Werk

Titel: Intermittierende Quellen in Jugoslawien

Autor: Gavrilovič , D.

Ort: Berlin

Jahr: 1970

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385984391_0101|LOG_0065

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Mitteilungen

Intermittierende Quellen in Jugoslawien

Die intermittierenden Quellen[1]) sind ausschließlich an Karstgebiete gebunden, treten aber auch dort im Vergleich zu anderen hydrographischen Erscheinungen sehr selten auf. Außerhalb Jugoslawiens wurden bisher insgesamt nur etwa 30 intermittierende Quellen festgestellt. In Bulgarien gehören zu dieser Art Quellen *Schiva voda* (Vitoscha) und *Hubtscha* (Rodopi); in Rumänien *Bujorul* (Apuseni) und *Călugări* (Apuseni); in Ungarn *Nagy-Tohonya* (Aggtelek), *Lófej* (Aggtelek) und *Imó* (Bükk-Gebirge). In Frankreich wurden durch detaillierte Forschung folgende Quellen erfaßt: *Fontestorbe* (Ariège), *Poudak* (Hautes Pyrénées), *Fontaine ronde* (Doubs); erwähnt werden *Puil Gros* (Chambéry), *Merveilles* (Abbaye), *Haute Combe* (Savoie) und *Poujade* (Causse Noir). In Belgien bestehen die Quellen *Crupet* und *Ivoir*, in Deutschland *Bullerbronn* (Westfalen), in der Schweiz *Engstler* (Luzern) und *Stockende Quelle* (Unter-Engadin), in Großbritannien *Horse trough* (Settle) und *Ebbing and flowing well* (Buxton), in der Tschechoslowakei die Quelle von *Ztratené* (Dobschina). Zu den intermittierenden Quellen zählen ferner: *Northwell* (USA), die Quelle auf der *Insel Sarem* (UdSSR) und *Vierge* (Israel).

Der allgemeinen Ansicht nach tritt der periodische Austritt von Wasser bei den intermittierenden Quellen als Folge der siphonmäßigen Entleerung unterirdischer Reservoire im Karst auf, aus denen diese Quellen gespeist werden. Trotz dieser einfachen Erklärung ist jedoch der Funktionsmechanismus der intermittierenden Quellen ungewöhnlich kompliziert und sehr mannigfaltig.

Lage und Funktion der intermittierenden Quellen Jugoslawiens

Innerhalb des Zeitraums 1963—1967 wurden in Jugoslawien Beobachtungen an einer größeren Anzahl von Quellen angestellt, die im Austritt des Wassers verschiedene Unregelmäßigkeiten aufweisen. Auf Grund dieser Beobachtungen wurden 11 Quellen ausgeschieden, von denen mit Bestimmtheit festgestellt wurde, daß sie die Charakteristiken intermittierender Quellen besitzen *(vgl. Fig. 1)*.

1. Quelle Homoljska Potajnica

Die Homoljska Potajnica befindet sich im Homolje-Gebirge 12 km nördlich des Städtchens Žagubica. Die Quelle bricht aus Kalkstein-Brekzie an der linken Seite des Flußtals des Potajnički Potok 9 m oberhalb des Flußbettes aus.

J. Cvijić [1896] stellte fest, daß der Wasserausbruch bei dieser Quelle 19—23 Minuten andauert und in Zeitintervallen von 39—49 Minuten auftritt. Nach J. Marković [1963] dauern

[1]) In der jugoslawischen Fachliteratur bestehen außer der Benennung *Intermitentni izvor*, die aus fremden Sprachen übernommen wurde, auch die folgenden lokalen Benennungen: *potajnica* (Serbien), *mukavica* (Serbien und Montenegro), *zaganjalka* (Slowenien). Englisch: *intermittent springs, tidewell, ebbing and flowing well*; französisch: *fontaine intermittente*; italienisch: *sorgente intermittente*; russisch: *sifonnij periodítscheskij istotschnik*; polnisch: *źródło intermitentne* tschechisch: *pramený občasné*; ungarisch: *idöszakos forrás*; rumänisch: *izvor intermitent, izbuc*; bulgarisch: *ritmitschni izvor*; usw.

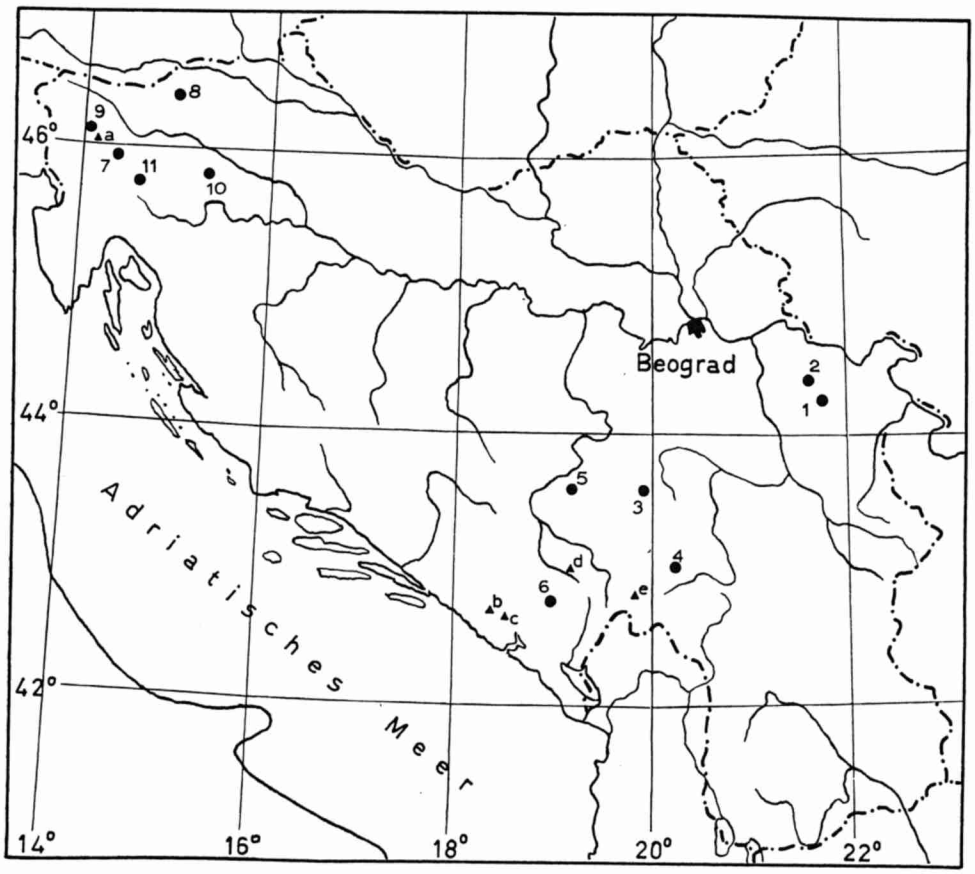


Fig. 1. Intermittierende Quellen in Jugoslawien:
1. Homoljska Potajnica; 2. Kučevska Potajnica; 3. Kojin Izvor; 4. Promuklica; 5. Bjeljevine; 6. Mukavica; 7. Lintvern; 8. Presihajoči Studenec; 9. Zaganjalka; 10. Minutnik; 11. Sv. Miklavž; a) Vrhčev; b) Oko; c) Zaslapnica; d) Šavnik; e) Zagradsko Vrelo

die Wasserausbrüche 21—25 Minuten an und treten in Intervallen von 3.32—3.57 Stunden auf. Da die einzelnen Wasserausbrüche und die Zeitintervalle zwischen ihnen nicht die gleiche Dauer besitzen, nimmt Marković an, daß diese Quelle ihr Wasser durch kombinierte Entleerung eines großen und einiger kleinerer unterirdischer Siphonreservoire erhält.

Wir haben auf Grund mehrjähriger Beobachtungen festgestellt, daß die Wasserausbrüche bei der Quelle Homoljska Potajnica etwa 30 Minuten andauern. Während einer solchen Eruption fließen 1300—1400 l Wasser aus. Die Eruptionen treten je nach der Jahreszeit in Intervallen von 2.42 Stunden (15. VII. 1966) bis 24 Stunden (18. VIII. 1964) auf. Zwischen den einzelnen Eruptionen beträgt die Quellschüttung 0,02 l/sec und erreicht nach kaum ein bis zwei Minuten nach dem Beginn der Eruption 3 l/sec Wasser *(Fig. 2)*. In der regenreichsten Zeit des Jahres, Ende Mai und Anfang Juni, wandelt sich die intermittierende Quelle in eine ständige Quelle um.

Östlich der Homoljska Potajnica auf der anderen Seite des Berges Mala Škljova befindet sich das Tal des Baches Ponorski Potok. Im Quellgebiet ist das Tal in kristallinische Schiefer ein-

geschnitten, im Unterlauf in Kalkstein-Brekzie. Am Kontakt zwischen Schiefer und Kalkstein ist eine Schwinde (Schwinde = serb. *ponor*, daher die Benennung des Baches). Am 10. V. 1965 bei einer Durchflußmenge von 5 l/sec wurden in die Schwinde 0,5 kg Uranin eingeworfen. Nach fünf Stunden trat an der intermittierenden Quelle, die in diesem Zeitpunkt keine Unterbrechung im Wasseraustritt aufwies, gefärbtes Wasser auf. Die Quellschüttung betrug 10 l/sec Wasser. Die intermittierende Quelle und die erwähnte Schwinde sind in gerader Linie nur 168 m voneinander entfernt, während der Vertikalabstand zwischen ihnen 18 m beträgt *(Fig. 3)*.

Durch dieses Experiment ist erwiesen, daß diese intermittierende Quelle zu einem Teil ihr Wasser aus dem Flußbett des Ponorski Potok erhält. Mit Rücksicht darauf, daß sich im Flußbett des Ponorski Potok nur zeitweilig Wasser befindet und daß an der Quelle im Lauf des Experiments eine weit größere Wassermenge austrat als die in die Schwinde abgesackte, erscheint es offensichtlich, daß das Wasser der intermittierenden Quelle in erster Linie aus Grundwasser im kristallinen Schiefer herrührt.

Mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der Spalten in der Kalkstein-Brekzie darf gefolgert werden, daß das unterirdische „Reservoir" der intermittierenden Quelle ein verflochtenes System schmaler Kanäle und kleiner Höhlungen darstellt. Obwohl sich die Schwinde im Flußtal des Ponorski Potok und die Quelle Homoljska Potajnica in geringer Entfernung voneinander befinden, wurde nicht bemerkt, daß die Quelle Gerölle aus den kristallinen Schiefern auswirft. Das zeigt, daß die Sammelspalten flußaufwärts vom „Reservoir" sehr eng sind. Die geringe Breite der unterirdischen Kanäle und ihre Verstopfung mit Schwemmablagerungen bedingten die langsame Fortbewegung des gefärbten Wassers.

2. Quelle Kučevska Potajnica

Diese Quelle befindet sich in der Flußenge des Pek flußabwärts des Städtchens Kučevo. Das Quellwasser tritt aus dem Kalkstein an der rechten Talseite aus. Vor etwa zehn Jahren wurde in unmittelbarer Nähe der Quelle ein Steinbruch angelegt. Durch die Arbeiten in diesem Steinbruch erfuhr der Mechanismus des intermittierenden Wasseraustritts eine Störung, und die Quelle wurde dann für den Bedarf der Arbeiterkantine gefaßt.

Laut den Beobachtungen J. Cvijićs [1896] trat bei der Quelle Kučevska Potajnica Wasserausbruch annähernd nach jeweils 3 Stunden und 30 Minuten auf, der Wasseraustritt selbst dauerte 15—17 Minuten an. Während der Regensaison wies der Wasserauslauf keine Unterbrechungen auf. Ungefähr 12 m oberhalb der intermittierenden Quelle und in 70 m Entfernung befand sich eine kleine Höhle, in der Wasser angesammelt war. Das Wasser pflegte dort allmählich bis zu einer bestimmten Höhe zu steigen, um sodann jäh in unsichtbaren Spalten zu verschwinden. Unmittelbar darauf kam es an der intermittierenden Quelle zum Wasserausbruch. Auf Grund eines dreimaligen „Gluckerns", das er in der Höhle hörte und nach welchem das Wasser immer schneller aus der Quelle Kučevska Potajnica floß, nahm J. Cvijić an, daß diese intermittierende Quelle in sukzessiver siphonmäßiger Entleerung aus drei unterirdischen Reservoiren gespeist wird. Für diese Annahme spricht auch die Tatsache, daß an der intermittierenden Quelle eine 3—4mal größere Wassermenge als jene austritt, die sich in der kleinen Höhlung ansammelt.

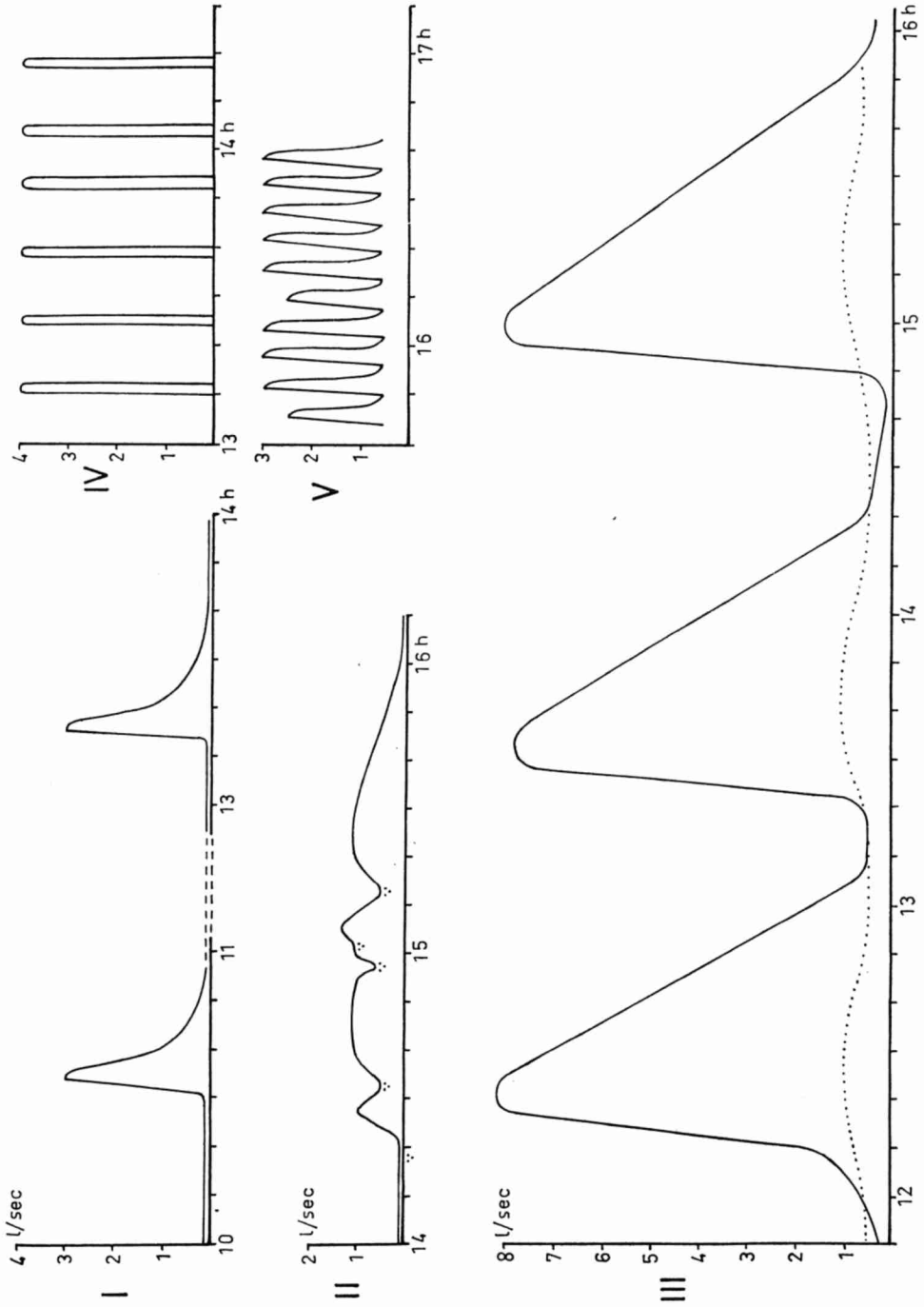
3. Quelle Kojin Izvor

Die Quelle befindet sich nördlich vom Mučanj-Gebirge in der Klamm des Flusses Mali Rzav, die in den Kalkstein eingeschnitten ist. Das Wasser tritt aus einer Mulde mit einem Durchmesser von 1,4 m und einer Tiefe von 15 cm am Kontakt der alluvialen Ebene und der rechten

---

Fig. 2. Diagramme der Schüttung:

I. Die Quelle Homoljska Potajnica 15. VII. 1966; II. Die Quelle Kojin Izvor 3. VIII. 1965; III. Die Quelle Promuklica 12. VIII. 1965 (die ausgezogene Linie gibt die Schüttung der intermittierenden Quelle an, die gestrichelte Linie die der ständigen Nebenquelle); IV. Die Quelle Presihajoči Studenec 12. VI. 1966; V. Die Quelle Minutnik 11. VI. 1966


I
l/sec
4
3
2
1
10
11
13
14 h
II
l/sec
2
1
14
15
16 h
III
l/sec
8
7
6
5
4
3
2
1
12
13
14
15
16 h
IV
4
3
2
1
13
14 h
V
3
2
1
16
17 h

Talseite aus. Der Boden der Mulde ist von Schuttsand und Erde bedeckt. Nur 4 m weiter tritt eine weitere Quelle aus, von der die ansässige Bevölkerung behauptet, daß sie nie versiege.

Am 3. VIII. 1965 traten aus der wassergefüllten Mulde rund 1 l/min Wasser aus. Um 14.22 Uhr begannen vom Muldengrund Luftblasen aufzusteigen. Unmittelbar darauf verstärkte sich der Wasserausbruch auf 1 l/sec, nahm etliche Male ab und sodann neuerlich zu. Jedesmal ging diesem verstärkten Wasseraustritt ein lebhafter Aufstieg von Luftblasen voraus. Um 15.03 Uhr wurde die maximale Schüttung von 1,25 l/sec Wasser registriert. Um 16 Uhr sank sie auf 1 l/min ab und blieb sodann bis zum Ende des Tages unverändert *(vgl. Bild 1 u. Fig. 2)*. Der Wasserausbruch dauerte 1 Stunde und 40 Minuten an. Die in diesem Zeitraum ausgetretene Wassermenge betrug rund 5 m³. Ähnlich wie die intermittierende Quelle verhielt sich auch die benachbarte „ständige" Quelle. Dieses ähnliche Verhalten beider Quellen weist darauf hin, daß sie aus demselben unterirdischen Kanal gespeist werden. Nach Aussagen der ansässigen Bevölkerung ist im Winter und Frühling die Quelle Kojin Izvor weit ergiebiger und weist keine Unterbrechung im Austritt auf.

4. Quelle Promuklica

An der rechten Talseite des Flusses Vidrenjak zirka 5 km flußaufwärts von dem Städtchen Tutin (Sandžak) befinden sich in einem Abstand von nur 2 m zwei Karstquellen. Die tiefergelegene fließt ständig, während die höher flußaufwärts liegende intermittiert. Die ständige Quelle liegt um nur 20 cm niedriger als die intermittierende, die sich 4,8 m oberhalb des Flußbettes befindet.

Wir besuchten diese Quelle am 12. VIII. 1965 nach einer längeren niederschlagslosen Periode. Von 11.50 Uhr bis 15.50 Uhr wies die intermittierende Quelle vier Stagnationsphasen und drei aktive Phasen auf. Die Stagnationsphasen dauern 15 bis 20 Minuten. Innerhalb der Beobachtungszeit betrug die Schüttung weniger als 0,5 l/sec. Nur einmal, von 14.43 bis 14.48 Uhr, setzte die Quelle vollkommen aus. Die aktive Phase dauert 50—60 Minuten. Während dieser Phase erreicht die Schüttung zuerst jäh ein Maximum von 8 l/sec, um sich sodann allmählich zu verringern *(Bild 3)*. Die zweite Quelle setzte in der Beobachtungszeit nicht aus, doch war auch in deren Schüttung ein regelmäßiges An- und Abschwellen bemerkbar. Zur Zeit der minimalen Schüttung der intermittierenden Quelle lieferte sie ständig 0,5 l/sec Wasser, zur Zeit der maximalen 1 l/sec. Im Laufe einer aktiven Phase von 60 Minuten liefert die intermittierende Quelle rund 14,4 m³ Wasser, während an der ständigen Quelle in derselben Zeit nur 2,5 m³ Wasser austreten *(Fig. 2)*.

Nach den von T. Vujisić [1963] angestellten Beobachtungen erhöht sich während der Regensaison die Schüttung der intermittierenden Quelle zuerst bis auf 16,4 l/sec und sinkt sodann auf 5,4 l/sec Wasser ab. Die Phasen minimaler Schüttung traten durchschnittlich nach je 46 Minuten auf. T. Vujisić nimmt an, daß die Nebenquelle durch einen unabhängigen Kanal direkt aus dem unterirdischen Reservoir gespeist wird.

5. Quelle Bjeljevine

Bei der Eisenbahnstation Setihovo an der Strecke Rudo-Višegrad unweit der Bauernsiedlung Bjeljevine befindet sich eine intermittierende Quelle gleichen Namens. Sie bricht am Fuß der linken Talseite des Flusses Suva Reka zirka 200 m flußaufwärts von dessen Mündung in die Radojna (linker Nebenfluß des Lim) aus. Das Tal des Flusses Suva Reka ist im Quellgebiet in kristalline Schiefer eingeschnitten, im Unterlauf in Kalkstein. Der in den Kalk eingeschnittene Teil des Flußtals trägt den Charakter einer tiefen Klamm, in der der Flußlauf den Sommer über austrocknet.

Die Quelle tritt aus einer erweiterten, horizontalen Spalte in der Kalksteinwand aus, die teilweise mit Sand und Schutt aus kristallinem Schiefer verschüttet ist. Oberhalb der Felsspalte hat man eine Holzhütte errichtet, die zu Badezwecken dient. Die ansässige Bevölkerung glaubt nämlich, daß dem Wasser dieser Quelle eine wundertätige Heilkraft zukommt. Alljährlich am

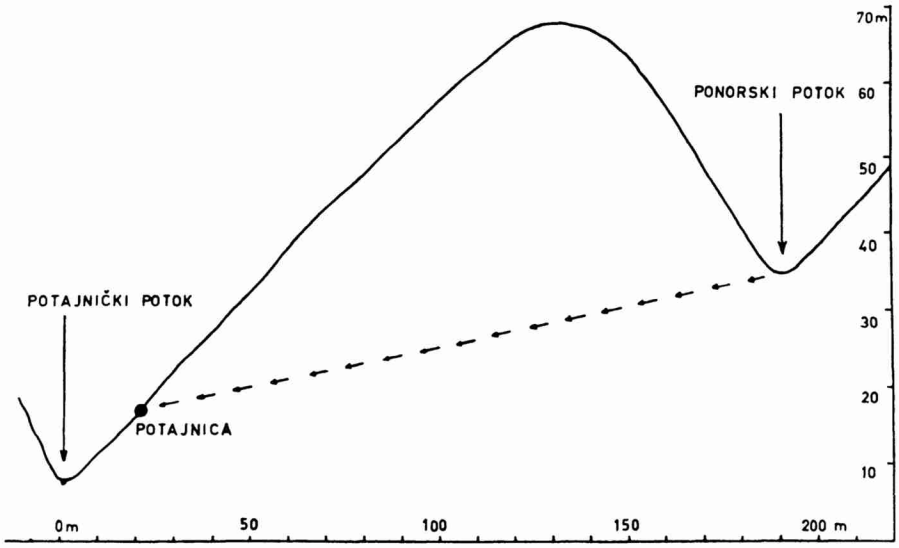


Fig. 3. Lage der Quelle Homoljska Potajnica und festgestellte unterirdische hydrographische Verbindung (Querprofil)

2. August finden an dieser Quelle große Volksansammlungen statt, an denen Tausende von Menschen teilnehmen.

An der Quelle Bjeljevine wurde Wasseraustritt am 1. VIII. 1965 von 14 bis 16 Uhr und sodann am 3. VIII. von 16 bis 18 Uhr beobachtet. Im Lauf des Sommers pflegt für gewöhnlich jeden dritten Tag Wasser auszufließen, jeweils zwei Stunden lang. Das aus der Spalte fließende Wasser sammelt sich zuerst in dem kleinen, primitiven Becken innerhalb der Holzhütte an. Aus diesem Becken verliert sich ein Teil des Wassers in den angeschwemmten Schuttablagerungen des Flusses, der Rest fließt oberflächlich in das nahe Flußbett ab. Mit Rücksicht auf diese Art des Wasserabflusses kann die tatsächliche Menge des austretenden Wassers nicht bestimmt werden. Zweifellos treten im Laufe einer Eruption etliche hundert Kubikmeter Wasser aus. Während des Frühlings sind die Wasserausbrüche bedeutend häufiger, aber am Sommerende und während des Herbstes, zur Trockenzeit, tritt monatelang kein Wasser aus. Eine der längsten Unterbrechungen im Wasseraustritt war vom 8. VIII. 1963 bis zum 5. I. 1964 feststellbar. Links vom Flußbett der Suva Reka, 53 m flußabwärts und 2 m niedriger als die intermittierende Quelle, befindet sich eine ständige Quelle. An der ständigen Quelle treten zirka 2 l/sec Wasser aus (am 5. VII. 1965).

Das im Ausgangskanal der intermittierenden Quelle abgelagerte Geröll aus kristallinen Schiefern stellt einen der Indikatoren dar, die darauf schließen lassen, daß die Quelle Bjeljevine ihr Wasser aus dem Quellgebiet des Tals der Suva Reka bezieht, wo der Fluß das ganze Jahr über nicht austrocknet. Die Lage und geringe Entfernung der ständigen Quelle von der intermittierenden lassen mit Sicherheit auf eine zwischen diesen beiden Quellen bestehende Verbindung schließen.

6. Quelle Mukavica

Die Quelle Mukavica befindet sich im Gornje Polje, dem nördlichen Teil des Nikšićsko Polje, nur 50 m rechtsab von der Straße Nikšić—Gornje Polje. Die Quelle liegt fast unmittelbar am Eingang des flachen Tälchens, das sich zwischen den Flußläufen der Sušica und des Rastovac in die zentrale Ebene des Feldes einschneidet. Nur einige Meter östlich von der Quelle liegen Kalkfelsen bloß.

Der ungewöhnliche Charakter der Funktion dieser Quelle wurde von Dj. Zloković [1930], D. Dukić [1950] und B. Radojičić [1953] bemerkt. Detailliertere Beobachtungen an dieser Quelle, vorwiegend in den Sommermonaten, wurden von D. Petrović und D. Dukić [1961] angestellt. Die Genannten stellten fest, daß die Eruptionen im Juni (1954) durchschnittlich 35 Minuten andauern und im September nur 15 Minuten. Die Unterbrechungen im Wasseraustritt dauern im Juni zirka 30 Minuten, im September 35 Minuten. Die Längendauer der einzelnen Eruptionen und Unterbrechungen im Wasseraustritt ist unausgeglichen. D. Petrović und D. Dukić nehmen an, daß dies die Folge einer kombinierten Entleerung zweier Siphonreservoire ungleichen Volumens ist. Außerdem wurde festgestellt, daß die Quelle Mukavica nur bei niedrigem Wasserstand der Flüßchen Sušica und Rastovac, beziehungsweise während des Sommers, den Charakter einer intermittierenden Quelle trägt, während sie im übrigen Teil des Jahres eine ständige Quelle darstellt.

Zur Zeit unseres Besuchs am 7. VIII. 1965 wies die Quelle Mukavica keine Unterbrechung im Wasseraustritt auf. In Intervallen von einer Stunde erhöhte sich die Quellschüttung von 7 l/sec auf 10 l/sec und verringerte sich sodann wieder bis auf 7 l/sec. Am Boden der 1,5 m tiefen Quellmulde geriet von Zeit zu Zeit der Sand in Bewegung und an der Oberfläche traten Wassersprudel auf. Unmittelbar darauf begann sich die Schüttung zu steigern.

Aus der Quelle Vidrovan im nördlichsten Teil des Gornje Polje bildet sich ein Fluß, der bis zur Estavelle Gornjepoljski Vir den Namen Poljašnica trägt und weiter flußabwärts nach der Einmündung des Flüßchens Rastovac den Namen Sušica. Auf Grund der Geländebeschaffenheit und der Abhängigkeit der intermittierenden Funktion der Quelle vom Wasserstand der Flußläufe Sušica und Rastovac kann geschlossen werden, daß die Quelle Mukavica aller Wahrscheinlichkeit nach ihr Wasser aus dem Flußbett der Poljašnica erhält. Auf die Möglichkeit dieser Verbindung weist auch die Anwesenheit von Fischen in der Quellmulde der Mukavica hin. Die angenommene unterirdische Verbindung beträgt in gerader Linie weniger als 2 km. Das Flußbett der Sušica, das von der Quelle Mukavica nur 700 m entfernt ist, liegt niedriger als diese Quelle und ist während des Sommers vollkommen trocken.

7. Quelle Lintvern

Die Quelle Lintvern[2]) (Lindwurmquelle) befindet sich im Tal des Bela-Flusses, 4,5 km flußaufwärts von dem Städtchen Vrhnika. Das Wasser bricht aus einer erweiterten, vertikalen Spalte im Dolomitgestein hervor.

Die Quelle Lintvern ist eine der am frühesten beschriebenen intermittierenden Quellen in Jugoslawien. Die ersten Angaben über diese Quelle stammen von I. Valvasor [1689, p. 594]. Bei dessen Besuch am 11. IX. 1684 ereignete sich nur eine einzige Eruption mit der Dauer von 15 Minuten. Nach Ansicht Valvasors muß das Wasser der Quelle Lintvern durch einen Siphon oder Heber ausfließen.

W. Putick [1903] besuchte die Quelle Lintvern am 30. V. 1903. Der Wasseraustritt dauerte damals 72 Minuten, die Schüttung betrug 400—450 l/sec Wasser. Seinen Messungen nach fließen während einer Eruption 350—400 m³ Wasser aus.

Das Wasser der Quelle Lintvern wird für die Wasserleitung des Städtchens Vrhnik benutzt. Zu diesem Zweck wurde oberhalb der Quelle eine Betonstube eingebaut und die Quelle selbst gefaßt und eine Leitung angelegt *(Fig. 4)*.

Während unseres Besuches am 17. IX. 1965 wies die Quelle eine ständige Schüttung von 1,5 l/sec Wasser auf, das durch das Rohr unterhalb der Betonstube ablief. Ab 10 Uhr begann sich das Wasserniveau in der gefaßten Spalte sehr langsam zu heben, so daß es um 14.15 Uhr um nur 5 cm höher lag als der ursprüngliche Stand. Um 14.20 Uhr hob sich der Wasserspiegel jäh, ergoß sich über die niedrige Steinmauer oberhalb der Rohröffnung und floß durch die Quellstube und weiter durch den vor dieser befindlichen Kanal ab. In den ersten 20—25 Minuten flossen durch diesen Kanal zirka 400—500 l/sec Wasser ab, dann begann sich die Wassermenge

[2]) Die Quelle erhielt diesen Namen, weil das Wasser von Zeit zu Zeit einen Olm *(Proteus)* auswirft.

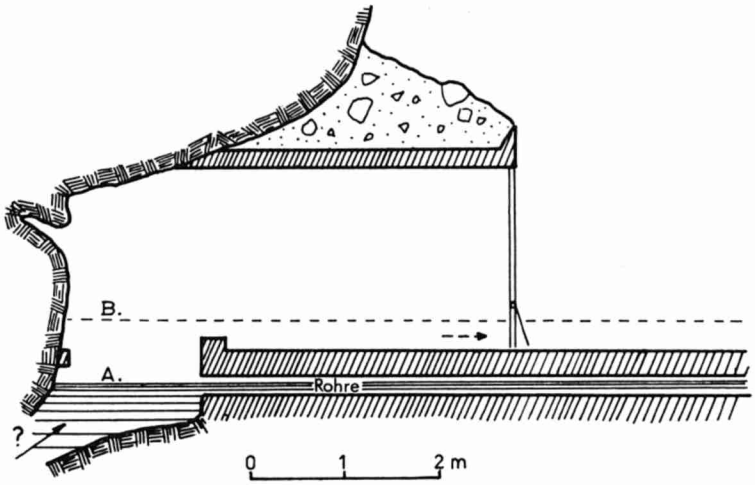


Fig. 4. Profil der Betonstube an der Quelle Lintvern:
A Wasserniveau zwischen den Eruptionen und B maximales Wasserniveau während der Eruption

wieder zu verringern, bis sie um 15.50 Uhr den vorherigen Stand erreicht hatte. Da diese Quelle gefaßt wurde und ein unterirdischer Kanal besteht, durch den gleichfalls eine gewisse Menge Wasser abläuft, der jedoch einer Beobachtung nicht zugänglich ist, konnte nicht festgestellt werden, wieviel Wasser tatsächlich im Laufe der Eruption ausgetreten ist. Allem Anschein nach besitzt das unterirdische Reservoir dieser Quelle eine ziemliche Kapazität.

Gelegentlich eines Besuches am 13. VI. 1966 ereignete sich an der Quelle kein einziger Wasseraustritt.

8. Quelle Presihajoči Studenec

Die Quelle Presihajoči Studenec befindet sich unterhalb des Felsens „Igla" in der Klamm des Flusses Savinja zirka 3,5 km flußaufwärts von dem Dorf Luče und bricht am linken Ufer der Savinja, 0,8 m oberhalb des Flußbetts, aus. Die Quellmulde wurde in Stein gefaßt und in ein Becken von 3 m Länge, 1,5 m Breite und 0,7 m Tiefe umgewandelt *(Bild 2)*.

Die Quelle ist aus der Fachliteraur schon seit 60 Jahren bekannt, war jedoch bisher nicht Gegenstand eingehenderer Forschung. F. Seidl [1908] äußert die Ansicht, daß der Funktionsmechanismus der Quelle Presihajoči Studenec die Folge der siphonmäßigen Entleerung einer unterirdischen Höhlung ist. Der Siphon ist durch Verwerfung entstanden, wodurch ein Teil des ursprünglich kontinuierlich geneigten unterirdischen Kanals in eine abnormale Lage gebracht wurde.

Während unseres Besuches am 12. VI. 1966 beobachteten wir sechs aufeinanderfolgende Wasserausbrüche. Nach durchschnittlich je 12—13 Minuten treten am Grund des Beckens kräftige Wassersprudel auf. Das Wasser läuft 2—3 Minuten und sein Niveau hebt sich während dieser Zeit um zirka 20 cm. Nach Aufhören des Wasseraustritts beginnt das Wasserniveau abzusinken, weil Wasser durch die Beckenwände abfließt, bis das Becken schließlich vollkommen trocken ist *(Fig. 2)*. Im Laufe einer Eruption treten zirka 500 l Wasser aus. Nach Regenfällen fließt die Quelle Presihajoči Studenec ohne Unterbrechung.

9. Quelle Zaganjalka

Die Quelle Zaganjalka befindet sich unterhalb des Dörfchens Cekljanski Vrh im Tal eines namenlosen Baches, der bei der Bauernsiedlung Straža von rechts her in den Fluß Idrija mündet. Die Quelle bricht am Fuß eines steilen Abhanges aus zerschmettertem Dolomit aus.

Gelegentlich unseres Besuches am 14. VI. 1966 wies die Quelle Zaganjalka eine Schüttung von ungefähr 4 l/sec Wasser auf. In aufmerksamer Beobachtung läßt sich erkennen, daß sich die Schüttung dieser Quelle in bestimmten Zeitabständen ändert. Etwa 50 Sekunden lang beträgt die Schüttung 4 l/sec, sodann 15 Sekunden hindurch 3 l/sec. Die maximale Schüttung tritt 10—15 Sekunden nach Beginn des verstärkten Wasseraustritts auf *(Fig. 5)*. Die Ortsansässigen behaupten, daß die Quelle Zaganjalka nie versiege.

Nach S. Logar [1957] steigert sich die Schüttung der Quelle Zaganjalka zuerst durch etwas mehr als drei Minuten und nimmt sodann in einer gleich langen Zeitspanne wieder ab. Diese ganze Erscheinung wiederholt sich ununterbrochen nach je sieben Minuten.

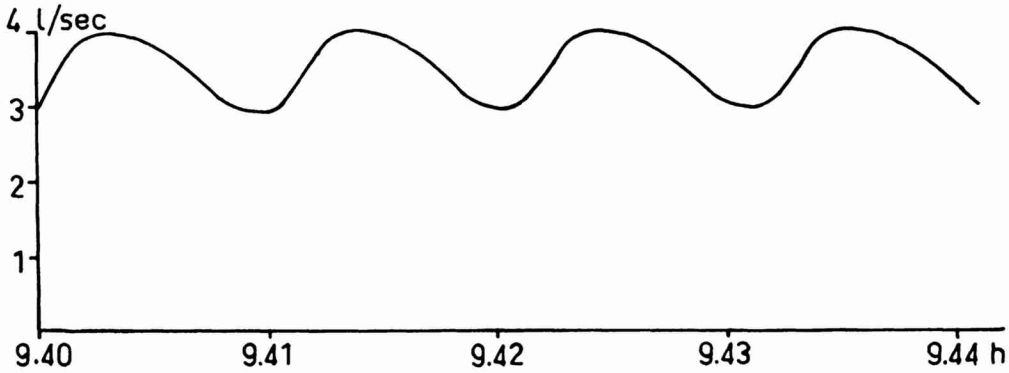


Fig. 5. Diagramm der Schüttung der Quelle Zaganjalka 14. VI. 1966

10. Quelle Minutnik

Die Quelle Minutnik befindet sich in der Klamm des Flüßchens Pendirjevka flußaufwärts von dem Dorf Cerovi Log an der Nordseite des Gebirges Gorjanci. Das Wasser tritt aus dem Mergelkalk an der linken Talseite 3,5 m oberhalb des Flußbettes aus.

Am 11. VI. 1966 beobachteten wir an der Quelle Minutnik zehn aufeinanderfolgende Wassereruptionen. Die Eruptionen dauern zirka 5 Minuten an und treten in Zeitabständen von je 45 Sekunden auf. In der Periode zwischen zwei Eruptionen besaß die Quelle eine minimale Schüttung von 0,5 l/sec Wasser. Die maximale Schüttung von 3 l/sec trat eine Minute nach Beginn des Wasseraustritts auf *(Fig. 2)*. Zirka 30 m weiter flußabwärts bricht am linken Ufer des Flüßchens Pendirjevka eine ständige Quelle mit einer Schüttung von zirka 0,5 l/sec Wasser aus.

Nach B. Oblak [1948] fließt aus dieser Quelle alle sechs Minuten für zirka 25 sec Wasser, wonach sie ganz aussetzt. Im Laufe des Sommers 1947 dauerten die Unterbrechungen im Wasseraustritt zufolge der großen Dürre bedeutend länger, und im September desselben Jahres war die Quelle vollkommen ausgetrocknet.

D. Novak [1965] führt an, daß laut den Beschreibungen seit Beginn des Jahrhunderts die Quelle Minutnik alle 16 Minuten eine maximale Schüttung aufweist.

11. Quelle Sv. Miklavž

Die Quelle Sveti Miklavž am Westrand des Bloško Polje bricht unweit des Dörfchens Ulaka aus. Der Wasseraustritt erfolgt am Kontakt von Kalkstein und Dolomit.

Im Rahmen umfassenderer hydrologischer Forschungen in der Umgebung des Sees Cerkniško Jezero nahm F. PIFAT [1966] an dieser Quelle im Juni und November Messungen vor. Die Quelle Sv. Miklavž weist keine Unterbrechungen im Wasseraustritt, sondern nur rhythmische Schwankungen in der Schüttung auf. Im Laufe eines Zyklus, der zirka 16 Minuten dauert, wurde eine maximale Schüttung von 50 l/min und eine minimale von 10 l/min beobachtet. Der verstärkte Wasseraustritt dauert rund 8,5 Minuten an, der schwächere zirka 6 Minuten. Der Übergang von der minimalen zur maximalen Schüttung ist jäh und dauert nur 5—8 Sekunden, während der Übergang von der maximalen auf die minimale Schüttung 1—1,5 Minuten dauert. Auf Grund der bisherigen Beobachtungen konnte festgestellt werden, daß sich der Rhythmus im Wasseraustritt im Laufe des Jahres nicht wesentlich ändert, sondern nur die Schüttung.

Außer den angeführten Quellen, von denen mit Sicherheit feststeht, daß sie intermittierenden Charakter besitzen, gibt es in Jugoslawien noch eine gewisse Anzahl noch ungenügend bekannter Quellen, von denen angenommen wird, daß sie dieselben Eigenschaften besitzen könnten.

Zirka 4 km flußabwärts vom Dorf Spodnja Idrija mündet von der rechten Seite der Bach Vrhčev in den Fluß Idrijca. Dieser Bach ist zirka 200 m lang, seine Durchflußmenge beträgt 100 l/sec Wasser (13. VI. 1966). Aus dem Flußbett dieses Baches tritt eine stärkere intermittierende Quelle aus, die offenbar keinen bestimmten Rhythmus aufweist (vgl. S. LOGAR 1965).

Die Quelle Oko befand sich an der linken Seite des Trebišnjica-Tals bei der Brücke Arslanagića Most. Nach F. KATZER [1923] wurde das Wasser dieser Quelle für die Wasserleitung von Trebinje benutzt. Unterhalb der Quelle Oko, fast im selben Niveau mit dem Fluß Trebišnjica, befanden sich einige schwächere Quellen. Die Quelle Oko lieferte 100—500 l/sec Wasser. Das Quellwasser wurde mittels einer Pumpe in ein Reservoir überführt, dessen Füllung rund 10 Stunden erforderte, und sodann mittels Rohrleitungen über die Brücke Arslanagić-Most bis zur Stadt Trebinje geleitet.

Am 9. XII. 1909 kam es zu sehr ausgiebigen Niederschlägen im Gebiet von Svitavac und Grobničko Polje, die einige Tage lang andauerten. Schon am 12. XII. erhöhte sich die Schüttung der Quelle jäh. Der Wasseraustritt an der Quelle befand sich in einem steten Anstieg bis 10 Uhr am 13. XII., als zuerst einige heftige Stöße zu hören waren und sodann aus dem Quellschacht eine 10 m hohe Wassersäule ausbrach. Von diesem riesigen Springbrunnen wurden große Felsstücke ausgeworfen, die Kontrollbrücke oberhalb der Quelle zerstört und an der Saugpumpe bedeutender Schaden angerichtet. Obwohl die Pumpe nicht funktionierte, erreichte das Wasser zufolge des starken hydrostatischen Wasserdrucks durch die Rohre das 60 m höher liegende Reservoir, das sich binnen kurzer Zeit füllte. Gleichzeitig traten zwei neue Quellen auf: eine 3 m, die andere 6,5 m oberhalb der Quelle Oko. Um zirka 14 Uhr versiegten die Quellen oberhalb der Riesenquelle Oko und um zirka 15 Uhr verschwand auch der Springbrunnen. F. KATZER [1923] ist der Ansicht, daß die heftige Wassereruption an der Quelle Oko die Folge der jähen Füllung des unterirdischen Reservoirs mit Wasser war, das sich sodann durch einen inversen Siphonkanal entleerte.

Seit Ausbau des Wasserkraftsystems am Fluß Trebišnjica befindet sich die Quelle Oko am Grunde des tiefen Stausees.

Nach S. MILOJEVIĆ[3]) bricht bei dem Dörfchen Zaslap westlich von Grahovo (Montenegro) die intermittierende Quelle Zaslapnica aus, die den Fluß Nudoljska Reka speist.

J. CVIJIĆ [1889] und S. TOMIĆ [1913] erwähnen den intermittierenden Charakter des Baches Šavnik bei dem Städtchen Šavnik in Montenegro. Im Laufe eines Tages hörte das Wasser an dieser Quelle 15—20mal zu fließen auf.

Die Quelle Zagradsko Vrelo bei der Stadt Ivangrad in Montenegro weist gleichfalls die Charakteristiken einer intermittierenden Quelle auf. Nach M. LUTOVAC [1957] tritt im Frühling und Herbst zur Zeit des erhöhten Wasserstands der Flüsse an dieser Quelle alle 20 Minuten Wasser aus, während es im Sommer in Abständen von 2 bis 3 Stunden fließt.

In der Fachliteratur finden noch etwa zehn Quellen Erwähnung, die als den intermittierenden Quellen zugehörig angesehen werden. Durch Überprüfung im Gelände haben wir festgestellt,

[3]) Herr Dr. SIMA MILOJEVIĆ, Universitätsprofessor in Belgrad, — mündliche Mitteilung.

daß bei diesen Quellen tatsächlich Unregelmäßigkeiten im Wasseraustritt bestehen, daß sie jedoch nicht in die Gruppe der intermittierenden Quellen eingereiht werden können.

An der Quelle Suva Česma in der Stadt Prokuplje und einer Quelle unweit des Dorfes Parezane im Tal des Flusses Moravica (Gebirge Golija) tritt das Wasser gleichfalls mit Unterbrechungen aus. Mit Rücksicht darauf, daß es sich hier um gefaßte Quellen handelt, die aus wasserundurchlässigem Terrain gespeist werden, steht es außer Zweifel, daß die Unterbrechungen im Wasseraustritt durch die Quellfassungsarbeiten bedingt sind.

Der Funktionsmechanismus der intermittierenden Quellen

Wenn von dem Funktionsprinzip der intermittierenden Quellen die Rede ist, wird gewöhnlich angenommen, daß im Innern des Karstes eine größere Höhlung besteht, in der sich Wasser ansammelt, und ein inverser Siphonkanal, der diese Höhlung periodisch entleert. Der Mechanismus ist jedoch ebenso vollständig, wenn sich in dem Kanal, durch den der unterirdische Wasserlauf fließt, nur ein inverser Siphon befindet. In diesem Falle erfolgt die Akkumulation des Wassers in dem flußaufwärts vom Siphon gelegenen Kanalteil. Vom genetischen Gesichtspunkt aus ist die letztere Möglichkeit weit realer, schließt aber die erste nicht aus.

Die Entleerung des unterirdischen „Reservoirs" und damit auch der Austritt der intermittierenden Quelle erfolgt in drei Phasen. In der ersten Phase beginnt das Wasser, nachdem es vorerst den aufwärts führenden Siphonkanal angefüllt hat, überzufließen, um sodann gravitationsmäßig durch den abwärts führenden Siphonkanal abzufließen (der noch nicht als „gekrümmter Heber" funktioniert). Die Dauer dieser Phase hängt von dem Durchmesser des Siphonkanals und von der Wassermenge ab, die in das „Reservoir" zuläuft. Sofern der Abstand zwischen Siphon und Quelle nicht groß ist, beginnt an der Quelle das Wasser zu fließen (Homoljska Potajnica). Ist der Abstand größer, dann manifestiert sich die erste Phase an der Quelle nicht. In der zweiten Phase kommt es zur Aktivierung des „gekrümmten Hebers". An der Quelle ist diese Phase für gewöhnlich durch heftigen Luftaustritt, Gluckern und darauffolgenden Wasseraustritt gekennzeichnet. Die Dauer der zweiten Phase des Wasseraustritts hängt von dem Volumen des „Reservoirs", dem Durchlaßvermögen des Siphons, der Menge des in das Reservoir zufließenden Wassers wie auch von der vertikalen Entwicklung des Siphons und der Anordnung und Form des Kanals des unterirdischen Systems ab. Eine geringere Siphonhöhe und eine sanftere Neigung des Abflußkanals bedingen einen langsameren Abfluß der Wassermenge. Falls zusammen mit dem Wasser in den Siphon auch gewisse Mengen von Luft eindringen, ist die Entleerung des „Reservoirs" noch langsamer und unregelmäßiger (Quelle Kojin Izvor). In der dritten Phase hört die Aktion des Siphons als „gekrümmter Heber" auf, und es kommt zum gravitationsmäßigen Abfluß des Wassers aus dem vom Siphon abwärtsführenden Kanal. Die Dauer der dritten Phase des Wasseraustritts hängt von dem Abstand zwischen Siphon und Quelle ab, außerdem von der Neigung und den morphologischen Eigenschaften des Ausgangskanals (diese Phase ist bei der Quelle Homoljska Potajnica besonders deutlich entwickelt). Wenn das Aufnahmevermögen des unterirdischen „Reservoirs" gering ist, beziehungsweise sich dieses rasch füllt, gehen die dritte und die erste Phase ineinander über, so daß die intermittierende Quelle keine vollkommenen Unterbrechungen im Wasseraustritt aufweist (Quellen Minutnik, Zaganjalka).

Demnach weist jede intermittierende Quelle in Abhängigkeit von den aufgezählten Faktoren eine verschieden lange Dauer der einzelnen Phasen des Wasseraustritts auf, wodurch sich die intermittierenden Quellen mannigfach voneinander unterscheiden. Die Phasen des Wasseraustritts können bei den einzelnen Quellen am besten an Hand von Schüttungsdiagrammen verfolgt werden.

Bei manchen Quellen (Mukavica, Homoljska Potajnica) treten nach einigen aufeinanderfolgenden Wasserausbrüchen von annähernd gleicher Dauer Eruptionen mit längerem oder kürzerem Wasseraustritt auf. Diese Erscheinung wurde bisher mit der gleichzeitigen oder abwechselnden Entleerung mehrerer Siphonreservoire erklärt [D. Petrović und D. Dukić 1961, J. Marković 1963]. Durch Vornahme von Experimenten haben wir festgestellt, daß die Länge der zweiten Phase des Wasseraustritts und die Menge des ausgetretenen Wassers nicht bei allen

Bild 1. Kojin Izvor während des Ausbruchs am 3. August 1965. Aufnahme D. GAVRILOVIĆ

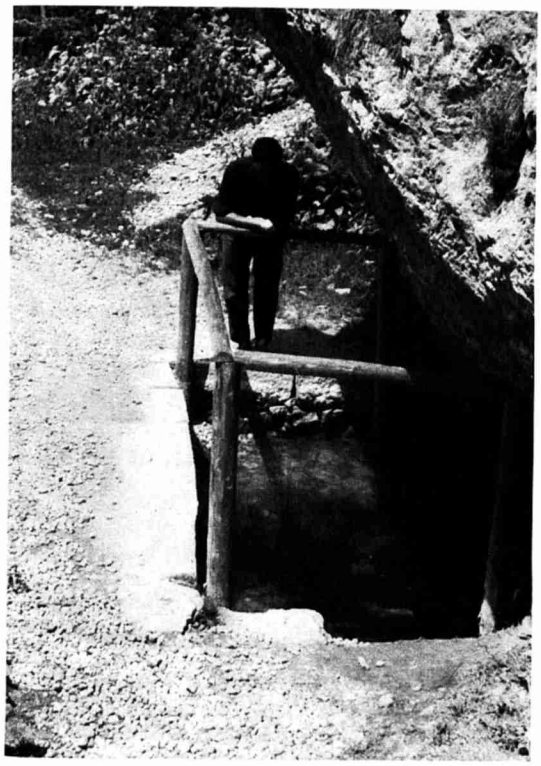
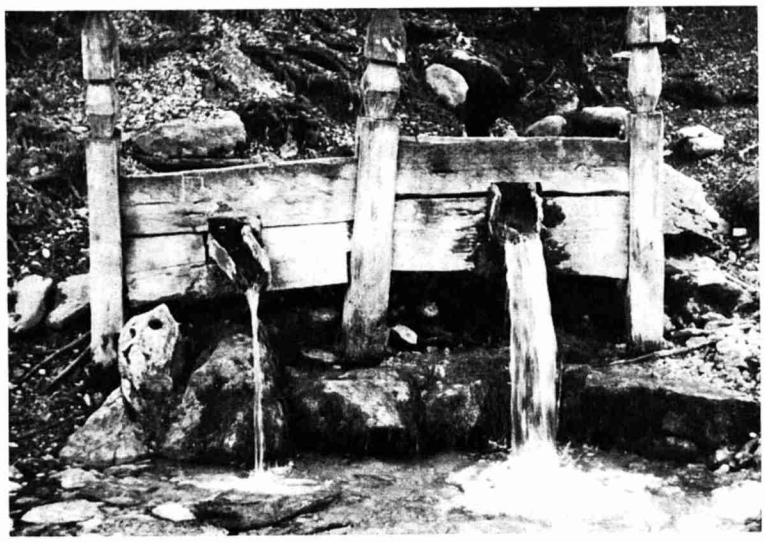


Bild 2. Die Quelle Presihajoči Studenec beim Ausbruch vom 12. Juni 1966. Aufnahme D. GAVRILOVIĆ



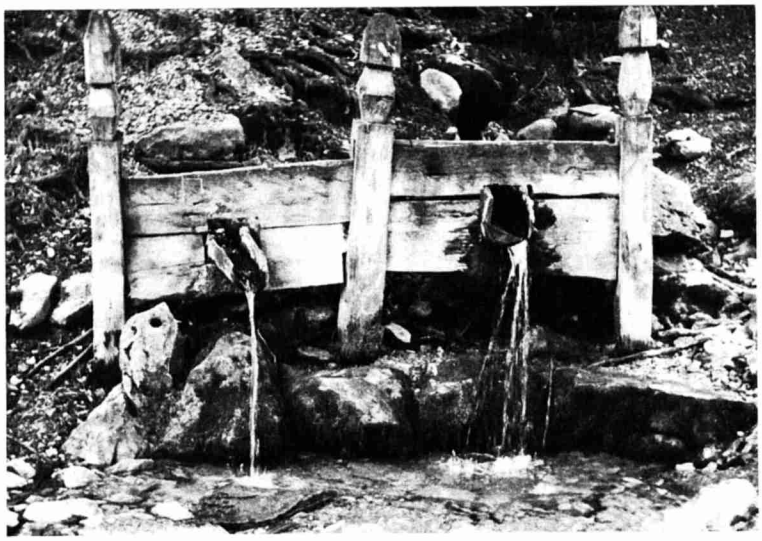


Bild 3. Die Quelle Promuklica während des Ausbruchs vom 12. August 1965 (oben) und unmittelbar vor der Unterbrechung der Schüttung (unten). Aufnahmen D. Gavrilović

Eruptionen vollkommen gleich sind. Die Abweichungen sind gering und bewegen sich in bestimmten Grenzen. Zu den Unterschieden kommt es in erster Linie deswegen, weil die Aktivierung des Siphons und das Wiederaufhören der Funktion des Siphons nicht immer unter denselben Bedingungen und im selben Moment erfolgen; doch können sie auch zufolge ungenauer Messung, ungleichmäßigen Wasserzulaufs in das „Reservoir", ungleiche Länge der zweiten oder dritten Phase des Wasseraustritts entstehen. Auf Grund obiger Ausführungen sind wir der Ansicht, daß die ungleiche Länge des Wasseraustritts und sogar die ungleiche Menge ausgetretenen Wassers keine verläßlichen Beweise dafür darstellen, daß die Quelle durch siphonmäßige Entleerung mehrerer unterirdischer „Reservoire" gespeist wird.

Bei fast allen untersuchten intermittierenden Quellen besteht als Begleiterscheinung ein ständiger Wasseraustritt (1—120 l/min), der ihre Funktion und ihren Mechanismus noch mehr kompliziert. Die ständige Quelle bricht aus der Öffnung der intermittierenden Quelle, in nur geringer Entfernung von dieser (bis zu 50 m), oder aber kombiniert. Sofern beide Quellen an derselben Öffnung auftreten, weist die intermittierende Quelle keine vollständigen Unterbrechungen im Wasseraustritt auf. Auf Grund der Art des Wasseraustritts und der Lage der ständigen Quellen in bezug auf die Lage der intermittierenden kann gefolgert werden, daß die Herkunft des Wassers der ständigen Quelle nicht immer dieselbe ist. Auf jeden Fall steht es außer Zweifel, daß die intermittierenden und die ständigen Nebenquellen in einer bestimmten Verbindung stehen. Wir wollen nun Betrachtungen darüber anstellen, wie diese Verbindungen beschaffen sein könnten.

Abwärts vom Siphon durchschneidet der Kanal der intermittierenden Quelle ein Netz engerer und weiterer Spalten in der Kalksteinmasse. Das Wasser, das durch dieses Spaltennetz absickert, sammelt sich in dem Kanal der intermittierenden Quelle, in dem es einen kleinen unterirdischen Wasserlauf bildet, der an der Oberfläche in Form einer ständigen Quelle auftritt. In diesem Falle hinge die Schüttung der ständigen Quelle von der Länge des vom Siphon nach abwärts führenden Kanals der intermittierenden Quelle ab. Bei den Quellen Kojin Izvor und Promuklica ist die Schüttung der ständigen Quelle von dem Rhythmus der Schüttung der intermittierenden Quelle begleitet, beziehungsweise verstärkt sich der Wasseraustritt der ständigen Nebenquelle während der Eruption der intermittierenden Quelle. Dies beweist, daß die ständige Quelle nicht nur durch die Wasseransammlung aus dem Spaltennetz gespeist wird, sondern auch durch Bifurkation des Laufs der intermittierenden Quelle abwärts vom Siphon. Unter der Erde befinden sich zwei Kanäle verschiedener Breite, die übereinander liegen. Der ständige Wasseraustritt erfolgt durch den unteren, engeren Kanal, während durch den oberen und breiteren nur während der Eruption Wasser fließt (Quelle Bjeljevine). Wenn die Wassermenge der ständigen Quelle größer ist als das Durchflußvermögen des unteren Kanals, dann fließt ein gewisser Teil des Wassers auch durch den oberen Kanal (Quelle Kojin Izvor). Ein Beispiel für Bifurkation des unterirdischen Laufs einer Nebenquelle und einer intermittierenden Quelle haben J. Cvijić [1896] und J. Marković [1963] bei der Quelle Homoljska Potajnica beschrieben. Später wurde diese Bifurkation durch regressive Verschiebung der Quellöffnung vernichtet. Bei der Quelle Lintvern erhöht sich die Schüttung der ständigen Quelle allmählich mit Annäherung der Eruption der intermittierenden Quelle. Diese Erscheinung ist durch Bifurkation des Wassers im „Reservoir" der intermittierenden Quelle erklärbar. Schwankungen in der Schüttung treten zufolge Änderungen des hydrostatischen Druckes im „Reservoir" auf, während die Amplituden der Schüttung von der vertikalen Entwicklung des Siphons abhängen.

Typen intermittierender Quellen

Durch Studium der Fachliteratur über Karstquellen im allgemeinen und intermittierende Quellen im besonderen konnten wir uns überzeugen, daß bisher keine bestimmten und allgemein anerkannten Kriterien bestanden, auf Grund deren die intermittierenden von den übrigen zeitweiligen und periodischen Quellen unterschieden werden könnten. Verwirrung entsteht zumeist schon bei der Erklärung des Begriffs „intermittierende Quelle", dessen grundlegende Bedeutung „Quelle mit Unterbrechungen" ist. Diese Unterbrechungen können jedoch nur einige Minuten,

Stunden, Tage, aber auch Monate und sogar Jahrzehnte andauern. Es ist klar, daß eine so unterschiedliche Funktion der „Quellen mit Unterbrechungen" nicht auf dieselbe Art erklärbar ist.

Auf Grund des Verlaufs des Wasseraustritts und des Funktionsmechanismus der Quelle möchten wir folgende Klassifikation der im Karst vorkommenden „Quellen mit Unterbrechungen" vorschlagen:

Zeitweilige Karstquellen

1. Saisonbedingte Quellen
2. Schwallquellen:
   a) Überfließende Quellen
   b) Estavellen
   c) Quellen mit unterirdischem Reservoir

Periodische Karstquellen

1. Intermittierende Quellen:
   a) Ständige Quellen
   b) Saisonbedingte Quellen
      — in der Regensaison
      — in der Trockensaison
2. Pseudointermittierende Quellen.

Die saisonbedingten Quellen treten in niederschlagsreichen Perioden in Aktion und versiegen in der Trockenperiode des Jahres. Diese Quellen sind im Karstgebiet sehr häufig.

Schwallquellen des Überfließtypus treten in der ausgesprochen feuchten Periode des Jahres oder nach jähen und intensiven Niederschlägen zu einer beliebigen Jahreszeit auf. Bei dieser Art von Quellen bestehen im Innern des Karstes zwei oder mehrere Stockwerke unterirdischer Kanäle. Im niedrigsten Stockwerk dieser Kanäle fließt der unterirdische Wasserlauf das ganze Jahr hindurch. Bei jähem Zufluß einer größeren Menge von Wasser kann der unterirdische Wasserlauf auch in den höheren Kanalstockwerken auftreten, was zu einem plötzlichen Ausbruch neuer Quellen — Schwallquellen — oberhalb der ständigen Quelle führen kann. Solche Quellen sind im Karst Ostserbiens besonders häufig.

Dem gleichen Typus gehören auch die Quellen an, die nach S. Milojević [1953] scheinbar versiegen: die Quellen Lukavac im Popovo Polje, Zoja im Nikšičko Polje, Oplovi-Bilan bei Orebić und Suva Banja in Niška Banja. Obwohl auch die Estavellen im Prinzip überfließende Quellen deshalb vorstellen, weil sie sich von Zeit zu Zeit in Schwinden umwandeln, haben wir sie in eine Sondergruppe gereiht.

Schwallquellen mit unterirdischem Siphonreservoir sind sehr selten. Die einzige Quelle dieser Art in Jugoslawien ist die Quelle Oko, die bisher — soweit bekannt — nur eine Eruption hatte.

Ständige intermittierende Quellen sind: Homoljska Potajnica, Promuklica, Minutnik, Lintvern, Zaganjalka und Sv. Miklavž. An diesen Quellen fließt intermittierend das ganze Jahr hindurch Wasser. Nur ausnahmsweise fließen auch sie kürzere Zeit hindurch ohne sichtbare rhythmische Schwankungen in der Schüttung.

Die Quellen, deren Wasser nur in der Regensaison intermittierend fließt, sind ziemlich selten. Die Mehrheit der ständigen intermittierenden Quellen weist in der Trockensaison längere Unterbrechungen im Wasseraustritt auf (jeweils einige Tage), jedoch keine solchen, die darauf schließen ließen, daß diese Quellen vollkommen versiegt sind. Am nächsten läge dieser Gruppe die allerdings noch ungenügend erforschte Quelle Bjeljevine, bei der in manchen Jahren die Unterbrechungen im Wasseraustritt auch mehrere Monate andauern. Außerhalb Jugoslawiens stellt ein charakteristisches Beispiel für diese Gruppe von Quellen die Quelle Poudak in Frankreich dar [P. Verdeil 1962].

Quellen, bei denen das Wasser nur in der Trockensaison intermittierend fließt, sind: Kojin Izvor, Mukavica, Presihajoči Studenec und Kučevska Potajnica. Außerhalb Jugoslawiens gehören zu dieser Gruppe die Quellen Fontestorbe, Fontaine ronde und Crupet [P. Verdeil 1962]. Während der Regensaison besteht bei diesen Quellen ein ständiger Wasseraustritt ohne sichtbare Schüttungsschwankungen.

An der Stockenden Quelle im Unteren Engadin in der Schweiz wurde eine ungewöhnliche Erscheinung beobachtet: im Lauf des Sommers beginnt mit dem Schwinden des Tages die Schüttung der Quelle anzuwachsen, erreicht um Mitternacht ihr Maximum und fällt sodann wieder ab. E. PRINZ [1933] erklärt dieses ungewöhnliche Verhalten durch die Sonnenbestrahlung und Auftauung der Schnee- und Gletscherfelder oberhalb der Quelle. Der Zeitunterschied zwischen der maximalen Sonnenbestrahlung und der maximalen Quellschüttung ergibt sich als Folge der Fortbewegung des Wassers durch die unterirdischen Kanäle vom Ort der Schnee- und Eisschmelze bis zur Quelle. Da bei dieser Quelle der intermittierende Wasseraustritt nicht auf die siphonmäßige Entleerung des unterirdischen Reservoirs, sondern auf äußere Faktoren zurückzuführen ist, haben wir sie in die Gruppe der pseudointermittierenden Quellen eingereiht. Quellen vom Typus der Stockenden Quelle sind auch in anderen Hochgebirgsregionen des Karstes anzutreffen.

Schrifttum

CRAMER, H. 1955: Die Karstgebiete der Britischen Inseln. Petermanns Geogr. Mitt. **99** (1955), pp. 169—182, 249—262.

CVIJIĆ, J. 1889: Ka poznavanju krša Istočne Srbije (Zur Kenntnis des Karstes Ostserbiens). Prosvetni glasnik. [Beograd].

CVIJIĆ, J. 1896: Izvori, tresare i vodopadi u Istočnoj Srbiji (Quellen, Torflager und Wasserfälle in Ostserbien). Glasnik Srpske kraljevske akademije. [Beograd]. **51** (1896), pp. 57—72.

CVIJIĆ, J. 1960: La géographie des terrains calcaires. Beograd. Académie Serbe des sciences et des arts. Monographies. **341**. Classe des sciences mathématiques et naturelles. **26**.

DUKIĆ, D. 1950: Hidrografija Nikšićkog Polja (Hydrographie des Nikšićko Polje). Zbornik studentskih radova. Narodne omladine. Prirodno-matematičkog fakulteta. [Beograd]. **1** (1950).

GEORGIEV, M. 1963: Vitoscha. „Bulgarija". Hristomatija po fisitscheska geografija. Sofia. Bd **1**, pp. 156—159.

JANEV, I. 1963: Hubtscha. „Bulgarija". Hristomatija po fisitscheska geografija. Sofia. Bd **1**, pp. 258—260.

KATZER, F. 1923: Schwallquellen. Bull. Soc. Serbe géogr. [Beograd]. **9** (1923), pp. 26—32.

LOGAR, S. 1957: Letošnje jamsko raziskovanje našega področja (Speläologische Forschungen in unserem Gebiet). „Idrijski razgledi". Idrija. **3** (1957), pp. 85—86.

LOGAR, S. 1965: Zaganjalke (Intermittierende Quellen). „Proteus". [Ljubljana]. **1965/66**, pp. 56—57.

LUTOVAC, M. 1957: Ivangradska Kotlina (Le bassin d'Ivangrad ou de Berane.) [Beograd] Académie Serbe des sciences. Monographies. **269**. Institut de géographie. **11**.

MARKOVIĆ, J. 1963: Homoljska Potajnica (La source intermittente de Potajnica dans le massif du Homolja). Glasnik Srpskog Geografskog Društva. **43** (1963), pp. 117—126.

MAXIM, I. 1942: Izbucuri — izvoare intermitente dela noi (Intermittierende Quellen in den Apuseni-Gebirgen, Rumänien). Revista geografică Română. **4**, 2/3 (1941), pp. 1—23.

MILOJEVIĆ, S. 1953: Prividno presušivanje kraških vrela (Tarissament apparent des sources karstiques). Glasnik Srpskog Geografskog Društva. [Beograd]. **33** (1953), pp. 91—109.

NOVAK, D. 1965: Zaganjalka. „Proteus". [Ljubljana]. **1964/65**, pp. 232—233.

OBLAK, B. 1948: Minutnik. „Proteus". [Ljubljana]. **1947/48**, pp. 165—166.

PETROVIĆ, u. D. D. DUKIĆ 1961: Intermitento vrelo Mukavica u Nikšićkom Polju (La source intermittente de Mukavica dans le Poljé de Nikšić). Beograd. (Recueil de travaux. Institut de géographie. Faculté des sciences. 8.), pp. 1—17.

PIFAT, F. 1966: Zaganjalka pri Sv. Miklavžu poleg Ulake na Bloški Planoti (Die intermittierende Quelle bei Sv. Miklavž auf der Hochebene Bloška Planota). „Proteus". [Ljubljana]. **1966**, pp. 59—60.

PRINZ, E. 1933: Intermittierende Quellen. Dt. Z. Geol. Ges. **85** (1933), pp. 575—579.

PUTICK, W. 1903: Die Lindwurmquelle bei Oberlaibach. „Laibacher Zeitung". Nr **134—136**. 16.—18. 6. 1903.