Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 1/2 (1883)

Heft: 7

Artikel: Beobachtungen über Ventilationsverhältnisse bei den Tunnels der Gotthardbahn

Autor: Trautweiler, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-11030

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: 04.02.2026

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

INHALT: Beobachtungen über Ventilationsverhältnisse bei den Tunnels der Gotthardbahn. Von Ingenieur A. Trautweiler. — Reisebriefe. — Le Projet d'utilisation de la force motrice du Rhône, à Genève. Par A. Achard, Ingénieur à Genève. — Die Frage der Classification von Eisen und Stahl. — Miscellanea: † Peter Merian. Zum Director der Sternwarte in Genf. An der bevorstehenden Wiener Electricitäts-Ausstellung. Temesvar und Szegedin erhalten electrische Strassenbeleuchtung. Eisen und Stahl. Auch Königsberg i. Pr. will dieses Jahr eine electrische Ausstellung abhalten. Richtstollendurchschlag im Brandleite-Tunnel. — Concurrenzen: Für Entwürfe zu einem Museum in Linz a. D. — Vereinsnachrichten: Cesellschaft ehemaliger Studirender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich: Protocoll der I. Sitzung des Gesammt-Ausschusses in Olten, Sonntags den 11. Februar. — Submissions-Anzeiger.

Beobachtungen über Ventilationsverhältnisse bei den Tunnels der Gotthardbahn.

Von Ingenieur *A. Trautweiler.*

(Mit einer Tafel.)

Nachdem wir vor einem Jahre in der „Eisenbahn" die Temperatur- und Ventilationsverhältnisse im Pfaffensprung-Tunnel während des Baues beschrieben und daran verschiedene Untersuchungen geknüpft haben, glauben wir einem noch allgemeineren Interesse zu begegnen, indem wir im Folgenden, gewissermaassen als Ergänzung der dort gewonnenen Resultate, eine Darstellung der Ventilationsverhältnisse bei mehreren grösseren Tunnels der Gotthardbahn während des Betriebes und mit Rücksicht auf denselben geben.

Die Frage nach diesen Verhältnissen ist eine sehr oft gehörte, und sie interessirt auch den Nicht-Techniker in hohem Grade.

Mit Rücksicht auf die besonders erschwerenden Umstände, mit welchen der Betrieb auf der Bergstrecke der Gotthardbahn verknüpft ist, sind in Bezug auf die Ventilation der Tunnels, besonders der Kehr-Tunnels, schon oft Befürchtungen geäussert worden. Wir werden deshalb vorerst in ganz allgemeiner Weise die factischen Verhältnisse nach rein practischen Gesichtspunkten erörtern. Es wird sich dabei zeigen, dass jene Befürchtungen wegen schlechter Luft in den Tunnels fast überall unbegründet waren und dass die bisherigen Erfahrungen über diesen Punkt unerwartet günstige sind.

Jedermann, der schon die Gotthardbahn befahren hat, wird die Beobachtung gemacht haben, dass die Passagiere durchaus nicht erheblich durch Rauch belästigt wurden, vorausgesetzt dass man in den Tunnels die Wagenfenster rechtzeitig schloss. An kalten Tagen ist sogar diese letztere Maassregel überflüssig, indem dann der Rauch über die Wagen hinwegstreicht. Unbedingt geboten ist sie hingegen an heissen Sommertagen, namentlich in den kürzeren Tunnels, welche die äussere hohe Temperatur leicht annehmen. Ist die Tunnelluft warm, so sind die Rauchgase nicht mehr hinlänglich specifisch leichter, um sich in der Höhe zu erhalten, sie vertheilen sich rasch, eine kurze Strecke hinter der Locomotive im ganzen Tunnelprofil, und werden mit der heftig bewegten Luft durch jede Oeffnung in die Wagen hineingetrieben.

Ungünstiger sind nun die Verhältnisse für das Zugspersonal, namentlich für die Bremser, die Bemannung einer zweiten Locomotive, die Gepäckconducteure etc. Ein grosser Theil dieser Leute befindet sich auf erhöhten Sitzen über den Wagen und muss während der Tunnelfahrt mitten in dem Qualm athmen, den eine bis zwei grosse Locomotiven auf einer Bergfahrt mit 25 ‰ produciren. Es ist ausser Zweifel, dass diese Leute weitaus am meisten durch Rauch zu leiden haben. Allein es kann dies eigentlich nicht ungünstigen Ventilationsverhältnissen zur Last gelegt werden, denn der belästigende Rauch ist fast in allen Fällen der von der Maschine des e i g e n e n Zuges producirte und nicht im Tunnel verbliebener von vorhergegangenen Zügen. Diese Misslichkeit ist also selbst bei den denkbar günstigsten Ventilationsverhältnissen nicht zu umgehen.

Selbstverständlich finden diese Unannehmlichkeiten auch nur bei der Bergfahrt statt, da bei der Thalfahrt keine irgendwie erhebliche Rauchentwickelung stattfindet.

Auch das Bahnbewachungspersonal ist zeitweise etwas belästigt, wenn es seine Functionen im Tunnel ausüben sollte bevor sich dieser vom Rauche entleert hat, oder, was zwar selten der Fall ist, der Rauch den ganzen Tag über einen Theil des Tunnels anfüllt. In den längeren Tunnels der Zufahrtsrampen ist unmittelbar nach der Durchfahrt eines Zuges der Rauch so dicht, dass z. B. ein Licht auf wenige Schritte absolut unwahrnehmbar ist, und dann kann von Verrichtung einer Arbeit oder Vornahme einer Controle natürlich keine Rede sein. Glucklicherweise dauert jedoch jener Zustand in den Tunnels, wie wir später sehen

Reisebriefe.

Wenn Einer eine Reise thut, so kann er was erzählen, heisst's in einem altbekannten Liede und wir möchten gleich beifügen, dass, wenn ein Techniker eine Reise thut, er nicht nur „was", sondern recht viel und zwar recht viel Interessantes erzählen kann, er muss nur wollen. — Viele unserer Collegen gehen in's Ausland mit dem einzigen Zweck, den Kreis ihrer Erfahrungen und ihres Wissens zu erweitern. Sie kehren wieder nach Hause mit einer Summe werthvoller Kenntnisse, *die sie für sich behalten,* oder wovon sie höchstens im engern Freundeskreise Mittheilung machen. Denn eine langathmige, trockene Abhandlung zu schreiben, dazu fehlt ihnen Zeit und Lust. Wenn sie aber ihre Beobachtungen in zwangloser Weise in Briefform (ohne dass daran der strenge Maassstab, der in der Regel an eine durchgearbeitete fachmännische Abhandlung gelegt wird) mittheilen könnten, so würden sie sich wohl eher dazu entschliessen, ihren Collegen von den reichen Schätzen, die sie sammelten, auch etwas abzugeben und es würde aus solchen „Reisebriefen" gewiss viel Erspriessliches und Nützliches resultiren.

Um solche Mittheilungen hervorzurufen, wollen wir in unserem Blatt versuchsweise die neue Rubrik „Reisebriefe" eröffnen und dieselbe unsern zahlreichen Lesern und Collegen im Auslande zur fleissigen Benutzung empfehlen. Wir wiederholen, dass die Form, in welcher diese Mittheilungen erscheinen, Nebensache ist und dass dieselben ebensowohl in französischer als in deutscher Sprache redigirt sein können. Sie dürfen auch einen durchaus individuellen Charakter tragen und würden durch Mittheilungen über das Zusammentreffen mit andern Collegen im Auslande gewiss nur an Interesse gewinnen.

Indem wir hoffen, dass dieser Versuch kein vergeblicher sei und dass uns von vielen Seiten reichliches Material zur Veröffentlichung unter der neu eröffneten Rubrik zufliesse, beginnen wir mit einem Briefe unseres Collegen Ingenieur *Hilgard,* ehemaligem Assistenten an der Ingenieur-Abtheilung des eidgen. Polytechnikums, der sich einige Zeit in Frankreich aufgehalten und nun England und Nord-Amerika bereisen wird. Herr Hilgard schreibt uns von London aus

Ueber den Canal-Tunnel

was folgt:

Auf dem Wege von Paris hieher hielt ich mich, wie ich mir vorgenommen hatte, 1½ Tage in Calais auf, um die dortigen sehr interessanten, grossartigen, neuen Hafenarbeiten zu besichtigen. Durch Vermittelung des Herrn Max Lyon hatte ich von Mr. D. Banderali, ingénieur du chemin de fer du Nord, eine Empfehlung an den Chef der Hafenbauten, Mr. H. Vetillart, ingénieur des Ponts et

werden, selten so lange, dass dadurch eine Störung der Dienstverrichtungen des Bahnbewachungspersonals eintritt, und dementsprechend ist auch seine sanitäre Bedeutung bei den wenigen dabei in Betracht fallenden Leuten geringfügig.

Man kann alle diese Wahrnehmungen dahin zusammenfassen, dass in den Tunnels der Zufahrtslinien zum Gotthard die natürliche Ventilation überall hinreichend ausgiebig wirkt und nirgends in Folge mangelhafter Luftbeschaffenheit ernste Nachtheile zu befürchten sind. Damit ist freilich nicht gesagt, dass es nicht Fälle geben wird, wo an heissen Sommertagen sich die Reisenden durch den in die Wagen eindringenden Rauch incomodirt fühlen, wenn die Fenster nicht rechtzeitig geschlossen werden. Doch tritt dieser Fall in den kleineren Tunnels sicher häufiger ein als in den grösseren, und es lässt sich diese Erscheinung eigentlich wiederum nicht unter dem Titel „Ventilation" besprechen, weil es sich um den Rauch der Maschine des eigenen Zuges handelt, der in directer Nähe der Passagiere producirt wird und sich nicht durch Ventilation vermeiden lässt.

Es geht aus dem Gesagten hervor, dass die factisch vorhandenen nachtheiligen Wirkungen nur vermieden werden könnten durch Maschinen, die keinen Rauch, resp. keine schädlichen Gase producirten.

Obschon der grosse Gotthard-Tunnel eigentlich nicht in das Bereich dieser Arbeit gehört, (es werden ohne Zweifel in dieser Richtung die Resultate der gründlichen Untersuchungen des geologisch-montanistischen Bureaus zu gewärtigen sein) wollen wir doch nicht unerwähnt lassen, dass gerade dort die Luftbeschaffenheit während des Betriebes sich überraschend günstig gezeigt hat und man zu allerletzt Ursache haben wird, sich zu beklagen. Wenn man weniger günstige Zustände erwartet hatte, so rührt dies wohl hauptsächlich daher, dass man aus den Verhältnissen bei dem scheinbar einzig einen Vergleich zulassenden Mont-Cenis-Tunnel schloss, ohne zu bedenken welch erheblicher Unterschied zwischen der Rauchproduction in einem Tunnel mit einer mittleren Steigung von 11 ‰ (Mont-Cenis) und derjenigen in einem Tunnel von nur 1,6 ‰ bestehen muss.

Dies scheint z. B. auch M. M. von Weber nicht in Betracht gezogen zu haben wenn er in der Schrift: „Der Eisenbahnbetrieb durch lange Tunnels" sagt: „Es will fast scheinen, als ob mit den Dimensionen des Mont-Cenis-Tunnels das Maximum der Abmessungen von Bauwerken dieser Art erreicht sei, welche noch eine erspriessliche Ventilation derselben ohne Aufwand ganz unverhältnissmässig mächtiger, kostspieliger und neuer mechanischer Vorkehrungen zulassen."

Entsprechend den Zugswiderständen, resp. dem Kohlenverbrauch auf den betreffenden Gefällen dürfte die Rauchentwicklung pro Kilometer im Gotthard-Tunnel bloss etwa den dritten Theil derjenigen im Mont-Cenis-Tunnel betragen. Nach den bisherigen Erfahrungen am Gotthard dürfte es auch ausser Zweifel sein, dass sogar ein 20 *km.* langer Alpentunnel noch ohne künstliche Ventilation betrieben werden kann, wenn er kein stärkeres, als das für den Wasserabfluss nothwendige Gefälle besitzt.

Wenn wir nun noch die Ventilationsverhältnisse der Tunnels der Gotthardbahn mit denjenigen bei anderen ähnlichen Tunnels vergleichen die ebenfalls unter schwierigen Umständen betrieben werden, so ist das Resultat wiederum ein für die Gotthardbahn günstiges. In M. M. v. Weber oben genanntem Werke sind mehrere Beispiele von Tunnels angeführt, in denen schon öfter Anfälle von Schwindel, Ohnmacht etc. vorkamen. Aehnliches dürfte nun bei der Gotthardbahn kaum je eintreten.

Weber hat bei den von ihm citirten Beispielen mangelhaft ventilirter Tunnels leider nicht auseinandergehalten, ob die schlechte Luftbeschaffenheit sich bei allen Zügen oder hauptsächlich bloss bei den aufwärts fahrenden in nachtheiliger Weise fühlbar mache. In letzterem Falle würde wiederum nicht von mangelhafter natürlicher Ventilation die Rede sein können, da die Maschine des eigenen Zuges den belästigenden Rauch producirte. Da Weber fast ausnahmslos Tunnels mit starken Steigungen erwähnt, so scheint dies auch wirklich der Fall zu sein.

Am schlimmsten muss es in einigen Tunnels der Linie Bologna-Pistoja stehen, welche ungefähr dieselben Steigungen wie die Tunnels der Zufahrtsrampen der Gotthardbahn aufweisen, dazu einspuriges Profil haben und 1000 bis 2700 *m.* lang sind. Ganz besonders ungünstig wirken dabei ohne Zweifel die dem wärmeren Klima entsprechenden höheren Temperaturen in den Tunnels, vermöge deren die Rauchgase sich rasch senken und mit der Tunnelluft vermengen.

Dem gegenüber gereicht es der Gotthardbahn zum Vortheil, dass die meisten ihrer Tunnels in einer Region mit verhältnissmässig niedriegen Temperaturen liegen. Es kommt dies der Annehmlichkeit des Verkehrs ausserordentlich zu statten.

Die Kehrtunnels im Speciellen.

Man begegnet oft der Ansicht, die Kehrtunnels müssten für die Ventilation sehr ungünstig sein, nicht nur weil ihre Axe mit keiner äusseren Windrichtung übereinstimmen kann, sondern auch, weil die gekrümmte Form an sich die Luftcirculation erschwere. Die Beobachtung und nähere Prüfung der Sache zeigt nun, dass beide Gründe nicht zutreffen. Die Luftbewegung ist in den Kehrtunnels der Steigung

---

Chaussées in Calais, erhalten, woraufhin mich dessen Bauführer überall herumführte und mir alle gewünschte Auskunft gab. Da sieht man einen Béton, der sogar Herrn Prof. Tetmajer Freude gemacht hätte.*) — Von Herrn Vetillart erhielt ich eine sehr freundliche Empfehlung an Mr. Breton, ingénieur, directeur des travaux du Chemin de fer sousmarin à Calais. Dieser schrieb mir eine Erlaubnisskarte an seinen Bauführer in „Sangatte", dem Anfangsorte des Canaltunnels auf französischer Seite. Letzterer führte mich bis vor Ort, zeigte mir die hübschen Installationen und gab mir ebenfalls jede gewünschte Auskunft.

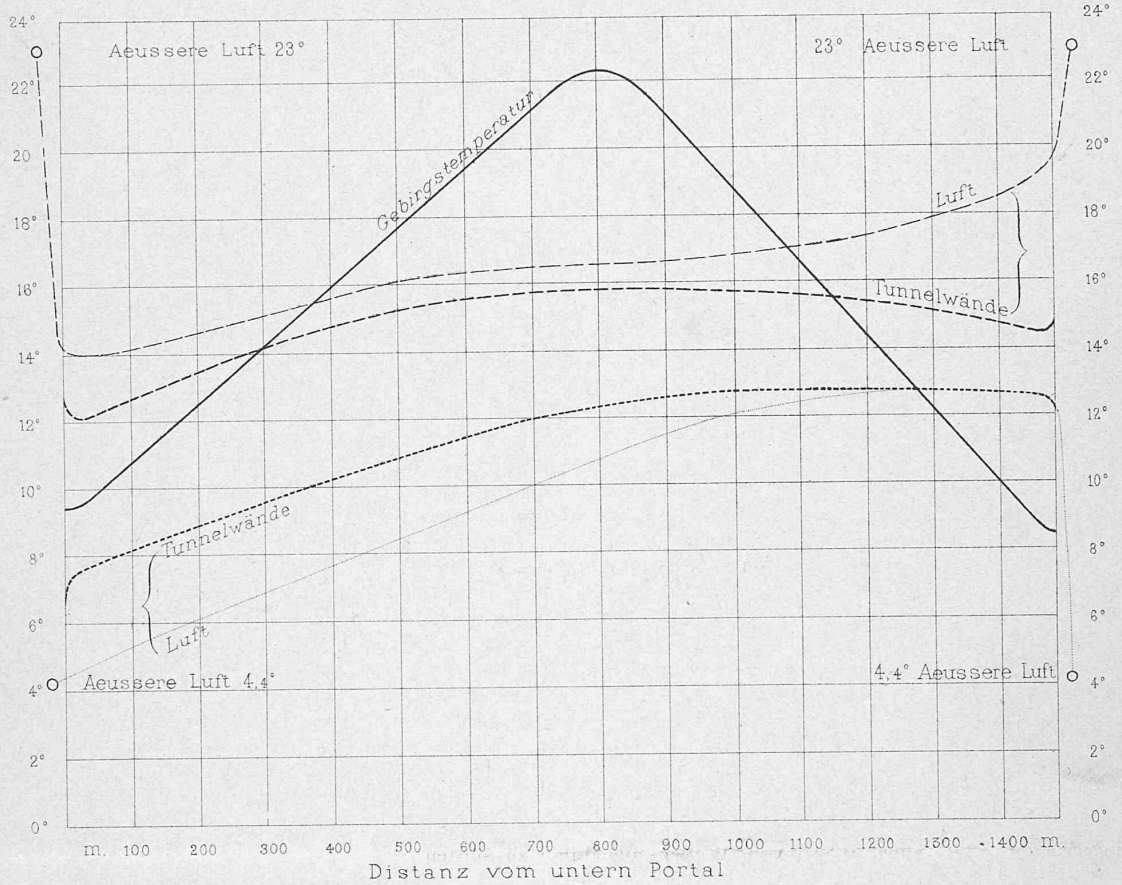
Das war ein sehr interessanter Besuch. Am Morgen früh noch bei Dunkelheit verliess ich Calais, um zu Fuss nach dem 2 Stunden entfernten „Sangatte" zu wandern. Bei meiner Ankunft erhielt ich Ueberkleider und fuhr dann durch einen der drei grossen 87 *m* tiefen Einsteigeschächte nieder. Diese Schächte, etwa 3 *m* im Durchmesser, sind durch Backsteinbrunnen abgeteuft und ausgemauert und befinden sich kaum 100—200 *m* vom Ufer entfernt. Der eine Schacht dient zur Material-, der andere zur Wasserförderung. Der dritte Schacht fördert das Speisewasser für die Dampfmaschinen, ein ausgezeichnet frisches, gutes Quellwasser.

Die erste Partie des Tunnels, von dem Hauptschacht ausgehend, hat bereits das Stadium eines blossen Avancementsstollens hinter sich, ist stellenweise ausgebrochen und wurde von Hand gebohrt. Der Fortschritt war damals gering. Seit Ende September oder Anfangs October letzten Jahres wurde dann begonnen, mit General Beaumont's Gesteinbohrmaschine vorwärts zu schreiten, die sehr gut arbeitet.*) Rotirende Kratz- oder Meisselmesser, die unter starkem Luftdruck stehen, also im Princip ähnlich wie bei Brandt, nur dass Luft die Stelle von Wasser vertritt, heben aber gleich ein kreisrundes Stollenprofil von 2,13 *m* Durchmesser aus. Das Schabe-Material wird durch ein liegendes Paternosterwerk hinter die Maschine befördert, wo es in kleine Rollkarren fällt. Für den Ausbruch der Avancementsgalerie ist also keine weitere Arbeit wie Sprengen etc. mehr nöthig. Holzeinbau im Stollen ist ebenfalls nicht nöthig, da der kreisrunde Profilquerschnitt in sich selbst steif genug ist, wenigstens in dem gegenwärtig allein vorkommenden Material, der „Seekreide von Rouen". Nirgends sah ich in diesem immerhin beinahe gypsharten Gestein irgend eine drückende Stelle. Im vordern Theil der Galerie, im Gefäll, wurde der tiefer liegende „Gault" angeschnitten, der sich aber so schlecht erwies (die Gallerie drohte zuzu-

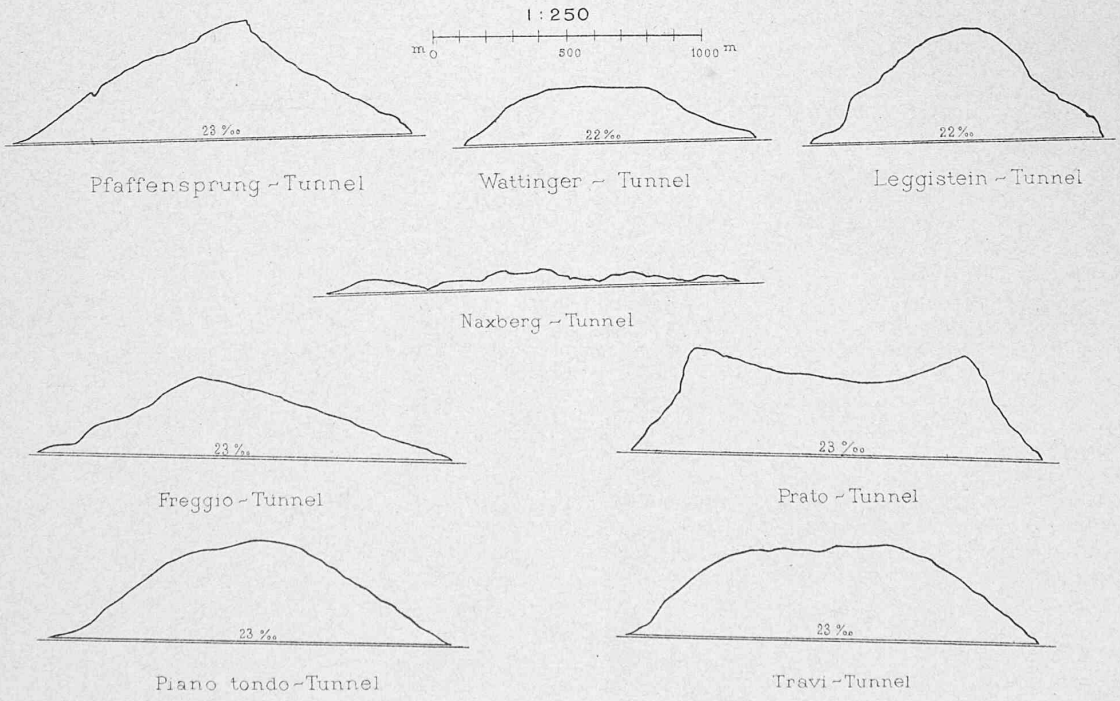
*) Einige, hunderttausend Cubikmeter.

*) Eine ausführliche Beschreibung der Beaumont'schen Maschine findet sich in der „Eisenbahn" vom 12. August letzten Jahres.

Temperaturen im Pfaffensprung-Tunnel



Längenprofile der Gebirgsüberlagerung



Lith. Hofer & Burger, Zürich.

Seite / page

42(3)

leer / vide / blank

wegen schon so ausgiebig, dass es nur wünschbar ist, sie möchte nicht durch den Wind gestört werden. Dieser könnte sie im Durchschnitt nur in der Hälfte der Fälle unterstützen, wenn die Windrichtung mit der Veutilations-Tendenz des Tunnels übereinstimmte; im entgegengesetzten Falle wäre er immer nachtheilig. Daneben könnte eine Unterstützung der nahezu genügenden Luftbewegung, wie sie schon die Steigung veranlasst, nur wenig mehr nützen.

Was die Widerstände gegen die Luftcirculation anbetrifft, die eine Folge der starken Krümmung an sich sind, so kann man dieselben vergleichen mit den Widerständen, welche die Bewegung der *Züge* in den nämlichen Curven erfährt. Dieselben sind bekanntlich gering im Verhältniss zur ganzen für die Zugsbewegung erforderlichen Kraft. Auch eine Betrachtung der Widerstandscoëfficienten für die Bewegung der Luft in gekrümmten Röhren lässt mit Bestimmtheit annehmen, dass für eine Röhre von der Gestalt eines Tunnels mit 300 *m* Radius der Druckhöhenverlust von keiner Bedeutung sei.

Wir können also für die weiteren Untersuchungen über die Luftbewegung die Kehrtunnels einfach behandeln wie gerade Tunnels.

Tunnels mit starker Steigung.

Die Steigung der Tunnelröhre wirkt insofern günstig, als dadurch bei einer Differenz zwischen Tunnel- und äusserer Lufttemperatur gleichsam eine Schornsteinwirkung entsteht, die einen mehr oder weniger raschen Luftwechsel zur Folge hat. Anderseits wirkt sie jedoch sehr ungünstig, indem mit ihr im allgemeinen der Brennstoffverbrauch resp. die Entwickelung von schädlichen Rauchgasen erheblich zunimmt. Auf der Bergstrecke der Gotthardbahn, die bekanntlich 25 und 26 ‰ Steigung hat, werden pro Locomotiv-Kilometer 50 bis 60 *kg* Kohlen verbraucht d. i. das 6- bis 8fache wie auf horizontaler Strecke bei gleicher Zugscomposition. Da kaum anzunehmen ist, dass die natürliche Ventilation infolge der Steigung eine ebensovielmal lebhaftere sei, so führt dies zu dem Schlusse, dass Tunnels mit geringerer Steigung meist auch für die Ventilation günstiger sind. In vielen Fällen würde bei schwach geneigten Tunnels schon die durch den Zugsverkehr hervorgerufene Luftbewegung genügen, um fortwährend eine hinreichende Menge von Rauchgasen ab- und frische Luft zuzuführen.

Um den Einfluss der Steigung auf die natürliche Ventilation bei den Tunnels der Gotthardbahn beurtheilen zu können, geben wir im Folgenden einige Resultate der beim Pfaffensprung-Tunnel angestellten Beobachtungen. Es sind dies bei möglichst windstillem Wetter zu verschiedenen Jahreszeiten vorgenommene Temperaturbestimmungen der Tunnelluft, der Tunnelwandungen und der äusseren Luft, verbunden mit Messungen der damit correspondirenden Luftbewegung.

Das Verhältniss der mittleren Tunneltemperatur zur äusseren Lufttemperatur bestimmt die Grösse des Auftriebes der Luftsäule im Tunnel. Die Tunneltemperatur steht nun einerseits unter dem Einflusse der Gebirgswärme und anderseits unter demjenigen der äusseren Temperaturen. Die den Tunnel durchströmende Luft hat beim Eintritt in denselben natürlich die Temperatur der äusseren Luft, auf ihrem Weg nimmt sie dann annähernd die Temperatur der Tunnelwandungen an und kommt so bis zu ihrem Austritt der Gebirgstemperatur immer näher. Die Tunnelwandungen selbst sind aber natürlich auch durch den an ihnen vorüber streichenden Luftstrom beeinflusst, so dass ihre Temperatur fortwährend wechselt, um das Mittel zu halten zwischen derjenigen des Gebirges und jener der Tunnelluft. Es entstehen so complicirte Wechselwirkungen zwischen der constanten Gebirgswärme und der in zufälliger Weise variirenden äusseren Temperatur, so dass auch die Grösse des Auftriebes der Tunnel-Luftsäule stets wechselt und nur im grossen Ganzen etwas mit den Jahreszeiten in Beziehung gebracht werden kann.

Die mittlere Gebirgstemperatur im Pfaffensprung-Tunnel beträgt 15,5 °, die Tunnelwandungen aber sind kühler oder wärmer, je nachdem vor dem bezüglichen Zeitpunkt kühlere oder wärmere Luft durch den Tunnel strich. Nehmen wir nun an als Durchschnitts-Fall, auch sie hätten im Mittel 15,5 °, so werden tiefere äussere Temperaturen einen aufwärtsgehenedn, höhere einen abwärts gehenden Wetterzug bewirken. Ersterer findet vorwiegend im Winter und in den Frühlings- und Herbstnächten statt, letzterer im Sommer, an warmen Frühlings- und Herbsttagen, sowie selbst im Winter bei warmem Föhn.

Auf der beigegebenen Tafel haben wir die Temperaturverhältnisse im Pfaffensprung-Tunnel nach zwei unter verschiedenen Verhältnissen gemachten Beobachtungen graphisch dargestellt. Die eine Beobachtung fand bei kühler, die andere bei warmer Witterung statt, also im ersten Fall bei aufwärts-, im zweiten bei abwärts gehendem Wetterzug. Die Temperatur der Tunnelwände wurde an mehreren Stellen durch Versenken des Thermometers in kurze mit Wasser gefüllte Bohrlöcher bestimmt. Dabei ergab sich auch, dass die unvermauerten Fels-Widerlager der Gebirgstemperatur näher kommen als das Mauerwerk, welches nicht dicht an das Gebirge anschliesst.

Wenn während längerer Zeit bei kalter Witterung der

---

wachsen), dass von dort an „steigend" und dann wieder, sobald Kreide angelangt, horizontal vorgegangen wurde. Der tägliche Fortschritt ist nun 16—18 *m* und Mr. Breton hofft den täglichen Fortschritt noch auf's Doppelte bringen zu können, wie mir mein Begleiter, der Bauführer Ingenieur Bultel, versicherte. Anfänglich waren es nur 2—3 *m*.

Die Richtung des Tunnels folgt zunächst etwa 600 *m* fast parallel dem Meeresufer gegen Calais und biegt dann unter einem schwach gekrümmten Bogen unter das Meer selbst ein. Die ganze Länge an jenem Tage (15. October) war 870 *m*, davon bereits 150 *m* unter dem Meer. Die Tiefe des Meeres beträgt etwa 30 *m* und die Stärke des Meerbodens über der Gallerie etwa 50 *m*. Was mich erstaunen machte, ist die Thatsache, dass fast sämmtliches Sickerwasser, das zwar nur spärlich fliesst, süsses Wasser ist; nur an drei Stellen fand ich es etwas salzig bitter. Das süsse Wasser ist übrigens stark eisenhaltig und bildet prächtige ringförmige rothe Niederschläge in den röhrenförmigen Stollen. Besondere Ventilation des Stollens ist nicht nöthig, da die die Bohrarbeit leistende comprimirte Luft beim Austritt aus der Maschine genügend ventilirt, überhaupt der Rauch der Grubenlampen nicht sehr bedeutend ist. Wie Ihnen wohl bekannt sein wird, sind die Bohrarbeiten auf der englischen Seite eingestellt, auf französischer Seite wird aber eifrig vorwärts gearbeitet, da man erst, nachdem 1500 *m* Stollen gebohrt sein werden, eine endgültige Erklärung abgeben zu können glaubt, dass der Tunnel ein Ding der Möglichkeit ist, obwohl jetzt schon alle Zweifel darüber geschwunden sind. Schwerlich wird sich aber England jemals für die Ausführung des Tunnels entscheiden. Ein eigenthümlicher Zufall ist es, dass General Beaumont, der das Avancement im Sonderaccord mit seiner Maschine ausführt, doch auch ein Engländer ist. Er bekommt für den laufenden Meter Stollen 95 Fr. von der französischen Gesellschaft, die ihm aber die comprimirte Luft liefert. Für diesen Preis muss er aber auch das Material noch eine gewisse Strecke selbst mit seinen eigenen Arbeitern fördern. Am ganzen Unternehmen sind ungefähr 60 Arbeiter thätig. Die Installationen sind sehr schön, ähnlich den Tunnelinstallationen in Airolo (Compressoren von Colladon). Der Compressorenchef kommt aber auch von Airolo. Einen ganz eigenthümlichen Eindruck macht das colossale rauchende Kamin in jener Gegend, wo weit und breit jetzt noch eine ziemliche Einöde herrscht. Sangatte ist ein kleines Nest (Fischerdorf) und das Branden des Meeres unterbricht zuweilen einzig die grosse Stille. Nach meiner Rückkehr nach Calais und einem guten Mittagessen fuhr ich dann über den Canal und befinde mich seither recht wohl hier.

Luftstrom im Tunnel sich aufwärts bewegte, so kühlen sich die Tunnelwandungen immer mehr ab, so dass auch die mittere Lufttemperatur im Tunnel und mit ihr die Energie der Luftbewegung selbst allmälig abnimmt. Tritt dann warme Witterung ein, so ist die umgekehrte Luftbewegung um so energischer, infolge der niedrigen Temperatur der Tunnelwandungen.

Die Differenz in der mittleren Temperatur der Tunnelwandungen betrug bei den zwei Beobachtungen, deren Ergebnisse unsere Figur darstellt, 4°, sie schwankt aber wohl um mindestens 10°.

Es geht daraus hervor, dass keineswegs einer gewissen äusseren Temperatur eine *bestimmte* Luftbewegung entspricht, sondern dass die letztere auch von den vorhergegangenen Verhältnissen abhängt. (Schluss folgt.)

Le Projet d'utilisation de la force motrice du Rhône, à Genève.

Par *A. Achard*, Ingénieur à Genève.

I. Exposé historique.

La question de l'utilisation de la force motrice du Rhône, à Genève, est étroitement liée à celle de la régularisation du niveau du lac Léman.

En 1873, Mr. le professeur *Pestalozzi*, et Mr. *Legler*, ingénieur de la Linth, furent chargés par le Conseil d'Etat du canton de Vaud d'une mission officieuse dont l'objet était d'étudier les corrections à apporter à l'écoulement du Rhône pour réaliser la régularisation désirée par les riverains du lac ressortissants à ce canton, tout en conservant la force hydraulique nécessaire au service municipal des eaux. C'est en 1875 que MM. Pestalozzi & Legler présentèrent leur rapport: ils proposaient de faire du bras droit du Rhône un canal de libre écoulement, fermé par un barrage mobile qui s'ouvrirait seulement dans la saison des hautes eaux, et de faire du bras gauche un canal destiné à amener l'eau à des moteurs établis imédiatement à l'aval du pont de la Coulouvrenière et pouvant donner une force nette de 300 chevaux; le barrage actuel de la machine hydraulique devait être supprimé et le fond du Rhône creusé et régularisé en certains endroits.

A l'époque du dépôt de ce rapport, Mr. *L. Favre*, entrepreneur du tunnel du Gothard, et MM. *Turrettini* et *Achard*, ingénieurs à Genève, sans nier la possibilité de concilier le maintien d'une force hydraulique dans le Rhône avec l'abaissement du niveau des hautes eaux du lac, pensèrent que le meilleur moyen de satisfaire aux désiderata du canton de Vaud serait de laisser le cours du Rhône tout-à-fait libre entre la sortie du lac et les usines de Saint-Jean et de la Coulouvrenière: à cet effet, ils proposèrent de créer une force hydraulique d'un millier de chevaux sur *l'Arve*, en creusant un canal au travers de la presqu'île du *Bout du monde* un peu en amont de *Carouge*, et de transférer là le siège du service des eaux de Genève.

Une commission municipale nommée par la ville de Genève examina ce projet et trouva qu'il serait tout-à-fait praticable, et que, en particulier, le terrain de la presqu'île du Bout du Monde était excellent pour une filtration naturelle des eaux de l'Arve.

En 1876 une société de spéculateurs, MM. *Henneberg & Cie.*, qui avait acquis de grandes étendues de terrains vers le confluent de l'Arve avec le Rhône, eut l'idée d'en faciliter la mise en valeur, comme terrains industriels, par la réalisation d'une force hydraulique considérable à proximité. A cet effet, elle mit en avant un plan grandiose qui devait fournir une force brute de 6 à 7000 chevaux, tout en effectuant une régularisation du niveau du lac.

Le Conseil d'Etat de Genève soumit à une commission technique le projet de MM. Favre, Turrettini et Achard et celui de la société Henneberg & Cie.

Cette Commission considéra les deux projets comme également réalisables. Mais estimant, d'une part, que la qualité des eaux de l'Arve risquerait d'être altérée par les usines chimiques qui pourraient s'établir sur la partie française du cours de cette rivière, d'autre part, qu'il fallait avant tout tirer parti de la force disponible dans le Rhône, elle conseilla de donner la préférence au second de ces projets.

En Juin 1878, le Conseil d'Etat, fort de ce préavis, demanda au Grand Conseil d'accorder à la société Henneberg & Cie. sa demande en concession.

C'est à peu près à ce moment que l'Etat de Vaud ouvrit instance contre l'Etat de Genève, par devant le Tribunal Fédéral, au sujet du niveau du lac Léman.

Le projet de MM. Henneberg & Cie ne rencontra pas grande faveur dans le public genevois. La possibilité d'obtenir une force d'une certaine importance, tout en abaissant les hautes eaux du lac, ne fut pas contestée; mais on doutait beaucoup que la création de cette force pût amener à Genève la prospérité industrielle, comme les promoteurs de ce projet l'affirmaient, et de plus on avait peu de sympathie pour l'idée du monopole de longue durée qu'ils réclamaient.

La Commission du Grand Conseil travailla assiduement pendant trois mois et chercha à améliorer le projet de loi de concession qui lui était soumis en y introduisant des garanties sérieuses pour la ville de Genève et pour les tiers intéressés. Elle était sur le point de présenter son rapport, au mois d'Octobre, lorsque, à la stupéfaction générale, les demandeurs, mécontents de ces modifications, déclarèrent qu'ils se retiraient.

Les choses en demeurèrent là pendant les annnées 1879 et 1880.

En 1881, MM. Henneberg & Cie., s'étant assuré le concours éventuel de la *Société Lyonnaise des Eaux et de l'Eclairage*, renouvelèrent leur demande et en Juin le Conseil d'Etat soumit de nouveau le projet de loi au Grand Conseil. La Commission nommée par celui-ci ne rapporta qu'en Janvier 1882. Contrairement à ce que sa devancière avait fait en 1878, elle ne se préoccupa pas d'introduire des garanties, et préavisa en faveur du projet de loi presque sans modifications.

Une lettre publiée par Mr. l'ingénieur Merle d'Aubigné, directeur du service des eaux, démontra que dans ces circonstances il serait désirable pour la Ville d'obtenir la concession pour elle même. Des lettres de Mr. l'ingénieur Turrettini vinrent corroborer celle de Mr. Merle d'Aubigné et insistèrent sur la possibilité d'exécuter le projet par fractions successives en échelonnant les dépenses.

Sur ces entrefaites, la discussion commença dans le Grand Conseil. Les tentatives faites par quelques membres, pour introduire dans le projet de loi des garanties plus sérieuses, en faveur du maintien et du développement du service des eaux en mains de la Ville de Genève, demeurèrent inutiles et leurs amendements furent rejetés.

Le rejet de ces amendements, venant après la publication des lettres de MM. Merle d'Aubigné et Turrettini, produisit dans le public un courant d'opinion très vif en faveur de l'idée préconisée par eux, et augmenta la répugnance qu'inspirait généralement une concession aussi importante accordée à une société privée formée en partie d'éléments étrangers au pays. Aussi le Grand Conseil se vit obligé, au mois d'Avril, de renvoyer au mois de Septembre le vote définitif, afin de laisser à la Ville de Genève le temps d'étudier l'utilisation de la force motrice du Rhône à son propre point de vue.

On approchait alors du renouvellement périodique des autorités municipales de la Ville. Les élections se firent principalement sur la question de la concession des forces motrices et donnèrent de fortes majorités aux hommes qui, sans distinction de parti politique, désiraient voir attribuer cette concession à la Ville elle-même. M. Turrettini, notamment, fut élu membre à la fois du Conseil Municipal et du Conseil Administratif (ce dernier est l'autorité municipale exécutive).