

Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 8 (1915-1916)
Heft: 17-18

Artikel: Die Temperatur des Bondenreliefs
Autor: Maurer, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920608>

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: 25.07.2025

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

damit durch die Erledigung dieser wichtigen Vorarbeiten einem Ausbau derselben, als Folge des nach dem Weltkriege erwarteten industriellen Aufschwunges, ein Hindernis weniger entgegenstehe.



Die Temperatur des Bodenreliefs.

Von Dr. J. Maurer, Direktor der eidgen. meteorologischen Zentralanstalt, Zürich.

Die Bodentemperatur, namentlich im Gebirgsrevier, ist für den Wasserwirtschafter nicht ohne Interesse, denn deren Kenntnis (samt derjenigen der Lufttemperatur) vermittelt die Beantwortung verschiedener Fragen, die bei hydrotechnischen Anlagen im Hochgebirge manchmal zur Diskussion gelangen.

Oft wird gefragt, zum Beispiel, in welcher Höhenzone erreicht die Bodenwärme bestimmte tiefere Werte, wenig über dem Eispunkt und in welchem Niveau bleibt sie im Durchschnitt beständig unter Null? Welches ist die mittlere Differenz zwischen Boden- und Lufttemperatur nahe der Region des ewigen Schnees, und in welcher Höhe hört die Schmelzung durch Bodenwärme an der untern Gletscherfläche auf, usw.?

Vor allem ist hier daran zu erinnern, dass die Temperatur in der oberflächennahen Schicht — die wir stets im Auge haben — immer höher ist, als die Temperatur der aufruhenden Luftschicht. Für die kurze sommerliche Zeit im Hochgebirge ist das fast selbstverständlich, da die starke Intensität der Sonnenstrahlung auf den alpinen Höhen die Bodenwärme — unter Umständen sogar ziemlich erheblich — über die Lufttemperatur bringt. Dasselbe ist aber auch zur Winterzeit der Fall, denn da wird durch die die Wärme nur schlecht leitende Schneedecke dem Boden aller Schutz vor Abkühlung durch Ausstrahlung gewährt. Daraus resultiert dann im Jahresmittel ein mit der Höhe zunehmender Temperaturüberschuss gegenüber der Luftwärme; für die Monate Oktober bis März ist dieser Überschuss sogar noch meist erheblich grösser als im Sommer (Juni bis August). Das zeigen uns die Beobachtungen von Sils-Maria im Ober-Engadin und vom Hospiz an der Bernina deutlich. Schatten- und Sonnenseite in der Auslage modifizieren allerdings auch da die Resultate oft ziemlich bedeutend. Natürlich ist die Bodentemperatur auch nahe von demselben Wert wie die Quelltemperatur im selben Höhengniveau und in gleicher Exposition.

In unserem Lande haben wir eine hübsche Sammlung von Bodentemperaturen aus den verschiedensten Höhen-Niveaux, vornehmlich aus Bodentiefen bis zu 1,20 m; dieselben haben bis heute aber kaum eine praktische Verwertung gefunden.

Wie bekannt, ist die mittlere Bodentemperatur an einem gegebenen Punkte der Oberfläche ohne direkte Beobachtungen nur sehr ungefähr zu bestimm-

men; sie hängt ja nicht bloss von einer Reihe meteorologischer Faktoren ab, sondern es sind auch die Oberflächengestaltung, Auslage (Gehänge, Neigung) und die weiteren örtlichen Einflüsse (Bodenbeschaffenheit, Schmelz- und Sickerwasser etc.) massgebend und deren Wirkung ist oft recht schwierig einzuschätzen. Das zeigt sich deutlich, insbesondere in den mustergültigen, langen Beobachtungsreihen, welche in den Jahren 1899 bis 1908 von der ad hoc bestellten geologischen Kommission anlässlich des Baues des Simplontunnels ausgeführt worden sind und die uns durch Professor Schar dt erst kürzlich in seiner verdienstlichen Arbeit „Die geothermischen Verhältnisse des Simplongebirges in der Zone des grossen Tunnels“ zugänglich gemacht wurden.¹⁾ Diese sehr wertvollen geothermischen Beobachtungen aus der oberflächennahen Schicht des Bodens — längs eines ganzen Profils bis zu einer Höhe von 2800 m — bezweckten eine genauere Bestimmung der mittleren Bodentemperatur als Ausgangspunkt für die Temperaturzunahme nach dem Gebirgsinnern. Die in der Nähe der Tunnelportale gelegenen Stations-Thermometer wurden allwöchentlich abgelesen, die übrigen im Mittel wenigstens einmal im Monat, solange sie zugänglich waren. Die im Winter unzugänglichen Hochstationen wurden mit Minimalthermometern versehen, welche beim ersten Besuch mit Sommeranfang die momentane Felstemperatur und die tiefste Wintertemperatur ergaben. Der Zeitpunkt, an welchem das Minimum eintrat, wurde durch ein allwöchentlich abgelesenes, im Kellergeschoss des Simplonhospiz (2008 m) aufgestelltes Lamont'sches Thermometer gegeben und die fehlenden Punkte durch Interpolation ergänzt. Aus der planimetrierten Oberfläche der Kurve wurde hierauf die mittlere Bodentemperatur für die ganze Beobachtungszeit berechnet.

Weiteres, zum Teil langjähriges Material über Bodentemperaturen bis zu 1,20 m Tiefe in höhern Lagen (neben den älteren von Pruntrut, Bern und Interlaken von 1869—1887 und denen von Stapf im Gotthardgebiet), liefern uns die Station Haidenhaus seit 1891 (auf dem Thurgauer „Seerücken“ 695 m ü. M.), die Beobachtungsposten Rigi-Scheidegg (1894 und 1895 in 1665 m ü. M.), Sils-Maria im Engadin in 1809 m Seehöhe (August 1893—1904). Dazu tritt noch die temporäre botanisch-biologische Station auf dem Bernina-Hospiz (Juni 1905 bis September 1906) in 2310 m, welche ebenfalls in ihrem Programm Erdbodentemperaturen bis 1,20 m umfasste.

Endlich besteht noch eine kurze, wenig bekannte Serie solcher Bodentemperaturen von der früheren Dollfußstation auf dem Theodulpass in 3330 m Höhe aus den Jahren 1865 1866. Es sind Messungen bis zu 90 cm Bodentiefe an einzelnen Tagen im

¹⁾ Siehe die Festschrift der Zürcher Universität (von 1914) und G. Niethammer „Die Wärmeverteilung im Simplon“ im „Eclogae geol. Helvet.“, Vol. XI, No. 1 (1910).

August und September 1865 sowie im Juni 1866, dann ferner Temperaturbeobachtungen in verschiedener Tiefe des mächtigen Schneelagers über Fels und Gletscher bis 2,30 m im November 1865 bis April 1866. Noch jüngste Beobachtungen von Bodentemperaturen aus dem Graubündner Hochrevier sind uns von Professor Königsberger (Freiburg i. B.) nachträglich bekannt geworden (vergleiche Berichte der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg i. B. 1910) und zwar von den Orten Andeer (1025 m), Inner-Ferrera (1510), Alp Emet (2008 m) und der Station ob dem Lago di Nero (2490 m) an der Bernina.

Das gesamte Material lässt sich graphisch selbstredend viel übersichtlicher darstellen; die nachstehende Tabelle sowie unsere Figur ergeben das Weitere.

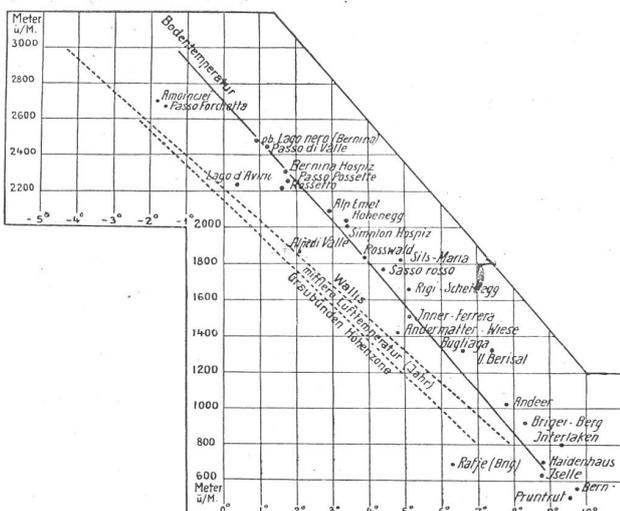
In unserer Figur sind neben den vorstehend erwähnten mittleren Bodentemperaturen auch noch die mittleren Lufttemperaturen (Jahreswerte) in den verschiedenen Höhenstufen des Wallis und der schweizerischen Ostalpen eingetragen, so wie dieselben seinerzeit im „Klima der Schweiz“ von uns ausführlich berechnet worden sind. Unsere graphische Darstellung zeigt deutlich die rasch wachsenden Differenzen zwischen Boden- und Lufttemperatur in den verschiedenen Höhengniveaux bis nahe 3000 m. Der Figur entnimmt man ohne weiteres die nachstehenden Mittelwerte für unsere westalpine Zone bezüglich der Bodentemperatur:

Mittlere Bodentemperaturen in den Schweizeralpen (Jahresmittel).

Simplonzone-Wallis			Höhenlagen Nord- u. Zentralschweiz, Gotthardgebiet (nach Stapf)			Graubündner Höhenzone		
Stationen	Höhe ü. M. m	Mittlere Bodentemperatur ° C.	Stationen	Höhe ü. M. m	Mittlere Bodentemperatur ° C.	Stationen	Höhe ü. M. m	Mittlere Bodentemperatur ° C.
Im Rafje (Brig)	686	6.3	Buus	455	9.0	Andeer	1025	7.8
Brigerberg . . .	915	8.3	Pruntrut	500	9.5	Inner-Ferrera . . .	1510	5.1
Rosswald (Ob. Resti)	1850	3.8	Bern	550	9.7	Sils-Maria	1809	4.8
Unter Berisal . .	1320	7.4	Interlaken	800	9.3	Alp Emet	2080	2.9
Hohenegg	2030	3.4	Haidenhaus	695	8.8	Bernina-Hospiz*)	2310	1.7
Furggenbaumpass	2690	-1.6	Rigi-Scheidegg . .	1665	5.1	Ob Lago di Nero	2490	0.9
Rossetto	2220	1.6	Valeggio (Airolo)	1340	6.5	(ander Bernina)		
Amoinciei	2709	-1.8	Andermatt-Wiese . .	1431	4.8			
Lago d'Avino . . .	2237	0.4	Sasso-rosso	1770	4.4			
Passo di Valle . .	2448	1.2						
Alpe di Valle . . .	1863	2.2						
Passo Possette . .	2248	1.8						
Bugliaga	1316	6.6(?)						
Iselle (Tunnel) . .	636	8.8						
Simplonhospiz . .	2008	3.4						

*) In 60 cm Tiefe: 2.0 ° C., in 90 cm Tiefe: 1.9 ° C.

Aus den gefundenen Werten der mittlern Bodentemperaturen der Simplonzone ergibt sich ohne weiteres, dass dieselben keiner gleichmässigen Temperaturabnahme mit der Höhe entsprechen; die Ursache sind eine Reihe lokaler Einflüsse, die von Herrn Schardt l. c. eingehend besprochen wurden. Namentlich die tiefe mittlere Bodentemperatur beim Tunnelportal im Rafje bei Brig ist nur durch örtliche Einflüsse zu erklären, indem die nahe Rhone als Gletscherfluss auch im Sommer sehr kaltes Wasser führt und der betreffenden Stelle im Grundwasserstrom eine bedeutende Abkühlung bringt. Ähnliches ist auch von den Stationen am Lago d'Avino und auf der Alpe di Valle zu sagen, wo ebenfalls kalte Wassermassen die mittlere Bodentemperatur stark affizieren. Auch die Station Andermatt-Wiese im kalten Hochtal erscheint wesentlich zu tief, Bern, Interlaken, Rigi-Scheidegg und Sils-Maria dagegen zu hoch, ebenso Berisal und Bugliaga.



Die Abnahme der Bodentemperatur mit der Höhe in den Schweizeralpen.

Mittlere Bodentemperatur in verschiedenen Höhenlagen der Schweizeralpen:

Höhe m	Mittlere Bodentemp.	Höhe m	Mittlere Bodentemp.
600	9.0 Grad C.	2100	2.7 Grad C.
900	7.8 „ „	2400	1.3 „ „
1200	6.5 „ „	2500	1.0 „ „
1500	5.3 „ „	2700	0.0 „ „
1800	4.0 „ „	3000	-1.3 „ „

Als mittleren Überschuss der Bodentemperatur (in 1,20 m Tiefe) über die Lufttemperatur entnimmt man aus unserer Figur die nachstehenden Werte:

Höhe m:	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000
Differenz zwischen Boden- u. Luftf.	0.5	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.5	2.7	2.9

Eine besondere Unterscheidung der Exposition, ob Nord- oder Südlage, ist leider nicht möglich. In der Region des ewigen Schnees wird die Differenz zweifellos noch grösser sein wegen der schlechten Leitfähigkeit der dauernden Schneelager über dem Boden.

Ganz allgemein dürfen wir wohl sagen, dass nach dem vorhandenen, reichen Beobachtungsmaterial die mittlere Lufttemperatur in unserer westalpinen Zone schon wenig über 2100 m den Gefrierpunkt erreicht, während bei der mittleren Bodentemperatur dies erst in einer Höhenlage von etwa 2800 Meter geschieht. In dieser Höhe, wo die mittlere Bodentemperatur den Gefrierpunkt zu unterschreiten beginnt, hört auch die Schmelzung an der untern Gletscherfläche durch den Einfluss der Bodenwärme allmählich auf. Die einjährigen, zahlreichen Beobachtungen auf der hohen Paßstation des St. Theodul in 3300 m ü. M. lehren uns übrigens, dass in diesem Hochgebirgsrevier der Boden (Schieferschicht) Ende August bereits auf 5 cm Tiefe kompakt gefroren und die Bodentemperatur schon unter Null ist.

Von Interesse mag auch sein, an dieser Stelle noch die einzelnen Monatsmittel der Bodenwärme auf dem Bernina-Hospiz in den gemessenen Tiefen von 60, 90 und 120 cm anzuführen. Sie zeigen uns deutlich, welchen Variationen im Laufe des Jahres die Bodenwärme unterliegt in dieser schon beträchtlichen Höhe über Meer.

Mittlere Bodentemperaturen auf Bernina-Hospiz (2310 m).

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
in 60 cm Tiefe	—1.6	—3.2	—2.5	—1.8	1.3	5.7
in 90 „ „	—0.5	—2.3	—2.1	—1.7	0.0	4.3
in 120 „ „	0.0	—1.3	—1.4	—1.3	—0.7	2.2
Mittlere Luftt.	—7.9	—9.8	—5.5	—3.0	2.5	5.6
	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
in 60 cm Tiefe	8.3	8.8	7.2	1.9	0.4	0.0
in 90 „ „	6.6	8.0	7.1	2.6	0.7	0.3
in 120 „ „	4.4	7.1	6.9	3.2	1.2	0.6
Mittlere Luftt.	10.5	7.8	5.4	—4.8	—5.8	—5.2

In allen Tiefen, und namentlich in den kälteren Monaten von Oktober bis März, ist die Bodenwärme beträchtlich höher wie die Lufttemperatur, doch von Januar bis Mai, auch in 120 cm Tiefe, der Boden fest gefroren.

Leider liegen über den wichtigen klimatischen Faktor, Einfluss der Exposition auf die Bodentemperatur, fast keine Messungen vor, welche gestatten würden, den Unterschied der Boden- und Luftwärme je nach der Richtung des Berggehanges ziffernmässig in unserm Gebiete nachzuweisen. Wir glauben aber hiefür, mangels eigener zureichender Daten, auf die wertvollen Beobachtungen A. v. Kerners verweisen zu dürfen, welche im besondern die

Untersuchung der Bodentemperatur bei verschiedenen Expositionen gegen den Horizont betreffen. Dieselben sind 3 Jahre hindurch in 80 cm Tiefe an einem isolierten Hügel bei Innsbruck in 600 m Seehöhe und später zu Trins im Gschnitztal in 1340 m Seehöhe ebenfalls während eines Zeitraumes von 3 Jahren durchgeführt und von F. v. Kerner bearbeitet worden (Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1891). Es ergab sich dabei im Jahresmittel ein Unterschied der Bodenwärme zwischen Süd- und Nordhang in 0,80 m Tiefe von 3⁰ C., in 1340 m Höhe noch ein Unterschied von 2,5⁰ C. In unserem klimatischen Regime (Jura, Südwest-, Zentral- und Ostalpen der Schweiz) dürfte es genügen, wenn bei einer Höhenlage von etwa 1000 m mit der Differenz von 1,5—2⁰ C. im Jahresmittel der Bodentemperatur zwischen Nord- und Südlagen gerechnet wird.

Wasserkraftausnutzung

Neue Konzession für das Etzelwerk. Zwischen den Kantonen Zürich, Schwyz und Zug, sowie der Generaldirektion der Bundesbahnen ist ein Vertragsentwurf über die neue Etzelwerk-Konzession in Verhandlung, der wir folgendes entnehmen: Die Regierungsräte der Kantone Zürich, Schwyz und Zug verpflichten sich (unter Vorbehalt der Genehmigung durch die zuständigen Behörden) der Generaldirektion der S. B. B. die Konzession zur Ausnützung der Wasserkraft der Sihl durch Erstellung eines künstlichen Sees im Sihltale östlich von Einsiedeln und Ableitung des Wassers der Sihl nach dem Zürichsee zu erteilen. Die Konzession hat zum Zwecke die Ermöglichung der Einführung der elektrischen Traktion bei den S. B. B. Die S. B. B. und deren Rechtsnachfolger sind nur dann berechtigt, die Ableitung des Wassers in die Gegend von Altendorf (Lidwyl) vorzunehmen, wenn es sich herausstellen sollte, dass die Ableitung nach Pfäffikon nur mit unverhältnismässigen Mehrkosten und ausserordentlichen technischen Schwierigkeiten ausführbar wäre. Ob eine solche Verlegung der Kraftstation in die Gegend von Altendorf stattfinden darf, soll durch eine Expertise festgestellt werden, für welche der Bezirk Höfe und die Bundesbahnen je einen Fachmann und der Präsident des Bundesgerichtes den Obmann bezeichnen. Der Entscheid der Experten ist für die Parteien rechtsverbindlich. Die S. B. B. sind verpflichtet: a) entweder die Sihl aus dem Stausee so zu dotieren, dass ihre Wassermenge beim Eintritt in den Kanton Zürich oberhalb Hütten nicht unter 3 m³/sek. zurückgeht, oder b) die unterhalb des Stausees gelegenen Wasserwerk-Anlagen in ihrer Gesamtheit und im Einverständnis mit ihren Inhabern durch Zahlung einmaliger Beträge abzulösen. Die zur Stauung des Wassers im Bezirk Einsiedeln herzustellende Talsperre, samt den dazu gehörenden Einrichtungen ist so auszuführen, dass nach den Grundsätzen der Technik und nach menschlicher Berechnung und Voraussicht ein Durchbruch ausgeschlossen und demnach für das unterhalb gelegene Gebiet die denkbar grösste Sicherheit geboten ist. Die Konzession wird auf die Dauer von 50 Jahren erteilt. Die konzessionierenden Behörden erklären sich indessen grundsätzlich bereit, die Konzession auf Wunsch der Konzessionärin nach Ablauf von 50 Jahren auf weitere 50 Jahre zu erneuern, vorbehaltlich einer Neufestsetzung der für die Erneuerung der Konzession zu zahlenden einmaligen Entschädigung und der jährlich zu entrichtenden Wasserrechtszinse, sowie der Bestimmung eines Rückkaufrechtes. Als Gegenleistung für die in diesem Vertrage festgesetzte Verpflichtung, zur Erteilung der Konzession zur Ausnützung der Wasserkraft der Sihl seitens der Kantone Zürich, Schwyz und Zug haben die S. B. B. an diese Kantone folgende Zahlungen zu leisten: a) eine einmalige Entschädigung an die Kantone Zürich, Schwyz und Zug von Fr. 500,000, zahlbar in drei Raten. Die Ansprüche der