Hand der im Loetschbergtunnel erreichten Resultate erkennen werden, noch wesentlich darunter bringen, nämlich auf 0,000195.

Mit $K = 0,001$, das den Betrachtungen vor dem Durchschlag zu Grunde gelegt wurde, findet man den Durchschlagsfehler $d = 0,001 \cdot 33,5 = 33,5$ mm.

In zweiter Linie müssen wir den systematischen Längenmessfehler berücksichtigen; dabei machen wir die Annahme, dass dieser während aller Messungen dasselbe Vorzeichen besitze. Bezeichnen wir den systematischen Längenmessfehler in einer Strecke von der Länge $5 m = \sigma \cdot s$, so findet man den Durchschlagsfehler aus dieser Ursache mit $d' = \sigma \cdot \sum (s \cdot \sin \alpha)$, wo s und α die oben definierte Bedeutung haben.

Für den Loetschbergtunnel findet man $\sum (s \cdot \sin \alpha) = 4146$ und damit bei einem zulässigen Durchschlagsfehler von 10 cm $\sigma = \frac{0,1}{4146} = \frac{1}{41460}$.

Das σ lässt sich durch besondere Sorgfalt, besonders in der Längenvergleichung der Messmittel, auf $\frac{1}{100000}$ herunterbringen. Unter Annahme dieses Wertes ergibt sich also ein Durchschlagsfehler von 41,5 mm.

Indem nun die zufälligen und die systematischen Längenmessfehler zusammenwirken, finden wir aus den Fehlern der Längenmessung im Tunnel einen mittleren Durchschlagsfehler von

$$d_t = \sqrt{33,5^2 + 41,5^2} \text{ mm} = 53,3 \text{ mm} \sim 5 \text{ cm}.$$

Ein systematischer Längenmessfehler, der die ganze Tunnellänge von 14 536 m um 1 m falsch ergäbe, ($\sigma = \frac{1}{14536}$), würde einen Durchschlagsfehler von 28,5 cm erzeugen.

Die Angabe von Dipl. Ingenieur Imhof in Nr. 16 des Jahrgangs 1911 der „Zeitschrift des Oesterr. Ing.- & Arch.-Vereins“, dass einem Längenfehler von 1 m ein Durchschlagsfehler von ungefähr 2,3 m entspreche, beruht auf einem falschen Schluss. Es ist nämlich zu beachten, dass durch die Winkelmessung eine Azimuthübertragung in den Tunnel hinein erfolgt, vorausgesetzt, dass das Azimuth der letzten Polygonseite in der II. Kurve der Nordseite richtig ist, wird das Azimuth der dritten Geraden richtig erhalten, auch wenn man an beliebiger Stelle von dieser letzten Polygonseite abzweigt. Dagegen ist die Axe parallel zur

