

[25] Weber, A.:

- a „Über den Standort der Industrien, I. Reine Theorie des Standortes“, Tübingen 1921.
- b „Industrielle Standortslehre“, Grundriß der Sozialökonomik, Abt. 6, Industrie, Bergwesen, Bauwesen, Tübingen 1914.
- c „Die Standortslehre und die Handelspolitik“, Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik, Bd. 32, Tübingen 1911.

Isohypsenführung in Höhlenräumen.

Von Gustav Götzinger.

Wie die Kartierung der Oberflächengerinne im Grundriß für jede Karte die Grundlage für die dadurch gegebene Ermittlung der Wasserscheiden und schließlich für den gesamten orographischen Entwurf ist, so ist bei der unterirdischen Entwässerung die Aufnahme der Höhlengerinne und ihrer vielfachen Verzweigungen die erste Aufgabe der Höhlenkartographie. Freilich ergeben sich die bekannten Schwierigkeiten infolge der permanenten oder zeitweisen Wasserfüllung der Höhlenkanäle, wie die berühmte Lurlochhöhle selbst am besten zeigt. Viel günstiger liegen die Verhältnisse in Trockenhöhlen, hochgelegenen Etagehöhlen und ihren Verzweigungen. Wie bei der Oberflächenentwässerung der Verlauf der „Talwege“ zuerst in die Augen springt, so umfaßt die Höhlenkartierung zunächst die Azimute der Höhlengänge, u. zw. gemessen an der Höhlensohle, dem Weg der Höhlenforscher. Im Grundriß werden selbstverständlich die Weitungen der Höhlen und die besonderen Verengungen zur Charakteristik der Höhlen selbst verzeichnet. Die Aufrißlinie, meist entlang der Medianlinie der Höhlensohle, gibt Aufschluß über Stufenbau, Etagen, verschiedene Höhlenniveaus u. dgl.

In diesem Aufrißprofil werden die Höhen der Höhlendächer bei niedrigem Höhlenprofil gelegentlich gemessen, bei höheren Höhlenprofilen aber meist geschätzt und nur für gewisse Querschnittlagen der Höhlen angegeben. Doch gibt es schon sehr gute Höhlenpläne, welche aufrißmäßig sogar schon den genauen Lauf der Höhlendecke veranschaulichen und damit den Verlauf von Höhlendecke und Höhlensohle zu einander in bildliche Beziehung bringen (z. B. Karte der Eisriesenwelt, von Dr. Ing. Robert Oedl).

Wie man nun bei genauer Höhlenkartierung, besonders für die Dome, Isohypsen des Höhlenbodens erfaßt hat, sei es mit Horizontalglas oder mittels eines guten geologischen Kompasses, sei es sogar durch feines Nivellement, so wäre es wünschenswert, von dem Verlauf der Höhlendecken, besonders in den Domen, tunlichst Profile mit Isohypsen der Höhlendecke zu haben. Es wird dabei meist vom Höhleneingang als dem Nullpunkt der Isohypsenführung ausgegangen und dieser Punkt nach der absoluten Meereshöhe bestimmt.

Der Verfasser will die Anregung geben, auch der Kartierung der Höhlendecken und ihrer Höhen mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Während meiner Untersuchungen in der Csoklovina-Höhle in Siebenbürgen 1917 und der Aufnahmen in den steirischen Karsthöhlen 1920—1926 als Vorbereitung für das Drachenhöhlenwerk erschien mir diese Aufgabe auch zweckdienlich für verschiedene karstmorphologische Fragen. Gerne gedenke ich bei diesem Anlaß

mancher damaliger Besprechungen mit dem ausgezeichneten Höhlenkartographen Dipl.-Ing. T e i ß l und Aussprachen mit Dr. R. S a a r, dem heutigen Leiter der Bundeshöhlenkommission.

Über die M e t h o d e nur ein paar Worte. Nach dem Grundplan etwa einer Seelotung wird man auch z. B. in einem Höhlendom in den entsprechenden gemessenen Querprofilen die dazu entsprechenden Höhen der Höhlendecken abtasten und messen. Charakteristische Einstülpungen der Höhlendecke, z. B. bei Austritt gewisser geräumiger Klüfte oder über Verstürzen, aber auch Vorrangungen der Höhlendecke, z. B. bei Stalagtiteneinbauten u. dgl. werden auch außerhalb der normalen Querprofillinien aufgenommen werden müssen.

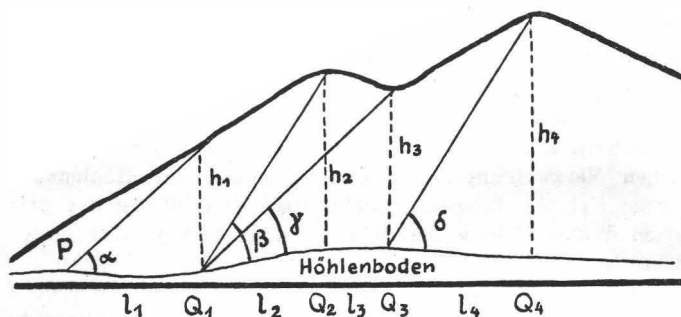


Fig. 1 Ermittlung verschiedener Höhen in Höhlen

$\alpha - \delta$ Höhenwinkel

$l_1, l_2 \dots$ gemessene Längen

An den verschiedenen gemessenen Punkten der Querprofile (Fig.1) beleuchtet nun der Gehilfe möglichst in der Senkrechten die betreffende Stelle der Höhlendecke, welche vom Kartographen von einem anderen, entsprechend geeigneten Punkt eines anderen Querprofils des Höhlenbodens mittels des geologischen Kompasses unter einem bestimmten Winkel α eingemessen wird. Dadurch ergibt sich die wirkliche Höhe der Höhlendecke unter Zugrundelegung der folgenden Formel: $\text{tga} = \frac{h}{L}$, also $h = L \times \text{tga}$, wobei sich die Entfernung zwischen dem Standort des Gehilfen und dem Standort der Kartographen entweder aus dem schon vorhandenen Grundrißplan ergibt, oder mit dem Meßband eingemessen wird.

Die Schwierigkeit dieser einfachen Methode besteht darin, ob es immer gelingt, wirklich in der Vertikalen vom gemessenen Grundrißpunkt die entsprechende Höhlendachpartie anzuleuchten. Die Ermittlung der Höhe der Decke mittels Steigballons mit geteilter Meßschnur wird in stark windigen Höhlen auch Schwierigkeiten haben. Daher möchte ich glauben, daß es vorteilhaft wäre, in der Ausrüstung eines Höhlenmappierungstrupps auch verlängerbare und zusammenklappbare Lotungsstäbe mitzunehmen. Mittels eines angebrachten Lotgewichtes könnte die Vertikalstellung des Lotstabes erreicht werden. Einen ersten Versuch der Kartierung der Höhen der Höhlendecke und zwar mittels

Stäben machte ich 1922 bei der Aufnahme der Zachenlucke bei Mixnitz (Teichalpe). Der Deckenverlauf mit den Seitenwänden, sowohl in den Querprofilen, wie im Längsprofil, könnte nunmehr durch Isohypsen festgehalten werden, die für die Konstruktion des gesamten Aufrisses von großer Wichtigkeit sind. In der Grundrißkarte würde man z. B. die Isohypsen des Höhlenbodens mit roten, die Isohypsen des Daches und der Seitenwände mit blauen Linien bezeichnen, um die Lesbarkeit zu erhöhen.

Übrigens hat der ausgezeichnete Höhlenkartograph Dr. Ing. Robert Oedl bei der Vermessung der Eisriesenwelt im Tennengebirge in der Monographie¹ auch das Problem der Höhenmessung der Höhlen behandelt und es gereicht mir zur Befriedigung, daß zwischen unseren Auffassungen volle Übereinstimmung besteht.

Für große Höhen, bis zu 20 m in Domen, empfiehlt er (nach Otto Lehmann) die Höhe aus der Falldauer eines zur Decke hinaufgeworfenen Steines

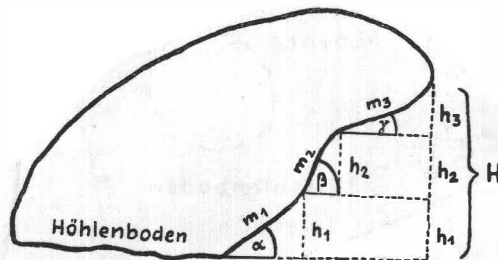


Fig. 2 Zur Isohypsenführung in
asymmetrischen Höhlentunnels

zu berechnen. Ich möchte dazu nur bemerken, daß es schon einer großen Übung und Fertigkeit bedarf, gerade den gewünschten Höhenpunkt des Höhlendaches zu treffen und noch dazu den Stein so zu werfen, daß er an der Wand nicht abprallt, vielmehr gerade knapp vor dem Auftreffen an der Wand wieder zu Boden fällt.

Nun noch eine Ergänzung. Die bisherigen Methoden können keine Anwendung finden bei jenen Teilen der Höhlendecke und bei jenen Abschnitten der Höhlenwände, welche so starke Ausstülpungen des Höhlenraumes bilden, daß sie über die Fläche des Höhlenbodens, auch z. B. in Domen hinausragen. Es gibt z. B. auch asymmetrische schiefe Tunnelröhren, deren Projektion auf den Grundriß des Bodens schon außerhalb des Höhlenbodens zu liegen kommt. Man kann nun an der schiefen Höhlenwand den Winkel klinometrisch messen und auch die Länge der anvisierten Höhlenwand messen oder schätzen. Bei zackigem gestuftem Verlauf der schrägen Höhlenwand kann man die stufenförmigen Abschnitte derselben m_1 , m_2 , m_3 messen und deren Neigungen α , β , γ abnehmen (Fig. 2).

Die fraglichen Höhen der Stufenwand h_1 , h_2 , h_3 zur Isohypsen-Ermittlung ergeben sich aus den Relationen:

$$\sin \alpha = \frac{h_1}{m_1} \quad , \quad \sin \beta = \frac{h_2}{m_2} \quad \sin \gamma = \frac{h_3}{m_3}$$

woraus die Höhen h_1 , h_2 , h_3 zu folgern sind: $h_1 = m_1 \sin \alpha$ usw.

¹ Ber. d. Bundeshöhlenkommission III., 1922, S. 20 ff.

Gerade in allen diesen Fällen von außerhalb der Grundfläche gelegenen Ausstülpungen des Höhlenraumes ist die hypsometrische Erfassung durch Isohypsen sehr notwendig.

Ich möchte aus dem Jahre 1922 ein Beispiel einer derart von mir vermessenen Höhle vorlegen, die Skizze der Burgstallhöhle bei Mixnitz bei der Harteralm, einer Ausbruchhöhle mit einem 7 m hohen Portal (Fig. 3).

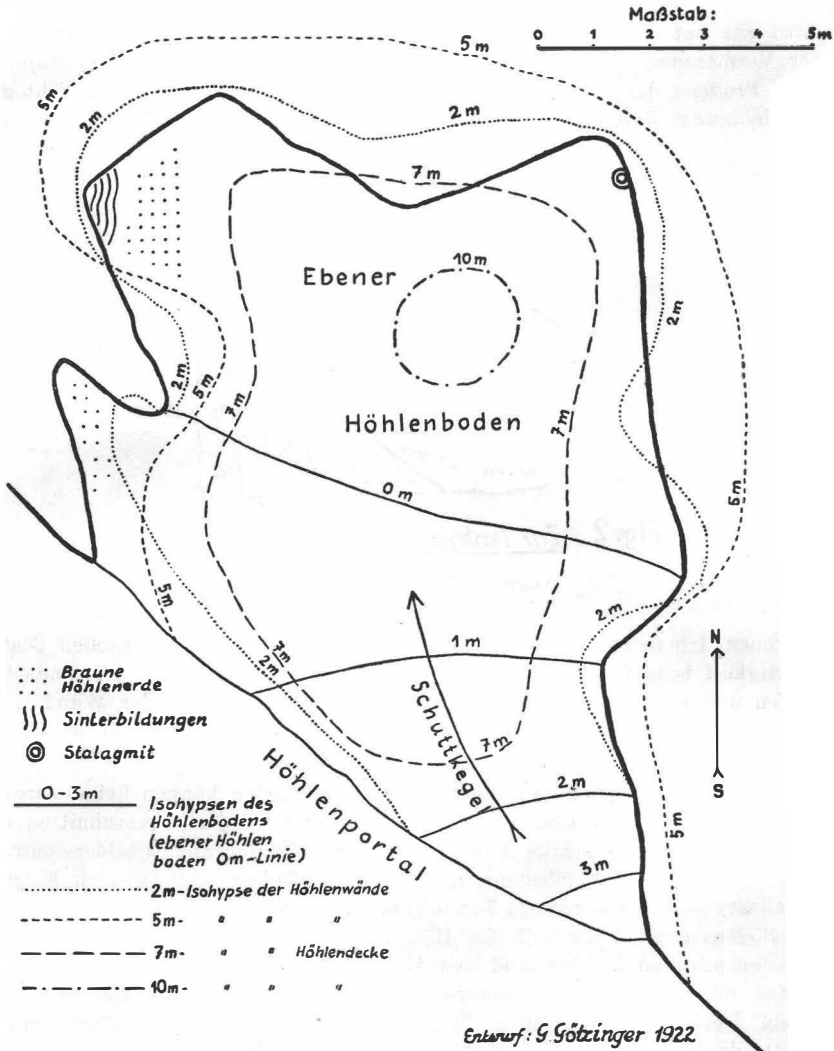


Fig. 3. Skizze der Burgstallhöhle bei Mixnitz (Isohypsen).

Man gelangt in die Höhle über einen nach innen abfallenden Schuttkegel. Nach Vermessung der Azimute des Umrisses und einiger Querprofile des sonst einfach gebauten Höhlenbodens wurden durch klinometrische Messungen die Neigungen der Höhlenwände und Abmessungen, bzw. Schätzungen der gestuften

Wandflächen vorgenommen und darnach die Isohypsen von 2, 5 und 7 m entworfen.

Man kann nun durch diesen Isohypsenentwurf beliebige Aufrißprofile zeichnen und ersieht daraus die wechselnde Profilform des Höhlenraumes. Man sieht deutlich, daß namentlich die 5 m Isohypse weit über die Grundfläche des Höhlenbodens herausgreift, daß aber die Höhle in der 5 m Isohypse geräumiger ist als in der Grundfläche (Om) des Höhlenbodens.

Die Isohypsenführung des Höhlendaches und der Höhlenwände wird selbstverständlich nie mit irgend einem Isohypsenbild einer Vollform der Tagesoberfläche in Ähnlichkeit treten. Nur ganz selten wird es Domformen geben, deren Dachisohypsen den Hangisohypsen z. B. einer Oberflächenkuppe ähnlich wären. Kluftausweitungen, Kluftausbrüche, Korrosionsflächen, Korrosions- oder Eforationsflächen, Nischen, Leisten, Rippen, Kolke, selbstverständlich auch Sinterüberzüge, Sintereinbaue schaffen die Sonderformen der Höhlen, wobei wohl gesagt werden muß, daß deren Kleinformen auch kaum durch eine Isohypsenzeichnung erfaßt werden können.

Bei welchen Höhlenercheinungen wird nun die genaue Ermittlung der Vertikaldimensionen dankbar und empfehlenswert erscheinen? Höhlendachausbrüche, an ein bestimmtes Kluftsystem gebunden, sollten gerade in Schauhöhlen genau eingemessen werden, auch um eventuelle Regelmäßigkeiten oder Gesetzmäßigkeiten späterer Ausbrüche erkennen zu können. Daß das Einmessen von Kluft- und Spaltensystemen, ihres Streichens und Fallens im Höhlendach und an den Höhlenwänden vom Geologen nicht vergessen werden darf, sei nur nebenbei bemerkt. Auch Nischenbildungen entlang von Schichtbänken verdienen von den Erscheinungen der geologischen Lagerung gleichfalls Beachtung. Mit dem Abtasten der Höhlendecke bei der Kartierung wird man auch brüchigere Lagen ermitteln können, z. B. grusige Dolomit- oder Schiefereinlagerungen und dgl.

Das glatte, ovale oder kreisrunde Korrasionsprofil der Höhlentunnels wird gut durch Isohypsenzeichnung des gesamten Tunnels sowohl im Querschnitt wie im Längsschnitt charakterisiert werden können.

Bei den rauhen, zackigen Formen der Auslaugungshöhlen muß sich die Höhenmessung (Höhenlotung) auf wesentliche Partien konzentrieren.

Sehr wichtig ist die genaue Aufnahme der Höhlenportale, umso mehr als hier auch schon die Einflüsse der Tagesverwitterung sich bemerkbar machen und zeitliche Veränderungen der Höhlenportale häufig sind.

Auch bei aktiven Riesenkarstquellen sollte das Dachprofil genau vermessen werden, da hier Veränderungen infolge Untergrabungen durch die Quellen, namentlich bei Hochwässern, möglich sind.

An den Übergangsstellen von den Domen zu engen Passagen vor, in und nach Stufen, sollten auch die Veränderungen der Dachhöhen durch genaue Messungen festgehalten werden; bei Durchflutungen treten ja hier Stellen vermehrter Erosion neben Stellen vermehrter Akkumulation in Erscheinung.

Soweit einige Andeutungen, wo genauere Kartierungen der Höhen des Höhlendaches interessant, lehrreich oder empfehlenswert werden.

Wenn solche genaue Kartierungen auch allgemein zur morphologischen Erklärung verschiedener Höhlenformen beitragen, so würde eine Wiederholung der gleichen exakten Messungen nach längeren Zeiträumen, z. B. nach 2—3 Jahrzehnten, auch quantitative Angaben und Erkenntnisse hinsichtlich gewisser lokaler Veränderungen an den Höhlenräumen ermöglichen.