

Kleinere Mitteilungen.

Erinnerung an Ferdinand von Hochstetter.

Vor 50 Jahren, am 18. Juli 1884, ist der Präsident unserer Gesellschaft während der Jahre 1867—1882 und später deren Ehrenpräsident, Ferdinand Ritter von Hochstetter nach langwieriger Krankheit im Alter von 55 Jahren verschieden. Hochstetters Bedeutung für die Naturwissenschaft im allgemeinen und die Geographie im besonderen sind in bester Erinnerung. Franz Heger hat F. v. Hochstetter im 27. Jahrgang unserer Mitteilungen eine ausführliche Biographie gewidmet. Seine schwäbische Heimatstadt Eßlingen ehrte am 15. Juli d. J. ihren ruhmreichen Sohn durch Anbringung einer Gedenktafel an seinem Geburtshause und durch eine Hochstetter-Ausstellung im Alten Rathause.

Die tiefsten Bohrlöcher der Erde.

Das Bohrloch bei Czuchow in der Nähe von Rybnik, seit 1919 in Polnisch-Oberschlesien, galt mit 2240 m lange als das tiefste. Während des Weltkrieges und seither haben Erdölbohrungen in Pennsylvanien, in Westvirginien und in Californien Tiefen zwischen 2000—3000 m erreicht. In Mexico wird eine Tiefe von 3226 m angegeben, die sich im Erdölgebiet von Tuxpan befindet. Die größte Tiefe, die eine Bohrung erreichte, wird in dem Cettlemen-Hills-Ölfeld in Südcalfornien mit 3353 m angegeben.

Neue Karstforschung.

Otto Lehmann versteht unter Karst Gebiete vorwiegend unterirdischen Abflusses¹. Diese sind an die Karbonate Kalk und Dolomit, an kalkreiche Mergel und an das Sulfat Gips geknüpft. Denn nur diese Gesteine bilden Gebiete, die als Vorbedingung für die Entwicklung unterirdischer Entwässerung, die Eigenschaften der Klüftigkeit und raschen Lösbarkeit besitzen. Da es aber Gegenden der oben genannten petrographischen Beschaffenheit gibt, die unverkarstet sind, muß der Klüftigkeit von vornherein eine größere Rolle in der Entwicklung der Verkarstung zugewiesen werden als der Lösbarkeit. Das Buch präzisiert den Begriff vorwiegend unterirdischen Abflusses dahin, daß im Karst die Länge der oberirdischen Gerinne des Regen- und Schuttwassers kürzer als 1 km ist, und daß Gletscher und Seen meist unterirdische Abflüsse besitzen. Folge der geschilderten unterirdischen Entwässerung ist das Auftreten starker Felsquellen an den Rändern der Karstlandschaft.

Da der menschliche Geist nur begreifen kann, wo er von Bekanntem und möglichst Einfachem ausgeht, wurde das Schema anderer Abflußvorgänge auf

¹) O. Lehmann, Die Hydrographie des Karstes. (Enzyklopädie der Erdkunde, Band VI b, 212 S. Wien 1932.

die Karsthydrographie übertragen. Die Höhlenflußtheorie betrachtet den Höhlenfluß als Hauptträger der Karstentwässerung. Dieser folgt entweder dem Sohlengefälle der durchströmten Höhle, ohne deren Querschnitt völlig zu benetzen, oder das Wasser durchströmt unter Druck Siphone. Es war ihren Anhängern völlig gleichgültig, ob der Hohlraumquerschnitt ganz oder teilweise vom Wasser erfüllt ist. Meist nahmen sie die Efforation (Ausbohrung) als wesentliche Wirkung der unterirdischen Gewässer an, nur übersahen sie, daß dazu ungeheure Bewegungsgeschwindigkeiten des Wassers und dementsprechend ein riesiges Einzugsgebiet von Niederschlägen erforderlich sind. A. Grund unterlag dem Anblick der unzähligen Versickerungsstellen des Regens auf dem Scheitel der Karstplatte und konstruierte die Analogie Karstplateau—Schotterfeld. Am nächsten einer befriedigenden Lösung war F. Katzer. Seine Ansichten beruhen auf der Beobachtung von Röhrenströmungen im Wechsel mit gelegentlich weiten Räumen, die sich als Gefäße füllen und entleeren.

Gegenüber all diesen Theorien, die immer nur Ausschnitte aus dem ungeheuer verwickelten Bild des Karstes in den Mittelpunkt ihrer Beobachtungen stellten und daraus eine Lehre bildeten, geht O. Lehmann von der Beobachtungstatsache des karsthydrographischen Gegensatzes aus: Den vielen Schluckstellen des Wassers auf der Fläche, welche den Niederschlag empfängt, entsprechen außerordentlich wenige Quellen am Rande oder Abfall des Karstes (2000 : 1 bis 1000 : 1). Experimente von Daubrée an Glasplatten und an Prismen aus Formwachs, die auf Torsion und Druck beansprucht wurden, stützen Lehmanns Meinung, der jenen karsthydrographischen Gegensatz auf die Bildung von Klüften zurückführt, die seitlich zusammengefaßt sind, nach den Rändern konvergieren, nach den Kanten mit Vorliebe austreichen. Die gleichen jungen Krustenbewegungen, welche jene Karstplateaus als Struktur-Großformen schufen, haben jene hydrographisch wirksamen Klüfte geschaffen.

Sodann trachtet das Buch zu einer Abschätzung der Bedeutung zu gelangen, welche Klüftigkeit einerseits, Löslichkeit und Lösungsgeschwindigkeit der Karstgesteine andererseits für die Entstehung und Fortbildung der Karstentwässerung besitzen. O. Lehmann geht von den tektonisch geschaffenen Haarfugen aus. Wind, Spaltenfrost und Wurzeldruck schaffen aus jenen Fugen Kluffkarren. In diese fließt Regen- und Schmelzwasser infolge der Wirkung der Schwerkraft hinein und übt einen ersten schwachen Druck auf Boden und Wandungen der Klüfte aus. Die noch unerweiterten Haarfugen des Grundes saugen das darüberstehende und -fließende Wasser in die Tiefe. Auf dieses von unten angesogene Wasser drückt das in den Kluffkarren zurückgebliebene und schiebt das in den Haarfugen befindliche allmählich hinab. Nicht an allen Stellen der Haarfugen ist die Löslichkeit die gleiche. Wo diese größer ist als in der Umgebung, entsteht durch Lösung ein langsam sich vertiefendes Loch, ein kleiner Schacht. Das Hinabfließen an dieser Stelle wird begünstigt. Stößt nun das untere Ende des Schachts auf eine tektonisch geschaffene Kluffuge, so muß das Wasser an dieser Stelle an den Wänden der Kluffuge sich ausbreiten, ohne sie zu erfüllen, wofern diese einen Querschnitt besitzt, welcher die Schwere wirksam werden läßt. Solche Kluffugen nennt Lehmann „wegsam“. Fließt das Wasser in solchen wegsamen Fugen weiter, so nimmt es dabei Gesteinslösung auf und schafft sie beim Durchfluß hinaus. Die wegsame Fuge wird ausgeweitet und kann karsthydrographisch wirksam werden, d. h. Niederschlags-

perioden machen sich in den Fließverhältnissen binnen einem Jahr bemerkbar. Viel wichtiger als die bisher genannten Haarfugen aber sind solche Klüfte, die von vornherein mit einem solchen Querschnitt an die Oberfläche traten, daß sie den eben geschilderten Bedingungen der Wirksamkeit sogleich entsprachen. Aber selbst für diese großkapillaren oder überkapillaren Fugen ist die Gefahr der Versinterung ebenso groß wie die Wahrscheinlichkeit, wirksam zu bleiben. Den Fortbestand der Wegsamkeit solcher Klüfte ermöglichen lediglich weite Urhöhlen, in welchen das von oben eingedrungene und in der geschilderten Weise weiterfließende Tagwasser zusammenströmen kann. Sind diese Urhohlräume einmal von Wasser gefüllt, dann stellen sich in ihnen Drücke von mehreren Atmosphären ein. Die Fugen aller Querschnittsgrößen (von den kleinsten kapillaren bis zu den überkapillaren), die sich unmittelbar an die Sohlen, Wände und Decken wassergefüllter Höhlen anschließen, werden samt ihrem Wasserinhalt einem örtlich verstärkten, ständigen Druck ausgesetzt; für sie alle besteht dann die Aussicht, daß sie zu karsthydrographischer Wirksamkeit gelangen. Aber selbst diese Urhohlräume müßten mit der Zeit versintern, wenn das in ihnen fließende Wasser keinen Abzug hätte. Quellen sind die verhältnismäßig wenig zahlreichen Ausflußstellen dieses ganzen Geflechts wegsamer und wirksamer Fugen und Urhöhlen. Diese so einfach anmutende Vorstellung von der Einleitung und den Bedingungen für die weitere Entwicklung der Karstentwässerung bedarf einer wesentlichen Vervollständigung, wenn sie richtig sein soll: es ist ganz unerwiesen, daß alle ursprünglichen Klüfte und Fugen eines Karstgesteins, ferner alle wegsamen und wirksamen Wasserbahnen miteinander zusammenhängen. Es gibt daher in einer jeden Karstlandschaft eine große Anzahl derartiger von einander unabhängiger Röhrengeflechte, die den Kalkstock in verschiedenen Höhenlagen durchziehen können. Jedes solche Röhrengeflecht kann von anderen daneben-, darunter- oder darüberliegenden durch eine kluftarme Kalkpartie ohne wirksame Hohlräume getrennt sein. Innerhalb eines jeden Röhrengeflechts gibt es Querschnittsänderungen in den dem Wasser zur Verfügung stehenden Gefäßen. Auf deren Wandungen übt dieses eine lösende Wirkung aus. Lösung kann solche Querschnittsänderungen vergrößern oder verkleinern. Lehmann führt den Nachweis, daß Querschnittsänderungen von Karsthohlräumen, die über das Verhältnis 1 : 25 hinausgehen, als präexistent angesehen werden müssen. Die zentrale Grundvorstellung des Buches ist sonach die eines Gefäßes beliebiger Größe und Form und Verzweigung.

Die andere Frage ist die nach der Art des Fließens innerhalb eines so gearteten Riesengefäßes. Zu ihrer Beantwortung müssen wir uns vor Augen halten, daß jenes Gefäß in den Quellen nur relativ kleine Öffnungen besitzt. Daher muß es möglich sein, auf die gesamte Karstwasserbewegung die Analogie mit einem weiten Laboratoriumsgefäß anzuwenden, das durch eine kleine Öffnung entleert wird. Die Röhrenströmungen in der Tiefe des durchfluteten Karstes sind langsame Druckströmungen; die von hier ausgehenden Klüfte gleichen den Standrohren über dem Ausflußrohr jenes weiten Laboratoriumsgefäßes. In beiden Fällen vermag die Ausgangsströmung unten — Druckspiegel in bestimmter Höhe darüber zu halten. Diese Höhe ist abhängig sowohl von der Geschwindigkeit der Ausgangsströmung, wie auch von deren stets wechselndem Querschnitt. Daher muß die Höhe der Druckspiegel auch an benachbarten Stellen verschieden sein. Dazu tritt, daß nicht ein einziges Karstwassernest vorhanden ist, sondern mehrere in schon ursprünglich verschiedener Höhenlage. Es ist

daher ganz unmöglich, ein Karstwasserniveau nach Analogie eines Grundwasserspiegels in Sand oder Schotter zu konstruieren.

Alle diese Anschauungen Lehmanns, gestützt durch die Lehren der Physik, werden über bloße Theorie dadurch emporgehoben, daß sein Werk den Leser zu Stellen führt, wo sich seine Theorie bewährt: zu den Süßwasserkarstquellen über dem und den Brackwasserkarstquellen unter dem Meeresspiegel, zu den Meermühlen von Argostoli, den Poljen, zu den gesondert verlaufenden Wassersträngen im Krainer Karst und zur oberen Donau und Hegauer Aach. Hier zeigen namentlich die Abbildungen 32—34, daß Lehmanns Anschauungen die handliche Schichtheit gewisser früherer Theorien über die Karsthydrographie keineswegs ermangelt — vorausgesetzt die Kenntnis der Gesetze von Hydrostatik und -dynamik, welche das Buch in einfacher, aber doch streng wissenschaftlicher Weise vermittelt.

Die eben genannten Örtlichkeiten gestatten es, aus Beobachtungen an der Erdoberfläche Rückschlüsse auf Vorgänge in der Tiefe des Karstes zu ziehen. Mit Recht erweitert und ergänzt Lehmann diese Rückschlüsse zu einer erstmaligen Schilderung der Entwässerung von Karsthöhlen und von engeren unterirdischen Hohlräumen, die aus unmittelbaren Beobachtungen in jener Unterwelt gewonnen sind. Es gelingt ihm so, eine Entwicklung in der Karstentwässerung exakt nachzuweisen:

Die Verkarstung einer Gegend beginnt damit, daß ein merklicher Teil des oberirdischen Abflusses das gesamte System von Urhöhlen, über- oder großkapillarer Fugen und Röhren, durchflutet. Solange die Ausflußöffnungen des Gefäßes klein und die Einschnürungen zwischen den weiten Urhohlräumen eng sind, herrschen wirbellose und stille Bewegungen unter hydrostatischem Druck vor. Mit der Erweiterung der ursprünglich engen Quellöffnungen und Einschnürungen ändert sich die Abflußweise. Es beginnt die Vorherrschaft turbulenter Bewegungen: Die Karstwassergefäße laufen ein oder mehrere Male im Jahre bis zum Niveau der tiefsten Quellen leer. Hohlräume, die noch tiefer liegen, bleiben wassererfüllt. Über diesem ständigen Karstwasser der Tiefe gibt es das jedesmal vom Niederschlag oder der Schneeschmelze hervorgerufene zeitweilige. Das bewirkt Schwankungen der Druckspiegel in der geräumig gewordenen Unterwelt. Aber die Mittellage der Wasserstände sinkt. An Stelle der Druckströmung mit dem Geschwindigkeitsminimum in der Weitung tritt der seichtere Höhlensee mit weniger langsamem Durchfluß. Schließlich werden auch die Siphone frei und nun entstehen echte Höhlenflüsse, Sohlengerinne. Je nach dem Gefälle schneiden sie Klammern ein oder schottern auf. Durchflußseen bilden sich, die unterirdische Karstentwässerung beginnt zu entarten. Schließlich stürzt das Höhlendach ein und ein oberirdischer Karstfluß ist vorhanden. Die unterirdische Entwässerung ist erstorben.

Hermann Mikula.

Die eiszeitliche Strombewegung aus Skandinavien über Norddeutschland nach dem Sudeten- und Karpathengebiet.

Das eiszeitliche nordische Inlandeis, welches vom skandinavisch-finnischen Grundgebirge kam und bekanntlich Norddeutschland überdeckte, reichte im Altquartär, der älteren Eiszeit, bis an den Abfall der Sudeten und Beskiden (Karpathen) heran und trat in der oberen Odersenke an die Höhe der europäischen