**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
**Band:** 3/4 (1884)
**Heft:** 5

**Artikel:** Zur Frage der Erdwärme und Ventilation in grossen Tunnels
**Autor:** [s.n.]
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-11906

**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:** 12.07.2025

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

INHALT: Zur Frage der Erdwärme und Ventilation in grossen Tunnels. — Turbine mit selbstthätigem Regulator von Ziegler & Bosshard in Zürich. — Patentliste. — Necrologie: † August Krauss. † Julius Pintsch. — Miscellanea: Fabrication der Edison'schen Glühlampen. Eine neue Glühlampe. Zum Patentwesen in England. Internationale Gesundheitsausstellung in London. Allgemeine ungarische Landesausstellung zu Budapest. Preussische Staatsbahnen. Berliner Stadtbahn. Zum Hugstetter Unfall. Tramways in Frankreich. Telephonwesen. Stadthalle in Mainz. Das neue Postgebäude in Paris. Neue Algebra. — Vereinsnachrichten. Stellenvermittelung.

## Zur Frage der Erdwärme und Ventilation in grossen Tunnels.

⊙ Die Erfahrungen beim Bau des grossen Gotthardtunnels haben einer förmlichen Literatur über die Temperatur-Verhältnisse im Innern der Erde, sowie über die für den Bau und Betrieb grösserer Tunnels so wichtigen Ventilations-Frage gerufen. An die verschiedenen, den Lesern dieser Zeitschrift bekannten Publicationen von Dr. Stapff, Professor Du Bois-Reymond, Ingenieur Trautweiler u. A. m. haben sich in letzter Zeit zwei neue angereiht. Die eine, betitelt: „*Les grands tunnels et la chaleur souterraine*", von Ingenieur *E. Stockalper*, beschäftigt sich speciell mit den Temperatur- und Lüftungsverhältnissen während des Baues; die andere: „*La ventilation des grands tunnels*", von *Ch. de Sinner*, ingénieur des mines (in extenso erschienen im „Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes"), behandelt dagegen die Frage der Ventilation im fertigen Tunnel während des Betriebes. Beide Arbeiten sollen hier einer kurzen Besprechung unterzogen werden. Wir werden uns dabei blos auf eine objective Wiedergabe der in diesen Schriften enthaltenen Ansichten beschränken, indem wir die volle Verantwortlichkeit hiefür selbstverständlich den bezüglichen Autoren überlassen müssen.

Herr *Stockalper* ist in der uns vorliegenden Arbeit vor Allem bemüht, die Wirkung zu schildern, welche die continuirlich erhöhte Wärme auf den Gesundheitszustand der Arbeiter im Gotthardtunnel ausübte. Als langjähriger Bauleiter der Favre'schen Unternehmung auf der Nordseite des Tunnels war er, wie kaum ein zweiter, in der Lage, alle erforderlichen Beobachtungen über diesen Punct anstellen zu können. Der schädliche Einfluss auf die Gesundheit begann, sobald die Temperatur des Gesteins höher wurde als 29° C. Nach den Beobachtungen von Dr. *Giaccone* war dieselbe Wahrnehmung schon am Mont-Cenis-Tunnel gemacht worden, wo doch die Temperatur nie mehr betrug als 29,5°, und nur auf 500 *m* Länge den Werth von 29° überstieg. Es wurden damals (1870) verschiedene Fälle von Anämie constatirt, und nur die kurze Dauer dieser Erscheinung und die politischen Ereignisse jener Zeit waren schuld, dass die Sache nicht allgemein bekannt wurde. Im Gotthardtunnel wurde die Temperatur von 29° auf der Nordseite im Januar 1878 bei 4500 *m* vom Nordportal, auf der Südseite im Mai 1878 bei 5500 *m* vom Südportal erreicht, blieb also auf eine Länge von fünf Kilometern über diesem Werth und erreichte in der Mitte 31°. Verschiedene Ursachen trugen dazu bei, die Temperatur der Luft an den Stellen, wo gearbeitet wurde, noch etwas über die Gesteinstemperatur zu steigern; solche Ursachen waren: die grosse Zahl Arbeiter auf engem Raume, der Gebrauch der Tunnellampen, die Explosion der Minen u. s. w. So kam es, dass die Lufttemperatur an den Arbeitsstellen durchschnittlich bis auf 32,5°, in einzelnen Fällen bis auf 35° stieg. Eine unmittelbare Folge dieser hohen Temperatur war ferner, dass die Luft fortwährend mit Wasserdünsten gesättigt wurde und sechs bis neun Mal mehr Feuchtigkeit aufnahm als in normalem Zustand.

Diese übermässige Wärme und Feuchtigkeit hatte bei vielen Arbeitern Krankheitserscheinungen zur Folge, über deren Natur wir uns hier nicht näher einzulassen brauchen, die sich aber in schweren Fällen bis zur Anämie steigerten. Es mag genügen zu erwähnen, dass in den letzten fünf Monaten vor dem Durchschlag des Tunnels auf der Südseite 60 % aller Arbeiter von solcher Krankheit befallen wurden, und davon 12 % in ziemlich schwerem Grade. In noch weit bedeutenderem Mass äusserten sich die Wirkungen der heissen Luft auf die Pferde, von denen in der letzten Zeit durchschnittlich zehn im Monat auf jeder Seite zu Grunde gingen.

Es begreift sich, dass die Arbeit der Tunnelbohrung unter solchen Umständen bedeutend erschwert und vertheuert wurde; die Taglöhne mussten um 25 % erhöht, die Arbeitszeit von sieben auf fünf Stunden reducirt werden, und da es die Natur der Arbeit nicht zuliess, die Zahl der Arbeiter an einer Stelle beliebig zu vermehren, so musste eine beträchtliche Verzögerung der Gesammtleistung daraus resultiren.

Die Frage, bis zu welcher Temperaturgrenze die Arbeit in einem Tunnel überhaupt noch möglich sei, ist (auf Veranlassung des Gotthardgeologen, Dr. *Stapff**) von Professor *Du Bois-Reymond* dahin beantwortet worden, dass bei ganz trockener Luft die Temperatur bis auf 50° gehen könne, ohne dass die Arbeiten vollständig gehindert seien, dass aber, wenn die Luft mit Wasserdämpfen gesättigt sei, schon einer Temperatur von 40° Niemand mehr auf die Dauer zu widerstehen vermöge. Auch die in den Minen von Comstock in der Sierra Nevada beobachteten Verhältnisse führen zu keinem wesentlichen andern Resultat.**) — Der schon genannte Dr. Giaccone hält dafür, im Gotthardtunnel sei nahezu die Grenze der dem Menschen zuträglichen Temperaturen erreicht worden.

Von den grossen Tunnels, deren Ausführung in näherer oder fernerer Zeit mit einiger Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist, kommen einzig der Simplon- und der Mont-Blanc-Tunnel in Betracht, und es ist bekanntlich schon von verschiedenen Seiten versucht worden, die im Innern dieser beiden Tunnels zu erwartenden Temperaturverhältnisse annähernd auszumitteln. Auch Herr Stockalper legt sich diese Frage vor, und stützt sich dabei auf die Thatsache, dass in den beiden schon vollendeten Tunnels des Mont-Cenis und Gotthard nahezu gleiche Temperaturverhältnisse beobachtet worden sind, wesshalb man zu der Annahme berechtigt sei, auch bei einem dritten, ebenfalls in der Alpenkette gelegenen Tunnel werden diese Verhältnisse nicht stark differiren, d. h. einer ungefähr gleichen Tiefe unter der Erdoberfläche werde auch ungefähr die gleiche Temperaturzunahme entsprechen wie dort. Der Anwendung auf den Simplontunnel liegt das neueste Tracé der Suisse Occidentale zu Grunde, bei welchem der Tunnel nicht in gerader, sondern in gebrochener Linie durchgeführt wird, indem er auf der Nordseite unter dem Ganterthal hinter Berisal, auf der Südseite unter dem Val Cherasca und der Alpe Diveglia durchgeht. Wird nun auf das so bestimmte Längenprofil das bezeichnete Verfahren zur Temperaturbestimmung angewendet, so ergibt sich, dass die Temperatur etwa vom 4. bis 17. Kilometer (von Brieg an gerechnet) 30° und darüber betragen, und im Maximum auf 35—36° steigen wird. Im Mont-Blanc-Tunnel dagegen würde nach denselben Principien die Wärme auf eine Länge von 5 *km* über 40°, auf eine Länge von 3 *km* über 50°, im Maximum 53° betragen, eine Temperatur, bei welcher die Arbeit kaum mehr möglich wäre. Zudem ist es beim Mont-Blanc nicht möglich, durch seitliche Verschiebung des Tracés in irgend einer Richtung dieser hohen Temperatur auszuweichen. Zu ähnlichen Schlüssen gelangen die beigezogenen geologischen Experten, die HH. Professoren Heim, Renevier, Lory und Taramelli.***)

Wenn somit die im Simplontunnel zu erwartende Temperatur auf eine längere Strecke diejenige des Gotthardtunnels um einige Grade übersteigen wird, so erhebt sich die Frage, welche Mittel beim Bau anzuwenden seien, um diese Wärme wo möglich etwas herabzumindern und

*) S. Eisenbahn, Bd. XII, Nr. 16 und 17.

**) Vgl. Eisenbahn, Bd. XIII, Nr. 10 und 11.

***) Vgl. Bauztg. Bd. II, Nr. 4, mit dem Simplonprofil.

die Luftcirculation zu verbessern. Mehrere Techniker, die sich mit der Frage beschäftigt haben, erblicken die Hauptverbesserung darin, dass unbedingt das am Gotthardtunnel befolgte Bausystem mit Firststollen verlassen und das am Arlberg angewendete mit Sohlenstollen und nachherigen Aufbrüchen eingeführt werde. Es ist indessen im Voraus zu bemerken, dass man sich am Arlbergtunnel um die Temperaturfrage gar nicht zu kümmern hatte, indem die Wärme im Innern nie grösser wurde als 22°; es ist also nicht gesagt, dass die Methode, die sich dort so ausgezeichnet bewährte, nun auch in allen andern Fällen und unter schwierigern Wärmeverhältnissen die einzig richtige sei. Insbesondere ist mit Rücksicht auf die Lufterneuerung davon abzurathen, den Firststollen streckenweise durch Aufbrüche von unten her in Angriff zu nehmen, da die frische Luft nur schwer in diese obern Arbeitsstellen eindringt und, auch wenn sie in besondern Zweigleitungen eingeführt wird, nur in stark erwärmtem Zustande dort anlangt. Auch der Rauch und die schlechten Gase sind nur schwierig aus den obern Stollen zu entfernen. Gerade diese Uebelstände hatten sich beim Bau des Mont-Cenis-Tunnels gezeigt, und desshalb die Unternehmung des Gotthardtunnels veranlasst, einen Bauvorgang zu wählen, bei welchem die frische Luft möglichst ungehindert circuliren und alle Arbeitsstellen möglichst gleichmässig durchziehen könne.

Bekanntlich bestanden im Gotthardtunnel für die Ventilation keine besondern Leitungen, sondern die für den Betrieb der Bohrmaschinen zugeleitete Luft diente gleichzeitig auch zur Ventilation. Von einzelnen Ausnahmen abgesehen, war aber dieses Luftquantum mehr als hinreichend, um den Rauch und die schädlichen Gase aus dem Tunnel abzuführen, von den Arbeitern eingeathmet und von den Lampen consumirt zu werden, wie dieses auch officiell anerkannt worden ist. Dagegen reichte diese Luft nicht hin, um die Temperatur zu erniedrigen und den Feuchtigkeitsgehalt zu vermindern. Am Arlberg ist eine kräftigere Ventilation dadurch erzielt worden, dass man durch besondere Compressoren oder Ventilatoren und in Leitungen von 0,40—0,50 *m* Durchmesser 150—200 $m^3$ Luft per Minute in den Tunnel hinein trieb, unabhängig von der mechanischen Bohrung. Wollte man ein solches System in einer Tunnelröhre von 10 *km* Länge anwenden, so bedürfte es für die 200 $m^3$ Luft einer mechanischen Arbeit von 800 Pferden, welche der Bohrung entzogen würden. Zudem wären diese 200 $m^3$ für den beabsichtigten Zweck der Temperaturerniedrigung ganz ungenügend; denn unmittelbar nach dem Durchschlag des Gotthardtunnels wurden nach Dr. Stapff's Beobachtungen bloss durch den natürlichen Luftzug gegen 750 $m^3$ Luft per Minute in den Tunnel eingeführt, und gleichwohl die Temperatur um bloss $^1/_2$° erniedrigt, während sich allerdings die physiologischen Wirkungen bald merklich besserten.

Für einen zukünftigen Alpentunnel, womit in erster Linie der Simplontunnel gemeint ist, hat nun Herr Stockalper schon im Jahr 1880 ein besonderes Bausystem vorgeschlagen, das den erwähnten Umständen Rechnung tragen soll. Es soll nämlich auf jeder Tunnelseite von einer passenden Stelle der Oberfläche aus ein geneigter Schacht nach dem Tunnel hinunter getrieben werden, welcher die Tunnelachse an einer Stelle trifft, wo die Temperatur noch unter 29 oder 30° beträgt. Ist man mit dem Vortrieb des Tunnels beiderseits bis zu diesen Schächten gelangt, so führt man die weitere Tunnelbohrung in zwei Etagen, einem Sohlenstollen und einem Firststollen aus, von denen der letztere mit dem Schacht communicirt, während die beiden Stollen unter sich blos hinten, möglichst nahe vor Ort, durch eine Oeffnung mit einander in Verbindung stehen. Dabei hat es die Meinung, dass mit dem Fortschritt der Arbeiten jeweilen hinten eine neue Oeffnung zwischen First- und Sohlenstollen ausgebrochen und die vorhergehenden mit Brettern verschlossen werden. Die dadurch zu erzielende Wirkung ist, dass ein continuirlicher Luftstrom von der Tunnelmündung durch den untern Stollen bis vor Ort, dann durch den obern Stollen zurück und durch den Schacht aufwärts geleitet wird. Zur Nachhilfe lassen sich an den Schachtmündungen noch Aspiratoren anbringen. Der zwischen den beiden Schächten enthaltene Theil des Tunnels kann natürlich erst nach dem Durchschlag in vollem Querschnitt ausgebrochen werden. Die Weite der Schächte sollte mindestens 4 auf 3 *m* betragen. Beim Simplontunnel ist die Anbringung zweier solcher Schächte möglich und auch im Project vorgesehen, der eine, auf der Nordseite, von 1000 *m* Tiefe in 6500 *m* Abstand vom Portal, der andere, auf der Südseite, von 680 *m* Tiefe in 5300 *m* Abstand vom Südportal; die zwischenliegende Tunnellänge beträgt 8 *km*.

Ausser der Anlage von Schächten und der dadurch erreichten kräftigen Ventilation gibt es noch einige andere Hülfsmittel, um die Temperatur im Tunnel etwas zu erniedrigen und ihre Wirkung auf den menschlichen Organismus zu mässigen. Eines der vorzüglichsten ist, so weit immer möglich die Tunnelbohrung nicht von Hand, sondern mit Maschinen zu bewerkstelligen und hierbei Luft von möglichst hohem Drucke, fünf bis sechs Atmosphären, zu verwenden; denn nach physikalischem Gesetze kühlt sich solche Luft bei der Ausdehnung stark ab und theilt die Abkühlung auch der Umgebung mit. Diese Beobachtung hat ebenfalls schon im Gotthardtunnel, insbesondere beim Vortreiben des Richtstollens, gemacht werden können. Andere, von verschiedenen Seiten vorgeschlagene Mittel sind: Zuführung von Eis zu den Arbeitsstellen, Circulation von kaltem Wasser, Anwendung von Kalk zum Austrocknen der Luft, Einführung von electrischer Beleuchtung statt der Tunnellampen, Ersetzung des Pferdetransportes durch Transport mit Luftlocomotiven, besondere hygieinische Vorsichtsmassregeln für die Arbeiter u. s. w. Verschiedene dieser Mittel wollen noch einlässlicher studirt sein, namentlich mit Bezug auf die Kosten, und ein völliges Verschwinden aller sanitarischen Uebelstände, die mit dem Bau eines Alpentunnels verbunden sind, ist, auch wenn sie alle miteinander zur Anwendung kämen, niemals zu erwarten. Doch sollte sich mindestens so viel erreichen lassen, dass im künftigen Simplontunnel die sanitarischen Verhältnisse nicht viel ungünstiger sind, als sie es im Gotthardtunnel waren.

(Fortsetzung folgt.)

## Turbine mit selbstthätigem Regulator
### Patent Ziegler & Bosshard in Zürich.

In dem Artikel des Herrn Ingenieur Alleman über die Ausnützung der Wasserkräfte des Aabaches in Horgen (Bd. II, Nr. 23) sind die dort zur Verwendung gelangten Girard-Turbinen mit Regulirvorrichtung von *Ziegler & Bosshard* erwähnt. Wir sind nunmehr in der angenehmen Lage, im Anschluss an den bezüglichen Artikel, eine Beschreibung dieser Regulirvorrichtung folgen zu lassen.

Die Turbinen, an welchen dieselbe functionirt, sind sowol für äussere als innere Beaufschlagung und die Construction des Rades ist ganz analog der üblichen. Dagegen ist die Art der Wasserzuführung neu und es wird damit bezweckt, jede Drosselung zu umgehen, d. h. das Wasser mit der vollen Spannung bis unmittelbar vor das Rad zu leiten, mittelst einer leicht vom Regulator beweglichen Schiebevorrichtung. Die Wirkung des Regulators wird dadurch erhöht, dass dabei der Druck des Wassers zu Hülfe genommen wird, wesshalb die Vorrichtung erst von einem grösseren Gefälle (10 *m*) an wirksam ist.

Der Einlauf setzt sich zusammen aus dem schnabelförmigen Leitapparat, in welchem sich ein gut eingepasster, scharnierartig eingehängter balancirender Schieber *a* so bewegen kann, dass seine Stellung eine gewisse Höhe der Ausflussöffnung bedingt. Dieser Schieber läuft nach hinten in einen Hebel aus, welcher in den zweiten Theil des Einlaufes, den Cylinder, reicht.

Diesem wird im untern Theil durch einen seitlichen Stutzen das Triebwasser zugeführt. Der obere Theil des Cylinders ist mit Metall gefüttert und ausgebohrt und führt