

Aber auch ein Heraussuchen der zu Stufenwerten der Temperatur gehörigen Aktivitäten kann nur wenig bieten. Zieht man hier die durch eine größere Zahl von Quellen vertretenen Stufen in Betracht, so ergeben sich als prozentische Häufigkeiten folgende Werte (von denen allerdings nur jene der 2. bis 5. Kolumne näher vergleichbar sind):

Temperatur	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Anzahl	51	86	78	86	94	57	39	39
0-2.0 M.-E.	55.0	46.5	44.9	45.3	48.9	61.4	51.3	51.3
0-5.0	78.4	80.2	75.6	76.7	87.2	87.7	82.0	82.0

Bei den wärmeren Quellen ist die Zahl der schwächer aktiven eine etwas größere, man wird aber nicht mit Bestimmtheit herauslesen können, daß der Emanationsgehalt mit steigender Temperatur durchschnittlich sinke.

**Dr. Franz Baron Nopcsa.** Karstypothesen. (Mit einer Uebersichtstabelle.)

Beim Verfassen einer großen Monographie Nordalbaniens mußte auch an eine Bearbeitung der Morphologie dieser Gegend geschritten werden und das Vorkommen von Karst führte dann dementsprechend auch zum Studium der für Karstgebiete aufgestellten Hypothesen. (Cvijić, Grund, Terzhagi.)

In dem nördlich des Drin befindlichen Teile Nordalbaniens kann man zwei verschiedenartige Landschaften unterscheiden: Südlich des im Durchschnitt 2300 m hohen Kammes der nordalbanischen Alpen liegt ein Kalk- und Schiefergebiet mit alpinem Habitus und drei großen südwärts gegen den Drin führenden Tälern, nämlich dem Kiri-, dem Šala- und dem Nikajtale. Dies ist die Malcija Vogel. Nördlich der nordalbanischen Alpen liegt eine Karstlandschaft, die zwei so wie der Drin in die skutariner Niederung führende tiefe Täler durchziehen. Das südlichere dieser beiden Täler ist wasserleer, hat aber trotzdem einen gewaltigen Schuttkegel und heißt Proni That (alb. „trockener Bach“), im anderen fließt der Cem.

Im Kiri-, Nikaj- und Šalatale haben sich vielerorts Spuren von Flußterrassen gefunden. Im westlichsten Tale, dem Kiritale, liegt die erste Terrasse zwischen 190 und 240, die zweite zwischen 370 und 460, die dritte zwischen 610 und 630, die vierte zwischen 730 und 800 und die fünfte zwischen 890 und 980 m. Noch höher in 1120-1200 m läßt sich eine sechste und endlich in 1400 m eine siebente Terrasse konstatieren. Im Šala- und Nikajtale liegen ähnliche Terrassen vor (vergleiche die Tabelle), doch fehlt im Nikajtale die erste Terrasse, außerdem wurde dort die dritte zufällig bisher nicht gefunden. Alle die Terrassenreste sind im Nikajtale um ca. 60 m höher gelegen als im Kiritale.

Dieselben Terrassen wie in den auf diese Weise skizzierten Talern finden sich an dem gegen die skutariner Ebene schauenden Abfalle des Cukaliberges, der sich zwischen dem Kiri und Drin erhebt.

Verläßt man nun das Schiefergebiet und wendet man sich dem Karstgebiete zu, so sieht man, daß der Proni That bis nach Boga ein sanft ansteigendes Tal bildet, der Talgrund jedoch mehrfach Gefällknickungen aufweist. Von Boga an geht das Tal in eine Reihe von übereinander aufsteigenden, zwischen tiefen Hängen liegende Uvalas über, die wasserlos sind und manchmal durch eine kleine Schlucht verbunden, manchmal aber durch niedere Riegel getrennt werden.

Die wichtigeren Knickungen der Gefällskurve des Proni That liegen in 500, 880, 900—950, 1200 und 1600 *m*. Eine durch einen Riß in den Proni That mündende Depressionslinie — die Uvalareihe von Fuša Zez — zeigt in 1000, 1200 und 1410 *m* Uvalaböden, dazwischen steile Hänge. Am Rande des wasserlosen Proni Thattales sind nur wenig Terrassenspuren vorhanden, am Rande des wasserführenden Cemtales kann man sie hingegen in prächtiger Erhaltung finden. Namentlich sind drei Terrassen infolge ihrer Größe von Bedeutung: Die Terrasse von Gruda liegt in 320, jene von Broja in 740, die von Trepši in 980 und die von Brek in 1200 *m*.

In dem zwischen dem Cem und dem Proni That liegendem Karstgebiete, dem Karstgebiete von Kastrati, sind an Stelle von Flußterrassen verschiedene Mulden mit beinahe horizontalen Böden zu bemerken. Die horizontalen Böden liegen in 240, 310, 360—420, 500, 570—609, 710—760 und 910—920 *m* Höhe. Es deckt sich daher die Höhe dieser Terrainstufen mit der Höhe der Terrainstufen im Vorlande des Cukali.

Die Quellenniveaus sind im Karstgebiete von Kastrati auf drei Höhenlinien gebunden. Das tiefste Niveau ist am Rande der skutariner Niederung konstatierbar, teilweise treten hier die Quellen in den Sümpfen in der Ebene empor, zwei andere Quellenniveaus liegen in 300 und 800 *m* Höhe. Es macht dies den Eindruck, als ob drei Grundwasserniveaus (im Sinne Grunds) existieren würden. Die Höhe dieser Grundwasserniveaus läge in dem einen Falle etwas über 240, im anderen Falle etwas über der 710—760 *m* Terrasse.

Das Zusammenfallen aller dieser Tatsachen zwang mich, die bisherigen Karsthypothesen zu revidieren, denn dies zeigt, daß im Kalk- und Schiefergebiete die Morphologie der Gegend von den nämlichen Faktoren herausmodelliert wurde.

Ueber Karstbildungen im allgemeinen existiert bereits eine reichhaltige Literatur, was speziell den Karst der westlichen Balkanhalbinsel anbelangt, so genügt es, die Namen Hassert, Tietze, Cvijić, Grund, Katzer, Terzhagi und Waagen zu erwähnen. Jeder dieser Autoren operiert mit anderen Prämissen, zum Teil auch leider mit anderen Namen. Cvijić redet, offenbar durch die gemeinsame Höhe zahlreicher Karstquellen beeinflusst, von verschiedenen Grundwasserniveaus, und für ihn entstehen die Uvalas durch Zusammenwachsen von Dolinen, doch erkennt er, anderen Verfassern nachbetend, auch die Verebnungsflächen der westlichen Herzegowina; Katzer perhorresziert jeden Gedanken eines Grundwassers und nach seinem Dafürhalten zirkuliert das Wasser im Karste in sich mehr oder weniger

verästelnden, wie aus seiner Zeichnung sichtbar, regellos einherziehenden Röhren, wobei er allerdings dem seichten Karst eine Sonderstellung einräumt. Grund nimmt ein Grundwasserniveau an, perhorresziert wieder das System der in sich geschlossenen Röhren und weist mit besonderem Nachdrucke darauf, daß die unterirdische Wasserbewegung im Karste besonders langsam ist. Wichtig ist der von Grund eingeführte Zyklus in Karste. Eine gute Zusammenstellung des bisher über dieses Thema Publizierten wurde von Teppner gegeben.

Ich glaube auf Grund meiner eigenen Beobachtungen einen vermittelnden Standpunkt zwischen Grund's und Katzer's Hypothesen einnehmen zu müssen. Vor allem scheint mir, daß mit Ausnahme von Terzhagi bisher keiner der Autoren genügend Gewicht auf die Tatsache gelegt hat, daß die Wasserbewegung im Karste auf zweierlei Arten erfolgen könne, nämlich in Klüften und Röhren. Als Kluft definieren wir jene Trennungslinie im Gesteine, in der die Bewegung des zirkulierenden Wassers durch die Reibung an den Wänden wesentlich gehemmt wird, während wir als Röhren jene Oeffnungen bezeichnen, bei denen infolge ihres größeren Durchmessers diese Reibung nur unbedeutend hervortritt. Da sich Umfang und Durchmesser einer viereckigen Oeffnung wie die doppelte Summe der Seiten zu deren Produkt verhalten, so ist diese Differenz schon bei geringer Dickenzunahme recht bedeutend, und da die Reibung im fließenden Wasser gegen die Reibungsfläche zu außerdem nicht gleichmäßig, sondern rapid zunimmt, so ergibt sich schon theoretisch, daß bei nur wenig größerem Querschnitt einer Röhre oder Kluft sehr große Unterschiede in der Geschwindigkeit der Wasserzirkulation auftreten können.

Nach dieser allgemeinen Bemerkung können wir daran gehen, die in unserem Gebiete bemerkbaren Tatsachen kurz zu resümieren. Vor allem lassen sich am Grunde des wasserführenden Cemtals eine ganze Reihe von Quellen konstatieren, und dasselbe ist auch am Rande der skutariner Ebene der Fall, wobei ich in erster Linie die Vrakaquelle, dann die Quelle des Milešibaches, dann den Viri Kastratit und den Quellbach des Hani Hotit erwähne. Offenbar sind diese Quellen Analoga zu jenen ergiebigen Quellen, die man vielerorts an karstigen Meeresküsten, z. B. in der Bucht von Cattaro, knapp oberhalb des Meeresniveaus, antrifft. Eine zweite Reihe von Quellen finden wir in Albanien in der Höhe von 300 *m* an dem Plateau von Hoti, dann finden wir am ausgedehnten Plateau von Oberkastrati wieder relativ zahlreiche Quellen in 800 *m* Höhe. Halten wir diese drei Beobachtungen mit der Tatsache zusammen, daß die unterste Quellzone dem Grundwasserniveau entspricht, so liegt es naturgemäß am nächsten, auch für beide anderen Quellniveaus Grundwasserniveaus anzunehmen; doch ist dies, wie wir sehen werden, nicht nötig.

Sogar Katzer, der doch sonst der Grundwasserhypothese abhold ist, sieht sich bei seichtem Karste zur Annahme eines Grundwasserniveaus genötigt und bei der Existenz so eines Wasserniveaus ist es doch natürlich, daß das von oben in den Karst eindringende Wasser dort, wo es wegen des Meeresniveaus oder großer Seen nicht weiter sinken kann, also „unten“, ein Grundwasserniveau bildet und dann in den eventuell tektonisch vorgebildeten Klüften nicht mehr ver-

tikale, sondern mehr horizontale Bahnen einschlägt; dies offenbart sich natürlich in dem Hervorbrechen von Quellen. So ein Grundwasser kann naturgemäß lokal auch dort entstehen, wo die Wasserzufuhr schneller erfolgt als der Abfluß, das heißt, wo eine Röhre gegen unten in Klüfte übergeht. Die Differenz der Tropffrequenz in Höhlen nach längerem Regenwetter und bei Trockenheit zeigt zwar, in welchem Maße zuweilen der Wassergehalt der Klüfte schwanken kann, immerhin hat aber auch dies seine Grenzen.

Geht man nun von der unbestreitbaren Annahme aus, daß in jedem Kalkstein die Klüfte das Primäre die Röhren jedoch erst das Sekundäre sind und daß sich in jedem Kalke bei seinem Reifen aus den Klüften Röhren entwickeln können, nun so ergibt sich von selbst, daß bei stabilen hydrologischen Verhältnissen hoch oben im Gebirge in noch röhrenfreiem Karste in erster Linie die abwärtsführenden, im Gebiete des Grundwassers aber die mehr horizontal führenden Klüfte oder bei horizontal gelagertem Kalke die Schichtfugen als Wasserleiter funktionieren werden. Dies erklärt uns, warum bei Drumaj im Niveau des Skutarisees die hier horizontalen Schichtfugen so ganz besonders klaffen.

Aus dieser Prämisse ergibt sich, daß auch das sich aus den Klüften entwickelnde Röhrensystem eines reifenden Karstes oben mehr vertikale, unten jedoch mehr horizontale Richtung aufweisen wird, was endlich oben zur Bildung von Schloten und unten zur Bildung von im Niveau des Grundwassers aus Höhlen hervortretenden Bächen, respektive nach dem Einsturze der Höhlendecken zu kleineren Cañons führen muß.

Den direkten Beweis, daß in den Drainageröhren des Karstes tatsächlich horizontale Partien mit abwärtsführenden wechseln, erbrachte die Untersuchung der Sarkotiöhle in Montenegro. An einem steil abwärts führenden Gang finden sich wenig markiert in 830, dann aber in 750, 700 und namentlich in 570 *m* Meereshöhe horizontale Strecken.

Sowohl die 700—750- als auch die 570-*m*-Linie kennen wir in Albanien und im dalmatinischen Küstengebiet als Zone zwar verschieden alter, aber morphologisch reifer Formen, sicher ist ferner, daß als diese reifen Oberflächen entstanden, das in diesen Höhen liegende Wasser kein Gefälle hatte und es liegt daher auf der Hand, die Entstehung der Abrasionsflächen von 750 und 570 *m* und die horizontalen Abschnitte der Sarkotiöhle für gleichzeitig und ursächlich zusammenhängend zu halten.

Eine Durchsicht der von Martell von den Karsthöhlen Istriens veröffentlichten Profile zeigt genau so wie die Sarkotiöhle, daß sich auch die istriatisch-krainischen Höhlen nicht regellos verteilen; auch hier wechseln in der Regel vertikale Schachte (Avens, Jamen) mit von unten aus mehr oder weniger domartig ausgehöhlten, wenig steil absteigenden Korridoren. Die Oeffnung der Jamas liegt meist auf der Höhe eines Plateaus, die Korridorniveaus liegen ebenfalls in Flächen ehemaliger Abrasion. Die Lateralverlegung des Poik in der Adelsberger Höhle läßt sich infolge dieser Beobachtungen beinahe mit der Mäanderbildung oberirdischer Flüsse parallelisieren.

Diaklasen und Gesteinsfugen haben daher zweifellos auf die Höhlen- und Röhrenbildung insofern Einfluß, als bloß sie ein Zirkulieren des Meteorwassers in Kalkgesteine gestatten, welche Klüfte aber vom Meteorwasser zu Röhren erweitert werden, das wird durch das Verhältnis des jeweiligen Grundwasserniveaus bedingt.

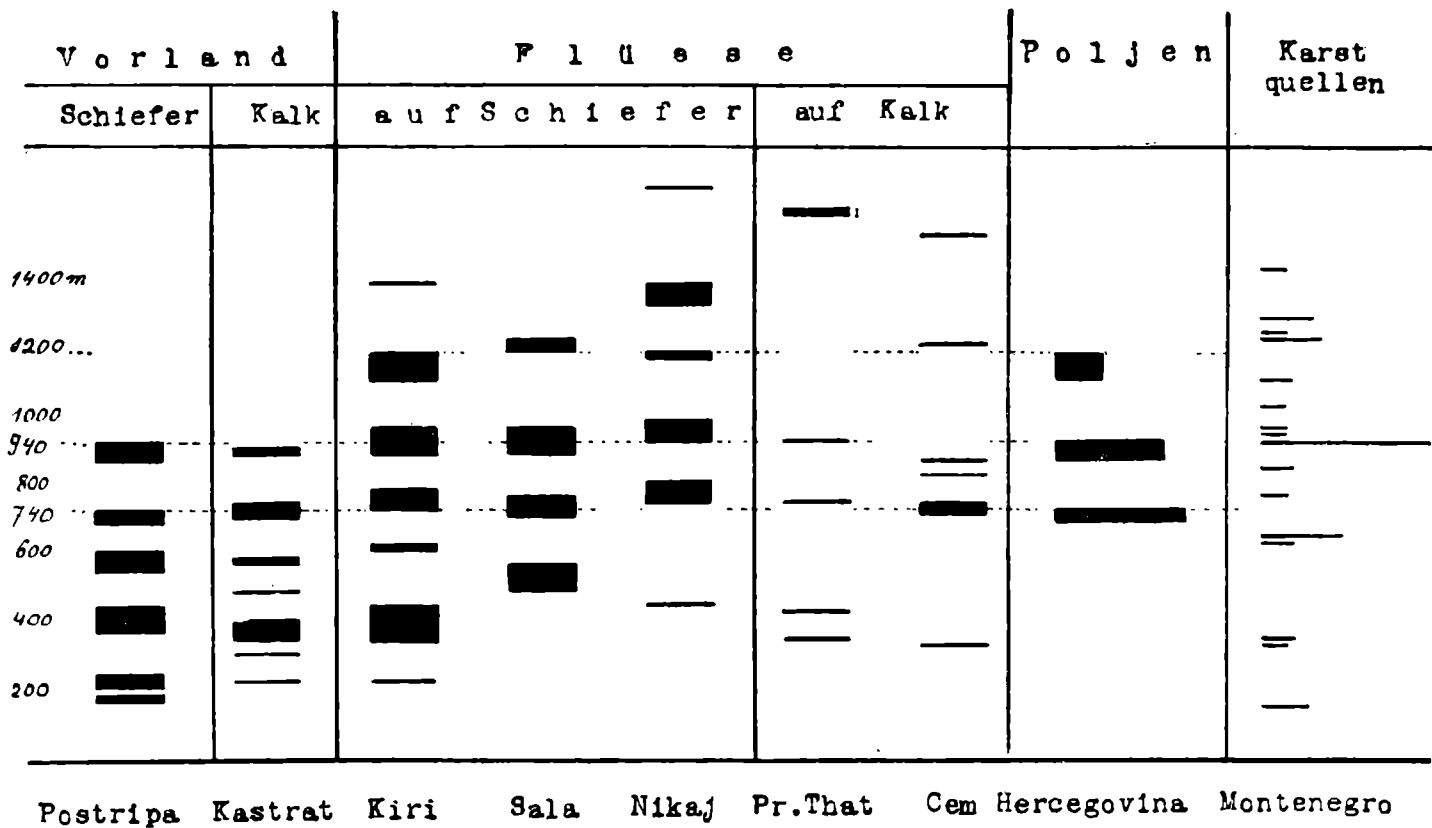
Nach dieser kurzen Besprechung der Höhlen wenden wir uns nun zu den Quellen. Quellen werden auch in homogenem Karste naturgemäß nur dort erscheinen, wo sich der Wassergehalt des Bodens lokal verdichtet. Solche Verdichtungen sind am ehesten in Karsthöhlen zu erwarten; aus der Lage der Quellen können wir daher Aufschlüsse über das Röhrennetz erwarten. Offenbar haben horizontal verlaufende Röhren mehr Chancen, von der oberflächlichen Gesteinsabtragung angeschnitten zu werden, als solche, die steil bergabwärts führen. Ist nun die etagenweise Horizontalität der Röhren eine Karsterscheinung, die mit alten Grundwasserniveaus oder anders gesagt mit alten Einebnungsflächen zusammenfällt, dann müssen auch Quellhorizonte ausgedehntere Verbreitung haben, sind jedoch die Röhren regellos verteilt, dann ist es auch von den Quellen zu erwarten.

Eine Durchsicht einiger Spezialkartenblätter der südlichen Herzegowina und Montenegros führte zu folgendem Resultat.

Mit möglicher Außerachtlassung jener Quellen, die auf wasserundurchlässigem Gestein entspringen, konnten auf mehreren Spezialkartenblättern 293 Quellen zusammen gezählt werden. Sie fanden sich in allen möglichen Höhen, ihre Verteilung in bezug auf Höhe war aber dennoch nicht die gleiche. Die meisten Quellen fanden sich um 330 *m* (10 Quellen), dann um 620 *m* (22 Quellen), ferner um 930 *m* (57 Quellen) und um 1270 *m* (24 Quellen). In nachstehender Tabelle sind alle Niveaus mit mehr als 4 Quellen durch einen langen Vertikalstrich angegeben worden, nur in 930 *m* wurde der Strich gekürzt, sonst entspricht 1 *mm* Strichlänge einer Quelle. Besonders zahlreich scheinen Quellen in 930 *m* zu sein, doch hängt dies nur mit dem besonders genauen Ausscheiden der auf dem Gackopolje befindlichen Quellen zusammen. Vergleicht man diese Quellenmaxima mit den aus Nordalbanien und Dalmatien bekanntgewordenen Terrassen, dann sieht man, daß sich auch die Quellenmaxima mit den Terrassenhöhen decken, eine Differenz ist nur insofern zu finden, als die Quellenmaxima Montenegros 20—40 *m* oberhalb der Terrassenhöhen liegen. Diese Höhendifferenz wird infolge der Wölbung eines jeden Grundwasserspiegels leicht erklärlich.

Die Tätigkeit jedes im Karste von oben eindringenden Wassers ist nicht einzuebnen, sondern zu zerstören; Uvalas können daher nicht, wie Cvijić will, durch das Zusammenwachsen von Dolinen entstehen, denn diese würden, wenn auf einer geneigten Fläche angelegt, doch wieder nur eine geneigte Fläche produzieren, sondern nur dadurch zu Stande kommen, daß ein Zustand eintritt, bei dem Korrosion und Erosion zeitweilig in einem bestimmten Niveau suspendiert werden. Welches dieser Zustand ist, das hat Terzhagi klar erläutert. Uvalas werden wir daher als Einebnungsformen einer bis an ein ehemaliges Grundwasserniveau fortgeschrittenen Zerstörung deuten. Für Poljes, glaube ich, wird, obzwar mir wenig diesbezügliche Beobachtungen zur Verfügung stehen,

K. k. geol. Reichsanstalt, 1918, Nr. 6, Verhandlungen.



da solche in Nordalbanien fast vollkommen fehlen<sup>1)</sup>, etwas ähnliches gelten.

Eine Zusammenstellung der Oberflächenausdehnung der verschiedenen Poljes ist von Cvijić gegeben, einen Aufschluß über ihre geologische Anlage und ihre Verteilung gewährt die Arbeit Grim mers.

In Grim mers Karte zeigt sich, daß die Poljen der Herzegowina genetisch nichts anderes als im Streichen des Gebirges liegende Kessel sind, wie man sie auch im zentralen, nicht verkarsteten Teile Bosniens und dann auch in der übrigen westlichen Balkanhalbinsel antrifft. Das große Polje von Livno, der Kessel von Sarajevo, das Amsfeld und das mit Congerien und Lignit erfüllte Becken der Metochia stehen ebenso wie das Polje von Plevlje oder Nikšić, was ihre Anlage und ihr Alter betrifft, alle auf derselben Stufe.

In zahlreichen dieser Poljes sind Congerienschichten, in manchen ältere Ablagerungen zu treffen. Interessant ist es nun, die Höhenlage der Poljen zu untersuchen. Eine Zusammenstellung der Poljen des westlichen Bosniens hat Cvijić gegeben. Auf der voranstehenden Tabelle ist die relative Größe der Poljeböden durch die Länge der die Poljeböden und ihre Höbenschwankungen darstellenden schwarzen Striche angegeben. Von 924 km<sup>2</sup> Poljeböden befinden sich 144 (= 15%) in 1120 bis 1195 m Meereshöhe, 314 km<sup>2</sup> (= 34%) liegen zwischen 860 und 950 m, 380 km<sup>2</sup> (= 40%) sind zwischen 700 und 740 m gelegen, bloß die restlichen 86 km<sup>2</sup> (= 9%) verteilen sich auf andere in Albanien nicht durch Terrassenreste gekennzeichnete Höhen. Von den Poljen der Lika liegen nach Terzhagi zwei in 620—630, eins in 570, vier zwischen 425 und 490 m Höhe. Aus Ballifs Arbeit ergibt sich, daß die Maxima der Poljeböden in Bosnien und der Herzegowina in 220—240, 440—580, 700—720, 880 bis 900, 930—980 und in 1110—1190 m Meereshöhe liegen.

Schon diese Verteilung zeigt, daß die Meereshöhe dieser Einsenkungen nicht von Zufall, aber auch nicht von lokalen Grundwasserniveaus (Terzhagi) abhängt, denn in diesem Falle könnten wir keine Koinzidenz von Poljen und Terrassen finden. Infolge dieser Koinzidenz müssen wir auch die Poljen für alte Abtragungsfächen deuten und wenn diese Deduktion richtig ist, so können wir, da sich Abrasionsterrassen stets über große Gebiete erstrecken, ähnliche Erscheinungen wie in der nördlichen Balkanhalbinsel auch in der südlichen erwarten.

Eine Zusammenstellung der Höhe einiger Poljen des Peloponnes wurde von Martell gegeben. Zwischen 550 und 600 m liegt das Polje Bougiati-Skotini (20 km lang), zwischen 620 und 640 liegt Zaraka (20 km lang), Franco Vryesi (16 km) und Kandyle Lewidi (18 km). Das 48 km lange Polje von Tripolis liegt ungefähr in der gleichen Höhe (600—670 m). Phonia (30 km), Klimendi und möglicherweise auch Paläokoma liegen zwischen 750 und 760 m. Die Höhen stimmen zwar mit den bosnischen insofern nicht überein, als größere Poljen in Bosnien und der Herzegowina in 600 m fehlen, hingegen

<sup>1)</sup> Die skutariner Niederung von Skutari bis Podgorica ist ein echtes Polje, ihre südliche Hälfte, die Zadrima, ein Abrasionsgebiet mit normaler Hydrologie.

deckt sich ihre Höhe mit den Poljen der Lika und den Stufen im Vorlande des Cukali und im Gebiete von Kastrati. Die bosnisch-herzegowinischen Poljen von 700—720 *m* Meereshöhe können mit den griechischen von 750 und 760 *m* Meereshöhe ohne weiteres parallelisiert werden. Die flache Gestalt der Poljen müssen wir infolge dieser Beobachtungen sowie bei den Uvalas einfach für eine Reifeerscheinung des Karstes, nämlich für den Terrassen entsprechende Abtragungsfächen halten. Ihre Erhaltung ist durch ihre spätere Abflußlosigkeit zu erklären, ihre Entstehung dadurch, daß die Basis eines Einbruchskessels oder Grabens früher als das umliegende Gebiet in die damalige Grundwasserzone gelangte. Was ein Karstpolje von einem anderen Einbruchskessel unterscheidet, ist nur der mehr oder weniger prononcierte Mangel eines Abflusses; dies ist aber ein neuer heutiger Charakterzug und durch die Wasserdurchlässigkeit des Karstes leicht erklärbar. Von einer Uvala unterscheidet sich nach dieser Analyse ein Polje also dadurch, daß es tektonisch präformiert wird, während die Uvala bloß durch die Vertiefung von nachbarlichen Dolinen bis an das Grundwasserniveau gelangt. Ob die tektonische Präformierung durch Brüche oder Faltenbildung bedingt wird, hat keine weitere Bedeutung. Was die mechanische Ausräumung der Poljen anbelangt, so darf man sie wohl doch nicht so völlig ignorieren wie Terzhagi.

Erleidet ein ganz oder teilweise ausgereifter Karst mit 33 gradigen Hügeln, Abrasionsterrassen, Uvalas und Poljeböden irgendwie eine Hebung, so ergibt sich von selbst, daß nun im Kalke auch jene Klüfte, die bisher, deshalb nicht funktionierten, weil sie unter dem Grundwasserniveau gelegen waren, in Tätigkeit treten werden und allmählich das in den Röhren kommunizierende Wasser gegen unten leiten. Dies wird ihnen aber nur teilweise gelingen, denn da sich das Wasser in den Röhren leichter und schneller bewegt als in den Klüften, wird anfangs der Wasserüberschuß noch immer teilweise in den Röhren zirkulieren und dies hauptsächlich dann, wenn sie so geneigt sind, daß das Wasser aus ihnen schnell ausfließt. Statt von zwei Grundwasserniveaus werden wir in diesem Falle von einem solchen oberen Wasserniveau zu reden haben, wo die Röhren ihr Wasser noch nicht ganz gegen unten abgegeben haben und einem zweiten, das sich als Grundwasser an der freilich nicht petrographischen, sondern hydrologischen Basis des Karstes befindet. Die untere Grenze des Röhrenniveaus wird die Grenze des reifen, von mehr oder weniger horizontalen Röhren durchsetzten Kalkes gegen den noch unreifen, von Röhren noch nicht durchsetzten, relativ undurchlässigen Karst bezeichnen. Diese relative Undurchlässigkeit wird daher, ohne daß ein eigenes Grundwasserniveau entstände, die Ursache eines annähernd gleich hohen Quellniveaus bilden. Da es zum Teil bloß von der Oberflächenerosion abhängt, an welcher Stelle eine sozusagen „Wasserreste“ führende Röhre zutage tritt, ergibt sich von selbst, daß sich Schwankungen in der Seehöhe der einzelnen Quellen bemerkbar machen werden.

Diese Anordnung eines gehobenen Karstes muß naturgemäß das zur Folge haben, daß trotz der allgemeinen Durchlässigkeit des Karstes einige im wesentlichen horizontale Röhren, zumal wenn alle Klüfte des darunter befindlichen Karstes mit wegen der Reibung bloß langsam



abwärts sickerndem Wasser erfüllt sind, bei erhöhtem Niederschlag in (oft unter Druckerscheinungen wirkende) Speilöcher verwandelt werden, während andere in demselben Niveau mündende jüngere, in tiefere Lagen führende Röhren, in die das Wasser der Klüfte naturgemäß lateral meist nur langsamer infiltriert, als es aus ihnen unten abfließt, dennoch als Sauglöcher wirken können. Es kann auch bei einer sich unten verengenden Röhre, die oben in ein Polje mündet und in die lateral unter dem Poljeniveau eine große Röhre (eine Haupt-röhre) mündet, der Fall eintreten, daß sie, wenn die Wassermenge der Haupt-röhre so stark anwächst, daß sie nicht mehr durch den verengten Teil hindurch kann, als Speiloch, daß sie jedoch bei geringem Wasserquantum der Haupt-röhre als Saugloch wirkt und auf diese Weise ein Wechselponor darstellt. Wegen der Reibung in den Klüften kann endlich sogar in so einem Falle das umliegende Gestein trocken bleiben. Durch die mehrfache ruckweise Hebung eines Gebietes läßt sich nun nach dieser Ueberlegung der treppenförmige Bau der Sarkotiöhle leicht erklären. In Anbetracht des Umstandes, daß Röhren stets nur eine lokale Erscheinung sind und sich leicht verstopfen, andererseits aber Gesteinsklüfte universellen Charakter haben, ergibt sich, daß die Verteilung des Kluftwassers im Karste bis an sein meist recht tief gelegenes Grundwasserniveau eine ziemlich gleichförmige sein dürfte, denn der Fall, daß die Röhren auf das umgebende Gestein als vollkommene Drainage wirken, dürfte wohl nur in sehr reifen Karstgebieten eintreten.

Wie wir sehen, lassen sich also verschiedene Quellniveaus und Uvalaniveaus und auch alle anderen morphologischen Phänomene im Vorlande Nordalbaniens mit den ruckweisen Erhebungen des Gebietes leicht erklären. Zur Annahme dieser Bewegungen werden wir durch die Terrassen im Schiefergebiet genötigt und es zeigt sich auch und dieses ist ebenso erfreulich, daß zwischen Grunds und Katzers Karstwasserhypothesen keine solchen Differenzen vorhanden sind, als auf den ersten Blick erscheinen möchte, es sei denn, daß Grunds Annahme eben für den unreifen und Katzers Annahme hingegen für den reifen Karst zutrifft. Beiden Verfassern war entgangen, daß infolge einer ruckweisen kontinentalen Hebung 100 *m* reifer Karst auf 100 *m* halbreifen Karst folgen kann und dieser wieder auf 100 *m* unreifem Karst lagern könne usw. So etwas ist eben in den adriatischen Küstenländern der Fall. Auf eine etagenweise Anordnung der Höhlen hat schon Hassert hingewiesen. In der Gegend von Triest macht das Auftreten untermeerischer Quellflüsse und wie Terzhagi zeigt, unter das Meer gesenkter Poljen geradezu den Eindruck, als ob sich hier seniler Karst geradezu unter der Meeresoberfläche befände. Auf diese Erscheinung hatte außer Terzhagi auch Richter schon hingewiesen<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Während der Drucklegung dieser Zeilen erschien ungarisch und deutsch eine Höhlenstudie aus der Feder Professor Cholnokys in der unabhängig vom Verfasser nahezu idente Ansichten entwickelt werden. Namentlich betont auch Cholnoky den etagenförmigen Aufbau der Höhlen und die Koinzidenz der horizontalen Korridorabschnitte mit den in Siebenbürgen bemerkbaren Terrassen. Avens würden sich nach Cholnoky von unten her entwickeln. Korridore hin-

Die verschieden starke Entwicklung des Röhrensystems eines Karstes kann die Phänomene der Karsthydrographie fallweise wesentlich komplizieren, die Annahme fast nie nachgewiesener wasserundurchlässiger Barrieren ist im tiefen Karst überflüssig wie jene durchlaufender Röhren. Theoretisch ist, da Katzer und andere ein Verheilen von Karstgerinnen (= Röhren) nachgewiesen haben, sogar das möglich, daß sekundär wieder verdichteter Karst auf röhrenreichem aufsitzt. Klimaschwankungen könnten so etwas leicht bewirken.

#### Literatur.

- Boegan, Le sorgenti d'Aurisina. Triest 1906.
- Cholnoky, J. Előzetes jelentés karst tanulmányaimról; Földrajzi Közlemények. Budapest 1916.
- Čvijić, J. Morphologische und glaziale Studien aus Bosnien. I. und II. Teil. Abhandl. d. Geograph. Gesellschaft. Wien 1900 und 1901.
- Bildung und Dislozierung der dinarischen Rumpffläche. Petermanns Geographische Mitteilungen. Gotha 1909.
- Götzing, G. Vorläufiger Bericht über morphologisch-geologische Studien in der Umgebung der Dinara. Verhandl. d. k. k. geol. R.-A., Wien 1912.
- Gavazzi, A. Die Seen des Karstes. Abhandl. d. Geogr. Gesellschaft. Wien 1903.
- Grund, A. Beiträge zur Morphologie des dinarischen Gebirges. Pencks Geographische Abhandlungen. Leipzig 1910.
- Hassert, K. Beiträge zur physischen Geographie von Montenegro. Petermanns Geographische Mitteilungen. Ergänz. Heft. Gotha 1895.
- Katzer, F. Karst und Karsthydrographie. Patsch' Zur Kunde der Balkanhalbinsel. Sarajevo 1909.
- Martell, Les Abimes. Paris 1895.
- Richter, E. Beiträge zur Landeskunde von Bosnien und der Herzegowina. Wissenschaftl. Mitteil. aus Bosnien und der Herzegowina. Wien 1907.
- Teppner, W. Karstwasserfrage. Geolog. Rundschau. Leipzig 1913.
- Terzhagi, K. Adatok a horvát Karstvidek vizrajzához es morfológiájához. Földtani intez. évkönyve Budapest 1912—1913.
- Waagen. Die unterirdische Entwässerung im Karste. Hettners Geographische Zeitschrift 1910

Beim Beginne meiner Karststudien hatte ich nicht unerhebliche Schwierigkeiten, mich in der Literatur dieses mir fremden Themas rasch zu orientieren. Dr. Lukas Waagen, der selbst den istrischen Karst studierte, hat mir bei dieser Schwierigkeit wesentlich geholfen. Es ist mir eine Freude, ihm hierfür auch an dieser Stelle zu danken.

Wien, 25. Februar 1918.

gegen gleichzeitig vom oberen und unteren Ende her angelegt werden. Hierüber ließe sich streiten. (Cholnoky, Barlang Kutatás in Barlang Kutatás, Vol. V, Budapest 1917.)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [1918](#)

Autor(en)/Author(s): Nopcsa Franz [Ferencz] Freiherr Baron von Felsöszilvas

Artikel/Article: [Karsthypothesen 114-123](#)