

Zur Frage des Grundwassers im Karst

Von Dr. Alfred Grund

Seit dem Erscheinen der v. Knebelschen „Höhlenkunde“¹⁾ gilt es wie ein Axiom, die von mir 1903 vorgetragene Karstwassertheorie²⁾ hätte das Dasein der Höhlenflüsse gezeugnet; eine Auffassung, die, wie ich bereits an einer anderen Stelle gezeigt habe,³⁾ gar nicht zutreffend ist, da es mir nie eingefallen ist, diese zu leugnen. Mein Standpunkt ist nur der, daß ich in ihnen nicht das ganze Um und Auf der Karsthydrographie erblicke, sondern sie mit der Ausnahme, wo ein oberirdischer Fluß hoch über dem Karstwasser in den Karst eintritt, als Grundwasseradern anspreche, die sich im Grundwasserniveau durch chemische und mechanische Erosion in den Klüften breiteren Raum zum Fließen geschaffen haben. Neben diesen in Höhlen fließenden Grundwasseradern gibt es nach meiner Ansicht aber auch noch engere, für den Menschen unpassierbare Spalten und Klüfte, ferner Schächte, die ebenfalls bis zum Grundwasserniveau mit Wasser erfüllt sind. Diese Flußhöhlen, Schächte und Klüfte bilden in einem homogenen Karstkalk ein zusammenhängendes Netz, in welchem sich mit hydrostatischer Notwendigkeit ein Niveau einstellen muß, bis zu welchem alle Hohlräume des Karstes mit Wasser angefüllt sind. Das Schwergewicht meiner Theorie lag vor allem auf diesem Niveau und seinen im Karst sehr bedeutenden Schwankungen. Daß die Zirkulation in den obersten Teilen dieses Netzes vielfach flußartig ist, habe ich nie bestritten. Aus dieser oben erwähnten irrtümlichen Auffassung heraus erklärt es sich, daß jeder namhafte Karstforscher sich bemüßigt fühlte, mir mit allen Argumenten zu beweisen, daß es

¹⁾ Die Wissenschaft, 15. Hft. Braunschweig 1906.

²⁾ Die Karsthydrographie, Pencks Geograph. Abhandl. VII, 3. Leipzig 1903.

³⁾ Beiträge zur Morphologie des Dinarischen Gebirges. Pencks Geograph. Abhandl. IX, 3. Leipzig 1910, S. 157—164. S. auch Krebs, „Offene Fragen der Karstkunde“. Geograph. Zeitschr. 16, S. 137—139.

Höhlenflüsse gebe. Ich habe dieses Mißverständnis, das seit 1903 die Karstliteratur beherrschte, zu beseitigen gesucht in den „Beiträgen zur Morphologie des Dinarischen Gebirges“ und hoffe dort gezeigt zu haben, daß sich das Dasein der Höhlenflüsse mit der Karstwassertheorie durchaus verträgt.

Ich konnte hiebei auf die bis zum Sommer 1909 aufgelaufene Karstliteratur eingehen. Während der Drucklegung erschienen im Heft 6 des 52. Bandes der Mitteilungen der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien zwei Beiträge von Hoffer¹⁾ und Perko,²⁾ in welchen meine Karstwassertheorie neuerdings abgelehnt wurde. Ich konnte auf deren Beweisführung in dem oben genannten Werke nicht mehr eingehen, da das Manuskript bereits abgeschlossen war und sich im Druck befand. Ich glaubte zunächst auch, mir eine eigene Widerlegung ersparen zu können, da die Argumente beider Autoren sich größtenteils in denselben Bahnen bewegten wie die Katzers, v. Knebels und anderer, deren Beweisführung ich genügend Gegengründe entgegengestellt zu haben meine.³⁾

Nachdem aber die Schrift Perkos nunmehr auch Martel⁴⁾ über das Wesen meiner Karstwassertheorie irreführt und diesen verdienstvollen französischen Karstforscher veranlaßt hat, sich mit aller Schärfe gegen meine Anschauungen zu erklären, so möchte ich es doch nicht unterlassen, neuerdings zu sagen, daß den Argumenten Perkos jede Beweiskraft gegen die Karstwassertheorie mangelt und daß ich die Richtigkeit seiner Schlußfolgerungen nicht anerkenne.

Hoffer sah sich durch das während der Drucklegung seiner Arbeit über „unterirdisch entwässerte Gebiete in den nördlichen Kalkalpen“ erschienene Buch Katzers „Karst und Karsthydrographie“ veranlaßt,⁵⁾ in den Schlußworten auf einmal seine Anschauungen, von denen er behauptet, daß sie bis dahin mit den meinen übereinstimmten, zu widerrufen, obwohl er in dieser Arbeit die hydrographischen Erscheinungen der nördlichen

¹⁾ Unterirdisch entwässerte Gebiete in den nördlichen Kalkalpen (II. Teil).

²⁾ Die Tropfstein- und Wasserhöhle „Difnnice“ (Rauchgrotte) bei Markovsina in Istrien.

³⁾ Pencks Geograph. Abhandl. IX, 3. S. 136—195.

⁴⁾ Martel, La théorie de la „Grundwasser“ et les eaux souterraines du Karst. La Géographie XXI, S. 126—130.

⁵⁾ Zur Kunde der Balkanhalbinsel. Hft. 8.

Kalkalpen mit meiner Theorie befriedigend erklären zu können glaubte und keinerlei Beweise gegen die Richtigkeit meiner Ansichten vorgebracht hatte. Sein plötzliches Umschwenken war daher durch sein Beobachtungsmaterial in keiner Weise begründet. Seine Ausführungen in den Schlußworten versuchen auch keine Widerlegung meiner Ansichten, sondern sind bloße formale Änderungen, indem er die Ausdrucksweise Katzers übernimmt, womit natürlich die Unrichtigkeit der Karstwassertheorie nicht bewiesen ist. Da Hoffer seinem neuen Gewährsmann blindlings folgt, ich dessen Beweise aber bereits an zwei anderen Stellen widerlegt zu haben glaube, so brauche ich, um Wiederholungen zu vermeiden, nur auf diese meine Ausführungen zu verweisen.¹⁾

Während Hoffer keinen Beweis gegen die Grundwassertheorie versucht, hat Perko im Anschlusse an seine Höhlenforschungen in der Senke von Materia auf dem nordwestlichen Tschitschenboden zahlreiche Argumente gegen die Karstwassertheorie vorgebracht, ohne daß freilich seine Beweisführung durch das Beobachtungsmaterial nötig gemacht wäre. Perko hat in sehr verdienstvoller Weise die Abflüsse des Flyschgebietes nordöstlich von Materia bei ihrem unterirdischen Wege in den Kalk der Senke von Materia verfolgt und überdies zahlreiche Schächte erforscht, um diese verschwundenen Wasseradern wiederzufinden. Hiebei hat er, soweit ich aus seiner Darstellung entnehmen kann, in drei Schächten fließendes Wasser angetroffen, in der Tončetova Jama bei Materia und in der Dimnicehöhle und im Skalonovschacht bei Markovsina.

In allen drei Fällen dürfte seiner Schlußfolgerung beizupflichten sein, daß er hier tatsächlich die Abflüsse des Flyschgebietes gefunden hat und daß es echtes Flußwasser war, was er in den drei Fällen antraf. Die Flüsse des Flyschgebietes nordöstlich von Materia und Markovsina erreichen nämlich den Karstkalk hoch über dessen Karstwasserniveau, befinden sich daher beim Übertritt auf den Kalk im Bereiche der Vertikalzirkulation. Wie ich nun bereits in den „Beiträgen zur Morphologie des Dinarischen Gebirges“ auseinandergesetzt habe,²⁾ sinken die verschwindenden Flüsse in einem solchen Falle nicht sofort senkrecht zum Karstwasserniveau hinab, sondern eilen diesem schräg ab-

¹⁾ Deutsche Literaturzeitung 1909, Nr. 17, Col. 1068—1072 und Pencks Geograph. Abhandl. IX, 3, S. 136 u. ff.

²⁾ Pencks Geograph. Abhandl. IX, 3, S. 160—162.

wärts zu, bald mit schwächerem, bald mit stärkerem Gefälle mit Kaskaden, Wasserfällen und Stromschnellen. Die teilweise Abdichtung des Bettes mit der Sedimentführung des Flusses befähigt diesen eben, seinen Lauf in den Kalk hinein fortzusetzen. In diesem Falle zeigen die Flüsse Unabhängigkeit voneinander in der Höhenglage und in benachbarten Höhlen kann man tiefer eindringen, ohne auf Wasser zu stoßen. All das sind die für die Sickerwasserzone oder für das Gebiet der Vertikalentwässerung des Karstes typischen Erscheinungen.

Wenn daher Perko behauptet,¹⁾ man habe in benachbarten Höhlen und selbst in derselben Höhle manchmal beträchtliche Niveauunterschiede des Wasserspiegels angetroffen; man habe ferner Wasserläufe entdeckt, die wenigstens in einer gewissen Länge ober- wie unterirdisch über anderen tiefer fließenden Wasseradern liegen, freilich ohne irgendein greifbares Beispiel hiefür vorzubringen, so kann ich ihm versichern, wie dies auch bereits Krebs getan hat, daß alle Fälle dieser Art, die mir bekannt sind, nur im Bereiche der Sickerwasserzirkulation vorkommen.²⁾ Dasselbe kann ich Waagen erwidern, der dasselbe Argument vorbringt,³⁾ ohne ebenfalls auch nur einen einzigen greifbaren Beleg für seine Behauptung beizubringen. Daß obiges auch für die von Perko untersuchten Fälle gilt, schließe ich aus dem Umstande, daß er in der Dimnicehöhle Wasser antraf, das in 455·5 m Seehöhe verschwand, daß er im südsüdwestlich gelegenen Skalovnaschacht den Höhlenfluß in 445—417 m Seehöhe wiederfand, während er in den noch südsüdwestlicher gelegenen Jencereskaschacht bis 358 m Seehöhe eindringen konnte, ohne auf Wasser zu stoßen.⁴⁾

Der Karstwasserspiegel des nordwestlichen Tschitschenbodens dürfte an dieser Stelle, die nur rund 12 km von der 60 m hohen Risanoquelle entfernt ist, bedeutend tiefer liegen als das erreichte Ende des Jencereskaschachtes. Perkos Beobachtungen besagen daher für die Karstgrundwassertheorie gar nichts.

Perko macht nun allerdings die Annahme, daß die Risanoquelle nur ein sekundärer Abfluß des eigentlichen Haupthöhlenflusses

¹⁾ Mitteilungen der k. k. Geograph. Gesellsch. 52, S. 259.

²⁾ Vgl. Geograph. Abhandl. IX, 3, S. 139—140 und S. 161, Anm. 2. Siehe auch Krebs, „Offene Fragen der Karstkunde“. Geograph. Zeitschr. 16, S. 138.

³⁾ Zeitschr. f. praktische Geologie XVIII, S. 231.

⁴⁾ Mitteil. der k. k. Geograph. Gesellsch. 52, S. 248, 252 und 255.

ist, der unter der Senke von Materia dem Timavo zufließt.¹⁾ Diese Annahme ist aber in keiner Weise begründet und wird auch von Martel bestritten;²⁾ der einzige Beweis, der hier vorliegt, ist der Färbeversuch am Odolinaponor nordöstlich von Materia und dieser bewies den Wasserzusammenhang mit der Risanosquelle.³⁾

Perko erschließt die Richtung des Höhlenflusses aus dem Umstande, weil in der Senke von Materia in den früheren Zeiten oberirdischer Entwässerung ein Fluß nach Nordwesten floß. Das einst oberirdisch vorhandene Flußnetz soll in die Tiefe gesunken sein. Ein solcher Rückschluß aus dem oberirdischen Gelände auf die unterirdische Entwässerungsrichtung ist unrichtig da die unterirdische Wasserzirkulation im Karst von den Höhenverhältnissen der Karstoberfläche ganz unabhängig ist und nur von dem Umstande abhängt, wo sich ein tiefer Austrittspunkt für das Karstwasser befindet.

Perko nimmt nun die Tatsache, daß er nur echte Höhlenflüsse, die, wie ich oben zeigte, in die Sickerwasserzone einzureihen sind, gefunden hat, zum Ausgangspunkt, um im Karst das Vorhandensein von Grundwasser überhaupt zu leugnen;⁴⁾ er behauptet, im Karste gebe es nur unterirdisches Flußwasser. Aus seinen Ausführungen ersehe ich, daß er nur das loses Material (Schutt und Schotter) durchtränkende Wasser als Grundwasser gelten lassen will, obwohl er dieses ganz allgemein als eingesickertes Meteorwasser definiert hatte.

Er hat daher eine sehr enge Auffassung vom Begriff Grundwasser, während ich diesen so weit wie nur möglich fasse. Ich verstehe unter Grundwasser das in den Boden eingedrungene Meteorwasser, 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 ich in diesem Material nicht das Charakterisierende für das Grundwasser erblicken kann, sondern im meteorischen Ursprung und der Herkunft aus Sickerwasser.

Wenn Perko sagt, das Grundwasser bilde im Gegensatze zum Kluftwasser im Schotter Teiche, sei zusammenhängend und

¹⁾ Ebenda, S. 256.

²⁾ La Géographie XXI, S. 128.

³⁾ Petermanns Mitteilungen 1908, S. 166—167.

⁴⁾ Mitteil. der k. k. Geograph. Gesellsch. 52, S. 256—262.

ausgedehnt, so ist dies, streng genommen, nicht richtig. Das Grundwasser füllt auch hier nur die Zwischenräume zwischen den Geschieben aus, ist daher durch wasserfreie Räume, die größer sind als der wassererfüllte Raum, unterbrochen. Der ganze Unterschied zwischen einem Schotterfeld und einem klüftigen Kalk ist nur ein gradueller. Je gröber der Schotter oder die Breccie wird, umso größer werden die wasserfreien Räume, und ein klüftiger Karstkalk bietet dem gegenüber nur noch eine weitere Steigerung, indem hier das Verhältnis der wasserfreien zu den wassererfüllten Räumen noch größer geworden ist. Ich kann daher den angeblichen Zusammenhang des Grundwassers bei Schotterfeldern und in porösen Gesteinen nicht anerkennen. Es ist hier ebenso unzusammenhängend wie im Karstkalk, nur das Korn der durchtränkten Gesteinsmasse ist im ersteren Falle klein, im letzteren groß. Die ganze Vorstellung des zusammenhängenden Grundwassers ist eine rein künstlich oder anthropozentrisch von der Brunnenbohrtechnik hereingetragene Vorstellung, daß bei Schottern, Sand und porösen Gesteinen der Brunnenzylinder um vieles größer ist als die wasserfreien Gesteinsvolumina, weshalb hier jede Brunnenbohrung, sobald sie den Grundwasserspiegel erreicht, Wasser liefert, während im Karstkalk das wasserfreie Gesteinsvolumen um vieles größer ist als der Brunnenzylinder, weshalb hier die Aussicht, Wasser zu erbohren, sehr gering ist. Diese sehr geringe Wahrscheinlichkeit habe ich bereits aus dem von mir für den westbosnischen Karst gefundenen kleinen Klüftungswert in der „Karsthydrographie“ berechnet und dargetan, daß man sehr tief unter das Karstwasserniveau hinunter bohren müßte, um endlich eine wasserführende Kluft zu erreichen.¹⁾ Wenn daher Perko die erfolglos verlaufenen Brunnenbohrungen in der Bahnhofsgrotte von Nabresina und von Basovica bei Triest als Beweise gegen das Dasein eines Grundwassers im Karst anführt,²⁾ so kann ich diese mit mehr Recht als Beweis für meine Darlegungen ansprechen. Beide Bohrungen haben sich im besten Fall einige Meter unter das Karstwasserniveau hinab erstreckt. Die volle Wahrscheinlichkeit, Wasser zu erbohren, wäre hier erst erreicht gewesen, wenn man mehrere hundert Meter tief unter den Karstwasserspiegel hinab gebohrt hätte.

¹⁾ Pencks Geograph. Abhandl. VII, 3, S. 177.

²⁾ Mitteil. der k. k. Geograph. Gesellsch. 52, S. 260.

Die Beweiskraft der erfolglosen artesischen Bohrung in der Brauerei Dreher in Triest, welche Perko anführt,¹⁾ kann ich vollends nicht einsehen, da sie im wasserundurchlässigen Felsch niedergebracht wurde.

Perko leugnet das Dasein des Grundwassers im Karst kurzerhand und beruft sich hierbei auf eine lange Liste von Hydrologen und Speleologen.²⁾ Nachdem er aber das Grundwasser als das in die Erde eingedrungene Meteorwasser definiert hat, so meine ich, hätte er besser folgerichtig beweisen müssen, daß im Karst kein Meteorwasser in die Tiefe sickert, wenn er das Dasein von Grundwasser im Karst leugnet, oder er müßte sagen, was nach seiner Ansicht aus dem Meteorwasser wird.

Daß das eingesickerte Meteorwasser im Karst wegen der Erweiterung der Klüfte zu Höhlen vielfach flußartig dahinfließt, beweist meiner Ansicht nach noch nichts gegen seine Grundwassernatur, auch in einer groben Breccie wird sich die Wasserbewegung mehr in einzelnen Strängen konzentrieren. Wenn mir Perko nur aus diesem Grunde das Grundwasser bestritte und statt dessen den Ausdruck unterirdisches Flußwasser³⁾ setzte, so wäre das eine reine Differenz in der Nomenklatur, wobei ich aber diese Bezeichnung als das Wesen der Karsthydrographie nicht erschöpfend verwerfen muß, denn dieser Ausdruck paßt nur für einen Teil der Karsthydrographie — die ruhenden Wasserspiegel in Schächten und die Zirkulation in Klüften sind davon ausgeschlossen — und überdies erlaubt dieser Ausdruck nicht die Unterscheidung zwischen echtem Flußwasser, das von außen in den Karst eintritt, und Karstwasser meteorischen Ursprungs, mag dieses auch flußartig dahinfließen. Perko leugnet aber das Dasein des Karstwasserniveaus und behauptet gegenseitige Unabhängigkeit der unterirdischen Flüsse; darin liegt die prinzipielle Differenz unserer Ansichten.

Die anderen Argumente Perkos bewegen sich im Sinne der hauptsächlich durch v. Knebel erhobenen Einwände gegen die Karstwassertheorie, ich hätte das Dasein der Höhlenflüsse geleugnet, ich hätte behauptet, am blinden Ende einer Flußhöhle gehe der Fluß ins Grundwasser über, ich hätte die Ausführbarkeit von Färbeversuchen geleugnet und ähnliches mehr. Auf all diese

¹⁾ Ebenda, S. 260.

²⁾ Ebenda, S. 258—259.

³⁾ Ebenda, S. 258.

Einwände, die zum größten Teil auf Mißverständnissen beruhen, habe ich bereits an anderer Stelle erwidert, so daß ich hier, um Wiederholungen zu vermeiden, neuerdings auf meine bezüglichen Ausführungen verweise.¹⁾

Ich möchte nur zum Schlusse auf eine Stelle aus dem Aufsätze Perkos hinweisen,²⁾ wo er sagt, daß zur Zeit der miozänen Ebene in Istrien die Vertikalentwässerung nicht tief unter die Oberfläche reichte, weshalb zu einer Verkarstung kein Anlaß vorhanden war. Als aber die Tiefebene zur Hochebene wurde, habe die Vertikalentwässerung ihre jetzige Tiefe erreicht. Warum die Vertikalentwässerung früher nicht tief hinabreichte, alle Hohlräume waren nämlich damals bis nahe an die Oberfläche des tiefliegenden Landes mit Wasser erfüllt, ist hier nicht erläutert. Ich habe den Eindruck, daß Perko an dieser Stelle den Grundwasserspiegel im Karst zugibt. Freilich scheint der ganze Abschnitt über die morphologische Entwicklung Istriens durch die Arbeiten von Krebs beeinflusst zu sein, ohne daß diese zitiert wären.³⁾

Martel hat den Aufsatz Perkos in der Zeitschrift der französischen geographischen Gesellschaft besprochen⁴⁾ und in den Schlußbemerkungen seines Referates die, wie er sich ausdrückt, siegreichen Argumente Perkos wiederholt, ohne wesentlich neue Gesichtspunkte vorzubringen. Auch er geht, wie alle meine Opponenten, von der vorgefaßten Meinung aus, ich hätte im Karst die Existenz eines „zusammenhängenden“ Grundwassers behauptet, was mir nie eingefallen ist, während es doch ein „réseau des canaux souterrains“ gebe. Dieses sein Netz unterirdischer Kanäle entspricht meinem Netz von Karstwasseradern. Die Differenz wäre also scheinbar recht gering, wenn es sich nur darum handelte, es handelt sich aber dabei auch noch um das Karstwasserniveau. Martel ist eben in denselben Irrtum verfallen wie die anderen Opponenten der Karstwassertheorie, dieser, wie schon Krebs richtig hervorhebt, Anschauungen zu supponieren,⁵⁾ die über das in meiner „Karsthydrographie“ Gesagte weit hinausgehen. Wieso Martel behaupten kann, ich hätte eine Ver-

¹⁾ Pencks Geograph. Abhandl. IX, 3, S. 157—167.

²⁾ Mitteil. der k. k. Geograph. Gesellsch. 52, S. 246.

³⁾ Geograph. Zeitschr. 16, S. 139, Anm. 5.

⁴⁾ La Géographie XXI, S. 126—130. La théorie de la „Grundwasser“ et les eaux souterraines du Karst.

⁵⁾ Offene Fragen der Karstkunde. Geograph. Zeitschr. 16, S. 137.

bindung der Reka mit dem Timavo gelegnet, ist mir rätselhaft, da ich dies niemals getan habe. Die Differenz der Ansichten liegt vielmehr darin, wie man sich die Verbindung vorzustellen habe und da, meine ich, haben gerade die Versuche, welche nach Martel die Verbindung erwiesen haben, die Richtigkeit meiner Ansichten bestätigt.¹⁾

Kürzlich hat Waagen in zwei Aufsätzen²⁾ gegen die Karstwassertheorie Stellung genommen. Ohne auf die bereits erschienenen „Beiträge zur Morphologie des Dinarischen Gebirges“, die ihm entgangen zu sein scheinen, Bezug zu nehmen, knüpft er an den Vortrag von Krebs über „Offene Fragen der Karstkunde“³⁾ an, um diesem gegenüber die Anschauungen Katzers über den hydrographischen Unterschied des seichten und tiefen Karstes⁴⁾ weiter auszubauen. Ich habe auch diese Frage bereits an anderer Stelle behandelt,⁵⁾ möchte aber hier noch ergänzende Bemerkungen hinzufügen, da Waagen weitergehende Anschauungen über das Grundwasser entwickelt, die ich für unrichtig halte.

Waagen behauptet mit Katzer, im seichten Karst gebe es ein Grundwasser, weil hier die undurchlässige Unterlage des Kalles nahe der Oberfläche liegt, im tiefen Karst könne es aber kein Grundwasser geben und die Grundwassertheorie sei schon deshalb unwahrscheinlich, weil hier die undurchlässige Unterlage sehr tief liegt, denn unter Grundwasser verstehe man das eingesickerte Wasser, das sich über einer undurchlässigen Schicht sammelt.

Die aus tiefer Lage an Karstküsten hervorkommenden submarinen Quellen könnten unmöglich Abflüsse des Karstgrundwassers sein, sondern seien ein Beweis für geschlossene Karstgerinne im Sinne Katzers. Das Wasser von Grundwasserabflüssen müßte nämlich unmerklich austreten und könnte nur langsam aufsteigen, nicht aber mit großer Gewalt, wie dies tatsächlich der Fall sei. Über diesen submarinen Quellen gebe es aber auch im tiefen Karst, jedoch nur längs der Küsten, einen Streifen von meist

¹⁾ Siehe meine Ausführungen: Pencks Geograph. Abhandl. IX, 3, S. 177 bis 178.

²⁾ Die unterirdische Entwässerung im Karst. Geograph. Zeitschr. 16, S. 398—401 und Karsthydrographie und Wasserversorgung in Istrien. Zeitschr. f. praktische Geologie XVIII, S. 229—239.

³⁾ Geograph. Zeitschr. XVI, S. 134—142.

⁴⁾ Karst und Karsthydrographie, S. 42 u. ff.

⁵⁾ Pencks Geograph. Abhandl. IX, 3, S. 168—170.

leicht brackischem Staugrundwasser, das, als Sickerwasser in den Karst eingedrungen, vom Meer hydrostatisch gestaut werde. Waagen unterscheidet daher zwischen einem süßen Wasser der Karstgerinne und dem brackischen Staugrundwasser und behauptet, daß beide Wasserarten nebeneinander vorkommen, aber nur längs der Küste, denn dem tiefen Karst fehle sonst echtes Grundwasser.

Auch hier liegt meines Erachtens der Fehler in der zu engen unrichtigen Definition des Grundwassers. Das Charakteristische des Grundwassers ist nach meiner Auffassung nicht die Ansammlung auf der Unterlage, sondern überhaupt die subterrane Ansammlung eingesickerten Meteorwassers, ohne Rücksicht, wie die Ansammlung zustande kommt. Die Unterlage ist ganz nebensächlich. Selbst wenn die Erde nur ein durchaus poröser Sandball wäre, hätte sie doch Grundwasser. Ich halte ferner die Unterscheidung Waagens zwischen echtem Grundwasser und Staugrundwasser nur von sekundärer Wichtigkeit. Das letztere ist eben doch auch Grundwasser, wie ja Waagen selbst durch die Benennung zugibt. Zudem hat auch der tiefe Karst eine undurchlässige Unterlage, allerdings in großer Tiefe, man müßte daher auch nach Waagens Definition hier von Grundwasser sprechen. Meines Erachtens tut es jedoch nichts zur Sache, ob sich das eingesickerte Meteorwasser über der Unterlage nur einige Meter oder aber einige hundert Meter mächtig ansammelt. Die hydrostatischen Gesetze bleiben die gleichen. Eine Stauung erfolgt in beiden Fällen, beim seichten Karst durch die Unterlage und ihre Unebenheiten, beim tiefen Karst durch benachbarte undurchlässige Barrieren oder den hydrostatischen Druck des Meeres. Ich bestreite daher einen hydrographischen Unterschied zwischen seichtem und tiefem Karst.

Es ist nun nach den hydrostatischen Gesetzen ganz unmöglich, daß sich die Stauwirkung des Meeres nur auf einen schmalen Küstenstreifen beschränken soll, wie Waagen behauptet, sondern diese muß sich bei einem tiefen Karst durch dessen ganze Masse hindurchziehen, so daß sich in ihm alle Hohlräume bis zu einem Niveau, das eben das Grundwasserniveau ist, mit Grundwasser füllen. Mit dem Nachweis von Staugrundwasser an der Küste ist daher auch das Grundwasser im Innern Istriens bewiesen. Die Behauptung, im tiefen Karst gebe es kein Grundwasser, ist eine hydrostatische Unmöglichkeit.

Von der Vorstellung ausgehend, ich hätte das Dasein der Höhlenflüsse geleugnet, behauptet Waagen, die Forschung hätte stets nur entweder trockene Höhlen oder Flußhöhlen nachgewiesen.¹⁾ Diese Behauptung ist unrichtig. Die Höhlenforschung hat, u. zw. weitab von der Waagenschen Küstenzone des Staugrundwassers, auch wassererfüllte Schächte mit ruhigem, auf- und abschwankendem Wasserspiegel erwiesen, aus denen man wie aus einem Brunnen Wasser pumpen und in die man Wasser leiten kann, ohne daß sich der Wasserspiegel merklich ändert.²⁾ Diese Naturbrunnen kann ich sowohl Waagens als Perkos Ansichten, daß es im Karst nur unterirdisches Flußwasser gebe, entgegenhalten.

Waagens Auffassung der Karstgerinne als geschlossene Röhren ist dieselbe wie bei Katzer, weshalb meine gegen Katzers Ansichten vorgebrachten Gründe auch hier Anwendung finden.

Bezüglich der submarinen Quellen kann ich die Ansichten Waagens gleichfalls nicht teilen. Überall im Karst sehen wir das Phänomen abnorm starker Quellen, der sogenannten Flußquellen, das sich dadurch erklärt, daß große Einzugsgebiete ihre unterirdische Entwässerung auf eine oder auf einige wenige Quellaustritte konzentriert haben. Daß daher das submarine Austreten des Grundwassers sich an Karstküsten ebenfalls kräftiger und flußartig vollzieht und nicht allmählich und schwach wie bei einem anderen durchlässigen Gestein, wo auch die oberirdischen Quellen schwächer sind, ist nur eine Kopie der submarinen Verhältnisse. Daß das Karstgrundwasser submarin nur unmerklich austreten kann, wie Waagen behauptet, ist daher einfach unrichtig. Die submarinen Quellen des Golfs von Fiume haben ein großes niederschlagsreiches Einzugsgebiet, das die ganze Osthälfte des Tschitschenboden und den Monte-Maggiore-Zug umfaßt. Diesen großen Niederschlagsmassen steht an der Küste dank dem kleinen Klüftungswert eine im Verhältnis zu geringe Anzahl von Quellöffnungen zur Verfügung, deshalb ist der Druck der im Einzugsgebiet angesammelten Wassermasse stark genug, um selbst noch aus größeren Tiefen starke Karstwasseradern ins Meer austreten zu lassen.

¹⁾ Zeitschr. f. praktische Geologie XVIII, S. 231.

²⁾ Siehe Pencks Geograph. Abhandl. IX, 3, S. 179—180 u. 182, ferner auch VII, 3, S. 149—150, 167 u. 177.

Die Quellen treten also unter Druck aus, und daß sie dank ihrer Wassermenge und dem bedeutenden Dichteunterschied, der zwischen dem Quellwasser und dem Meerwasser besteht, im Meer starken Auftrieb haben, erscheint mir gar nicht verwunderlich.

Zum Schluß möchte ich noch eine unrichtige Darstellung des Sachverhaltes berichtigen. Waagen behauptet, meine Theorie besitze in den österreichischen Karstgebieten die weiteste Verbreitung und aus meiner Theorie hätte sich eine große Reihe von Schädigungen für die Praxis ergeben. So sei, um nur einen Fall hervorzuheben, das Projekt des Berginspektors Tschebull bezüglich der Quellen von S. Giovanni bei Triest von vornherein verfehlt gewesen, da es auf dem hypothetischen Karstgrundwasser basierte. Wäre damals ein Kenner der Karstwasser-Verhältnisse zu Rate gezogen worden, so hätte die Summe von 60.000 Kronen erspart werden können.¹⁾

Dem gegenüber stelle ich fest, daß ich in dem Jahre (1896), in dem Tschebull mit seinem Projekt in die Öffentlichkeit trat,²⁾ den Karst überhaupt zum ersten Mal, u. zw. als junger Student im zweiten Semester gesehen habe, daß meine Karstwassertheorie erst 7 Jahre später (1903) erschienen ist. Für das Projekt und den Verlust der 60.000 Kronen kann man mich daher nicht verantwortlich machen. Waagen scheint entgangen zu sein, daß ich bereits an zwei Stellen den Mißerfolg Tschebulls besprochen und dargelegt habe, daß er den Stollen in viel zu hohem Niveau vortrieb.³⁾ Auf alle Fälle habe ich mit diesem Projekt, mit dem ich gar nicht einverstanden bin, nie etwas zu tun gehabt. Auch die Behauptung von der weiten Verbreitung meiner Theorie in Österreich ist leider unwahr. Nahezu alle österreichischen Karstforscher (Perko, Katzer, Marinitsch, Müller, Schollmayer-Lichtenberg, Putick u. v. a.) sind gegen die Grundwassertheorie. Ich bin auch noch nie in irgendeiner karsthydrotechnischen Frage zu Rate gezogen worden. Die Behauptung Waagens, ich hätte irgend jemand materiell geschädigt, fällt damit in sich zusammen.

¹⁾ Karsthydrographie und Wasserversorgung in Istrien. Zeitschr. f. praktische Geologie XVIII, S. 230.

²⁾ Projekt einer Trinkwasserversorgung f. d. Stadt Triest. Zeitschr. des österr. Ingenieur- und Architektenvereines, Wien 1896.

³⁾ Petermanns Mitteilungen 1907; Literaturbericht, Europa Nr. 410, S. 109 und Pencks Geograph. Abhandl. IX, 3, S. 177—178.