

## Werk

**Titel:** Grunds Studien im Dinarischen Gebirge

**Autor:** Rühl, Alfred

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1911

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657\\_1911](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1911) | LOG\_0094

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

## Grundstudien im Dinarischen Gebirge.

Von Privatdozent Dr. Alfred Rühl in Marburg a. L.

Die Untersuchungen von Alfred Grund im Dinarischen Gebirge, die die Frucht einer intensiven Bereisung des Landes sind und nunmehr in zwei Bänden der von Penck herausgegebenen „Geographischen Abhandlungen“ abgeschlossen vorliegen<sup>1)</sup>, haben in mehrfacher Beziehung zu höchst bedeutsamen Ergebnissen geführt. Sie haben uns zunächst in den Stand gesetzt, die Oberflächenformen dieser Landschaft besser zu verstehen. Es hat sich gezeigt, daß das Karstphänomen nur eine sekundäre Erscheinung darstellt, daß die alttertiäre Hauptfaltung ebenfalls für sie nur von sehr untergeordneter Bedeutung ist, daß sie vielmehr das Resultat einer ziemlich verwickelten Aufeinanderfolge verschiedener Zyklen sind, und es ist von großem Interesse zu sehen, wie andere Forscher unabhängig von ihm für benachbarte Gebiete zu einem im Prinzip völlig gleichen Entwicklungsgange gelangten, wodurch wir in den Besitz einer ziemlich vollständigen Morphogenie des gesamten Dinarischen Gebirges gekommen sind. Der morphologische Teil ist am umfangreichsten, seine Lektüre wird allerdings dadurch recht erschwert, daß die Disposition wenig durchsichtig ist, und außerdem krankt er daran, daß sein Inhalt eigentlich nur dem verständlich ist, der die betreffenden Blätter der Spezialkarte zur Hand hat, eine Crux, an der so viele morphologische Arbeiten der letzten Zeit leiden; auch eine stilistische Durchfeilung hätte hier von Vorteil sein können. Wir können diese Abschnitte, wie wichtig sie auch an sich sein mögen, aus dem Grunde an dieser Stelle von der Betrachtung ausschließen, weil Grund die Leser dieser Zeitschrift bereits selbst mit den Hauptergebnissen dieser Studien bekannt gemacht hat.<sup>2)</sup> Hier handelt es sich also in der Hauptsache um ein spezielles morphologisches Problem der Länderkunde. Daneben enthalten aber jene beiden Arbeiten noch Betrachtungen allgemeiner Natur von großer Tragweite, indem es nämlich Grund gelang, die Zirkulation des Wassers in Kalkgebieten auf eine neue Basis zu stellen. Die Aufgabe der folgenden Zeilen soll es nun sein, das Wesentliche dieser mehr einen hydrologischen Charakter tragenden Untersuchungen in aller Kürze darzustellen. Am Schlusse soll dann noch mit einigen Worten auf die quartäre Vergletscherung der Hochgebirge Bosniens und der Hercegovina eingegangen werden.

---

<sup>1)</sup> Die Karsthydrographie. Bd. 7. 1903. — Beiträge zur Morphologie des Dinarischen Gebirges. B. 9. 1910.

<sup>2)</sup> 1908, S. 468—480.

Seine Anschauungen über die Entwässerung von Kalkgebieten hat Grund zuerst in der älteren Arbeit ausführlich dargelegt, und es ist ja bekannt, welch überaus lebhaftige Polemik sich an sie geknüpft hat. Während einzelne Forscher, wie Penck, Richter, Łozinski u. a. sich ihr mehr oder weniger innig anschlossen, oder, wie Penck, sogar auf ihnen fußend weiterbauten, haben andere, vor allem v. Knebel und Katzer, in letzter Zeit Waagen und Perko, sie gänzlich abgelehnt. Auffallend ist, daß dieser Streit, der zum Teil schon ziemlich heftige Formen angenommen hat, sich eigentlich ausschließlich auf deutschem und österreichischem Boden abgespielt hat; erst ganz kürzlich hat auch Frankreichs großer Höhlenforscher Martel Stellung genommen und sich in ablehnendem Sinne geäußert. Es würde weit über den Rahmen dieses Berichtes hinausgehen, wollte man die einzelnen Streitobjekte hier erörtern und die Argumente für und wider vorführen. Nur das möge hervorgehoben werden, daß sich bei einer vorurteilslosen Betrachtung der einander so schroff entgegenstehenden Meinungen zeigt, daß eigentlich die Unterschiede gar nicht so groß sind, wie es auf den ersten Blick den Anschein hat, und wie vor allem die Gegner Grund glauben machen wollen. Gesündigt hat man allerdings auch *intra muros*: auch Grund hat sich nicht stets mit genügender Klarheit ausgedrückt. Und noch eines: man hat Grund den Vorwurf gemacht, daß er viel zu sehr deduktiv verfahren sei und bei seinen Schlußfolgerungen nicht immer von der Beobachtung ausgegangen sei, daß überhaupt seine Theorie bei Anwendung auf spezielle Fälle häufig versage. Darauf ist zu erwidern, daß der Wert der Deduktion gerade in der Geographie noch viel zu wenig erkannt wird, und daß sie in dem vorliegenden Falle besonders am Platze war, da sich hier ja so vieles der direkten Beobachtung entzieht. Die Grundsche Theorie will auch nichts anderes sein, als eine Aufstellung der allgemeinsten Prinzipien über die Wasserzirkulation im Kalk; jeder Einzelfall ist aber natürlich selbständig zu untersuchen, und es muß jedesmal geprüft werden, ob irgend welche, das allgemeine Schema störenden Einflüsse vorhanden sind, worin deren Wirkungen bestehen, und worauf sie beruhen.

Wenn auf eine Kalkoberfläche atmosphärischer Niederschlag fällt, so wird das Wasser vom Kalk aufgesogen, aber nicht in der Art und Weise, wie es bei durchlässigen Gesteinen, z. B. Sandstein, der Fall ist. Denn der Kalkstein gehört nicht in die Gruppe der durchlässigen, sondern vielmehr in die der löslichen Gesteine, und diese Eigenschaft der Löslichkeit ist es, die bewirkt, daß das Wasser im Kalk nicht oberflächlich abrinnt, sondern vielmehr von ihm wie von einem Schwamme verschluckt wird. Es ist eine Streitfrage zwischen Grund und v. Knebel gewesen, ob der Dolomit auch zu den karstbildenden Gesteinen gerechnet werden muß oder nicht;

v. Knebel hatte sie bejaht, Grund verneint. Im Dinarischen Gebirge erweist er sich meist dem Karstphänomen ungünstig, die Dolinen fehlen in ihm, es bildet sich auf ihm der in den Kalkregionen nicht vorkommende Gehängeschutt, er wirkt stauend auf das Wasser, verhält sich also überhaupt wie ein undurchlässiges Gestein; aber Grund hat zugeben müssen, daß diese Eigenschaft dem Dolomit nicht überall zukommt, sondern eine Eigentümlichkeit seines Forschungsfeldes ist.

Durch die zahllosen feinen Klüftchen und Spältchen sickert das Wasser in die Tiefe, wobei es diese durch Lösung natürlich immer mehr erweitert, bis es schließlich auf das Grundwasser trifft und dann die vertikale Abflußrichtung mit der horizontalen vertauscht. Nun hatte Grund ursprünglich vorausgesetzt, daß sich unter diesem fließenden Grundwasser ein stagnierendes befindet, und diesem gab er, da es sich ja dann um eine von den normalen Verhältnissen abweichende Erscheinung handeln würde, den Namen Karstwasser. Er hat jedoch später eingesehen, daß diese Annahme eines stagnierenden Grundwassers falsch ist, und deswegen in seiner neuen Publikation diesen Terminus auf alles in horizontaler Richtung sich bewegende Wasser ausgedehnt. So besteht denn der Unterschied zwischen dem Karstwasser und dem gewöhnlichen Grundwasser nur darin, daß jenes nur die Klüfte im Kalk erfüllt, während dieses sehr viel gleichmäßiger im Boden verteilt ist, wodurch bewirkt wird, daß das Maß der Schwankungen des Spiegels in beiden Fällen ein verschiedenes, nämlich bei dem Karstwasser ein weitaus größeres ist. Da also zwischen den beiden Arten von Grundwasser wesentliche Verschiedenheiten nicht existieren, so ist wohl auch die Aufstellung eines besonderen „Karstwassers“ überflüssig.

Von großer Wichtigkeit ist dagegen der Unterschied zwischen dem Grundwasser und dem Sickerwasser, und zwar liegen die Differenzpunkte hier vornehmlich in der Temperatur. Das vertikal niedergehende Sickerwasser ist eigentlich beinahe immer kühler als das Karstwasser, was darin seinen Grund hat, daß es aus größeren Höhen stammt; das Grundwasser, das sich dann aus jenem bildet, ist wesentlich wärmer, weil es ja schon längere Zeit dem Einfluß der Erdwärme ausgesetzt ist. Aus diesem Sickerwasser wollen nun die Gegner Grunds alle hydrographischen Erscheinungen des Karstes erklären, es soll sich in größerer Menge ansammeln und in Röhren fließen können, so daß also die Quellen in unmittelbarem Zusammenhang mit ihm stehen. Dies ist jedoch nach Grund eine Unmöglichkeit, da eben das Wasser so lange immer weiter abwärts sinken muß, bis es das Grundwasser erreicht. Das Sickerwasser vermengt sich also mit dem Karstwasser, und von einer direkten Speisung der Quellen durch das Sickerwasser kann keine Rede sein; es ist auch tatsächlich noch niemals eine einwandfreie Beobachtung in der Hinsicht gemacht worden, daß das

Sickerwasser auf längere Erstreckung hin einen horizontal verlaufenden Weg eingeschlagen hätte.

Was nun die Geschwindigkeit der Bewegung des Grundwassers im Karst betrifft, so nimmt es hierin eine Mittelstellung ein zwischen den Flüssen und dem normalen Grundwasser. Die Theifs weist bei Tisza Eszlar eine mittlere Geschwindigkeit von 0,11—0,95 m in der Sekunde auf. Im Karst von Triest betrug sie dagegen 0,044—0,049 m, in der Paderborner Hochfläche wurde durch Färbeversuche 0,060—0,087, zu einer anderen Jahreszeit 0,030—0,055 m in der Sekunde festgestellt. Da es sich aber bei allen diesen Berechnungen und Messungen natürlich stets um die Luftlinie handelt, so fällt das Ergebnis immer zu klein aus. Setzt man das Zweifache als wahrscheinlich an, so kommt die Geschwindigkeit des Karstwassers der der Theifs ungefähr gleich, die allerdings den Typus eines ungemein langsam fließenden Stromes repräsentiert; sie ist jedoch wesentlich größer als beim gewöhnlichen Grundwasser.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Schwankungen in der Höhenlage des Karstwassers deswegen sehr beträchtlich sein müssen, weil sich das Wasser hier auf eine sehr geringe Fläche, nämlich nur den von Klüften eingenommenen Raum verteilen kann. Eine bedeutende Vergrößerung in ihrem Ausmaß wird nun überall da eintreten müssen, wo die Niederschläge nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt sind. Solche Verhältnisse liegen aber gerade in den Karstgebieten vor, indem der Herbst ein Maximum des Niederschlags darstellt, der Sommer ein Minimum, während Winter und Frühjahr durch sekundäre Minima bzw. Maxima ausgezeichnet sind. Herbst und Frühjahr sind also hier Zeiten des Hochstands, Sommer und Winter des Tiefstands des Grundwassers. Es reagiert jedoch das Grundwasser nicht plötzlich auf die Niederschläge, sondern es findet vielmehr eine nicht unbeträchtliche Verspätung statt, die in den Poljen  $\frac{1}{2}$ —1 Monat erreichen kann. Es ist nun klar, daß in einem Kalkgebiet mit sehr engen Klüften, d. h. im Jugendstadium, die Schwankungen des Grundwassers sehr viel größere Dimensionen besitzen werden als im ausgereiften Zustand, wo durch das Wasser die Klüfte bereits eine starke Ausweitung erfahren haben; dann werden sie so groß sein können wie die des gewöhnlichen Grundwassers. Aus dem Ausmaß dieser Schwankungen kann man demnach Rückschlüsse auf das morphologische Alter von Karstländern ziehen. Grund bringt viele Zahlen über diesen Punkt, aus denen sich ergibt, daß die Schwankungen im dinarischen Karst etwa zwischen 25 und 50 m liegen, und daß ein gleiches von den Karstregionen Frankreichs gilt, daß also beide noch in einem verhältnismäßig jungen Stadium sich befinden.

Aus diesen bedeutenden Schwankungen resultieren nun in den Karstländern zwei verschiedene Niveaus des Grundwasserspiegels, ein oberes und ein unteres, und durch sie lassen sich alle hydrographischen Erscheinungen im Karst in befriedigender Weise im Prinzip erklären; es wird aber das allgemeine Schema sehr häufig Modifikationen geringeren oder größeren Umfangs erleiden müssen, je nachdem irgendwelche, die freie Zirkulation des Wassers störende Faktoren dazwischen treten, wie es vor allem durch die Einschaltung undurchlässiger Schichten geschieht, die eine Stauung des Grundwassers hervorrufen. Wird das obere Karstwasserniveau von der Erdoberfläche geschnitten, so wird das Wasser austreten, und es sind die Bedingungen für die Entstehung einer Quelle gegeben. Bei diesen werden nun von Grund zwei verschiedene Arten unterschieden, denen er den Namen Karstquellen und Vaclusequellen beigelegt hat; der letzte Ausdruck ist allerdings wenig glücklich gewählt, da der Terminus bekanntlich schon vergeben ist. Beiden Gruppen ist gemeinsam, daß sie kaltes und reines Wasser zutage treten lassen, nur zur Regenzeit wird eine geringe Trübung vorhanden sein. Die sie unterscheidende Eigenschaft besteht darin, daß jene nur periodisch fließen, während diese perennierend sind. Wann es zur Ausbildung eines dieser beiden Typen kommt, ist nun leicht zu verstehen: schneidet die Oberfläche des Landes den oberen Karstwasserspiegel, so entsteht eine Karstquelle; gerät der Austrittspunkt des Wassers unter das untere Niveau, so bildet sich eine Vaclusequelle. Die sogenannten Estavellen, d. h. diejenigen Öffnungen, die sowohl als Quellen wie als Sauglöcher figurieren, sind demnach der Klasse der ersteren zuzurechnen. Es wird häufig der Fall eintreten, daß beide Arten vergesellschaftet vorkommen, indem sich über der perennierenden Quelle eine nur periodisch tätige befindet. Wenn auch der Austrittspunkt einer Quelle seine Lage eben je nach dem Stande des Grundwassers verändern kann, so weisen doch alle Quellen eine gewisse Gesetzmäßigkeit in ihrem Vorkommen auf, und dasselbe gilt von den Flüssen der Karstgebiete: auch sie sind in ihrem Auftreten durch das Niveau des Grundwassers bestimmt. Hier besteht eine wesentliche Verschiedenheit zwischen den Anschauungen Grunds und denen seiner Gegner, die das Vorhandensein eines kontinuierlichen Grundwassers leugnen, wenigstens in dem von Katzer sogenannten „tiefen Karst“, mit welchem Ausdruck jene Kalkgebiete bezeichnet werden, in denen die undurchlässige Grundlage nicht heraustritt, während dies im „seichten Karst“ der Fall ist, weswegen denn auch hier von Katzer ein Grundwasser zugegeben wird. Für Katzer und seine Anhänger sind demnach die einzelnen hydrographischen Erscheinungen völlig unabhängig voneinander, Quellen sowohl wie Flüsse können in jeder

beliebigen Höhenlage existieren; auch Martel kann sich nicht zu einem einheitlichen Grundwasser bekennen, da nach ihm in der Causse de Gramat die Wasserzirkulation in verschiedenen Niveaus vor sich geht.

Flüsse, die ausschließlich im Kalk liegen, bedürfen zu ihrer Existenz entweder einer Einsenkung der Erdoberfläche oder einer derartigen Lage des Karstwassers, daß die Erdoberfläche zum mindesten innerhalb der Karstwasserschwankungen verläuft. Daraus resultiert die überaus geringe Zerschneidung der meisten Kalkgebiete, und dadurch erklärt sich wieder, daß die Formen im Kalk nur in so unbedeutendem Grade der Zerstörung anheimfallen, weil eben beinahe ausschließlich die flächenhafte Abtragung hier wirksam sein kann.

Die normalen Flüsse zeichnen sich im Gegensatz zu den Höhlenflüssen dadurch aus, daß sie zu dem Netz der Gesteinsklüfte in fast gar keiner Beziehung stehen, daß die Bifurkation bei ihnen ein äußerst seltenes Phänomen ist, und daß sie schließlich in jeder Meereshöhe zu fließen vermögen. Die Höhlenflüsse dagegen sind gezwungen, auf den Grundwasserstand, der von der Quelle an sich in allen Höhlen und Klüften, wie in einem System kommunizierender Röhren, das an einem Ende einen Ausfluß besitzt, nach dem Innern zu ansteigt, und die Höhe der Quelle Rücksicht zu nehmen. Auf undurchlässigem Boden fließende Flüsse haben dies selbstverständlich nicht nötig. Gelangt aber ein solcher Fluß während seines Laufes auf den Kalk, so muß er in ihm verschwinden. Bei großem Höhenunterschied der beiden Gesteinsarten sinkt er aber doch nicht sofort senkrecht zur Tiefe, sondern fließt noch eine Strecke weit schräg nach unten, wobei er wegen der tiefgelegenen Erosionsbasis eine ungemein starke erodierende Wirkung ausüben vermag. In der Adelsberger Grotte ist es dem Fluß bereits gelungen, sein Bett bis zum Karstwasser einzusägen, während in den Reka-Höhlen von St. Canzian dieser Prozeß noch nicht so weit gediehen ist. Das Jugendstadium der Höhlenflüsse ist dadurch gekennzeichnet, daß sich die Flüsse in den Klüften verlieren, daß ihre Eintrittsstellen in den Kalk in enge Klüfte übergehen; in der Reifezeit dagegen sind durchgängige Höhlenflüsse ausgebildet, und Bifurkationen treten dann nur noch sehr selten ein. Die Karstregionen Bosniens und der Hercegovina tragen noch die Züge größter Jugendlichkeit an sich. Nun versteht man auch, warum die Färbeversuche zur Feststellung eines Zusammenhanges zwischen einem im Kalk verschwindenden Fluß und einer Quelle so selten von Erfolg begleitet gewesen sind und sein können. Indem sich nämlich das Flußwasser mit dem Grundwasser zum Teil vermischt, wie man dies bei einem kurzen Weg leicht an der Trübung der Quelle erkennen kann, wird eine sehr starke Verdünnung herbeigeführt, wozu dann noch kommt, daß sich der Ablauf des Wassers auf viele Stunden,

ja unter Umständen auf Tage verteilen kann. Die Färbeversuche sind keineswegs unmöglich, sie versprechen nur aus den angeführten Gründen in den meisten Fällen kein befriedigendes Resultat.

Wenn wir nun endlich auch noch die Hydrographie der Poljen betrachten, so ist zunächst darauf hinzuweisen, daß sich Grund deren Entstehung in ganz anderer Art vorstellt, als es z. B. Cvijić, Katzer oder Daneš tun. Sie führen sie, kurz gesagt, auf chemische Ausräumung zurück; die Urform, aus der sie hervorgegangen sind, stellen die Uvalas dar, die wieder durch Übergänge mit den Dolinen verbunden sind, so daß man auf diese Weise eine kontinuierliche Entwicklungsreihe erhielte. In diesem Falle müßten aber die Schichten dort, wo Poljen auftreten, von geringerer Widerstandsfähigkeit sein, was nicht nachgewiesen ist. Die meisten Poljen tragen vielmehr eine deutliche Unabhängigkeit vom Gebirgsbau zur Schau, indem sie vielfach schräg oder quer zum Schichtstreichen angeordnet sind. Da sich zudem noch gar nicht selten Bruchlinien an ihrer Umrandung direkt nachweisen lassen, so schreibt Grund den meisten Poljen eine tektonische Entstehungsweise zu, wie es schon vor zehn Jahren von Penck geschehen war; eine gewisse tektonische Veranlagung wollen allerdings auch seine Gegner zugestehen. Früher wollte nun Grund unter dem Namen Poljen nur die tektonisch gebildeten, verkarsteten Senkungsfelder begreifen, jetzt faßt er den Begriff mit Cvijić wesentlich weiter und dehnt ihn auf alle Karstbecken größeren Umfanges aus, die eine ebene Sohle aufweisen und auf unterirdischem Wege entwässert werden, auf welche Weise sie auch entstanden sein mögen. Nach der Art ihrer Entwicklung unterscheidet Grund sechs verschiedene Typen und glaubt alle vorkommenden Poljenformen in ihnen unterbringen zu können. Fast rein tektonischen Ursprungs sind der Duvno- und Dabartypus, bei denen die exogenen Kräfte nur eine ganz geringfügige Umgestaltung herbeigeführt haben. Sie unterscheiden sich in ihrem Alter, indem der Duvnotypus reife Gehänge und Uferterrassen besitzt, während diese dem Dabartypus, der jugendliche Gehängeformen zeigt, fehlen, ersterer ist also älter; wegen des Mangels an Zertalung und Aufschüttung konnten die Formen ziemlich unverändert lange Zeit konserviert werden. Noch älter ist der durch das Nevesinje-Polje repräsentierte Typus, bei dem zwar auch Einbrüche eine Rolle spielen, das aber dann mit neogenen Ablagerungen angefüllt wurde, deren Ausräumung erst die Hohlform wieder erkennbar machte. Es handelt sich demnach hier um Ausräumungspoljen, deren Gehänge nicht wie bei den zuerst genannten Poljen durch Bruchstufen, sondern vielmehr durch Bruchlinienstufen begrenzt sind. Ausschließlich auf der Fortschaffung weicherer Schichten beruht der Svinjačatypus, bei dem der Poljenumfang nur durch deren Ausdehnung bestimmt ist. Die Aufschüttungspoljen, die



durch Aufebnung von Dolinen und Uvalas zustande gekommen sind, werden durch den Loitschtypus dargestellt, und der letzte, der Popovotypus, der eine nur geringe Verbreitung haben soll, stellt eine Vereinigung aller anderen Typen dar, ist aber dem Loitschtypus am nächsten verwandt. Die Hohlform verdankt hier einer tektonisch bedingten Abriegelung, daneben aber auch einer Fluslaufschüttung ihre Entstehung.

Poljen können nach alledem sich überall bilden, ihre Sonderstellung wird durch ihre Einsenkung in den Kalk und die dadurch bedingten eigenartigen hydrographischen Verhältnisse bewirkt. Die Überschwemmungen der Poljen sind im Vergleich zu den gewöhnlichen Fluslaufüberschwemmungen durch ihre längere Dauer, die beträchtliche Verspätung der Niederschläge und den gesetzmäßigen Gang ausgezeichnet. Es gibt trockene, periodisch und dauernd mit Wasser erfüllte Poljen; die Lage zum Karstwasserspiegel bestimmt den Typus. Den zuletzt genannten trifft man in West-Bosnien nur selten an; es handelt sich dabei um Poljen, die unter das Grundwasserniveau eingesenkt sind. Reicht dagegen der Poljeboden nicht bis zu diesem hinab, so ist er einer unterirdischen Bewässerung natürlich entzogen, sowohl Karst- wie Vaclusequellen müssen dann fehlen. Nur durch Flüsse, die von undurchlässigen Schichten kommen, können Überschwemmungen hervorgerufen werden, die dann zwar ungemein heftig sind, aber doch nur kurze Zeit andauern werden, da die Ponore nicht imstande sind, alles Wasser sogleich in sich aufzunehmen. Periodisch inundierte Poljen werden nur dann zustande kommen, wenn der Boden einer Karstmulde innerhalb der Karstwasserschwankungen gelegen ist. Der Eintritt des Wassers wird aus größerer Höhe erfolgen können als der Austritt, weil der Grundwasserspiegel schräg ist, und daher werden die Quellen vielfach auf der einen, die Ponore auf der anderen Seite des Poljes vorhanden sein. Die Höhenlage der Quellen beeinflusst auch die Höhe der Überschwemmung, und deren Dauer wird von dem Lagenverhältnis des Poljes zum Grundwasserniveau abhängig sein. Wegen dieser gesetzmäßigen Beziehungen zu dem weitest Flächen beherrschenden Grundwasser ist die Melioration in diesem Falle wenig aussichtsvoll; bei den durch Flüsse erzeugten Überschwemmungen ließe sich durch Erweiterung, Vermehrung und Reinigung der Abflusströme eine gewisse Besserung erzielen.

Die Höhlen des Karstes sind nach Grund nichts weiter als erweiterte Schichtfugen und Klüfte, aber er hält bei ihnen zwei Typen scharf auseinander, nämlich die Vertikal- und die Horizontalhöhlen. Jene sind senkrecht niedergehende Schlote, die entweder einem Einsturz von unten oder der Korrosion und Erosion in Klüften ihre Entstehung verdanken und sich nach abwärts in feine Spältchen fortsetzen; er schlägt vor, sie als Jama und Aven voneinander zu trennen. Die Horizontalhöhlen zerfallen in

trockene und in Wasserhöhlen. Die trockenen enthalten meist Absätze von Kalksinter, die lösende Tätigkeit des Wassers ist also hier bereits zum Stillstand gebracht, und die Höhlen gehen daher ihrer Verbauung entgegen. Vielfach liegen mehrere übereinander in verschiedenen Niveaus, und es wird dann durch Gänge eine Verbindung zwischen ihnen hergestellt. Dann liegen unten die Wasserhöhlen, die noch in Fortbildung begriffen sind, bei der das Karstwasser die Hauptrolle spielt, wenn auch Einstürze gelegentlich mitwirken. Vertiefen nun die benachbarten Flüsse ihre Täler, oder wird durch andere Umstände, wie z. B. durch eine Hebung des Landes der Karstwasserspiegel herabgedrückt, so gelangen diese Höhlen über das Karstwasser und werden auf diese Weise trocken gelegt. Die Ausbildung der Höhlen beginnt an dem Flusssponor, und sie wachsen dann gegen den nächstgelegenen Quellaustritt hin. Der Zyklus der Höhlenbildung, wie ihn Penck auf dieser Basis entwickelt hat, stellt sich, wie schon oben erwähnt, so dar, daß im Jugendstadium überhaupt noch keine durchgängigen Höhlen ausgebildet sind, indem diese erst in der Reife erscheinen, und das Alter ist schließlich durch den Einsturz der Höhlendecke gekennzeichnet.

Nur kurz wollen wir Grunds Untersuchungen der quartären Vergletscherung des Hochgebirges der Hercegovina besprechen, die zu dem Resultat einer recht beträchtlichen Übereisung geführt haben. Zwei verschiedene Eiszeiten und zwei postglaziale Stadien haben sich unterscheiden lassen. Auch die Einwirkung auf die Oberflächenformen ist sehr bedeutend, überall sind typische Trogtäler in den höheren Teilen der Gebirge vorhanden, und eine große Anzahl von Karen nimmt die höchsten Partien ein; viele Gipfel des Prenj, wo eine Plateauvergletscherung vorhanden war, weisen sogar Karlingformen auf. Von ganz besonderem Interesse ist die kleine Karte der eiszeitlichen Schneegrenze in West-Bosnien und der Hercegovina. Es lag eigentlich in der Absicht, die Karte auf die ganze südosteuropäische Halbinsel auszudehnen, aber die Ungleichartigkeit des Materials ließ einen derartigen Versuch nicht zu. Bei dieser Karte sind nun nicht nur die positiven Werte der Höhenlage der Schneegrenze verwendet, die auf Grund der Kurowskischen Methode gewonnen wurden, sondern auch die negativen, indem die höchsten unvergletscherten Gipfel aus der näheren Umgebung zur Schätzung der Höhenlage mit herangezogen wurden. Dadurch wurde es möglich, auch auf die durch orographische Verhältnisse hervorgerufenen besonderen Ausnahmefälle Rücksicht zu nehmen. Alle ähnlichen Karten krankten stets daran, daß sie in vielen Fällen, nämlich bei Gebirgen, die keine nach Süden exponierten Gletscher besitzen, nur die Schneegrenzhöhen bei Nordexposition wiedergeben, da eben bei ihnen nur aus dem Vorhandensein von Gletschern die Bestimmung durch Mittelbildung ausgeführt wird; bei der Grundschen