

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 36 (1943)
Heft: 1

Artikel: Temperaturstudien an Gebirgsquellen
Autor: Jäckli, Heinrich / Kleiber, Karl
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-160383>

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: 17.02.2025

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

Temperaturstudien an Gebirgsquellen.

Von **Heinrich Jäckli** und **Karl Kleiber**, Andermatt.

Mit 2 Textfiguren.

Einleitung.

Zwei Grössen bilden die Hauptmerkmale einer Quelle, nämlich Ertrag und Temperatur. Stehen daher die Resultate von Ertrags- und Temperaturmessungen einer Quelle, die sich in engen Intervallen über eine längere Zeit, z. B. ein Jahr, hinziehen, zur Verfügung, so kann damit diese Quelle meistens gut und eingehend charakterisiert werden.

Gewiss spielen in hygienischer Hinsicht die Verunreinigungsmöglichkeiten eine wichtige Rolle, aber diese sind oft durch rein technische Mängel von Fassung, Brunnenstube, Reservoir, Leitungen usw. bedingt und stehen mit der eigentlichen geologischen Qualität der Quelle in keinem Zusammenhang. Sind aber tatsächlich noch Verunreinigungen, die aus dem Einzugsgebiet stammen müssen, am Quellaustritt im Wasser vorhanden, so lassen sich solche schlechten Filtrationsverhältnisse des Untergrundes auch aus einem entsprechend unregelmässigen Verlauf von Ertrags- und Temperaturkurven ersehen.

Wesentlich schwieriger gestaltet sich aber das Problem der Begutachtung einer Quelle dann, wenn keine früheren Beobachtungsergebnisse zur Verfügung stehen, sondern nur eine einmalige Besichtigung zu ihrer Beurteilung genügen muss. Neben dem geologisch-hydrologischen Befund des Einzugsgebietes und des Wasseraustrittes liefert die Messung von Ertrag und Temperatur sicher die wichtigsten Anhaltspunkte. In einer einzigen Messung ist aber die Wassertemperatur unbedingt wesentlich aufschlussreicher als der Ertrag, und zwar hauptsächlich deshalb, weil sie von vielen qualitätsverschlechternden Faktoren abhängig ist, die sich indirekt in einer abnormen Temperatur zu erkennen geben können.

An Hand von einigen hundert Quellmessungen, die die Verfasser in den letzten Jahren im Gotthardgebiet und Tessin als Mitglieder des Geologischen Dienstes der Armee unter der Leitung von Herrn Hptm. R. STAUB und kameradschaftlich unterstützt von F. GYGAX durchführten, sollen im folgenden die einzelnen Faktoren, die temperaturbeeinflussend wirken, eingehender studiert werden. Wir hofften dabei, so weit kommen zu können, dass für eine Quelle unter bestimmten Verhältnissen (Höhe ü. M., Exposition, Jahreszeit, Landesgegend) eine Idealtemperatur angegeben werden kann. Stellt der Geologe bei einer Begehung eine wesentlich andere als diese durchschnittliche „ideale“ Quelltemperatur fest, so dürften qualitätsvermindernde Faktoren irgendwelcher Art vorliegen, vor denen er dann durch eine einzige Temperaturmessung gewarnt werden kann.

1. Abhängigkeit von der Meereshöhe.

Es ist eine seit langem bekannte Tatsache, dass die Quelltemperatur mit der Höhe abnimmt und dass diese Abnahme weitgehend gesetzmässig erfolgt, daneben aber noch von zahlreichen anderen Faktoren beeinflusst wird. So hat z. B. F. VON KERNER (3) für verschiedene Gebiete der Ostalpen Formeln für die durchschnittliche Jahrestemperatur von Quellen als Funktion der Höhe angegeben, die beispielsweise für die Nordtiroler Kalkalpen folgendermassen lautet: $T = 13,91 - 0,80h + 0,01h^2$, wobei h die Höhe in Hektometern und T die durchschnittliche Jahrestemperatur bedeutet.

Für die Untersuchung des Einflusses eines einzelnen Faktors, also hier der Höhenlage, sollten alle anderen temperaturbestimmenden Faktoren möglichst weitgehend ausgeschaltet werden können. Dass das allerdings nie vollständig möglich ist, hängt mit dem Charakter der Erscheinungen zusammen, die bereits in das Grenzgebiet der Meteorologie gehören.

Vorerst wurden aus unserem Beobachtungsmaterial alle jene Quellen ausgeschieden und für die weiteren Studien nicht verwendet, die in Trocken- oder Frostperioden ganz versiegten, sowie jene, von denen jahreszeitliche Temperaturschwankungen von mehr als 3° bekannt waren. Diese Ausmerzung „schlechter“ Quellen ist insofern berechtigt, als wir in erster Linie die Eigenschaften der einigermaßen „guten“, zuverlässigen Quellen ermitteln wollten.

Da in höheren Lagen während der Wintermonate die Gewässer so stark verschneit sind, dass in dieser Zeit nur recht spärliche Beobachtungen durchzuführen sind, müssen wir auf die Verwendung von Jahresmitteln verzichten. Wir beschränken uns vielmehr auf die maximal schneefreie Zeit vom August bis Oktober, in der auch Schmelzwässer nur noch untergeordnet auftreten. Zudem ist ja gerade das die Zeit, wo im Gebirge Quellenstudien am häufigsten ausgeführt zu werden pflegen, sodass diesen Daten, die bezüglich des Jahresverlaufes der Temperatur natürlich Maximalwerte darstellen, in der Praxis zweifelsohne der grösste Wert zukommt. Ferner werden zwei Regionen unterschieden, nämlich das Gotthardgebiet und der mittlere Tessin, um möglicherweise auftretende regionale Unterschiede besser erkennen zu können. Schliesslich sind neben der Art der Quellen auch die Expositionen der Quellenaustritte nach den vier Haupthimmelsrichtungen berücksichtigt und auf der graphischen Darstellung der Fig. 1 und 2 ausgeschieden worden.

So scheinen nun die hauptsächlichsten übrigen Faktoren so weit berücksichtigt zu sein, dass die Abhängigkeit der Temperatur von der Kote einigermaßen ungestört studiert werden kann.

In Fig. 1 wurden für 66 Quellen des Gotthardgebietes, die sich auf Höhen zwischen 800 und 2500 m verteilen, die jeweilige Hochsommertemperatur aufgetragen. Obwohl sich die Beobachtungen nicht ganz gleichmässig auf die einzelnen Höhenzonen verteilen — die Regionen über 1800 m weisen wesentlich mehr gemessene Quellen auf als die tiefer gelegenen — und zudem die recht wesentliche Streuung in der Ordinatenrichtung eigentlich überrascht, so ist die Tatsache der Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe doch offensichtlich.

Den Ursachen der Temperaturstreuung, die nach dem vorherigen Ausscheiden so zahlreicher anderer Faktoren vielleicht als geringer hätte erwartet werden können, soll später nachgegangen werden.

Um über die durchschnittliche Temperaturänderung mit wechselnder Kote ein klareres und zusammenhängenderes Bild zu gewinnen, wurde versucht, diese

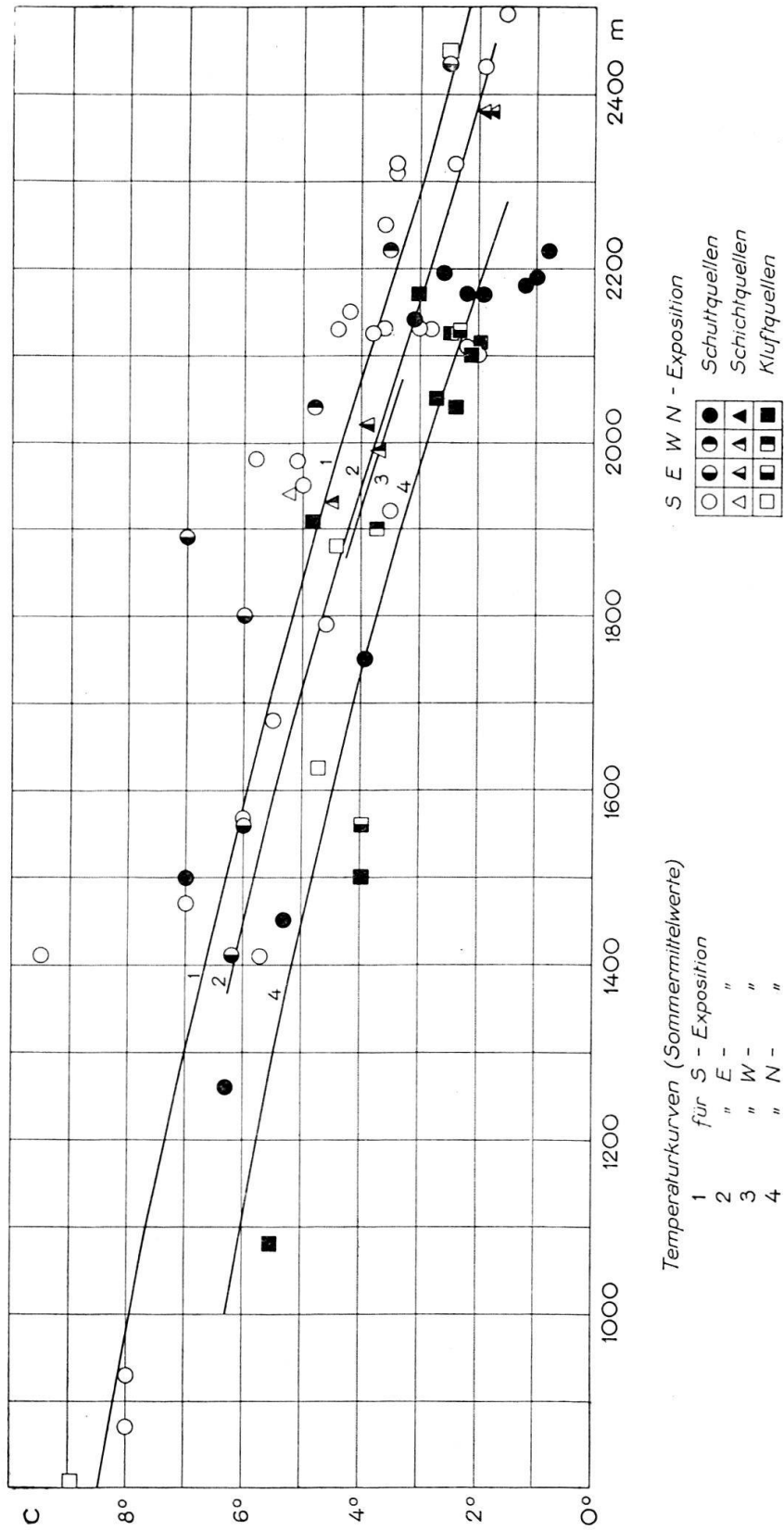


Fig. 1. Temperatur-Köte-Diagramm für Quellen des Götthardgebietes.

Funktion als Kurve darzustellen. Das stösst allerdings insofern auf gewisse Schwierigkeiten, als Messungen von Quellen unter 800 m überhaupt fehlen und auch für die Höhenlagen von 800—1800 m etwas wenig Punkte zur Verfügung standen. Immerhin ist aus Fig. 1 ersichtlich, dass solche Kurven mit durchaus genügender Genauigkeit gezeichnet werden können, sobald man jede Hauptexposition gesondert darstellt und zudem gut bekannten Quellen mit sehr geringen jahreszeitlichen Schwankungen, die somit als besonders zuverlässig gelten können, ein grösseres Gewicht beimisst als anderen.

Die vier Kurven für N-, W-, S- und E-Exposition verlaufen sehr analog. Sie sind im mittleren Teil deutlich konvex, im Abschnitt der obersten Höhenlagen eher leicht konkav, weichen aber im grossen und ganzen nicht sehr stark von einer Geraden ab. Daraus folgt, dass die Temperaturabnahme eine ziemlich regelmässige ist. Sie beträgt ganz generell auf 100 m rund $0,35$ — $0,4^{\circ}$; diese Zahl wird in der österreichischen Literatur als Wärmeabnahmeziffer bezeichnet. Die Quellenwärme nimmt mit der Höhe somit langsamer ab als die Luftwärme, für die nach W. GEORGI (10) in unseren Zentralalpen im Sommer die Abnahme rund $0,6^{\circ}$ auf 100 m beträgt, und zeigt eher einen ähnlichen Verlauf wie die Bodenwärme.

2. Abhängigkeit von der Exposition.

Die graphische Darstellung in Fig. 1 zeigt sehr deutlich den Einfluss der Exposition. Südexponierte Quellen sind durchschnittlich um $1,5^{\circ}$ wärmer als nordexponierte; diese Differenz bleibt im Gotthardgebiet ziemlich unverändert in allen untersuchten Höhenlagen bestehen. Dagegen weisen die Beobachtungen in tieferen Lagen des Tessins auf wesentlich grössere Differenzen hin, die von 800 m an abwärts $2,5$ — $3,0^{\circ}$ erreichen.

Die Temperaturen der W- und E-Expositionen halten ungefähr die Mitte zwischen denen der N- und S-Lagen. Die sehr wenigen von uns im Gotthardgebiet beobachteten W-exponierten Quellen lassen für diese Hangrichtung keine genaueren Schlüsse zu. Im Tessin scheinen die W-Expositionen durchschnittlich etwas wärmere Quellen zu liefern als die E-Hänge ¹⁾.

Die Böschungsverhältnisse sind bei unseren Untersuchungen unberücksichtigt geblieben, ebenso die Bergform, die auf die geothermische Tiefenstufe einen lokalen Einfluss ausüben wird. VON KERNER (3) und STINY (7) führen den konkaven oder konvexen Verlauf von Kote-Temperatur-Kurven auf ungleich steile Böschungen in hohen und tiefen Lagen zurück. Es ist aber zu bedenken, dass eine steile Böschung am N-Hang kälter, am S-Hang aber eher wärmer ist als eine flache, dass also diese Erklärung nicht in gleicher Weise für Schatten- und Sonnenhänge angewendet werden darf.

Dagegen ist uns immer aufgefallen, dass Quellen an stark exponierten S-Hängen im jahreszeitlichen Verlauf viel grössere Temperaturschwankungen zeigen als an Nordhängen; einige solcher Quellen konnten auf unserem Diagramm deshalb nicht aufgeführt werden, weil sie die Bedingung einer Temperaturamplitude von maximal 3° nicht innehielten. Ferner pflegt an steilen S-Hängen der Schnee so kurze Zeit zu liegen, dass das kalte Schmelzwasser den Boden viel

¹⁾ Die Berücksichtigung von nur vier Expositionsrichtungen schafft allerdings dann etwas unnatürliche Darstellungsverhältnisse, wenn etwa an einem fast genau SW-fallenden Hang nur wegen geringen Richtungsdifferenzen ein Teil der Quellen als W-exponierte, ein anderer Teil aber als S-exponierte behandelt werden.

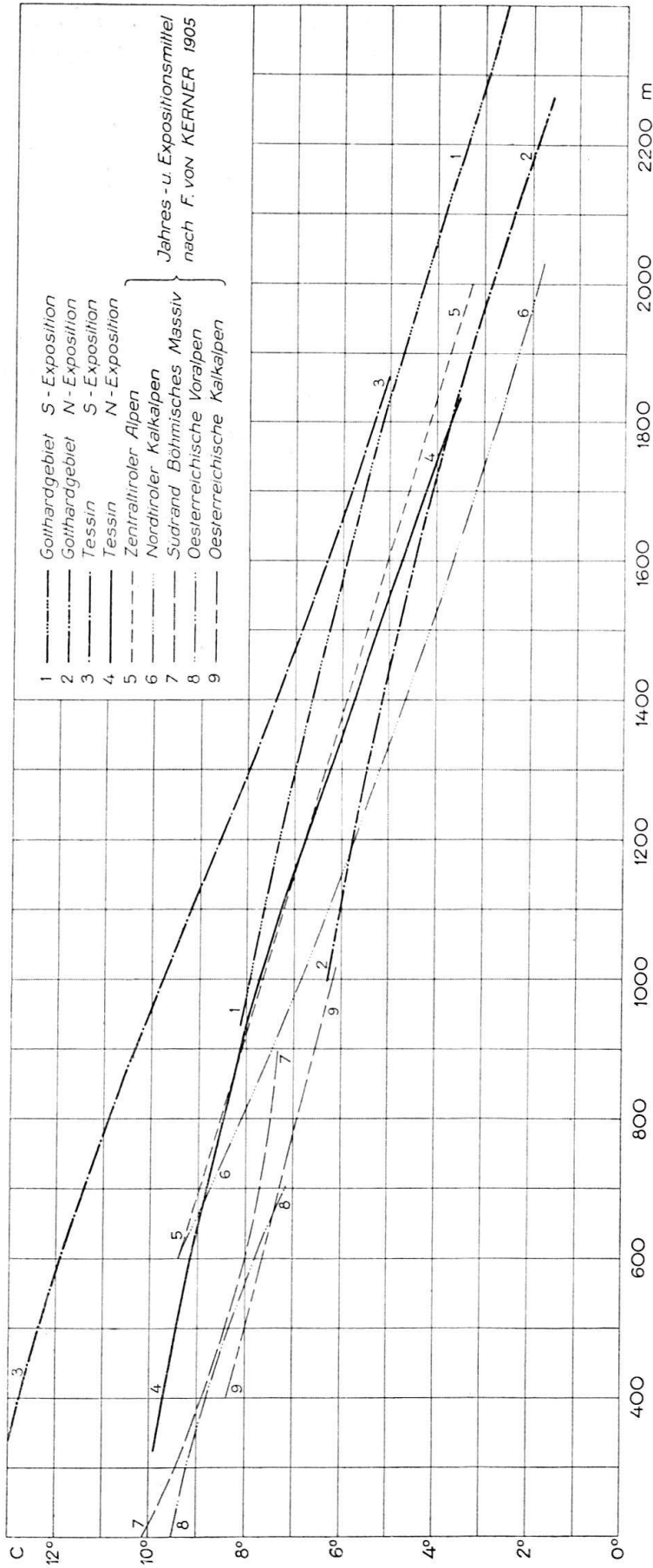


Fig. 2. Temperatur-Kote-Diagramm für verschiedene Quellenprovinzen.

weniger abzukühlen vermag als an flacheren Böschungen. Die so verursachte grössere Bodenerwärmung lässt sich auch oft an Quelltemperaturen wieder erkennen.

Die Steilheit der Böschung im Kleinen, die Bergform im Grossen und die Dauer der winterlichen Schneebedeckung sind somit Faktoren, die wir nicht quantitativ berücksichtigen konnten, die aber sicher an der Temperaturstreuung für ein und dieselbe Kote mitbeteiligt sind.

3. Regionale Eigentümlichkeiten.

In gleicher Weise wie für das Gotthardgebiet wurde für 92 Quellen des mittleren Tessins zwischen Rodi und Monte Ceneri das Kote-Temperaturdiagramm dargestellt und die entsprechenden Kurven für die vier Hauptexpositionen gezeichnet; die N- und S-Expositionskurve sind in Fig. 2, No. 3 und 4, wiedergegeben.

Ziemlich gleich wie bei den Gotthardkurven bleibt deren Form, die nur leicht gekrümmt ist und wenig von einer Geraden abweicht. Dagegen sind S- und N-Kurve zueinander weniger parallel und entfernen sich mit abnehmender Kote immer mehr von einander, wodurch der schon oben erwähnte stärkere Expositionseinfluss in tieferen Lagen erkenntlich wird. Auch ist die durchschnittliche Temperaturabnahme etwas grösser und beträgt rund $0,45-0,5^{\circ}$ auf 100 m (sog. Wärmeabnahmeziffer); die Kurven sind demzufolge etwas steiler als im Gotthardgebiet. Schliesslich liegen in dem Höhenbereich, für welchen für Gotthard und Tessin Messungen vorliegen, die Tessinkurven deutlich höher. Die Differenz ist besonders in tieferen Lagen wesentlich und beträgt bei 1000 m rund $1,5^{\circ}$, auf 1500 m aber kaum noch die Hälfte.

Interessant sind auch Vergleiche mit entsprechenden Daten aus den Ostalpen, die z. B. durch VON KERNER (3) zur Aufstellung von Formeln für die mittlere Jahrestemperatur der Quellen benützt wurden. Diese VON KERNER'schen Temperaturgleichungen für die örtliche Mitteltemperatur (Mittel der Expositionen) enthalten eine 4-stellige Konstante und ein Glied mit der Kote als linearem Faktor, dazu manchmal noch ein Glied mit der Kote in der zweiten Potenz, das dann eine leichte hyperbolische Krümmung der Kurve bewirkt (siehe Kurven 5, 7 und 8 in Fig. 2). So wird z. B. für die zentraltiroler Alpen als Temperaturgleichung

$t_m = 12,11 - 0,44 h$ (t_m = Mitteltemperatur, h = Höhe in Hektometern) oder für den Südrand des Böhmisches Massivs

$$t_m = 11,75 - 0,85 h + 0,04 h^2$$

angegeben. Zu Vergleichszwecken wurden für fünf verschiedene Gebiete nach solchen Formeln die entsprechenden Kurven auch in unserer Fig. 2 dargestellt. Immer ist dabei aber zu bedenken, dass die Kurven KERNERS Expositionen- und Jahresmittel darstellen, während unsere Kurven Sommermaxima angeben.

4. Jahreszeitliche Schwankungen.

Dem Problem der jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen der Quellen wurde nicht eingehender nachgegangen, nicht weil dieses als unwichtig oder als bereits gelöst betrachtet wurde, sondern nur deshalb, weil wir das uns verfügbare Material dafür als zu unvollständig erachteten.

Es wurde lediglich für 14 Quellen, von denen periodische Messungen über eine Zeitspanne von ca. eineinhalb Jahren verteilt vorlagen, der jährliche Temperaturverlauf in Verbindung mit den Ertragsschwankungen verfolgt. Wir sind uns aber bewusst, dass für seriöse Forschungen vieljährige Beobachtungen nötig sind, wobei auch die zweifellos auftretenden Einflüsse der jährlichen Klimaschwankungen mitberücksichtigt werden müssen. Dass für stark schwankende Quellen ein so milder und schneearmer Winter wie z. B. der von 1942/43 abnorme Verhältnisse bringt, ist offensichtlich.

Die Temperatur-Maxima aller beobachteten Quellen fallen in die Zeit von Mitte August bis Mitte Oktober; Maximatermine bis Ende November, wie sie von VON KERNER beschrieben werden, konnten wir nie beobachten. Die Sommermaxima sind bei stärker schwankenden Quellen oft durch eine ziemlich scharf ausgebildete Spitze markiert, die häufig mit einer Schönwetterperiode in Beziehung gebracht werden kann.

Das Minimum konnten wir ausnahmsweise bei zwei recht verschiedenen Quellenregionen schon im Januar feststellen: Erstens im Ceneri-Gebiet, wo wenig Schnee fällt, der meistens rasch schmilzt, und wo die zunehmende Frühlingstemperatur sich sehr bald auch dem Quellwasser mitteilt, und zweitens an schneereichen Nordhängen auf 2000 m, wo wahrscheinlich die schneearme Vorwinterzeit die grösste Abkühlung bedingt, die nachfolgende kälteisolierende Schneeschicht aber wieder eine sehr früh einsetzende Temperaturerhöhung um 0,2—0,3° erlaubt, die in diesem Fall wohl ausschliesslich durch die Bodenwärme bedingt wird.

Häufiger liegt allerdings das Minimum im Februar oder März. In der graphischen Darstellung des Jahresverlaufes zeigt dieses meistens eine weite Muldenform, ziemlich im Gegensatz zum Maximum, das, wie schon erwähnt, häufig eher eine scharfe Spitze aufweist.

Für viele Quellen ist auch die Erscheinung charakteristisch, dass Maximum und Minimum nicht genau ein halbes Jahr auseinander liegen, somit die jährliche Temperaturkurve durchaus nicht immer eine symmetrische, sinusähnliche Linie ist.²⁾

Die Grösse der Temperaturschwankung ist bereits eng mit dem Qualitätsbegriff verknüpft. Als Seltenheit sind aus unserem Beobachtungsmaterial z. B. zwei grössere, im Ertrag relativ konstante Kluftquellen in rund 2000 m Höhe zu erwähnen, die Temperaturschwankungen zwischen Sommer und Winter von nur 0,3 resp. 0,4° zeigen. Häufig und noch durchaus zulässig sind Schwankungen von rund 2°; solche von mehr als 3° betrachten wir schon als so schlechtes Zeichen, dass nur unter besonderen Umständen eine solche Quelle zur Verwendung empfohlen werden kann, denn oft überdauern sie den Winter oder lange Trockenperioden nicht oder weisen mindestens sehr bedeutende Ertragsschwankungen auf.

Damit wären wir wieder bei einer alten Quellenregel angelangt, die sich durch unsere Untersuchungen vollauf bestätigen lässt: Quellen mit grossen jahreszeitlichen Temperaturschwankungen, also schlechter Retention und Filtrierung im Einzugs- und Durchströmungsgebiet, zeigen grosse Ertragsschwankungen.

²⁾ Die Methode (Lit. 3), das Jahresmittel der Quelltemperatur als Durchschnittswert aus zwei Messungen, die sechs Monate auseinander liegen, zu bestimmen, scheint uns daher nicht allgemein anwendbar.

5. Quellenart.

Karstquellen oder auch nur Schicht- und Kluftquellen aus Kalk oder Dolomit befinden sich nicht unter den untersuchten; ebenso fehlen eigentliche Überfallquellen. Diese Quellenarten bleiben somit in den vorliegenden Untersuchungen unberücksichtigt.

Am Quellenaustritt ist es meistens möglich, festzustellen, ob es sich um eine Schicht-, Kluft- oder Schuttquelle handelt. In Fig. 1 sind denn auch diese drei Typen ausgeschieden worden. Dass dabei im Gotthardgebiet die Gruppe der Schuttquellen die grössten Temperaturabweichungen vom Durchschnittswert für die jeweilige Kote aufweisen, was aus Fig. 1 deutlich ersichtlich ist, versteht sich von selbst, wenn wir bedenken, dass feinporige und tiefgründige Oberflächenbildungen hier weitgehend fehlen, und dass Schuttquellen oberflächlichen Wärmeeinflüssen wesentlich stärker ausgesetzt sind als die anderen Quellenarten. Übrigens waren alle wegen ihrer Unzuverlässigkeit in unserer Tabelle nicht aufgenommenen Quellen Schuttquellen.

Gerade für die Schuttquellen ist es bezeichnend, dass neben den häufigen sommerlichen Temperaturabweichungen nach oben, die am meisten an extremen Südhängen beobachtet werden, auch abnorm tiefe Temperaturen auftreten. Das ist besonders in hohen Lagen, in der Nähe von Schneeresten und Gletschern der Fall, wo selbst im Hochsommer und Herbst noch Schmelzwasser die Quellen direkt oder indirekt stark abzukühlen vermag. Im übrigen ist die Grösse des Einflusses der Schneedecke auf die Temperatur- und Wasserverhältnisse des Untergrundes durchaus noch unabgeklärt, so dass Detailstudien über diese Probleme sehr erwünscht wären.

Zusammenfassung.

Jede Quellenuntersuchung zeigt immer wieder die sehr komplizierten Beziehungen zwischen Niederschlag und Grösse, Lage und Geologie des Einzugsgebietes einerseits und Ertrag und Temperatur der Quelle andererseits. Selbst nach lange durchgeführten Ertrags- und Temperaturmessungen und guter Kenntnis der Geologie des betreffenden Gebietes kann es noch recht schwierig sein, die Quelle exakt zu qualifizieren und eine sichere Prognose für Trockenzeiten zu stellen.

Wieviel komplizierter ist das aber noch, wenn frühere Beobachtungsreihen fehlen und, wie einleitend schon gesagt worden war, der Quellengeologe anlässlich einer einzigen Begehung sich ein Urteil über eine Quelle bilden sollte. Wir glauben, dass in solchen Fällen Vergleiche der gemessenen Temperatur mit Durchschnittstemperaturen, die statistisch aus länger beobachteten, zuverlässigen Quellen des gleichen Gebietes gefunden wurden, wertvolle Anhaltspunkte liefern können.

Gerade bei Schuttquellen ist man am häufigsten im unklaren, wie zuverlässig der Ertrag einzuschätzen und wie weit nur temporär fliessendes Oberflächen- oder Schmelzwasser daran beteiligt ist, sodass man in solchen Fällen durch Vergleiche mit Durchschnittstemperaturen oft gewisse diesbezügliche Hinweise erhält. Aber auch bei Kluft- und Schichtquellen können die Temperaturen Rückschlüsse auf die inneren geologischen Verhältnisse zulassen, wie auf Tiefe und Gestalt der unterirdischen Wasserwege, auf Retentionsfähigkeit und indirekt auf Filtrations- und Verunreinigungsmöglichkeiten.

Anormal warme Quellen deuten in solchen Höhen praktisch immer auf geringe Tiefgründigkeit der Wasserader oder auf teilweise Vermengung mit warmem

Oberflächenwasser hin. Gar nicht so selten sind in unserem Gebiet auch die „scheinbaren“ Quellen, d. h. Oberflächenwasser, das lokal auf kürzere Distanz wieder versickert und beim Wiederaustreten immer zu hohe Temperaturen aufweist. Aber auch wesentlich zu tiefe Temperaturen warnen vor Oberflächeneinflüssen, diesmal besonders vor Schmelzwasser, das vorwiegend im Frühsommer, seltener auch im Hochsommer und Herbst die Wärme schlechter Quellen stark herabsetzt.

In den grossen hydrologischen Handbüchern und den zahllosen Einzelarbeiten der Quellenliteratur ist fast allen qualitätsverbessernden und -verschlechternden Faktoren und ihren Kennzeichen nachgegangen und ihre Erklärung gesucht und gefunden worden. Nicht genug kann aber vor zu weitgehenden Verallgemeinerungen gewarnt werden. Jede Quelle ist ein geologisches Phänomen für sich, und jedes engere, geologisch einigermaßen einheitliche Gebiet ist für sich eine Quellenprovinz mit spezifischen Merkmalen, die nicht ohne weiteres wieder auf andere Gegenden übertragbar sind.

In diesem Sinn sollen die vorliegenden Angaben als ein Beitrag zur Quellencharakteristik des Gotthardgebietes aufgefasst werden. Sie stellen die rein statistische Verarbeitung eines umfangreicheren Beobachtungsmaterials dar, ohne dass grosse geophysikalische und klimatische Theorien für ihre Erklärung gegeben werden können; sie sollen lediglich dem Quellengeologen im Felde einige praktische Vergleichsmöglichkeiten bieten.

Literatur.

1. HUG, J., & BEILICK, A., Die Grundwasserverhältnisse des Kantons Zürich. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geot. Ser., Hydrologie, Lief. 1, 1934.
2. JÄCKLI, H., Wasser im Stollenbau. Techn. Mitt. f. Sappeure, Pontoniere und Mineure. Zürich 1942.
3. KERNER, FR. VON, Über die Abnahme der Quelltemperatur mit der Höhe. Meteorolog. Zeitschr., Jahrg. 1905.
4. KÖNIGSBERGER, J. E. THOMA & F. LEIER, Über Bodentemperaturen im Schwarzwald, in Graubünden und in Ägypten. Ber. d. natf. Ges. Freiburg i. B., Jahrg. 18, 1911.
5. NIETHAMMER, G., Die Wärmeverteilung im Simplon. Eclogae geol. helv. 11, 1910.
6. PRINZ, E., & R. KAMPE, Handbuch der Hydrologie. Berlin 1934.
7. STINY, J., Zur Frage der Wärme der Quellen. Geologie und Bauwesen, Jahrg. 5, Heft 1, 1933.
8. STINY, J., Zur Kenntnis der Quellen. Geologie und Bauwesen, Jahrg. 7, Heft 1, 1935.
9. STINY, J., Zur Kenntnis der Hochgebirgsquellen. Geologie und Bauwesen, Jahrg. 7, Heft 3, 1935.
10. SUPAN, A., & E. OBST, Grundzüge der physikalischen Erdkunde. Berlin 1929.

Manuskript eingegangen den 14. Mai 1943.



