

### Vorträge.

**Fritz v. Kerner.** Einfluß geologischer Verhältnisse auf die Quellentemperaturen in der Tribulaungsgruppe.

Für die einzelnen Arten von Quellen eines Gebirges läßt sich die Temperatur meist nicht als stetige Funktion der Seehöhe und Exposition darstellen. An eine bestimmte Schichtgrenze gebundene Quellen treten bei flacher Lagerung nur in einer bestimmten Höhe auf; in gefaltetem Terrain erscheinen sie dagegen, wie auch an Längsstörungen geknüpft, oft auf die zum Schichtstreichen normalen Richtungen der Windrose beschränkt. Auch manche Arten von Schuttquellen, zum Beispiel Karschuttquellen, sind nur bestimmten Gehängezonen eigen. Geologischen Studien über Quellenthermik ist so, da eine Gesamtlösung der Aufgabe, die Änderung der Quellenwärme mit der Exposition und Seehöhe in ihrer Abhängigkeit von Grund und Boden darzustellen, unerreichbar scheint, das Ziel enger gesteckt. Man muß den Einfluß der Exposition und Seehöhe auszuschalten suchen und danach trachten, für einzelne Gehängerichtungen und Höhenlagen ein möglichst vollständiges Bild der geologisch bedingten Unterschiede der Quellenwärme zu gewinnen. Bei Beschränkung auf einzelne Höhenlagen erreicht man auch eine Elimination des nicht unbedeutenden Einflusses der Bodenbedeckung auf die Quellenwärme. Der Umstand, daß es in den Alpentälern an tieferen Gehängen fast nur Quellen mit waldbedecktem, in den höheren Lagen nur Quellen mit walddlosem Sammelgebiete gibt, bedingt es, daß man durch Zusammenstellung beider ohnedies kein reines Bild des Einflusses der Seehöhe auf die Quellenwärme gewinnt.

Ich habe im verflossenen Sommer eine quellenthermische Untersuchung der vorgenannten Art in meinem Aufnahmegebiete westlich vom Brenner durchgeführt. Als hierfür am meisten geeignet, wählte ich die Südflanke des Gschnitztales, wo auf engem Raume in bezug auf Quellengenese eine größere Mannigfaltigkeit besteht als in irgendeinem der benachbarten Täler. Der Aufbau des Gebietes: ein Sockel aus kristallinem Schiefer mit aufgesetzten, von Pyritschiefer durchzogenen Schollen von Dolomit und darüber gebreiteten Decken von Kalk- und Quarzphyllit und Quarzkonglomerat bedingt das Vorkommen sehr verschiedener Gesteinsquellen und bei der Art, wie dieser vielstöckige Bau durch glaziale und postglaziale Ausräumung und Aufschüttung gestaltet wurde, tritt auch eine Fülle von Schuttquellenformen auf.

#### Versuchsordnung.

**Exposition der Quellen.** Es empfahl sich, die Untersuchung nicht auf die Quellen mit genau nördlicher Lage zu beschränken, sondern auf alle im Nordquadranten der Windrose liegenden auszudehnen. Das Einzugsgebiet kann auch bei genau nördlich exponierten Quellen zum Teil nach einer zu Nord benachbarten Richtung geneigt sein und umgekehrt bei Quellen an NW- und NO-Hängen teilweise genau gegen Mitternacht sehen. Es kann auch sein, daß besonderer Reliefverhältnisse wegen ein nicht genau nordwärts geneigter

Hang die wenigste Sonnenstrahlung empfängt oder sich an ihm größere Schneemassen sammeln als am Nordhang, die für den Boden zwar im Winter einen besseren Kälteschutz, im Frühling aber eine reichlichere Kältezufuhr bedeuten. Es sind so Umstände vorhanden, die es bedingen können, daß Quellentemperaturen auf kleine Expositionsunterschiede noch nicht reagieren, so daß man besser von der Quellentemperatur auf einem Sektor der Windrose als von der Quellenwärme an einer Exposition sprechen kann. Einzelne Azimute in Betracht zu ziehen, erscheint bei Studien über Bodentemperaturen am Platze. Dort hat man es in der Hand, die Stelle für das zu versenkende Thermometer so zu wählen, daß in dessen Angabe die einer bestimmten Exposition (und Inklination) entsprechende Bodenwärme rein zum Ausdrucke kommt. Während in geophysikalischer Hinsicht auch zunächst die Kenntnis solcher Werte angestrebt wird, ist es für geologische und pflanzengeographische Zwecke überhaupt vorteilhafter, Boden- und Quellentemperaturen für Sektoren der Windrose statt für einzelne Azimute zu ermitteln. Der im ersteren Falle erhaltene Wert hat für größere zusammenhängende Flächen Geltung, während sich der für eine einzelne Exposition gewonnene nur auf zerstreute Gehängeparzellen, die genau in der betreffenden Windrichtung liegen, bezieht. Vereinigt man mit den Quellen der Nordseite auch noch jene der NW- und NO Seite, so dehnt man die Mittelbildung allerdings über mehr als einen Quadranten der Windrose aus, da ja zum Beispiel bei einer Quelle der NW-Seite das Einzugsgebiet zum Teil gegen WNW exponiert sein kann. Man greift dann wohl über jenen Kreisbogen hinaus, innerhalb dessen die Quellentemperaturen auf Expositionsunterschiede noch nicht reagieren und erhält einen höheren Temperaturwert als man für den Nordquadranten allein bekommen würde. Bei einer Feststellung der Expositionsamplitude der Quellentemperatur würde dies einen kleinen Fehler bedingen; in unserem Falle könnte dieses Hinausgreifen nur dann von störendem Einflusse werden, wenn die Quellen der unterschiedenen genetischen Typen über den Nordquadranten in sehr verschiedener Weise verteilt sind oder wenn diese Typen nur durch einzelne Quellen Vertretung finden, die innerhalb des Nordquadranten eine sehr ungleiche Lage haben.

Die Wahl des Nordquadranten der Windrose war für eine Untersuchung wie die von mir vorgenommene auch insofern passend, als dort wegen der größeren Bergfeuchtigkeit die Gefahr geringer ist, einen Teil der vorhandenen Quellen wegen ihres Versiegens im Spätsommer für die Messung zu verlieren. Dieser Vorteil kam gerade im verflossenen, ungewöhnlich trockenen Sommer zur Geltung. Nur eine kleine Zahl von Quellen entzog sich durch ihr Verschwinden einer Messung bis in den Herbst hinein, wogegen an den gegenüberliegenden Hängen schon vielenorts Wassermangel eintrat.

Seehöhe der Quellen. Zur Bestimmung der Seehöhe der Quellen fanden bei allen Temperaturmessungen auch Aneroidablesungen statt, aus denen sich mit einer für das benützte Instrument von mir schon früher ermittelten Tabelle aus den Druckdifferenzen gegen zwei Talstationen die Höhenunterschiede gegen dieselben ergaben. Zur Messung von Druckdifferenzen gegen Höhenstationen bot sich nur

selten Gelegenheit, da quellengeologische Exkursionen meist nicht bis zu Sätteln oder Gipfeln führen und auf Gehängepunkte bezügliche Koten in den Aufnahmeblättern äußerst spärlich sind. Die gewonnenen Höhenzahlen (je drei für eine Quelle) stimmten bei manchen Quellen unter sich gut überein, bei anderen hielten sich die Differenzen in mäßigen Grenzen, bei einigen erreichten sie aber 50 *m* und etwas darüber.

Als durchschnittliche mittlere Abweichung ergab sich 13·3 *m*, was bei drei Messungen einem durchschnittlichen wahrscheinlichen Fehler des Mittels von  $\pm 7\cdot1$  *m* entspricht. Die erhaltenen Höhen konnten so im Allgemeinen als bis auf 20 *m* genau betrachtet werden; ich habe sie aber zunächst nur auf Dekameter abgerundet und den Umstand, daß sie weniger genau sind, bei ihrer Verwertung entsprechend berücksichtigt (siehe unten).

Für jene Quellen, die in der Nachbarschaft markanter Stellen des Gebirgsreliefs liegen, konnten bis auf 10 oder 20 *m* abgerundete Höhenzahlen auch aus den Aufnahmeblättern entnommen werden. Da die Isohypsenzeichnung dieser Blätter auf relativ wenige barometrisch bestimmte Fixpunkte basiert ist, dürften die wahrscheinlichen Fehler der so gefundenen Quellenhöhen den Fehlern der nach dem ersten Verfahren bestimmten Höhen kaum nachstehen. Als mittlere Differenz der aneroidisch bestimmten Höhen gegen die aus der Isohypsenkarte erhaltenen ergab sich bei 52 Quellen — 10·5 *m*. Auffallend große Differenzen, bis über 50 *m*, zeigten sich bei einigen hochgelegenen Quellen.

Bei der Vertretung des Standpunktes, daß für die thermische Bewertung einer Quelle die mittlere Exposition ihres Einzugsgebietes von größerem Belange sei als die Exposition der Quelle selbst, könnte man zur Ansicht neigen, daß für jene Bewertung auch die mittlere Seehöhe des Einzugsgebietes mehr in Betracht komme als die Höhe des Quellortes. Die mittlere Höhe ließe sich aber für das Sammelgebiet einer Quelle wohl noch schwerer einwandfrei feststellen oder auch nur schätzen als die mittlere Exposition. Auch könnte hier, da diese Mittelhöhe fast stets über die Höhe der Quelle zu liegen käme, keine Kompensation entgegengesetzter Abweichungen Platz greifen wie betreffs der Exposition. Der Vorteil, einen im Prinzip besser begründeten Wert zu erhalten, würde so durch den Nachteil einer sehr mangelhaften Ermittlungsmöglichkeit desselben mehr als aufgewogen. Dagegen wird man den Umstand, daß sich in den Temperaturen absteigender Gebirgsquellen die mittleren Bodentemperaturen eines höheren Niveaus als desjenigen der Quelle widerspiegeln, in Betracht zu ziehen haben, wenn man die Temperaturen solcher Quellen mit den Angaben von neben ihnen versenkten Erdbodenthermometern vergleicht.

Die Ausschaltung des Einflusses der Seehöhe erfolgte bei den vorzunehmenden Betrachtungen in der Weise, daß die Temperaturen der in eine Zone von 20 *m* Breite fallenden Quellen unverändert belassen wurden und jene der in die beiderseitigen Nachbarzonen von gleicher Breite fallenden Quellen eine Korrektion um  $\pm 0\cdot1^{\circ}$  erfuhren. Diese Korrektion war etwas größer als die für den Gesamtdurchschnitt erhaltene Wärmeänderung pro 20 *m* im Betrage von

0·08° (entsprechend einer Änderung um 1° pro 250 *m*). Der noch verbleibende Fehler einer so korrigierten Temperatur sollte dann 0·1° nicht übersteigen<sup>1)</sup>.

Temperatur der Quellen. Die von mir erzielten Temperaturnachweise bestanden für jede in Betracht gezogene Quelle in drei Messungen, von denen die erste zwischen dem 25. Juli und 3. August, die zweite zwischen dem 28. August und 2. September, die dritte zwischen dem 25. und 30. September stattfand. Die Differenzen zwischen je zweien dieser Messungen waren im Durchschnitte groß genug, um eine Reduktion der Temperaturen auf gleiche und gleich weit abstehende Termine (30. Juli, 30. August, 30. September) notwendig zu machen. Sie waren aber nicht so groß, daß die Frage nach der Reduktionsmethode besondere Wichtigkeit erlangt hätte. Extrapolationen durch Kurvenziehungen aus freier Hand wären, auch wenn sie das Richtige treffen konnten, bei bloß drei Fixpunkten willkürlich gewesen. Durch Verlängerung der zwei benachbarte Fixpunkte verbindenden Geraden erhielt ich bestimmte und — da es sich nur um kurze Verlängerungen handelte — auch noch zulässige Werte.

Die zeitliche Verteilung der drei Messungen (welche in ihrer Vornahme während einer spätsommerlichen geologischen Aufnahmekampagne begründet war) schloß es aus, jenen Temperaturwert zu erhalten, dessen Kenntnis meist das Hauptziel aller Beobachtungen von Boden-, Luft- und Wassertemperaturen ist: das Jahresmittel. Denn die Bestimmung dieses Mittels aus nur wenigen Messungen setzt voraus — wie die von meinem seligen Vater in Tirol durchgeführten Studien ergaben — daß die Messungen teils zu einer früheren, teils zu einer späteren Jahreszeit erfolgen als zwischen Ende Juli und Ende September<sup>2)</sup>.

Es kamen so für den Vergleich nur folgende Größen in Betracht: der Ausdruck  $(t_1 + t_2 + t_3) : 3$  als Durchschnittswert der Quellentemperatur für die Zeit von Mitte Juli bis Mitte Oktober, eventuell auch der Ausdruck  $(t_1 + 2t_2 + t_3) : 4$  als Mittel der Monate August und September und die für einen bestimmten Termin innerhalb dieses Zeitraumes sich ergebende Temperatur, und zwar am besten die für dessen Mitte geltende.

Die Bestimmung der Mittelwärme für einen längeren Zeitraum aus wenigen äquidistanten Messungen ist nur korrekt, wenn die Wärmeänderung gleichsinnig und ungefähr gleichmäßig erfolgt. Bei einem Drittel der gemessenen Quellen war aber die Temperatur zu Ende September schon tiefer als jene zu Ende August und bei mehreren Quellen blieb der Temperaturanstieg im September gegen jenen im

<sup>1)</sup> Wenn zum Beispiel der wirkliche Wert einer zu 1560 *m* bestimmten Quellenhöhe, derzufolge die betreffende Quelle — als in der Zone zwischen 1560 und 1540 *m* gelegen — noch für die Reduktion auf das Mittelniveau der Zone von 1520 bis 1540 *m* in Betracht kam, 1570 *m* betrug, so entsprach die Temperaturkorrektur von 0·1° ungefähr dem halben Betrage der erforderlichen.

<sup>2)</sup> Siehe Fritz v. Kerner, Untersuchungen über die Abnahme der Quellentemperatur mit der Höhe im Gebiete der mittleren Donau und im Gebiete des Inn. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Math.-nat. Klasse. CXII., II a, Mai 1903, pag. 88.

August so zurück, daß auch auf eine Überschreitung oder Erreichung des Maximums gegen Ende September zu schließen war. Für diese und die vorigen Fälle ergab jene Mittelbildung einen zu kleinen Wert; die graphische Extrapolation bot aber für die Gewinnung eines richtigen Mittels auch keine Gewähr, da sie sich — weil nur drei Fixpunkte aus der Scheitelregion der Kurve vorlagen — nicht einwandfrei vornehmen ließ. Durchschnittswerte aus den drei Messungen waren so keine genau vergleichbaren Größen und als solche weniger geeignet, für die geplante Untersuchung als Grundlage zu dienen. Bei der Temperaturbestimmung für den Grenzpunkt zwischen Sommer und Herbst machte sich dagegen die Unsicherheit über die Gestalt des Kurvenscheitels kaum mehr störend fühlbar, da hier die Messungen auf einen nur um 0 bis  $\pm 2$  Tage (in einigen Fällen um — 3 Tage) abstehenden Termin zu reduzieren waren. Das arithmetische Mittel der so aus den Differenzen gegen Ende Juli und Ende September erhaltenen Temperaturen war ein ganz einwandfreier Wert.

Außer den Temperaturen selbst können noch die Schwankungen und der Gang der Quellenwärme den Gegenstand einer vergleichenden Betrachtung bilden. Eine solche scheint allerdings, sofern sie sich nicht auf das ganze Jahr bezieht, nur wenig lohnend. Der Gang der Temperatur in der Jahreszeit ihres Höchststandes ist immerhin für sich eines Vergleiches wert. In unserem Falle konnte es sich nur darum handeln, die im August und September erfolgten Wärmeänderungen in bezug auf Richtung und Größe zu vergleichen.

Die Zahl der in die Untersuchung einbezogenen Quellen betrug ungefähr hundert. Ausgeschlossen blieben alle oberflächlichen Sicker- und Rieselwässer, wie sie besonders im Bereiche des Quarzphyllites häufig sind. Zunächst maßgebend für die Aufstellung der Liste war das Bestreben, möglichst viele geologische Quelltypen vertreten zu haben. In zweiter Linie kam der Wunsch zur Geltung, die Zahl der für eine Messungsreihe nötigen Tage nach Tunlichkeit einzuschränken. Es blieben so einige Quellen außerhalb der Betrachtung, die — ohne alleinige Vertreter besonderer Quelltypen zu sein — nur mit großem Mehraufwande an Zeit erreichbar gewesen wären.

#### Quellentemperaturen zu Ende des Sommers.

Bei der Ordnung der Quellen nach der Seehöhe zeigte sich ein häufigeres Vorkommen derselben in bestimmten Zonen, dem meist auch eine reichere Vertretung von Quelltypen entsprach, so daß sich die Mittelhöhen dieser Zonen als Vergleichsniveaus darbieten.

Das unterste Niveau, für welches sich am Südabhange des Gschnitztales ein thermischer Vergleich von Quellen verschiedener Entstehungsart mit Erfolg anstellen läßt, befindet sich noch innerhalb der Waldregion in ungefähr 1500 m Höhe.

Man trifft da zunächst am Gehänge östlich vom Valzamgraben einige Quellen aus Quarzphyllit. In etwas höherem Niveau (zirka 1570 m) tritt dicht am Wege, welcher diesem Graben folgt, am Fuße einer großen Blockhalde von Quarzkonglomerat über Karbonschiefer eine Quelle aus. Beim steilen Anstiege zur Schmurzalpe kommt man in etwa

1550 *m* Höhe an einem Quellchen vorbei, das der Einschaltung von Pyritschiefer in die Dolomitmassen des Wildseck seine Entstehung dankt. Zwei reiche Quellen entspringen, etwa 1560 *m* hoch, an der Grenze des Urgebirges gegen den aufruhenden dolomitischen Kalk am oberen Ende der von ihrem Abwasser durchrauschten Schlucht am Steilgehänge südlich von der Gschnitzer Kirche. Von den vielen Quellen, die am rechten Ufer des Sondesbaches hervorbrechen, reihen sich die zwei sehr starken untersten in die Höhenzone der früher genannten ein. Diese Quellen treten am Fuße mächtiger Kalk- und Dolomitschutthalden aus, die den kristallinen Schiefen der östlichen Trogwand des Sondestales vorliegen und von den diesen Schiefen aufgesetzten Dolomitmassen stammen. Dann liegen noch in derselben Zone mehrere Quellen im Talkessel von Laponen, die am Fuße eines flachen Muhrkegels über älteren, an einer Böschung abgeschnittenen fluviatilen Schichten austreten, sowie eine reiche Quelle, die gleich höher oben am Gehänge aus Glimmerschiefer entspringt.

Nach Vornahme der früher erwähnten Höhenreduktion und Mittelbildung aus zusammengehörigen Quellen ergibt sich für das Niveau von 1530 *m* nachstehende Vergleichstabelle (Temperaturen auf Zehntelgrade abgerundet):

Quelle an der Grenze von Gneis und dolomitischem Kalk	3·3
Grundwasserquellen am Fuße von Dolomitschutthalden	4·0
Quelle an der Grenze von Pyritschiefer und Hauptdolomit mit Schuttvorlage	4·6
Gehängequelle aus Glimmerschiefer	4·7
Gehängequellen aus Quarzphyllit	4·9
Quelle am Fuße eines Muhrkegels aus kristallinem Material	5·4
Quelle am Fuße einer Blockhalde von Quarzkonglomerat	5·8

Eine zweite Zone mit genetisch verschiedenartigen Quellen läßt sich nicht weit oberhalb der vorigen feststellen. In etwa 1620 *m* Höhe bricht am linken Ufer des Martarbaches eine mächtige Quelle aus dolomitischem Gehängeschutt hervor. Am Nordabsturze des Teisspitz entspringen in etwas höherem Niveau (etwa 1660 *m*) drei Quellchen an der Grenze der Carditaschiefer gegen den Hauptdolomit. Derselben Entstehungsart, aber durch die Durchquerung einer Schuttvorlage von den vorigen verschieden, sind mehrere Quellen am Steilabhänge unterhalb der Hochtorscharte in etwa 1680 *m* Höhe.

Von den Quellen im Sondestale reihen sich hier jene ein, welche gegenüber dem im Mittelstücke dieses Tales stehenden Schuttwalde dicht am Bache entspringen. Von den Quellen des kristallinen Schiefergebirges ist hier der mächtige Ursprung des Grübelbaches anzuführen, welcher in etwa 1660 *m* Höhe am unteren Ende eines mit grobem Blockschutte erfüllten Kares liegt. Als auf das Niveau von 1650 *m* reduzierte Temperaturen erhält man:

Quellen an der Grenze von Pyritschiefer und Hauptdolomit	3·0
Grundwasserquellen am Fuße von Dolomitschutthalden	3·4
Karschuttquelle im kristallinen Schiefergebiete	3·8

Quellen an der Grenze von Pyritschiefer und Hauptdolomit mit Schuttvorlage	4·1
Quelle aus dolomitischem Gehängeschutt	4·4

Zu einer dritten Vergleichsreihe verbinden sich die Quellen in der untersten alpinen Region. Hierher gehört zunächst die obere der aus den Blockhalden von Quarzkonglomerat im Valzamgraben austretenden Quellen. Im Martartale trifft man in etwa gleicher Höhe (zirka 1780 *m*) mehrere Quellchen, die an der Felsbarre unterhalb des Roßgrubenkars aus Schichtfugen flachgelagerten Dolomites kommen und zum Teil noch durch Schuttvorlagen hindurchdringen. Etwas tiefer (ca 1720 *m*) liegen die Quellen, welche im hintersten Sondestale am Fuße der Moränenwälle des Daunstadiums austreten und ein Quellchen, das am Südhang des Talkessels von Laponos aus Glimmerschiefer entspringt.

Die thermischen Unterschiede sind — wie folgende Zusammenstellung zeigt — in dieser auf 1750 *m* reduzierten Reihe groß:

Quellen am Fuße von Oberflächenmoränen aus dolomitischem Material	2·5
Gehängequelle aus Glimmerschiefer	3·8
Quellen aus Schichtfugen flachgelagerten Dolomits	4·1
Quelle am Fuße einer Blockhalde von Quarzkonglomerat	6·5

Thermisch gleichfalls sehr differente Quellen von anderer Genese als die vorigen lassen sich auf das Niveau von 1880 *m* reduzieren. Es sind Gehängequellen aus Quarzphyllit im oberen Valzamgraben; dann eine Quelle, die am unteren Rande einer seichten Mulde unterhalb der Martaralpe aus Dolomitschutt quillt, und zwei starke Quellen, die am Fuße der den Nordabsturz des Gschnitzer Tribulaun umgürtenden Schutthalden an der Grenze gegen das Urgebirge entspringen, ferner von Vorkommnissen innerhalb des letzteren eine kleine Quelle, die am Nordfuße des „Schnabele“ genannten Grates aus einer Felskluft sprudelt und eine Gruppe von Quellen, die im flachen Schuttboden des Kühberges (unterhalb des Pferscher Pinggels) aufgehen. Letztere, sowie die obere der zwei Quellen unterhalb des Tribulaun liegen etwa 1900 *m* hoch; für die Quelle unter dem Schnabele erhielt ich 1850 *m*, für die übrigen hier genannten 1870 *m* als mutmaßliche Höhe.

Quellen an der Grenze von Urgebirge und auflagernden Dolomitschutthalden	1·6
Kluftquelle aus Glimmerschiefer	2·7
Gehängequelle aus Quarzphyllit	2·8
Quelle aus dolomitischem Gehängeschutt	4·6
Quellen aus flachem Schuttboden im kristallinen Schiefergebiet	6·3

Bezüglich der zuletzt genannten Quellen sei bemerkt, daß sie relativ stark sind und auch zu Ende der Trockenperiode des verfloffenen Sommers keine auffällige Abnahme zeigten. Bei schwachen Rieselwässern wären Spätsommertemperaturen von 6° und darüber allerdings auch in der alpinen Region nichts Ungewohntes.

Dieselbe Bemerkung über die Stärke ist in betreff jener Wasseraustritte zu machen, welche die Reihe der zahlreichen um das Niveau

von 2000 *m* herum liegenden Quellen eröffnen. Es sind dies Quellen, die in oberen Valmariz am Fuße einer Blockhalde von Quarzkonglomerat austreten. Vor dieser Halde breiten sich phyllitische Schuttmassen aus, denen weiter talabwärts an einer Böschung viele Quellchen entfließen. In ungefähr gleicher Höhe liegen noch im Quarzphyllitgebirge der linksseitige Ursprung des Valzambaches und der Quellenhorizont im hintersten Trunergraben.

Im Martartale gehören derselben Zone an: der Quellenhorizont am unteren Ende der Wildgrube, welcher an der Basis der dieses Kar erfüllenden Moränen des Daunstadiums liegt (etwa 2000 *m*) und die Quellen in der Roßgrube (zwischen 1990 und 2020 *m*), von denen einige in der alten Schuttbedeckung dieses einstigen Gletscherbodens austreten, andere am Fuße der rezenten Halden unterhalb der Muttenwand entspringen. Bei diesen Schuttquellen im Martartale fungiert der flachgelagerte Dolomit als wasserstauende Unterlage, während er, wo ihn Pyritschiefer oder Glimmerschiefer unterteuft, das wasserführende Gestein ist, eine Doppelrolle, die bei der Relativität des Begriffes der Durchlässigkeit nichts Unverständliches an sich hat. Endlich gehören dieser genetisch mannigfaltigen Reihe noch die Quellen an, welche am Fuße der postglazialen Schuttwälle unterhalb der Schneetalscharte zwischen 1960 *m* und 1980 *m* unmittelbar über dem Urgebirgssockel hervorbrechen.

Die Reduktion auf das mittlere Niveau von 1990 *m* ergibt nachstehende Temperaturen:

Quellen an der Grenze von Urgebirge und auflagerndem dolomitischem Moränenschutt	1·3
Quellen an der Grenze von Dolomit und auflagerndem dolomitischem Moränenschutt	1·9
Quellen am Fuße von Dolomitschutthalden	2·4
Quellen aus Quarzphyllit	2·7
Quellen aus flachem Schuttboden im Dolomitgebiete	3·3
Karschuttquellen im Quarzphyllitgebiete	3·6
Quellen am Fuße eines Blockwerkes von Quarzkonglomerat	5·2

Von den höchstgelegenen Quellen des Gebietes lassen sich folgende in Vergleich bringen: Im innersten Trunergraben eine reiche Quelle, die in etwa 2100 *m* Höhe unterhalb der aus Trümmern von Eisendolomit bestehenden Moränenwälle der hinteren Ochsengrube ausbricht und ein noch um 50 *m* höheres Quellchen, das in der vorderen Ochsengrube aus Quarzphyllitschutt hervordringt; dann die in hohen schutterfüllten Mulden des Dolomittgebirges gelegenen Ursprünge des Wildgruben- und Roßgrubenbaches, der beiden Wurzeln des Martarbaches (2160 und 2100 *m*) und endlich eine starke Quelle, die in etwa 2130 *m* Höhe am unteren Ende des Kares zwischen Schnabele und Gamsschrofen hoch oberhalb des Kühberges entspringt.

Die Reduktion auf das mittlere Niveau von 2130 *m* ergibt:

Quelle aus Dolomitschutt	1·7
Quelle am Fuße von Oberflächenmoränen aus dolomitischem und kalkphyllitischem Material	2·9
Karschuttquelle im kristallinen Schiefergebiete	3·4
Quelle aus Quarzphyllitschutt	4·8



Überblickt man die im vorigen für sechs Höhenlagen gegebenen Temperaturvergleiche, so zeigen sich gewisse durchgreifende Erscheinungen. Zu den kältesten Quellen zählen jene an der Grenze des kristallinen Grundgebirges gegen auflagernden Dolomit und von diesem stammende Schuttmassen glazialen und subrezentens Alters. Die höchsten, wohl durch die Wärme der untersten Luftschicht mitbeeinflussten Wärmegrade wiesen die Quellen aus blockig zerfallenden Quarzkonglomeraten und Sandsteinen auf. Die Quellen aus Quarzphyllit und kristallinen Schiefeln nehmen — ausgenommen die sehr oberflächlichen — in thermischer Beziehung eine Mittelstellung ein; die Quellen im Dolomitgebiete verhalten sich sehr verschieden.

#### Abnahme der Quellentemperaturen mit der Höhe im Sommer.

Die Sommertemperatur einer Quelle hängt zunächst von der Wärmeleitfähigkeit des Bodens und von der mittleren Tiefenlage ihres Wurzelgeflechtes ab. Letztere kann bei derselben Entstehungsart sehr ungleich sein; besonders bei Schuttquellen sind diesbezüglich große Unterschiede möglich. Die verschiedenen Quelltypen treten so nicht mit charakteristischen, sondern mit zum Teil akzessorischen Temperaturen in die Vergleichsreihen ein, was die Bedeutung dieser Reihen schmälert. Bis zu einem gewissen Grade ist aber die mittlere Tiefenlage des Adernetzes auch von der Art der Quelle abhängig, so daß es unstatthaft wäre, die Quellentemperaturen auf gleiche mittlere Tiefen reduzieren zu wollen, ganz abgesehen davon, daß sich das kaum ausführen ließe. Es macht sich so, um das Akzessorische der Quellentemperaturen auszuschalten und mittlere Verhältnisse zu erkennen, doch der Wunsch geltend, für jene Quelltypen, die nicht an bestimmte Höhen gebunden sind, ausgeglichene Verlaufslinien festzulegen. Als solche von der Höhe unabhängige Typen kamen in Betracht die in geringer Tiefe wurzelnden Gehängequellen in Quarzphyllit und in kristallinen Schiefeln, die Quellen aus tieferen Klüften des kristallinen Gebirges und die Grundwasserquellen am Fuße von Dolomitschutthalde. Für drei dieser vier Typen lagen mir auch Vertreter aus der Zone zwischen 1500 *m* und 1200 *m* vor. Außerdem konnte noch für die Quellen am Fuße glazialer Karschuttfüllungen im Dolomitgebiete und für die hochgelegenen Quellen an der Urgebirgsgrenze der Temperaturverlauf für die alpine Region ausgeglichen werden.

Die Gruppierung der Quellen wies allgemein auf eine einfache Temperaturabnahme in arithmetischer Progression hin, konform dem Verhalten, welches ich bei den von meinem Vater in Zentraltirol gemessenen Quellen für die mittlere Jahrestemperatur gefunden hatte<sup>1)</sup>.

Die erhaltenen Gleichungen sind:

I. Gehängequellen aus kristallinen Schiefeln	$t = 10.80 - 0.40 h$
II. Gehängequellen aus Quarzphyllit . . .	$t = 10.26 - 0.40 h$
III. Quellen am Fuße von Dolomitschutthalde	$t = 10.18 - 0.40 h$
IV. Kluftquellen aus kristallinen Schiefeln	$t = 9.03 - 0.34 h$

<sup>1)</sup> l. c. pag. 64.

V. Quellen am Fuße dolomitischer Oberflächenmoränen der Postdiluvialzeit . . . . .	$t = 8.00 - 0.31 h$
VI. Quellen an der Grenze von kristallinen Schiefnern gegen auflagernden Dolomitschutt	$t = 7.84 - 0.33 h$

Die Gleichungen I bis IV sind für Werte von  $h > 12.5$ , V und IV nur für Werte von  $h > 17.5$  aufzulösen.

Daß sich für die Typen I und II bei wenig differenter Anfangstemperatur dieselbe Wärmeänderung ( $1^\circ$  pro 250 m) ergibt, entspricht bei der Analogie der Verhältnisse der zu hegen gewesenen Erwartung. Die Übereinstimmung mit dem genetisch ganz verschiedenen Typus III erscheint als eine zufällige; daß bei den Quellen dieses Typus die Temperaturabnahme mit der Höhe rascher erfolgt als bei jenen der Typen V und VI konnte dagegen erwartet werden, ebenso die raschere Abnahme bei I im Vergleich zu IV.

Zum Vergleiche seien hier noch die Werte angeführt, welche sich für  $t$  und  $h$  ergeben, wenn man die vorigen Formeln für  $h = 20.00$  (Hektometer) und für  $t = 2.0$  auflöst:

	I.	II.	III.	IV.	V	VI.
$t$	2.80	2.26	2.18	2.23	1.80	1.24
$h$	22.00	20.65	20.45	20.70	19.40	17.70

#### Temperaturgang der Quellen im Sommer.

Betreffs des Wärmeganges konnte, da — wie erwähnt — je drei Temperaturmessungen im Verlaufe des dritten Jahresviertels stattfanden, ein Vergleich der Quellen auf Grund folgender Relationen erfolgen:

I	$t_1 < t_2 < t_3, (t_2 - t_1) < (t_3 - t_2)$
II	$t_1 < t_2 < t_3, (t_2 - t_1) > (t_3 - t_2)$
III	$t_1 < t_2 > t_3, (t_2 - t_1) > (t_3 - t_2)$
IV	$t_1 < t_2 > t_3, (t_2 - t_1) < (t_3 - t_2)$

Den Verlaufstypus I (Wärmezunahme im September rascher als im August) zeigten die Quellen an der Urgebirgsgrenze unterhalb der Schneetalscharte (*a*), jene am Fuße der Daunmoränen im hintersten Sondestal (*b*) und eine der Quellen am unteren Ende der Wildgrube. Einen ungefähr gleichmäßigen Anstieg  $(t_2 - t_1) = (t_3 - t_2)$  wiesen die zwei untersten Schutthaldequellen rechts vom Sondesbach (*c*) und die Quellen bei Laponés (*d*) auf. Ich gebe einige Beispiele:

<i>a</i>	1.33	1.40	1.80	<i>c</i>	3.93	4.00	4.09
<i>a</i>	1.19	1.30	1.63	<i>d</i>	4.61	4.70	4.80
<i>b</i>	2.41	2.48	2.68	<i>d</i>	5.16	5.50	5.84

Gangtypus II (Wärmezunahme im September langsamer als im August) war zu beobachten bei den Kluftquellen (*a*) und Karschuttquellen (*b*) im kristallinen Schiefergebiete, bei den Quellen an der Oberkante des Kristallins unterhalb der Nordwand des Tribulaun (*c*), dann bei der Mehrzahl der Quellen aus Dolomitschutthalde im Sondestal

(*d*), bei den Karschuttquellen im Dolomitgebiete unterhalb des Muttensjoches (*e*) sowie auch bei der Mehrzahl der Quellen im Quarzphyllit (*f*).

Folgende Beispiele mögen genügen:

<i>a</i>	2.69	2.78	2.84	<i>e</i>	2.62	3.25	3.59
<i>b</i>	3.64	3.80	3.90	<i>e</i>	1.49	2.42	2.81
<i>b</i>	2.20	3.84	3.92	<i>f</i>	4.39	4.62	4.73
<i>c</i>	1.62	1.78	1.80	<i>f</i>	2.24	2.45	2.48
<i>d</i>	3.51	4.21	4.40	<i>f</i>	2.52	2.96	2.96

Der Typus III des Wärmeganges (Temperaturabnahme im September langsamer als die Zunahme im August) fand sich bei der Mehrzahl der zu verschiedenen Typen gehörigen Quellen im Dolomitgebiete des Martartales (*a*). Eine symmetrische Gestalt ( $t_2 - t_1 = -(t_3 - t_2)$ ) zeigte die Wärmekurve bei einigen Schuttquellen im Sondental (*b*). Zum Beispiel:

<i>a</i>	4.49	4.67	4.59	<i>a</i>	3.65	4.01	3.96
<i>a</i>	3.84	4.48	4.23	<i>b</i>	3.18	3.40	3.18

Den Verlaufstypus IV (Wärmeabnahme im September rascher als die Zunahme im August) wiesen die Quellen an der Grenze von Pyritschiefer gegen den Hauptdolomit auf (*a*) auch jene mit Schuttvorlage (*b*), ferner die Quellen aus Blockhalden von Quarzkonglomerat (*c*) und die sehr oberflächlich wurzelnden Quellen aus Glimmerschiefer (*d*) (am Kühberg) und aus Quarzphyllit (*e*).

Von Beispielen seien angeführt:

<i>a</i>	2.97	3.00	2.81	<i>c</i>	5.80	5.98	5.31
<i>b</i>	3.61	3.83	3.05	<i>d</i>	5.32	6.24	5.14
<i>b</i>	4.00	4.05	3.48	<i>e</i>	5.04	6.42	4.83

Die Verteilungsart der verschiedenen Quelltypen auf diese vier Formen des spätsommerlichen Wärmeganges läßt erkennen, daß für die Sommertemperatur alpiner Quellen außer der Wärmeleitfähigkeit des Bodens auch die Durchlässigkeit desselben sozusagen als „Kälteleitfähigkeit“ maßgebend ist. Käme nur die Wärmeleitfähigkeit in Betracht, so wäre im allgemeinen für Quellen mit tief liegendem Adernetze Gangtypus II, für solche, die in geringer Tiefe wurzeln, Gangtypus III zu erwarten. Eine Steigerung der Wärmezunahme gegen den Herbst hin kann nicht die sehr verspätete Wirkung des rascheren Wachsens der Insolation im Vorfrühling sein, da zu dieser Zeit das ganze Gebiet mit Schnee bedeckt ist, und nur die Deutung zulassen, daß bei den Quellen mit dem Gangtypus I die Ende-Julitemperatur noch durch eingedrungene Schmelzwässer von Winterschnee stark herabgedrückt war. Andererseits ist das Phänomen, daß die Quellen an der Grenze von Pyritschiefer und Dolomit — obschon sie zu den in tieferen Bodenschichten sich entwickelnden gehören und für ihre Höhenlage niedrige Sommertemperaturen zeigen — in betreff des sommerlichen Wärmeganges oberflächlich wurzelnden Quellen gleichen, daraus abzuleiten, daß bei diesen Quellen wegen der Klüftigkeit des Dolomits die Ende-Septembertemperatur schon durch die Schmelz-

wässer der gleich nach Mitte September eingetretenen Neuschneefälle beeinflusst war.

Von einem Vergleiche der Änderungen der Quelltemperaturen (von Ende Juli bis Ende September) mußte abgesehen werden, da sich dieselben teils auf einen Temperaturanstieg, teils auf einen Temperaturabfall bezogen und somit als heterogene Größen gar nicht vergleichbar waren.

Wärmedifferenzen zwischen 1 und 2<sup>o</sup> zeigten die Quellen aus Quarzkonglomerat und die sehr oberflächlich in Glimmerschiefer, Quarzphyllit und Dolomitschutt wurzelnden. Bei den Quellen mit geringerer Wärmeänderung (bei der Hälfte der gemessenen blieb sie unter 0.30<sup>o</sup>) ergab sich keine nähere Beziehung mehr zwischen der Größe derselben und dem Quelltypus.

### Literaturnotizen.

**Dr. W. Graf zu Leiningen.** Bleichsand und Ortstein. Eine bodenkundliche Monographie. Abh. d. Naturhist. Ges. Nürnberg, XIX. Bd., 1911, pag. 1—45, 1 Tafel.

Verf. gibt einen klaren Überblick über den gegenwärtigen Stand unseres Wissens über diese beiden Bodenarten, der um so dankenswerter ist, als er zur näheren Beachtung des Ortsteins in Österreich anregen dürfte, wo er nach den Erfahrungen des Verf. besonders in dem Silikatgesteingsgebiete der Alpen viel mehr verbreitet ist, als bisher bekannt wurde.

Wenn auch der größere Teil der Ausführungen mehr für den Bodenforscher als den Geologen berechnet ist, hat doch auch der letztere großes Interesse an der Ortstein- und der damit in Zusammenhang stehenden Bleichsandbildung, da sich aus diesem in der Gegenwart vollziehenden Prozeß manche Schlüsse auf die Entstehung gewisser Sandsteine früherer Erdperioden ziehen lassen werden.

(R. J. Schubert.)