

DIE HYDROGRAPHIE DES LUŠCI POLJE IN WESTBOSNIEN ALS BEWEIS GEGEN DIE KARSTWASSERHYPOTHESE

Ein Hauptgrund der Schwierigkeiten einer Verständigung und der mancherlei Misverständnisse in der Auffassung der Karsthydrographie beruht in den verschiedenen Begriffen, welche der Bezeichnung *Grundwasser* beigelegt werden.

Fast alle Geographen und auch mancho Geologen, unter diesen namentlich *K. Keilhack*, verstehen unter Grundwasser das gesammte in der Erdkruste vorhandene Wasser. Die meisten Geologen unterscheiden jedoch zwischen *eigentlichem Grundwasser* in lockeren Ablagerungen der Erdoberfläche und dem in der festen Erdkruste zirkulierenden Wasser, das man meines Erachtens am zutreffendsten als *Untergrundwasser* bezeichnen könnte, welches aber auch verschiedene andere Namen führt, wie Tiefenwasser, Felswasser, Höhlenwasser. Für diese Trennung des untertägigen Erdwassers, oder kurz: Bodenwassers, in zwei Gruppen, welche Scheidung aus theoretischen und praktischen Gründen geboten erscheint, ist in letzter Zeit insbesondere *H. v. Hoefjer*¹ eingetreten und sie scheint sich nun soweit verallgemeinert zu haben, dass man nicht mehr befürchten muss, dahin missverstanden zu werden, dass wenn man von Grundwasser spricht, man Untergrundwasser (Tiefenwasser) meine, oder wenn man von letzterem handelt, man damit implicite auch Grundwasser mitverstehe, wie es mir z. B. in einigen Besprechungen meiner Schrift „Karst und Karsthydrographie“ (Sarajovo, 1909) widerfahren ist², weil ich, nähere Auseinandersetzungen für überflüssig haltend, die Unterscheidung zwischen eigentlichem Grundwasser und Untergrundwasser als gewissermassen selbstverständlich vorausgesetzt hatte.

Grundwasser ist das in lockere Oberflächenablagerungen eingesickerte, auf der relativ undurchlässigen Unterlage gestaute, nicht unter Druck stehende, sondern in seinen Bewegungen nur der Schwere folgende, daher zumeist in der Richtung der Untergrundsneigung mit zusammenhängendem Spiegel langsam rinnende Wasser.³

In dieser Definition ist namentlich wichtig, dass das Grundwasser auf einer *relativ undurchlässigen Unterlage* gestaut ist, dass es *nicht unter Druck* steht und dass es einen *zusammenhängenden Spiegel* bildet.

¹ Grundwasser u. Quellen. Braunschweig 1912. Zweite Auflage ebendort 1917. — „Der Begriff Grundwasser“, Zeitschrift f. Wasser-Versorgung, 1915, № 13.

² Selbst von Seiten so objektiver Referenten wie Dir. Dr. *Jul. Mayer* (Zeitschrift. f. Schul-Geographie XXXI, 1910, S. 97—104) und *L. v. Sawicki* (Hettners Geogr. Zeitschrift. XV, S. 185 f. u. a.).

³ In Anlehnung an Prof. *Steuer* möchte man neuestens den Begriff Grundwasser einengen und darunter nur einen, für gewisse technische Verwendungen erforderliche Eigenschaften aufweisenden Teil des gesammten Grundwassers verstehen. Die spezielle Qualität eines Wassers kan aber kein allgemeines hydrographisches Einteilungsprinzip abgeben, weil sie ja erst in jedem einzelem Falle ermittelt werden muss, wenn bereits nach anderen Kriterien festgestellt ist, mit welcher Art Bodenwasser man es zu tun hat. Auf *diese* Feststellung kommt es vor allem an.

Diese Haupteigenschaften des Grundwassers hat *Alfred Grund*,⁴ eben weil er die beiden Gruppen des Bodenwassers nicht unterschied, willkürlich auch dem von ihm so benannten *Karstwasser* zugeschrieben, worunter er (l. c. p. 172) das über der vom Meere landeinwärts ansteigenden Fläche des stagnierenden Grundwassers *fließende Grundwasser des Karstes* vorstelt, das ständig durch Niederschläge gespeist wird. Alle seine Profile und Skizzen zur Erläuterung der Bewegungen des Karstwassers (l. c. pag. 177, 178, 182, 184) beruhen auf der Annahme eines *nicht unter Druck stehenden zusammenhängenden Spiegels* und auf der einfachen Uebertragung der Bewegungsgesetze des Grundwassers auf das Karstwasser.

Das ist der Grundirrtum der Karstwasserhypothese.

Denn *Karstwasser ist kein Grundwasser und besitzt nicht dessen Eigenschaften*. Es ist im tiefen Karst *nicht* auf einer relativ undurchlässigen Unterlage gestaut, es steht im Gegensatz zum Grundwasser vielfach *unter gewaltigem hydrostatischem Druck*, von welchem es in seinen Bewegungen abhängt, und es bildet *keinen zusammenhängenden Spiegel*, sondern bewegt sich in einem Gwirre von teils einzeln verlaufenden, teils verschiedentlich verbundenen kluft-, spalten-, röhren-, und höhlenförmiger Gerinne, welche das verkarstete Gebirge in allen Richtungen durchziehen. Die gegenteiligen Behauptungen, namentlich hinsichtlich des zusammenhängenden Karstwasserspiegels, bzw. wie es *Grund* später einengend nannte, einheitlichen Niveaus, sind rein hypothetisch und spekulativ (ohne die geringste Tatsachenunterlage).

Dass sich das Karstwasser in Gerinnen und Höhlengängen bewegt, ist durch Hunderte von Belegen erwiesen, die sich täglich mehren, — man denke nur an die wichtigen bezüglichen Feststellungen *H. Schardt's* im Simplongebiet, oder an die grossartigen Erschliessungen im Dachstein- und Macocha-Gebiete —, für das Vorhandensein eines zusammenhängenden Karstwasserspiegels oder eines einheitlichen Karstwasserniveaus zumal im tiefen Karst, liegt aber kein einziger Beweis vor. Manche Anhänger der Karstwasserhypothese, machen sich die Sache sehr leicht. Alles in den unterirdischen Karstgerinnen fließende Wasser wird einfach als der „Vertikalzirkulation“, die *nota bene nicht gar zu wörtlich* genommen werden dürfe, hoch über dem „Grundwasserspiegel“ angehörig erklärt, demzufolge es gegen die Karstwasserhypothese, die für die Horizontalbewegung golte, nichts beweise. Das ist aber doch nur leere Wortspielerei, denn wo liegt denn dieser supponierte Grund- recto Karstwasserspiegel? Er soll ja doch vom Meere landeinwärts ansteigen und müsste daher unweit der Meeresküste des Karstes überall leicht nachzuweisen sein, was aber bis jetzt niemals gelang.⁵

⁴ Die Karsthydrographie. Studien aus Westbosnien. Penck's Geogr. Abhandlungen, VII, 3. Leipzig, 1903.

⁵ Diesbezüglich sind die eklatanten Fälle wichtig, welche von *G. And. Perko* in der inhaltreichen Abhandlung: „Die Tropfstein- u. Wasserhöhle „Dimnica“ bei Markovsina in Istrien“ Mitt. d. Geograph. Gessellsch. Wien, 52, 1909, p. 260, von Nabresina, Basovica und Triest mitgeteilt wurden. Hier überall reichten bergmännische Eingriffe bis unter das Meeresniveau, fanden aber nirgends Grundwasser.

Angesichts des Umstandes, dass die Karstwasserhypothese in Hydrotechnikkreisen, die ihr von allem Anfang an skeptisch gegenüberstanden, heute als abgetan zu betrachten ist, und mit Rücksicht darauf, dass auch die Geographen, welche noch Anhänger der Hypothese geblieben sind, ihre Geltung durch Ausnahmen und Umdeutungen zu Gunsten der Lehre von den Karstgerinnen selbst immer mehr einschränken, und ferner dass bezeichnender Weise die Zahl Deren stetig wächst, die glauben, eine sogenannte „vermittelnde“ Stellung einnehmen zu sollen⁶, wäre ein weiteres kritisches Eingehen auf Einzelheiten der Karstwasserhypothese zwecklos.⁷

Hingegen ist die Mittheilung von *Beobachtungstatsachen*, welche beweisen, dass das hydrographische Verhalten des Karstwassers von jenem des Grundwassers völlig verschieden ist und insbesondere, dass sich das Karstwasser *nicht flächenförmig, sondern in geschlossenen Gerinnen* bewegt, wegen ihres Ueberzeugungswortes auch weiterhin wichtig, weshalb im Folgenden einige solche Beweise näher dargelegt werden sollen.

Ich möchte zunächst auf die *hydrographischen Verhältnisse des Lušci Polje* SW. von Sanskimost in Westbosnien näher eingehen, weil dieselben für mehrere wichtige Erscheinungen der Karsthydrographie gewissermassen Schulbeispiele und zugleich *überzeugende Beweise gegen die Karstwasserhypothese* liefern, worauf ich bereits vor Jahren kurz hingewiesen habe.⁸ Es wird sich aus unseren Darlegungen auch ergeben, dass in der Zwischenzeit von anderer Seite veröffentlichte Bemerkungen über die Hydrographie des Lušci Polje⁹ auf unzulänglicher Kenntnis und irriger Auffassung der Sachlage beruhen.

Das Lušci Polje besitzt bei einer im allgemeinen nordwest-südöstlichen Längserstreckung eine durch den westwärts vorspringenden Hotišberg (812, bzw. Lisinac 815 m.) verursachte sanft S-förmig gewundene Gestalt von rd. 12 km Länge und im Norden 2·3 km, am Südende aber nur 0·6 km Breite. Es nimmt eine Fläche von rund 13 Quadratkilometern ein. Sein Bodon, dessen tiefste Stelle in etwa 370 m S. H. liegt, ist im Ganzen genommen, sehr eben, in der Detailskulptur aber bedeutend vielgestaltiger als es die Karte vermuten lässt. Namentlich werden die auebenden Alluvionen häufig von Rippen des Kalkgrundgebirges durchdrungen und überall sieht man zahlreiche Dolinen, besonders am Westrande des Polje und entlang der verschiedenen Jarugas (Gräben).

Die Neigung des Poljebodens geht nach vier Richtungen. Im nördlichen Abschnitt ist der Bodon südwärts, im mittleren, den man Tukbobija-Abschnitt nennen kann, nach Südosten, weiter südlich nach Osten und im südlichsten Teile bei Jelašinoveci nach Westen geneigt. Demzufolge fließt von den ober-

⁶ Solche „vermittelnde“ Stellungnahmen lehne ich ab, weil, wenn die Karstwasserhypothese nicht beliebig umgemodelt, sondern so genommen wird, wie sie vorgetragen wurde, es nichts zu vermitteln gibt. Die Hypothese ist einfach irrig.

⁷ Das Wesentliche, was in dieser Hinsicht zu sagen war, ist in meiner oben zitierten Schrift auseinandergesetzt.

⁸ Zeitschrift, d. Deutschen Geol. Ges. 57, 1905, Monatsber. p. 239.

⁹ Glasnik Zem. Muzeja za B. i H. XXV. 1913, p. 287.

tägigen Hauptwassergräben der seine Wässer am Nördrande des Polje auf der Südabdachung des Vitogora (607 m) sammelnde Velika Voda oder auch einfach Ponor-Potok genannte Bach nach Süden; auf der Südseite des Hotiš der Mlječikagraben nach Südosten; noch weiter südlich die Jezernica von der Oko-Quelle, deren Abfluss sie ist, nach Osten, und der Lanovac-Bach bei Medić, in Jelašinovci mit den benachbarten Rinnen nach Westen. Alle diese Gräben endigen in Schluckschlünden (Ponoren), der erste und die letzteren mehr gegen die Mitte des Polje, die Jezernica aber, nachdem sie die Mlječika aufgenommen, ganz am Ostrande am Fusse des Jovićino brdo.

Die steile Umrandung des Polje besteht auf der Westseite unmittelbar südlich von Lušci Palanka aus Rudistenkalk, weiterhin in Tukbobija aber aus einem flach gefalteten, sonst wenig gestörten System von dunkelgrauen bis schwarzblauen, dichten, meist dünnbankigen und lagenweise schieforigen Kalken, welche stellenweise schlanko Nerineen enthalten und wahrscheinlich der unteren Kreide oder dem obersten Jura angehören. Sie reichen etwa bis 100 m über den Poljeboden empor und werden dann von den mächtigen lichten bis weissen Rudistenkalken der Grmeč-Planina überlagert. Im Poljeboden brechen sie südöstlich von Praštala besonders in der Richtung gegen Vojnikovići öfters auf und dürften ihn etwa zur Hälfte einnehmen.

Auf der Nord- und Ostseite gehört die steile Umrandung des Lušci Polje vorzugsweise der Trias an. Im Norden und Nordosten sind es ausser der Predojevička glavica (692 m), die aus Kalk mit Aufbrüchen von Werfener Schichten besteht, lediglich Dolomite, welche in dieser Gegend die mittlere Trias vertreten. Sie bilden den Untergrund des ganzen, Miljevačko polje genannten nördlichsten Abschnittes des Lušci Polje und erstrecken sich in diesem mindestens bis Praštala, wovon weiter unten noch die Rede sein wird.

Auf der Ostseite im Hotišberge und entlang des Poljenrandes bis über Jelašinovci hinaus wird die Randböschung von hellen, grauweissen oder rötlichen, meist dickbankigen Kalken gebildet, deren Alter nicht ganz sicher ist. Nach ihrem Verbande mit Werfener Schichten scheinen sie der Trias anzugehören. Die Werfener Schichten kommen nur in kleinen Aufbrüchen zutage, so südöstlich von der Kirche, bzw. vom Hause des Jovo Ćurčić in Jelašinovci, dann in der Luftlinie gegen 2·5 Kilom. weiter nordwestlich beim Anwesen des Pavlo Medić, wo sie seinerzeit wegen eines mit ihnen im Verbande stehenden Roteisenerzschmitzes durch eine Rösche gut aufgeschlossen waren,¹⁰ und noch weiter nordwestlich nach *J. Turina* am Südostfusse des Hotišberges. Die beiden erstgenannten Aufbrüche liegen an einer Bruchlinie, welche von Jelašinovci bis Vojvodići das Lušci Polje begrenzt, das sich somit in *diesem* Teile an eine tektonische Linie anschmiegt. Ob die Aufbrüche am Fusse des Hotišberges damit ebenfalls zusammenhängen, ist vorderhand nicht sicher, jedoch möglich und würde dann die Störung auf der Ostseite des Hotiš gegen Bošnjaci verlaufen. Die petrographische Beschaffenheit der Kalksteine im Zuge Hotiš-Jelašinovci entspricht zwar jener der Triaskalke bei Sanskimost, jedoch ist immerhin

¹⁰ *Katzer*, Die Eisenerzlagerstätten Bosniens u. d. Hercegovina. Wien, 1910, p. 157.

zu beachten, das bei Jelašinovci Kalkbreccien entwickelt sind, die an ähnliche Kreidegesteine gemahnen und dass nach *Turina* am Westabhange dest Hotiš Schollen von Rudistenkalk liegen sollen. Im Poljeboden des Abschnittes von Jelašinovci und Tukbobija stossen diese hellen Kalko mit den Nerineenkalken zusammen, woiter in Norden liegen sie auf dem Dolomit von Lušci Palanka. In karsthydrographischer Hinsicht verhalten sich alle diese Gesteine ziemlich gleich.

Rund um das Polje entspringen Quellen.

Auf der *Westseite des Polje* sind es die am Fusse der Umrandung gelegenen grossen zeitweiligen Quellen Bušljenica, Bojana, Oko, die eigentlich eine Dauerquelle ist, und Suvaja, ferner mehrere in der Umrandung selbst entspringende, zumeist wenig ergiebige Dauerquellen, wie die Vodjonica oberhalb Lušci Palanka, von welcher das Wasser zur Gendarmeriekaserno, Schule und Kirche geleitet wird; die Čatrnja in der Nähe des Hauses des Jovan Stojanović, deren Wasser in einem trocken ausgemauerten Brunnen gesammelt wird, da die ehemals dort bestandene Cisterne seit etwa 15 Jahren zerstört ist; die Vodicaquelle beim Mile Drinjak; dann im südöstlichsten Abschnitt des Polje von Oko bis zum (alten) Dabrijević die Duellen: Kamenica, Mirošovac, Lipovac, Kovačovac, Bukovac, Dolac und Kučino, von welchen die beiden erstgenannten und Dolac zwar äusserst veränderliche Mengen, aber doch immer Wasser führen, während die anderen bei anhaltender Dürre aussetzen. Auch der Rakičovac-Brunnen hat ständig Wasser. Alle diese Quellen, von welchen einige primitiv gefasst, beziehungsweise in einen Trog geleitet sind, entspringen aus den vorerwähnten dunkelgrauen bis schwarzblauen, dem Grenzbereiche zwischen Jura und Kreide angehörigen, Nerineen führenden Schiefer- und Plattenkalken und ihre Entstehung beruht auf der relativen Undurchlässigkeit der stärkoren homogenen Kalkbänke gegenüber den ihnen auflagernden, ihrer schieferigen Beschaffenheit wegen von vielen Schichtfugen getrennten und ihrer Sprödigkeit wegen mehr zerklüfteten, daher durchlässigeren Schieferkalken, wobei die Schichtenneigung eine wichtige Rolle spielt. So z. B. entspringen die Quellen Mirošovac und Kamenica auf den entgegengesetzten Flügeln einer flachen Antiklinale. Das Sickerwasser der Schieferkalko rinnt im sanft nordwestlich geneigten Flügel zur Mirošovacquelle, im nach Osten einfallenden Flügel zur Kamenicaquelle.

Es besteht somit auf der Westseite des Lušci Polje eine Reihe von Quellen, die, da sie an bestimmte Schichten eines wenig gestörten Systems gebunden sind, alle in ziemlich gleicher Höhe, etwa 20—30 m über den Poljeboden entspringen, was aber *mit einem Karstwasserspiegel im Sinne Grunds gar nichts zu tun hat*. Es sind lediglich Austritte von Sickerwasser über einer bestimmten stauenden Schicht. Wichtig ist, dass die Auflagerungsfläche des Rudistenkalkes auf dem Nerineenkalk kein Quellenhorizont ist, sondern dass beide Formationen hydrographisch eine Einheit bilden.

Auf der *Nord- und Ostseite des Polje* entspringt eine grössere Anzahl zumeist ziemlich wasserreicher Dauerquellen, die in ihrer Ergiebigkeit zwar beträchtlichen Aenderungen unterliegen, aber nie aussetzen. Die bedeutendsten sind im Norden: Podbrdnjača und Miljevi, am östlichen Rande Brzeća, Podgora, Prošića točak, Zvečok und Lanovac. Die ersteren drei Quellen entspringen

aus Dolomit, die letzteren, nebst mehreren dazwischen gelegenen, aus Kalk und zwar in bis um cca 30 m verschiedenen Höhenlagen. Als Karstquellen betrachtet, müssten ihre Austritte nach der Hypothese unter dem Spiegel des Karstwassers liegen. Würde man das Vorhandensein eines solchen Karstwasserspiegels über den höchstgelegenen Quellen in ungefähr 450 m annehmen, so entsteht sofort die Frage, warum die anderen Quellen in wechselnden Höhenlagen viel tiefer ausbrechen, wo doch die Beschaffenheit und Zerklüftung des Gesteines überall die gleichen sind. Aber noch mehr: am Fusse derselben Lehne, in welcher die Quellen hervorbrechen, liegt an tiefstem Punkt des Polje in rd. 370 m S. H. der Jezernica-Ponor, welcher ständig Wasser aufnimmt und es in unbekannte Tiefen leitet, also gewissermassen zu einem hypothetischen anderen Karstwasserniveau.

Man sieht, dass in diesem Teile des Lušci Polje von einem *zusammenhängenden einheitlichen Karstwasserspiegel nicht die Rede sein kann*, sondern dass die Dauerquellen *untereinander völlig unabhängig* sind.

Mit Rücksicht auf die Jelašinovci-Bruchlinie könnten die Quellen übrigens teilweise aufsteigende Verwerfungsquellen sein. Trotz des Karstes rundum und trotz des benachbarten Karstschluckschlundes würden dann diese südlichen Quellen von der gleichen Art sein, wie in der Verkarstung nicht unterliegenden Gebieten und wären somit, ebenso wie die Quellen in der Westböschung des Lušci Polje, gar keine Karsterscheinungen. Nur die nördlichen, namentlich die aus Triasdolomit entspringenden Quellen, sind echte Karstquellen, die aber in ihrem Verhalten der *Grund*'schen Karstwasserhypothese nicht im geringsten entsprechen.

Sie entspringen in 400—430 m Seehöhe und nähren ansehnliche Bäche, die sich schliesslich in dem obenerwähnten Volika-Voda oder Ponor-Potok vereinigen, welcher inmitten des Poljo westlich von Muhamedagići in einem *Kumulativponor* verschwindet. Dieser besteht aus drei Einzelponoren, die sich in südöstlicher Richtung, etwa 10 m und 15 m von einander entfernt, aneinander reihen. Der nördlichste und der mittlere Ponor (A und B der Fig. 1) liegen ziemlich genau im Schichtenstreichen des nach NO mit 21° Neigung einfallenden, wohlgebankten hellen Kalkes, der rund um die Ponore ausbeisst, und haben beiläufig dieselbe Höhe. Der südliche Ponor (C) ist nach Westen mehr ins Liegende vorgeschoben und liegt etwa 30 cm höher als die beiden anderen. Er schluckt, wenn er in Tätigkeit tritt, am meisten Wasser. Unter normalen Verhältnissen und auch wenn der Bach mässig anschwillt, nehmen die Ponore A und B das ganze Wasser auf. Steigt das Wasser aber höher, dann füllt sich zunächst die Rinne von B zu C und auch dieser letztere Ponor wird wirksam. Er ist imstande erhebliche Wassermengen aufzunehmen, aber wenn diese immer zunehmen, stauen sie sich schliesslich von den Ponoren und es tritt eine lokale,

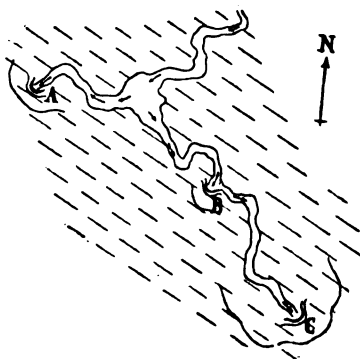


Fig. 1. — Die Ponore des Velika Voda oder Ponor-potok im Lušci Polje.

allmählich nach Osten anwachsende Ueberschwemmung dieses Abschnittes des Lušci Polje ein. Die Ursache der Ueberschwemmung ist hier *ausschliesslich das Misverhältnis zwischen dem Wasserzufluss und der Aufnahmefähigkeit der Ponore, welche immer nur Wasser schlucken, aber nie abgeben.*

Jede gegenteilige Behauptung ist unrichtig.

Ich habe die Ponore im Jahre 1901, 1910 und 1913 in verschiedenen Monaten, bei teilweiser Ueberschwemmung und völliger Trockenheit des Polje besichtigt und sie *immer nur Wasser aufnehmend* gefunden, wofür ja übrigens schon ein Beweis darin beruht, dass der südliche Ponor erst in Tätigkeit tritt, wenn die beiden anderen das zuströmende Wasser nicht mehr bewältigen können. Ich habe mich auch vielseitig erkundigt und Alle, die überhaupt etwas Sicheres über die Sache anzugeben wussten, bestätigten, dass diese Ponore *absolut keine Wechselschlünde* sind, sondern *immer nur Wasser schlucken*. Bei Ueberschwemmungen bilden sich daher über ihnen, besonders über dem dritten, Wirbel. Ein Ausströmen von Wasser aus den Ponoren, wie es nach *Grunds* Karstwasserhypothese der Fall sein müsste, *niemals* statt.

Das gleiche gilt von *Jezernica-Ponor*, der ebenfalls *immer nur Wasser aufnimmt*, aber *nie welches abgibt*, ebenso wie von mehreren von den über das Polje verstreuten kleinen Ponoren von geringer Kapazität.

Neben diesen ausschliesslichen Schluckschlünden gibt es im Lušci Polje aber auch Ponore, aus welchen zu Zeiten *Wasser ausbricht* u. zw. zuweilen *mit grosser Gewalt*. Solche Erscheinungen sind mit der Annahme eines allgemeinen flächenweise aufsteigenden Karstwassers *absolut unvereinbar* und gehören zu den stärksten Beweisen gegen *Grunds* Hypothese. Denn würden Ueberschwemmungen der Poljen durch das ansteigende Karstwasser bewirkt werden, dann müssten alle Ponore, die doch zweifellos die Hauptwege der unterirdischen Wasserzirkulation sind, in gleicher Weise von unten mit Wasser erfüllt werden und könnten keines schlucken. Ganz besonders wäre dann aber ausgeschlossen, dass z. B. ein Ponor ausschliesslich nur Wasser aufnimmt, während aus einem anderen, unweit gelegenen Ponor Wasser hervorbricht. Solche Vorgänge sind *nur durch getrennte Gerinne* erklärlich und namentlich ein momentaner Wasserschwall, oder ein von grossem Ueberdruck zeugender Wasserauftrieb wäre ohne das Vorhandensein intramontaner geschlossener Gerinne ganz unmöglich.

Die im Folgenden dargelegten Belege aus dem Lušci Polje scheinen mir *für den tatsächlichen Bestand von Karstgerinnen vollkommen überzeugend* zu sein.

Zunächst möchte ich auf das Höhlengerinne **Praštala** auch **Majdan** genannt, südlich von Lušci Palanka näher eingehen und meine seinerzeitige **Notiz** darüber¹¹ ergänzen.

Der Eingang in dieses Höhlengerinne, welches kein Wasser schluckt, sondern nur abgibt, liegt (mit dem Aneroid bestimmt) 37 m unter der Kote

¹¹ Zeitschrift. d. D. geol. Ges. 57: 1905, I. c. Vergl. auch A. Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, 4. Aufl., 1908, p. 478.

der Schwelle der Gendarmeriekaserne in Lušci Palanka, deren Seehöhe ungefähr 420 m beträgt, so dass der Praštalahöhleneingang in annähernd 383 m S. H. liegt.¹² Es ist eine, in einer Vertiefung befindliche ovale Oeffnung von etwa 3 m Länge und 1·5 m Breite, die in einen 4·6 m tiefen, nach NNW. steil geneigten Schacht führt, in welchen man mittels einer Leiter einsteigt. Von der Sohle des Schachtes erhebt sich in entgegengesetzter Richtung ein Kamin, der im oberen Drittel verbrochen und naturbrückenartig von verklemmten Gesteinsblöcken überwölbt ist. Nach Westen

geht von der Schachtsohle ein etwa 1 m breiter stollenartiger Hohlraum etwa 1·5 m in die Tiefe zu einem kleinen Felsbecken (A in Fig. 2), aus welchem *zuweilen Wasser aufquillt*, worauf weiter unten zurückzukommen sein wird. Von dort führt mit mässigem Gefälle ein Gang cca 4 m nach Nordwesten, um dann nach Südwesten umzubiegen. Im Umbug ist das Gerinne nur etwa 0·5 m breit, in dem 8 m. langen südwestlichen Stück erweitert es sich aber wieder bis auf 1·4 m und zeigt verschiedene Auswaschungen, Hohlkehlen und Rippen und gabelt sich schliesslich in zwei schmale Arme. Der südliche ist mit Lehm vertragen, während der nördliche zu einer Ausweitung führt, die *Bunar* (Brunnen) genannt wird, weil sich auf ihrem beckenförmig ausgetieften Boden immer etwas Wasser sammelt.

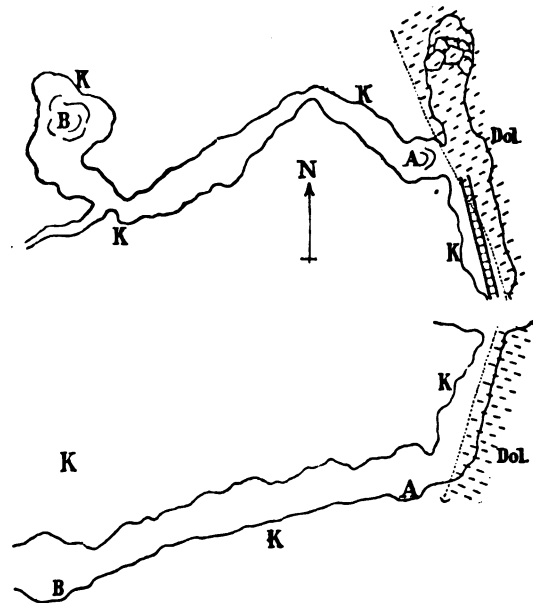


Fig. 2. — Grundriss (oben) und Aufriss (unten) des Höhlengerines Praštala oder Majdan im Lušci Polje.

Dol. = Triasdolomit; K = Kalk (Rudistenkalk?); A = kleines Becken, aus welchem zeitweilig Wasser ausbricht; B = Bunar (Brunnen).

Das Gerinne führt zweifellos weiter in die Tiefe, ist jedoch nicht weiter verfolgt worden. Die Länge des Gerinnes vom Schacht bis zum Bunar beträgt 17 m und der Bunar liegt rund 9 m unter dem Schachteingang, bzw. etwa 4·4 m tiefer als die Schachtsohle. Er hätte demnach die Seehöhe von cca 374 m. Während das Höhlengerinne bis zu dieser Kote meist trocken ist, schütten die 2—3 km nördlich und östlich entfernten Dauerquellen ständig Wasser und der boiläufig in der gleichen Seehöhe (appr. 375 m) gelogene Ponor schluckt es auf und leitet es in unbekannte Tiefen. Es ist klar, dass *hier von einem einheitlichen Karstwasserniveau nicht die Rede sein kann.*

In geologischer Hinsicht ist es von Interesse, dass der Praštala- oder Majdan-Höhlenschacht genau an der Grenze zwischen Triasdolomit und hellem

¹² Die durch Interpolation ermittelten Seehöhen können nur beiläufig sein, weil leider nur ein Aneroid zur Verfügung stand.

Kalk (Rudistenkalk?) liegt. Die ziemlich ebene, moosbedeckte Ostwand des Schachtes besteht aus Dolomit, die Westwand aus Kalk. Der nördliche Kamin liegt ganz im Dolomit, dessen Grenze gegenüber dem Kalk nordwestlich verläuft. Das ganze übrige Höhlengerinne befindet sich im Kalk. Es ist domnach sicher, dass bis mindestens über Praštala hinaus der Triasdolomit den Untergrund des nordöstlichen Abschnittes des Lušci Polje bildet.

Für gewöhnlich ist das Praštala- oder Majdan-Höhlengerinne bis zum Bunar trocken und die Anrainer holen das Wasser dann aus diesem „Brunnen“ meist nur zur Kühlung für Kranke, weniger für den Hausgebrauch. Wenn es einige Tage regnet, bricht jedoch im Becken A eine Quelle hervor und *rinnt westwärts zum Bunar*, welcher doch, wenn die Annahme eines ansteigenden zusammenhängenden Spiegels richtig wäre, viel früher mit Wasser angefüllt sein müsste als das 2·8 m höher gelegene Becken A. Hält der Regen längere Zeit an — angeblich mehr als 8 Tage —, oder, wie das Volk behauptet, wenn im Frühjahr in der Grmeč-Planina plötzlich Tauwetter eintritt, dann hebt sich das Wasser im Bunar rapid, überschwemmt allmählich den ganzen Höhlengang und das Becken A, und stoigt schliesslich im Schacht bis über die Eingangsöffnung, aus welcher es sich als ansehnliches Bächlein in das Polje ergiesst, zu dessen Uberschwemmung es beiträgt.

Dieses hydrographische Verhalten ist nur erklärlich durch die Annahme von *separierten Gerinnen*, von welchen sich das in A ausmündende früher mit Wasser füllt und die zum Bunar abfliessende zeitweilige Quelle speist, während jenes, welches im Bunar ausmündet, erst später und zwar mit viel grösserer Vehemenz, aber nur auf kurze Zeit, in Aktion tritt. Wenn der Rückzug des Wassers im Schacht rascher als gewöhnlich erfolgt, hört man ein Glucksen und Brausen, welche Geräusche das Volk für das Schnaufen eines grossen Tieres hält und sich dan fürchtet in den Schacht einzusteigen.

Etwas über 1 km nördlich vom Majdan-Höhlengerinne befindet sich ein *Brunnen (Šandrića bunar)*, welcher zwar immer, jedoch schlechtes Wasser führt, das nur zum Viehtränken, aber nicht zum Hausgebrauch verwendet werden kann. In der Nähe liegen *zwei Ponore*, die *tiefer* sind als der Brunnen, aber in der Regel *trocken* bleiben. Bei anhaltendem Regenwetter bricht jedoch aus beiden, besonders aber aus dem nördlichen Ponor, *auf einmal ein Wasserswall hervor*, der brodelnd und wallend bis zum Rand ansteigt, während das Wasser im Brunnen nur mässig zunimmt. Auch hier besteht somit *kein flächenweise ansteigender zusammenhängender Karstwasserspiegel*. Durch die Annahme mehr oder weniger isolierter Gerinne erfährt das hydrographische Verhalten jedoch eine einfache und befriedigende Erklärung.

Westlich von diesen Speischlünden, am Rande des Polje bei Luke, befindet sich die zeitweilige Quelle *Bušljenica*. Ihre Ausmündung ist eine nach Westen etwas vorlängerte, gegen 8 m tiefe trichterförmige Doline von etwa 20 m Durchmesser, an die sich auf der Ostseite, wo sich das Terrain zum Poljeboden neigt, eine beträchtliche Anhäufung von feinem Sand anschliesst. Der Trichter führt in einen angeblich 4 m tiefen Schacht, von dessen Sohle nach Westen ein Gang abzweigt, in welchen noch nie jemand vorgedrungen

sei. Damit kein Vieh in den Schacht stürze, ist die Oeffnung am Boden des Trichters mit Baumästen und Zweigwerk verlegt. Obwohl dieser Ausbruchstrichter etwa 5 m *höher* liegt als die vorerwähnten Schluckschlünde beim Šandrića bunar, bricht aus ihm bei anhaltendem Regenwetter das Wasser *früher* hervor, als aus den letzteren, was mit der Karstwasserhypothese unvereinbar ist. Der Wasserauftrieb ist gewaltig, denn in wenigen Minuten pflegt der Trichter gefüllt zu sein und das Wasser strömt südostwärts zum Polje und wirft den erwähnten feinen Sand, gemischt mit grösseren Kalkgeröllen, aus. Angeblich schon zwei Tage nachdem das Regenwetter aussetzt, hört das Abströmen des Wassers von der Bušljenica auf und fängt alsbald auch im Trichter an zu sinken, so dass dieser in kurzer Zeit wieder leer ist. Hierbei wird der ausgeworfene Sand teilweise in den Schacht zurückgeschwemmt, wodurch hauptsächlich die regelmässig geböschte Dolinenform des Trichters bewirkt wird.

Die *Beschaffenheit des Sandes*, welchen die Bušljenica auswürft, ist wichtig.

Der Sand besteht aus völlig abgerundeten, zum Teil geglätteten Körnchen, die in der Grösse zwischen 0·05 und 0·5 mm differieren, welche bei den Extremdimensionen aber nur vereinzelt vorkommen, während ein Durchmesser von 0·1—0·3 mm beiweitem vorherrscht. Durchschnittlich 70—80% der Körnchen sind *Quarz* (Hornstein, Kieselschiefer, Jaspis) mit einer Beimengung von etwa 5—10% verschiedener *Silikate*, 15 bis 20% sind *Bauxit*, der Rest ist *organischen Ursprunges*, hauptsächlich verkohlte Pflanzenspreu und Muschelchalengereibsel. Die Quarz- und Silikatkörnchen sind untergeordnet von schwarzer, vorzugsweise aber von gelblicher Farbe und da der Bauxit zumoist rot oder braun ist, erscheint die Gesamtfarbe des Sandes bräunlich gelb. Die schwarzen Sandkörnchen scheinen zumeist Kieselschiefer, zum Teil vielleicht auch Turmalin zu sein. Mit diesem feinen Quarzsand bringt die Bušljenica auch spärliche Gerölle von grauweissem Kalkstein zutage, die Nuss- bis Apfelgrösse erreichen und von dem sehr kräftigen Auftrieb zeugen, mit welchem das Wasser im Ergusstrichter aufquillt.

Ferner sind dem Sande immer ausser dem Gereibsel auch grössere Bruchstückchen von Wurmrohren, Schnecken und besonders Schalen von *Dreissensia polymorpha fluviatilis* Pall. beigemengt. Bekanntlich ist diese langlobige, schon fossil im Jungtertiär vorkommende, wie angenommen wird, durch Flössholz aus dem aralokaspischen Gebiet verschleppte *Dreissensia* gegenwärtig in süssen und brackischen Gewässern Westasiens, Südost- und Mitteleuropas ungewein weit verbreitet, und auch auf der Balkanhalbinsel ist sie in einigen Varietäten vertreten. Die nähere Bestimmung der Schalen aus der Bušljenica ist indessen schwierig, weil sie von geringen Dimensionen — höchstens 8 mm Höhe und 5 mm Breite — sind, dass man sie wohl als jugendliche oder verkümmerte Formen betrachten muss. Alle an ihnen vorgenommenen Messungen ergaben ein Verhältnis der Länge zur Breite und Dicke von i. M. 1:0,7:0,3, welches Verhältnis nach den Massangaben *Andrusovs*, welcher *Dreiss. poly-*

morpha mit ihren zahlreichen Varietäten in seinem Dreissensidaeenwerke¹³ besonders eingehend behandelt, jenem der *Dreissensia polymorpha fluviatilis* var. *elata* (l. c. p. 353, Taf. XX, Fig. 25) noch am nächsten käme.

Aus allen diesen Feststellungen, auf welche weiter unten nochmals verwiesen werden wird, ergibt sich zunächst, dass die Bušljenica die *Ausmündung von rinnendem Wasser* ist, welches imstande ist Bruchstücke von Kalkstein, Bauxit und Kieselgesteinen *vollkommen abzurollen*, was ein ausreichend *offenes intramontanes Gerinne mit genügendem Gefälle* voraussetzt. Ferner, dass der Sand und die Gerölle, welche von der Bušljenica ausgeworfen werden, *zweierlei Ursprungs sind*.

Die Kalkgerölle können Rudistenkalk sein und dem der Mündung nächst gelegenen Gebirgsabschnitt entstammen.

Der feine Quarz- und Bauxitsand, der aus dem Karstkalk selbst in solcher Menge und Reinheit nicht stammen kann, muss jedoch einen weiter entfernten Ursprung haben und kann eventuell bereits in ähnlicher Beschaffenheit, wie er von der Bušljenica zutage gebracht wird, in ihr Gerinne eingeschwemmt worden sein, was ebenfalls einen genügend *freien Lauf und ausreichende Transportkraft des Wassers* voraussetzt, was nur in einem geschlossenen Gerinne, nicht aber in einer ausgedehnten, einheitlichen, alle Klüfte des Karstkalkes füllenden Wasseransammlung möglich ist. Auch die *Dreissensien* könnten von der Tagesoberfläche des entfernten Einzugsgebietes in den unterirdischen Bušljenicalauf hineingelangt sein. Leider wissen wir jedoch über das Vorkommen und die Verbreitung der rezenten *Dreissensia polymorpha* in Bosnien viel zu wenig, um daraus einen Anhalt für die engere Umschreibung des Einzugsgebietes der Bušljenica ableiten zu können.

Soviel darf indessen wohl als sicher bezeichnet werden dass *die Bušljenica ein intramontanes Gerinne besitzt*, welches mit irgendwelchen entfernten Schluckschlünden oder Wasseransammlungen in direkter Verbindung steht. Dieses Einzugsgebiet kann, muss aber nicht in der Grmeč-Planina gelegen sein, sondern könnte sich vermutungsweise auch irgendwo im Norden des Lušci Polje befinden, wo die geologischen Verhältnisse eher eine Erklärung für die Herkunft des Quarz- und Bauxitsandes bieten.

Etwas über 2 km südöstlich von der Bušljenica liegt ebenfalls am Rande des Polje, in der Nähe des Gehöftes des Vaso Praštala, ein anderer Erguss-trichter, genannt **Bojana**. Er befindet sich rund 12 m unter der Kote der Schwelle der Gendarmeriekaserne von Lušci Palanka, also ungefähr in 388 m Seehöhe, westlich von dem im Hochsommer austrocknenden Sumpfe Rašće Bara, in welchen sein Abflussgraben mündet. Seine Form ist die einer kleineren Doline von im südnördlicher Richtung etwas gestrecktem Umriss von etwa 15 m Durchmesser und 6 m Tiefe, die auf der Westseite, wo sie folsig ist, eine steilere Böschung besitzt als auf der Ostseite, wo die Wandung von sandigem Lehm gebildet wird. Auf der Westseite bildet der gebankte, unter 17°

¹³ *Andrusov*: Fossile und lebende Dreissensidae Eurasiens. S. Petersburg 1897, p. 335—336, Taf. XVIII u. XX.

nach 1^h 12^o einfallende graue Nerineenkalk, in welchen die Bojana eingetieft ist, zwei Rippen, oberhalb welcher eine Art Halbbecken entwickelt ist, wo möglicherweise ehemals auch ein Wasseraustritt stattfand. Der Querschnitt des Bojanatrichters zeigt demnach die in Fig. 3 veranschaulichte Form. Der Boden des Trichters ist mit verbrochenen Kalkblöcken bedeckt.

Nach wolkenbruchartigen, oder nach etwa 8 Tage anhaltenden gewöhnlichen Regen bricht aus den Klüften zwischen den Steinen unter Gurgeln und Glucksen auf einmal ein Wasserschwall hervor mit so kräftigem Auftrieb, dass der Trichter in Nu voll ist und das Wasser sich zur Rašće Bara zu ergiessen beginnt. Bozeichnend für die Schnelligkeit, mit welcher das Wasser ausbricht, ist die Erzählung der Leute, dass vor einigen Jahren ein Mädchen abends ein verlaufenes Kalb suchte und des beginnenden Gurgelns in der Bojana nicht achtend in den Trichter hinabstieg, um auch dort Nachschau zu halten. In diesem Moment brach das Wasser hervor, so plötzlich, dass das Mädchen nicht imstande war aus dem Trichter wieder herauszukommen, vom Wasser erfasst wurde und ortrank.

Ein so schwallartiges rapides Ansteigen könnte durch über eine grosse zusammenhängende Fläche ausgebreitetes Karstwasser niemals bewirkt werden, was allein es schon zweifellos macht, dass auch der

Bojana-Speischlund die Ausmündung eines *eigenen intramontanen Gerinnes* ist, welches, ähnlich wie bei intermittierenden Quellen überhaupt, Verbindung mit einem beträchtlicheren Hohlraum hat, aus welchem das angesammelte Wasser hervorstürzt, wenn das aufwärts gebogene Auslaufstück als Heber zu wirken beginnen kann.

Im Gegensatz zu den Forderungen der Karstwasserhypothese steht auch weiter der Umstand, dass, obwohl die Bojana etwa 2 m höher liegt als die Bušljenica, sie immer ein bis zwei Tage *früher* als die letztere mit dem Auswerfen von Wasser beginnt und ausserdem nach Behauptung der Anrainer häufig genug in Tätigkeit tritt, während die Bušljenica trocken bleibt.

Nicht ganz 3 km südöstlich von der Bojana entspringt ebenfalls am Südwestrande des Lušci Polje und auch aus Nerineenkalk die grosse, immer Wasserführende, nur hinsichtlich der bis zum Abfluss des Wassers in das Polje gesteigerten Ergiebigkeit intermittierende Quolle **Oko**.

Ihr Ausströmungstrichter ist eine, in einer cirkusartigen Terraindepression eingesenkte, etwa 25 m tiefe, schachtartige Grube, wahrscheinlich ein erweiterter alter Einbruchsschlot von fast kreisrundem Querschnitt mit oberem Durchmesser von etwa 30 m und unterem von zirka 6 m. Die Umrandung auf der Südostseite der Grube ist steiler als auf der Nordwestseite, wohin der Abfluss in den Jezernica-Graben stattfindet. Am Fusse der südöstlichen Steilböschung befindet sich am Schachtboden ein gegen 4 m langer und 2·5 m breiter Tümpel,

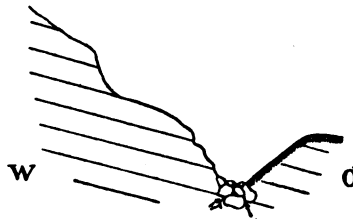


Fig. 3. — Querschnitt des Erguss-trichters der Bojana — Quelle im Lušci Polje.

welcher ständig mit Wasser gefüllt bleibt, dessen Spiegel nur so geringfügig schwankt, dass es den Leuten scheint, er stehe immer auf gleicher Höhe. An Wassermarken, besonders auf der Ostseite des Tümpels, erkennt man jedoch, dass er um einige Centimeter steigt und fällt.

Der ganze Schacht steht in wohlgebanktem, schwarzblauem Nerinconkalk an, dessen Schichten unter geringen Winkeln ($5-10^\circ$) nach Südwesten einfallen. In der sanfteren nordwestlichen Böschung der Grube ist ein Steig vom Polje zum Wassertümpel herabgeführt, um den Leuten das Wasserholen und dem Vieh, welches den Tümpel leider sehr verunreinigt, die Tränke zu erleichtern.

Einige Erscheinungen im Ergusstrichter der Ookoquelle erheischen besondere Beachtung.



Fig. 5. — Der Ausbruchstrichter der Ooko-Quelle im Lušci Polje von oben gesehen.

Etwa 4 m unter dem Tagrande des Trichters verläuft etwas unregelmässig eine Hohlkehle, deren mehrfach unterbrochene überhängende Balmen teilweise übersintert sind und eine deutliche Hochwassermarke tragen (1 in Fig. 4). Auf der Nordostseite befindet sich cca 2 m über diesem Balmenkranz noch eine zweite, minder ausgeprägte und nur kurz anhaltende Hohlkehlnische (2 in Fig. 4), die immerhin beweist, dass das Wasser noch erheblich über die Hauptmarke ansteigen kann (I und II in Fig. 5).

In der Nordostböschung ist etwa 15 m über den Trichterboden eine grössere Höhlenausmündung (*a* in Fig. 4) vorhanden und südöstlich von ihr ein kleineres Fenster (*b*). Es hat den Anschein, als ob aus beiden zeitweilig Wasser ausbrechen würde, jedoch konnte ich es selbst nicht beobachten und die Leute wissen es nicht bestimmt zu sagen. Noch weiter südöstlich und tiefer als das Fenster, immerhin aber noch 9 m über den Trichterboden, befindet sich über einer stärkeren Kalkbank eine Schichtfugon-Gerinnenausmündung (*c* in Fig. 4), aus welcher spärlich Wasser rinnt, das sich in dünne Strähne verteilend, ständig in den Okotümpel tropft. Wie gering die Wassermenge ist, so beträgt sie schätzungsweise doch 3—5 Lit. pro Stunde, d. h. etwa 120 Lit. pro Tag, was immerhin zum Ersatz der Wasserentnahme aus der Ookoquelle beiträgt. Die ganze Erscheinung ist eine Analogie der oben erwähnten Quellen Mirošovac und Kamenica.

Die gegenüberliegende nordwestliche Böschung des Okotrichters wird zum grösseren Teil von Sand und Schotter bedeckt (*p* in Fig. 4 und 5), welcher von der Ookoquelle bei ihrem heftigen Ansteigen ausgeworfen wird. Dieser Sand reicht nicht nur bis zur Randeinkerbung, durch welche der Ookoabfluss stattfindet, sondern wird auch über diesen hinweg weiter geschwemmt und häuft sich entlang des Grabens (Jaruga) an, welcher der eigentliche Beginn der Jezernica ist. Da das aus der Ookoquelle hervorbrechende Wasser beträchtliche Stosskraft besitzt, wird der Sand in der Jaruga weit hinausgeführt und gewissermassen aufbereitet, indem die gröberen Gerölle nächst der Quelle liegen bleiben, der feinere Sand aber weiter verfrachtet wird; und da das Okowasser bei seinem Höchststand oft 2 m über die Sohle des Grabens an-

steigt, kann sich der Sand und Schotter vor dem Quellenschacht bis zu dieser Höhe aufhäufen, zumal beim Rückströmen des Wassers in die sinkende Oekoquelle das Material teilweise wieder zurückgeschwemmt wird. Durch dieses abwechselnde Vor- und Zurückschieben entstehen die niedrigen Sand- und Schotterwälle, welche beiderseits den Quellenabfluss begleiten (Vergl. Fig. 4).

Das nach Nordwesten gerichtete Anfangstück des Abflussgrabens der Oekoquelle ist nur kurz, da sich diese Jaruga (Beginn der Jezernica) alsbald nach Nordosten und dann in vielen Windungen nach Osten wendet. Dort, wo der Umbug nach NO. erfolgt, schliesst sich in entgegengesetzter Richtung, also gegen Südwesten, eine kurze, von der Andeutung eines Cirkus am oberen Ende abgeschlossen, etwas verbreiterte Talung an, die, obwohl jetzt angeblich stets trocken, den Eindruck macht, als wenn dort auch zeitweilig Wasser zum Abfluss gelangt wäre. (Vergl. Abb. 4)

Der Sand und Schotter, welchen die Oekoquelle auswirft, ist von *ganz verschiedener Beschaffenheit wie der Sand der Bušljenica*. Er besteht nämlich zu 80% aus *Kalk*, und zwar bei weitem überwiegend aus dunklem Nerineenkalk, weshalb auch die Farbe des Sandes dunkel blaugrau ist. Alle Bestandteile des Sandes und Schotters sind gleich *vollkommen abgerollt*. Manche Gerölle sind etwas plattig, weil sie von schieferigem Gestein stammen. Die grössten Gerölle sind vereinzelt bis apfelgross, meist halten sie sich aber zwischen 2 und 5 cm im Durchmesser, jedoch sind auch diese verhältnismässig untergeordnet gegenüber Körnern von 0.5 bis 1.0 cm Durchmesser, die im gröberen Sand stets stark vorherrschen. Dazu gesellt sich feinerer Sand von Hanf- bis unter Mohnkorngrösse, der aber nur einen geringen Bruchteil des ganzen Materials ausmacht. Der gröbere Sand besteht, wie gesagt, zu vier Fünfteln aus dunkel blaugrauem bis schwarzblauem, zum Teil auch taubengrauem dichtem Kalk, ferner aus etwa 15% *Bauxit* von zumeist braunroter und bräunlichgelber Farbe, häufig kleinoolithisch ausgebildet, während der Rest auf samtsschwarze, vollkommen glatte, hochglänzende, wie poliert aussehende Kieselschieferkörner und etwas Quarz und Silikate entfällt.

Die vollkommene Abrollung aller Bestandteile des Sandes und Schotters beweist, dass sie einen *beträchtlichen Transport in rinnendem und stürzendem Wasser* hinter sich haben. Es müssen demnach zur Oekoquelle unterirdische Wasserläufe führen, welche dieser Bedingung einer *ganz erheblichen* mechanischen Erosion entsprechen, was nur bei geschlossenen Gerinnen möglich ist. Ein zusammenhängendes, allmählich flächenweise steigendes und fallendes Karstwasser vermag keine Gerölle zu erzeugen und zu transportieren. Da die bei weitem vorherrschenden Bestandteile des Sandes und Schotters dunkler Nerineenkalk sind, ist es zweifellos, dass die Gerinne vorzugsweise in diesem verlaufen, aus welchem aber der relativ sehr beträchtliche Anteil von Bauxit nicht stammen kann, da wir zwar Auflagerungen, aber bisher keine Einschichtung von Bauxit in den Nerineenkalken kennen. Der Bauxit scheint somit von der Tagesoberfläche in das Okogerinnesystem eingeschwemmt zu sein und dieses müsste demnach irgendwelche Verbindungen mit fliessenden Tagwässern haben.

Darauf scheint auch das verhältnismässig reichliche Vorkommen von *Dreissensia polymorpha fluviatilis* Pall. im Sand hinzuweisen, deren ganze Schalen sowie Bruchstücke und Gereibsel man nebst wenigen Schotter sowohl im Quellenschacht als auch in den Sandwällen vor demselben überall vorfindet. Die Schalen sind zwar zumeist etwas grösser als jene in der Bušljonica, erreichen aber doch kaum die Hälfte der Normalgrösse der *Dreissensia polymorpha*. Alle an den Oko-Exemplaren vorgenommenen Messungen ergaben ein Verhältnis der Länge zur Breite und Höhe wie 1:0.6:0.3, welches nach den Angaben Andrusovs nur mit den Maassverhältnissen der Var. *elata* übereinstimmt und sich jenen der Var. *occidentalis* nähert.

Bemerkenswert ist, dass im Okoschacht, auf der Nordwestseite an zwei Stellen (*r* in Fig. 4) der Sand durch Kalksinter zu einem festen, und durch eine tonigsinterige Masse zu einem mürben Sandstein vorfestigt ist, welche beide ebenfalls Dreissensien einschliessen und, wiewohl Gegenwartsbildungen, ältere Sandsteine vortäuschen. Der feste Sandstein entspricht in seiner Lage etwa der Hochwassermarken und bildet sich offenbar, wenn der Hochstand der Okoquelle längere Zeit andauert, aber unterbrechungsweise schwankt, so dass der Sand abwechselnd durchtränkt wird und wieder austrocknet, wobei sich durch die Wasserverdunstung Kalksinter ausscheidet und die Sandkörner verbindet. Da der Sinter ungefähr die Hälfte der ganzen Masse ausmacht, erteilt er dem festen Sandstein eine licht graugelbe, die grünlichbraune tonige Bindemasse dem mürben Sandstein aber eine schmutzig olivengrüne Farbe. Von den Sandkörnern, die zumeist Hanfkörnergrösse besitzen, entfällt der grössere Teil auf Nerineonkalk und vom Rest etwa die Hälfte auf die schwarzen glanzgeglätteten Kieselnkörner nebst etwas Quarz und Silikaten, die andere Hälfte auf Bauxit. Der mürbe Sandstein wird von unregelmässigen, fast rein tonigen, an Schalen-geribsel reichen Bändern durchzogen, der feste Sandstein erscheint teilweise wie plattig abgesondert, was aber keine Schichtung ist, sondern durch das Stoigen und Fallen des Okospiegels bewirkt wird.

Da die Bestandteile der Sandsteine identisch mit jenen der losen Akkumulate sind, fehlen in ihnen auch Dreissensien-schalen nicht, die darin stellenweise ziemlich reichlich, anderwärts wieder nur vereinzelt eingestreut erscheinen.

Hinsichtlich des nicht nur bei der Oko-, sondern auch bei der Bušljonica-Quelle besonders charakteristischen Anteiles von *Bauxit* in dem Auswurfmaterial, wäre zu bemerken, dass man Bauxit auch in grossen Geröllen und Gesteinen relativ reichlich in der Vorstufe der Grmeč Planina und am Westsaume des Lušci Polje antrifft, was darauf hinweist, dass in diesem Gebiete im Laufe der Abtragung, die nach der Eiszeit besonders intensiv einsetzte und an der Verkarstung wesentlichen Anteil hatte, ausgedehnte Bauxitlager zerstört und die Blöcke weithin verfrachtet wurden. Dabei wurden sie zum Teil zertrümmert und in Sand zerrieben, der in die unterirdischen Karstgerinne Eingang fand und nun in der Zusammensetzung des Auswurfmaterials der Quellen eine bemerkenswerte Rolle spielt.

Das Anstoigen der Ookoquelle erfolgt nach heftigen oder anhaltenden Regen *plötzlich* und im Verhältnis zum Volum des Quellenschachtes *mit beträchtlicher Schnelligkeit*. Wer eben bei der Quelle ist, um eines der landesüblichen Tragfässchen mit Wasser zu füllen, muss sofort zurückweichen, denn ehe er das Fässchen (etwa 25 Lit.) füllen könnte, würde ihm das Wasser bereits zu den Knien reichen. In durchschnittlich 10 Stunden ist der Quellenschacht voll und das Wasser beginnt sich in den Abflussgraben, beziehungsweise in das Bett der Jezernica zu ergiessen, die nun als Bach über das Polje zieht. Sinkt die Ookoquelle und hört der Wasserabfluss auf, dann trocknet die Jezernica vom Ursprung abwärts sukzessive aus und wird zu einem Grasband, das sich zwischen den Weiden, die ihre Ufer bezeichnen, hinschlängelt. In regenreichen Jahren oder nach schneereichen Wintern, bleibt die Ookoquelle

manchmal lang auf ihrem Hochstand und die Jezernica führt dann oft wochenlang Wasser. Hingegen kann es in trockenen Jahren geschehen, dass die Ookoquelle überhaupt nicht zum Ueberguss gelangt und die Jezernica trocken bleibt. Zumeist aber wechselt der Wasserstand. Z. B. im J. 1913 schwoll die Ookoquelle elfmal an, füllte den Graben und sank dann wieder auf ihren Tiefstand zurück, so dass die Jezernica in ihrem oberen Abschnitt elfmal Wasser führt und eben so oft wider trocken wurde. Während dieser Zeit schüttete die Bojana nur zweimal, die Bušljonica nur einmal Wasser, was abermals beweist, dass *von einem einheitlichen zusammenhängenden*

Karstwasserspiegel nicht die Rede sein kann, da die Ookoquelle beiläufig die gleiche Seehöhe hat wie die Bušljonica und gleichzeitig zum Erguss kommen müsste, wenn es einen gemeinsamen Karstwasserspiegel gäbe.

Der, wie vorhin erwähnt, nur geringfügig variierende Tiefstand der Ookoquelle erhält sich ständig, so dass die Quelle als permanent anzusprechen ist. Dass dieser Tiefstand nicht etwa, wie Anhänger der Karstwasserhypothese vielleicht zu behaupten gewillt wären, dem Stand eines supponierten Karstwasserspiegels der Grmeč Planina, bzw. des Karstes von Lušci Palanka entspricht, bedarf nach den obigen Darlegungen keiner Betonung.

Durch die Wasserzirkulation in Gerinnen lässt sich das Verhalten der Ookoquelle leicht erklären. Der Tümpel an der Sohle des Quellenschachtes (vergl. Fig. 5) dürfte unmittelbar mit einem Gerinne in Verbindung stehen, welches in einer Ausweitung eine grössere Wasseransammlung beherbergt, die durch das immerwährend zutropfende Sickerwasser davor bewahrt ist, unter einen gewissen Stand herabzusinken, aber allerdings auch nicht sehr merklich ansteigen kann, da selbst eine quantitativ relativ bedeutende Wasserzusickerung in der grossen Fläche, über welche sie sich verteilt, keine nennenswerte Niveau-

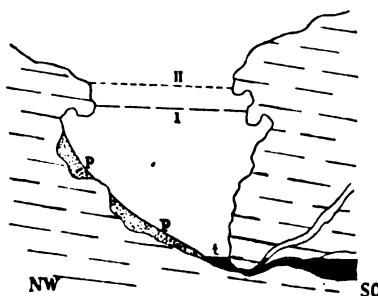


Fig. 5. — Querschnitt des Ausbruchtrichters der Ooko-Quelle im Lušci Polje.

p = Sand und Schotter; t = Tümpel am Boden des Trichters, worin sich ständig Wasser (schwarz gezeichnet) hält: I = normaler, II = ausnahmsweiser Hochwasserstand der Quelle.

veränderung bewirken kann, ebensowenig wie eine noch so beträchtliche Wasserentnahme aus dem Okotümpel¹⁴. Deshalb scheint der Wasserstand im Tümpel

Es könnte nun zwar bei anhaltenden Niederschlägen die supponierte Ausweitung des Hauptgerinnes sich soweit füllen, dass im Ausmündungsstück das Heberprinzip wirksam würde, jedoch wäre dadurch der beträchtliche Ueberdruck, unter welchem das in der Okoquelle schwallweise ansteigende Wasser offenbar steht, weniger befriedigend zu erklären, als wenn man nach Analogie von in vielen Höhlen tatsächlich beobachteter Fälle den *Bestand von Sekundärgerinnen* annimmt, welche, wenn sie sich füllen, ihr unter Ueberdruck stehendes Wasser direkt dem Ausmündungsstück des Hauptgerinnes zuführen (vergl. Fig. 5) und das Auswerfen von Schotter und Sand wesentlich mitbewirken. In jedem Falle bewegen sich, wie das ausgeworfene Material beweist, eben so wie das Hauptgerinne, auch diese Nebengerinne des Okosystems ziemlich zu Gänze im dunkeln Nerineenkalk.

Die vorstehenden Betrachtungen haben meines Erachtens den Beweis geliefert, dass *die hydrographischen Verhältnisse des Lušci Polje zwar durch die Wirksamkeit intramontaner Gerinne, aber niemals durch die Annahme eines zusammenhängenden, flächenweise ansteigenden und fallenden Karstwassers erklärt werden können*, und die eingehend besprochenen drei periodischen Grossquellen des Westrandes des Lušci Polje lehren überzeugend, dass dieselben *Ausmündungen von getrennten Gerinnen oder Gerinnesystemen* sowie *von einander unabhängig* sind, und dass sie mit einem gemeinsamen zusammenhängenden Karstwasser nichts zu tun haben.

Denn, um es kurz zu rekapitulieren: die Bušljenica wirft feinen Quarzsand aus mit wenigen Geröllen lichten Rudistenkalkes; die Bojana keine besonderen Mineralbestandteile, und die Okoquelle fast nur dunkeln Nerineenkalk. Würden die drei Gerinne oder Gerinnesysteme irgendwie zusammenhängen, so wäre eine Mengung der verschiedenen Gerölle- und Sandbestandteile unvermeidlich und es würde das von den Quellen ausgeworfene Material überall ziemlich gleichartig sein. Weil das aber nicht der Fall ist, so darf als sicher angesehen werden, dass sich die Gerinne in verschiedenen Gesteinen, beziehungsweise im vorliegenden Falle in verschiedenen Formationsstufen verzweigen.

Nach der vollkommenen Abrollung der Gerölle und des Sandes zu urteilen, müssen die Gerinne eine ansehnliche Erstreckung besitzen, beziehungsweise durch ihre Beschaffenheit den in ihnen strömenden Wasserläufen die weitgehende Zerkleinerung und Abrollung des Gesteinschuttes ermöglichen.

¹⁴ Wenn angenommen wird, dass die seeartige Ausweitung je 100 m lang und breit ist, also eine Fläche von 10.000 m² einnimmt; ferner dass der Tagesverbrauch der cca 40 Gehöfte, die sich aus der Okoquelle mit Wasser versorgen je 100 Lit., zusammen sohin 4000 Lit. beträgt; so entfiel, selbst wenn kein den Abgang paralysierendes Sickerwasser zutropfen würde, auf jeden m² der Seefläche ein Tagesabgang von 0.4 Liter, was eine Niveaudifferenz von nur 4 mm bewirken würde, die kaum wahrzunehmen wäre, stets gleich zu bleiben.

Und da das Wasser schwallartig mit Gewalt aus den Quellen ausbricht und imstande ist auch verhältnissmässig sehr groben Schotter auszuwerfen, steht es in den Gerinnen jedenfalls zeitweilig unter grossem hydrostatischem Druck.

Aus alledem geht hervor, dass das ganze hydrographische Regime des Lušci Polje *im vollkommenen Gegensatze zu Grunds Karstwasserhypothese* steht, hingegen aber in allen Einzelheiten *überzeugende Belege für die Lehre von den Karstgerinnen* darbietet.

Und ebenso wie im Lušci Polje werden auch sonst überall im Karst die hydrographischen Erscheinungen durch Systeme von Karstgerinnen, keineswegs aber durch ein zusammenhängendes, einen einheitlichen Spiegel bildendes und flächenweise ansteigendes und fallendes Karstwasser bewirkt.

Dr. Friedrich Katzer,
Sarajevo.
