

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

Autor(en): **Brandau, Karl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **53/54 (1909)**

Heft 6

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-28190>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Das Problem des Baues langer, tiefliegender Alpentunnels und die Erfahrungen beim Baue des Simplontunnels. — Das neue Knabensekundarschulhaus an der Inselstrasse in Basel. — Seebach-Wettingen, Technische und wirtschaftliche Ergebnisse der elektrischen Traktionsversuche. — Neuerungen im elektrischen Antrieb von Fördermaschinen. — Die neue Knippelsbrücke in Kopenhagen. — Die 50. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure. — Miscellanea: Schweizerische Binnenschifffahrt. Neubau des Bundesgerichtsgebäudes in Lausanne. Eidgen. Polytechnikum.

Alte Mainbrücke in Frankfurt. Museum für Völker- und Länderkunde in Stuttgart. Aarekorrektur bei Bern. Die Petroleumgewinnung. Neuer Schlachthof in Zürich. Radiumkongress. — Konkurrenzen: Neue Rheinbrücke in Rheinfelden. Nationaldenkmal in Schwyz. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender der eidgenössischen polytechnischen Schule: Stellenvermittlung.

Tafel VIII: Das neue Knabensekundarschulhaus an der Inselstrasse in Basel.

Band 54.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 6.

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

von Karl Brandau.

Fortsetzung von Bd. LIII, Seite 86.1)

#### V. Ueber Gesteinstemperatur im Erdinnern und die Beeinflussung derselben durch im Gebirge fließende Wasser mit Rücksicht auf ihre Bedeutung für den Tunnelbau.

Zur Bestimmung der voraussichtlichen Gesteinstemperaturen für projektierte tiefliegende Alpentunnel hatte man bis auf die jüngste Zeit empirisch geschätzt. Man hielt sich dabei an die in früher gebauten Alpentunnel gemachten Erfahrungen — so auch für die Wärmevorhersage zum Simplontunnel-Projekt. Aus der Reihe solcher Erfahrungen sei kurz erwähnt, dass der Mont Cenis-Tunnel für eine höchste Gesteinsüberlagerung von 1609 m einen Wärmegradienten von 0,0186 °C besessen hatte und

sprochen. Zunächst fand sich dafür keine begründete Erklärung. Insbesondere befremdeten die hohen Gesteinstemperaturen unter den höheren Ueberlagerungen der Nordseite. Im Gotthardtunnel hatte die Kurve der beobachteten Gesteinstemperaturen (siehe Abb. 21) sich stetig nach der Mitte abgeflacht. Im Simplontunnel stieg sie, stetig steiler werdend, in die Höhe. Schon bei Km. 7 ab N.P. erreichte der Wärmegradient den Wert von 0,032 °, entsprechend einer geotherm. Tiefenstufe von 31 m für 1 °C, oder fast genau gleich dem normalen Wert für das Simplongestein.

Aus dem Bestreben, dem Mangel einer wissenschaftlich begründeten Theorie der Wärmeleitung und der Beeinflussung der geotherm. Tiefenstufe durch Berge und Täler abzuhelfen, sind die Arbeiten darüber von den Herren E. Thoma<sup>1)</sup> und J. Königsberger<sup>2)</sup> entstanden. Wir teilen hier kurz die Ausgangspunkte ihrer Lehre und Folgerungen mit:

Die von E. Thoma aufgestellte Theorie der Wärmeleitung führte zur Entwicklung einer Formel für Berech-

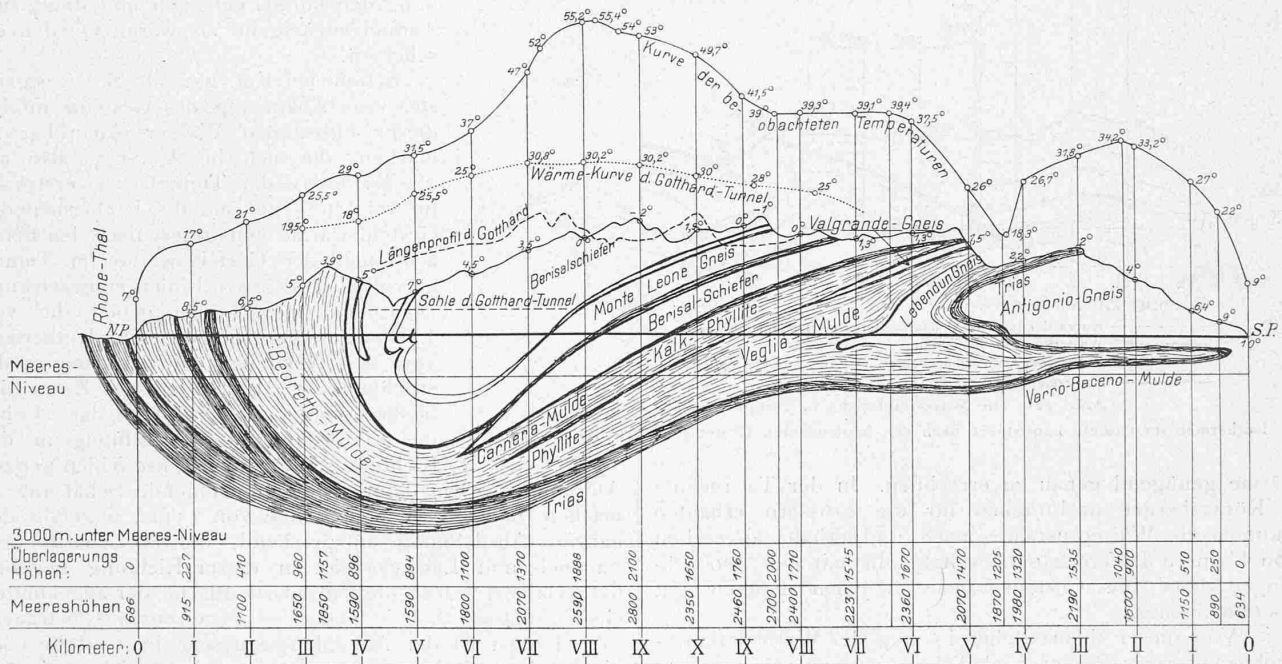


Abb. 21. Profil längs der Achse des Simplontunnels (Einpunktigt Gotthardtunnel) und geologisches Profil. — 1 : 120 000.

Wärmekurven für beobachtete Temperaturen beim Simplontunnel und beim Gotthardtunnel.

(Geologisches Profil gezeichnet nach dem von den Herren Schmidt und Preiswerk aufgestellten Profile.)

der Gotthard für 1685 m ebenfalls 0,0186 °. Die Wärmegradienten waren unter Tälern höher als unter den Berg Rücken.

Für das Simplontunnel-Projekt war an Stellen mit hoher Ueberlagerung der Wärmegradient von 0,02 ° C vorausgesehen worden. Die höchste Gesteinstemperatur erwartete man daher bei der Ueberlagerung von 2100 m mit 42 ° C und auf etwa 5 bis 6 km Länge mit 40 ° C. Wie bekannt, haben die beim Baue des Simplontunnel aufgeschlossenen Wärmezustände der Voraussicht nicht ent-

<sup>1)</sup> Infolge unvorhergesehener Abhaltung des Verfassers hat diese Artikelserie leider eine längere Unterbrechung erlitten, was die Leser u. Z. entschuldigen wollen. Die Red.

nung der Wärme in jedem Punkte unter Bergen und Tälern unter folgender, uns besonders wichtig erscheinenden Voraussetzung:

In einer gewissen grossen Tiefe ist der Temperaturgradient derselbe, der allgemein als normal in ebenen Gegenden angenommen wird und die Isothermen sind dort Ebenen.

<sup>1)</sup> Ueber das Wärmeleitungsproblem bei wenig begrenzter Oberfläche und dessen Anwendung auf Tunnelbauten. Inaugural-Dissertation von E. Thoma, Karlsruhe. C. F. Müllersche Hofbuchdruckerei 1906.

<sup>2)</sup> Ueber die Beeinflussung der geotherm. Tiefenstufe durch Berge und Täler, Schichtstellung, durch fließendes Wasser etc. Von J. Königsberger und E. Thoma. Eclogae geol. Helv., Lausanne. Vol. IX. Nr. 1. 1906.

J. Königsberger gab in einer weitem Arbeit<sup>1)</sup> die Ergebnisse von Laboratoriumsversuchen über die Wärmeleitung der Gesteine bekannt. Er stellte fest, dass die Verschiedenheit derselben von verschiedenen Gesteinen ein Faktor von untergeordneter Bedeutung für die Wärmeleitung im Erdinnern ist; dass feuchte Gesteine eine um 4 bis 8 Prozent kleinere Leitungsfähigkeit besitzen; dass dagegen die Schichtstellung von grösserem Einfluss auf die Gestaltung der Werte der Tiefenstufe ist.

Grössern sekundären Einfluss schreibt J. Königsberger der Wirkung des im Gesteine rasch fliessenden Wassers zu. „Die Erfahrung hat, wie C. Schmidt zuerst hervorgehoben hat, gezeigt, dass in den alpinen Tunnels auch die warmen Quellen kühlend wirken, weil dort fast stets das Wasser von oben nach unten fliesst und selbst bei mässigem Rückfluss das von oben nach unten gelangte Wasser noch kälter ist als die Tunnelwände.“

Eine von J. Königsberger mitgeteilte Formel ist bestimmt, die kühlende Wirkung solcher fliessender Wasser, falls sie von der geologischen Prognose vorausgesagt sind, zu berechnen.

Auf Grundlagen der theoretischen Formel von E. Thoma, der geothermischen Tiefenstufen für die jeweiligen Gesteinsverhältnisse und der Formel für die Berechnung der Einwirkung fliessender Wasser, soll es nun möglich sein, für jede Stelle eines Tunnels die Gesteins-

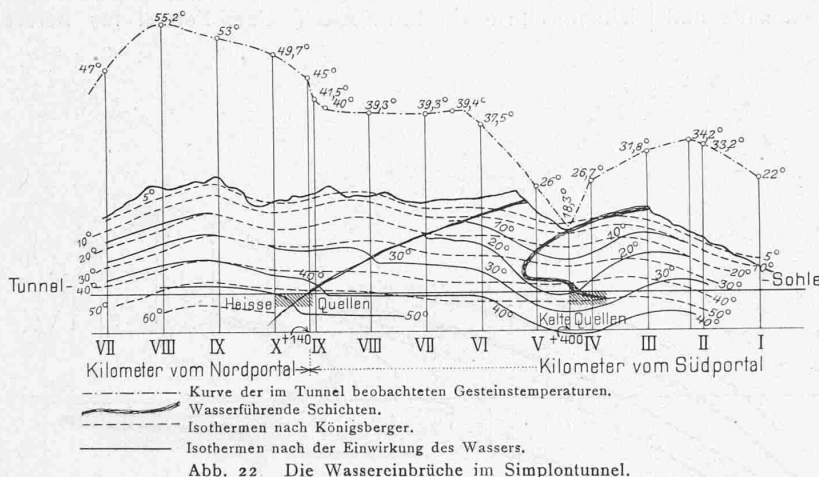


Abb. 22 Die Wassereinbrüche im Simplontunnel.

Isothermen im Gestein konstruiert nach den beobachteten Gesteinstemperaturen im Tunnel.

wärme genügend genau zu errechnen. In der Tat rechnet J. Königsberger nachträglich für die grösseren erbauten Tunnels die Wärmezustände nach und erhält, abgesehen von kleinern Differenzen, Resultate, die mit den Beobachtungen über die Gesteinswärme in jenen Tunnels gut übereinstimmen.

Von dieser theoretischen Lösung des Wärmeleitungsproblems unter Bergen und Tälern müssen wir uns für manche Voraussagen der Wärmezustände in künftigen Tunnelbauten wohl in höherem Masse zutreffende Resultate versprechen, als wir (ehe uns die im vorhergehenden besprochenen Arbeiten bekannt waren) noch im Eingange unserer Abhandlung über das Problem des Baues langer Alpentunnels als möglich bezeichnet haben. Dennoch sind wir von der genügenden Verlässlichkeit der Anwendung jener Lehre in jedem Falle nicht überzeugt.

Unsere Beobachtungen und Ueberlegungen zwingen uns, die hohe Wärme im Simplontunnel andern Ursachen zuzuschreiben als normalen Verhältnissen. Weder die Ergebnisse der theoretischen Formel für die Wärme, noch die der Formel für den Einfluss des fliessenden Wassers im

<sup>1)</sup> «Versuche» über primäre und sekundäre Beeinflussung der normalen geothermischen Tiefenstufe und über die Temperaturen im Albula-, Arlberg-, Ricken-, Tauern- und Bosrucktunnel. Von J. Königsberger unter Mitwirkung von E. Thoma und H. Götz. *Eclogae geol. Helv.*, Lausanne. Vol. X. Nr. 4. 1908.

Simplontunnel, die in fast vollendeter Uebereinstimmung mit den beobachteten Zuständen zu stehen scheinen, können uns überzeugen. Vorerst vermuten wir nur, dass die Lehre für nicht tief liegende Tunnel noch zutrifft. Wir halten es aber für zweifelhaft, ob die Grundlage für die mathematische Lösung der Formel, dass in grosser Tiefe überall die gleichen normalen geothermischen Tiefenstufen bestehen, zutrifft. Im Simplontunnel ist das Wasser in ganz anderer Weise bestimmend gewesen für die Wärmeverhältnisse als die neue Lehre annimmt. Unsere folgenden Betrachtungen darüber sollen erweisen, dass die Zustände im Simplon keine annehmbare Erklärung durch die Lehren finden können.

#### Die Wassereinbrüche im Simplontunnel und deren Wirkung auf die Wärmeverteilung.

Von Km. 3,86 bis 4,45 ab S. P. ergossen sich die zahlreichen Quellen in den Tunnel, deren mittlerer Ertrag 1000 l/Sek. beträgt mit 14° C Temperatur im Mittel. Den wertvollen Untersuchungen des Herrn Professor Dr. H. Schardt<sup>1)</sup> u. <sup>2)</sup> über die oberirdischen Gebiete, welche die Quellen speisen, entnehmen wir, dass nur ein offensichtliches Einzugsgebiet von 10 bis 11 km<sup>2</sup> vorhanden ist, von dem etwa 500 Liter den Quellen zufließen können. Für die Herkunft der andern 500 Liter blieb Herr Schardt der Nachweis unsicher — der Cairasca-Wildbach und unsichtbare unterirdische Quellen. Durch Schichtfugen, Spalten und Dolinen im Gestein gelangen die Wasser in den Tunnel. Ein Teil derselben soll nach H. Schardt in grösserer Tiefe unter den Tunnel gelangen und dann, zum Tunnel aufsteigend als warme Quellen erscheinen.

Schon bei Km. 2,2 ab S. P. begann sich eine Abkühlung des Gesteins infolge dieser fliessenden Wasser bemerkbar zu machen, die sich bis Km. 6,5, also auf 4,3 km längs der Tunnelachse erstreckt. In Abbildung 22 sind die Isothermen der Gesteinswärme konstruiert nach den Beobachtungen der Gesteinswärme im Tunnel in voll ausgezogenen Linien eingezeichnet. Die punktierten Linien geben die von J. Königsberger berechneten Isothermen vor der Abkühlung des Gesteins, die strichpunktete Linie stellt die Kurve der beobachteten Gesteinswärmen dar. Ueber die Erstreckung der Abkühlung in der Richtung seitwärts zur Achse fehlen genaue

Aufschlüsse. Um dafür keine ungenügende Schätzung zu machen, nehmen wir eine Länge von 15 km, ungefähr der ganzen Ausdehnung entsprechend, die H. Schardt dem Sammel- und Einzugsgebiet in dieser Richtung gegeben hat. Danach würde die ganze Grundfläche der abgekühlten Gesteinsmasse  $5000 \times 15000 = 75000000 \text{ m}^2$  betragen.

Längst ist der Abkühlungsvorgang im Gestein über dieser Grundfläche beendet, und es hatte sich stationäre Temperatur überall eingestellt, wie sie für jeden Ort im abgekühlten Gebiet aus den in der Abb. 22 konstruierten Isothermen sich ergibt. So wie ehemals strömt nun in das Gebiet nur noch die aus der Tiefe senkrecht empordringende normale fortgeleitete Wärme im Betrage von

$\frac{75000000 \text{ m}^2}{3600 \text{ Sek.} \times 33 \text{ m}} \times 4 \text{ Kal.} = 2500 \text{ Sek./Kal.}$ , wenn der Wärmeleitungs-Koeffizient für das Simplongestein für 1 std, 1 m<sup>2</sup>, 1° C, und 1 m = 4 Kal. und die geothermische Tiefenstufe = 33 m ist.

Aus dem Verlaufe der Isothermen der Abb. 22 im abgekühlten Gebiet von Km. 2,2 bis 6,5 ist nachzuweisen, dass die Menge der vom Gestein noch nach oben weiter-

<sup>1)</sup> Rapport sur les venues d'eau rencontrées dans le Tunnel du Simplon du côté d'Iselle. Lausanne, Impr. Corbaz & Co. 1902.

<sup>2)</sup> Note sur le profil géologique et le tectonique du massif du Simplon, suivi d'un rapport sur les venues d'eau etc. etc. — Ebendasselbst 1903. — Von Prof. H. Schardt.