Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 53/54 (1909)

Heft: 7

Artikel: Das Problem des Baues langer, tiefliegender Alpentunnels und die Erfahungen beim Baue des Simplontunnels

Autor: Brandau, Karl

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-28198

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: 10.12.2025

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

Das Problem des Baues langer, tiefliegender Alpentunnels und die Erfahrungen beim Baue des Simplontunnels.

von *Karl Brandau.*

(Fortsetzung.)

Aehnliche Erwägungen, wie wir sie für den ersten Wassereinbruch bei Km. 4,4 anstellten, lassen uns das gekühlte Felsmassiv als 6 *km* breit und 10 *km* lang ansehen, seine Grundfläche daher $= 6000 \times 10\,000 = 60\,000\,000\ m^2$. Die mittlere Gesteinstiefe mit 2000 *m* angenommen, ergibt sich ein Kubikinhalt von 120 000 Millionen m^3. Aus der Fläche dringen $\frac{60\,000\,000}{3600 \times 33} \times 4 = 2000$ Sekunden-Kalorien empor (Leitungskoeffizient = 4 Kal.; geotherm. Tiefenstufe = 33 *m*). Aus dem Verlaufe der Isothermen in Abbildung 22 ist erkenntlich[1]) dass der grössere Teil der geleiteten Wärme vom Gestein weiter geleitet wird; das Wasser übernimmt höchstens den vierten Teil derselben = 500 Std. Kal. Mit 4 °C tritt das Wasser von 300 *l/Sek.* in das Gebirge und könnte also im Tunnel nur mit $4 + \frac{500}{300} \backsim 6$ °C austreten, während es tatsächlich mit 45° C austritt. Derart hat es $(45 - 6) \times 300 = 11\,700$ Sek. Kal. aufgenommen, die nicht von fortgeleiteter Wärme herrühren. Auch in diesem Falle findet sich keine andere Erklärung, als dass aufsteigende Wasser die grossen Wärmemengen heraufrugen. Die Gesteinstemperaturen müssen wir als stationär ansehen, also kann das Felsmassiv keine Wärme abgeben.

Nach Schmidt und Königsberger sollen dagegen die Wasser vom Gesteine die hohe Wärme abgenommen haben. Wir prüfen kurz, wie dieser Vorgang gewesen sein müsste.

Von den Quellen mit 300 *l/Sek.*, 4° C Anfangstemperatur beim Eintritt ins Felsmassiv und 45° C Austrittstemperatur sollen $300 \times (45 - 4) = 12\,300$ Sek. Kal. dem Gestein entführt werden. Im Laufe der ungezählten Jahre

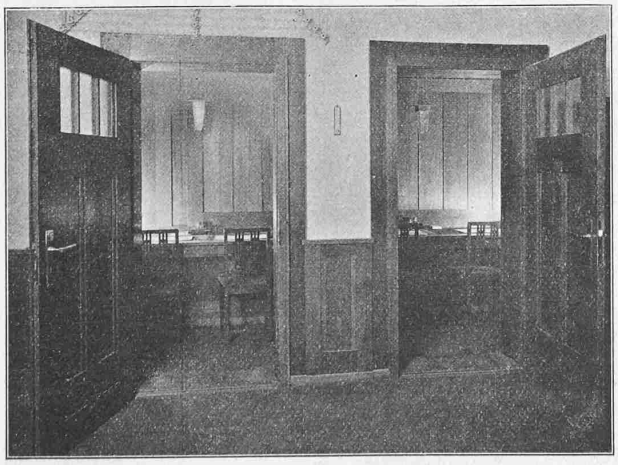


Abb. 7. Schreibkabinen für Abonnenten der Safes.

ging der gleiche Wärmeentzug vor sich und es kann nicht bezweifelt werden, dass die heutige Wärmeverteilung in dem gekühlten Felsmassiv eine stationäre geworden ist. Ursprünglich, vor Eintritt der Abkühlung, soll das Gestein auf Tunnelhöhe 55° C gehabt haben; an der Oberfläche hatte es 5° C. Seine mittlere Temperatur betrug $\frac{5 + 55}{2} = 30$° C. Das Gestein hat eine Wärmekapazität von 550 Kal. im m^3 und somit betrug der Gesamtwärme-Gehalt des Gesteinsmassiv 120 000 Millionen $\times$ 550 $\times$ 30 = 1 980 000 000 Millionen Kal.

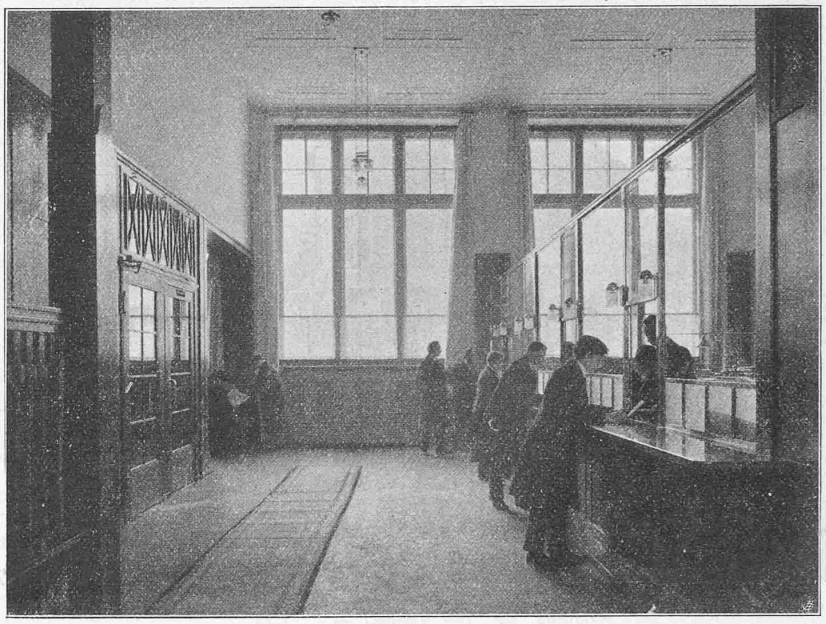


Abb. 8. Der Schalterraum im Erdgeschoss.

Entnehmen wir aus der Abbildung 22 nach dem Verlaufe der Isothermen den Teil des Wärmegehaltes im Felsmassiv, den das Wasser bis heute entzogen hat, so sehen wir folgendes: Die ursprüngliche Isotherme an der Einbruchstelle betrug 50° C (heute ist an deren Stelle die Isotherme von 45° C getreten). An den Grenzen des abgekühlten Massivs und an der Bergoberfläche sind die Isothermen unverändert. Vermindert ist die Temperatur längs der Wasser führenden Schicht im Mittel um $\frac{0 + 5}{2} \backsim 3$° C, an den Grenzen um 0° und die mittlere Abkühlung beträgt

$$\text{nur } \frac{\frac{3}{\frac{50 + 5}{2}} + 0}{2} = {}^1/_{18} \text{ der ursprünglichen.}$$

Die dem Felsmassiv durch das Wasser entzogene Wärmemenge ist daher $^1/_{18} \times 1\,980\,000\,000$ Mill. gleich rund 110 000 000 Millionen Kalorien.

Unter Voraussetzung eines kontinuierlich erfolgten Wärmeentzuges von 12 300 Sek. Kalorien, entsprechend 380 000 Millionen Kalorien im Jahre müsste die von uns beobachtete Abkühlung des Felsmassivs innerhalb $\frac{110\,000}{380} = 300$ Jahren vollzogen worden sein. Würden wir Annahmen gemacht haben, die zu einer Zeitdauer für die Abkühlung von 1000 Jahren und darüber geführt hätten, so könnte das an den Folgerungen aus obigem Resultate nichts ändern:

Der Wärmezustand in dem abgekühlten Gestein muss stationär geworden sein;

Eine weitere Gesteins-Abkühlung tritt nicht mehr ein;

Es besteht kein Wärmezustrom vom Gestein zur Wassereinbruchstelle mehr;

Die grossen vom Wasser in den Tunnel geführten Wärmemengen sind von aufsteigenden Thermalwassern zugebracht.

[1]) Wie aus dem Folgenden hervorgeht, teilen wir nicht die Meinung, dass das Wasser kühlt. Um unsern Beweis zu führen, gehen wir auf die Meinung hier ein. Die unregelmässige Gestalt der zwischen zwei Isothermen von derselben Wärmehöhe (Königsbergersche und sekundär durch das Wasser beeinflusste) eingeschlossene Fläche lässt keine korrekte Berechnung der Abkühlung des Gesteins zu. Daher mussten wir uns mit einer Schätzung begnügen.

Uebrigens bestehen andere Umstände, welche sämtlich nur erklärbar werden, wenn man sich auf die Annahme des Zufliessens von Thermalwassern stützt, nämlich:

1. Das von Herrn Prof. Schmidt angegebene Einzugsgebiet an der Bergoberfläche für die Quellen von 330 *l/Sek.* ist weitaus unzureichend. Ein anderes Gebiet existiert nicht. (Siehe z. B. den Rapport des Herrn Schardt vom Jahre 1903, Seite 85 desselben.)

2. Neben Quellen von 45 bis 50° C sind Quellen von weniger als 30° C in den Tunnel getreten. Es müssen also kalte Wasser von oben und aufsteigende thermale getrennt oder gemischt im Einbruch zusammen vorkommen.

3. Im Ansteigen der Kurve der beobachteten Gesteinstemperaturen, wie sie in Abbildung 22 dargestellt sind, kann kein Anzeichen von Abkühlung des Gesteins durch das Wasser, sondern nur das Gegenteil erblickt werden. Denn von etwa Km. 7 ab S.-P. bis Km. 9 ist die Gesteinstemperatur nahezu konstant. Von Km. 9 bis 9,14, d. h. auf 140 *m* steigt sie plötzlich von 41,5 auf 45° C. Da ist es, wo die ersten 200 *l* von 45 bis 46° C einbrechen. Nun steigt die Temperatur der folgenden Quellen ständig bis auf 49,7° C bei Km. 9,8 und ganz streng dieser Steigung folgend, steigt auch die Gesteinstemperatur auf 49 bis 50°. Wir erblicken darin eine Anheizung des Gesteines durch das Wasser.

4. Von Km. 7 der Nordseite bis zum Gebiete der heissen Quellen wurden ebenfalls heisse Wasser gelöst — die meisten derselben mit geringem Ertrage, von denen viele später versiegten. Auch diese sehen wir als von Thermen gespeist an. Allem Anscheine nach ist das ganze Gebirge von vielen kleinen und grossen und darunter auch von wasserreichen Adern und Spalten durchquert. Nur durch Zufall hat der Tunnel auf den ersten Strecken von Km. 7 ab wenige dieser Wasseradern gelöst.

Aus der Beobachtung, dass im Stollen II sehr oft Quellen angeschlagen sind, die sich in ihrem Verhalten als unabhängig von allen im Stollen I angeschlagenen erwiesen haben (ein Beispiel dafür ist erwähnt im Rapport trimestriel, No. 24 vom 31, XII 1903), liegt es nahe, anzunehmen, dass die Oeffnung solcher Wasserläufe nur gelegentlich, zufällig erfolgte und dass in der Umgebung des Tunnelrohres warme Wasser zirkulieren, deren Einwirkung auf den Wärmezustand des Gesteines zur Geltung kommt.

Aus unserer Annahme über den Vorgang der Bildung von Thermen und der Entsendung der thermalen Wasser in weitabliegende Gebiete folgt, dass im Gebiete über den Hohlräumen, in denen Thermalwasser entstehen können, die verfügbare fortzuleitende Wärmemenge gegen den normalen Zustand eine Verminderung erfahren würde — die Isotherme würde eine niedere. Die entzogene Wärme aber würde dafür an einzelne Gebiete im Gebirge in abnormaler Menge ausgegeben.

Wir werden nach diesen Betrachtungen in der Ansicht bestärkt, dass die Wirkung von fliessendem Wasser im Gestein unter einer Menge von zufälligen Umständen zusammenkommt, die durch eine Formel für die Berechnung der Wirkung nicht erfasst werden können. Dann ist es aber auch unerfindlich, wie die Berechnung der Wärmezustände im Simplon mit Hülfe der Königsbergerschen Formel zu einer Uebereinstimmung mit den im Simplon beobachteten Umständen geführt haben kann.

Nach den Betrachtungen und Berechnungen der Herren Thoma und Königsberger soll der Einfluss kalter und warmer Wasser meist übertrieben oder vielmehr nicht richtig in Rechnung gezogen werden, er soll überhaupt gering sein. Von einer Besprechung dieser Ausführung müssen wir absehen. Wir glauben, durch unsere Berechnungen nachgewiesen zu haben, wie viel Wärme die Wasser im Simplon aufgenommen haben würden, wenn die Theorie und die Formeln zu Recht beständen. Wir haben gesehen, dass diese Voraussetzung nicht zutreffen kann, weil die

Das Gebäude der Toggenburger Bank in St. Gallen.

Erbaut von den Architekten *Curjel & Moser.*

Abb. 10. Der Vorplatz im I. Stock.

Abb. 9. Die Banktreppe im Schaltraum vom Erdgeschoss in den I. Stock.

Wasser weit grössere Wärmemengen in den Tunnel werfen. Das führte zur Ueberzeugung, dass sich den von oben kommenden Niederschlagsmengen von unten aufsteigende warme Wasser beigesellen. Es ist klar, dass Zuflüsse von lediglich kalten Oberflächenwassern die Temperatur des Gesteins intensiver abgekühlt und die Abkühlung auf grössere Entfernung von der Einbruchstelle bewirkt haben würden.

Der Gehalt der von uns als thermale bezeichneten Wasser an gelösten mineralischen Substanzen gibt uns keinen Anhalt, um die Richtigkeit unserer Behauptung durch weitere Gründe zu belegen. Wenn die Wasser ihre Wärme in einer Tiefe von mehr als 3000 *m* unter der Tunnelsohle erlangt haben, so haben sie auch Temperaturen von über 150° gehabt. Dabei ist der kohlensaure Kalk vollkommen und der Gips zum grössten Teil niedergeschlagen — ähnlich wie viele andere Mineralsalze. Beim Aufstieg fanden die Wasser in verschiedenen Gesteinen die Gelegenheit, sich von neuem, aber in verschiedenem Mass wieder anzureichern.

Erfahrungen, welche der Simplontunnelbau bezügl. der Arbeitsbedingungen bei hohen Gesteintemperaturen und heissen Wassern geliefert hat.

Es erwies sich möglich, bei 55° Gesteinstemperatur normale Arbeitsbedingungen zu schaffen. Die Leistungen im Stollen, im Vollausbruch und in der Mauerung entsprachen in jeder Hinsicht den Anforderungen, die im Vertrage gestellt waren. Man kann voraussehen, dass auch bei noch höhern Gesteinstemperaturen gleiche Erfolge in der Zukunft erzielt werden können. Die erforderlichen Mittel zur Kühlhaltung der Arbeitsräume sind leicht vorauszusehen und ebenso leicht anwendbar wie im Simplontunnel.

Mögen also die Gesteinstemperaturen auch hohe werden, so können sie doch dem Tunnelbau nicht annähernd das Mass von Erschwernissen bringen, das Einbrüche von warmen Wassern im Gefolge haben. Das wird eine Betrachtung der Wirkung der warmen Wasser im Km. 9 bis 10 S.-P. erweisen. Herr Prof. Schmidt bezeichnete im bereits ewähnten Rektoratsprogramm, Seite 102, die warmen Wasser als im Grunde keine „unangenehmen" Ueberraschungen, da sie auch hier als Kühlapparat in der Felsmasse gewirkt haben.

Selbst wenn die Voraussetzung, von der Herr Schmidt ausgeht, richtig wäre, so ist entgegen seiner Ansicht der Zufluss warmer Wasser das verhängnisvollste Ereignis, das sich beim Tunnelbau ereignen kann. Vorausgesetzt, die ursprüngliche Gesteinstemperatur habe 55° betragen und dieselbe habe sich um 8° abgekühlt (nach Schmidt und Königsberger), so würde dem Stollen freilich weniger Wärme zuströmen, als aus dem ungekühlten Gestein. Dieses Weniger berechnet sich auf eine Stollenlänge von 1 *km* auf etwa 1 000 000 − 700 000 = 300,000 *h/kal.* für Stollen I und II während der Epoche der Arbeitsausführung (die Rechnung und Begründung kann hier nicht wiedergegeben werden). Nun soll aber die Abkühlung durch 300 *l/Sek.* Wasser erfolgt sein, das in den Tunnel mit 46° C sich ergiesst. In Strahlen, Traufen und Tropfen fällt das Wasser auf die Stollensohle, verbreitet sich überall, füllt den lockeren Schutt und wird aufgehalten durch Aufstauungen, bis es nach längerem Laufe durch alle Arbeitsstellen in einem Kanale gefasst teilweise unschädlich gemacht werden kann.

Das Gebäude der Toggenburger Bank in St. Gallen.

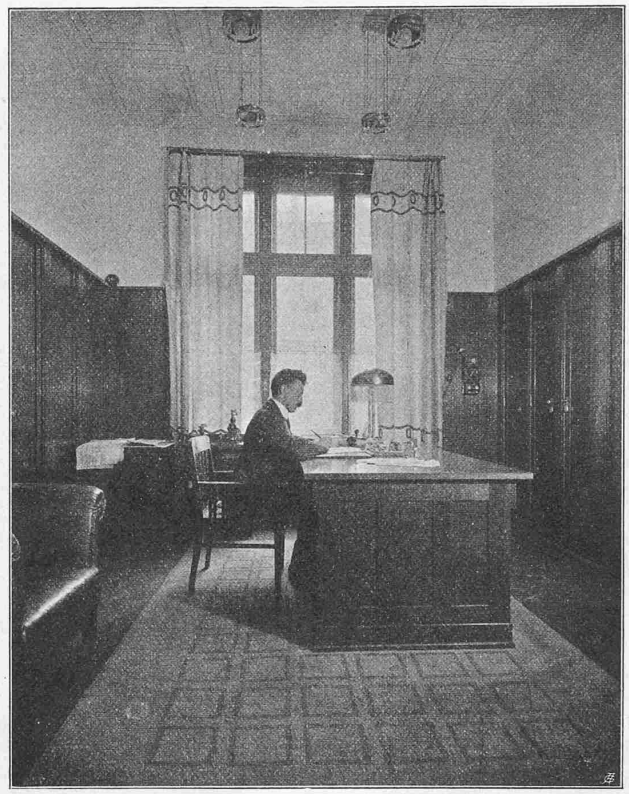


Abb. 11. Zimmer des Direktors im I. Stock.

Da die Arbeitsräume auf 25°C Temperatur erhalten werden sollen, so hat das Wasser 20°C über dieses Mass und dementsprechend könnte es 300 × 3600 × 20 = 21 200 000 Kalorien an die Stollenluft übertragen. Zum guten Glück findet es nicht die Zeit, dieses ganze Wärmequantum auszugeben. Bis es in die Kanäle geleitet werden konnte, gab es nur 6 Kalorien von jedem Liter ab, oder zusammen 300 × 3600 × 6 = 6 480 000 *h/kal.*, das will sagen 20 mal soviel, als ein Gestein abgegeben haben würde durch eine um eventuell 8° höhere Temperatur.

Während es nun der Stollen-Ventilation gelingt, innerhalb verhältnismässig kurzer Zeit die Stollenwände um die 8° C ihrer eventuell höhern Temperatur zu kühlen und mittelst mässiger Vermehrung der Kühlmittel den Zustrom der 300 000 Kalorien zu mindern, bleiben die von den heissen Zuflüssen geschaffenen Verhältnisse hartnäckig und ewig dieselben. Tag aus, tag ein geht von einem jeden Liter stündlich derselbe Tribut an die Tunnelräume. Das unermüdliche Wasser schleppt aus allen Richtungen, Kilometer weit rings um den Tunnel herum die aus dem Gebirge ausgesogenen Wärmeladungen heran, um sie in dem Tunnel abzuladen. Es kühlt also nicht nur die Tunnelumgebung, sondern Kilometer tiefe Strecken und überschwemmt den

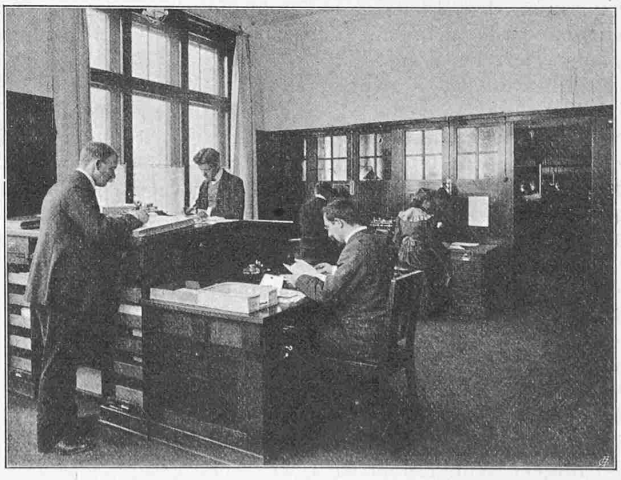


Abb. 22. Prokuristenzimmer im I. Stock.

Tunnel mit seiner Wärmemenge. Der *Grad der Temperatur* könnte wenig Schaden anrichten, es ist die *Wärmemenge*, die unüberwindlich werden kann.

Die vom heissen Wasser gewärmten Tunnelwände

trotzen jedem Abkühlungsversuch, Dampfbildung und Verhinderung der Arbeit direkt im heissen Wasser, alles das zusammen ist die „unangenehme", die grausame Ueberraschung dieses Kühlapparates.

Durch das beim Simplontunnelbau betätigte Ventilations- und Kühlverfahren mit seiner Ausgestaltung der Einrichtungen und seiner Leistungsfähigkeit war es ermöglicht, bei 55 ° C Gesteinstemperatur normale Arbeitsleistung zu sichern. Nach den Einbrüchen des heissen Wassers wollte aber die programmgemässe Leistung mittelst der für solche Ueberbeanspruchung nicht geschaffenen Kühleinrichtung kaum noch gelingen. Zeitweise befand man sich vor einer von den Elementen aufoktroierten Situation; nur knapp wurde man mit den vorhandenen Einrichtungen wieder Herr der Lage.

Ein *natürlicher* „Kühlapparat", — nämlich die heissen Quellen — von wenig grösserem Umfang als der im Simplontunnel funktionierende, hätte gar leicht auf lange Zeit den Vortrieb lahmlegen können. Schon 300 Liter heissen Wassers, bei nur 2 ‰ Gefälle der Tunnelsohle statt bei 7 ‰ und ohne die Hilfsaktion eines zweiten Stollens hätten es schwer gemacht, sich von der „unangenehmen" Ueberraschung zu erholen.

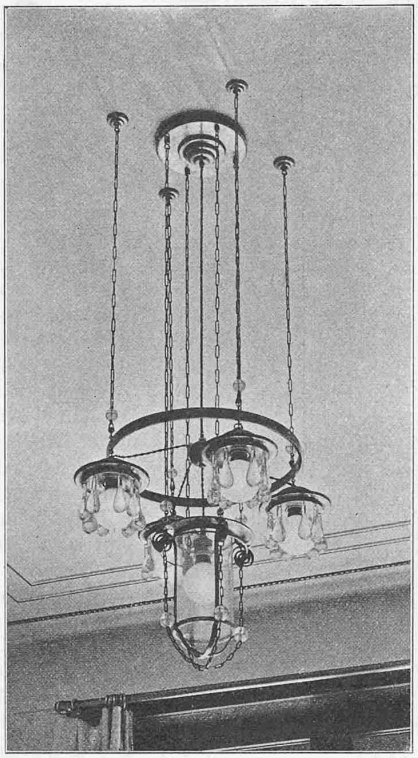
Die Grösse des Problems eines Tunnelbaues ist, wie man sieht, nicht so sehr abhängig vom Grade der zu erwartenden Gesteinstemperaturen; erst der Hinzutritt von warmem Wasser kann die Bekämpfung der Wärmemengen zu einem wirklich ernsten Problem machen. Demnach wird auch die Beantwortung der Frage, ob heisse Zuflüsse beim Tunnelbau in grossen Erdtiefen zu erwarten sind, stets von grösster Wichtigkeit sein. Leider wird, wie schon gesagt, eine zuverlässige Voraussage darüber stets in das Bereich der Unmöglichkeit fallen. Man kann hier höchstens vermuten. So liest man z. B. bei Mettler: „Der Splügen als ostschweizerischer Alpentunnel" folgende dem Werke Bernhardt's entnommene Vermutung: „Allerdings hört man von Sachverständigen die Ansicht äussern, dass sich die hohen Temperaturen auch bei noch längern Tunnels nicht unbedingt zu wiederholen brauchen und dass die Erscheinungen am Simplon nur durch lokale Verhältnisse (Vorhandensein heisser Quellen, starke Ueberlagerung) hervorgerufen sein können".

Um zu einer Vorstellung von den scheinbar grösstmöglichen Erschwernissen durch heisse Zuflüsse zu gelangen, kann man sich höchstens auf die bekannten Beispiele stützen. Die wesentliche Bedeutung für den Tunnelbau drückt sich in der Menge von Kalorien aus, welche über ein gewisses Niveau hinaus abgegeben werden können. Ein solches Niveau ist die zulässige Temperatur der Arbeitsräume von 25 bis 28 ° C. Freilich ist zu berücksichtigen, dass die heissen Zuflüsse nur langsam ihre Wärme an die Umgebung abgeben. Je schneller es gelingt, sie zu fassen und kompakt abzuleiten, um so mehr bleibt die Erschwernis auf eine kurze Strecke beschränkt und um so weniger Kalorien gehen an den Arbeitsraum über. Am störendsten wird heisser Zufluss aus einer grossen Zahl Quellen, verteilt über lange Strecken. Im Simplon wurden insgesamt 360 bis 400 *l/Sek.* Wasser von 46 bis 50 ° C gelöst, aber — auf einer sehr langen Strecke. Vielleicht ist dies Ereignis schon ein Höchstmass, das in den Erdtiefen, die in Betracht stehen, vorkommt. Weder Massen kalter Zuflüsse, noch hohe Gesteinstemperaturen hatten in wirklich hohem Masse auf den Gang der Arbeiten störende Einwirkung — wohl aber der Zufluss der heissen Wasser. Zeitverluste und direkte wie indirekte ungeheure Kosten waren die Folge davon. Es ist wohl leicht zu kalkulieren, wie hoch die Kosten für einen Kubikmeter Ausbruch durch hohe Gesteinstemperaturen gesteigert werden. Dagegen wäre es ein kühnes Vermessen, annähernd die durch heisse Zuflüsse verursachten möglichen Kosten im Voraus veranschlagen zu wollen. Wenn ein Cerberus den Eingang zur Unterwelt bewacht, so war er in den heissen Zuflüssen gefunden worden.

Die Mittel zur Bewältigung heisser Zuflüsse sollten auch im best vorausbesagten langen tiefliegenden Tunnel

Das Gebäude der Toggenburger Bank in St. Gallen.

Erbaut von den Architekten *Curjel & Moser.*



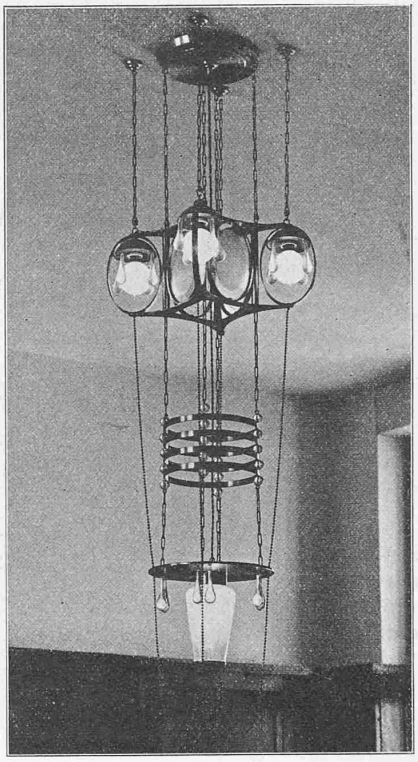


Abb. 13. Leuchtkörper im Sitzungszimmer und im Vorplatz des I. Stocks.

durch die Wahl richtiger Baudispositionen gleich von anfang vorbereitet sein. Eine ungemein starke Ventilation, intensive Kühlung und schnelle Sammlung und Ableitung der Zuflüsse muss ermöglicht sein. Dazu hilft allein ein reichliches Bemessen der räumlichen Verhältnisse und das kann nur mit Hülfe einer Zweistollen-Baumethode angebahnt werden.

Ueber die im Simplontunnel zur Kühlung eingerichteten und verwendeten Mittel, hat Herr Prof. Dr. K. Pressel im Bd. XLVII, No. 21 bis 26, 1906, der Schweiz. Bauztg. berichtet. Wir werden in folgenden Kapiteln noch davon sprechen. (Forts. folgt.)

Seebach-Wettingen

Technische und wirtschaftliche Ergebnisse der elektrischen Traktions-Versuche.

Von Dr. *W. Kummer*, Ingenieur.

(Schluss.)

Eine vollständige *rechnungsmässige Beurteilung des wirtschaftlichen Ergebnisses* des Versuchsbetriebs kann nun für die Betriebsperioden I und II den nachfolgenden nach Aufstellungen des Herrn Ing. Lang ausgearbeiteten nebenstehenden Tabellen IV und V entnommen werden.

Aus diesen Zusammenstellungen geht der schon erwähnte, das finanzielle Ergebnis des Versuchsbetriebes von vorneherein durchaus unwirtschaftlich machende Einfluss der Drehstromkosten hervor, indem sie für den Betrieb der Umformerstation allein schon rund $^2/_3$ der Gesamtkosten pro Zugskilometer ausmachen. Es muss übrigens noch mitgeteilt werden, dass der in der Zusammenstellung benutzte abgerundete Preisansatz von Fr. 0,10 für die Drehstrom-*kwstd.* zudem noch um rund 25 % tiefer angesetzt ist, als die Maschinenfabrik Oerlikon ihn nach den effektiven Gestehungskosten anrechnen müsste.

Hätten die Verhältnisse es gestattet, den für den Betrieb benötigten Einphasenstrom direkt einer bestehenden Einphasenanlage unter Zugrundelegung eines immer noch verhältnismässig hohen Ansatzes von Fr. 0,04 für die *kwstd.* zu beziehen, dann würden gemäss der Stromkonsumangabe in Tabelle I in der ersten Periode Fr. 5634 und in der zweiten Periode Fr. 6675 für den Strombedarf verausgabt worden sein; besondere Personalkosten der Stromlieferungsstelle wären ebenfalls vermeidlich gewesen. Damit würde dann in summarischer Zusammenstellung das Betriebsergebnis laut Tabelle VI anzusetsen sein. Gemäss dieser Tabelle sind ferner die Kosten des Zugskilometers für die Sommermonate gegenüber denen für die Wintermonate mit dem geringeren Verkehr schon erheblich niedriger.

Tabelle VI. Fahrdienstkosten pro Zugskilometer (in Franken).

Betriebsperiode	Stromkosten	Leitungsanlage	Fahrdienst u. Unterhalt der Lokomotive	Betriebsltg. und Verschiedenes	Total
Winterbetrieb mit 4,49 Mill. Brutto-*tkm*	0,16	0,08	0,43	0,11	0,78
Sommerbetrieb mit 5,91 Mill. Brutto-*tkm*	0,16	0,05	0,34	0,09	0,64
Mittel	0,16	0,065	0,385	0,10	0,71

Und *diese* Zahlen müssen, nach unserer Ansicht, einer vorurteilslosen Beurteilung des Versuchsbetriebes zu Grunde gelegt werden; auf Grund derselben dürfte dann auch die eingangs von uns aufgestellte Behauptung, dass sich aus dem Versuchsbetrieb Seebach-Wettingen die Konkurrenzfähigkeit des elektrischen Betriebes mit dem Dampfbetriebe als weit grösser erwiesen habe, als der Grossteil der Fachwelt erwartete, als zutreffend angesehen werden.

Auf Grund dieser Tabelle einen Vergleich zwischen den Kosten der Maschinenfabrik Oerlikon für deren elektrischen Versuchsbetrieb und den Kosten der S. B. B. für deren Dampfbetrieb anzustellen, hielten wir für unangebracht.

Tabelle IV. Betriebsausgaben der ersten Betriebsperiode (in Franken) (Winterfahrplan 1908/1909).

Position	Dez. 08	Jan. 09	Febr. 09	März 09	April 09	Total	pro Zugs/*km*
Umformerstation.							
Personal	640	640	640	640	640	3200	
Strom (1 *kwstd* = 0,10 Fr.)	9215	9030	7553	7679	6938	40415	
	9855	9670	8193	8319	7578	**43615**	1,235
Leitungsanlage.							
Personal	765	759	—	358	275	2157	
Material	339	122	180	6	152	799	
	1104	881	180	364	427	**2956**	0,084
Fahrdienst und Unterhalt der Lokomotiven.							
Fahrdienstpersonal	1625	1622	1714	1925	1925	8811	
Reinigung und Schmierung							
Personal	228	239	210	205	221	1103	
Schmiermaterial	111	140	131	121	161	664	
Reinigungsmaterial	51	56	60	50	46	263	
Unterhalt der Lokomotiven							
Personal	413	481	513	167	208	1782	
Material	215	649	256	850	210	2180	
Heizung, Beleuchtung und Unterhalt des Depots	37	253	93	40	112	535	
	2680	3440	2977	3358	2883	**15338**	0,434
Betriebsleitung und Verschiedenes	315	868	1163	775	628	**3749**	0,106
Total	13954	14859	12513	12816	11516	**65658**	1,859

Tabelle V. Betriebsausgaben der zweiten Betriebsperiode (in Franken) (Sommerfahrplan 1909).

Position	Mai 09	Juni 09	Juli 09	Aug. 09	Sept. 09	Total	pro Zugs/*km*
Umformerstation.							
Personal	640	640	640	640	640	3200	
Strom (1 *kwstd* = 0,10 Fr.)	8464	8306	8642	8629	8199	42240	
	9104	8946	9282	9269	8839	**45440**	1,082
Leitungsanlage.							
Personal	293	189	388	246	277	1393	
Material	58	141	190	97	110	596	
	351	330	578	343	387	**1989**	0,047
Fahrdienst und Unterhalt der Lokomotiven.							
Fahrdienstpersonal	1862	1889	1567	1492	1465	8275	
Reinigung und Schmierung							
Personal	232	194	310	212	210	1158	
Schmiermaterial	56	73	210	151	130	620	
Reinigungsmaterial	29	45	124	66	40	304	
Unterhalt der Lokomotiven							
Personal	139	193	348	578	555	1813	
Material	526	74	209	528	309	1646	
Heizung, Beleuchtung und Unterhalt des Depot	42	91	75	96	26	330	
	2886	2559	2843	3123	2735	**14146**	0,337
Betriebsleitung und Verschiedenes	652	627	1038	645	658	**3620**	0,086
Total	12993	12462	13741	13380	12619	**65195**	1,552