II. Besprechungen.

A. Unter der Redaktion der Geologischen Vereinigung.

Die Karstwasserfrage.

Von **Wilfried Teppner** (Graz.)

Literatur.

1. BALLIF, Wasserbauten in Bosnien und der Herzegowina. Wien, I. T. 1896, II. T. 1899.
2. BOCK, H., Der Karst und seine Gewässer. Mitteilg. f. Höhlenkunde, 6. Jahrg. H. 3. Graz 1913.
3. BOEGAN, E., Le sorgenti d'Aurisiana (Rassegna bimestrella della Soc. Alpine delle Giulie 1905, 10; 1906, 11).
4. BURBANK, J. E., Earth Currents, Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, 1905, Vol. X.
5. CORNU, F., Über den Nachweis unterird. Wasserläufe in Kohlengruben und bei Höhlenforschg. Zeitschr. f. prakt. Geol. 17. Jhg. 1909.
6. CVIJIC, Das Karstphänomen. Pencks geograph. Abhdlg. V. 3. Wien 1896.
7. DAUBRÉE, Les eaux souterraines à l'époque actuelle. Paris 1887.
8. FISCHER, F. J., Meer- und Binnengewässer in Wechselwirkung. Abhdlg. d. K. K. geograph. Ges. Wien, IV. 5, 1902.
9. GAVAZZI, Die Seen des Karstes. Ebenda, VI, 2, 1904.
10. GNIRS, A., Bemerkungen zum wirtschaftl. Aktionsprogramm f. Istrien. Ebenda, Mitteilungen 51. Bd., 1908.
11. GNIRS, A., Die Wasserversorgung in Istrien. Österr. Rundschau, 13. Bd., 1907.
12. GRUND, A., Die Karsthydrographie. Pencks geograph. Abhdlg. VII. 3. Wien 1903.
13. GRUND, A., Beiträge zur Morphologie des dinarischen Gebirges. Ebenda, IX, 3. Wien 1910.
14. GRUND, A., Zur Frage des Grundwassers im Karst. Mitteilg. d. K. K. geograph. Ges. Wien, 52. Bd., 1909.
15. HAUER, Die Geologie und ihre Anwendung auf die Kenntnis der Bodenbeschaffenheit der Öst.-Ung. Monarchie. Wien 1875.
16. HAUER, Berichte über d. Wasserverhältnisse i. d. Kesseltälern v. Krain. Öster-Touristenzeitg. 1883, 3. Bd., 3 u. 4.
17. HÖFER, H. v., Grundwasser und Quellen. Braunschweig 1912.
18. HOERNES, R., Die Wünschelrute. Grazer Tagespost, 24. Dezember 1911.
19. HOERNES, R., Die Karsthydrographie und die Wasserversorgung Istriens. Adria, 2. Jhg. H. 11, 1910.
20. HOFFER, M., Unterird. entwässerte Gebiete i. d. nördl. Kalkalpen. Mitteilg. d. K. K. geograph. Ges. Wien, I. T. 1906, II. 1909.
21. HUGUES, Idrografia sotteranea carsica. Görz 1903.
22. KATZER, F., Karst und Karsthydrographie. Zur Kunde der Balkanhalbinsel, H. 8. Sarajevo 1909.

23. KATZER, F., Zur Karsthydrographie. Petermanns Mitteilg. 1908.
24. KATZER, F., Zur Morphologie des Dinarischen Gebirges. Ebenda 1912.
25. KATZER, F., Bemerkungen zum Karstphänomen. Briefl. Mitteilg. in d. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 57. Bd. Berlin 1905.
26. KEILHACK, K., Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin 1912.
27. KNEBEL, W. v., Höhlenkunde mit Berücksichtigung d. Karstphänomene. Die Wissenschaft, H. 15. Braunschweig 1906.
28. KREBS, N., Neue Forschungsergebnisse zur Karsthydrographie. Petermanns Mitteilg. 1908.
29. KREBS, N., Erwiderung. Ebenda 1908.
30. KREBS, N., Morphogonetische Skizzen aus Istrien. 34. Jahresber. d. Staatsoberrealschule in Triest 1904.
31. KREBS, N., Zur Frage des Karstcyclus. Mitteilg. d. K. K. geograph. Ges. Wien, 52. Bd. 1909.
32. KREBS, N., Die Halbinsel Istrien. Pencks geograph. Abhdlg. IX. 2. Wien 1907.
33. KREBS, N., Offene Fragen der Karstkunde. Geograph. Zeitschr. (Hettner) Leipzig 1910, 16. Jhg.
34. KRULL, F., Die Wassersterilisierung durch ozonisierte Luft usw. Zeitschr. d. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. Wien 1901.
35. LEMSTRÖM und BIESE, Expedition Polaire Finlandaise, Tome III. Helsingfors 1898.
36. LORENZ, Die physikal. Verh. u. Verteilung d. Organismen im quarnerischen Golf. Wien 1863.
37. LOZINSKI, W. R. v., Die Karsterscheinungen in Galizisch-Podolien. Jahrb. d. K. K. geol. Reichs-Anst. Wien 1907.
38. MARTEL, E. A., Notices spéléologique, Spelunca Nr. 57, Octobre 1909.
39. MARTEL, E. A., La théorie de la »Grundwasser« et les eaux souterraines du Karst. La Géographie, 21.
40. MARTEL, E. A., Etude sur la source de fontaine l'évêque, Paris 1905.
41. PENCK, A., Über das Karstphänomen. Zeitschr. d. Ver. z. Verbreitung naturw. Kenntnisse, Wien 1904.
42. PERKO, Die Tropfstein- u. Wasserhöhle »Dimnice« (Rauchgrotte) b. Markovsina in Istrien. Mitteilg. d. K. K. geograph. Ges. Wien, 52. Bd., 1909.
43. PLATE, G., Die Wasserversorgung auf den K. K. Istrianer u. Dalmatiner Staatsbahnen. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. Wien 1878.
44. PUTICK, W., Die Lindwurmquelle bei Oberlaibach. Die Erdbebenwarte, II. Laibach 1903—1904.
45. RICHTER, E., Beitr. z. Landeskunde Bosniens u. d. Herzegowina. Wissensch. Mitteilg. aus Bosnien u. d. Herzegowina. 10. Bd. Wien 1907.
46. RIEDL, J., Untersuchg. einer Quelle im herzegow. Karst auf ihren Ursprung. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. d. Arch.-Ver. Wien 1897.
47. SALMOJRAGHI, FR., Sulla continuità sotteranea del fiume Timavo. Atti Soc. Ital. d. scienze nat. Milano 1905. Vol. 44.
48. SAWICKI, L. R. v., Beitrag z. geograph. Cyclus im Karst. Geograph. Zeitschr. (Hettner) Leipzig 1909, 15. Jhg.
49. SCHENKEL, TH., Karstgebiete und ihre Wasserkräfte. Wien-Leipzig 1912.
50. SCHMIDL, A., Die Grotten u. Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina u. Laas. Wien 1854.
51. SCHOLLMAYER-LICHTENBERG, Wasserversorgung im Karstgebiete. Mitteilg. d. Musealver. f. Krain, 20. Jhg. Laibach 1907.
52. SEEMANN, J., Mißerfolge der Wünschelrute in Nordböhmen. Journal f. Gasbel. u. Wasserversorg. (Dr. Bunte) Nr. 17, 1912.
53. STOISER, J., Die ältesten Nachrichten über d. Zirknitzer See u. a. Karstersch. 32. Jahresber. d. Staatsoberrealschule in Graz, 1904.

54. SUPAN, A., Grundzüge des physischen Erdkunde, Leipzig 1903.
55. TSCHEBULL, A., Projekt einer Trinkwasserleitg, f. d. Stadt Triest. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. Wien 1896.
56. UNBEKANNT, Die Nutzbarmachung d. Meerwassers f. städtische Zwecke. Ebenda, Wien 1894.
57. UNBEKANNT, Wünschelrute u. automat. Quellenfinder. Montanzeitung, XVII, 4, Graz 1910.
58. WAAGEN, L., Die Karsthydrographie u. Wasserversorgung in Istrien. Zeitschr. f. prakt. Geol. 18. Jhg. 1910.
59. WAAGEN, L., Die unterird. Entwässerung im Karste. Geograph. Zeitschr. (Hettner) Leipzig 1910, 16. Jhg.
60. WAAGEN, L., Wo mündet die Reka? Urania, III. Wien 1910.

Es sind zwei Hypothesen, die sich in den Karstwasserfragen gegenüberstehen: die Karstwasserhypothese, die vor allem von GRUND und — mit etlichen Abänderungen — von wenig anderen Forschern vertreten wird, und die alte Lehre von den unterirdischen Gerinnen, als deren bedeutendster Vertreter KATZER gilt.

GRUND (12), der die Lehre vom »Karstwasser« aufgestellt hat, behauptet, daß das auf ein verkarstetes Gebiet fallende Regenwasser nicht oberflächlich abfließe, sondern vom Gestein aufgesaugt und so lange durch Klüfte absickern werde, bis es eine noch nicht bestimmte Tiefe erreicht hat. Über dieser »Grenzfläche« wird sich nun das abfließende Wasser ansammeln, jedoch nicht stagnieren, sondern in einer schiefen Ebene fortfließen. Daher setzt sich die Bewegung des Wassers aus zwei Komponenten zusammen: einer vertikalen und einer schiefen. Die sich fortbewegende Wassermasse erinnert an das normale Grundwasser, unterscheidet sich jedoch von diesem durch das verschieden große Ausmaß der Spiegelschwankung und die größere Geschwindigkeit des Stromes (13). GRUND nennt das abfließende Wasser »Karstwasser«. v. KNEBEL (27) wendet sich gegen diese Bezeichnung und sagt, aus GRUNDS neuen Fachausdrücken »Grundwasser« für »stagnierendes Grundwasser« und »Karstwasser« für »strömendes Grundwasser« könnten leicht Mißverständnisse entstehen, und dann sei diese Bezeichnung nichts für den Karst Eigentümliches. 1910 bemerkt GRUND (13), daß er fast geneigt sei, die Aufstellung eines eigenen Namens für das Karstgrundwasser für überflüssig zu halten, denn der Hauptunterschied des Karstwassers und des normalen Grundwassers ist das verschieden große Ausmaß der Spiegelschwankung und die größere Geschwindigkeit im Strömen¹⁾.

¹⁾ DAUBRÉE (7) bezeichnet die oberste Grundwasseretage als die phreatische Schicht und nennt Grundwasser nur die unterste, auf einer undurchdringlichen Gesteinsschicht aufliegende Wassermasse. GRUND nennt die phreatische Schicht, wie wir bereits wissen, Karstwasser; SUPAN (54) nennt diese Schicht Kluftwasser und rechnet es mit zum Karstgrundwasser. PERKO (42) sagt, im Karst, wie in jedem klüftigen Gestein gibt es kein Grundwasser, sondern ganz gewöhnliches unterirdisches Flußwasser. HOERNES (19) legt dar, daß man im istrischen Karst nur in ganz beschränktem Sinne von Grundwasser sprechen kann. KATZER (24)

Das Karstwasser bildet nach GRUND (12) den Karstwasserspiegel, der einheitlich ein größeres Gebiet durchdringt. Dadurch aber, daß für das ganze Karstgebiet nicht derselbe Wasserspiegel maßgebend ist, erfährt die Flächenausdehnung des Karstwassers eine Einschränkung. Bedingt wird diese Erscheinung durch undurchlässige, stauende Barren: hierdurch entstehen die Karstwasserzonen. RICHTER (45) erblickt in diesen unterirdischen Barren eine Veranlassung zur Hebung des Karstwasserspiegels und schreibt den durch diese bedingten inneren Aufstauungen die Entstehung der »Dauerquellen« zu (Bistricaquelle bei Livno). KATZER (22) führt hierzu aus, daß viele der gewöhnlichen Erscheinungen der Karsthydrographie gar nicht oder nur sehr gekünstelt von der Karstwasserhypothese erklärt werden können, wie z. B. durch die fortwährende Zuhilfenahme von stauenden Barren, mittels welcher eine Vielheit von Wasserspiegeln konstruiert wird, die, im Grund genommen, kaum etwas anderes sind als eine hypothetische Umschreibung der in verschiedenen

---

bestreitet »das von der Karstwasserhypothese supponierte, aber unerweisliche Vorhandensein eines zusammenhängenden, einheitlichen Grundwasserspiegels im tiefen Karst« und erklärt, daß sich das Bodenwasser in verschiedenartig gespaltenen, verzweigten Gerinnen sammelt, die, zu komplizierten Systemen vereinigt, ihre gesonderten unterirdischen Einzugsgebiete besitzen und das Karstgebirge in den verschiedensten Tiefenlagen durchziehen. Die zwei einzigen Grundwasserspiegelhorizonte im Triestiner Karste bilden nach SCHENKEL (49) die älteren Unterlagerungen der Kreide und der Meeresspiegel. WAAGEN (58) definiert als Grundwasser »im allgemeinen jenes Wasser, das von der Oberfläche her in den Boden einsickert und sich dann über einer wasserundurchlässigen Schicht erhält«, SCHOLLMAYER-LICHTENBERG (51), als »jene Wasserschicht, welche dem Hangenden der impermeablen Unterlage der durchlässigen Kalke aufliegt«, und KEILHACK (26) im Gegensatz zum Oberflächenwasser als »alles unter der Erdoberfläche befindliche, auf natürlichem Wege dorthin gelangte flüssige Wasser«. KEILHACK verwirft die Trennung des sich in lockerem, durchlässigem Gebirge ohne undurchlässige Deckschicht bewegenden Wassers von dem unter abschließender, undurchlässiger Schicht stehenden und dem in Spalten und Klüften unserer festen Gesteine verlaufenden. Schließlich erklärt GRUND (14), daß er unter Grundwasser »das in den Boden eingedrungene Meteorwasser verstehe, sobald dieses die vertikale Bewegung des Einsickerns mit der horizontalen Bewegung zur Quelle vertauscht hat, mag sich diese Bewegung nun in porösem oder in klüftigem Gestein oder in Schotter, Sand oder in einer Breccie vollziehen«, da er in diesem Material nicht das Charakterisierende für das Grundwasser erblicken kann, sondern im meteorischen Ursprung und der Herkunft aus Sickerwasser. GRUND betrachtet die subterrane Ansammlung eingesickerten Meteorwassers, ohne Rücksicht ob eine Ansammlung auf einer Unterlage zustande kommt oder nicht, als das Charakteristische des Grundwassers; denn seiner Meinung nach ist die Unterlage nebensächlich, da die Erde, selbst wenn sie ein poröser Sandball wäre, doch Grundwasser hätte. STOISER (53) nennt das über dem stagnierenden Grundwasser abfließende, zirkulierende Meteorwasser Karstwasser, welches stets von den atmosphärischen Niederschlägen gespeist wird. HÖFER (17) bezeichnet das unterirdische Wasser als Bodenwasser (auch Tiefen- oder Grundwasser im weiteren Wortsinne), das sich in der Tiefe des Erdbodens vorfindet, und erklärt es als vorwiegend eingedrungenes Oberflächen-, seltener Kondensationswasser und unterscheidet außerdem Felswasser, welches wiederum Ponoren-, Spalten- und Höhlenwasser sein kann.

Tiefenlagen das Karstgebirge durchziehenden unterirdischen Gerinne, wobei oft behauptet wird, es »muß« eine solche undurchlässige Barre an zwei nahe beieinander liegenden Punkten vorhanden sein, wenn gleich für eine solche Annahme auch keine geologische Wahrscheinlichkeit vorliegt. GRUND nimmt verschiedene Gesteine, am häufigsten aber den Dolomit als undurchlässige Barren an. Da sagt aber KATZER, daß dies gerade eine Umkehrung der Tatsachen sei, denn dem viel klüftigeren Dolomit gegenüber wirkt der Kalkstein stauend und nicht umgekehrt (z. B. Mošunj bei Travnik und Drinovdol bei Jajce in Bosnien, die Umgebungen von Bradina, Konjica und Lastva in der Herzegowina usw.). KATZER erhebt Einspruch gegen GRUNDS Ansicht, daß das Karstwasser (im Kalk) zwischen Dolomit (siehe oben!) und Konglomerat »eingekeilt« sei, denn diese beiden Gesteine sind in der Regel durchlässiger als der Kalk selbst, speziell dann, wenn sich es um ein einheitliches, den gleichen tektonischen Einwirkungen ausgesetztes Schichtensystem handelt.

KREBS (28) bemerkt, daß die Versuche mit Lithiumchlorür den Zusammenhang zwischen der bei St. Kanzian am Karst verschwindenden Reka und verschiedenen Quellen im Golfe von Triest, unter anderem auch der Timavoquelle unzweifelhaft nachgewiesen haben, woraus hervorgeht, daß das Flußwasser nur einen verschwindenden Teil der verschiedenen Quellen bildet, wie ja auch die Wasserführung des Timavo 25 mal so groß ist wie die der Reka. KREBS schließt weiter, daß von einem einzigen Höhlenfluß nicht mehr wird gesprochen werden können, sondern mindestens von zahlreichen Verzweigungen, denn so minimal das Rekawasser der Menge nach ist, ergab sich aus dem vorstehenden Versuch, daß es sich doch über die ganze Fläche verteilt und in allen Quellen nachweisbar ist. Diese Erscheinung und die Zeiten, welche vergingen, bis die einzelnen Quellen den Lithiumgehalt anzeigten, sowie die Wetterberichte sind nach KREBS Zeugen für die Richtigkeit der GRUNDSchen Theorie. Daß die der Rekaschwinde näher gelegenen Quellen den Lithiumgehalt später angezeigt haben, erklärt KREBS dadurch, daß sie infolge ihrer höheren Lage erst bei einem mächtigen Ansteigen des Grundwasserniveaus Rekawasser abgeben konnten. Bezüglich der Wetterberichte äußert sich KREBS dahin, daß während der Regenperiode vom 26. Dezember bis 1. Januar der Grundwasserspiegel bedeutend steigen mochte, die Flutkurve sich aber um einige Tage verzögerte, da die Entwässerung im Höhlenrevier langsam vor sich geht, und meint auf Grund dieser Erscheinungen, daß das Flußwasser in den Quellen nur untergeordnete Bedeutung hat.

Auf den vorhin erwähnten Zusammenhang zwischen Reka und verschiedenen Quellen im Golfe von Triest hatten schon BOEGAN (3) und SALMOJRAGHI (47) hingewiesen. Ersterer auf Grund der Koinzidenz der Hochwasser der Auresinaquellen bei Nabresina und der Reka, letzterer auf Grund der Erscheinung, daß die Sande der Reka, des Timavo und

der Auresinaquellen dieselbe mineralogische Zusammensetzung aufweisen. Da aber auch an der Wippach und in Berkin die gleichen Sandsteine (28) wie an der oberen Reka sind, ist diese Annahme keine zwingende, und KREBS (32) erachtet SALMOJRAGHIS Studien infolge der weiten Verbreitung gleichartiger Gesteine als fehlgeschlagen. KATZER (23) bemerkt zu den früher angeführten Ausführungen KREBS', daß die intensive Uraninfärbung des Risanoflusses von dem 12 km entfernten Odolina-Ponor entschieden für das Vorhandensein einer wenig gehemmten, unterirdischen Gerinneverbindung zwischen den beiden Obertagsgewässern spricht, erklärt sich also gegen GRUNDS (12) Auffassung, daß sich das in einem Ponor verschwindende Wasser in den Kalkklüften verliere, bzw. im allgemeinen Karstwasser aufgehe, weil es sonst ausgeschlossen wäre, daß der Risanofluß — und anscheinend nur dieser — eine so ausgiebige und anhaltende Färbung hätte annehmen können, daß die Bauern an ein Wunder glaubten«. KATZER führt weiter aus, daß sich die Gerinne nicht nur vertikal, sondern auch horizontal verzweigen können, und daß ein Gerinne auch in ein von anderen Zuströmungen alimentiertes unterirdisches Reservoir einmünden kann, aus welchem es sich erst in die Fläche verteilt. Die Annahme eines solchen Reservoirs ist allerdings hypothetisch, aber weniger als das allgemeine Karstwasser, denn ein Karstwasserspiegel ist bisher noch nirgends erwiesen worden, während als Wasserreservoir die Hohlräume im Karste gelten, die tatsächlich vorhanden sind. KREBS (29), der zwischen den beiden Lehren vermittelt, erachtet den Unterschied zwischen seiner und KATZERS Auffassung in den Karstwasserfragen darin, daß er große subterrane Wasserreservoirs bezweifelt und Wasser in verschiedenen Tiefenlagen nur unter der Bedingung annimmt, daß kleine Adern durch impermeablen Höhlenlehm verhindert sind, sich bis in das Grundwasserniveau zu senken. »Ein geschlossenes, einheitliches Grundwasserniveau«, schreibt KREBS, »in ganz Istrien ist beim geologischen Bau des Landes, wo die Kalkzüge durch tiefgreifende Flyschzüge unterbrochen sind, gewiß nicht anzunehmen, und weder GRUND, noch ich haben in einem solchen Falle je an ein solches gedacht«.

WAAGEN (60) bemerkt, wenn auch ein Zusammenhang zwischen Reka und Timavo nachgewiesen erscheint, so darf man dennoch nicht behaupten, daß die Reka als Timavo ins Meer münde, ebensowenig wie der Natisso oder die Aussa als die Mündung des Natisone bezeichnet werden dürfen. »Die Reka erstirbt im Karstgrundwasser, bevor sie noch das Meer erreicht«.

Wie erwähnt, gibt GRUND (13) zu, daß die Annahme eines stagnierenden Grundwassers irrig sei, daß auch in größeren Tiefen im Grundwasser eine, wenn auch langsame, in parabolischen Druckbahnen gegen die Quelle aufsteigende Bewegung herrscht. »Damit«, meint GRUND, »entkräften sich wohl auch die Einwände v. KNEBELS (27) und KATZERS (22) bezüglich der »submarinen« Quellen.« In der Regel kennt man die

Mündungsstellen von verschiedenen Bächen und Flüssen nicht, so daß man sich fragen muß, wohin wohl jene großen Wassermengen kommen. Die Erklärung finden wir in der Existenz der »untermeerischen« Quelle, die sowohl von der Westseite Istriens, als auch längs der quarnerischen Küste auftreten. »Diese,« schreibt WAAGEN (58), »halten an ihrer Mündung die Temperatur im Sommer stets bedeutend niedriger im Vergleich zum umgehenden Meere.« V. KNEBEL und KATZER erklären die submarinen Quellen als Ausflüsse unterirdischer Wasserläufe, deren Strömung kräftig genug ist, um den hydrostatischen Gegendruck des vor der Quellöffnung befindlichen Meerwassers zu überwinden. LORENZ (36) hat dieselben seinerzeit studiert und auf einige bemerkenswerte Phänomene hingewiesen. In der Bucht von Priluka gibt es so kräftige Steigquellen, daß die Schiffer denselben zur Regenzeit ausweichen müssen, ähnlich jenen von Ika und Lovrana. Gegenüber der Bucht von Jeleušica bei Mošćenice ist eine besonders auffällige Quelle, die aus einem engen, 130 m tiefen Trichter mit großer Gewalt emporsteigt. »Die Steigkraft dieser Quellen«, schreibt HOERNES (19), »läßt auf einen sehr bedeutenden hydrostatischen Druck schließen, der von einer hohen Wassersäule ausgeübt werden muß, welche seitlich nicht ausweichen kann, sich also unter analogen Verhältnissen befinden muß wie das Wasser in kommunizierenden Röhren oder artesisches Wasser, das in einer wasserführenden Schicht zwischen undurchlässigen Schichten gespannt ist.« Im allgemeinen jedoch sind die submarinen Quellen weniger wasserreich. Auch der Umstand, daß nur durch die Wasserzufuhr in einem abgeschlossenen Lauf aus einem höheren Niveau sich der hohe Druck erklären läßt, mit dem solche Quellen aus beträchtlicher Tiefe bis zur Meeresoberfläche aufwallen, spricht dafür, daß wir in diesen submarinen Quellen die Mündungen von Höhlenbächen oder Flüssen zu suchen haben. HOERNES (19) tritt für die Nutzbarmachung der untermeerischen Quellen ein, wie dies schon vor Jahren bei einer submarinen Quelle bei dem neapolitanischen Städtchen Torredel Annunziata geschehen ist.

KEILHACK (26), sowie auch KATZER (24) führen die Erscheinungen der Schluckschlünde als besonderes Argument gegen die Karstwasserhypothese an. Die Schluckkraft steigert sich nach KATZER entsprechend dem Druck der über dem Schluckschlund stehenden Wassermasse. Dadurch daß die Ponore trotz der Inundation weiter Wasser schlucken, und zwar umsomehr, je höher die Inundation im Polje steigt, erachtet KEILHACK diese Erscheinung als mit der Karstwasserhypothese unvereinbar. BALLIF (1), der über die Schlucktätigkeit der Ponore im Polje von Livno berichtet, hat sich in ähnlicher Weise wie KATZER über diese Erscheinungen geäußert. Nach GRUND (12) wird die winterliche Überschwemmung eines Poljes durch das Ansteigen des »Karstwasserspiegels« über den Poljeboden, die sommerliche Austrocknung durch das Herabsinken desselben unter die Poljesohle bewirkt. BOCK¹⁾ (2) sagt, daß nach GRUND das

¹⁾ von der Arbeit lag nur ein Teil der Korrektur vor.

Grundwasser das vielmaschige kommunizierende Gefäß der Kalkklüfte erfüllt, und daher der Überdruck auf der einen Seite sofort einen Überdruck auf allen anderen Seiten auslösen wird. Die Vergrößerung der für den Durchfluß in Betracht kommenden Schicht ermöglicht bei gleichbleibender Geschwindigkeit den Durchfluß der vermehrten Wassermenge, so daß es zu keinem Rückstau, zu keinem Steigen des Karstwasserspiegels, zu keiner Überschwemmung der Poljen kommen könnte, wenn die Karst- und Grundwasserhypothese richtig wäre. KATZER (25) weist auf Grund der Erscheinungen am Polje von Lužci Palanka und Tukbobija in Nordwestbosnien die Unrichtigkeit der GRUNDSchen Auffassung nach. Die zahlreichen, rund um das Polje entspringenden Quellen zeigen zwar Ergiebigkeitsschwankungen, spenden aber auch bei größter Dürre reichlich Wasser, während das Höhlenwasser von Praštala im Poljeboden versiegt, ehe noch das im Winter überschwemmte Polje trocken geworden ist. »Das Höhlenwasser«, sagt KATZER, »von Praštala müßte nach der Theorie den längsten Bestand haben, während die Quellen in der Umgebung des Polje, wenn ein Zusammenhang zwischen ihnen und dem hypothetischen einheitlichen »Karstwasserspiegel« bestünde, längst früher versiegen müßte, noch ehe das viele Meter tiefer gelegene Polje ausgetrocknet wäre.« SCHENKEL (49) erklärt, daß die periodischen Überflutungen der Polje dadurch zustande kommen, daß die Zubringer eines Poljes stärker sind, so daß das zugeführte Wasser von den Kluftgängen nicht geschluckt werden kann, wodurch diese wieder Wasser nach oben abgeben können und so zu Wasserspeichern werden, deren es ganze Reihen am Zirknitzersee und an fast allen anderen Poljen gibt. Wird das zugebrachte Wasser von den Klüften nicht aufgenommen, ohne daß besonders große Widerstandshöhlen zur Überwindung der inneren Reibungsverhältnisse geschaffen werden müssen, so beginnt die Inundation der Poljen. Der Zirknitzersee ist, wie STOISER (53) berichtet, auch nur ein inundiertes, echtes Polje. Die Poljen stehen durch unterirdische Flußläufe miteinander in Verbindung. Die Füllung des Beckens des Zirknitzersees erfolgt durch emporquellendes Wasser aus den Schlundlöchern am Seegrund, sowie am Ufer. Die Wasserzufuhr geschieht durch Estavellen (Löcher und Dolinen im Talboden und den Ufern, die bald als Saug- und bald als Speilöcher dienen). Jeder Ponor hat sein eigenes Flußgebiet. »Die Ursache aller hydrographischen Erscheinungen im Karst«, schreibt STOISER (53), »ist nämlich im Gegensatz zu den mitteleuropäischen Flußverhältnissen nicht der Fluß, sondern die Quelle, bzw. das Karstwasser.« STOISER vergleicht dann die Wasserstandskurven mit den Niederschlagskurven und findet ein Verspäten der ersteren und sagt hierüber: »Darin liegt auch der schlagendste Beweis, daß die Poljeüberschwemmungen Schwankungen und nicht bloße Flußhochwässer des Karstwassers sind, weil sie sonst mit dem Niederschlagsmaximum zusammenfallen müßten.«

GAVAZZI (9) unterscheidet Sohlen- und Randponore, die die oberen Eingänge von Fugen, Kanälen oder Höhlen, in denen die Gewässer verschwinden, um in einem tieferen Horizonte als starke Quellen wieder ans Tageslicht zu treten, darstellen. HAUERS (16) Estavellen betrachtet GAVAZZI als ein Bindeglied zwischen den Ponoren und den Speilöchern.

GRUND und auch PENCK (41) haben sich gegen die Existenz der Höhlenflüsse ausgesprochen und bezüglich aller Quellen des Karstes angenommen, daß sie dem Grundwasser entströmen. GRUND (14) bemerkt, daß man überall im Karst das Phänomen abnorm starker Quellen, der sogenannten Flußquellen sieht, das sich dadurch erklärt, daß große Einzugsgebiete ihre unterirdische Entwässerung auf einen oder einige wenige Quellaustritte konzentriert haben. WAAGEN (59) erachtet die Einteilung KATZERS (22) der verkarsteten Gebiete in tiefen und seichten Karst als den Ausgangspunkt für die Lösung der Frage der Karstentwässerung, und nach seinen eigenen Beobachtungen unterscheidet WAAGEN »im seichten Karst kein Grundwasser im eigentlichen Sinne, doch unterscheidet sich dieses nicht wesentlich vom Grundwasser anderer Gegenden. Im tiefen Karst dagegen fehlt echtes Grundwasser vollständig; hier existiert nur ein Staugrundwasser längs der Küsten und außerdem als wichtigster Faktor Höhlengerinne, welche in den untermeerischen Quellen ausmünden¹⁾.

KATZER (22) und v. KNEBEL (27) erklären die Karstentwässerung durch die Lehre der Karstgerinne. KATZER sagt: »Die wichtigste Eigenschaft des Karstes beruht in seinen unterirdischen Gerinnen. Die spalten-, röhren- und grottenförmigen Hohlräume der verschiedensten Gestalt und Größe, mit den verschiedensten Gefällverhältnissen, bedingen den hydrographischen Unterschied zwischen Karst und Nichtkarst.« »Die Karstgerinne entstehen, indem im Karst die Einsickerung des Niederschlagswassers sehr rasch und unregelmäßig durch die klaffenden Klüfte erfolgt. Unregelmäßig deshalb, weil sich die Einsickerung auf jene Klüfte konzentriert, welche durch die mechanische Erosion und chemische Dissolution der durch sie hindurchrinnenden Wassermenge zu Röhren und Grotten erweitert und zu Sammelkanälen des aus seitlichen Klüften zusitzenden Wassers werden.« In den Karstgerinnen erfolgt die Fortbewegung des Wassers nicht lediglich in der Gefällsrichtung wie bei einem Grundwasserstrom, sondern sie unterliegt auch dem statischen Gesetze der kommunizierenden Röhren, wenn auch auf den ersten Blick eine solche Wasserzirkulation dem Gesetze der kommunizierenden Gefäße zuwider zu laufen scheint. Dies ist aber nicht der Fall, weil die Hauptbedingung hierzu, eine regelrechte Verbindung, fehlt. KATZER läßt es, wie bereits erwähnt, in jeder Tiefenlage zur Bildung von Wasserreservoirs kommen und erachtet die Verbindungsspalten in einer für die Wasserzirkulation ungünstigen Schicht für so minimal, daß das stark

¹⁾ Bock hingegen unterscheidet sichere Typen der Verkarstung.

hinströmende Gerinne durch so kleine Spalten in keinerlei Weise beinträchtigt wird. KEILHACK (26) schließt sich rückhaltlos den Ansichten KATZERS an und führt unter jenen Erscheinungen die durch die GRUNDSche Hypothese nicht erklärt werden können, die Tatsachen an, daß »von an dem gleichen Gehänge entspringenden Quellen mehrfach die tiefer gelegenen früher versiegen als die höher gelegenen; daß im gleichen Karstmassiv ständige und intermittierende Quellen nebeneinander auftreten; daß intermittierende Quellen im Karst überhaupt möglich sind; daß von unter geologisch gleichen Verhältnissen nahe beieinander und in ziemlicher Höhe auftretenden Quellen, die einen auf Niederschläge rasch, die anderen gar nicht reagieren, die einen in kurzer Zeit nach jedem Regen, die anderen niemals trübe werden.«

WAAGEN (58) legt dar, daß auch das Grundwasser Abflüsse hat; es sind dies jene Tiefenquellen im Meere, welche in der Schorre entspringen. Die Spalten im Kalkstein werden hier erfüllt, weil diesem »Kluftwasser« vom Meere das hydrostatische Gleichgewicht gehalten wird. Hier handelt es sich also um Staugrundwasser; daher ist es auch begreiflich, daß die hierher zu rechnenden Quellen nicht selten über dem Meeresspiegel hervorbrechen, da ja das spezifisch schwerere Seewasser einer höheren Säule von Süßwasser das Gleichgewicht hält, und da überdies bei behinderter Verbindung capillare Reibungen hinzutreten. Es lassen sich nach WAAGEN an der istrischen Küste zweierlei Quellen unterscheiden: zumeist brackische Strandquellen, die den Ablauf des Staugrundwassers bedeuten, und Quellen, welche die Mündungen unterirdischer Gerinne verstellen und überwiegend untermeerisch austreten. Die Richtigkeit dieser Annahme wurde durch HUGUES' (21) Versuchsbohrungen bei Parenzo bestätigt. Es existieren dort mehrere Pozzi mit etwas brackischem Grundwasser; unweit der Stadt aber stieß HUGUES bei 6 m Tiefe unter dem Meeresspiegel auf eine Quellader, welche seitwärts eindrang und vollkommen süßes Wasser in reichlicher Menge ergab, mit einer konstanten Temperatur von 11°. Die Pozzi lassen den Einfluß der Gezeiten erkennen, die Quelle jedoch nicht. Da wäre auch der römische Brunnen von S. Mauro unweit Valle, südöstlich von Rovigno, zu erwähnen und der Pozzo Manzin in Dignano, den uns KREBS (30) beschreibt. Derselbe stellt eine Schlundspalte dar, deren Öffnung in 140 m Seehöhe liegt, bei einer Entfernung von 5,6 km von der Küste. Diese Spalte führt im Grund stets Süßwasser, das in trockener Jahreszeit bloß 12—16 m, zur Regenperiode aber 30—42 m über dem Meeresspiegel steht.

»Intermittierende Quellen«, schreibt PUTICK (44), »sind bekanntlich Ausmündungen unterirdischer Wasserläufe, deren verborgene Höhlenweitungen untereinander durch röhrenförmige Profilveränderungen derart kommunizieren, daß von Zeit zu Zeit ein höherliegendes Höhlenbassin, ähnlich wie durch einen riesenhaften Saugheber, selbsttätig entleert wird.« HOERNES (19) führt aus, daß sich die Bildung der untermeerisch

austretenden Quellen bei dem heutigen Stande des Meeres kaum erklären läßt, wohl aber dadurch, daß ein früherer Tiefstand des Meeres angenommen wird. Die oft aus beträchtlicher Tiefe hervorkommenden Quellen des Quarnero bekunden ebenso wie die ertränkten Flußtäler Istriens, der Arsalkanal und der Canal di Leme, daß das Land einst viel höher lag, wodurch sich sowohl die oberirdischen, als auch die unterirdischen Gerinne in einer Weise ausbilden konnten, wie dies beim heutigen Stand des Meeres unmöglich wäre.

Außer dem Grundwasser unterscheidet SCHOLLMAYER-LICHTENBERG (51) noch »alles Wasser in den durchlässigen Kalken« als Kluftwasser, welches in unterirdisch geschlossenen Räumen verschiedenster Größe und Ausdehnung horizontal und vertikal, perennierend und periodisch fließt, bis es endlich den Horizont des Grundwassers erreicht, der für den adriatischen Karst sehr tief liegt und nur ausnahmsweise erreicht wird und in das Grundwasser übergeht. Das zirkulierende Kluftwasser ist jedoch in allen Horizonten verteilt, bildet Flüsse, Bäche, Quellen und Wasseransammlungen jeder Art.« PERKO (42) sagt, daß schon die alten Gelehrten der Hydrographie ganz vernünftig theoretisch das Vorhandensein von aneinander hängendem Grundwasser im klüftigen Terrain, das dem beweglichen (lockeren) Diluvialterrain eigen ist, verneint und die Ansicht vertreten haben, daß zwischen Flußschwinde oder Saughöhle (Ponore) und Pseudoquelle (Vaucluse) oder Riesenquelle faktisch eine kanalartige Kommunikation, also ein echter unterirdischer Flußlauf (Höhlenfluß) vorhanden sei, sowie daß das Schwindwasser nicht zuerst in Grundwasser übergehe, um dann erst das Terrain höhlenflußähnlich zu verlassen. All die jüngsten und ältesten unterirdischen Forschungen der Speleologen haben empirisch und materiell diese Ansicht durch Tausende von Beispielen in den Schlünden, Höhlen und deren Gewässern bestätigt. PERKO führt dann weiter aus, daß die Zirkulation der unterirdischen Gewässer manchmal beträchtliche Niveauunterschiede des Wasserspiegels unter manchen Spalten, die entweder miteinander in Verbindung stehen oder nicht, aufzuweisen haben. »Die Grundwasser-Verhältnisse,« schreibt FISCHER (8), »sind im Karst anders gestaltet als in den übrigen durchlässigen Gesteinsarten. Im Karstterrain bildet das feste Gestein die Grundmasse, und dazwischen liegen einzelne wasserführende Spalten, welche in Poljen und tiefen Tälern aus Klüften und Höhlen ausmünden oder am Rand des Plateaus als mächtige Quellen erscheinen . . .« RICHTER (45) nennt die »Vauclusequellen« »dauernde Quellen« zum Unterschiede von den »periodischen Quellen« oder »Hungerquellen.« GAVAZZI (9) nennt hingegen Grundwasserquellen jene, die ihren Ursprung dem aus der Atmosphäre auf die Erde gelangenden Wasser verdanken, und bezeichnet als »Karstwasserquellen« jene, welche Ausmündungen unterirdischer Kanäle oder Fortsetzungen sich verschlundener Bäche oder Flüsse sind, die nur zu bestimmten Jahreszeiten große Wassermassen ausspeien. MARTEL (40) unterscheidet wiederum vier Typen

der Vaoclusequellen, und nach HÖFER (17) können sich dieselben in das Grundwasser ergießen.

PERKO hat auch schon teilweise die Höhlen Untersteiermarks erforscht und nirgends eine Spur von Grundwasser finden können. Als Argumente, die gegen das Grundwasser im Karste sprechen, führt er an: 1. den Versuch des Ingenieurs POLLAY im Jahre 1902, der in der Bahnhofsgrotte von Nabresina an der tiefsten Stelle der Höhle einen 34,95 m tiefen Schacht abteufen ließ, um den unterirdischen Lauf des Timavo für die Wasserversorgung der Stadt Triest heranzuziehen, jedoch kein Grundwasser fand; 2. bei Basovica, oberhalb Triest, hat ein Konsortium eine Schachanlage, angeblich zur Schürfung auf Kohle, errichten lassen, doch suchte man nach Kluftwasser. Die Schachttiefe reichte angeblich unter den Meeresspiegel, doch fand man auch hier kein Grundwasser; daß Flußwasser nicht angefahren wurde, führt PERKO darauf zurück, daß die Hauptdrainagehöhle (Hauptwasserlauf) entweder neben oder auf weitere Entfernung vom Schachte liegt; 3. in der Brauerei Dreher in Triest wurde eine sehr tiefe artesische Bohrung vorgenommen, ohne daß Grundwasser angefahren wurde. Allerdings beansprucht GRUND (14) die Erfolglosigkeit dieser Bohrungen als Beweis für seine Darlegungen.

GRUND nimmt also ein einheitliches Karstwasserniveau an, das in allen Fugen gleiche Höhe aufweist, sich aber nach dem Zuflusse richtet; dasselbe wird von oben durch Sickerwasser gespeist und hat sowohl gegen das Meer, wie auch zu den Quellen ein sanftes Gefälle. Diejenigen Quellen, die unter dem Karstwasserniveau liegen, sind nach GRUND immer tätig, die höherliegenden versiegen. KATZER lehnt ein einheitliches Niveau ab und erklärt, man könne in keiner bestimmten Tiefenlage ein solches annehmen; er anerkennt nicht die Abhängigkeit vom Grundwasser, weil das Wasser im Innern des Gebirges nur auf die Gesteinsverhältnisse angewiesen ist und gewiß dort rinnen wird, wo sich ihm hierzu bessere Bedingungen bieten. WAAGEN (58) bedauert, daß sich GRUND gegen die Anerkennung von unterirdischen Gerinnen ausgesprochen hat und an deren Stelle stagnierendes oder eigentliches »Grundwasser« und fließendes »Karstwasser« annahm, wodurch die weitere Annahme stauender Riegel u. dgl. notwendig war, um das Vorkommen in verschiedenen Niveaus an räumlich ganz benachbarten Orten vorstellbar zu machen. Aus dieser Annahme eines allgemeinen Karstgrundwassers, die sich in den österreichischen Karstgebieten einer großen Verbreitung erfreut, ergaben sich viele Schädigungen, wie zum Beispiel bei TSCHEBULLS (55) Projekt¹⁾ die Quellen von St. Giovanni von Triest auszubauen. Hierzu bemerkt WAAGEN, daß die für jene Stollenbaue verwendete Summe von 60 000 Kronen hätte erspart werden können, wenn ein Kenner der Karstwasserverhältnisse zugegen gewesen wäre, denn es stellte sich heraus, daß die Quellen von St. Giovanni, oberhalb

¹⁾ Das auf der gleichen Theorie fußte.

Triest, in normaler Zeiten keine Wasserverbindung mit der Reka besitzen, sondern nur zur Zeit der Hochwasser. GRUND (14), der jede Schädigung durch seine Theorie zurückweist, schreibt: »Auch die Behauptung von der weiten Verbreitung meiner Theorie in Österreich ist leider unwahr. Nahezu alle österreichischen Karstforscher (PERKO, KATZER usw.) sind gegen die Grundwassertheorie. Ich bin auch noch nie in irgendeiner karsthydrographischen Frage zu Rate gezogen worden.«

BOEGAN (3) schließt sich ebenfalls der Lehre von den Karstgerinnen an, indem er eine Kombination von Flußwasser- und Grundwasserbewegung annimmt. Auf Grund der Lehre von den Karstgerinnen sind vor allem zwei Eigenschaften der Höhlenflüsse zu erwähnen, durch welche sich dieselben wesentlich von obertägigen Flußläufen unterscheiden. Erstens, die Möglichkeit der Zerteilung, Gabelung, eines Höhlenflusses in mehrere Gerinne und die Erscheinung, daß dem unterirdischen Bette auch ansteigende Strecken eingeschaltet sein können, welche der Fluß mittels Heberwirkung überwältigt. PERKO (42) untersuchte in den Jahren 1904—1905 die hydrographischen Verhältnisse der Talebene von Matria in Nordistrien. Dem nordwestlichen Teile des Tschitschenkarstes fließen von der Rekamulde zahlreiche Gerinne zu und verschwinden fast genau an derselben Kalkgrenze. PERKO nahm nun an, daß alle diese Bäche einem Haupthöhlenfluß zuströmen würden, der etwa parallel der Straße Triest-Fiume verlaufen würde. Die im Dezember 1907 angestellten Versuche zeigten jedoch, daß sich der problematische Haupthöhlenfluß nicht gegen Triest wendet, sondern nach Südwesten ausweicht und den nördlichen Tschitschenkarst, bzw. den mehr als 1000 m langen Gebirgsstock des Slavnik auf eine Entfernung von 12 km untertunnelt.

WAAGEN bespricht auch die Projekte der Wasserversorgung Istriens und schließt sich den Ausführungen SCHOLLMAYER-LICHTENBERGS (51) an, da er diese für aussichtsreicher hält, da dieselben den jeweiligen lokalen Verhältnissen angepaßt erscheinen, im Gegensatz zu jenen großzügigen Projekten, die bisher in Betracht gezogen wurden. Nach jenen käme, bekommt man wirklich einwandfreies Wasser, das Kubikmeter — wie GNIRS (11) gezeigt hat — in manchen Gegenden auf 2 Kronen. GNIRS (10) erklärt das Projekt des Baron SCHWARZ, wonach im nördlichen Istrien mehrere Talsperren angelegt und in ihnen die Ausgangspunkte eines ausgedehnten Rohrnetzes etabliert werden sollen, damit das Wasser in natürlichem Gefäll allen Ortschaften bis zur Küste herabgebracht wird, für nicht einwandfrei, da hierbei auch die Zuführung von Wasser an Orte, die an Ort und Stelle genügend Süßwasser haben, vorgesehen ist. GNIRS tritt ebenfalls für die Wasserversorgung mit Anpassung an die lokalen Verhältnisse ein.

SCHOLLMAYER-LICHTENBERG (51) erörtert für die Wasserversorgung im Karste folgende Punkte. Schüssel- oder trichterförmige Dolinen, die mit oft sehr mächtigen Schichten von Terrarossa-Lehm ausgekleidet

sind, nehmen das Regenwasser der Umgebung auf und leiten es in das Innere der Gebirge. Die Lehmschichten sind ja imstande, einige Zeit das Regen- oder Schneewasser in den Dolinen zurückzuhalten, doch bald verschwinden die Lachen, die mitunter kleine Seen darstellen. Sind die Abzugsspalten einer solchen Doline verstopft, so kann sich das in derselben angesammelte Wasser auch das ganze Jahr hindurch erhalten, und bilden diese daher natürliche Wasserreservoirs für die Karstbewohner. Grundwasserdolinen, wie sie CVIJIC (6) anführt, sind auf dem Mutterkarst äußerst selten. Die Erkenntnis, daß eine Verstopfung der Dolinen auch künstlich herbeigeführt werden kann, verschaffte den Karstbewohnern die ersten, einfachsten und billigsten Wasserversorgungsanlagen. Daher erachtet SCHOLLMAYER-LICHTENBERG die Verbesserung, Vergrößerung schon vorhandener »Lokven« (Karstlachen) und die Neuanlage solcher als Viehtränke und Dorfteich in den Dörfern selbst und, wo notwendig, auf den Feld- und Weidefluren als entschieden empfehlenswert. Solche Lokven sind oft mit einer Quelle (Kal) vereint; diese ist nie von besonderer Stärke, oft nur periodisch, eine Hungerquelle. Mit wenigen Ausnahmen sind diese Quellen in den Kesseltälern und an der Meeresküste Schichtquellen mit unbedeutendem Sammelgebiete. Eine solche Quelle haben wir bei Sambije ober dem Rekatale. Das Wasser dieser Quelle kommt aus dem Hangenden des Eocäns, welches von den Rüdistenkalken der Kreide überlagert wird. HAUER (15), der diese Beschreibung der geologischen Verhältnisse gibt, tut der Quelle keiner Erwähnung. Nur durch die Überlagerung einer jüngeren und undurchlässigen Schicht durch die Kreide, wird das Vorhandensein einer Schichtquelle in einer Seehöhe von rund 600 m in der Kreide ermöglicht. Der Kreidekalk ist, wie SCHOLLMAYER-LICHTENBERG ausführt, vielfach durch dolomitische Schichten durchbrochen; diese Dolomite, welche fast keine Klüftung haben, sind die Hauptträger dieser Schichtquellen, die, infolge des sehr geringen Sammelgebietes, Hungerquellen heißen. Dieselben können auch periodisch mit den Regenzeiten auftreten. Die Fassung dieser Hungerquellen und die Aufspeicherung ihrer Gewässer in künstlichen Reservoirs wäre für ganze Ortschaften ein dankbares Unternehmen für die Wasserversorgung im Karstgebiete. Daß sich dies lohnt, weist SCHOLLMAYER-LICHTENBERG an der Hand zahlreicher Daten für das Dorf Vrh nach, das auf der Nordlehne des Berges Gradček liegt.

Einen weiteren Faktor für die Wasserversorgung im Karstgebiete bilden die Zisternen. Diese sind für ganze Ortschaften von großem Werte, da Wasserleitungsanlagen vielerorts zu hoher Kosten wegen unmöglich sind. Die Karstüaner erbauen sich ihre flaschenförmigen und zylindrischen Zisternen nach gewissen, selbst zugeschnittenen empirischen Regeln. SCHOLLMAYER-LICHTENBERG befürwortet den Bau von Gehöftzisternen; aber auch Feldzisternen sind für die Wasserversorgung im Karstgebiete notwendig: auf den großen Weide- und Waldflächen; Brunnen anzulegen, ist nur in wenigen Orten möglich. In erster Linie

handelt es sich aber hier um Brunnenanlagen in Höhen, aus welchen es von vornherein ausgeschlossen erscheint, den Grundwasserspiegel zu erreichen.

BALLIF (1) legt dar, daß durch das Anfahren von Kluftwasseradern und Kluftwasserbehältern eine ausgiebige Wasserversorgung möglich ist. Allerdings dürfen Bohrungen nicht aufs Geratewohl vorgenommen werden, sondern nur auf Grund genauer Beobachtungen und Forschungen.

WAAGEN (58) stimmt nur für die Hoch- und Tschitschenkarstgebiete einer Verbesserung und Vergrößerung der Lokven zu; während er für Istria rossa deren Verschüttung und Ersetzung durch geschlossene Feldzisternen beantragt, da die Lokven die Brutstätten der Malariaerreger sind. Für Istria rossa hält WAAGEN die zahlreichen unterirdischen Gerinne für die Wasserversorgung günstiger; allerdings liegt in der Aufindung derselben einige Schwierigkeit. Übrigens wäre hier zu erwähnen, daß man das Trinkwasser auch den Flüssen entnehmen und durch die Wassersterilisierung (34), ähnlich wie in Lille (Frankreich) Nutzzwecken zugänglich machen könnte. In Lille wird das Wasser des Deube nach dem System von ABRAHAM und MARNIER durch ozonisierte Luft sterilisiert, wobei erstens sämtliche pathogene Mikroben entfernt werden, und dann sind auch die Kosten sehr gering. Aber auch das Seewasser könnte zu Nutzzwecken herangezogen werden, wie dies in England (56) geschieht.

Über die Foiba von Mitterburg-Pisino wissen wir von PUTICK, daß sie bald nach ihrem Verschwinden sich nach Westen wendet und ihr eigenes obertägiges Bett unterfährt. FRANCESCHI (Zitat nach WAAGEN, 58) berichtet, daß unweit Parenzo die Quellen von Foscolino bei anhaltenden Regengüssen Buchenlaub führen, welches aber nicht aus diesem Gebiete Istriens sein kann, da es hier keine Buchen gibt: daher müssen die Blätter vom Tschitschenkarste, bzw. vom Monte Maggiore stammen, so daß sich die erwähnten als Foibaabflüsse darstellen würden. Wenn gleich, wie RIEDL (46) berichtet, kurze unterirdische Flußläufe mit gutem Erfolge untersucht wurden, so ist die Untersuchung solcher unterirdischer Läufe doch außerordentlich schwierig. CORNU (5) hat nachgewiesen, daß bei Untersuchung untertägiger Flußläufe stets saure Farbstoffe in Verwendung kommen müssen, denn basische Anilinfarben versagen, da dieselben von dem sauer reagierenden Höhlenlehm absorbiert werden.

Aus den Untersuchungen QUINCKES und BACHMETJEWS wissen wir, daß überall dort, wo das Wasser durch lockeren Boden fließt, Erdströme erzeugt werden, die jedoch nach allgemeiner Durchfeuchtung infolge von Niederschlägen verschwinden. Im Anschlusse hieran haben LEMSTRÖM und BIESE (35) gezeigt, daß sich diese Erdströme durch das Galvanometer nachweisen lassen.

Gegen GRUNDS Theorie hat dann MARTEL (38) in der schärfsten Weise Stellung genommen und auf die glänzenden Ausführungen SCHMIDLs (50) verwiesen. MARTEL (39) verwirft GRUNDS Ansicht vom zusammenhängenden Grundwasser und spricht von »réseau des canaux«, also

von einem Netze unterirdischer Kanäle, das allerdings GRUND (14) als seinem Karstwasserader-Netze entsprechend erklärt.

SAWICKI (48) erblickt ebenso wie PENCK und GRUND in der relativen Lage des Grundwasserspiegels, dem »Evolutionniveau«, das entscheidende Moment für die Beurteilung des Reifezustandes in der Karstlandschaft. Für die Entstehung des undurchlässigen Mantels, der von großer Wichtigkeit ist und den unlöslichen Rückstand (Terra rossa und Lehm) der Ausbildung der Oberfläche darstellt, macht SAWICKI in erster Linie die klimatischen Verhältnisse verantwortlich. Gegen SAWICKIS Einteilung der Karste in mediterrane und mitteleuropäische wendet sich KREBS (31), »weil im Hochkarst dicht nebeneinander (Tschitschenboden: Castua) senile und jugendliche Formen sich finden, ebenso jugendlich wie in den Alpen und ebenso senile wie in manchen Teilen Mitteleuropas.«

PERKO (42) wendet sich gegen GRUNDS (12) Erklärung, daß stets gefunden wurde, die Höhlensysteme, die Flußwasser aufnehmen, enden immer blind und gehen in unpassierbare Spalten über. Den Höhenforschern, sagt PERKO, ist es sehr oft gelungen, in Zeiten besonderer Trockenheit oder auf Umwegen durch alte oder noch funktionierende Überfallsspalten diese »Erdklüfte« oder »Erdsiphone« in den Höhlen zu umgehen und dann immer wieder jenseits auf den Höhlenfluß, nicht aber auf das Grundwasser zu stoßen (Adelsberger Grotte, Poikhöhle bei Adelsberg, Rauschgrotte in Istrien, Lurloch in Steiermark usw.). Daß aber Experimente mit Triftgegenständen die Existenz der Höhlenflüsse nicht nachgewiesen haben, erklärt PERKO dadurch, daß die Höhlenflußtunnels sehr oft durch Siphone unterbrochen werden, wodurch dann das direkte Abfließen des Flußwassers teilweise gehemmt wird, wobei dann die Triftgegenstände längere Zeit oder aber für immer zurückgehalten werden. Daß Färbeversuche mitunter (unter 100 ausgeführten Versuchen sind dem weltbekannten E. A. MARTEL und vielen anderen 90% der Versuche gelungen) erfolglos waren, ist entweder auf zu kleine Färbemengen oder eine zu kurze Beobachtungszeit zurückzuführen. PERKO wendet sich dann auch gegen GRUNDS (12) Ansicht, daß kein Höhlenflußwasser vorhanden sei, weil das in Saughöhlen oder Spalten eingedrungene Wasser sehr schnell den Gehalt an Kohlensäure verliert und deshalb nicht höhlenbildend wirken kann, indem er sagt, GRUND habe wohl vergessen, daß auch kohlenstofffreies Wasser die Karstgesteine auflösen kann. Das späte Erscheinen des Hochwassers nach den Niederschlägen erklärt PERKO infolge des Rückstaus der in den Höhlen bei hohem Wasserandrang entsteht, während GRUND annimmt, daß dies eine Folge des Nichtvorhandenseins von unterirdischem Flußwasser ist. Hierzu sei bemerkt, daß GRUND (14) in neuerer Arbeit sagt, er habe nie das Dasein der Höhlenflüsse geleugnet, sondern er sehe in ihnen nicht das ganze Um und Auf der Karsthydrographie, und daß ihm die Ansicht, es gebe im Karst keine Höhlenflüsse, nur infolge einer »nicht richtig verstandenen Wendung unterschoben« worden sei.

KREBS (33) gibt die Möglichkeit der Entstehung eines Höhlenflusses im Grundwasser zu, erklärt aber, daß auch die Existenz von Höhlenflüssen nicht gegen GRUNDS Karstwassertheorie spreche, und sagt (32), daß es auch außer den mutmaßlichen Höhlenflüssen Wasseradern gibt, nur muß man tief genug suchen. Da man bei Bohrungen in bestimmten Tiefen stets Wasser findet, schließt KREBS auf ein ausgedehntes Wasser-Netz und meint, wenn auch manche Adern dominieren und den Charakter von Flüssen annehmen, muß doch besonders hervorgehoben werden, daß diese Gewässer untereinander alle in Verbindung stehen, und sich ihre Wasserscheiden stets verschieben. RICHTER (45) nimmt im Innern des Karstes Flüsse an und unterscheidet solche, »die erscheinen und verschwinden, solche, die vom dichten Gebiete auf den Karst übertreten, um dort in den Tiefen der Erde weiter zu laufen; andere, die sich auch auf den Karst behaupten und das ganze Gebiet durchqueren; solche die sich in ihren merkwürdigen Wandlungen verfolgen lassen, und andere, die unter dem Boden verschwinden, weil sie ihren Charakter als Flüsse verlieren und in dem allgemeinen Karstwasser aufgehen.«

HOFFER (20), der die unterirdisch entwässerten Gebiete in den nördlichen Kalkalpen bespricht, nahm im ersten Teile seiner Arbeit, analog dem Vorgehen GRUNDS einen Grundwasserspiegel an, der in seiner Ausbreitung von dem geologischen und tektonischen Aufbau abhängig ist, und dessen Höhe je nach den Niederschlagsmengen variiert. Er erachtet den Wechsel des Gesteins als das wichtigste Moment für das Auftreten der Quellen und die Unterlage der Stöcke von undurchlässigen Schichten gebildet, weshalb der Grundwasserspiegel der Schichtneigung folgt, so daß das Grundwasser entweder den Fluß unmittelbar selbst nähren muß oder knapp oberhalb desselben zutage tritt, ebenso wie an den Küsten der Karstgegenden die Bäche heraustreten, um nach einigen Metern ins Meer zu münden. HOFFER zeigt auch für das Hochschwabgebiet das Fallen der Höhe des Grundwasserspiegels. Im zweiten Teile seiner Arbeit erklärt HOFFER, daß er nun nach dem Erscheinen der KATZERSCHEN (22) Arbeit nicht mehr für die nördlichen Kalkalpen einen einheitlichen Grundwasserspiegel annehmen kann, denn nicht ein Grundwasserspiegel folgt der Schichtung, sondern diese bedingt vorwiegend nördlich gerichtete Schichtfugengerinne, die vielfach oberhalb der Flüsse ausmünden, weil eben die Unterlage der Kalkplateaus, Werfener Schiefer usw., keine solchen Fugen und Gerinne aufkommen läßt. Die nach Westen fallende Höhenlinie im Salzatal erklärt nun HOFFER daraus, daß die undurchlässige Schicht westlich geneigt ist und daher, dem Fallen des Flusses folgend, auch diese Gerinne je weiter westlich, desto tiefer hinabreichen. Die aussetzenden Quellen, wie Hirschbrunn und Kessel, das Zutagetreten höherer Quellen bei stärkeren Niederschlägen usw. erklärt nun HOFFER durch die verschiedenartig gebauten Karstgerinne. Und seinen Ausspruch: »der Grundwasserspiegel liegt nicht tiefer als die Flüsse«, verbessert er mit den Worten: »die Karst-

gerinne reichen nicht unter das Flußbettniveau, sonst würden die Flüsse zeitweise verschwinden.«

LOZINSKI (37) berichtet über die Karsterscheinungen in Galizisch-Podolien und sagt, daß der größte Teil des einsickernden atmosphärischen Wassers oberhalb der absolut undurchlässigen paläozoischen Unterlage, meistens in dem miocänen Lithothamnienkalk aufgespeichert wird. Die vorherrschenden Formen des podolischen Karstes sind trichter- oder kesselförmige Einsenkungen vom Typus des adriatischen Karstes. In seiner Stellungnahme zu GRUNDS Theorie erklärt LOZINSKI, daß die Existenz von echten Höhlenflüssen diese nur modifizieren, aber nicht umstürzen kann. »Wie müssen,« führt LOZINSKI aus, »in einem jeden größeren Karstgebiete nicht ein einheitliches, ununterbrochenes Grundwasserniveau, vielmehr aber mehrere selbständige, voneinander unabhängige Grundwasserregimes voraussetzen. Mitunter kann zwischen zwei benachbarten Grundwassergebieten periodisch oder auf die Dauer eine Verbindung bestehen, die jedoch nicht immer ausreicht, um ihre Niveaudifferenz auszugleichen. Die schwache Seite der Theorie GRUNDS besteht nur darin, daß sie eine zu große, mit der Wirklichkeit nicht immer vereinbare Allgemeinheit anstrebt, dabei aber die Anwendung auf die Einzelfälle zu wenig berücksichtigt.« GRUNDS Trennung des Grundwassers im »Karstwasser« und »Grundwasser« lehnt LOZINSKI ab, ebenso wie den PENCKschen (41) »Karstwasserbegriff«, der unter demselben »alles in den Fugen des Karstgebirges befindliche Wasser« versteht.

Atlantis.

Von Otto Wilckens (Straßburg i. E.)

Literatur:

1. G. TERMIER, L'Atlantide. — Bull. de l'Institut Océanographique Nr. 256. 1913.
2. P. LEMOINE, Afrique occidentale. (Handbuch der regionalen Geologie, herausg. von G. STEINMANN und O. WILCKENS, Bd. 7. Abt. 6a.) S. 45. 1913.
3. L. GERMAIN, Sur l'Atlantide. — Compt. rend. 153. S. 1035—1037. 1912.
4. L. GENTIL, Le Maroc physique. S. 110. 1912.
5. L. GERMAIN, Le problème de l'Atlantide et la Zoologie. — Ann. de Géographie 15. Mai 1913. S. 209—226. (Mit reichen Literaturnachweisen.)

Durch die afrikanische Expedition von LEO FROBENIUS ist in Deutschland das Interesse für die Atlantisfrage wieder lebhaft geworden, und auch in Frankreich ist sie neuerdings erörtert. Fragen der Kulturgeographie, der Geologie, der Pflanzen- und Tierverbreitung, dazu der alten Geschichte spielen in die Untersuchung dieses Problems hinein, und der Zauber sagenhafter Überlieferung verleiht ihm einen besonderen Reiz. So mancher schönen alten Geschichte, die zeitweise

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Teppner Wilfried (von)

Artikel/Article: [Die Karstwasserfrage 424-441](#)