

# Die Beeinflussung der normalen geothermischen Tiefenstufe durch fließendes Wasser

Autor(en): **Willmann, E. v.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **10 (1908-1909)**

Heft 6

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-156884>

## **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.

## Die Beeinflussung der normalen geothermischen Tiefenstufe durch fliessendes Wasser.

VON E. v. WILLMANN.

---

In seinen, für die geothermische Prognose langer und tiefer Alpentunnel ausserordentlich wertvollen Arbeiten über die Zunahme der Erdwärme unter Bergen und Tälern untersucht Herr Prof. KÖNIGSBERGER auch die Frage des Einflusses zuzitender Wasser, und kommt dabei durch mathematische Entwicklung zu der Formel :

$$T_w = T_o \cdot 0,86 \frac{sl}{300} \left( \frac{\delta}{a_1 + 1} + \frac{\delta}{a_2 + 1} \right) \cdot \frac{1}{(l + 1)^{1,5}}$$

wobei  $T_w$  den Gradienten mit,  $T_o$  den Gradienten ohne Berücksichtigung des Wassers,  $sl$  die Wassermenge in Sekundenlitern,  $a_1$  und  $a_2$  den Abstand des Punktes im Tunnel von den Portalen 1 und 2 in Kilometern, und  $l$  den Abstand des Punktes von der Quelle, ebenfalls in Kilometern bedeuten <sup>1</sup>.

KÖNIGSBERGER kommt also zu dem Ergebnis, dass die Grösse des Einflusses lediglich abhängig ist von der Wassermenge, und der Entfernung des Ursprungsortes der Tunnelwasser von dem betreffenden Punkt im Tunnel.

Diese Ergebnisse dürfen aber nicht ohne weiteres allgemein angewandt werden. Nach den Verhältnissen am Simplon entwickelt, bezieht sich die gegebene Formel eigentlich auch nur auf ähnliche Verhältnisse, also im allgemeinen nur auf kristalline Gesteine.

Nachfolgende Ueberlegung soll Herrn Prof. KÖNIGSBERGERS Ausführungen, die meines Wissens den ersten Versuch darstellen, den Einfluss des Wassers überhaupt irgendwie in Rechnung zu setzen, in gewisser Beziehung ergänzen, und zeigen, dass als ganz wesentlicher Faktor in jedem einzelnen Fall die geologischen Verhältnisse zu berücksichtigen sind.

Vor allem hat meines Erachtens die Wasserdurchlässigkeit des Gebirges einen Einfluss, der nicht vernachlässigt werden

<sup>1</sup> Vergl. J. KÖNIGSBERGER, *Eclogæ* X, 1908, S. 523.

darf, denn der Grad der Wasserdurchlässigkeit ist bestimmend für die Grösse des Temperaturgefälles zwischen Wasser und Gebirge. Das Temperaturgefälle aber ist entscheidend für die Grösse des Kühlvermögens, was man sofort zugeben wird, wenn man sich erinnert, dass zur Erwärmung einer bestimmten Wassermenge um  $n^0$  eine  $n$ -mal so grosse Wärmemenge nötig ist, als zu einer Erwärmung um nur  $1^0$ . Die gleiche Wassermenge wird also  $n$ -mal so viel Wärme dem Gebirge entziehen, d. h. dasselbe  $n$ -mal so stark abkühlen können, wenn das auszugleichende Temperaturgefälle  $n^0$  beträgt, als bei einem Unterschied von nur  $1^0$ .

Je grösser also das Temperaturgefälle, um so grösser das Kühlvermögen, und je grösser das Kühlvermögen, um so grösser die abkühlende Wirkung.

Zweifellos gibt es Gebirge, in denen der Reibungswiderstand, der sich dem durchsickernden Wasser entgegenstellt, so gross ist, dass die Durchflussgeschwindigkeit dadurch so stark vermindert wird, dass das Wasser Zeit hat, die Temperatur des jeweils umgebenden Gesteins anzunehmen, also sein ganzes Kühlvermögen zu verbrauchen, die ganze in ihm enthaltene « negative Wärme », wenn man so sagen darf, abzugeben.

In diesem Falle besteht die KÖNIGSBERGER'sche Formel zu Recht. Anders aber, wenn der Reibungswiderstand geringer ist. Dann werden die Wasser im Vorbeifliessen zwar auch Wärme aufnehmen, da sie aber nicht lange genug mit der Umgebung in Berührung sind, um deren Temperatur anzunehmen zu können, und da sie fortwährend in grössere Tiefen, d. h. in immer wärmere Schichten kommen, so wird sich zwischen Wasser und Gebirge ein immer grösseres Temperaturgefälle herausbilden, bis das Wasser eine Stelle erreicht, wo die dem Durchsickern entgegentretenden Reibungswiderstände wieder grösser werden, wo das Wasser gewissermassen zu stagnieren beginnt, und nun Zeit hat, seiner Umgebung die dem Temperaturgefälle entsprechende Wärmemenge zu entziehen.

Nehmen wir z. B. Schichten, die in der Schichtrichtung gut durchlässig sind, während sie quer dazu grossen Widerstand bieten. Denken wir uns nun eine grosse Mulde aus diesen Schichten, derart, dass dieselben an der Oberfläche zunächst annähernd senkrecht einfallen, dann allmähig umbiegen, und schliesslich in einer Tiefe, in der unser Tunnel liegen soll, ihre tiefste Lage haben.

Dann ist klar, dass die Tagewasser zunächst schnell versinken, dass die Durchflussgeschwindigkeit mit dem Flacher-

werden der Schichtstellung immer geringer wird, bis das Wasser am Boden der Mulde schliesslich stehen bleibt, nur noch langsam senkrecht zur Schichtrichtung versickern kann, und erst hierbei Gelegenheit hat, sein ganzes Kühlvermögen aufzubreuchen.

Auf diese Weise wird lokal eine viel stärkere Kühlwirkung eintreten, als die Formel berechnet, die lediglich die Wassermenge berücksichtigt.

Noch extremer werden sich die Verhältnisse im verkarsteten Kalkgebirge gestalten.

Hier ist es nicht nur möglich, sondern wohl die Regel, dass die Tagewasser durch die weitverzweigten Systeme von Klüften und Spalten hinabstürzend in kürzester Zeit, und daher nur wenig über die Oberflächentemperatur erwärmt, in grosse Tiefen gelangen, in denen normaler Weise ziemlich hohe Gesteinstemperatur herrschen würde. Schliesslich werden sie dann in Teile kommen, in denen kein direkter Abfluss mehr vorhanden ist. Die Höhlungen füllen sich mit Wasser, es bildet sich ein unterirdischer See, in dem das Wasser steigt, bis irgend ein Ueberlauf das Ueberschiessende aufnimmt.

Erst in diesem unterirdischen See hat das Wasser nun Zeit, sich an den ausgedehnten Wandungen auf die Temperatur des Gesteins zu erwärmen, und hierbei entsprechend der ausgedehnten Kühlfläche und entsprechend der niedrigen Temperatur des frisch zufließenden Wassers wie ein grosser unterirdischer Kälteherd zu wirken.

Ein Tunnel, der in der Nähe eines derartigen Wassersackes vorbeiführt, braucht denselben durchaus nicht anzuschlagen, die Wassermenge braucht also gar nicht im Tunnel aufzutreten — sie kann infolgedessen auch gar nicht in Rechnung gebracht werden, — und doch wird sie sich durch eine ganz erhebliche Vergrösserung der geothermischen Tiefenstufe bemerkbar machen.

Tatsächlich finden wir auch im Kalkgebirge ausserordentlich grosse Tiefenstufen, wie beispielsweise im Weissensteintunnel, wo Dr. E. KUENZLI die Tiefenstufe auf 70 M. im Minimum, und 140 M. im Maximum angibt<sup>1</sup>, und ebenso zählen im Kalkgebirge Einbrüche kalter Wasser nicht zu den Seltenheiten. Es sei hier nur an den Albulatunnel erinnert, wo Wasser von nur 4° Temperatur einbrachen.

<sup>1</sup> Vergl. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz XXI* (51), S. 130.  
E. KUENZLI, *Temperatur im Weissensteintunnel*.