

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	9/10 (1887)
<b>Heft:</b>	7
<b>Artikel:</b>	Ueber den Bau grosser Tunnels vermittelst Verwendung comprimirter Luft
<b>Autor:</b>	[s.n.]
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-14350">https://doi.org/10.5169/seals-14350</a>

### 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:** 23.02.2026

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

Bei der Anwendung des soeben Besprochenen auf die Fachwerkstheorie sind natürlich die Gleichungen (2) als Repräsentanten der Gleichung (1) und die Unbekannten  $r$  als Repräsentanten der unbekannten Knotenpunkts-Coordinate zu betrachten. Da die Gl. (1) immer nur höchstens je vier Unbekannte enthalten, verschwinden die meisten partiellen Diff.-Quotienten, welche in die Determinante  $\Delta$  als Elemente eintreten. Für die wirkliche Ausrechnung der Determinante ist dies eine erhebliche Erleichterung; in einer allgemeinen Betrachtung würde es aber nur die Uebersichtlichkeit stören, wenn man an Stelle der allgemeinen Symbole die ihnen zukommenden speziellen Werthe setzen wollte.

Ich wende mich nun zur Berechnung der Stabspannungen und nehme, um unnötige Complicationen zu vermeiden, an, dass die Lasten nur an den Knotenpunkten angreifen und dass die Auflagerkräfte bereits vorher berechnet sind. Für jeden freien Knotenpunkt schreibe ich zwei, für den festen keine und für den verschieblich gelagerten eine Componenten-Gleichung an. Die Stäbe mögen der Uebersichtlichkeit wegen neu numerirt sein und zwar mit römischen Ziffern; die Stabspannungen  $S_I S_{II} \dots$  sollen positiv gerechnet werden, wenn sie Zugspannungen bedeuten. Verbindet ein Stab  $S_g$  zwei Knotenpunkte  $i$  und  $k$  mit einander, so ist die  $X$  Componente der an  $i$  angreifenden Spannung  $S_g$ , welche  $X_g^i$  geschrieben werden soll.

$$X_g^i = S_g \cdot \frac{x_k - x_i}{l_g} \quad (5)$$

Nun entspricht aber dem Stabe  $ik$  oder, wie er in der neuen Nummerirung heisst, dem Stabe  $g$  eine der Gleichungen (1), welche jetzt kurz mit  $f_g = 0$  bezeichnet werden kann. Man sieht leicht, dass

$$\frac{\partial f_g}{\partial x_i} = 2(x_i - x_k)$$

und dass daher Gleichung (5) geschrieben werden kann

$$X_g^i = -\frac{S_g}{2l_g} \cdot \frac{\partial f_g}{\partial x_i} \quad (5a)$$

Ebenso wird

$$X_g^k = -\frac{S_g}{2l_g} \cdot \frac{\partial f_g}{\partial x_k} \quad (5b)$$

Nun ist von vornherein nicht zu sagen, welche Stäbe gerade von dem Knotenpunkte  $i$  ausgehen und es würde nur die Allgemeinheit der Betrachtung stören, wenn darüber Näheres festgesetzt würde. Man kann über diese Schwierigkeit aber sehr leicht hinwegkommen, wenn man so rechnet, als wenn sämmtliche Stäbe mit  $i$  in Verbindung wären und die bezüglichen Componenten  $X^i$  nach Gleichung (5") in die Componenten-Gleichung einführt. Sollte dann der Stab  $S_g$ , in Wirklichkeit nicht von  $i$  ausgehen, so würde sich in der That der Ausdruck (5") auf 0 reduziren, da dann  $f_g$  von  $x_i$  unabhängig ist. Die Componenten-Gleichung für den Knotenpunkt  $i$  in Richtung der  $X$  Achse lässt sich daher schreiben

$$-\frac{S_I}{2l_I} \cdot \frac{\partial f_I}{\partial x_i} - \frac{S_{II}}{2l_{II}} \cdot \frac{\partial f_{II}}{\partial x_i} - \dots - \frac{S_p}{2l_p} \cdot \frac{\partial f_p}{\partial x_i} + X_0^i = 0 \quad (6)$$

worin  $X_0^i$  die Componente der an  $i$  wirkenden äusseren Kraft (Belastung resp. Auflagerdruck) bedeutet und die Zahl der Stäbe mit  $p$  bezeichnet ist.

Solcher Gleichungen haben wir nach Obigem  $2k - 3$  oder  $p$ . Dieselben sind linear in Bezug auf die Unbekannten  $\frac{S}{2l}$  und ergeben eindeutige und endliche Lösungen für dieselben, wenn die Determinante der Coefficienten

$$\Delta' = \begin{vmatrix} \frac{\partial f_I}{\partial \nu_1} & \frac{\partial f_{II}}{\partial \nu_1} & \dots & \frac{\partial f_p}{\partial \nu_1} \\ \frac{\partial f_I}{\partial \nu_2} & \frac{\partial f_{II}}{\partial \nu_2} & \dots & \frac{\partial f_p}{\partial \nu_2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial f_I}{\partial \nu_p} & \frac{\partial f_{II}}{\partial \nu_p} & \dots & \frac{\partial f_p}{\partial \nu_p} \end{vmatrix} \quad (7)$$

von Null verschieden ist, worin wieder, der bequemerem Schreibweise halber, die unbekannten Knotenpunkts-Coordinate in derselben Art durch die Buchstaben  $\nu$  ersetzt wurden, wie dies bereits in den vorausgehenden Betrachtungen geschehen ist.

Nach einem bekannten Satze der Determinantentheorie ist aber  $\Delta'$  identisch mit  $\Delta$  (Gleichung 4). Die Bedingung, dass ein Fachwerk statisch bestimmt sei, fällt also in der That mit derjenigen zusammen, dass es stabil sei und die bezüglichen Andeutungen in meinem Buche, denen ich hier nichts Wesentliches zugefügt habe, enthalten den strengen Beweis hiefür. Hätte ich damals hoffen dürfen, Leser zu finden, die sich für diese rein theoretische Auseinandersetzung näher interessirten, so würde ich schon bei jener Gelegenheit ausführlicher gewesen sein.

Leipzig, im Januar 1887.

### Ueber den Bau grosser Tunnels vermittelst Verwendung comprimirter Luft.

Unter diesem Titel hat Professor Dr. Colladon in Genf kürzlich eine Schrift herausgegeben, in welcher die Entwicklung des Baues grosser Tunnels historisch beleuchtet und der Vortheile gedacht wird, die dem Tunnelbau durch die Anwendung der Lufttransmissionen erwachsen sind. Bekanntlich war Professor Colladon der erste, der vorschlagen hatte, beim Tunnelbau die Seiltransmission durch die pneumatische Kraftübertragung zu ersetzen. Es geschah dies schon im Jahre 1852. Nach seinen Ideen wurden später, beim Bau des Mont-Cenis-Tunnels, die Compressoren bei Modane und Bardonnèche ausgeführt, die in wesentlich verbesserter Construction auch am Gotthard verwendet wurden.

Am Schlusse seiner Arbeit liess Professor Colladon eine Vergleichung des Arbeitsfortschrittes und der Kosten des Gotthard- und Arlberg-Tunnels folgen, bei welcher er zu nachstehenden Conclusionen gelangt, die wir in deutscher Uebersetzung wiedergeben wollen:

„Die einzigen grossen zweigeleisigen Tunnels, die in Europa zur Ausführung gelangten, sind diejenigen des Mont-Cenis (Fréjus), Gotthard und Arlberg.

„Obschon der grosse Gotthardtunnel um 2690 m länger und viel schwieriger auszuführen war, als derjenige am Fréjus, so wurde der erstere doch doppelt so rasch und mit weniger als einem Drittheil der kilometrischen Kosten des letzteren vollendet.

„Kürzlich wurde versucht, die Bauzeit und kilometrischen Kosten des Gotthard- mit denjenigen des Arlberg-Tunnels in Vergleich zu ziehen. In Nachfolgendem soll nun gezeigt werden, wie sehr dieser Vergleich der hauptsächlichsten Grundlagen entbehrt:

„Beim Bau grosser Tunnels sind die Schwierigkeiten und Kosten der Ausführung nicht der Länge direct proportional, sondern sie wachsen in viel stärkerem Verhältnisse mit der Länge. Im Fernern verursachen die grosse Höhe des Gebirges über dem Tunnelscheitel d. h. die dadurch bedingten ausserordentlich hohen Temperaturen die bedeutendsten Schwierigkeiten und Kosten.

**A. Gotthard-Tunnel.** 1. Ueber dem 14920 m langen Gotthard-Tunnel befinden sich zwei Erhebungen von mehr als 1600 m, welche im Innern des Tunnels Temperaturen zur Folge hatten, die den Fortschritt der Arbeiten um nahezu ein Jahr verzögerten und die Kosten wesentlich vermehrten.

„2. Die verfügbaren Wasserkräfte am Ausgang des Tunnels, von welchen Leistung und Arbeitsfortschritt abhängen, waren beim Gotthard im Mittel viel geringer, als dies dem Unternehmer von Seite der Gesellschaft versprochen worden war. Sie betragen im Allgemeinen während des Winters nicht einmal 50 % des Versprochenen.

„3. Die Zuleitung des Wassers musste an beiden Ausgängen des Tunnels durch den Unternehmer studirt und ausgeführt werden.

„4. Der Unternehmer hatte anzukämpfen:

„Auf der Nordseite: Gegen den ausserordentlichen Gebirgsdruck, der durch in Zersetzung begriffene Schichten hervorgerufen wurde. In Folge dessen musste das Mauerwerk dreimal ersetzt und dessen Stärke schliesslich verdreifacht werden.

„Auf der Südseite: Gegen zahlreiche Zerklüftungen und ausserordentliche Infiltrationen, die sich in den ersten Jahren bis auf 230 l pro Secunde erhoben. Da die Gefällsverhältnisse für so grossen Wasserabfluss ungenügend waren, so mussten die Arbeiter oft in 20 bis 30 cm tiefem Wasser stehen.

„5. In jedem Winter wurden die Wasserzuleitungen auf der Südseite durch zahlreiche Lawinen zerstört oder verstopft.

„6. Keiner der Apparate: Hydraulische Motoren, Luftcompressoren, Bohrmaschinen (?), die am Mont-Cenis verwendet wurden, konnten als Muster für die Anlagen am Gotthard dienen.

**B. Arlberg-Tunnel.** 1. Die Länge des Tunnels ist blos 10 270 m und das darüber liegende Gebirge erhebt sich nur um 800 m über die Tunnelaxe, so dass keine wesentlichen Temperatur-Erhöhungen vorkamen, die dem Fortschritt der Arbeiten hinderlich gewesen wären oder die Arbeiten vertheuert hätten.

„2. Am Arlberg wurden die zum Betrieb der Motoren nothwendigen Wasser-Zuleitungen von der Bauleitung im Voraus sorgfältig studirt, ausgeführt und den Tunnel-Unternehmern übergeben.

„3. Während des Winters waren die Wasserkräfte am Arlberg denjenigen am Gotthard überlegen.

„4. Beim Bau des Arlberg-Tunnels sind nur wenig Infiltrationen vorgekommen und die Gefälls-Verhältnisse des Tunnels waren der Ableitung des Wassers günstiger, als auf der Südseite des Gotthard-Tunnels.

„5. Die Unternehmer, welche mit dem Bau beginnen konnten, als der Gotthard-Tunnel seiner Vollendung entgegen ging, waren in der Lage, aus den daselbst construirten und verwendeten Apparaten Nutzen zu ziehen.

**Schlussfolgerung.** Die Schwierigkeiten, welche am Arlberg zu überwinden waren, können mit den ungeheuren Hindernissen und Fällen höherer Gewalt, die sich der Ausführung des Gotthard-Tunnels entgegengestellt haben, nicht in Vergleich gezogen werden.

„Die Nachwelt wird Mühe haben, zu begreifen, dass, trotz aller dieser Schwierigkeiten, der schliessliche kilometrische Kostenbetrag des Gotthard- denjenigen des Arlberg-Tunnels nur um wenige (zwei) Procente überstiegen hat.“

### Patentliste.

Mitgetheilt durch das Patent-Bureau von Bourry-Séquin in Zürich.

Fortsetzung der Liste in Nr. 4, IX. Band der „Schweiz. Bauzeitung“. Folgende Patente wurden an Schweizer oder in der Schweiz wohnende Ausländer ertheilt.

#### 1886 im Deutschen Reiche

- |                     |  |
|---------------------|--|
| Decbr. 1. Nr. 38302 | J. Cauderay, Lausanne: Neuerungen an Apparaten zur Messung von Electricität.   |
| „ 1. „ 38239        | F. Bormann-Zix, Zürich: Rebschirm, um Weinstöcke vor Frost zu schützen.  |
| „ 1. „ 38298        | H. Spühl, St. Fiden bei St. Gallen: Neuerung an Wurstmaschinen.  |
| „ 15. „ 38448       | A. Güdel, Biel: Guillochir-Maschine.   |
| „ 15. „ 38445       | Ch. A. Paillard, Genf: Palladium-Legirung.   |
| „ 29. „ 38555       | K. Leger, Eynach a. Bodensee und R. Helg, Tägerweilen bei Constanț: Steuerung mit Füllungsänderung an Rotations-Gaskraftmaschinen. |
| „ 29. „ 38515       | F. Saurer & Söhne, Arbon: Spannvorrichtung für den Schiffchen-Faden bei Schiffchen-Stickmaschinen.                                 |

**1886 in Oesterreich-Ungarn**

August 5.	C. Tostmann, Zürich: Kraftsammelnde Bremsen
“ 13.	F. Bormann-Zürich: Rebschirm, um die Weinstücke vor Frost zu schützen.

**1886 in England**

Nov. 11. Nr. 14617	Chemische Industrie-Gesellschaft Basel: Erzeugung des Ethyläthers einer neuen Säure.
“ 11. “ 14618	Chemische Industrie-Gesellschaft Basel: Erzeugung und Behandlung einer Mischung von Phenylhydrazine mit einem neuen Ethyläther.
“ 15. “ 14819	J. Walzer, Chaux-de-Fonds: Verbesserungen an Taschenuhren.
“ 29. “ 15556	C. Denger-Tröger, Zürich: Verbesserungen in der Markirung und Eintheilung von Massstäben etc.
“ 29. “ 15560	J. Schweizer & P. E. Huber, Solothurn: Verbesserungen an Apparaten zur Beleuchtung und Heizung mittelst Petroleum oder andern Substanzen.

**1886 in Belgien**

October 20. Nr. 74913	J. Brunner und C. Klary, Winterthur: Méthode de produire des planches ou clichés en creux ou en reliefs destinés à l'impression.
“ 25. “ 74963	A. Lecoulte-Piquet, Brassus: Mécanisme de chronographe.
“ 26. “ 74994	C. A. Paillard, Genève: Fabrication de balanciers compensateurs pour montres et chronomètres.
“ 28. “ 75028	J. E. Knecht, Wollishofen: Irrigateur avec ascenseur et mécanisme pour régler la pression.

**1886 in Italien**

August 3. Nr. 20318	H. Spühl, St. Fiden, St. Gallen: Perfectionnements dans les machines à faire les saucisses.
“ 16. “ 20394	P. Blanchod & Cie., Vevey: Perforatrice à percussion fonctionnant soit par l'air soit par la vapeur.
“ 18. “ 20407	R. Hegnauer, Aarau: Procédé à produire un bronze-verni pour la fabrication de nattes et chapeaux d'une couleur bronzée.

**1886 in den Vereinigten Staaten**

Decemb. 28. Nr. 355244	H. Zumsteg, Kulm, Aargau: Musik-Dose.
------------------------	---------------------------------------

### Miscellanea.

**Bezirksspital in Zofingen.** Dank der Munifenz eines in Moskau lebenden Aargauers, des Herrn Lerch von Brittnau, erhält Zofingen ein Bezirksspital. Der Bau wird nach den Plänen und unter der Leitung unseres Collegen, Architect S. Ringier in Zofingen, in sofortigen Angriff genommen. Den Anstoß zum Bau gab die dortige Culturgesellschaft schon im Jahre 1884, durch Veröffentlichung einer bezüglichen Broschüre. Zum Andenken an den hochherzigen Geber, der die ganze vorläufig benötigte Bausumme von 70000 Fr. zur Verfügung gestellt hat, soll die Anstalt: „Lerch'scher Bezirksspital“ genannt werden.

### Concurrenzen.

**Evangelische Kirche in Ragaz.** Die evangelische Kirchen-Vorsteuerschaft zu Ragaz (Ct. St. Gallen) schreibt zur Erlangung von Plänen für eine evangelische Kirche eine allgemeine Preisbewerbung aus. Den Concurrenzbedingungen und dem Bauprogramm entnehmen wir Folgendes: Termin 30. April 1887. Dem Preisgericht werden für die Prämierung der zwei besten Entwürfe 1000 Franken zur Verfügung gestellt. Die Bausumme darf einschliesslich der Bestuhlung 70,000 Fr. nicht übersteigen. Die Kirche soll eine Bestuhlung von 400 Sitzplätzen erhalten. Ein bestimmter Baustil ist nicht vorgeschrieben. Als Baumaterial sind Ziegel (Backsteinrohbau) oder Ragazer Kalkstein anzunehmen. Verlangt werden: Ein Situationsplan i. M. v. 1:250; zwei Grundrisse, zwei Fassaden, zwei Schnitte i. M. v. 1:100 und eine perspectivische Ansicht. Die Zeichnungen müssen derart ausgeführt werden, dass die Constructionen deutlich sichtbar sind und auf ihre Ausführbarkeit und Zweckmässigkeit beurtheilt werden können. Den Plänen muss ein detaillirter Kostenvoranschlag beiliegen.