

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Höhlenkunde

Knebel, Walther von

Braunschweig, 1906

Elftes Kapitel. Die Grundwassertheorie zur Erklärung der
hydrographischen Probleme des Karstes

Die Quelltöpfe könnte man ebensogut als austretendes Grundwasser wie auch als Höhlenflüsse betrachten. Der Quelltopf der Aach ist, wie gezeigt wurde, die Mündung eines Höhlenflusses. Bezüglich anderer Quelltöpfe herrscht Unsicherheit; man wird daher gut tun, diese Quellen — solange nicht das Gegenteil bewiesen ist — als hervortretendes Grundwasser anzusehen, denn im allgemeinen ist ja, wie bekannt, eine jede Quelle nichts anderes als hervortretendes Grundwasser.

Der Gang unserer Studien führte uns von den Höhlenflüssen unmittelbar zu den Vaclusequellen. Wir haben bei dieser Betrachtung des öfteren die Frage aufwerfen müssen, ob nicht das Grundwasser die hydrographischen Eigenheiten der Karstgebiete zum Teil wenigstens bedinge. Wir wenden uns nun der neueren Theorie A. Grunds zu, nach welcher die gesamten hydrographischen Phänomene des Karstes auf das Grundwasser zurückgeführt werden. Wir möchten diese Lehre kurzweg als die Grundwassertheorie bezeichnen.

Elftes Kapitel.

Die Grundwassertheorie zur Erklärung der hydrographischen Probleme des Karstes.

Grundwasser in Karstgebieten. — Grundwasserspiegel an der Küste. — Strömendes und stagnierendes Grundwasser. — Der Kamenitiponor. — Rückstau in den Ponoren. — Wasserstand in der Trebičhöhle. — Von Grundwasserstand unabhängige Lage der Vaclusequellen. — Karstflüsse oberhalb des Grundwassers. — Widerlegung der fünf für die Grundwassertheorie scheinbar sprechenden Argumente. — Gegenüberstellung der älteren Ansicht und der Grundwassertheorie. — Verwerfung der letzteren und Tatsache des Auftretens von Höhlenflüssen.

Schon bei Besprechung der Höhlenflüsse mußten wir des öfteren die Theorie Grunds berühren, nach welcher das Grundwasser die Verbindung zwischen Ponoren und Vaclusequellen herstellt. Der Zusammenhang zwischen beiden ist aber, wie wir gesehen

haben, in vielen Fällen ein direkter, flußartiger. Gleichwohl mag aber zuweilen auch das Grundwasser die vermittelnde Stelle einnehmen, wengleich auch unseres Erachtens die Theorie Grunds im allgemeinen wenigstens nicht imstande ist, die hydrographischen Phänomene des Karstes zu erklären. Hier soll die Grundwassertheorie im Zusammenhange erörtert werden.

Grund geht von der wohlbegründeten, wengleich fälschlicherweise oft bestrittenen Tatsache aus, daß auch im Karst — ebenso wie in anderen Gebieten — ein Grundwasser vorhanden sei. Man glaubte nämlich, aus dem Umstande, daß Brunnenbohrungen in Karstgebieten zumeist ergebnislos gewesen sind, den Schluß ziehen zu müssen, daß das Grundwasser überhaupt fehle. Dieser Schluß ist indessen unzulässig; vielmehr ist auch in Karstgebieten Grundwasser vorhanden — nur befindet es sich infolge der diesen Gebieten eigenen hohen Zerklüftung in sehr viel größeren Tiefen als an anderen Orten der Erde.

Das Grundwasser wird in den dem Meere benachbarten Gebieten stets bis zu der Höhe steigen, in welcher der von ihm ausgeübte hydrostatische Druck dem hydrostatischen Gegendruck des auf Spalten mit dem Grundwasser kommunizierenden Meerwassers gleichkommt. Entsprechend dem Gesetze kommunizierender Röhren würde dies, wie man erwarten sollte, der Fall sein, wenn der Grundwasserspiegel in Meereshöhe sich befindet. Infolge der Reibung an den Klufflächen ist jedoch auf dem Lande der Grundwasserspiegel höher als der des Meeres gelegen. Wie leicht einzusehen ist, muß daher in vollendeter Gleichgewichtslage der Grundwasserspiegel eine allmählich landeinwärts ansteigende Fläche bilden ¹⁾).

In dieser Gleichgewichtslage verharret das Grundwasser bewegungslos, stagnierend; es wird aus diesem Zustande auch nicht durch die von der Oberfläche in die Tiefe dringenden Niederschläge gebracht, da diese Wassermassen um vieles leichter über dem stagnierenden Grundwasser in horizontaler Richtung hinwegströmend zum Abfluß gelangen können, um dann in Gestalt von Quellen längs dem Gehänge der Meeresküste oder in Depressionen hervorzutreten.

¹⁾ Da übrigens das Süßwasser spezifisch leichter ist als das Meerwasser, muß auch dieserhalb schon der Grundwasserspiegel etwas — wengleich nur sehr wenig — höher liegen als der Meeresspiegel.

Diese Trennung zwischen stagnierendem und fließendem Grundwasser ist nicht allein auf Karstgebiete beschränkt; sie findet sich vielmehr in den meisten Gebieten der Erde, und zwar in Küstengebieten sowohl, als auch in Binnengebieten. In diesen ist die Trennung zwischen fließendem und stagnierendem Grundwasser durch den Umstand bedingt, daß das Grundwasser in den oberen Zonen sehr oft in Quellen zutage tritt, welche dem Wasser eine Bewegungsrichtung erteilen. Anders aber in den Zonen der Tiefe. Dort muß das Grundwasser vorherrschend stagnieren, da es nirgends als Quelle hervorkommen kann. *Karst?*

Wir sehen also, daß in den meisten Gebieten das Grundwasser in zwei Zonen zu zerlegen ist, eine untere Zone, welche stagniert oder nur in ganz langsamer Fortbewegung begriffen ist, und eine obere Zone, welche den Quellen die Nahrung gibt und darum in strömender Bewegung sich befindet. Nur in Gebieten mit besonders tief eingeschnittenen Tälern, also beispielsweise in Hochgebirgsgebieten, kann diese Scheidung des Grundwassers in zwei Zonen nicht immer durchgeführt werden, weil dort durch diese Teilungen sehr oft auch die Basis des Grundwassers angezapft ist, so daß die Quellen nicht allein aus der oberen, sondern auch aus der unteren Zone hervorbrechen. In diesem Falle ist somit das ganze Grundwasser in Bewegung. Wir werden daher kurzweg von strömendem und stagnierendem Grundwasser sprechen und dabei hier und da daran erinnern, daß Übergänge vorhanden sind.

Grund bedient sich für die beiden Grundwasserzonen neuer Fachausdrücke: das stagnierende Grundwasser wird von ihm kurzweg Grundwasser genannt und von dem strömenden, als „Karstwasser“ bezeichneten unterschieden. Da aber, wie erwähnt, diese Trennung nichts dem Karst eigentümliches ist, so könnte die Bezeichnung „Karstwasser“ Mißverständnisse hervorrufen und werden wir sie daher nicht benutzen.

Auf das fließende Grundwasser der Karstgebiete führt A. Grund alle die hydrographischen Eigenheiten des Karstes zurück.

Zunächst ist es das fließende Grundwasser, in welchem sich die bedeutenden Niveauunterschiede aussprechen. In unserem Kapitel „Grundwasser und Quellen in Höhlengebieten“ ist auf diese Niveauschwankungen bereits eingegangen worden. Ich habe

dasselbst dargelegt, daß infolge der alleinigen Vertikalentwässerung die Niederschläge in der Höhenlage des Grundwasserspiegels beträchtliche Schwankungen hervorbringen, aber daß diese Schwankungen keineswegs so bedeutende sind, wie Grund dies annimmt, denn sämtliche Schwankungen werden in Höhlen oder Ponoren gemessen; da aber sowohl die Höhlen als auch die Ponore als Zuflutungsorte des Wassers sich gebildet haben, ist leicht zu verstehen, daß das Wasser auch weiterhin von allen Seiten in sie gleichsam wie in Töpfe einströmt. Dementsprechend gibt unter diesen Umständen der Wasserstand des in die Höhlen gedrungenen Wassers kein Maß für die Grundwasserschwankungen.

Nach den Beobachtungen im Kamenitiponor im Polje (Kesseltal) von Livno in Bosnien ist die Schwankung des Wasserstandes von 40 m ermittelt¹⁾. Aus den von Grund darüber angegebenen Tatsachen entnehme ich folgendes:

Der Kamenitiponor im Polje von Livno führt in der nassen Jahreszeit die Hochwasser zur Tiefe, in der trockenen Jahreszeit ist er jedoch außer Funktion. Diese Zeit wird, wie bei den meisten Ponoren, dazu benutzt, sie zu reinigen, damit sie bei Hochwasser sogleich als Abzugsventile in Funktion treten können. Gelegentlich der Reinigungsarbeiten erreichte man den sommerlichen Minimal-Grundwasserstand in einer Höhe von 669,24 m.

Wenn auch die so gefundene Höhe des Minimalwasserstandes wirklich einwandfrei sein mag, so gilt dies unseres Erachtens nicht von der auf 710 m angegebenen Maximalhöhe. Dies ist nämlich nicht mehr die Höhe des Grundwasserstandes, sondern das Niveau, bis zu welchem das Wasser in dem Ponorloch gestiegen ist.

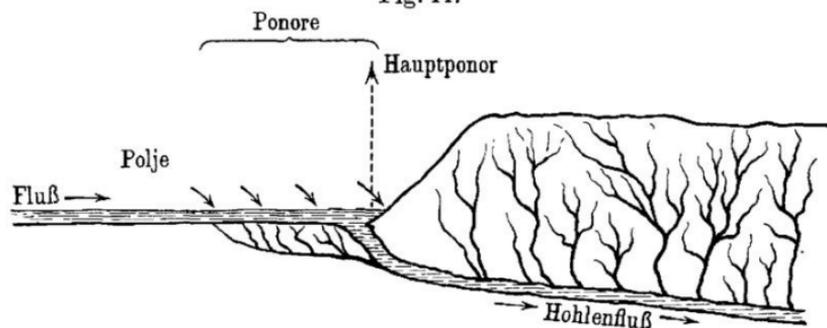
Da aber bei Inundationen eine große Anzahl von kleineren Wasseradern in die Ponorhöhlen einmünden, welche ihrerseits wieder durch kleinere Ponore gespeist werden, so muß das Wasser in den Hauptponorhöhlen emporsteigen. Dies hat nun den Anschein, als ob das Grundwasser es wäre, dessen Spiegel sich hebe. Wie aber aus Fig. 11 ersichtlich, ist das Wasser kein Ponor-Grundwasser, sondern angestautes, von der Oberfläche kommendes

¹⁾ Grund, Karsthydrographie, S. 107 u. 108. Auf S. 175 wird noch besonders hervorgehoben, daß diese Beobachtungen im Livnopolje „die einzigen exakten Messungen der Karstwasserschwankung“ seien.

Wasser, welches nur zum Teil nach der Tiefe abfließen kann, da die dort vorhandenen Wasserkanäle bereits durch andere Zuflüsse angefüllt sind. Die Höhe, bis zu welcher das Wasser in den Ponoren zurückgestaut wird, gibt also nicht die Höhenlage des Grundwasserspiegels an, folglich ist auch die aus dieser Höhe ermittelte Schwankung des Grundwasserspiegels zwischen sommerlichem Minimum und herbstlichem bzw. frühjährlichem Maximum falsch.

Was für die Wasserstände in den Ponorhöhlen ausgeführt ist, gilt oft in noch erhöhterem Maße von anderen Höhlen, welche nicht die Funktion von Ponoren erfüllen. Ein bekanntes Beispiel

Fig. 11.



Schematische Figur zur Erläuterung des Rückstaus, den ein Karstfluß an den Ponoren erleidet, wenn infolge der Vertikalentwässerung der Abfluß anschwillt.

hierfür findet sich in der berühmten Trebičhöhle unfern der österreichischen Südbahnstation Sessana. Die Trebičhöhle, nach ihrem Erforscher auch Lindnerhöhle genannt, ist die tiefste aller bisher bekannten Höhlen. Ihre schachtartig in die Tiefe führenden Gänge münden in 322 m Tiefe auf ein fließendes Wasser, welches, wie schon früher gesagt wurde (S. 63), als die Fortsetzung der bei St. Canzian verschwindenden Reka angesehen wird.

In dieser Höhle ist das Wasser im Oktober 1868 um den Betrag von 80 m gestiegen, ja es scheinen sogar Schwankungen von 100 m vorgekommen zu sein.

Auch in diesen enormen Schwankungen erblickt Grund¹⁾ das Ansteigen des Grundwasserspiegels in der nassen Jahreszeit.

¹⁾ Karsthydrographie, S. 174, Fußnote.

Jedoch gelten die von uns bezüglich des Ponorenwasserstandes erhobenen Einwände gegen diese Auffassung Grunds auch für die Trebičhöhle. Denn hier können infolge ihrer bedeutenden Tiefe von über 300 m noch weit mehr Wasser der Höhle zuströmen, als in die gewöhnlichen Ponore; ist sie doch beispielsweise achtmal tiefer als das angeführte Kamenitiponor im Polje von Livno. Die in Höhlen oder Ponoren gemessenen Wasserstände können eben kein richtiges Resultat für die Grundwasserschwankungen geben; diese müssen in Wirklichkeit weit geringer sein ¹⁾.

Auf der (wie wir sehen unsicheren) Annahme so bedeutender Grundwasserschwankungen beruht aber die ganze Theorie Grunds. Denn von den Schwankungen des Grundwasserstandes hängen die Quellen ab. Quellen springen, wie bekannt, da hervor, wo Grundwasserspiegel und Erdoberfläche sich schneiden. Wenn aber die Quellen, wie dies meist der Fall ist, am Boden von Depressionen hervortreten, so müßte unter der Annahme so bedeutender Grundwasserschwankungen die Quelle in der trockenen Jahreszeit versiegen. Bezüglich vieler Quellen trifft dies ja auch zu, aber dennoch gibt es eine große Reihe von Quellen, und zwar sind es besonders jene Riesenquellen, welche niemals vertrocknen. Wären diese Quellen als Austrittspunkte des Grundwassers anzusehen, so müßten sie mit diesem die gleichen Schwankungen mitmachen, also im Sommer, wenn der Grundwasserspiegel in die Tiefe zurücktritt, aufhören zu fließen.

Nun könnte allerdings der Einwand erhoben werden, daß diese Quelle nicht auf der Schnittlinie des Grundwasserspiegels und der Oberfläche, sondern weit unterhalb dieser gedachten Linie liege. Die Wasser treten, so könnte man einwenden, aus be-

¹⁾ Da die Grundwasserschwankungen viel zu hoch von Grund angenommen sind, ist die Klüftigkeit als viel zu unbedeutend berechnet. Nach den „Berechnungen“ Grunds (über die Methode derselben vgl. S. 17) beträgt das Volumen der Spalten nur 2 bis 6 pro Tausend und dies in einem ungemein klüftigen Gestein! In einem Konglomeratgestein oder einem scheinbar ganz dichten Sandstein beträgt das Porenvolumen 20 bis 25 Proz., also das 100fache! Wenn auch die Klüfte eines Karstgesteines ein viel unbedeutenderes Volumen haben als die Poren zwischen den Einzelteilen eines polygenen Gesteines, so ist doch kaum glaublich, daß ihr Raum nur den hundertsten Teil der letzteren beträgt, zumal doch im Karst so zahlreich große Hohlräume vorhanden sind.

stimmten Quellhöhlungen hervor, weil dies die größten natürlichen Öffnungen des Bodens sind, trotzdem aber könne sich der wahre Grundwasserspiegel weit über den Quellhöhlen befinden. Wäre dem wirklich so, dann müßte an den Gehängen über der Quellhöhle, wenn auch nicht so viel, so doch etwas Wasser aus den zahlreichen Spalten hervorbrechen. Viele, wenn auch nur kleine „Gehängequellen“ müßten vorhanden sein, welche durch ihre Höhenlage den jeweiligen Stand des Grundwasserspiegels anzeigen. Im allgemeinen finden sich aber solche temporären Quellen nicht mit Vaclusequellen vereint. In Hinsicht auf die Vacluse selbst haben wir dies bereits im vergangenen Kapitel erörtert. Nach dem Gesagten kommen wir also zu dem Ergebnis: Wenn die Schwankungen des Grundwasserspiegels in Karstgebieten wirklich so bedeutende wären, wie neuerdings angenommen wird, so könnten die Vaclusequellen¹⁾ der Karstgebirge unmöglich als große Austrittsöffnungen des Grundwassers angesehen werden.

Die hier zu erörternde Theorie sagt aber gerade aus, daß die Vaclusequellen dem Grundwasser entströmen, während die alte — auch von uns vertretene — Ansicht dahin ging, daß sie Orte des Hervorbrechens von Höhlenflüssen seien. Da aber diese Theorie das Vorhandensein der Höhlenflüsse leugnet, wohl aber auf der Annahme großer Niveauschwankungen des Grundwassers bestehen muß, so liegt darin schon ein bedeutender Widerspruch.

Da ferner in den Karstgebieten die Quellen stets das Hervortreten von Grundwasser anzeigen sollen, müssen auch die von ihnen ausgehenden — also noch tiefer liegenden — Flüsse erst recht im Bereich des Grundwassers sich bewegen. Flußwasser und Grundwasser wäre demnach in den Karstgebieten untrennbar.

Nun gibt es aber Karstflüsse, welche erwiesenermaßen **über** dem Grundwasserniveau dahinfließen. So bewegt sich die bei St. Canzian verschwindende Reka auf der langen, 8 km betragenden Strecke von Ober-Urem bis zum hintersten Ende der Rekahöhlen **oberhalb** des Grundwassers. Das zeigt sich

¹⁾ Unter „Vaclusequellen“ ist auch hier der allgemeine Begriff einer Riesenquelle verstanden, nicht aber die von Grund vorgeschlagene Definition; nach dieser werden alle perennierenden Quellen des Karstes, ob groß, ob klein, als Vaclusequellen bezeichnet.

dadurch, daß der Fluß bei Urem bereits beträchtliche Wassermengen verliert, welche, in die Tiefe rieselnd, sehr wahrscheinlich wohl dem Grundwasser zuströmen ¹⁾. Die Ponorröhren von Ober-Urem sind nur (noch!) zu eng, um das gesamte Wasser der Reka aufzunehmen — folglich fließt die Reka weiter, aber jedenfalls über dem Grundwasser, mithin auch gänzlich unabhängig von demselben. An ihrem Ende, in dem hintersten Teile der Rekahöhle, geht die Reka nach der Auffassung von A. Grund in das Grundwasser über. Ob dies aber auch dort wirklich der Fall ist, oder ob nicht etwa ein einfacher Siphon vorliegt, hinter welchem die Flußhöhle ihren Fortgang nimmt, das ist noch unentschieden.

Jedenfalls ist in Betracht zu ziehen, daß es der Höhlenforschung schon oft — wie wir bei der Beschreibung des Grotten-systems von Adelsberg sahen — gelungen ist, in Zeiten ganz besonderer Trockenheit Siphone zu überwinden oder solche durch Umwege auf engen Klüften zu umgehen. Stets hat man dabei jenseits eines Siphon das Höhlenflußbett wieder aufgefunden. Nun wird aber von A. Grund das Vorhandensein größerer unterirdischer Flüsse aus verschiedenen Gründen bestritten. Die Argumente, deren sich Grund hierbei bedient, sind kurz folgende:

Erstens habe man stets gefunden, daß die Höhlensysteme, in welche die Flüsse eintreten, stets blind enden und in ein System von Spalten übergehen. Daß dies vielfach nicht der Fall ist, haben wir bereits gesehen; es wird auch wiederholt auf diesen Umstand zurückzukommen sein.

Zweitens seien Versuche, durch Triftgegenstände das Vorhandensein von Höhlenflüssen nachzuweisen, stets gescheitert; die Erklärung dafür haben wir bereits gegeben (vgl. S. 54).

Drittens seien Färbeversuche fast immer ohne Erfolg gewesen. Bei einer eingehenderen Durcharbeitung der diesbezüglichen Literatur wird man aber erkennen, daß doch in einer größeren Reihe von Fällen planmäßig angestellte Versuche das erwartete Ergebnis hatten.

Viertens endlich seien nach der Ansicht Grunds Höhlenflüsse schon deswegen undenkbar, weil nur kohlenensäureführendes

¹⁾ Dieser Wasserverlust der Reka findet zu jeder Jahreszeit statt. Mithin fließt die Reka auch zur Zeit des hohen Grundwasserstandes über diesem.

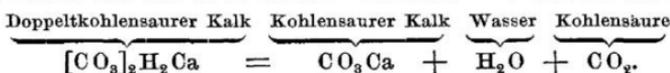
Wasser durch Auflösung des Gesteins höhlenbildend wirken kann. Nun verliert aber das in Ponore eingedrungene Wasser sehr schnell seinen Gehalt an Kohlensäure und würde somit aufhören, höhlenbildend zu wirken.

Dies wäre richtig, wenn kohlenstoffsaures Wasser nicht auch die Karstgesteine auflösen würde — eine Tatsache, welche meist völlig außer acht gelassen wurde. Außerdem wissen wir (vgl. Kap. V über Korrosion), daß ein großer Teil der Gesteinsquantität, welche reichlich Kohlensäure führendes Wasser mehr aufzulösen imstande ist, als kohlenstoffarmes, noch in der Höhle selbst als Kalksinter zur Abscheidung gelangt. Bei diesem Vorgange wird, wie wir gesehen haben, stets Kohlensäure frei¹⁾. Mit diesem Kohlensäuregehalt der im Inneren des Gebirges vorhandenen Luft kann sich das unterirdische Wasser immer wieder beladen, so daß also die chemische Kraft des Wassers keineswegs in der Tiefe eingeschränkt wird.

Dieser letztere Umstand ist unseres Wissens bisher noch niemals berücksichtigt worden, und doch läßt sich nur auf diese Weise die Existenz der großen Quelhöhlen, wie beispielsweise die 4 km lange Planinagrotte im Krainer Karst eine solche ist, erklären.

Als ein weiteres, fünftes Argument für seine Theorie führt Grund an, daß die Hochwasser gegenüber den Niederschlägen beträchtlich verspätet erscheinen. Da nach einem jeden Niederschlage in den Karstgebieten es sozusagen in den Klüften weiterregnet, sprechen sich die Niederschläge, wie schon ausführlich erörtert wurde, in der Höhenlage des Grundwasserspiegels aus. In den Karstgebieten Österreichs ist nun ein sommerliches Minimum und ein herbstliches Maximum der Niederschläge — also auch des Grundwasserstandes — vorhanden. Hinsichtlich des Grundwasserstandes kommt aber noch ein zweites Minimum im Winter hinzu, weil ein großer Teil der Niederschläge jener Jahreszeit in festem Zustande als Schnee niederfällt und als solcher an der Oberfläche liegen bleibt. Im Frühjahr aber, wo

¹⁾ Die Formel, welche diesen chemischen Vorgang zum Ausdruck bringt, haben wir auf S. 23 bereits erläutert. Die Formel lautete:



neben den ohnedies reichlicheren Niederschlägen noch das Wasser der Schneeschmelze — also ein großer Teil der Niederschlagsmenge der Wintermonate — hinzukommt, muß sich im Grundwasser ein zweites Maximum aussprechen. Die Wasserstandskurve des Grundwassers in jenen Gegenden weist also zwei Minima im Sommer und Winter und zwei Maxima im Frühjahr und Herbst auf.

Nun wurde von Grund der wichtige Nachweis geliefert, daß im bosnischen Karstgebiete die Maxima der Wasserstände um eine beträchtliche Zeit und zwar um 2 bis 4 Wochen verzögert sind. Da zu dieser Zeit die zahlreichen Kesseltäler des Karstes ganz oder teilweise unter Wasser stehen, können die Zeiten der Maxima des Wasserstandes genau beobachtet werden. Und wenn die Zeit ihres Eintretens wirklich um den Betrag von $\frac{1}{2}$ bis 1 Monat gegenüber den Maxima der Niederschläge verzögert ist, so ist das eine Tatsache, an welcher nicht gezweifelt werden kann. Von dieser ausgehend sagt Grund folgendes ¹⁾:

„Die lange Verspätung der Karstwasserstände“ (Grundwasserstände), so sagt Grund, „ist jedenfalls der beste Beweis dagegen, daß die Inundationen nicht einfach Flußüberschwemmungen mit unzureichendem Abfluß — denn ein solches Hochwasser fließt doch in einigen Tagen, höchstens einer Woche ab —, sondern Grundwasserschwankungen sind, denn auch auf der übrigen Erde ist der langsame, verspätete Rhythmus der Grundwasserschwankungen längst bekannt.“

Das letztere ist allerdings richtig; aber die gesamte Beweiskraft dieses Satzes beruht doch auf der Annahme, daß Flußüberschwemmungen „doch in einigen Tagen, höchstens einer Woche“ abgelaufen sein müßten.

Diese Annahme ist aber, wie wir sofort sehen werden, durchaus ungerechtfertigt. Denn da durch die wenigen Ponore das gesamte Hochwasser der Kesseltäler zum Abfluß gelangen muß, wird stets bei hohem Wasserandrang ein Rückstau — also eine Überschwemmung — eintreten. Wenn nun der Abfluß auf Flußhöhlen vor sich geht, welche ihrerseits wieder durch bedeutende Wasserzuflüsse von oben her bereits stark angefüllt sind, so wird

¹⁾ Wir glauben deswegen dies wörtlich zitieren zu müssen, weil in diesen Worten gerade das wesentliche der Lehre besonders prägnant hervortritt.

die Verzögerung des Abflusses der in den Kesseltälern zurückgestauten Wassermassen abermals vergrößert.

Aber selbst ohne diese, die Geschwindigkeit des Wassers verzögernden Umstände ist es sehr wohl denkbar, daß das Wasser eine längere Zeit zur Vorwärtsbewegung in den engen Spalten der Höhlenflußbetten braucht, als Grund dies annimmt. Es ist bei der durch Färbeversuche ermittelten geringen Geschwindigkeit des Wassers durchaus nicht erforderlich, daß die Wassermassen, wenn sie Flüssen entstammen würden, in einigen Tagen oder „höchstens“ einer Woche abfließen müßten. Dieser „beste Beweis“ dafür, daß die Poljenüberschwemmungen nur durch Hervortreten von Grundwasser zu erklären seien, ist somit nicht stichhaltig.

Wir haben den geistvollen Versuch, die merkwürdigen hydrographischen Phänomene des Karstes mit Umgehung des Höhlenphänomens allein auf die Eigentümlichkeiten des Grundwassers der verkarsteten Gebiete zurückzuführen, seiner Bedeutung entsprechend, eingehend erörtern müssen. Dabei sind wir zu dem Ergebnis gekommen, daß, genau betrachtet, jedes der Grundschen Argumente sich auch in anderer Weise erklären läßt.

Nichtsdestoweniger kann diese Theorie zur Erklärung der hydrographischen Probleme des Karstes in vielen Fällen sich dennoch mit der Wirklichkeit decken. Nur muß die von Grund angenommene Allgemeingültigkeit derselben für alle Karstgebiete auf das heftigste angezweifelt werden.

Grunds Theorie sucht alles durch das Grundwasser und dessen angeblich ungeheure Schwankungen zu erklären. Die früher allgemein angenommene Theorie ließ das Grundwasser in Karstgebieten überhaupt außer Spiel und erklärte alle hydrographischen Probleme durch das ungemein reich ausgebildete Höhlenphänomen, welches unterirdischen Wasserläufen die Flußbetten liefert.

Daß diese Höhlenflüsse zuweilen mit Grundwasser in Berührung kommen konnten, ist niemals bestritten worden, aber daß sie selbst dem Grundwasser angehören, daß sie somit gar keine Flüsse seien, das ist das Neue der Grundschen Hypothese.

Nun haben wir, auf eine Reihe von Tatsachen gestützt, die Theorie Grunds in ihrer Allgemeingültigkeit bestritten und gezeigt, daß erstens die angeblich so hohen Grundwasserschwan-
kungen nicht vorhanden sind, und zweitens echte unterir-

dische Flüsse vorkommen, hinsichtlich welcher alle Gegenargumente Grunds als unstichhaltig zu verwerfen sind.

Was die Höhlenforschung bisher ermittelt hat, spricht alles gegen diese neuere Theorie. Aber die Studien, auf Grund deren sie aufgestellt wurde, beziehen sich lediglich auf den bosnischen Karst. Höhlen sind zwar dort ebenso vorhanden wie im Krainer Karst, aber dem Höhlenphänomen ist nicht in gleicher Weise nachgeforscht worden. Möglich ist allerdings auch, daß das Höhlenphänomen in Bosnien nicht in gleichem Maße ausgebildet ist als in Krain. Sei es nun, daß es gleichsam senil ist, d. h. daß es durch Einstürze und Einschwemmungen seine hydrographische Bedeutung eingebüßt hat, sei es, daß das Höhlenphänomen erst im Entstehen begriffen (also juvenil) ist — jedenfalls scheinen die gesamten Beobachtungen Grunds darauf hinzuweisen, daß dort die Bedeutung der Höhlen für die Hydrographie des Landes nur gering ist. Anderenfalls würde in einer auf Studien in Bosnien begründeten „Karsthydrographie“ des Höhlenphänomens mehr gedacht sein. Alle in echten Karstgebieten gemachten Beobachtungen weisen darauf hin, daß dem Höhlenphänomen in der Frage nach der Lösung der schwierigen hydrographischen Probleme des Karstes der erste Platz eingeräumt werden muß. Die im bosnischen Karst gemachten Beobachtungen dürfen somit nicht auf Karstgebiete übertragen und als „Karsthydrographie“ verallgemeinert werden, wenn auch, wie die Studien Grunds beweisen, daselbst hochinteressante andere Phänomene auftreten, welche wir jedoch nicht als echte Karstphänomene bezeichnen können. Denn in den echten Karstgebieten, dem Karst „par excellence“, gibt es tatsächlich Höhlenflüsse, welche alle Eigenschaften anderer Flüsse teilen, nur daß sich über ihnen die Talwände zusammenschließen und daß ihr Bett sehr viel enger ist und zuweilen von großen Hindernissen gestaut wird.

Die unterirdischen Flüsse sind es auch, welche andere Phänomene hervorbringen, welche die Grundwassertheorie nicht imstande ist zu erklären. Das erste derselben ist die Existenz submariner Vauclusequellen, das zweite die sogenannten Meeresschwinden.
