

läuft, hat erst die Entdeckung von Ellipsactinien in den oolithischen Kalkbreccien und Oolithkalken bei Katun und bei der Ortschaft Brdo westlich von Novoselje geführt.

Ich will noch hinzufügen, daß es anderseits wieder an gewissen Punkten des obbezeichneten Zuges insofern nicht gar so schwer fällt, das Tithon von der Oberkreide zu trennen, als sich mitunter an der Grenze die leicht unterscheidbare Aptychenkalkfazies einstellt. Die hierher zu rechnenden dichten, öfter etwas kieseligen Platten- und Schieferkalke mit den ihnen eingeschalteten Hornsteinen sind von mir schon in den Erläuterungen zum Blatte Budua pag. 55—56 erwähnt worden. Es handelt sich dabei aber stets nur um sehr geringmächtige, kartographisch nicht ausscheidbare Vorkommnisse.

Die bereits in anderen Aufsätzen von mir geschilderte mächtige Schubmasse der norischen Hallstätter Kalke und des norischen Korallenriffkalkes und Dolomits endlich, welche über die von ihr losgelösten älteren Glieder fortbewegt wurde und in dem Gebiete der Blätter Budua und Spizza die innerste Schuppe bildet, gehört, da ihr das Tithon fehlt, eigentlich nicht mehr in den Kreis der heutigen Erörterungen. Sie wird später bei nächster Gelegenheit ausführlicher zur Sprache kommen.

Fritz v. Kerner. Mitteilung über die Quellentemperaturen im oberen Cetinatal.

Meine diesjährigen Aufnahmen führten mich in die an großen Karstquellen reichste Gegend von Mitteldalmatien, in das obere Cetinatal.

Bei der Bedeutung, welche die Feststellung der thermischen Verhältnisse für die Kenntnis der Quellengenese besitzt, schien es mir angezeigt, zunächst eine vollständige Reihe von möglichst gleichzeitigen und dem Jahresmittel möglichst nahe kommenden Quellentemperaturen jener Gegend zu gewinnen. Es wurden zu dem Zwecke in der Zeit vom 16. bis 21. Juni alle Cetinaquellen bis einschließlich des Kosinac (bei Han) gemessen. Eine Zusammendrängung der Messungen auf einen noch kürzeren Zeitraum war wegen der schweren Zugänglichkeit eines Teiles jener Quellen und weil noch Neogenstudien mitlaufen sollten, nicht erreichbar. Zu einer Einbeziehung der Quellen von Otok, Ruda und Grab bot sich leider nicht mehr Gelegenheit, doch lagen mir für diese Quellen Temperaturablesungen vor, die ich im Jahre 1906 anlässlich der geologischen Aufnahme des Ostrand des Sinjsko polje in der zweiten Junihälfte vorgenommen hatte. Während dieser Zeit dürfte bei der Mehrzahl der perennierenden Quellen des Cetinagebietes die mittlere Jahrestemperatur überschritten werden.

Der jährliche Wärmegang im Oberlaufe der Cetina ist aus den in den Jahrbüchern des hydrographischen Zentralbureaus mitgeteilten, bisnun die Jahrgänge 1897 bis 1906 umfassenden Flußtemperaturbeobachtungen zu Koljane zu ersehen. Durch harmonische Analyse erhielt ich für diesen Wärmegang aus den zehnjährigen Monatsmitteln die Gleichung:

$$t = 9.9 + 4.650 \sin(30x + 255^\circ 16') + 1.146 \sin(60x + 35^\circ 3') + 0.465 \sin(90x + 255^\circ 28')$$

aus welcher sich für den Termin des Mediums der 19. Mai ergibt. Unter der Annahme, daß sich die Phasenzeiten der Quellbachtemperaturen gegen jene der Temperatur des Hauptflusses um einen Monat verspäten, ist dann der Eintritt des Jahresmittels der ersteren Temperaturen in der Zeit vom 15. bis 25. Juni zu erwarten. In diese Zeit fällt auch der durchschnittliche Termin des Mediums bei den von Hallmann aus Mittelitalien bekannt gemachten Quellen¹⁾.

Bei jenen Karstquellen, welche im Sommer ganz versiegen — und es befinden sich auch unter den größeren Cetinaquellen einige solche — kann man von einem Jahresmittel der Temperatur nicht sprechen. Diese Quellen wären bei einer Betrachtung der mittleren Wärmeverhältnisse vielleicht ganz auszuschließen. Will man sie aber mit in Rechnung ziehen, so empfiehlt es sich, auch bei ihnen jene Temperatur zu messen, welche sie zur Eintrittszeit des Mediums der Dauerquellen zeigen, denn es wäre unstatthaft, ihre Mittelwärme während der Periode ihres Fließens mit dem Jahresmittel der Temperatur der Dauerquellen zu vergleichen, zugleich aber auch unpassend, auch bei den Dauerquellen nur das Wärmemittel aus Frühling, Herbst und Winter in Betracht zu ziehen.

Meine Messungen der Cetinaquellen ergaben thermometrische Befunde, welche auf ein Vorkommen getrennter Kluftwasserströmungen hinweisen und so in karsthydrologischer Beziehung von Interesse sind.

Die vom 19. bis 21. Juni vorgenommenen Messungen der großen Quellen, welche zwischen Dabar (bei Ribarić) und Han der Cetina linkerseits zufließen, ergaben folgende Temperaturen:

Kresevo: Hauptquelle	9.24
linksseitige Nebenquellen	9.24
Dabar potok: Hauptquelle	9.40
linksseitige Quellen	9.40
Quellen nahe der Schluchtmündung	9.58
Quellen westlich von Zasiok	9.40 bis 9.56
Quellen westlich von Suvača	9.24 bis 9.46
Quelle östlich von Suvača	8.88
Zasiok-Quellen obere	8.96 bis 9.22
untere	9.00
Majden vrelo: Hauptquelle	9.06
oberste Quelle	9.02

¹⁾ Bei Ausschluß der erst in der zweiten Julihälfte das Jahresmittel überschreitenden Aqua Pia und mit Ausschluß der erst um Ende August ihre Mitteltemperatur erreichenden Aqua S. Giorgio ergibt sich als mittlerer Termin des Mediums der 14. Juni, bei Ausschluß der letzteren Quelle allein der 18. Juni und bei Einbezug derselben der 28. Juni. Der Durchschnittswert dieser drei Termine ist der 20. Juni.

Crno vrelo: Hauptquelle	9·06
rechtsseitige Nebenquelle	9·14
Peruca: Hauptquelle	9·04
linksseitige Nebenquellen	9·10
Veli Rumin: Hauptquelle	13·02
Quelle hinter Lovrić	9·00
Quelle östlich von Musterić	8·86
Mali Rumin: Hauptquelle	9·46
rechtsseitige Nebenquellen	9·76
Kosinac: Hauptquelle	9·00
rechtsseitige Quellen	8·84
Quellen vor der Schluchtmündung	8·82 bis 8·90

Angesichts der Vorherrschaft geringer, nur wenige Zehntelgrade betragender Temperaturdifferenzen muß der Unterschied von vier Graden zwischen der Temperatur der Hauptquelle des Rumin und jener seiner Nachbarquellen als ein höchst auffälliger bezeichnet werden. Mit seiner Erklärung möchte ich mich hier noch nicht befassen. Erörterungen über die möglichen Ursachen eines Phänomens erscheinen dann am Platze, wenn die Summe dessen, was sich durch Beobachtung feststellen läßt bereits erschöpft ist, ohne daß eine völlige Klarlegung des Sachverhaltes erreicht wäre.

Im vorliegenden Falle wird man aber noch durch Messungen einer Beantwortung der Frage nähertreten können, ob es sich beim Veli Rumin um einen „echten“ Höhlenfluß handelt. Er wird dann eine größere jährliche Wärmeschwankung als seine Nachbarquellen, eine Verfrühung der Temperaturextreme, vielleicht auch eine kleine tägliche Wärmeänderung zeigen. Über den Zusammenhang des Veli Rumin mit bestimmten Schluckschlünden des Livanjsko Polje Vermutungen zu äußern, wäre überflüssig und voreilig, nachdem ja Färberversuche zu diesbezüglichen Feststellungen verhelfen könnten. Nur über die thermischen Bedingungen eines den mittleren Prolog querenden Höhlenflusses von der Stärke des Veli Rumin seien hier einige Bemerkungen gestattet.

Das Flößchen Suica im Duvanjsko Polje hat am Kovaci Ponor (840 m) nach zehnjährigen Messungen eine mittlere Junitemperatur von 16·8° [Maximum 21·6 (1904), Minimum 15·5° (1899 und 1907)]. Unter der Voraussetzung, daß sich die Flößchen des Livanjsko Polje in thermischer Beziehung dem vorigen analog verhalten, würde als mittlere Junitemperatur derselben wegen der um 140 m geringeren Höhenlage etwa 17·5° anzunehmen sein. Bis zu diesem Wärmegrade könnte die mittlere Temperatur eines am linken Ufer der oberen Cetina ausbrechenden Höhlenflusses als Folge einer im Livanjsko Polje stattgehabten obertägigen Erwärmung angesehen werden. Eine höhere Temperatur wäre auf Rechnung der inneren Erdwärme zu setzen, eine tiefere auf das Hinzutreten von kühlen Sickerwässern aus den Hochflächen des Prolog zu beziehen. Eine ziffermäßige Betrachtung der thermischen Verhältnisse in geschlossenen Karstgerinnen könnte mit Hilfe der Koenigsbergerschen Formel betreffend den ab-

kühlenden Einfluß von Wasserquellen auf Tunneltemperaturen¹⁾ versucht werden. Es wäre dies freilich ein Versuch ohne Gewähr des Gelingens, da jene Formel auf Grund anderer als der im Karst vorhandenen Bedingungen entwickelt wurde und so zunächst für andere als die dort gegebenen Verhältnisse paßt. Zudem handelt es sich bei einem solchen von uns anzustellenden Versuche zum Teil um Grenzfälle, und für solche kann man von Interpolationsformeln im allgemeinen keine einwandfreien Resultate erwarten. Überdies lassen sich einige Größen, welche in jene Formel als Bekannte einzusetzen sind, für unseren Versuch nur ungenau abschätzen. Es gilt dies zunächst von der Menge der Sekundenliter der in den Tunnel einfließenden Quellen. Für den Veli Rumin liegen bisher nur von seiten des hydrographischen Zentralbureaus erhobene Zahlenwerte der sekundlichen Abflußmenge für den tiefsten Wasserstand, für das jährliche Niederwasser und für das zehnmonatliche Betriebswasser vor²⁾. An der Cetina bei Trilj ist dagegen im Jahre 1907 auch die sekundliche Abflußmenge für die einzelnen Monate gemessen worden³⁾. Hiernach war dieselbe im Juni ungefähr gleich der mittleren des Jahres und viermal so groß als zur Zeit des Niederwassers vor Beginn der Herbstregen. Dies ergibt für den großen Rumin — da dessen sekundliche Abflußmenge bei Niederwasser zu 2 m^3 gefunden wurde — 8000 skl. als möglichen Wert für Juni. Es wurden nun folgende zwei Annahmen gemacht.

A. Eintritt der gesamten Wassermasse am NO-Ende des (14 km langen) Höhlenganges. Für diesen extremen Fall bekäme man

$$0.86 \quad \frac{8000}{300} \left(\frac{5}{1} + \frac{5}{15} \right) \left(\frac{1}{8} \right)^{1.5} = 0.388$$

als Ausdruck für den Faktor, mit welchem der thermische Gradient für die Mitte des Höhlenganges zu multiplizieren wäre. Für 1 km Abstand vom SW-Ende des Ganges wäre der Exponent

$$26.7 \times 5.33 \times \left(\frac{1}{14} \right)^{1.5}$$

und der vorige Faktor = 0.664.

B. Eintritt der Wassermasse in sechs gleich starken, in 2, 4 und 6 km Abstand von den beiden Portalen eintretenden Quellen. In diesem Falle würde der obige Faktor für die Mitte des Höhlenganges den Wert 0.354 annehmen, für 1 km Abstand vom Südwestportal würde er 0.464 sein.

Man erhielte so bei Annahme einer geothermischen Tiefenstufe von 28 m als normal für gutleitenden Kalk⁴⁾ abnorm gesteigerte Werte

¹⁾ J. Koenigsberger, Versuche über primäre und sekundäre Beeinflussung der normalen geothermischen Tiefenstufe. *Eclogae geologicae Helvet.* Vol. X, Nr. 4. Dezember 1908, pag. 523.

²⁾ Österreichischer Wasserkraftkataster. Heft 1, Blatt 21 u. 22. Wien 1909.

³⁾ Jahrbuch des k. k. hydrograph. Zentralbureaus. XV, pag. 52. Wien 1910.

⁴⁾ Koenigsberger nimmt diesen Wert für den Kalk des Boßruck an (l. c. pag. 522). Bei Annahme einer Tiefenstufe von 33 m für Kalkstein (l. c. pag. 512) erhält man in unserem Falle 86 und 94 m.

derselben von 72 und 79 *m*. Als mittlere Bodentemperatur auf der zwischen 1000 und 1200 *m* hoch gelegenen Rückenfläche des Prolog nordöstlich von den Ruminquellen ergibt sich nach der von mir aus den Junitemperaturen der Quellen an der Südflanke der Kamesnica abgeleiteten Formel ¹⁾

$$t = 13.00 - 0.11 h - 0.03 h^2$$

$t = 8.16$ oder rund 8° .

Verlegt man die Fläche der indifferenten Temperatur in eine Tiefe von 25 *m*, so bekäme man — ohne Rücksicht auf die aus der Gebirgserhebung erwachsende Vergrößerung der geothermischen Tiefenstufe — die Werte 16.0 und 15.3° als Temperatur in der Mitte eines vom SW-Rande des Livanjsko Polje (700 *m*) quer durch den Prolog zu den Ruminquellen (300 *m*) absteigenden geraden Höhlenganges.

Da für den Karstkalk schon die normale geothermische Tiefenstufe etwas größer als die oben angenommene sein dürfte und der Größenzuwachs dieser Stufe infolge der Gebirgserhebung auch einige Meter ausmachen müßte ²⁾, so könnten vorige Zahlenwerte vielleicht noch etwas zu hoch sein.

Jene Werte würden besagen, daß bei den im Juni vorhandenen Temperaturen und Abflußmengen, welche ungefähr den mittleren Zuständen des Jahres entsprechen, am SW-Rande des Livanjsko Polje verschlucktes Flußwasser bei seinem unterirdischen Laufe zur Cetina keine Temperaturerhöhung infolge der inneren Erdwärme erführe. In der Koenigsbergerschen Formel betreffend den abkühlenden Einfluß von Quellen auf Tunneltemperaturen erscheint die Quellentemperatur nicht in Rechnung gezogen. Es ist dies ein Fingerzeig dafür, daß das naturgemäße Anwendungsgebiet jener Formel sich über solche Fälle erstreckt, in welchen die Quellentemperaturen jenen analog sind, die in den der Formel zugrunde gelegten Fällen herrschen. Da nun die thermischen Bedingungen im Innern eines Karstgebirges von jenen im Innern eines Alpenkammes abweichen mögen, ist obiges Rechnungsergebnis nur mit Reserve aufzunehmen ³⁾.

Außer dem abweichenden thermischen Verhalten spricht auch der anlässlich der Wärmemessung bemerkte Unterschied in der Beschaffenheit des Wassers und in der Erscheinungsform des Wasseraustrittes dafür, daß der Veli Rumin von anderer Entstehung sei als

¹⁾ F. v. Kerner, Abnahme der Bodentemperatur mit der Seehöhe im Prologgebirge in Dalmatien. Meteorologische Zeitschrift 1906, Septemberheft.

²⁾ Von einer Berechnung dieses Zuwachses nach der Koenigsbergerschen Methode wurde abgesehen, da die morphologischen Verhältnisse hierfür nicht günstig schienen. Die Höhendifferenz der beiden Portale beträgt in unserem Falle ungefähr halb so viel als die mittlere Überlastung und diese ist sehr asymmetrisch. Der Scheitel ist dem NO-Portale sehr genähert. Für die mittlere Profilinie eines parallel zur „Tunnelachse“ gezogenen 1.5 *km* breiten Terrainstreifens erhielt ich die Gleichung:

$$h = 661.5 \sin \alpha - 146.1 \sin 2 \alpha + 126.5 \sin 3 \alpha \\ - 43.3 \sin 4 \alpha + 33.8 \sin 5 \alpha - 15.0 \sin 6 \alpha$$

³⁾ Die Ansicht, „daß in Karsthöhlen die geothermische Tiefenstufe bis zum Grundwasser hinab gestört ist“, vertritt auch A. Grund, Beiträge zur Morphologie des Dinarischen Gebirges. Geogr. Abhandl. IX., Heft 3, pag. 157.

seine Nachbarquellen. Das Wasser der Hauptquelle des großen Rumin war getrübt und von schmutziggrünlicher Farbe; die großen anderen Quellbäche waren teils völlig klar, teils nur eine Spur von Trübung zeigend und wiesen einen Stich ins Stahlblaue auf. Auch schien es mir, daß das Wasser des Veli Rumin ein wenig nach Erde und pflanzlichem Detritus schmeckte, wogegen die benachbarten Quellwässer sehr wohlschmeckend waren. Die Nachbarquellen des großen Rumin brausen mit Wucht aus Felsklüften und Blockmassen heraus und zeigen so trotz ihrer ungeheuren Mächtigkeit doch eine Formverwandtschaft mit großen Quellen der Kalkalpen. Selbst die gewaltige Peruca läßt sich noch diesem Quellentypus anreihen. Im Fond der Schlucht des Veli Rumin quillt dagegen eine große Wassermasse unter Pulsationen von unten herauf. Ein analoger Unterschied der Quellformen zeigt sich im Felskessel von Ruda, wo aus den Trümmerhalden unterhalb der Nordwände ein klarer Wildbach hervorbricht, in der engen Schlucht im Osten aber ein kleiner Quellteich liegt, dessen Spiegel in heftig wallender Bewegung begriffen ist. Ohne Vorbringung anderer als der genannten Beweismittel wäre man aber wohl noch nicht berechtigt, die große Ruminquelle als den Ausbruchsort eines den Prolog querenden echten Höhlenflusses anzusehen.

Der konstatierte thermometrische Befund hat aber schon an sich, unabhängig und losgelöst von der Frage, wie er zu deuten ist, ein karsthydrologisches Interesse. Er weist darauf hin, daß auch unter lithologischen Verhältnissen, welche für die Entwicklung eines zusammenhängenden Kluftnetzes günstig schienen, voneinander getrennte unterirdische Gerinne vorkommen können. In dem wohl sehr unwahrscheinlichen Falle, daß die hohe Temperatur des Veli Rumin durch einen unweit seiner Quelle im Gebirgsinnern vorhandenen, Wärme produzierenden Herd oder durch Zufluß von Thermalwasser bedingt wäre, könnte man erwarten, daß die positive Wärmeanomalie beiderseits allmählich ausklinge. Im Osten zeigt nun allerdings der weiter entfernte Kozinac eine niedrigere Temperatur als der benachbarte Mali Rumin, im Westen ist aber die dem großen Rumin nahe gelegene Quelle bei Musterić kühler als die weit abliegende Peruca.

Die Annahme, daß die hohe Temperatur des Veli Rumin daher stamme, daß er vor seinem Zutagetreten einen viel geringeren Zufluß von kühlem Sickerwasser erhalte als seine Nachbarquellen, wäre nur zulässig, wenn sie mit Bezug auf kurz vor den Austrittsorten der Kluftwässer erfolgende Zutritte von Sickerwasser gemacht würde. Bei tief im Innern des Gebirges stattfindenden Zusickerungen müßten sich, wenn das Wurzelgeflecht des Veli Rumin bis zur Quelle hin beiderseits mit den Nachbarnetzen in Verbindung stünde, die aus ungleicher Kältezufuhr erwachsenen Temperaturdifferenzen großenteils ausgleichen. Nun erscheint die Temperatur der aufgezählten Cetinaquellen im Vergleich zur Bodenwärme auf den Hochflächen des Prolog niedrig. Letztere ist — nach den Quellentemperaturen auf der Südseite der Kamesnica zu schließen — im Frühsommer zwischen 7 und 8° gelegen und sie kann auch kaum tiefer sein, da sie in den viel nördlicher gelegenen Tiroler- und Schweizeralpen in gleicher Höhe zwischen 6 und 7° beträgt. Die relative Kälte der Cetinaquellen

deutet so darauf hin, daß ihre Wurzelgeflechte vorwiegend von aus hohen mittleren Teilen des Prolog stammenden Sickerwässern gespeist werden. Große Unterschiede in der Zufuhr von Sickerwässern aus den tieferen südwestlichen Gebirgsabhängen wären so zur Erklärung der in Rede stehenden Temperaturdifferenz ganz ungeeignet, da solche Wässer selbst schon eine höhere Wärme hätten als die Cetinaquellen. Zahlreiche in den Gegenden von Verlicca, Muć, Sinj und Trilj von mir gemessene Frühsommertemperaturen von Schichtquellen in der Zone zwischen 300 und 600 *m* lagen zwischen 11 und 14°. Allerdings darf man die Junitemperaturen der Quellen am Gebirgsfuße nicht mit den gleichzeitigen Bodentemperaturen auf den Gebirgshöhen in Beziehung bringen. Aber mit je kühleren und jahreszeitlich weiter zurückliegenden Bodentemperaturen der unteren Gehänge man sie vergleicht, desto länger wird der Zeitraum, welchen man für die Abwärtsbewegung der Sickerwässer voraussetzt und desto größer der Wärmezuwachs, den man ihnen auf diesem Wege zubilligen muß. Denn die Annahme, daß in den Kluftnetzen der Karstgebirge bis tief hinab keine (oder nur eine geringe) Temperaturzunahme stattfindet, ist ja an die Vorstellung geknüpft, daß die Abwärtsbewegung der Sickerwässer relativ rasch erfolgt. Wegen der relativ hohen Temperatur der erst nahe den Quellorten zusitzenden Wässer ginge es auch nicht an, im ersterwähnten unwahrscheinlichen Falle das Fehlen eines beiderseitigen Ausklings der Hyperthermie auf ungleiche Abkühlung durch solche Wässer zurückzuführen.

Falls die hohe Temperatur des Veli Rumin von einer schon im Livanjsko Polje stattgehabten obertägigen Erwärmung stammt, ist ein allgemeiner Zusammenhang der Kluftnetze aus folgenden Gründen auszuschließen. Über den täglichen Wärmegang fließender Gewässer in Mitteldalmatien liegen Messungen vor, die ich im Juni 1905 und 1906 am Jadro und an der Cetina bei Trilj gemacht habe. Letztere ergaben, da die für die Vornahme der Messung verfügbar gewesenene zwei Tage (Pfingstfeiertage 1905) trüb waren, nur Amplituden von 1·10 und 2·26°. Bei den unter ungestörtem Einflusse der Insolation und Radiation gestandenen Messungen am Jadro¹⁾ fand ich in zunehmenden Entfernungen von der Jadroquelle als Amplitude an der Oberfläche 1·32, 2·62, 3·00 und 3·46° und an der Jadromündung als Amplitude an der Oberfläche und in $\frac{1}{2}$ und 1 *m* Tiefe 3·3, 2·9 und 3·5°. Da den Messungen der Cetinaquellen im Prologgebiete regnerische Tage vorausgegangen waren, kann die damals in den Flüssen des Livnoer Poljes erreichte tägliche Wärmeschwankung kaum mehr als 4 bis 5° betragen haben. Es ist nun als ausgeschlossen zu betrachten, daß sich eine solche Amplitude quer durch den Prolog hätte unvermindert fortpflanzen können und daß der konstatierte Wärmeunterschied zwischen dem Veli Rumin und seinen Nachbarquellen etwa einer Tagesschwankung der Temperatur des Ploucaflüßchens entsprach. Es

¹⁾ F. v. Kerner, Messung der täglichen Temperaturbewegung in einem Küstenflusse des Karstes in Dalmatien. Meteorologische Zeitschrift 1905, Februarheft, und Tägliche Periode der Temperaturschichtung an der Mündung des Jadroflusses in Dalmatien. Meteorologische Zeitschrift 1906, Oktoberheft.

wäre dabei vorausgesetzt, daß ein wenig verzweigter Höhlenfluß vorhanden ist, der mit den Wurzelgeflechten seiner Nachbarquellen nur schmale Verbindungen besitzt, so daß das in diesen Quellen austretende Flußwasser um die halbe Dauer der diurnen Wärmewelle (bzw. um einen Betrag = dieser halben Länge + der einfachen oder mehrfachen ganzen Wellenlänge) gegen den Hauptausfluß verspätet ist. Falls sich das am SW-Rande des Livanjsko Polje verschwindende Flußwasser in ein breites, vielverzweigtes Adergeflecht aufgelöst gegen die NO-Seite des Cetinatales hinbewegen würde, wiese es dort an einer bestimmten Stelle wohl überhaupt nicht die größtmögliche Temperaturdifferenz gegen beiderseits nahe benachbarte Quellen auf.

In Übereinstimmung mit dem thermischen Verhalten wies auch ein hydrographischer Befund auf das Getrenntsein benachbarter Kluftwasserstränge hin. Das wenig über dem Niveau der Cetina in einem Felsenzirkus sich entwickelnde Bachbett östlich von Musterić (in welches kurz vor seiner Mündung in die Cetina die oben als „Quelle östlich von Musterić“ bezeichnete Quelle eintritt) lag zur Gänze trocken, wogegen in einer Entfernung von ein paar hundert Metern hoch über dem Niveau der Cetina und des Veli Rumin der oben als „Quelle bei Lovrić“ bezeichnete Quellbach¹⁾ mit Wucht und in großer Stärke hervorschoß.

Das Terrain, aus welchem die Ruminquellen kommen, besteht aus einer mittelsteil gegen SO einfallenden, gutgebankten Schichtmasse von unterem Kreidekalk. Eine mit Bivalvendurchschnitten, wie sie in diesem Kalke strichweise erscheinen, dicht erfüllte Bank traf ich knapp vor dem Ausfallstor des Quellbaches von Lovrić. Dolomitische Einschaltungen zeigen sich auf der Plateaustufe oberhalb der Ruminquellen nicht. Erst höher oben sieht man an dem Berggehänge eine Dolomitzone hinstreichen. Vor den Steilabfall des unteren Kreidekalkes legen sich diskordant neogene Süßwasserschichten. Solche Vorlagen können, wo sie mergelig sind, eine mäßige Stauung des Wassers in den hinter ihnen befindlichen Klüften bedingen. Die Gestaltung der Kluftnetze bleibt von ihnen unberührt.

Man hat es so im Gebiete der Ruminquellen mit einem Falle zu tun, in welchem bei völligem Fehlen von Barren und Scheidewänden aus Dolomit oder Mergel innerhalb des zu allgemeiner Zerklüftung disponiert scheinenden Kalkes eine Trennung benachbarter Kluftwasserstränge vorhanden ist.

Falls der Quelltopf des Veli Rumin mit einem der Schlucklöcher des Livanjsko Polje in direkter Verbindung stünde, hätte man sich dieselbe aber doch wohl nicht wie einen impermeablen Schlauch zu denken. Nur im Falle, daß wegen des abnorm schlechten Wetters, welches im verflossenen Frühling in den Dinarischen Alpen herrschte, die Junitemperatur der Gewässer des Livanjsko Polje sehr tief war, könnte die gemessene Temperatur des großen Rumin vielleicht dem

¹⁾ Von einem Müller in Lovrić wurde mir dieser in den Veli Rumin mündende Quellbach als Mali Rumin bezeichnet, wogegen nach der Generalstabskarte der 1 km talauswärts vom Veli Rumin in die Cetina mündende Quellbach jenen Namen trägt. Der Quellbach bei Lovrić soll nach jenem Gewährsmanne in der zweiten Julihälfte versiegen.

(infolge der Gebirgsdurchquerung) abgeflachten Morgenminimum der Wasserwärme an einem der Ponore jenes Poljes entsprochen haben. Da die mittlere Wassertemperatur in fest geschlossenen Gerinnen — sofern sie durch die Erdwärme nicht erhöht würde — zumindest gleich bleiben müßte, könnte eine Verminderung derselben nur auf die abkühlende Wirkung von Sickerwässern bezogen werden. Wenn nun der Höhlengang nach oben zu feine Kluftverbindungen hätte, die den Weg für die Kältezufuhr bilden würden, so wäre es nicht einzusehen, warum er nicht auch seitwärts solche besitzen sollte. Ein reichlicher Wasseraustausch mit benachbarten Kanälen fände aber wegen Verschmierung der feinen Klüfte mit Schlamm und Lehm wohl nicht statt. Der Bestand offener Verbindungen mit den Kanälen der Nachbarschaft wäre aber aus den oben genannten Gründen bei der großen konstatierten Temperaturdifferenz auszuschließen.

Es wäre dann auch nicht vollauf berechtigt, die Ähnlichkeit der Quellentemperaturen vom Kresevo bis zur Peruca als Beweis für ein in großer Ausdehnung zusammenhängendes Kluftwassernetz anzusehen. Es könnte wohl sein, daß zwei benachbarte Quellen wegen vorwiegender Speisung mit Sickerwasser aus gleich hohen Gebirgsteilen und ähnlich temperiertem Zufluß von verschiedenen Ponoren her ungefähr gleiche Wärme hätten. Ihre Wurzelgeflechte brauchten deswegen nicht notwendig miteinander in Verbindung zu stehen.

Die am 16. und 17. Juni vorgenommenen Messungen der großen Quellen im Umkreise des Cetinsko Polje und auf der Ostseite des Talbeckens von Koljane ergaben folgende Temperaturen:

Quellen bei Kotluša: Quelle aus der Höhle	10·70
Quelle südlich vom Dorfe	10·78
Quellen beim Dorfe	11·06 bis 11·38
Vukovićquellen: südliche	11·78
mittlere	9·02
nördliche südl. Ast	8·42
nördliche nördl. Ast	8·44
Cetinaursprung: Quellteich	8·40
Quelle im Graben nördlich vom Teich	8·00
Höhlenquelle gegenüber von Cetnice	8·04
Radonino: Hauptquelle	8·20
rechtsseitige Nebenquellen	8·18
Dragovice: Hauptquelle	8·60
linksseitige Quellen	8·66 bis 8·76
rechtsseitige Quellen	8·60

Auch diese Reihe zeigt einen sehr bemerkenswerten thermischen Befund. Hier handelt es sich allerdings nur um das nahe Beisammenliegen einer relativ warmen und einer kühlen Karstquelle, nicht, wie beim Rumin, um die Einschaltung einer relativ warmen zwischen zwei kühle Quellen, und der Wärmeunterschied beträgt nicht ganz drei Grade; angesichts der Vorherrschaft viel geringerer Temperaturdifferenzen ist aber auch obiger Unterschied als ein auffallender zu

bezeichnen. Das den Westrand des Cetinsko Polje bildende Gestein ist sehr fossilreicher oberer Kreidekalk (mit Radioliten und Chondrodonten). Er fällt bei Kotluša sehr steil, bei der südlichen Vukovićquelle mäßig steil gegen SSW bis SW ein. Die auf eine Trennung benachbarter Kluftwasserstränge hinweisende Temperaturdifferenz findet sich somit auch hier unter lithologischen Verhältnissen, welche der Bildung eines zusammenhängenden Kluftnetzes günstig schienen. Der große Wärmeunterschied zwischen den nördlichen und südlichen Quellen auf der Westseite des Cetinsko Polje ist darauf zurückzuführen, daß erstere aus dem hochgelegenen Gebiete der Dinara, letztere aus der Einsattlung von Kievo (Wasserscheide zwischen Kerka und Cetina) und aus den Vorbergen des Koziak gespeist werden.

Die Quellen an den Rändern des Cetinsko Polje hatte ich schon Ende Mai (am 25.) gemessen. Die Höhlenquelle gegenüber von Cetnice zeigte damals 7·96 (— 0·08), der Quellteich der Cetina 8·32 (— 0·08), die nördliche Vukovićquelle 8·10 (— 0·34) und 8·06 (— 0·36), die mittlere Vukovićquelle 8·82 (— 0·20). Die weiter südlich gelegenen Quellen wiesen dagegen folgende Temperaturen auf: Südliche Vukovićquelle 12·20 (+ 0·42), die Quellen bei Kotluša 11·58 (+ 0·52) bis 11·80 (+ 0·42), die Quelle südlich von diesem Dorfe 11·18 (+ 0·40). Die Quellen des Cetinsko Polje zeigten demnach auch eine verschiedene Wärmeänderung, die kühlen nördlichen einen schwachen Temperaturanstieg, die relativ warmen südlichen einen Temperaturabfall. Letzterer weist auf Sammelgebiete von geringer Vertikalerstreckung hin, in welchen sich auch aperiodische Schwankungen der Luftwärme und Besonnung geltend machen. Durch den beobachteten ungleichen Wärmegang tritt die genetische Verschiedenheit der nördlichen und südlichen Quellen des Cetinsko Polje noch deutlicher hervor als durch ihre Temperaturdifferenz. Der Umstand, daß hier zwischen zwei benachbarten Karstquellen ein großer Wärmeunterschied zu verschiedenen Zeiten nachgewiesen wurde, spricht auch dagegen, daß man solche Unterschiede als bloß kurzdauernde Folge einer rasch vorübergehenden Ursache ansehen könnte.

Talabwärts vom Cetinsko Polje ist das rechte Ufer der Cetina an größeren Karstquellen arm. Von den Quellen bei Verlicca zeigten am 15. Juni der Tränkbrunnen an der Straße nach Civljane 11·62, die Quelle unterhalb der griechischen Kirche 12·08, die Cesmaquelle 11·20 und die Quelle Zduž 10·70. Die Quellen bei Ribarić hatten am 18. Juni zwischen 10·22 und 10·60 und die Quellen bei der Mühle $11\frac{1}{2}$ km talauswärts von Ribarić 10·20 bis 10·40.

Vergleicht man die im vorigen angeführten Quellentemperaturen mit den Höhen der Gebirgsabschnitte, an deren Fuß die Quellen entspringen, so zeigt sich eine einfache mittlere Beziehung und eine größere Abweichung von derselben in mehreren Ausnahmefällen. Für die großen Karstquellen zur Linken des oberen Cetinates habe ich für die Beziehung zwischen der Juni-, bzw. mittleren Jahrestemperatur und der mittleren höchsten Erhebung ihres plateauförmigen Hinterlandes (die in Hektometern aus der Spezialkarte abgeleitet wurde) den einfachen Ausdruck

$$t = 12\cdot40 - 0\cdot25 h$$

gefunden. Die nach dieser Formel berechneten Werte (t) kommen den gemessenen (t') sehr nahe.

	h	t	t'
Cetnice	17·10	8·13	8·00
Radonino	16·60	8·25	8·20
Dragovice . . .	14·75	8·70	8·60
Peruca und Majden vrelo	13·85	8·94	9·00
Kresevo.	13·50	9·03	9·25

Der Dabar potok, bei welchem h denselben Wert wie beim Kresevo hat, erscheint hiernach als etwas zu warm. Vielleicht ist seinem Wurzelgeflechte mehr warmes Flußwasser aus dem Livanjsko Polje beigemischt. Von den Ruminquellen, für welche $h = 11·40$, ist nach der vorigen Formel der Mali Rumin normal warm $t = 9·50$, $t' = 9·46$ (so daß die mit Einbeziehung dieser Quelle erhaltene Formel $t = 12·20 - 0·237 h$ mit der vorigen gleiche Werte liefert), die Quelle von Lovrić ist um 0·5 zu kalt, der Veli Rumin um 3·45 zu warm. Der Kozinac, für welchen $h = 11·50$, erscheint um 0·7 zu kalt. Es weist dies darauf hin, daß diese Quelle aus höheren, südöstlich von der Vaganj-Depression gelegenen Gebirgstteilen gespeist wird. (Bei Einsetzung der Temperatur des Kozinac ergibt die Formel für $h = 14·24$.)

Zieht man auch Quellen am rechten Ufer der Cetina in Betracht, so erhält man die Gleichung $t = 12·90 - 0·227 h$, welche nachstehende Werte liefert:

	t	t'
Südl. Vukovićquelle	11·64	11·80
Quelle Zduž . . .	10·81	10·70
Quelle südl. von Ribarić	9·90	10·20
Kresevo	9·16	9·25
Peruca .	9·06	9·00
Dragovice	8·81	8·60
Radonino	8·30	8·20
Cetnice	8·16	8·00

Die mittlere Vukovićquelle ist hiernach um 2·62 zu kalt. Ihre Temperatur weist auf ein im Gebiete der Dinara zu suchendes Hinterland von 14·08 Plateauhöhe, während die Durchschnittshöhe des Karstplateaus östlich von Kievo (für welche die Temperatur der südlichen Vukovićquelle fast normal ist) nur 4·55 beträgt. Die Quelle Zduž erscheint von fast normaler Wärme, sofern als ihr Hinterland die Lemeš-Depression (Mittelhöhe = 7·55) betrachtet wird; käme sie aus dem Plateau des Sovro (West-Svilaja), woselbst $h = 11·00$, wäre für sie nach der obigen Formel $t = 9·85$.

Vieler weiterer Messungen und rechnerischer Versuche auf variierter Basis würde es bedürfen, um festzustellen, ob man in Fällen, wo tektonische Studien keine Klarheit schaffen, auf dem hier kurz angedeuteten Wege zu Schlüssen über die Lage der Ursprungsgebiete von Karstquellen gelangen könnte.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [1911](#)

Autor(en)/Author(s): Kerner von Marilaun Fritz (Friedrich)

Artikel/Article: [Mitteilung über die Quellentemperaturen im oberen Cetinatale 322-332](#)