

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 15/16 (1890)
Heft: 8

Artikel: Die Luft im Gotthardtunnel
Autor: Bechtle, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-16380>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.03.2025

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

INHALT: Die Luft im Gotthardtunnel. Von Oberingenieur R. Bechtle in Luzern. — Beitrag zur Theorie des Fachwerkes. Von Dr. A. Herzog, Prof am eidg. Polytechnikum zu Zürich. — Zum Rheinbericht Wey. — Miscellanea: Le Congrès international de mécanique appliquée. Schwebende Drahtseilbahn Klismhorn-Pilatus-Kulm. Elec-

trischer Betrieb der Strassenbahnen in London. Technisches Eisenbahn-Inspectorat. Eidgenössisches Polytechnikum. Eidgenössisches Verwaltungsgebäude an der Speichergasse in Bern. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein.

Die Luft im Gotthardtunnel.

Von Oberingenieur R. Bechtle in Luzern.

Während der ersten Zeit des Bahnbetriebs durch den Gotthardtunnel war man noch ungewiss, ob die Luft- und Rauchverhältnisse in demselben einen ungehinderten Betrieb ohne Anwendung künstlicher Hilfsmittel zulassen würden.

Um sich hierüber verlässliche Anhaltspunkte und Gewissheit zu verschaffen, wurden von der Direction der Gotthardbahn Beobachtungen und Aufzeichnungen über den Wärmegrad, die Bewegung und den Rauchgehalt der Tunnelluft angeordnet und seit Eröffnung des durchgehenden Betriebes fortgeführt, nachdem zu diesem Behufe in jeder der etwa 1 km von einander entfernten Tunnelkammern ein Wärmemesser aufgestellt worden war.

Durch die von den Stationen Göschenen (Nord) und Airolo (Süd) gleichzeitig in Abständen von 8 Stunden abgehenden und in Tunnelmitte zusammentreffenden Tunnelwärter wurden täglich (d. h. innerhalb 24 Stunden) 3 Aufzeichnungen

- a) über die Temperatur
- b) die Richtung und Stärke der Luftströmung und
- c) über die Dichte des Rauches in der Tunnelluft

gemacht, gleichzeitig aber auch auf den schon während des Baues bestandenen eidgenössischen Wetterstationen Airolo und Göschenen die Luftverhältnisse im Freien beobachtet.

Zur Aufzeichnung ihrer Beobachtungen erhielten die Wärter entsprechend eingerichtete Bücher, von welchen am Ende jeden Monats die ausgefüllten Blätter abgetrennt und dann dem Bahnmeister beziehungsweise dem Bahningenieur zu Händen des Oberingenieurs, welcher auf seinem Bureau die täglichen Aufzeichnungen graphisch auftragen liess, abgeliefert wurden. Nach Ablauf je eines Jahres wurden sodann die solcherweise entstandenen graphischen Darstellungen seitens der Gotthardbahndirection dem schweizerischen Eisenbahndepartement zur Einsichtnahme mitgeteilt.

Aus diesen Erhebungen und Aufzeichnungen ergeben sich nun folgende Resultate:

a) Temperatur. Zur Darstellung der von den Tunnelwärtern beobachteten Maximal- und Minimalwärme in den Jahren 1883 bis 1887 haben wir je aus den 6 Wintermonaten Januar, Februar, März, October, November, December und den 6 Sommermonaten April bis und mit September diejenigen Tage in die graphischen Beilagen (siehe die Figuren auf Seite 44) eingetragen, an welchen in dem betreffenden Zeitraum in Kammer 1 (etwa 1 km vom Nordportal entfernt) und in Kammer 14 (etwa 1 km vom Südportal entfernt) die niederste und höchste Temperatur bei Nordzug (—), bezw. bei Südzug (---) vorhanden war. Ueberdies wurde noch ein Tag ausgewählt und eingetragen (...), an welchem abwechselnd Nord- und Südzug herrschte und am Rande die auf den Stationen Göschenen und Airolo beobachtete Temperatur angedeutet. Beispielsweise war in den Sommermonaten April bis September des Jahres 1883 in Kammer Nr. 1 bei Nordzug am 12. April die tiefste, am 30. Mai die höchste, und in Kammer Nr. 14 bei Südzug am 2. April die tiefste, am 12. Juli die höchste Temperatur. Am 10. September 1883 herrschte abwechselnd Nord- und Südzug.

Wie aus den nachfolgenden Darstellungen über Maximal- und Minimalwärme einiger Jahresbeobachtungen sofort ersichtlich ist, steigt die Wärmelinie mit der von aussen eintretenden Luftströmung in der Richtung derselben successive gegen die Tunnelmitte an, um den in der Tunnelmitte herrschenden Wärmegrad mehrere Kilometer lang über die Mitte hinaus beizubehalten und dann je nach dem Stand der am entgegengesetzten Portal befindlichen äusseren Temperatur mehr oder weniger rasch abzufallen.

Aus den vier graphischen Darstellungen der Maximal- und Minimalwärme in den Jahren 1883 und 1887*) und

*) Da die Luftzugcurven der verschiedenen Beobachtungsjahre nur wenig differiren, so sind dieselben hier nur für das erste und das letzte Beobachtungsjahr 1883 und 1887 dargestellt und über die während der Jahre 1884, 1885, 1886 in der Kammer 1 bezw. 14 beobachteten niedersten und höchsten Temperaturen die betreffenden Tage, an welchen solche geherrscht haben, angegeben.

Gotthardtunnel
Minimal- und Maximaltemperaturen
in der Tunnelmitte (bezw. bei Kammer 8).

Monat	1883				1884				1885				1886				1887				1888			
	min.		max.		min.		max.		min.		max.		min.		max.		min.		max.		min.		max.	
	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.	Tag	Grad Cels.
Januar	13	16,5	1	21,6	17	16,4	7	20,4	31	16,8	7	20,6	13	15,0	9	19,9	2	16,2	13	20,0	8	14,5	22	19,0
Februar	11	17,0	19	21,1	23	16,0	7	20,6	16	15,0	10	19,7	10	17,5	14	20,9	23	17,0	17	19,5	10	14,9	23	20,5
März	2	16,4	21	20,5	1	18,6	17	21,2	26	16,2	18	20,3	25	17,0	19	20,0	19	16,0	11	20,4	6	15,6	16	20,5
April	12	18,5	26	21,0	7	18,0	18	21,0	12	18,0	23	21,6	16	17,5	5	20,0	2	17,8	10	20,7	21	17,5	5	20,0
Mai	20	19,8	17	22,3	8	19,4	21	21,6	16	19,2	30	22,2	7	18,0	15	20,5	4	17,5	22	21,0	16	17,0	25	21,0
Juni	23	20,0	29	22,7	23	18,0	7	21,6	22	19,3	15	22,2	24	17,9	8	21,6	13	18,3	9	21,0	2	19,3	6	21,8
Juli	28	20,0	12	23,4	1	18,7	19	21,8	29	19,4	14	22,4	1	18,5	10	21,6	2	19,5	30	22,6	13	19,5	28	22,5
August	4	19,7	31	23,2	1	19,7	11	22,8	20	19,0	6	22,0	7	19,5	30	22,4	22	19,8	1	22,8	8	19,0	12	22,5
September	9	20,4	26	23,0	14	19,5	30	23,0	29	18,5	24	22,2	21	20,7	4	23,0	25	18,5	19	22,5	3	19,0	14	23,0
October	25	19,7	14	22,8	18	17,4	1	22,4	24	19,0	10	21,6	28	17,8	11	22,2	21	16,8	12	21,9	22	17,0	3	21,9
November	26	18,6	20	21,6	28	17,0	13	22,5	21	16,3	9	20,8	6	16,4	19	20,1	25	16,0	10	21,1	14	16,0	8	20,5
Dezember	19	17,0	1	21,2	12	17,5	7	20,6	18	15,6	1	20,0	20	15,8	8	19,4	31	14,8	21	22,0	30	15,1	9	20,2
Ganzes Jahr	16,4		23,4		16,0		23,0		15,0		22,4		15,0		23,0		14,8		22,8		14,5		23,0	

aus der Tabelle mit den in Tunnelmitte beobachteten Temperaturen geht hervor, dass die Jahresmaximaltemperatur in Tunnelmitte während der sechs Beobachtungsjahre 1883 bis 1888 nur geringe Schwankungen und keine Abnahme aufweist, dass dagegen an gleicher Stelle die Jahr-Minimaltemperatur von Jahr zu Jahr zurückgegangen ist und zwar von 16.4° am 2. März 1883 bis auf 14.5° am 8. Januar 1888.

Februar 1880 erfolgte, betrug die mittlere Lufttemperatur in demselben vor Ort
 auf der Seite von Göschenen beim Bohren 26.6° C.
 „ Schuttern 29.6° C.
 auf der Seite von Airolo „ Bohren 29.2° C.
 „ Schuttern 31.6° C.
 wobei jedoch zu bemerken ist, dass in den letzten Monaten vor dem Durchschlag bedeutend mehr Luft in den Richt-

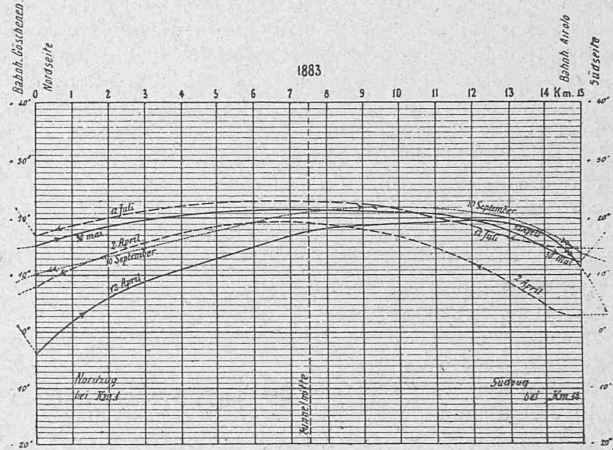
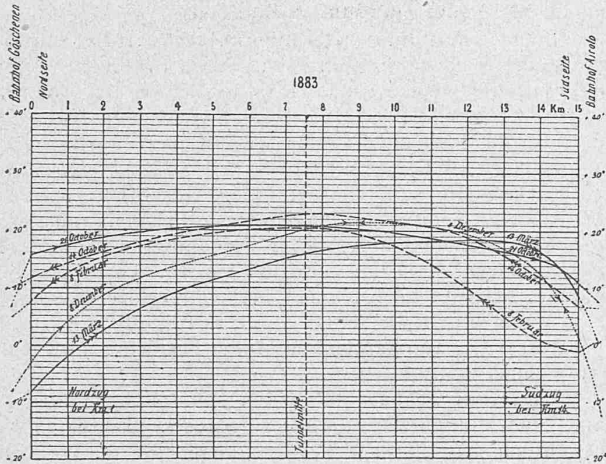
Gotthard-Tunnel.

Maximal- und Minimal-Wärme.

Meteorologische Beobachtungen.

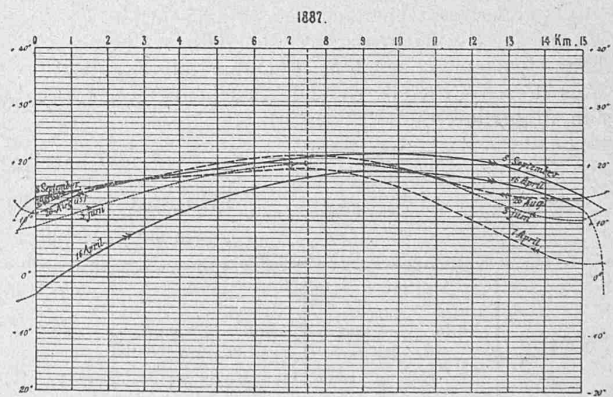
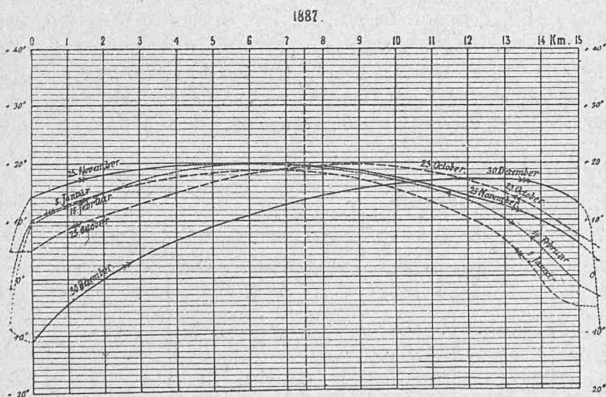
Monate Januar bis März und October bis December.
 Winter

Monate April bis September.
 Sommer



Niederste Temperatur am 13. März
 Höchste „ „ 21. Oct.
1884
 Niederste Temperatur am 27. Nov.
 Höchste „ „ 8.
1885
 Niederste Temperatur am 12. Dec.
 Höchste „ „ 20. Oct.
1886
 Niederste Temperatur am 12. Jan.
 Höchste „ „ 21. Oct.
 am 8. Febr.
 „ 14. Oct.
 am 19. Febr.
 „ 31. Oct.
 am 11. Jan.
 „ 3. Oct.
 am 8. Febr.
 „ 1. Oct.

Niederste Temperatur am 12. April
 Höchste „ „ 30. Mai
1884
 Niederste Temperatur am 22. April
 Höchste „ „ 4. Sept.
1885
 Niederste Temperatur am 16. Mai
 Höchste „ „ 12. Aug.
1886
 Niederste Temperatur am 4. Mai
 Höchste „ „ 15. Sept.
 am 2. April
 „ 12. Juli
 am 2. April
 „ 17. Mai
 am 29. April
 „ 17. Mai
 am 4. April
 „ 20. Aug.



Niederste Temperatur 30. Dec.
 Höchste „ 25. Nov.
 Nordzug: Schwach Gewöhnlich Stark
 am 8. Jan.
 „ 23. Oct.

Niederste Temperatur 16. April
 Höchste „ 8. Sept.
 Schwach Gewöhnlich Stark Südzug
 am 7. April
 „ 26. Aug.

Abwechselnd Nord- und Südzug:

Es mag bei diesem Anlass erwähnt werden, dass während der Bauausführung des Gotthardtunnels die mittlere Jahrestemperatur im Richtstollen vor Ort in Cels.° betrug;

auf der Seite von Göschenen im Jahre	1876	1877	1878	1879	1880
beim Bohren	19,4	21,1	24,0	26,4	30,3
beim Schuttern	20,8	23,4	26,0	29,3	31,2
auf der Seite von Airolo im Jahre	1876	1877	1878	1879	1880
beim Bohren	23,1	25,0	25,8	28,2	29,3
beim Schuttern	26,6	28,5	29,3	30,7	31,0

Vor dem Durchschlag des Richtstollens, welcher am 29.

stollen gepresst wurde als früher, trotzdem aber konnte während des Bohrens die Lufttemperatur im Mittel nur 1.7° unter die Gesteinstemperatur gebracht werden.

Letztere wurde im Februar 1880 beobachtet:
 bei 7635 m Entfernung vom Nordportal mit 1704 m Höhe des überlagernden Gebirgs 30.6°
 bei 7041 m Entfernung vom Südportal mit 1480 m Höhe des überlagernden Gebirgs 29.4°.

Die mittlere Gesteinstemperatur in der ganzen Tunnelröhre war ursprünglich 23.43°, dagegen die mittlere Lufttemperatur der ganzen Tunnelröhre am 29. Februar 1880

nach dem Durchschlage 21.69⁰; ferner am 11. Februar 1881 19.3⁰ und am 11. Februar 1882 14.5⁰ C. Diese auf den gleichen Monat der 3 Jahre sich beziehenden Ziffern zeigen am deutlichsten die Abnahme der mittleren Temperatur des ganzen Tunnels.

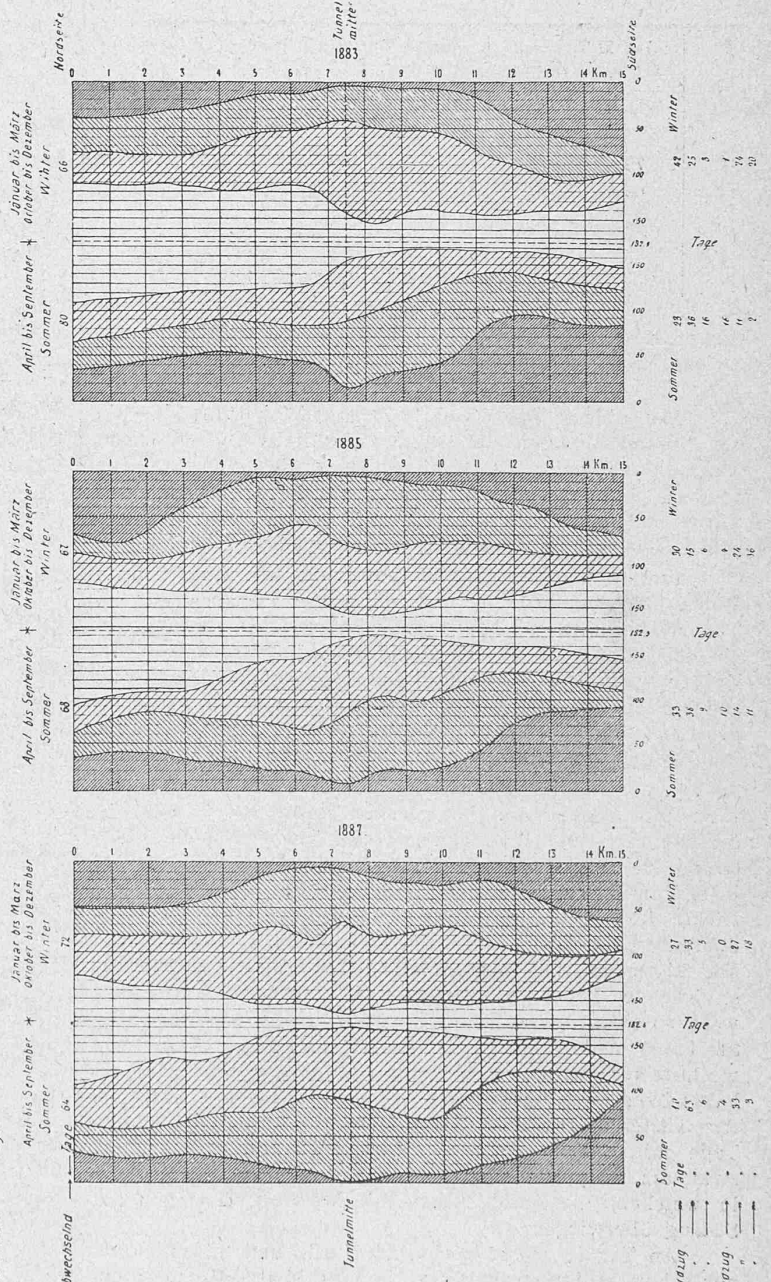
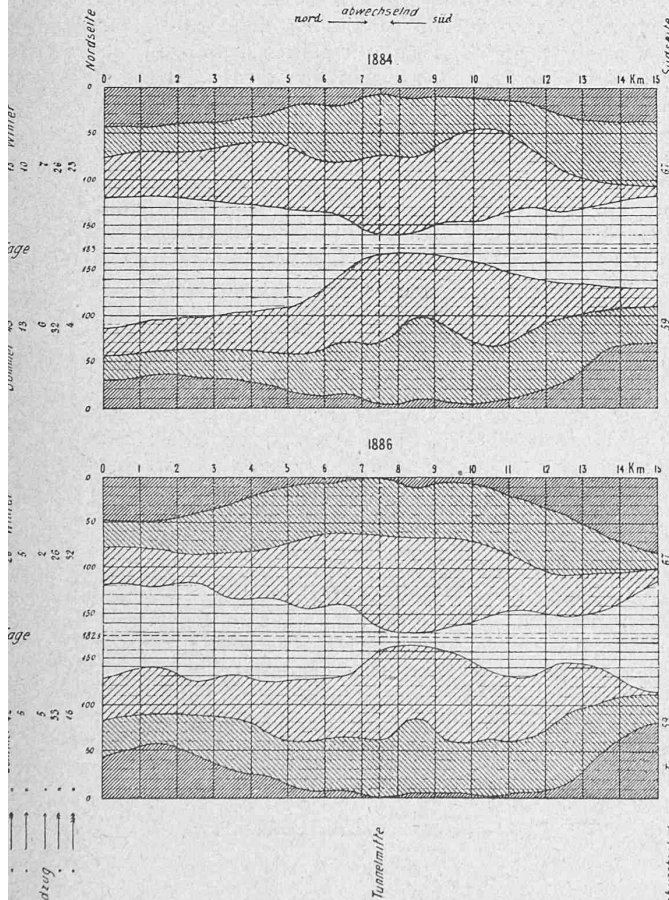
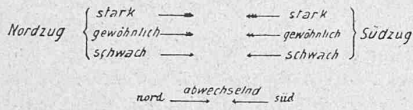
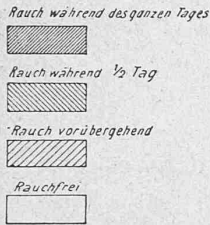
Weitere während des Bahnbetriebs vorgenommene Messungen der Gesteinstemperatur haben folgende Resultate ergeben:

achtung bei der betreffenden Tunnelkammer Windstille, schwacher, gewöhnlicher oder starker Nord- oder Südzug herrsche.

Der natürliche Luftzug durch den Tunnel entsteht in Folge des verschiedenen Luftdruckes auf beiden Seiten des Gotthard, welcher Druck mit dem Barometerstand, der Wärme und der Feuchtigkeit wechselt. Der Zug kommt von der Seite des grössten Druckes und wächst mit der

Rauchverhältnisse und Luftzug im Gotthard-Tunnel.

Meteorologische Beobachtungen:



Datum der Messung	7300 m entfernt vom Nordportal 1 m tiefes Bohrloch 1 m über Schwellenhöhe		7050 m entfernt vom Südportal 1,1 m tiefes Bohrloch 1 m über Schwellenhöhe	
	mittlere Lufttemperatur an d. Versenkstelle	Gesteinstemperatur	mittlere Lufttemperatur an d. Versenkstelle	Gesteinstemperatur
im Juli 1882	20,10 ⁰	23,9 ⁰	21,0 ⁰	24,5 ⁰
im Juli 1885	19,65 ⁰	22,2 ⁰	20,6 ⁰	23,0 ⁰
Aug. 1885				
Wärmeabnahme		1,7 ⁰		1,5 ⁰

b) Bewegung. Die bezüglichen Aufzeichnungen der Tunnelwärter beziehen sich auf die Richtung und Stärke der Luftströmung im Tunnel, d. h. ob zur Zeit der Beob-

Quadratwurzel aus der Differenz der beidseitigen Drücke.*)

Die 36 m hohe Luftsäule in der Tunnelröhre (Göschenen 1109, Airolo 1145 über dem Meere) kann die Geschwindigkeit des Durchzugs entweder vermehren oder vermindern, je nachdem sie leichter oder schwerer ist als die äussere Luft und je nachdem der Zug von Nord nach Süd oder umgekehrt gerichtet ist. Hindernisse für die Luftbewegung im Tunnel sind die Expansion der eintretenden Luft durch die Tunnelwärme und die Reibungswiderstände.

Der Luftdruck, die Temperatur und Feuchtigkeit combinirten sich auf beiden Tunnelseiten während der fünf

*) Nach Dr. Stapf. Vergleiche Geschäftsbericht der Direction der Gotthardbahn vom Jahre 1880, Seite 40.

Betriebsjahre 1883 bis 1887 in der Weise, dass an der nachfolgend angegebenen Anzahl Tage Nordzug, Südzug oder ein in kurzen Zwischenräumen umsetzender Zug statt hatte. Selbstverständlich tritt in letzterem Falle auf einige Zeitdauer Windstille ein, welche jedoch bis jetzt nie länger als etwa einen halben Tag anhielt, häufig aber auch in einem plötzlichen Umschlag der Luftströmung vom Nord in Süd und umgekehrt bestanden hat.

Beobachtungsjahr	Anzahl Tage mit herrschend. Nordzug		Anzahl Tage mit herrschend. Südzug		Anzahl Tage mit abwechselndem Nord- und Südzug	
	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
1883	70	75	45	29	66	80
1884	60	82	56	42	67	59
1885	51	80	64	33	67	68
1886	55	70	60	54	67	59
1887	65	79	45	40	72	64

NB. Zu den Wintermonaten wurden Januar, Februar, März und October, November, December, zu den Sommermonaten April bis und mit September gerechnet.

Aus obiger Zusammenstellung geht hervor, dass in den Sommermonaten der Nordzug weitaus vorherrschend war, während in den Wintermonaten der durchgehende Luftzug sich ziemlich gleichmässig auf Nord und Süd vertheilte und auch die Anzahl Tage mit abwechselndem Nord- und Südzug im Sommer und Winter wenig differirten.

Ein Einfluss des auf den Tunnelstationen herrschenden Windes auf die Richtung und Stärke der Luftströmung im Tunnel kann nicht nachgewiesen werden, ebenso wenig war ein durchfahrender, in der Tunnelröhre gewissermassen als Kolben wirkender Bahnzug im Stande, eine andere als kurz andauernde locale Gegenströmung in dem von der entgegengesetzten Seite kommenden Luftzug hervorzurufen.

c) Rauch. In den vorstehenden Darstellungen auf Seite 45 ist die Vertheilung des Rauches im Tunnelraum mit Angabe der betreffenden Anzahl Tage während der Sommer- und Wintermonate ersichtlich gemacht. Als Grundlage hiezu dienten die Aufzeichnungen der Wärter bei jeder Kammer über das Vorhandensein beziehungsweise die Dichte des Rauches, wobei zu bemerken ist, dass unter vorübergehendem Rauch im Allgemeinen der von einem vorüberfahrenden Zug herrührende oder am Gewölbe hinreichende Rauch zu verstehen ist, ferner dass Rauch während eines halben Tages hauptsächlich von wechselnder Strömung und während des ganzen Tages zum Theil von wechselnder Strömung, in der Hauptsache aber von anhaltendem, einseitigem aber schwachem Luftzug herrührt. Aus letzterer Ursache erscheint daher die Anzahl der ganzen Tage mit Rauch gegen die Portale hin am grössten und zwar am Südportal ungefähr in dem Verhältniss grösser, in welchem die Anzahl Tage mit Nordzug diejenigen mit Südzug überwiegen.

An Tagen, wo abwechselnd Nord- und Südzug oder nur schwache Luftströmung vorkommt, sind selbstverständlich während der Zeit des stärksten Zugverkehrs die Bedingungen für den Aufenthalt im Tunnel am ungünstigsten. Da aber der Rauch auch an solchen Tagen sich ziemlich gleichmässig auf einen grossen Raum vertheilt, so wird hiedurch das vorübergehend im Tunnel sich befindende Wärter- und Zugpersonal in Ausübung seines Dienstes nicht behindert, immerhin aber mehr oder weniger belästigt.

Davon, dass in den Personenwagen mit geschlossenen Fenstern nicht die geringste Spur von Rauch wahrzunehmen ist, kann sich Jedermann, welcher den Gotthardtunnel befährt, überzeugen.

Bei allen im Gotthardtunnel vorzunehmenden Arbeiten, Geleiseunterhaltung etc. wird auf die Richtung des Luftzuges und auf den Zugverkehr Rücksicht genommen und es werden dieselben in der Regel auf die Nachtzeit, in welcher nur zwei Schnellzüge verkehren, verlegt.

Da sich aus den bisher erhobenen sechsjährigen Beobachtungen ergeben hat, dass eine natürliche Lüftung im Gotthardtunnel stets vorhanden war und kein einziger Tag notirt wurde, an welchem keine Luftströmung vorkam, so hat das schweizerische Post- und Eisenbahndepartement gestattet, die weiteren Beobachtungen über Vorkommen und Dichte des Rauches, ausgenommen etwaige ausserordentliche Erscheinungen, künftighin zu unterlassen.

Weitere Gesichtspunkte und Daten als bisher werden jedoch auch durch fernere Aufzeichnungen der Wärmegrade und des Luftzuges im Tunnel nicht zu erzielen sein und es erscheint daher angezeigt, das Wärterpersonal dieser Aufgabe zu entheben, damit dasselbe seine Aufmerksamkeit ungetheilt dem Zustande des Geleises und seinen sonstigen Obliegenheiten zuwenden kann.

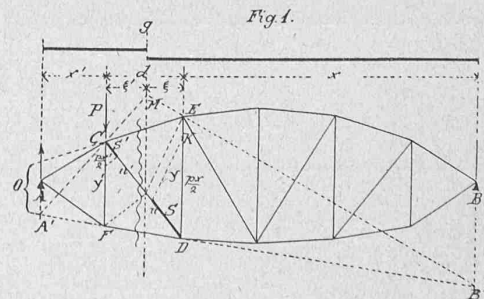
Beitrag zur Theorie des Fachwerkes.

Von Dr. A. Herzog, Prof. am eidg. Polytechnikum zu Zürich.

Die Spannungen, welche das Eigengewicht eines statisch bestimmten Fachwerkes in den verschiedenen Theilen desselben hervorbringt, ergeben sich am einfachsten durch Construction eines Cremona'schen Kräfteplanes. In derselben Weise lassen sich auch die Maximalspannungen finden, welche von einer gleichmässig vertheilten zufälligen Belastung in den Gurtungen hervorgerufen werden. Handelt es sich dagegen um die Ermittlung der grössten Spannungen in den Füllungsgliedern, so muss ein anderer Weg eingeschlagen werden, weil diese Constructionstheile bei einer gewissen partiellen Belastung am stärksten beansprucht werden. Für jeden Stab, der zum System der Füllungsglieder gehört, bekommt man zwei Spannungsgrenzen, von denen die eine einen Zug, die andere einen Druck darstellt. Eine Zusammenstellung der verschiedenen Methoden zur Bestimmung dieser Kräfte findet sich in dem Werke „Die Graphische Statik der Bauconstructionen“ von Herrn Müller-Breslau angegeben.

In dem vorliegenden Aufsatz wird ein neues Verfahren zur Lösung der gleichen Aufgabe beschrieben. Die Anwendung desselben führt in äusserst einfacher Weise zum gewünschten Ziel; es genügt die Construction weniger Linien zur Auffindung der Maximalspannungen in jedem einzelnen Füllungsglied. Die Belastung wird als gleichmässig vertheilt angenommen und mit p bezogen auf die Längeneinheit bezeichnet. Ferner wird vorausgesetzt, dass die Füllungsglieder zum Theil vertical, zum Theil schief angeordnet seien und die Fahrbahn sich oberhalb des Trägers befinde, so dass die variable Belastung von den Knotenpunkten des Druckbaumes aufgenommen wird.

Zunächst sollen die Maximalspannungen einer beliebigen Diagonale CD von der Länge s bestimmt werden. (Fig. 1.) Die ungünstigste Belastung für dieselbe ergibt



sich nach einer von Culmann angegebenen Construction in folgender Weise: Man verlängert die Seite DF des Zugbaumes bis zu den Schnittpunkten A' und B' mit den Verticalen durch die Stützpunkte A und B , verbindet A' mit C , B' mit E ; die Verticalen g durch den Schnittpunkt M dieser beiden Geraden ist die Belastungsscheide. Die grösste Zugspannung in der Diagonale tritt ein, wenn das Stück der Fahrbahn zwischen g und dem Widerlager B total belastet wird; die complementäre Belastung zwischen g und