

Die große Eishöhle im Tennengebirge (Salzburg). (Eisriesenwelt.)¹⁾

Ausführlicher Bericht über die Ergebnisse der Höhlenexpedition der
Akademie der Wissenschaften in Wien, 1921.

I. Entdeckungs- und Erschließungsgeschichte.

Von der Leitung des Vereines für Höhlenkunde in Salzburg.

Untrennbar ist die Geschichte der Eisriesenwelt für alle Zeiten an den Namen Alexander von Mörk geknüpft. Zwar hatte schon im Oktober 1879 A. von Posselt-Csorich als Erster die vordersten Teile dieses unterirdischen Reiches betreten und war darin etwa 200 m weit vorgedrungen, doch hat trotz seiner trefflichen Schilderung dieser Höhlenfahrt²⁾ während der ganzen folgenden 32 Jahre sich niemand gefunden, der sich der Mühe einer weiteren Untersuchung unterzogen hätte. Erst Alexander v. Mörk, welcher mit nimmermüder Begeisterung die Höhlenforschung in Salzburg mit einem Kreis von Gleichgesinnten systematisch in Angriff nahm, sah den Weg zu neuen Entdeckungen in den denkwürdigen Worten Posselts, als dieser nach 10stündiger schwieriger Wanderung vom Seeofen kommend, das Portal der Höhle erreichte: „Es ist begreiflich, daß ich mit vor Erwartung klopfendem Herzen in dieselbe eintrat. Schon der Eingang zeigte sich bei einer Breite von 8 bis 10 m und ebensolcher Höhe bedeutend genug. Eine kurze Strecke ging es aufwärts. Dann senkte sich die Höhlensohle zu einem bei 35 m vom Eingange entfernten 16 m langen und 20 m breiten Eis Spiegel. Links zeigten sich Überreste von Eispyramiden, rechts flutete aus einer Felsbucht ein 4 m hoher Eissturz herab, jenseits der ebenen Fläche wandte sich die Höhle streng nördlich und zog sich als großartige Halle mäßig steil bergan. Der Boden war mit gewaltigen Felstrümmern bedeckt, zwischen welchen sich Flächen spiegelnden Eises emporzogen, das so durchsichtig war, daß man den Felsgrund darunter klar erkennen konnte. Im Dunkel des Hintergrundes zeigte sich hoch über mir eine gewaltige bläulich schimmernde Eispyramide von wunderbar regelmäßiger Form. Diese mit Hilfe von Steigeisen und Eispickel

¹⁾ Der Gesamtbericht wird sich gliedern:

- I. Entdeckungs- und Erschließungsgeschichte. Von der Leitung des Vereines für Höhlenkunde in Salzburg.
- II. Vermessung von Ing. R. Oedl (Salzburg).
- III. Lichtbildaufnahmen von A. Asal (München).
- IV. Morphologische Beobachtungen von Univ.-Dozent Dr. O. Lehmann (Wien).
- V. Eisbildungen und meteorologische Beobachtungen von Dr. E. Hauser (Göttingen) und Ing. R. Oedl (Salzburg).
- VI. Geologische Beobachtungen von Univ.-Dozent Dr. J. Pia (Wien).
- VII. Zoologische Beobachtungen von Dr. O. Wettstein-Westersheim (Wien).

²⁾ Zeitschrift des D. u. Ö. Alpenvereines, 1880, S. 273.

links umgehend, klomm ich dann noch ein Stück von nahezu 80 m weiter empor, bis ein senkrechter, die Höhle in ihrer ganzen Breite abschließender, in der Mitte von einem Felszahn durchbrochener Eiswall weiterer Vordringen ein Ziel setzte. Doch konnte ich erkennen, daß die Höhle, wenn auch mit geminderter Höhe auch noch oberhalb des Eiswalles sich ins Ungewisse fortsetzt.“

Der Umstand, daß der Höhleneingang trotz seiner Mächtigkeit vom Tale aus nirgends in auffälliger Weise sichtbar ist, mag wohl dazu beigetragen haben, daß die Höhle unbeachtet blieb.

Mörk, der Gründer der Sektion Salzburg des Vereines für Höhlenkunde in Österreich (nachmalig Verein für Höhlenkunde in Salzburg) war es nun, der in stetem Forschungseifer neue, damals äußerst mühevollere Expeditionen in diese Höhle veranlaßte. Schon am 22. September 1912 führte eine Rekognoszierung Mörk und Pehany ein Stückchen weiter als Posselt, indem sie an der rechten Höhlenwand kletternd bis an den großen Eiswall vordrangen. Die nächste, besser ausgerüstete Expedition am 2. August 1913 bestehend aus A. v. Mörk, Dr. E. v. Angermayer, H. Rihl, konnte nach Überwindung des 2. Eiswalles mit einer großen Anzahl knapp neben der rechten Wand ins Eis gehauener Stufen schon bis zum Sturmsee gelangen und auch die trockene Abzweigung des Wimur erforschen. Dr. v. Angermayer schrieb hierüber im Sektionsbuch: „Wir standen nun an dem Punkte, den Posselt 1879 und Mörk 1912 schon erreicht hatten, nämlich vor dem großen Eiswalle. Rasch schlugen wir nun, uns abwechselnd, primitive Stufen in den mächtigen Leib des Eisungetümes. Mörk betrat als erster die obere Planfläche. Im frohen Gefühl, daß noch keines Menschen Fuß vor uns diese glashellen Flächen begangen, eilten wir weiter Wir bogen um ein scharfes Felseneck und hörten plötzlich ein fernes Rauschen wie ein Gewirr von Stimmen. Einige Schritte weiter und schon blies heftiger Wind uns an. Ein merkwürdiger Anblick zeigte sich. Die Decke des Hallenzuges schloß sich plötzlich bis auf einen 30 cm hohen Spalt gegen den Boden zu. Dieser selbst war eingenommen von einem über dem Eise stehenden See, der mitten im Berge heftigen Wellenschlag uns entgegenwarf. Heulend piff der Sturm heraus aus der niederen Spalte, so stark, daß er uns alle Lichter verlöschte.“

Schon mit dieser zweiten Expedition war die Höhle in einer derartigen Ausdehnung erkundet und soviel Schönheit erschlossen, daß Mörk, der in Anlehnung an die nordische Eddasage „Thors Fahrt zu den Riesen“ die einzelnen neu erforschten Höhlenteile benannte, auch der ganzen Höhle treffend den Namen „Eisriesenwelt“ geben konnte.

Fieberhaft wurden von Mörk die Vorbereitungen zu neuen Forschungen betrieben und schon drei Wochen später, am 23. August 1913 folgte die nächste Expedition.¹⁾ Mit Hilfe eines eigens hiezu angefertigten Taucheranzuges konnte Mörk als erster durch den Sturmsee gegen den heftigen Wind ins unbekanntere Jenseits vordringen, und über die anschließenden sonderbaren Eisgebilde der Utgardsburg bis knapp vor den später nach ihm benannten Dom gelangen.

Der Beginn des Krieges machte für 1914 und die folgenden Jahre jeder weiteren Forschung ein Ende, Mörk und Rihl, die unvergeßlichen Höhlenforscher, hat uns der Tod auf blutiger Walstatt entrissen.

Erst 1919 konnte die Weiterforschung der so viel versprechenden Höhle wieder in Angriff genommen werden und haben hiebei hauptsächlich Dr. F. Oedl, Ing. W. Czoernig und Robert Oedl in unentwegter zäher Arbeit, unter eifriger Mitwirkung zahlreicher anderer Vereinsmitglieder, die weiteren Erfolge der Forschungsgeschichte geschaffen. Eine von diesen am 22. September unternommene, mit schwerem Material ausgerüstete Expedition mußte zwar wegen einbrechendem Schneesturm knapp vor dem Höhleneingange umkehren, doch schon am 28. September 1919 gelang der nächste, bis 1600 m weit ins Berginnere führende Vorstoß.²⁾ Zunächst gab es reichliche

¹⁾ Teilnehmer: Alex. v. Mörk, Dr. Erwin v. Angermayer, Dr. Rudolf Frh. v. Saar, Hermann Rihl, Ing. Walther Frh. v. Czoernig, Rudolf Hradil, Dr. Hermann Klein, Frä. Grete Fahrner.

²⁾ Dr. F. Oedl, Ing. Czoernig, R. Oedl, Hermann Gruber.

Eisarbeit; sämtliche Eisstufen in der Höhle mußten frisch geschlagen werden, und auch beim Sturmsee wurde ein 60 *cm* tiefer Graben in das Eis gehackt, da sich die Möglichkeit ergeben hatte, damit dessen Wasser in eine Randkluft abzuleiten. Das Hindernis des Sturmsees war damit beseitigt, und schneller als Mörk im Jahre 1913 konnten die Forscher um Mitternacht den großen Dom betreten, den sie zur Erinnerung Mörkdom benannten, und darüber hinaus bis zum Ende des geschlossenen Unterweltgletschers vordringen. Ein nach kurzer Rast vor dem Höhleneingange einsetzender zweiter Vorstoß führte weiter in die anschließenden trockenen Teile der Höhle. Hierüber schrieb Czoernig¹⁾: „Ein riesiger Gang nimmt uns auf, 8–15 *m* hoch und bei 20 *m* breit. Es muß ein gewaltiger Strom gewesen sein, der hier einst seine Wassermassen durchjagte. Rechts und links des Hauptganges ziehen sich mehrere Nebestollen, die wir bis jetzt noch nicht verfolgen konnten, ins Ungewisse hinein, ungeheure Klüfte und Hallen führen in die Tiefe und leiten dort wieder als neue Gänge weiter. Schon viele Stunden sind verflossen und noch immer scheint uns dieser Gang ins Unermessliche weiter zu führen.“ Nach 38 Stunden Höhlenarbeit mußte schließlich wegen Übermüdung umgekehrt werden.

Ein neuerlicher, am 5. Oktober 1919 unternehmener Vorstoß²⁾ führte bereits bis zum vorläufigen Ende des Hauptganges, dem Dom des Grauens, während ein anderer Teil der Expedition,³⁾ gleichzeitig den Eisteil der Höhle photographisch aufnahm.

Im folgenden Jahre 1920 setzten neue Forschungen⁴⁾ schon im April in fast ununterbrochener Reihenfolge ein: Zunächst durch den ersten Verbindungsstollen bis zu Teilungshalle, weiter Fledermausgang, Irrgarten, Gerade Kluff, Erste Mausefalle mit den unteren Gängen bis zum Tropfsteindom, Kanon- und Kakaolabyrinth, das kleine und große Eislabrynth, Maxilabyrinth, Krapfenlabyrinth usw., so daß Ende dieses Jahres bereits Gänge in einer Gesamtlänge von 18 *km* vermessen waren. Auch über Tag am Plateau des Tennengebirges wurde nach Schächten und sonstigem mit der Eisriesenwelt in geologischem Zusammenhange stehenden Gebirgsbildungen Ausschau gehalten, besonders auch die der Eisriesenwelt benachbarte Eishöhle des Sulzenofens näher erforscht.

Über die Fortsetzungen der Forschungen im Jahre 1921 und die dabei erzielten Resultate wird anläßlich der Neuauflage des Höhlenplanes berichtet werden.

Bei jeder Expedition wurden die neubefahrenen Gänge von Ing. Czoernig und R. Oedl stets sofort mit Meßband und Kompaß aufgenommen und daraus fortlaufend ein Plan der Höhle zusammengestellt. Der erhöhten Genauigkeit und Kontrolle halber wurde mit Unterstützung der Bundes-Höhlenkommission außerdem in einer die Tage vom 31. Dezember bis 5. April 1920 umfassenden Vermessungsexpedition von Obenannten ein Polygonzug mit Tachymeter, Theodolit und Distanzlatte gelegt und die Punkte desselben dauernd mit Farbe markiert.

Am Achselkopf wurde gleichzeitig ein trigonometrisches Signal dritter Ordnung errichtet, und dessen Lage vom militärgeographischen Institut Wien kontrolliert. Eine weitere Vermessung vom 17. bis 20. Oktober 1920 durch Ing. Czoernig brachte den Linienzug der Höhle mit diesem Signal in Verbindung, wobei auch ein Polygonzug längst des Weges bis zum Hochkogel geführt und die Lage einiger diesem benachbarter Schächte wie auch des Sulzenofens bestimmt wurde. Die Höhle war damit im Terrain festgelegt.

Hand in Hand mit der Erforschung der Höhle ging jedoch auch deren Erschließung; war die Erleichterung des Zuganges doch die Vorbedingung für jede zielbewußte Arbeit. Vor dem Kriege

1) Mitteilungen des D. u. Ö. Alpenvereines, 1920, S. 17.

2) Dr. F. Oedl, Ing. Czoernig, R. Oedl, Fritz Mahler, Fr. Käthe Oedl, Fr. Martha Biebl.

3) Dr. E. Angermayer, Dr. G. Freytag, Fr. Poldi Fuhrich, Max Weigl.

4) An den Neubefahrungen des Jahres 1920 waren beteiligt: Dr. F. Oedl (10), Ing. Czoernig (8), R. Oedl (7), P. Fuhrich, Schonger, H. Gruber, J. Huber (je 3), Mitterwallner, Dr. Angermayer, Fr. Biebl (je 2) und 15 andere Mitglieder und Gäste (je eine Neutour).

und noch im Jahre 1919 mußte der Aufstieg zu dem in 1640 m Höhe gelegenen Höhleneingang von Sulzau aus längs der steilen Rinne des Achselgrabens, meist weglos, über Schroffen und nur spärlich mit Stiften gesicherte Wandstellen erfolgen. Da dieser Anstieg allein 6 bis 7 Stunden beanspruchte, war der Bau einer kleinen Hütte als Unterstand möglichst nahe der Höhle das nächste Erfordernis. Als Platz dafür konnte in Anbetracht der überall steil abfallenden Wände des Hochkogels nur der der Eisriesenwelt gegenüberliegende Achselkopf in Betracht kommen, von wo aus ein Stiftensteig, den schon Posselt benützte, zum Achselgraben hinab und wieder zur Höhle hinauf leitete. Doch bedurfte es noch zahlreicher, hauptsächlich von Dr. F. Oedl, R. Oedl und Höhlenführer H. Gruber im Frühjahr 1920 ausgeführter Erkundungen, um eine brauchbare Zugangsrouten auf den nach allen Seiten steil abfallenden, bisher auch von Jägern nur selten betretenen Achselkopf ausfindig zu machen. Schon im Mai begann der Verein mit dem Bau eines Fußsteiges, der an den vom Schreckenbergbauer bis zum Trisselgraben bestehenden sogenannten Reitweg anschließend, in den obersten Kessel des Karlgrabens und von hier in zahlreichen Kehren über die steile Schuttrinne der Saugasse ansteigend bis zum Fuße der Beißzange führte. Das letzte Stück in den Wänden bis zum Achselrücken wurde mit zahlreichen Eisenstiften und Holzleitern überwunden. Gleichzeitig wurde etwas unterhalb des Achselkopfes in 1567 m Höhe eine Blockhütte mit 6×6 m Lichtraum gebaut, welche als Unterkunft für die Erschließungsarbeiten vollauf genügte. Nach wenigen Wochen schon, im Juli 1920 war sie fertig.

Um als nächstes eine direkte Verbindung zur Höhle herzustellen, mußte längs den Wänden der Beißzange ein mit Drahtseil versicherter Weg ausgesprengt und bis zum Höhleneingang weitergeführt werden. An zwei Stellen der Beißzange wurden Holzbrücken eingebaut. Auch in der Höhle selbst wurde mit Leitern, Eisstufen und Drahtseilsicherungen für die zu erwartenden Besucher gesorgt. Eifrig und umsichtig waren alle diese Erschließungsarbeiten von Dr. F. Oedl geleitet worden. Die offizielle Eröffnung der Eisriesenwelt für den Touristenbetrieb erfolgte am 26. September 1920, also schon knapp ein Jahr nach Wiederaufnahme der Forschungen seit dem Umsturz. Trotzdem dabei ein Besuch von etwa 180 Personen an diesem einzigen Tage bewältigt werden konnte, wurde schon im folgenden Frühjahr 1921, allerdings mit bedeutenden Kosten, ein zweiter Zugangsweg mit durchaus 1 m Breite von der Achselsanden über die Westflanke des Achselkopfes hinauf angelegt.

Während alle diese Erschließungsarbeiten ausschließlich aus Vereinsmitteln zum Teil mit Hilfe von Subventionen, Spenden, Anleihen bei mehreren Vereinsmitgliedern und auch schon von den einlaufenden Eintrittsgeldern der Höhle bestritten wurden, gelang es Dr. Oedl, nach langen Verhandlungen auch die Gemeinde Werfen zu bewegen, auf ihre Kosten einen Anschlußweg vom Schreckenbergbauern zur Achselsanden herzustellen. Dieser Weg konnte wegen der notwendigen Überbrückung des 20 m tiefen Karlgrabens mittels einer soliden Holzbrücke von 17 m Spannweite jedoch erst Ende 1921 vollendet werden. Heute ist die Eisriesenwelt mit 3 Stunden Aufstieg von Werfen oder Tanneck aus leicht zu erreichen und hat der Verein für Höhlenkunde in Salzburg auch mit dem Bau eines Touristenhauses am Achselkopf bereits begonnen.

Einen wichtigen Teil der Erschließungsarbeiten bildete auch die Aufnahme der Höhle im Lichtbild. Hierzu wurden unter Führung Dr. Angermayers zwei große photographische Höhlenfahrten unternommen, und zwar die erste am 22. September 1920 mit H. Gürtler (Salzburg), eine zweite anläßlich der Expedition der Akademie der Wissenschaften am 4. April 1921 mit A. Asal (München). Das hiebei gewonnene wertvolle Lichtbildmaterial gab dem Verein die Grundlage zu den zwecks Bekanntmachung der Höhle von Dr. G. Freytag und Dr. Angermayer begonnenen Winkel und besonders von G. G. Winkel und R. Oedl in großer Zahl abgehaltenen Vorträgen.

All dies zusammen bildet wohl ein mannigfaltiges Bild der Arbeit, welche der Verein für Höhlenkunde in Salzburg innerhalb so kurzer Zeit zur Erforschung und Erschließung der Eisriesenwelt im Tennengebirge geleistet hat.

II. Vermessung.

Von Ing. Robert Oedl (Salzburg).

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.	3. Brunton'sches Taschenuniversal.
I. Allgemeines über Höhlenvermessung.	4. Reise- oder Forschungstheodolit.
1. Einteilung der Höhlenvermessung.	c) Aufnahme des Grundrisses.
2. Festlegung des Höhleneinganges und Aufnahme des Situationsplanes:	d) Aufnahme des Aufrisses oder Längsschnittes.
a) Vorwärtsabschneiden.	e) Aufnahme der Querschnitte.
b) Rückwärtseinschneiden.	f) Ermittlung von Höhen in Höhlen.
c) Polygonzug und Aufzeichnung des Situationsplanes.	g) Tiefenbestimmungen.
d) Höhenmessung.	h) Der Maßstab der Höhlenpläne und ihre Ausarbeitung.
3. Höhlenvermessung selbst:	i) Die Modelle zur Darstellung der Höhlenform.
a) Längenmessung.	4. Vermessung des Höhlengebietes an der Oberfläche.
b) Winkelmeßinstrumente.	
1. Bezard-Bussole.	
2. Geologenkompaß.	II. Die Vermessung der Eisriesenwelt.

Einleitung.

Die Grundlage jeder Höhlenforschung ist die Vermessung der neu entdeckten Höhlengänge. Die Erforschung einer Höhle ohne genaue Beschreibung derselben ist nutzlos und diese kann nur durch eine alles darstellende Höhlenzeichnung ausführlich ermöglicht werden. Das Betreten unerforschter Dome und unterirdischer Hallen, ohne diese zu vermessen, mindestens notdürftig zu skizzieren, ist für die Höhlenkunde zwecklos.

Erst auf Grund genauester Höhlenaufnahmen werden die wissenschaftlichen Fragen gelöst werden. Eine wirtschaftliche Ausbeute ohne Kenntnis der Höhlenform ist ebenfalls unmöglich.

Eine große Anzahl von Höhlen wurden nun schon vermessen, mehr oder minder genau gezeichnet, aber gerade die Art und Weise niemals genauer dargelegt oder beschrieben. In verschiedenster Form sind diese Höhlenpläne vorhanden, doch niemals von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus angefertigt worden.

Vielfach trifft man Unklarheiten in den verschiedenen Höhlenplänen an. Trotz umfangreichster Arbeiten auf dem Gebiete der Höhlenkunde — nur wenige haben die Möglichkeit, sich an Hand großer Bibliotheken über diese Unsumme von Veröffentlichungen zu überzeugen — wurde fast nie die Höhlenvermessung als besonderer Zweig der Geodäsie¹⁾ behandelt. Dies beruht

¹⁾ Sämtliche Veröffentlichungen, wie Kraus „Höhlenkunde“, Wien 1894, S. 276, Martel „Les Abimes“, Paris 1894, S. 24–28, Berg „Geologie für Jedermann“, Thomas-Verlag, Leipzig, S. 147–150, Keilhack „Lehrbuch der praktischen Geologie“, V. Bd., S. 326–331, Willner „Aus-

wohl darin, daß nur jahrelange Übung und Arbeit die Vermessung in Höhlen einheitlich ausführen läßt und diese Ausdauer ist nur wenigen bis jetzt eigen gewesen. Der größte Teil von den vielen Höhlen, die bis jetzt vermessen wurden, sind von Einzelnen ausgeführt worden, die sich den Plan einer Höhle nur zu einem bestimmten Zweck angefertigt haben (z. B. Ausgrabungen von prähistorischen Funden, Meliorationsarbeiten usw.), selten wurde von ein und demselben mehrere Höhlen vermessen. Die unbequemen Lagen, in denen der Aufzeichnende sich in Höhlen oft befindet, die kalten Sturzbäche, die über ihn manchmal herabrinnen, der Höhlenlehm, der das Notizbuch bis zur Unkenntlichkeit verschmiert, haben die meisten von einem Wiederholen des Vermessens abgeschreckt.

Daher ist es leicht erklärlich, daß nur wenige diese fortwährenden Hindernisse überwunden haben und dann mit der Zeit die notwendige Erfahrung und Übung erworben hätten, um über die Art und Weise der Höhlenvermessung berichten zu können.

Im allgemeinen Interesse ersehe ich es als meine Pflicht, meine jahrelangen Erfahrungen auf diesem Gebiete auch anderen mitzuteilen, damit sie nicht ebenso den dornenvollen, viel Geduld erfordernden Weg zur Erkenntnis der praktischesten Vermessungsmethode gehen müssen.

I. Allgemeines über Höhlenvermessung.

Hat man einen Höhleneingang gefunden oder in Erfahrung gebracht, so ist die Aufzeichnung eines Situationsplanes notwendig, damit der Eingang bei einem späteren Besuch wieder leicht aufgefunden werden kann. Gleichzeitig wird dadurch die Lage des Höhleneinganges bestimmt, die in eine Übersichtskarte (z. B. Generalkarte) eingezeichnet wird.

Hierauf erfolgt nach kurzer Rekognoszierung die Aufnahme des Höhlenplanes. Diese vollzieht sich am besten vom Eingange aus und wird zugleich mit der ersten Begehung verbunden. Erst wenn man durch technische Schwierigkeiten an schnellem Vordringen gehindert ist, wird die Vermessung bei einer späteren Befahrung vorgenommen. Fast immer ist es aber möglich, die Aufnahme gleichzeitig mit der Erforschung durchzuführen. Bei Erstexpeditionen, an denen eine größere Zahl von Personen teilnehmen, beachte man stets, daß die Vermessung einem Erfahrenen überlassen wird. Denn nichts schadet mehr der Höhlenbegeisterung als langes Warten und Herumstehen. Die Vermessungsgruppe, aus zwei bis drei Leuten bestehend, muß so schnell vorwärts kommen, daß sie mit der Vorstoßgruppe, die neue Gänge aufstöbert und Seitenvorstöße in Nebengängen unternimmt, immer in Verbindung steht.

Wenn für eine Vermessung nur eine begrenzte Zeit vorhanden ist, wird man vom neuentdeckten Gebiet rückwärts gegen den Höhleneingang zu vermessen. hiefür ist für eine halbwegs eingearbeitete Vermessungsgruppe durchschnittlich die fünffache Zeit der normalen Begehung eines gewissen Höhlenteiles als Zeitmaß

wertung von Karsthöhlen“, Wien 1917, S. 105–108 behandeln nur allgemein erläuternd das Höhlenvermessungswesen. Erst in jüngster Zeit erschienen im Heft 1–2 des II. Jahrganges der Berichte der Bundeshöhlenkommission zwei sehr wichtige Beiträge zur Höhlenvermessung: Reisner „Anleitung zur Aufnahme von Grundrißplänen, Längen- und Querprofilen in Höhlen“ und Teißl „Der Plan der Drachenhöhle bei Mixnitz“

anzurechnen. Dabei ist auch die genaue Erforschung, Untersuchung der Abzweigungen, Aufsuchen von Versteinerungen, seltsamen Tropfsteinen und Sinterbildungen, mit eingerechnet. Ist beispielsweise nur 6 Stunden Zeit zur Verfügung, so dringt man 1 Stunde rasch vor und vermisst dann nach rückwärts den eben erforschten Höhlengang. In weiteren 5 Stunden wird dann der Ausgangspunkt erreicht sein. Natürlich gilt diese Zeitberechnung nur für Höhlengänge, die keine wesentliche Schwierigkeiten aufweisen.

Die Höhlenvermessung soll möglichst naturgetreu das ganze unterirdische System darstellen. Sie ist aber nur nach den Regeln der Darstellenden Geometrie

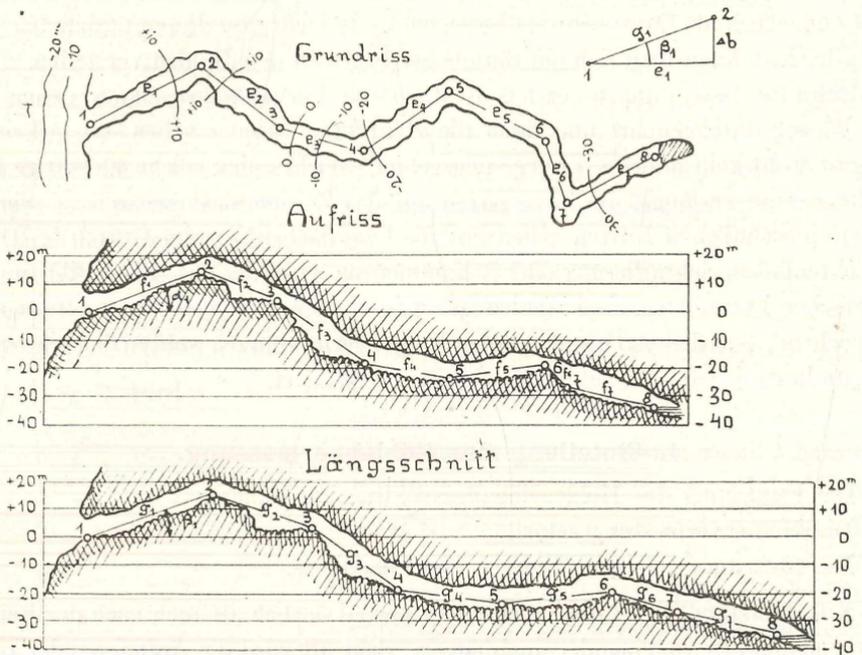


Fig. 1. Schematischer Höhlenplan.

— die Darstellung eines Körpers im Raum — durch Grundriß, Aufriß und Kreuzriß (Querschnitt) erreichbar.

Aus der Zeichnung (Fig. 1) ersehen wir eine in die Grundrißebene projizierte Höhle. 1, 2, 3 ... sind Vermessungspunkte, die an den Enden größter Sichtbarkeit gelegen sind, also überall da wo die Höhle eine andere Gangrichtung einnimmt.

Während im Grundriß die Richtungen der Vermessungslinien zu ersehen sind, zeigt uns der Aufriß die Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Vermessungspunkten an. Im ersteren Falle wird die Breite, im zweiten die Höhe der Höhle eingezeichnet. Sowohl der Grundriß als auch Aufriß liefern aber nicht die wahre

Distanz zwischen 1 und 2, sondern nur die projizierten Strecken e_1 und f_1 . Daher wird in der Höhlenkunde statt des Aufrisses der Längsschnitt aufgezeichnet. Hier erfolgt ein Schnitt längs den Hauptachsen der Höhlen, denen auch die Vermessungslinien folgen sollen. Er ist sozusagen ein gestreckter Aufriß, so daß die Vermessungslinien in eine Ebene zu liegen kommen, dadurch nimmt er am Zeichenblatt mehr Platz ein als der projizierte Aufriß. Ebenso erhält man bei dieser Darstellung die wahren Neigungswinkel β und die wahren Distanzen g (siehe Nebenzeichnung Fig. 1 rechts oben). In dem Längsschnitt haben wir auch viel mehr Platz zum Einzeichnen von Höhlenbildungen und ihren Ausfüllungsprodukten, wie Eis, Sand, Lehm, Tropfsteine, Blockwerk, Wasser usw. Der Kreuz- oder Seitenriß wird einheitlich als Querschnitt bezeichnet. Je mehr von diesen vorhanden sind, desto leichter kann man sich ein räumliches Bild von den Höhlen vorstellen. Diese Querschnitte lassen uns besonders deutlich die Verwerfungen, längs denen sich das Wasser durchgebohrt und dann die Hohlräume ausgewaschen hat, erkennen. Es gibt wohl kein anderes Vermessungsgebiet, welches eine solche vielseitige Darstellungsweise verlangt, um naturgetreu auf das Zeichenblatt gebannt zu werden. Unsere gewöhnlichen Karten geben uns die Oberflächenform im Grundriß. Durch Schichtenlinien, Schraffierung oder Schummerung wird hier das ebene Bild zu einer räumlichen Darstellung. Bei Höhlenkarten ist diese Darstellungsweise allein nicht ausreichend. Aus diesem Grunde werden Höhlenvermessungen wohl zu den schwersten und umfangreichsten Arbeiten der Geodäsie gerechnet.

1. Einteilung der Höhlenvermessung.

- a) Die Festlegung des Höhleneinganges—Situationsplanes.
- b) Die Höhlenvermessung selbst.
- c) Die Aufnahme des oberirdischen Höhlengebietes.

Selbstverständlich ist diese Einteilung sowohl zeitlich als auch nach der Reihenfolge vollkommen voneinander unabhängig. Sehr oft wird die Aufnahme der Höhle selbst allen anderen Vermessungsarbeiten vorangestellt und die Fixierung des Höhleneinganges im Kartennetz erst später vorgenommen. Bei unbedeutenden Höhlen, die keine große Ausdehnung besitzen, wird meistens die Aufnahme des oberirdischen Gebietes zwecklos sein.

Meinen folgenden Darlegungen will ich aber diese Reihenfolge zu Grunde legen.

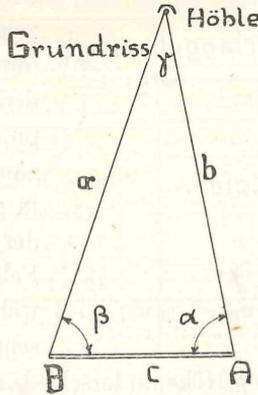
2. Festlegung des Höhleneinganges und Aufnahme des Situationsplanes.

Hier führe ich einige Vermessungsmethoden an, die in jedem Lehrbuch zu finden sind, doch will ich sie der Vollständigkeit halber erwähnen; es ist auch oft für den Laien schwer, aus der großen Auswahl der Fachliteratur das für dieses Gebiet Zutreffende herauszusuchen.

a) Vorwärtsabschneiden (Fig. 2).

Ist der Höhleneingang schon bekannt und durch seine Form oder einem in seiner Nähe befindlichen markanten Baum oder Felsformation von weitem zu sehen, so wird man diesen von einer ebenen Strecke im Tal zweimal anvisieren und die Entfernung AB mit dem Stahlbandmaß ermitteln. Für die Basis $AB = c$ eignet sich vorzugsweise eine Straße,

die in einer guten Karte eingezeichnet sein muß. Den einen Standpunkt legt man dann auf einen in der Karte leicht ausfindlich zu machenden Punkt, z. B. Straßenkrümmung oder in die Nähe eines Hauses usw. Aus der gemessenen Basis c , die womöglich groß gewählt werden soll, um nicht einen allzu spitzen Winkel γ zu erhalten



$$\begin{aligned} \gamma &= 180 - (\alpha + \beta) \\ b &= c \sin \beta \operatorname{cosec} \gamma \\ a &= c \sin \alpha \operatorname{cosec} \gamma \end{aligned}$$

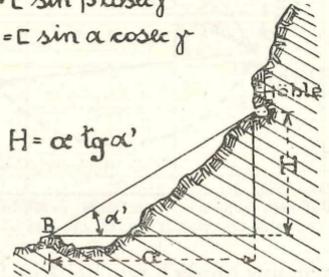
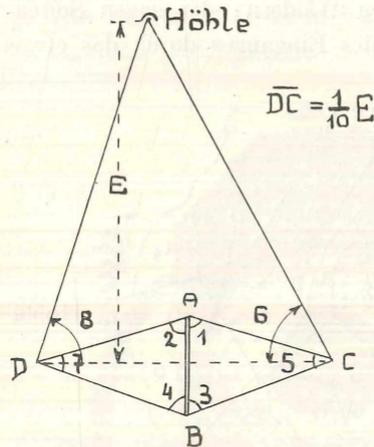


Fig. 2. Vorwärtsabschneiden.

(je größer dieser Winkel γ desto genauer fällt die Messung aus) und den zwei gemessenen Winkeln α und β haben wir drei Stücke eines Dreieckes gegeben.

Danach lassen sich dann leicht nach den trigonometrischen Formeln des schiefwinkligen Dreieckes der Winkel γ und die Seiten a und b berechnen. Die Basis c muß dabei immer auf den Horizont reduziert werden, man vermeidet diese kleine Umrechnung, wenn man sofort die Basis horizontal auswählt. Gleichzeitig ermittelt man den Höhenunterschied H aus dem gemessenen Neigungswinkel α' im Standpunkt B und der berechneten Horizontalentfernung a .



$$\overline{DC} = \frac{1}{10} E$$

Fig. 3. Vergrößerung der Basis.

Um eine genügend große Genauigkeit zu erhalten, soll die Basis mindestens $\frac{1}{10}$ der zu messenden Entfernung E betragen. Die Zeichnung Fig. 3 erklärt uns das Verfahren wie man auf einfache Art und Weise eine Vergrößerung der direkt gemessenen Basis AB auf die Strecke CD erhält, ohne diese selbst mit einem Meßband zu messen. Hiefür sind die Winkelmessungen 2, 4 und 7 für das Dreieck ABD und 1, 3, 5 für das zweite Dreieck ABC notwendig. Daraus errechnet sich leicht die vergrößerte Basis DC und durch die 2 weiteren Winkelmessungen 6 und 8 die gesuchte Entfernung E .

b) Rückwärtseinschneiden.

In diesem Fall wird die Lage des Höhleneinganges ohne Entfernungsmessung bestimmt. Man stellt sich im Eingang auf und mißt die Winkel α und β nach dreien

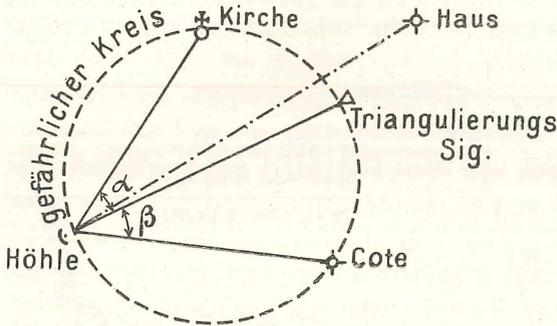


Fig. 4. Rückwärtseinschneiden.

(Die Wahl der drei anzuvisierenden Punkte soll so getroffen werden, daß sich diese nicht auf dem „gefährlichen Kreis“ befinden, oder es muß ein vierter Punkt zur Messung hinzugefügt werden.)

in einer Karte verzeichneten Punkten (siehe Fig. 4). Durch eine einfache Konstruktion — Einzeichnen der Richtungsstrahlen in der Karte — erhält man als Schnittpunkt den gesuchten Höhleneingang. Wenn sich die Linien nicht in einem Punkt schneiden, wird der Mittelpunkt des sogenannten Fehlerdreieckes als Standort gewählt. Aus den gleichzeitig gemessenen Neigungswinkeln errechnen

wir uns ähnlich wie bei Fig. 2 den Höhenunterschied, nachdem man die Entfernung aus der Karte von dem Höhleneingang zu den entsprechenden Punkten entnommen hat.

e) Polygonzug und Aufzeichnung des Situationsplanes.

Wenn der Höhleneingang in unübersichtlichen Wäldern oder engen Seitenschluchten versteckt gelegen ist, wird die Lage des Einganges durch das etwas langwierigere Verfahren des Polygonzuges bestimmt.

Der Ausgangspunkt wird hier wieder in einen in der Karte verzeichneten kotierten Standpunkt verlegt. In der Zeichnung (Fig. 5) wählte ich die Kote 418 neben der Straße als Anfangspunkt. Von ihm aus wird die Kompaßrichtung nach dem Punkt 1 bestimmt und man erhält damit den Winkel α_1 , nachher mißt man die Entfernung e_1 und wiederholt die Messungen in 1 gegen 2 usw., bis der Höhleneingang erreicht ist. Durch gleichzeitig ausgeführte Neigungswinkelmessungen zwischen den einzelnen Punkten erhält man die Höhenunterschiede, nach denen die ungefähren Schichtenlinien

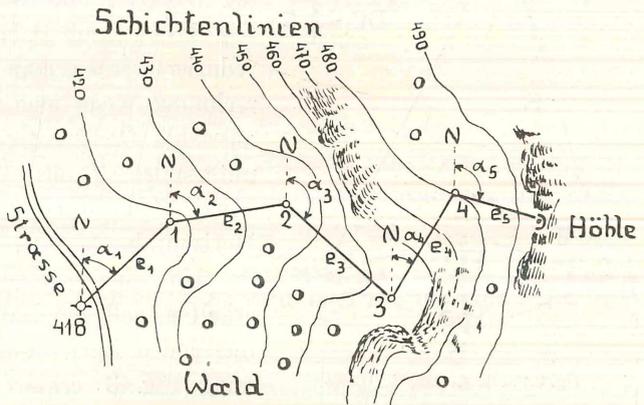


Fig. 5. Situationsplan mit Polygonzug.

erhält man die Höhenunterschiede, nach denen die ungefähren Schichtenlinien

von 10 zu 10 *m* eingezeichnet werden. Trägt man eventuelle Bodenformationen, wie Felsabstürze, Wälder, Gräben usw., die man auf dem Weg zur Höhle sieht, in den Polygonzug ein, ist der Situationsplan vollendet.

Die Bestimmung der Kompaßrichtung und der Neigungswinkel erfolgt mit den später besprochenen Instrumenten, während die Entfernungsmessung an Stelle der umständlichen Verwendung von Bandmaßen durch die einfachere, aber trotzdem verhältnismäßig genaue Schrittmessung ausgeführt wird. Diese vollzieht sich durch gleichmäßiges Abschreiten der einzelnen Strecken unter Abzählung der Schritte. Ist man im Punkte 1 angekommen und hat nun eine neue Richtung einzuschlagen, schreibt man sich die Schrittzahl im Notizbuch auf und mißt den Winkel α_2 . Von hier aus fängt man mit der Schrittzählung von neuem an und begibt sich, immer dieselbe Richtung einhaltend, zum Punkt 3 usw.

Bei dieser Methode ermittelt man sich vorher die eigene Schrittlänge auf ebenem Wege durch Abschreiten längs zweier Kilometersteine, die durchschnittlich 80 bis 85 *cm* beträgt.

Im geneigten Gelände wird die auf ebenem Wege bestimmte Schrittlänge naturgemäß entsprechend verkleinert, die durch vorstehende Tabelle berücksichtigt wird, wenn die Neigung bekannt ist. Die Zahlen in den Rubriken für Aufwärts- und Abwärtsschreiten geben die Prozente der normalen Schrittlänge in der Ebene an.

Schrittlängen im geneigten Gelände.

Neigung	Aufwärts	Abwärts
5°	91%	97%
10°	81%	94%
15°	73%	91%
20°	65%	87%
25°	58%	78%
30°	49%	65%

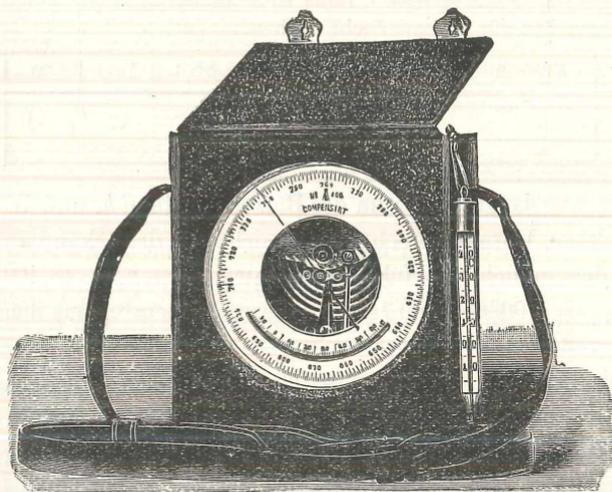


Fig. 6. Höhenaneroid von R. Fuess.

Messingbüchse mit eingeschlossenem Metallbarometer. Die feine Nadel erlaubt dann die Ablesung der Barometerstände in „*mm*“ und die dazugehörigen Meereshöhen in

d) Höhenmessung.

Sie erfolgt auf Grund trigonometrischer Berechnung, wie wir es beim „Vorwärtsabschneiden“ kennen lernten, oder durch Aneroidmessungen. Das in Fig. 6 abgebildete Aneroid von R. Fuess besteht aus einer

Meter. In dem Deckblatt ist außerdem noch ein Thermometer eingebaut, welches die Instrumententemperatur anzeigt. Das Aneroid ist in einer gefütterten Leder-schachtel gut eingebettet, in der noch ein kleiner Thermometer zur Ermittlung der Außentemperatur untergebracht ist.

Bekanntlich nimmt die Dichte der Luft ab, je höher man emporsteigt. Der Luftdruck wird nun in Millimeter Quecksilbersäule gemessen und beträgt am Meeresniveau durchschnittlich 760 *mm*; je größer die Meereshöhe, desto geringer wird der Luftdruck. Diejenige Höhe, die man zurücklegen muß, damit der Luftdruck sich um 1 *mm* ändert, nennen wir die „barometrische Höhenstufe“. Diese

Luftdruck in <i>mm</i>	760	750	740	730	720	710	700	690	680
barometrische Höhenstufe in <i>m</i>	10·5	10·65	10·79	10·94	11·09	11·25	11·41	11·57	11·74

Luftdruck in <i>mm</i>	670	660	650	640	630	620	610	600	580	550
barometrische Höhenstufe in <i>m</i>	11·90	12·10	12·29	12·48	12·68	12·88	13·09	13·31	13·8	14·5

wird umso größer, je höher man sich über dem Meereshorizont befindet. Vorstehende Tabelle wird für den Höhlenforscher von großem Nutzen sein, denn sie zeigt die Höhenstufen bei konstanter Temperatur $t = 0^\circ$ an, wie wir sie vielfach im Inneren unserer nordalpinen Höhlen antreffen. Hat man eine Höhe außerhalb der Höhle, z. B. den Höhleneingang, durch barometrische Höhenmessung festzulegen, so geht man ebenfalls wieder von einem kotierten Punkt im Tale aus und schreibt sich die Barometerablesung b_1 auf und mißt daselbst zugleich die Tem-

Günstigste Beobachtungszeiten für barometrische Höhenmessungen.

Monat	Mai—Juli	April—Aug.	März—Sept.	Febr.—Okt.
vormittag	6—8 ^h	8 ^h	9 ^h	10 ^h
nachmittag	7—9 ^h	6—7 ^h	5 ^h	4 ^h

peratur t_1 . Beim Höhleneingang angelangt, wird nun der Barometerstand b_2 und die betreffende Temperatur t_2 abgelesen. Daraus berechnet man sich nach der bekannten barometrischen Höhenformel den gesuchten Höhenunterschied $h_2 - h_1 = 18.400 (1 + \alpha t) \lg \frac{b_1}{b_2}$, wobei $\alpha = \frac{1}{273} = 0,003665$ und t die mittlere Temperatur aus den gemessenen t_1 und t_2 ist. Da große Temperaturschwankungen die Genauigkeit der Barometermessung stark beeinflussen, zeigt uns vorstehende Tabelle diejenigen Tageszeiten, die für unsere Messungen die günstigsten Beobachtungen liefern.

Ich möchte hier nur erwähnen, daß vielfach eine entsprechende Anwendung des Aneroides in Höhlen wegen des Feuchtigkeitsgehaltes bezweifelt wird. Aus meinen zahlreichen Beobachtungen kann ich aber versichern, daß die barometrische Höhenmessung in den Höhlen gerade wegen den geringen Temperaturschwankungen sehr brauchbare Resultate liefert.

3. Die Höhlenvermessung selbst.

Vor allem seien die notwendigen Apparate beschrieben. Man benötigt Längen- und Winkelmeßinstrumente. Grundsätzlich wähle man sich bei der ersten Anschaffung nur das Beste, denn später wird man es nie bereuen und vermeidet kostbare Verbesserungen oder Neuanschaffungen.

a) Die Längenmessung

kann durch Schätzung oder wirkliches Abmessen einzelner Strecken erfolgen.

Die Schätzung liefert nur nach jahrelanger Übung brauchbare Werte. Obwohl nur auf Grund genauer Längenmessungen ein Höhlenplan aufgezeichnet werden soll, wird man hie und da in die Lage kommen, Schätzungen auszuführen. Wenn auch zugleich mehrere Personen die Strecken abschätzen und man auch das Minimum als das Richtigeste anerkennt, wird trotzdem noch die Höhlendistanz etwas überschätzt sein. Denn es ist für Angaben über Längenausdehnungen von Höhlen charakteristisch, daß diese oft mehrfach die Wirklichkeit übertreffen. Große Hindernisse, die fortwährende Abwechslung der grotesken Höhlenbildungen, der Wechsel von Licht und Schatten, verleiten den Ungeübten zur durchschnittlichen zehnfachen Überschätzung einer Höhlenstrecke.

Eine wesentlich größere Genauigkeit der Längenbestimmung ergibt die Schnurmessung, die vorzugsweise bei Tiefenbestimmungen von Schächten zur Anwendung kommt.

Das Stahlbandmaß ist aber jedenfalls das genaueste. Seine Länge kann 10 bis 25 *m* betragen und richtet sich je nach den Größendimensionen einer Höhle. Noch längere Stahlbänder sind unzweckmäßig, da bei diesen der Durchhang zu groß ist und das Band am Boden schleift. Hierbei verklemmt es sich leicht in Stein- fugen und verzögert durch das fortwährende Klarhalten des Bandes die Dauer der Längenmessung.

Besonders achte man auf die gute Instandhaltung der Bänder. Nach jeder Höhlenbefahrung reinige man sie gründlich vom Schmutze und darf sie erst dann aufrollen, wenn die nassen Bänder vollkommen getrocknet sind, die Bezifferung würde sonst bald durch den Rost unleserlich werden und die Brüche des Bandes an den halbdurchrosteten Stellen sind die unangenehme Folgeerscheinung der schlechten Behandlung.

b) Als Winkelmeßinstrumente

kommen fast ausschließlich nur Kompassse oder Bussolen in Betracht. Für Vertikalwinkel (z. B. Bestimmung der Neigungen) benötigt man noch Neigungsmesser, auch Klinometer genannt, diese sind meist zugleich mit den oben erwähnten Horizontalwinkelapparaten in einem Gehäuse zusammen untergebracht. Gerade an die Höhlenvermessungsinstrumente werden die größten Anforderungen gestellt, wie

große Leichtigkeit, deutliche Bezifferung, Handlichkeit. Staub, Wasser, Schmutz und Lehm müssen die Apparate gelegentlich vertragen können. Von den vielen Modellen seien hier die geeignetsten beschrieben.

1. Die Bezaud-Busssole.

Sie erlaubt schnelle orientierende Aufnahmen einer Höhle mit hinreichender Genauigkeit und einfacher Handhabung. Der aufklappbare Deckel besitzt eine Dioptervorrichtung, durch die man die Richtung nach dem anzuvisierenden Punkt (in der Höhle: immer die Flamme einer Karbidlampe oder einer Kerze) einstellt. Die Magnetnadel ist sehr groß und deutlich. Eine einfache Methode erlaubt aufs schnellste die Einzeichnung von Richtungsstrahlen direkt in das Notizbuch, ohne eine Kompaßablesung vornehmen zu müssen. Hierbei muß man sich die eine Seitenkante des Buches als gewählte Nordrichtung bemerkbar machen. Ferner soll das Notizbuch Quadratteilung besitzen, um das „Zulegen“ der Busssole genau auszuführen. Genauere Anleitungen über ihren Gebrauch ist jedem Instrument beigegeben. Leider sind sie ohne Neigungsmesser ausgeführt, den man dann besonders mit sich führen muß.

2. Geologenkompaß.

Eine Kompaßnadel und ein Pendelneigungsmesser erlauben hier auf ein und demselben Instrument die Ableseung der horizontalen und vertikalen Winkel. Die verschiedensten Ausführungen sind hier vorhanden: mit Holzgehäuse oder Metallunterlagsplatte, mit Dioptervorrichtung — zum genauen Anvisieren — und mit Libellen, zum Horizontalstellen. Die Nadelablesungen müssen hier aber stets aufnotiert werden und die Einzeichnung der genauen Richtungslinien kann erst zu Hause erfolgen. Die Verwendung zu geologischen Zwecken, wie Messen von Fallen und Streichen der Schichten, eignen diesen Kompaß besonders zum Höhlenvermessungsinstrument. Der Neigungsmesser weist aber gerade für den Höhlenforscher einen Nachteil auf, da das Pendel sofort nach der Einstellung abgelesen werden muß, damit es nicht in seine alte Lage zurückfällt.

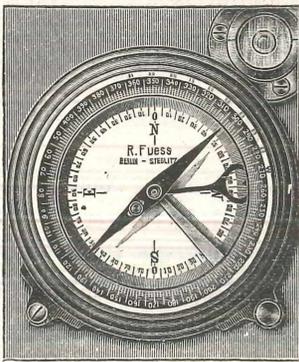


Fig. 7. Geologenkompaß.

Ebenso achte man bei der Ableseung, daß die Einstellung nicht verändert wird.

Einen Geologenkompaß modernster Konstruktion der Firma R. Fuess, Berlin-Steglitz, zeigt uns Fig. 7. Die Metallplatte dient gleichzeitig als Zulegeplatte beim Auftragen des Winkels, die den Transporteur ersetzt. In neuester Zeit hat die Firma die Instrumente so verfertigt, daß die Deklination von vornherein beseitigt wird.

3. Das Brunton'sche Taschenuniversalinstrument von R. Fuess

ist das ideale Höhlenvermessungsinstrument, mit denkbar größter Genauigkeit bei sehr handlicher Ausführung. Der auf einzelne Grade geteilte Kompaß läßt noch ein Schätzen auf Viertelgrade zu. Die senkrecht stehende Nadel stellt sich rasch in die

Nordrichtung ein. Der Teilkreis ist mittels einer Schraube verstellbar und erlaubt dadurch jeweils die Beseitigung der betreffenden Deklination. Die Visur erfolgt durch einen im Deckel befindlichen Spiegel und ein aufklappbares Diopter. Diese sinnreiche Konstruktion ermöglicht gleichzeitig das Ablesen der Kompaßnadel, ohne das Instrument in Augenhöhe zu bringen oder gar seine Lage zu verändern. Im Gehäuse ist eine kleine Libelle mit einem Noniusarm verbunden, durch den die Vertikalwinkel auf $5'$ genau abgelesen werden. Die Einstellung geschieht durch einen an der Unterseite des Gehäuses befindlichen verstellbaren Hebelarm unter gleichzeitiger Betrachtung der Libelle durch den auf 45° geneigten Spiegel. Vertikalwinkel müssen nicht unmittelbar nach dem Einstellen abgelesen werden, sondern man entfernt sich, etwa von einer exponierten Stellung,

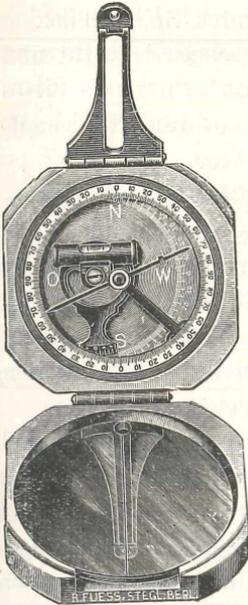


Fig. 8. Gesamtansicht des Taschenuniversals beim Messen horizontaler Winkel.

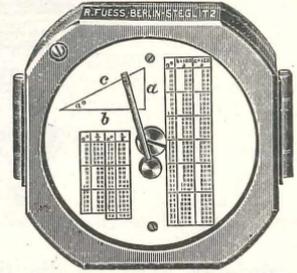


Fig. 9. Rückseite des Instrumentes mit Hebelarm und 2 Tabellen zur schnellen Ermittlung der Vertikalwinkel in Prozenten.

nachdem man die Aufnahme durchgeführt hat und liest später auf einem sicheren Platz den Winkel ab. Für genauere Messungen liefert die Firma R. Fuess eine Klemmeneinrichtung, durch die man das Instrument an einem Stock oder Stativ befestigen kann und vermeidet hiemit die einfache und weniger genaue, aber schnellere Messung von Hand aus.

Es seien hier noch kurz die verschiedenen Anwendungsgebiete dieser vorzüglichen Instrumente aufgezählt:

1. als Horizontalglas,
2. zur Messung horizontaler Winkel,
3. zum Messen vertikaler Winkel (Gefälle- oder Neigungsmessen),
4. als geologischer Kompaß zum Messen des Fallens und Streichens von Schichten.

4. Der Reise- oder Forschungstheodolit von R. Fuess (Fig. 10)

kommt überall da für den Höhlenforscher in Betracht, wenn für eine genaue Aufnahme längere Zeit vorgesehen ist. Seine Aufstellung erfolgt immer mittels Stativ und fordert daher einen gewissen Zeitaufwand. Die Kompaßteilung kann auf halbe

Grade abgelesen werden, während zugleich eine Horizontalkreisteilung mittels Nonius die Bestimmung der Horizontalwinkel auf $5'$ ermöglicht. Der Vertikalkreis erreicht ebenfalls dieselbe Genauigkeit. Die Visur erfolgt durch ein äußerst lichtstarkes Fernrohr, das diesen Apparat zum richtigen Höhleninstrument stempelt. Der Kompaß besitzt eine Dosenlibelle, während das Fernrohr eine Röhrenlibelle aufweist, deren Einstellung sofort beim Beobachten selbst durch Spiegelreflexion

möglich ist. Sein geringes Gewicht und leichte Handhabung macht gerade dieses Instrument bei genauen Höhlenaufnahmen unentbehrlich.

Markscheiderinstrumente, Grubentheodolite und größere Bussolentheodolite werden bei Höhlenvermessungen nur für ganz besondere Zwecke, wie Sprengarbeiten zwecks Verbindung naher Höhlen oder Herstellen eines zweiten Ausganges, verwendet.

Über die Deklination, dem Winkel zwischen magnetischen und wahren Meridian will ich nur kurz erwähnen, daß bei den Aufzeichnungen immer dazugeschrieben wird, ob die abgelesene Kompaßteilung mit oder ohne der Deklination behaftet ist, im letzteren Falle ist diese automatisch durch die Verstellung der Kreisteilung beseitigt worden.

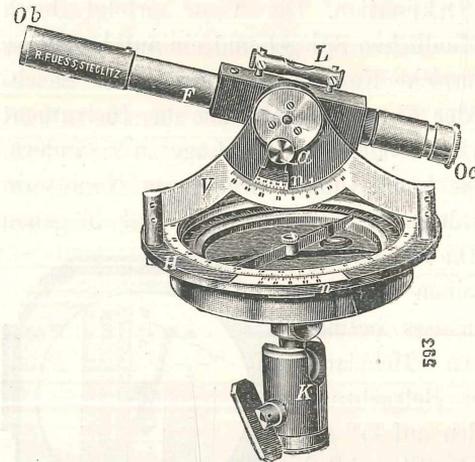


Fig. 10. Forschungstheodolit von R. Fuess.

Jedenfalls führe man die ganze Aufzeichnung ohne Rücksicht auf die Deklination durch und zeichne erst ganz am Schluß die wahre Nordrichtung ein. Daß die Deklination an verschiedenen Punkten der Erde andere Größen hat und es Linien gleicher Deklination, sogenannte „Isogonen“, gibt, will ich nur nebenbei erwähnen, ebenso ist bei der Bestimmung der Deklination die jährliche Änderung zu berücksichtigen.

c) Aufnahme des Grundrisses.

Infolge der gangartigen Erstreckung der Höhle erfolgt diese durch einen Polygonzug (siehe Fig. 1 und 5), wie wir es schon bei der Aufnahme des Situationsplanes kennen gelernt haben. Die mittels Meßband ermittelten Entfernungen sind womöglich in die Hauptachse der Höhle zu legen, darunter versteht man die Projektion der höchsten Punkte der Decke auf den Höhlenboden, die meistens ungefähr mit der Mitte desselben zusammenfällt. Mittels Kompaß oder Bussole wird die Richtung der gemessenen Distanz bestimmt. Die einzelnen Richtungsbestimmungen werden soweit ausgeführt, als das Licht des vorangeeilten Höhlenkameraden noch zu sehen ist. Droht seine Karbidflamme aus dem Gesichtskreis, durch die Felsenecke der

veränderten Gangrichtung, zu entschwinden, muß er auf Zuruf des Vermessenden sofort Halt machen und das Licht ruhig nach rückwärts zeigen, damit die Visur vorgenommen werden kann. Hierauf wird der Punkt durch einen Steinmann — durch pyramidenförmiges Aufschichten loser Steine — oder durch ein rotes Kreuz markiert, daneben wird dann die betreffende Punktzahl vermerkt (behelfsmäßig auch nur durch ein Zeitungsblatt, auf dem mit Farbstift die Nummern aufgeschrieben sind). Nachher wird die Distanz zwischen Vermessenden und dem vorderen anvisierten Punkt ermittelt. Im Notizbuche zeichnet man sich mit der Bezdard-Bussole sofort die genaue Richtung ein, während bei Verwendung anderer Instrumente nur ganz roh die Skizze nach der Nordrichtung orientiert angefertigt wird und die genauen Ablesungen der Kompaßnadel noch besonders aufnotiert werden müssen.

An jedem Vermessungspunkt wird nun die Breite geschätzt oder gemessen und die ungefähren Umrisse in die Höhlenskizze eingezeichnet. Zwischen den einzelnen Punkten legt man außerdem die Breite an den engsten und weitesten Höhlenteilen durch Bandmessung fest.

Größere Räume oder Hallen werden durch Ausmessen der beiden größten Durchmesser näher bestimmt. Handelt es sich um eine genaue Aufnahme des Grundrisses sehr großer Dome, so hat man zwei Methoden zur Verfügung: Entweder mißt man von einem Punkt, der ungefähr in der Mitte liegt, radial nach allen Seiten die Richtungen bis zu markanten Wandabbiegungen und bestimmt jede einzelne Distanz oder nimmt einen Polygonzug rings um den Rand um, der möglichst knapp längs den Wandungen führt und in sich geschlossen ist.

Voraussetzung ist, daß in den Grundriß die vollständige Projektion des Hohlraumes eingezeichnet wird und nicht etwa nur der Schnitt einer Horizontalebene, beispielsweise in der Augenhöhe des Beobachters. (Siehe Fig. 9.)

Weiters wird die Neigung des Bodens im Grundriß durch kleine Pfeile, die nach dem größten Gefälle gerichtet sind, oder durch Höhenschichtenlinien¹⁾ angegeben. Außerdem werden alle besonderen Erscheinungen des Höhlenbodens vermerkt, wie: Lehm, Sand, Wasser, Blockwerk, Eis, Stalagmiten und Schächte.

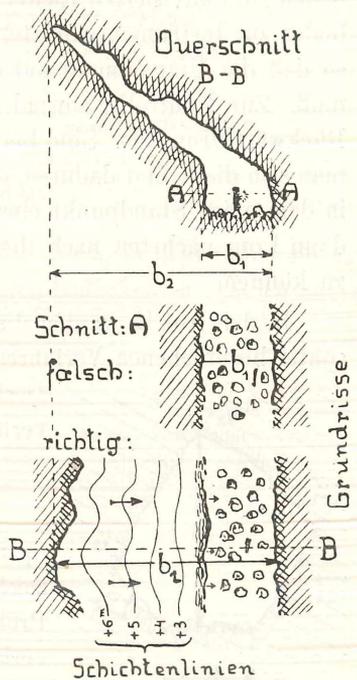


Fig. 11. Falsche und richtige Grundrißzeichnung.

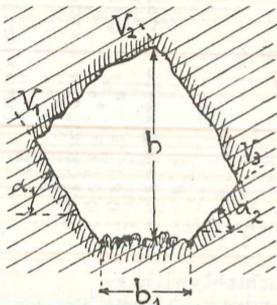
¹⁾ Die Verwendung von Höhenschichtenlinien bei Höhlenplänen hat Herr Professor Dr. Georg Kyrle zum erstenmal vorgeschlagen.

Bei genauen Detailaufnahmen kann man den Umriß des Grundrisses durchpausen und einen Plan der Höhlendecke herstellen, in welchen alle besonderen Deckenformen eingetragen werden, z. B.: Stalaktiten, Schlote, Sinterfälle, Tropfsteinreihen längs Verwerfungen und diese selbst. In den meisten Fällen ist aber der Grundriß des Höhlenbodens vollkommen ausreichend, besonders dann, wenn noch Aufriß- und Querschnittzeichnungen dazukommen.

d) Aufnahme des Aufrisses oder Längsschnittes.

Hiebei werden die Höhenunterschiede der einzelnen Vermessungspunkte durch Neigungsmessung ermittelt. Die Instrumente halte der Vermessende in gleicher Höhe mit dem anvisierten Licht des Vordermannes, um den richtigen Höhenunterschied der beiden Bodenmarken zu erhalten. Bei genaueren Messungen mittels dem oben beschriebenen Reisetheodolit nimmt man die Zielhöhe (Entfernung vom Höhlenboden zum anvisierten Licht) und die Instrumentenhöhe (Entfernung vom Höhlenboden zur Instrumentenmitte) ungefähr $1\cdot20\text{ m}$ an und behält diese fortwährend bei, so daß die Umrechnung auf den Höhlenboden nur einmal vorgenommen werden muß. Zur Kontrolle, sowohl der Richtung als auch der Neigung, führt man eine Rückwärtsvisur aus. Sind bei der Vermessung nur zwei Personen tätig, vereinfacht man sich die Arbeit dadurch, daß der Vermessende nach Beendigung seiner Arbeiten in dem einen Standpunkt eine Kerze anzündet und auf demselben zurückläßt, um dann vom nächsten nach der letzten Instrumentenaufstellung rückwärts visieren zu können.

In den Aufriß werden die an jedem Standpunkt ermittelten Höhen, nach den später besprochenen Verfahren, eingezeichnet und besondere Erscheinungen an der Decke, wie Schlote und Tropfsteine, in der Skizze vermerkt.



V = Verwerfung

Fig. 12. Querschnitt.

e) Aufnahme der Querschnitte.

Aus der für den Grundriß ermittelten Höhlenbreite b_1 und der für den Aufriß bestimmten Höhlenhöhe h zeichnet man sich je nach Geschick, maßstäblich den Profilquerschnitt ein. Seitenwände, die oft von regelmäßig verlaufenden Harnischen gebildet werden, sind durch Neigungsmessung näher zu bestimmen (Fig. 12).

Eine eingehende und richtige Darstellung von Hohlräumen kann nur durch eine sehr große Anzahl

von Querschnitten erreicht werden.

Nur kreisrunde Erosionsstollen oder schmale tektonische Spaltenhöhlen können oft auf lange Strecken nur durch einen Querschnitt ausreichend genau bestimmt werden.

Für die eben besprochenen Aufnahmen des Grundrisses, Aufrisses und Querschnittes möchte ich als Beispiel die nebenstehenden Höhlennotizbuchblätter mit meinen Originalaufnahmen kurz besprechen. Fig. 13 enthält den Grundriß und die Querschnitte, während der Aufriß auf einem zweiten Blatt gezeichnet ist (Fig. 14).

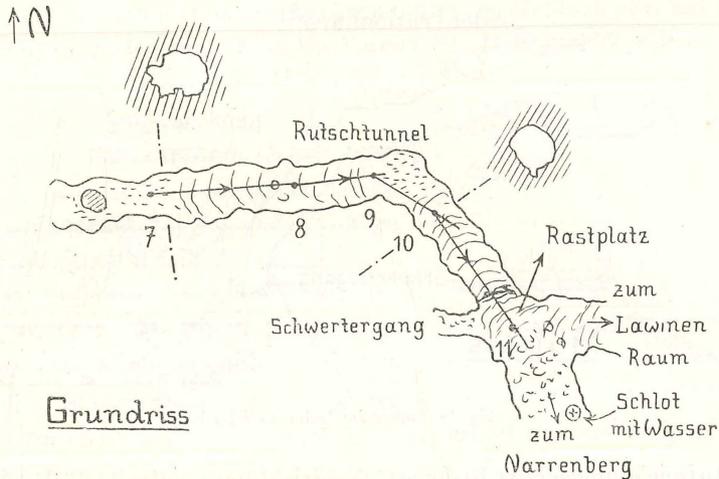


Fig. 13. Grundriß im Höhlennotizbuch.

Um die Zeichnungen nicht allzu undeutlich ausfallen zu lassen, legt man sich auf einer dritten Seite eine Tabelle mit den nebenstehenden Rubriken an. Da ich diesen

Höhle: Eisriesenwelt, Vermessung und Erforschung: Lawinen-Dom und Narrenberg.
Datum: 6. und 7. August 1921.

von	nach	Distanz	Kompaß	Höhen- unterschied	Neigungs- winkel	Breite	Höhe	Baro- meter	Temp.	Zeit	Bemerkungen
7	8	22.0 m	—	-5 m	—	6 m	4 m	—	—	—	Lehm
8	9	21.0 m	—	-5 m	15°	5 m	4 m	—	—	—	Wind <<<
9	10	13.0 m	—	-2 m	—	6 m	5 m	—	—	—	Erosionsprofil
10	11	27.0 m	214°	-15 m	32°	große Halle		630 mm	+1.7°	3 ^h p.m.	Rast, gr. Abzweig.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Teil der Eisriesenwelt mit Bezar-Busssole vermessen hatte, sind die Richtungen sofort in die Skizze (Fig. 13) eingetragen worden, nur hie und da machte ich eine Kontrollablesung, die ich dann unter der Rubrik „Kompaß“ aufnotierte.

Es handelt sich bei diesem Beispiel um eine rasch durchzuführende Aufnahme, die zugleich mit der Erforschung verbunden war, daher wurden damals die kleineren Höhenunterschiede zwischen den Vermessungspunkten nur geschätzt, doch bei stärkeren Neigungen und längeren Distanzen muß der Neigungswinkel mit einem

Klinometer gemessen werden. In die Tabelle trägt man sich auch die Breite und Höhe der Höhle an den einzelnen Stationspunkten in das Notizbuch ein. Gleichzeitig fügt man leicht die Rubriken über Barometer, Temperatur und Zeit hinzu und liefert dadurch der Höhlenmeteorologie wertvolle Aufschlüsse. Unter „Bemerkungen“

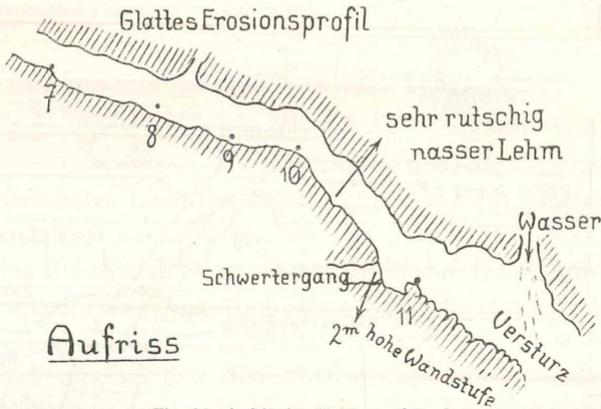


Fig. 14. Aufriß im Höhlennotizbuch.

werden Aufzeichnungen über Bodenart, Windrichtung eventuell -stärke, Quellen usw. eingeschrieben.

An denjenigen Stellen, wo der Höhlengang sein Profil verändert, werden die Querschnitte eingezeichnet.

f) Ermittlung von Höhen in den Höhlen.

Die Höhenbestimmung ist für die Zeichnung des Aufrisses und der Querschnitte unbedingt notwendig.

Trifft man nur kleine Höhen bis zu 2 m an, werden diese durch einen 2 m-Maßstab am einfachsten ermittelt.

Vergößert sich die Höhe bis zu 6 m, werden dünne Holzstangen mit entsprechender Länge am besten verwendet. Sehr praktisch sind dann zusammensteckbare Stäbe von 2 m Länge.

Oft werden diese kleineren Höhen ziemlich genau durch Schätzung ermittelt. Hierbei ist immer auf die eigene Augenhöhe zu achten.

Größere Höhen — über 6 m — sind schwer zu schätzen und hier seien einige Methoden besprochen, die genaue Resultate zur Höhenbestimmung liefern.

Durch kleine Ballons wurden beispielsweise in den Kentucky Caves in Nordamerika sehr genaue Messungen erzielt. Ihre Anwendung ist infolge der hohen Kosten heute selten möglich. Man benötigt hiezu mit Wasserstoff gefüllte Gummiballons, die an einem Faden, dessen Länge gemessen wird, zur Decke empor gelassen

werden. Etwas billiger kommt die Verwendung von Papierballons mit Heißluft, wie sie als Spielzeug von den Kindern verwendet werden.¹⁾

Die trigonometrische Bestimmung ist die gebräuchlichste Methode, um genaue Werte über die Höhen zu erhalten. Es wird hiebei von einer Stelle aus ein markanter Deckenpunkt anvisiert und der betreffende Vertikalwinkel ermittelt. Dann sucht man die Projektion des Deckenpunktes am Höhlenboden auf und mißt die Entfernung am Boden aus. Durch die Formel $h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha$ erhält man die gesuchte Höhe, wenn D = die gemessene Horizontal-distanz und α der Neigungswinkel ist.

Oft wird es aber unmöglich sein, sich unter der Deckenmarke aufzustellen, dann werden die zwei Vertikalwinkel α_1 und α_2 von den beiden Standpunkten A und B , die sich am Höhlenboden befinden, gemessen und die Distanz D ermittelt. Der Punkt B muß aber in einer geraden Verbindungslinie zwischen A und C' , der Projektion von C , liegen. Durch die einfache Formel $h = D \cdot \sin \alpha_1 \cdot \operatorname{cosec} (\alpha_2 - \alpha_1)$ erhält man die gesuchte Decken-höhe. (Fig. 15.)

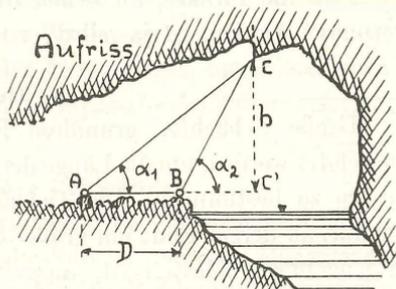


Fig. 15. Trigonometrische Höhenmessung.

Die trigonometrische Höhenmessung setzt aber einen markanten Deckenpunkt C voraus, der außerdem scharf beleuchtet sein muß. Meistens wird es bei gewöhnlichem Magnesiumlicht möglich sein, einen solchen gut erkennbaren Punkt schnell zu finden, ist dies nicht der Fall, verwendet man eine Magnesiumscheinwerferlampe, dessen Reflektor das Strahlenbündel möglichst parallel auf die Decke wirft.

Diese beiden Höhenbestimmungen sind für alle vorkommenden Höhlendimensionen anwendbar. Doch öfters greift hier die Naturgewalt hindernd durch Nebelbildung ein, wie dies in den Rekahöhlen bei St. Canzian meistens zutrifft. Auch Ballonmessungen können bei starkem Luftzug manchmal versagen.

Die einfachste Bestimmung der Höhe wird dann durch die direkte Abmessung mittels Lotes von der Decke herab sein. Sei es dann, daß man die Decke auf kühn angelegten Forschungssteigen, die oft überhängend sind, erreicht, wie bei den Rekahöhlen, oder daß man die Deckenhöhe erklettern kann, oder auch durch Zufall, wenn eine seitliche Abzweigung hinaufführt und fensterartig sich wieder in der Decke öffnet, wie in der Hymirhalle der Eisriesenwelt durch den „Wimur“ und „westlichen Eisgang“ oder das Rabenfenster in der Kolowrathöhle im Untersberg.

Eine einfache und ziemlich genau wirkende Höhenbestimmung ersann Otto Lehmann, die wir auch in der Eisriesenwelt anlässlich der Akademieexpeditionen zu Ostern 1921 erprobten. Von einem möglichst senkrecht zur Decke abgeworfenen

¹⁾ Siehe auch „Höhenlotung“ von Ing. Teißl, „Der Plan der Drachenhöhle bei Mixnitz“. Berichte der Bundeshöhlenkommission, II. Bd., Seite 27.

Stein wird die Falldauer abgestoppt, indem man die Umkehr des Steines an der Decke und das Auffallen am Boden genau beobachtet. Der Stein darf aber gerade nur bis unter die Decke geworfen werden und nicht anstoßen.

Durch die allbekannte Formel $h = g/2 t^2$, wenn t in *sec* und $g = 981$ *cm* berechnet sich die Höhe h in Zentimeter.

Mit dieser einfachen Falldauerermittlung haben wir Höhen bis zu 20 *m* auf $1/2$ *m* genau einwandfrei messen können.

Daß die Punkte, an denen die Höhlenhöhe ermittelt wurde, in den Aufriß vermerkt werden, ist ja selbstverständlich.

g) Tiefenbestimmungen.

Große Schächte, grundlose Einsturzschlünde müssen vor der Erforschung ausgelotet werden, um die Länge der zu verwendenden Seile und Strickleitern einigermaßen zu bestimmen. Die Tiefenlotung wird mit einer langen und ganz glatten Schnur, an deren Ende ein großer Stein oder noch besser ein Eisengewicht von 3 *kg* in Kugelform befestigt ist, ausgeführt. Die Schnurlänge wird durch rote Fäden, die alle 10 *m* in die Seilfasern eingespließt sind, gekennzeichnet. Eine noch größere Unterteilung, etwa auf jeden Meter einen Knopf und alle 5 *m* zwei Knöpfe ist bei Schachtmessungen nicht ratsam, da die Oberfläche der Schnur möglichst glatt sein soll, damit sie sich nicht in Unebenheiten der Wände verfangt.

Selbstverständlich wird man vor einem Abstieg die Länge der Strickleitern und Sicherungsseile abmessen und erhält dadurch einen sicheren Aufschluß über die Tiefenverhältnisse.

Die Bestimmung der Falldauer z. B. eines Steines ist nur dann anwendbar, wenn der Aufschlag des abgeworfenen Gegenstandes am Grunde des Schachtes zu sehen ist; bei engen und sehr tiefen Schlünden ist diese Methode aber unbedingt zu verwerfen, da man durch sie ganz falsche Resultate erzielt; durch mehrfaches Aufschlagen oder durch das Echo, das die Schallgeschwindigkeit des Auffallens sehr verzögert, bis es an die Oberfläche heraufdringt, wird die Tiefe viel zu groß angenommen.

Unterirdische Seen und Flüsse müssen ebenfalls ausgelotet werden, um den Aufriß vollständig zeichnen zu können. Die Lotpunkte müssen durch Rückwärts-einschneiden vom Boot aus ermittelt werden, indem man mehrere Lichter am Ufer als bekannte Fixpunkte anpeilt, oder durch Meßbandmessung mittels abgenommener Kompaßrichtung.

h) Der Maßstab der Höhlenpläne und ihre Ausarbeitung.

Bis jetzt wurden nur die Arbeiten in der Höhle und die an Ort und Stelle angefertigten Skizzen besprochen. Zu Hause werden nun die vielen Zeichnungen auf den einzelnen Notizbuchblättern zusammengefaßt und an die Ausarbeitung des exakten Höhlenplanes geschritten.

Die Wahl des Maßstabes richtet sich je nach der Größe der aufgenommenen Höhle. Für kleinere Höhlen bis zu 400 m Gesamtausdehnung ist der Maßstab 1 : 200 sehr gut verwendbar; für mittlere Höhlen 1 : 500. Bei sehr großen Dimensionen wäre der Maßstab 1 : 1000 die unterste Grenze für Höhlenzeichnungen.

Bei Reproduktionen kann sich der Maßstab beliebig verkleinern. Der Höhlenplan soll, wie schon erwähnt, sämtliche Erscheinungen vollkommen naturgetreu wiedergeben. Da sich kleinere Höhlen schneller und einfacher als eine ausgedehntere aufnehmen lassen, werden die ersteren entsprechend mehr Details aufweisen. Bei großen Höhlensystemen müssen oft für verschiedene Wissenschaftszweige besondere Pläne angefertigt werden, so für die Geologie oder Meteorologie, manchmal auch zum Einzeichnen der Standorte, von denen eine photographische Aufnahme erfolgte, samt ihrem Bildkreis.

i) Die Modelle zur Darstellung der Höhlenform.

Sind verschiedene Stockwerke im Grundriß einzuzichnen, in denen die Hohlräume über oder untereinander liegen, kann man die Systeme gewisser Höhenlagen durch besondere Farben kennzeichnen. Oft wird aber die Zeichnung allein nicht

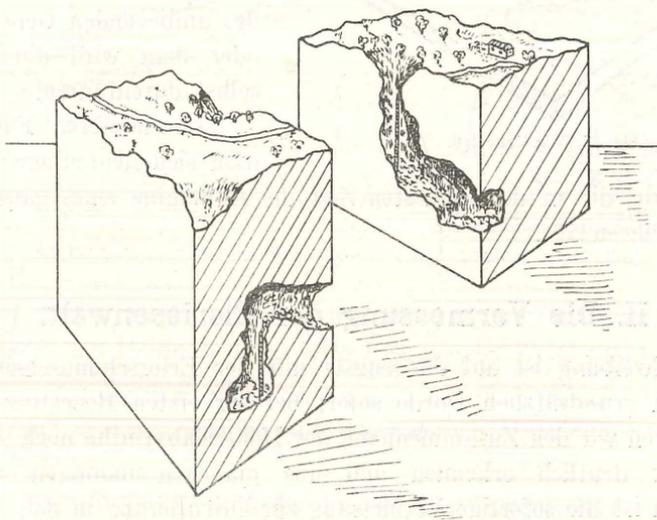


Fig. 16. Blockmodell.

genügen, auch den Laien einen Einblick in den Zusammenhang und Aufbau einer Höhle zu gewähren. Dann greift man immer zu dem Höhlenmodell, der besten Darstellungsform.

Hier unterscheiden wir zwei Arten der Herstellung. In dem einen Fall wird ein Blockmodell (Fig. 16) ausgeführt, das die Höhle schneidet und dieselbe sozusagen im Positiv als Hohlraum darstellt. Durch die Modellierung der Oberfläche wird diese Art besonders leicht verständlich und gar erst dann, wenn das Blockmodell

aus zwei Teilen besteht, die man auseinandernehmen kann, um das Innere der Höhlen zu betrachten.

Die zweite Art hat Herr Ing. Czoernig zum erstenmal ausgeführt und zeigt die Höhle im Negativ (Fig. 17). Man denkt sich hiebei alle Hohlräume ausgefüllt und das umliegende Gestein weggehauen. Um aber die Ausfüllungen der Höhle zu sehen, wird gleichzeitig ein Grundriß und Aufriß dazu angefertigt. Die Konstruktion geschieht auf ähnliche Weise wie bei der Modellanfertigung für Lehrbeispiele der darstellenden Geometrie.

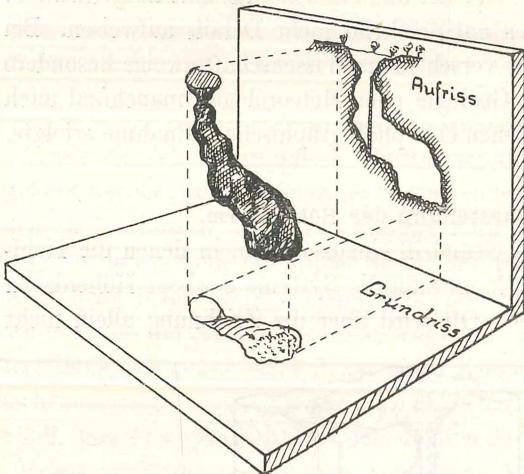


Fig. 17. Negativmodell.

4. Vermessung des Höhlengebietes an der Oberfläche.

Nach Beendigung der Höhlenvermessung wird bei größeren Ausdehnungen die Oberfläche noch genau vermessen. Hier kann man sich entweder auf größere Karten des umliegenden Gebietes stützen oder man wird die Vermessung selbst durchführen.

Im letzteren Falle bedient man sich heutzutage der Stereo-

photogrammetrie, die in der kürzesten Zeit die Aufnahme eines ganzen Höhlengebietes durchführen läßt.

II. Die Vermessung der Eisriesenwelt.

Ihre Beschreibung ist auf das engste mit der Erforschungsgeschichte verbunden. Denn grundsätzlich wurde sofort bei der ersten Begehung vermessen, dadurch konnten wir den Zusammenhang der Höhlenlabyrinth noch während der Forschungstour deutlich erkennen und uns manchen unnötigen Rückmarsch ersparen. Auch ist die sofortige Vermessung zur Orientierung in den unübersichtlichen Gangsystemen unbedingt bei der ersten Befahrung notwendig. Die Anwendung eines Ariadnefadens zum Zurückfinden wäre bei diesen Dimensionen etwas teuer zu stehen gekommen.

Schon 1879 war Posselt 200 m bis zu dem nach ihm benannten Eisturm in die Höhle vorgedrungen. Ein rotes Kreuz an der Wand zeigt jetzt noch den Punkt seiner Umkehr. Erst im September 1912 wurde unter Leitung des im Weltkriege gefallenen Alex. v. Mörk der Höhleneingang wieder aufgesucht. Fig. 18 zeigt den Aufriß der Höhlenstrecke, soweit damals Mörk die Höhle erforschen konnte.

Der steile Eiswall wurde erst am 2. August 1913 von v. Mörk, Rihl und Dr. v. Angermayer bezwungen und hierauf gleich bis zum Sturmsee vorgedrungen. 12 Tage später unternahm abermals eine gut ausgerüstete Expedition den Einstieg. Zuerst wurde von Dr. Saar die Vermessung bis zum Sturmsee durchgeführt (Fig. 19). Am 24. August, 4 Uhr früh, fand dann der weitere Vorstoß durch den Sturmsee mittels Taucheranzug statt. Man konnte aber nur wenige Meter weit vordringen. Karbidmangel und die vollkommene Durchnässung der Teilnehmer zwang zur Umkehr. Auf Grund des Planes, den Dr. Saar vermessen hatte, beendete Mörk nach diesen Forschungsergebnissen

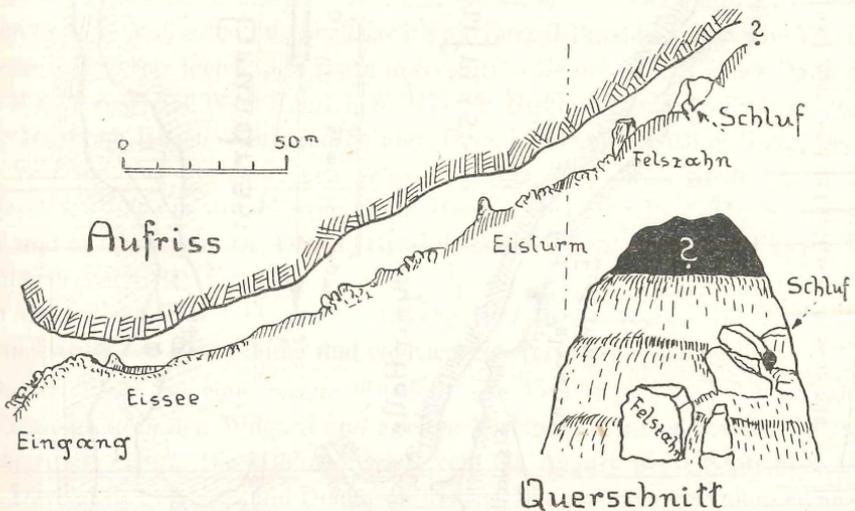


Fig. 18. Eisriesenwelt nach der Aufnahme von Alexander v. Mörk 1912.

seinen Bericht in dem Expeditionsbuch des Vereines für Höhlenkunde in Salzburg folgendermaßen: „Die Höhle ist die größte Eishöhle der Welt“ und trotzdem waren damals nur 600 m Ganglänge entdeckt.

Während des Krieges stockten selbstverständlich Forschungs- wie auch Vermessungsarbeiten.

Erst im September 1919 fand die denkwürdige Doppelexpedition¹⁾ statt. Sie währte 60 Stunden, davon entfielen je 7 Stunden für den schwierigen Auf- und Abstieg. Nachdem wir den Sturmsee abgeleitet hatten, stand das gewaltige Höhlensystem offen. 60mal wurde das 20 m lange Meßband von uns gespannt, während Czoernig als Vermessender ebenso oft die Ablesungen der Kompaßnadel und der Neigungswinkel vornahm. 1.5 km hatten wir damals ab Sturmsee erforscht und vermessen. Ermüdend klang uns das früher so packende Echo, das sich durch die weiten Hallen hinzog, eintönig zurück. Die fortwährenden Rufe „Spannen!“ —

¹⁾ Teilnehmer: Dr. Fritz Oedl, Ing. Freih. v. Czoernig, Herrmann Gruber und Verfasser.

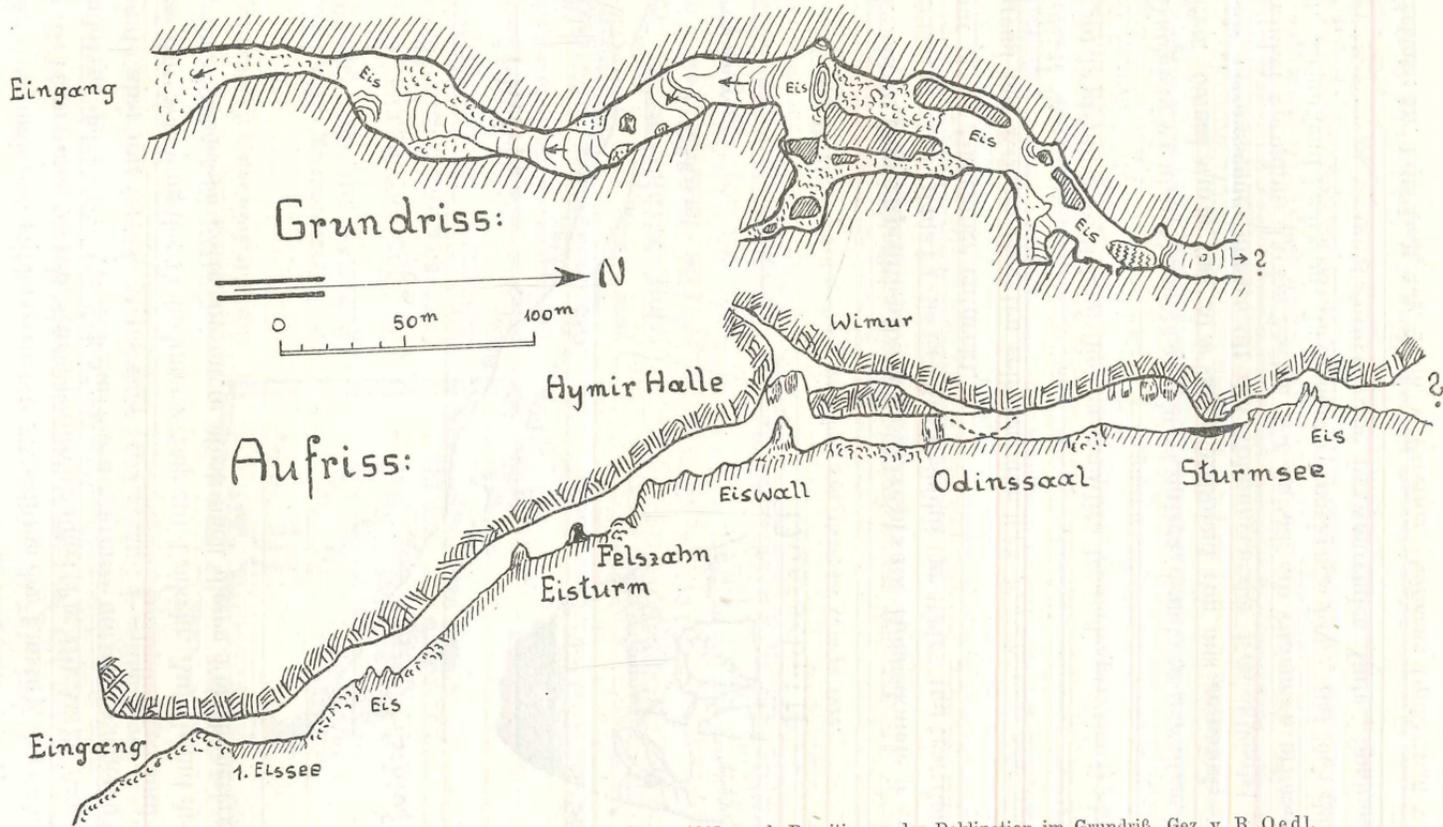


Fig. 19. Eisriesenwelt nach der Aufnahme von Dr. R. Saar 1913, nach Beseitigung der Deklination im Grundriß. Gez. v. R. Oedl.

„Wieviel Meter?“ — „20 Meter!“ — „Weiter!“ hatten uns zermürbt. Beim Vermessungspunkte 59 unterbrachen wir das „Kilometerfressen“, wie wir es zum Schlusse bezeichneten.

14 Tage später drangen wir von diesem Punkte bis zum „Dom des Grauens“ vermessend vor. Im Jahre 1920 folgten Schlag auf Schlag neue Erforschungen. Die Vermessung wurde abwechselnd von Ing. Czoernig und von dem Verfasser durchgeführt, sehr oft teilten wir diese Arbeit so ein, daß abwechselnd der eine den Grundriß mit den Richtungswinkeln aufzeichnete, während der andere den Aufriß mit den Neigungswinkeln und die Querschnitte aufnahm. Während Ing. Czoernig mit dem Bergkompaß arbeitete, benützte ich die Bezar-Bussole. Zahlreiche Vereinsmitglieder haben uns hiebei aufs Beste unterstützt. Besonders gilt unser Dank den treuen Mitarbeitern Frl. Poldi Fuhrich, Frl. Martha Biebl, Dr. Fritz Oedl, Dr. v. Angermayer, Hermann Hagen, Hermann Gruber, Hans Huber und Gustav Gugg, der in letzter Zeit bei den Vermessungen selbst teilnahm. An dieser Stelle sei es mir auch gestattet, meinen ergebensten Dank Herrn Geheimrat Prof. Dr. S. Finsterwalder und Privatdozent Dr. Otto v. Gruber auszudrücken, die mir mit wertvollen Ratschlägen zur Seite standen.

In dem Plane (Tafel I) sind sämtliche Forschungsstrecken bis Ende 1920 mit dem Datum der Erforschung und zugleich der Vermessung angegeben.

Diesem Plane ist eine genaue theodolitische Vermessung und Neuaufnahme vom Eingang durch den Midgard und zweiten Verbindungsstollen bis zur Teilungshalle zugrunde gelegt. Diese führten wir²⁾ vom 30. August bis 6. September 1920 durch. Die staatliche Forst- und Domänendirektion hat uns in entgegenkommendster Weise einen Bussolentheodolit mit Okularfadendistanzmesser zur Verfügung gestellt. Der Vertikal- und Horizontalkreis war mittels Nonius auf 1' ablesbar, während die Bussole mit Unterlagsplatte — zum direkten Auftragen der Kompaßrichtungen — auf Viertelgrade genau geteilt war. Das Instrument hatte ferner 3 Libellen zum Horizontalstellen und als Zubehör 2 Meßlatten mit je 2·5 m Lattenlänge und 3 Meßstangen.

Diese schwere Ausrüstung wurde nun von uns Tag für Tag in die Höhle hinein- und herausgeschafft; damals bestand noch kein Weg, nur die Hütte auf dem Achselkopf war gerade erst fertig gestellt worden, die wir zu unserem Stützpunkt wählten.

Besonders in den ersten Tagen kamen wir nur langsam mit dem „Polygonzug“ in der Höhle vorwärts. Erst als wir eingearbeitet waren, ging es rascher vonstatten. Nach 6 Tagen hatten wir nun die 1698·57 m lange Strecke mit 43 Instrumentenaufstellungen beendet. In 4 Expeditionen, die durchschnittlich je 12 Stunden währten,

²⁾ Teilnehmer: Ing. Czoernig, Dr. Fritz Oedl, Techniker Huber, Hans Fallstein und der Verfasser.

hatten wir uns die Arbeit folgendermaßen eingeteilt: Czoernig war am Apparat, mein Bruder Fritz suchte die Standorte der Instrumentenaufstellung aus, die beiden anderen bedienten die Latten, während ich die genauen Zeichnungen mit den Detailvermessungen verfertigte. Ab und zu wurden die Einstellungen des Apparates und die Ablesungen an den Nonien gegenseitig kontrolliert. Die Vermessungspunkte bezeichneten wir am Felsboden mit roter Farbe durch einen Kreis mit eingeschlossenem Kreuz, daneben die Nummer des betreffenden Punktes in arabischen Ziffern, während auf den Eisflächen sehr lange Eisennägel in das Bodeneis unter der Instrumentenmitte eingetrieben wurden und an der nächstgelegenen Felswand die entsprechende Punktzahl und der Richtungspfeil zum Aufstellungsort mit roter Farbe angeschrieben wurde.

Die Instrumentenaufstellungen erforderten die größte Geduld. Damit die Stativfüße des Apparates nicht einfrieren, mußten wir 3 Gruben in dem Eisboden auspickeln, die wir zur Fixierung der Unterlage mit flachen Steinen ausfüllten. Besonders im Midgard, den zahllose Deckensturzböcke am Höhlenboden ausfüllen, wurden manche Ablesungen von neuem angefangen, da öfters fast zimmergroße Blöcke, die uns zur Instrumentenaufstellung dienten, plötzlich eine andere Lage einnahmen.

Einige besonders interessante Aufstellungen will ich nicht unerwähnt lassen: In der engen Sturmseespalte, die kaum $\frac{1}{2}$ m hoch ist, mußten wir die Füße des Statives ganz in die horizontale Lage bringen, um die Instrumentenhöhe (Abstand vom Fernrohr zum Fußpunkt) auf kaum 30 cm zu verringern. Obwohl der Sturmsee damals gerade abgeleitet war, sammelte sich an der tiefsten Stelle des Eisbodens, gerade da, wo der Apparat stand, eine eiskalte Wasserpfütze an; um die Visierung und Ablesung überhaupt zu ermöglichen, mußten wir uns hier auf den wassergefüllten Eisboden legen. Dazu piff der schneidend kalte Höhlenwind seine wilde Musik. Eine andere Instrumentenaufstellung war für uns sehr lehrreich: Wir waren erst beim Anfang und hatten eben den großen Eiswall mit der anschließenden Hymirhalle überwunden, als wir zur Aufstellung im Punkte 10 gelangten. Von dem fortwährenden Auspickeln im Eise und dem weiten Herbeischleppen der flachen Steine — zur Fixierung des Statives — müde geworden, lenkten wir unsere Aufmerksamkeit besonders auf eine Felsenunterlage. Da steht gerade mitten im Eissee des „Odinsaal“ ein großer Felsklotz, der auf der unteren Seite einen ebenen Standort im Fels aufweist. Schnell ist das Instrument aufgestellt und die Visur wird nach vorne genommen; die Rückwärtsvisur aber war unmöglich. Dort wo der Kopf zum Okular durchsehen sollte, stand unerbittlich der große Felskolob.

Wir entschlossen uns trotz der enormen Schwierigkeit zur Lattendistanzmessung (Einstellen des Fadenkreuzes, schlechte Beleuchtung beim Ablesen des oberen und unteren Okularfadens), um große Distanzen über gewaltige Felsblöcke und steile Eiswände schnell messen zu können.

Die umständlichen Horizontalwinkelmessungen wurden trotz der genauen Bussolenmessung durchgeführt, um bei störenden Magnetabweichungen, die tatsächlich nicht aufgetreten sind, eine Kontrolle zu haben.

Sämtliche Messungen wurden vor- und rückwärts ausgeführt.

Die große Sorgfalt wandten wir auf die Entfernung magnetstörender Metallteile aus der Nähe des Theodoliten; so wurde selbstverständlich nur mit Messinglampen gearbeitet, außerdem die Eispickel nach ihrem Gebrauch weit weggelegt. Schon beim Einfahren haben wir regelmäßig unsere Taschen durchsucht, ob doch keiner Schlüssel oder andere störende Eisenteile mitschleppte. Die Arbeiten am Theodolit selbst wurden, wo es anging, mit abgeschnallten Steigeisen ausgeführt, nur bei ganz wenigen Punkten waren diese unerlässlich und da ist ihr störender Einfluß genügend weit entfernt gewesen, denn die Instrumentenhöhe betrug doch zumeist 1·20 *m*.

Um uns die zeitraubenden Instrumentenaufstellungen zu ersparen, verwandten wir auf das Absuchen möglichst großer Zieldistanzen sehr viel Zeit. Nach jedem Punkt mußte der Theodolit gut verpackt werden und dann wurde erst der beschwerliche Marsch zum nächsten Punkt angetreten. Unser erster Grundsatz war deshalb, womöglich lange Visuren und wenig Theodolitaufstellungen. Nur die Punkte 24 und 25 liegen 3·50 *m* auseinander, hier zogen wir es vor, lieber einen kurzen Instrumentenwechsel vorzunehmen, um dadurch 2 große Zieldistanzen zu ermöglichen, als einen zeitraubenden Zwischenpunkt einzuschalten.

Daß die gleichmäßige Höhlentemperatur von 0 bis $+2^{\circ}$ und der Entfall der Refraktion — infolge der vollständigen Dunkelheit — die Messungsergebnisse günstig beeinflusste, sei nur kurz gestreift, aber die Vermessungsschwierigkeiten in einer unerschlossenen, kaum erforschten Höhle, die eine Wildheit des Bodens aufweist, wie man es an der Tagesfläche fast nie antrifft, wog es niemals auf.

Zusammengestellt sei noch angegeben, daß insgesamt eine Horizontalentfernung von 1698·57 Höhlenmeter auf 43 Punkten vermessen wurden. Punkt 1 liegt knapp vor dem Höhleneingang mit der Kote 1641·50 und hat zugleich die geringste Seehöhe des ganzen Polygonzuges. Der höchstgelegene Vermessungspunkt Nr. 15 mit der Kote 1775·33 ist beim Eistor gelegen. Der letzte Punkt Nr. 43 hat 1740·26 *m* Seehöhe. Die längste direkte horizontale Entfernung von 2 Instrumentenaufstellungen beträgt 120·4 *m* im Midgard. Der Polygonzug weist eine maximale Höhendifferenz von 134·03 *m* auf. Die Entfernung vom Höhleneingang bis zu dem von uns errichteten Signal auf dem Achselkopf beträgt 379·00 *m*.

Mit dieser Höhlenvermessung hatten wir gleichzeitig eine Aufnahme der Beißzange durchgeführt, wir benötigten diese zu den Vorarbeiten eines Tunnelbaues, den wir damals zwischen dem obersten Ende der Saugasse und der Nordwand der Beißzange beabsichtigten. Wegen ungünstiger Steigungsverhältnisse zwischen den Tunnelenden wurde das Projekt aufgegeben. Gerade diese Vermessung erforderte vollkommene Schwindelfreiheit, jeder, der diese schwindelnden Felsgrate kennt,

wird es kaum für möglich halten, daß hier ein kleines Triangulationsnetz mit Polygonzügen diese zerrissenen Formationen überspannt.

Auf unsere Bitte haben die Herren der gerade in Werfen anwesenden Vermessungsgruppe der Triangulierungsabteilung des Bundesvermessungsamtes noch im Laufe des Herbstes 1920 den Achselkopf, vor dem Höhleneingang gelegen, in das Triangulierungsnetz der Landesvermessung einbezogen.

Ende 1920 hat dann Ing. Czoernig einen genauen Polygonzug zum Hochkogel in tagelanger Arbeit festgelegt, um die Höhlenvermessung an die erst im Sommer 1922 zu erfolgende stereophotogrammetrische Aufnahme am Tennengebirgsplateau anzuschließen. Damit hoffen wir wichtige Aufschlüsse über den Zusammenhang der oberirdischen Terraingestalt mit dem Höhlensystem zu erhalten.

Im Winter 1920/21 wurden die Heimarbeiten ausgeführt und das zahlreiche, auf den Expeditionen gesammelte Material verarbeitet. Ing. Czoernig übernahm die Ausrechnung des Polygonzuges, während der Verfasser die Zusammenstellung der Zeichnungen ausführte.

Im Jahre 1921 wurden die Forschungs- und Vermessungsarbeiten wieder tatkräftig fortgesetzt. Über 5 km Ganglänge wurden von uns neu vermessen. In diesem Jahre arbeitete ich dann vielfach mit dem Taschenuniversalinstrument von Brunton, der Firma R. Fuess, das eine für seine große Genauigkeit¹⁾ entsprechende größte Vermessungsgeschwindigkeit erlaubt.

Heute sind etwa 25 km Ganglänge der Eisriesenwelt erforscht, vor zwei Jahren waren erst 600 m dieses gewaltigsten Höhlennetzes bekannt. Die Vermessung kann nur mit schwerer Mühe mit der Erforschung Schritthalten. Nur durch das Zusammenarbeiten aller Forschermittglieder des Vereines für Höhlenkunde in Salzburg sind diese Erfolge möglich gewesen.

Die Vermessung der Eisriesenwelt beruht jetzt auf einen Theodolit Polygonzug größter Genauigkeit, dem, die einzelnen Seitensysteme nur mit kleineren Handapparaten und mittels Messband vermessen, angeschlossen werden.

¹⁾ Über die Genauigkeit wäre folgendes zu berichten:

Die frühere Meßbandvermessung durch den Midgard bis zum Dom des Grauens stimmte auf einige 10 m mit der jetzigen Hauptvermessung überein, ebenso unterschieden sich die Höhenmessungen nur auf eine geringe Anzahl von Metern. Nur derjenige, der dieses wilde Höhlengebiet kennt mit seinen tausenderlei Schwierigkeiten, wird zugeben müssen, daß diese Genauigkeit der ersten flüchtigen Aufnahme im Jahre 1919 und anfangs 1920 über Erwarten groß war. Ein Beispiel beweist dies am besten: Am 1. Oktober 1920 hatten wir das Krapfenlabyrinth vom Midgard aus angefahren, ein wild durcheinander führendes Labyrinth mit schweren und schwersten Kletterstellen. Der Höhlenort südlich der Damokleshalle führt direkt oberhalb des Punktes 1712·1 zum zweiten Verbindungsstollen; damals wußten wir nichts von einer Verbindung. Im Jahre 1921 wurde diese vom Stollen aus nachgeforscht und tatsächlich fast auf den Meter genau gefunden. Wohl ein guter Beweis für die Aufnahme des Krapfenlabyrinthes, das damals mit Bezard-Kompaß und Meßband erfolgt war.

III. Lichtbildaufnahmen.

Von Alfred Asal (München).

Vorhandensein von Licht als Grundbedingung jeder photographischen Aufnahmetätigkeit läßt uns bei Aufnahme von Höhlenräumen nach einem Tageslichtersatz umsehen und findet diesen in dem Blitzlicht, einer Zusammensetzung des Leichtmetalls Magnesium und einem sauerstoffgebenden Material in Pulverform. Für die Aufnahmen anlässlich der wissenschaftlichen Expedition der Akademie der Wissenschaften in Wien in die Eisriesenwelt im Tennengebirge wurde als Lichtquelle „Ultrablitzlicht“ der Firma Perutz, München, verwendet, welches sowohl hinsichtlich höchster Lichtstärke, Raucharmut, als auch rascher Verbrennung allen Anforderungen auf das Beste entsprach. Trotzdem nur orthochromatischlichthoffreie Platten (Perutz-Rotsiegel-Antihalo) von einer Empfindlichkeit $13\cdot8^\circ$ Scheiner zur Aufnahme verwandt wurden, sind alle erzielten Negative harmonisch durchgezeichnet, gut gedeckt ohne zur Härte zu neigen.

Die photographische Apparatur bestand aus einer 13×18 Reisekamera, bei welcher Objektivbrett, hoch und tief verstellbar, Visierscheibe neigbar und rechts und links drehbar war. Als zweiter Apparat kam eine 9×12 Kamera, quadratisch mit gleichen Verstellbarkeiten in Anwendung. Für die 13×18 Kamera standen sechs Mahagoni-Holzdoublekassetten, einzeln in Filzüberzügen verpackt, für die 9×12 Kamera ein Reicka-Adapter mit zwölf Papierkassetten zur Verfügung. Kräftige Holzstative mit Kugelgelenken vervollständigten die Ausrüstung.

Als Objektive wurden verwendet: für 13×18 Steinheil-Unofocal $f\ 4\cdot5$ mit 18 cm Brennweite, für 9×12 Steinheil-Orthostigmat $f\ 6\cdot8$ mit $13\cdot5$ Brennweite.

Zur Objektivfrage ist zu bemerken, daß nur Anastigmaten in Betracht kommen können, da einerseits Objektive von größerer Brennweite als 18 cm für das Format 13×18 zu geringe Tiefenschärfe besitzen, bei geringerer Lichtstärke als $f\ 6\cdot3$ aber einen zu großen Aufwand von Blitzlichtmengen verlangen, was oft schon hinsichtlich zu befürchtender Einstürze infolge Detonation, als auch der Rauchentwicklung wegen nicht tunlich ist. Aus gleichen Gründen ist auch die Verwendung von Weitwinkelobjektiven nicht zu empfehlen, trotzdem dieselben für manche Aufnahmen fast unentbehrlich erscheinen. Grundsätzlich soll jede Höhlenaufnahme ein möglichst detailreiches Negativ erzielen, was jedoch nur möglich ist, wenn die Aktivität des Blitzlichtes, die Helligkeit des Objectives und die Empfindlichkeit der Platte voll ausgenutzt wird.

Das Einstellen des Mattscheibenbildes in räumlicher Hinsicht erfolgt mit Hilfe von Magnesiumband. Ein solches von 1 cm Breite in der Längsrichtung gefaltet, beim Abbrennen im Winkel von ca. 45° nach unten gehalten, hat sich bestens bewährt. Das Ableuchten der Bildgrenze geschieht durch eine zweite Person, welche den Raum in der Tiefe nach links und rechts, nach vorne und wenn möglich auch nach oben

beleuchtet, während der die Aufnahme zu Bewerkstellende das Bild auf der Mattscheibe beobachtet.

Das Scharfeinstellen erfolgt auf den Lichtkegel einer Grubenazetylenlampe, welche man in die Mitte des Raumes bringt. Das Abblenden soll nicht über f 12·5 hinausgehen. Es richtet sich nach der Menge des verfügbaren Blitzlichtes, des Abstandes der Kamera vom Aufnahmeobjekt, der Größe des aufzunehmenden Raumes, der Farbe des Gesteines und der Empfindlichkeit der verwendeten Plattensorte.

Nachstehende Tabelle gibt einige Anhaltspunkte. Voraussetzung ist hiebei die Verwendung eines gut aktinischen Blitzlichtes und einer Trockenplatte von mindestens 13·5° Scheiner Empfindlichkeit.

Abstand von Lichtquelle zum Aufnahmegegen- stand in Metern	F 4·5	F 6·3	F 9—	F 12·5
	Blitzpulvermenge in Gramm			
1	0·05	0·1	0·2	0·4
3	0·5	1—	2—	3·5
5	1·25	2·5	5—	10—
10	5—	10—	20—	40—
20	20—	40—	80—	120—
40	80—	160—	—	—

Die Praxis ergab, daß man bei weiten Entfernungen, soweit der Fels der Höhlenwände reflektionsfähig ist, die Blitzpulvermenge etwas verringern kann, jedoch eine Blendenreduzierung nicht tunlich ist. Von Vorteil ist es, zirka 1 bis 2 *m* hinter dem abzubrennenden Blitzlicht einen Reflektor aus Leinwand oder weißem Papier zu bringen.

Wie aus vorstehender Tabelle ersichtlich ist, verlangen Höhlenräume von großen Dimensionen so große Mengen von Blitzlicht, daß es praktischer ist, das Blitzlicht gestaffelt abzubrennen, was auch hinsichtlich der Aufhellung von Schattenpartien im Mittelgrunde sehr erwünscht ist. Man wird also bei großen Räumen einen Teil der Gesamtblitzlichtmenge hinter dem Apparate, beziehungsweise seitlich davon, das zweite Drittel des Blitzlichtes in der Mitte links oder rechts, und das letzte Drittel Blitzlicht im letzten Drittel des Raumes zur Entzündung bringen. Hiebei ist jedoch Grundbedingung, daß kein Lichtkegel des abzubrennenden Blitzlichtpulvers das Objektiv trifft.

Die Blitzlichtpulver also hinter großen Gesteinsblöcken, seitwärts im Anfange von Nebengängen der Höhle abbrennen. Das Entzünden dieser Teilmengen kann zeitlich nacheinander erfolgen. Man schließe nach jedem Aufblitzen das Objektiv.

Sobald der unentbehrliche Gehilfe das Zündpapier entzündet — selbstverständlich muß derselbe nach diesem Zeitpunkte auch seine Lampe gelöscht haben — öffne man das Objektiv zur Aufnahme, ohne die Kamera selbst zu erschüttern, und schließe nach dem Aufflammen des Blitzlichtes das Objektiv, ohne jeweils die Kassette zu schließen, beziehungsweise zu öffnen. Auf diese Art bewerkstellige man die drei Teilbelichtungen. Besonderes Augenmerk ist hierbei auf die in manchen Höhlen auftretende Zugluft zu legen und entzünde stets den Teil des Blitzlichtes, der der Richtung der Luftströmung am nächsten liegt. Lagert sich der Rauch in der Höhle, so ist unter allen Umständen mit der zweiten Teilaufnahme zu warten, bis sich derselbe verzogen hat.

Sehr schöne Lichteffekte lassen sich bei Durchleuchtung von Eisgebilden erzielen, wenn die Lichtquellenanordnung überdacht und deren Entzündung richtig ausgeführt wurde.

Zum Aufhellen von Schattenpartien läßt sich Magnesiumband in der Länge von 1 bis 2 m abgebrannt oft mit großem Erfolge verwenden.

Der Entwicklung von Blitzlichtaufnahmen ist, da wir es in der Hauptsache mit unterbelichteten Aufnahmen zu tun haben, besondere Sorgfalt angedeihen zu lassen. Mit dünnen, aber frischen Entwicklerlösungen, welche zwar langsam, aber detailbringend und harmonisch arbeiten, erzielt man stets einwandfreie Negative. Gut zu gebrauchen ist auch die Standentwicklung.

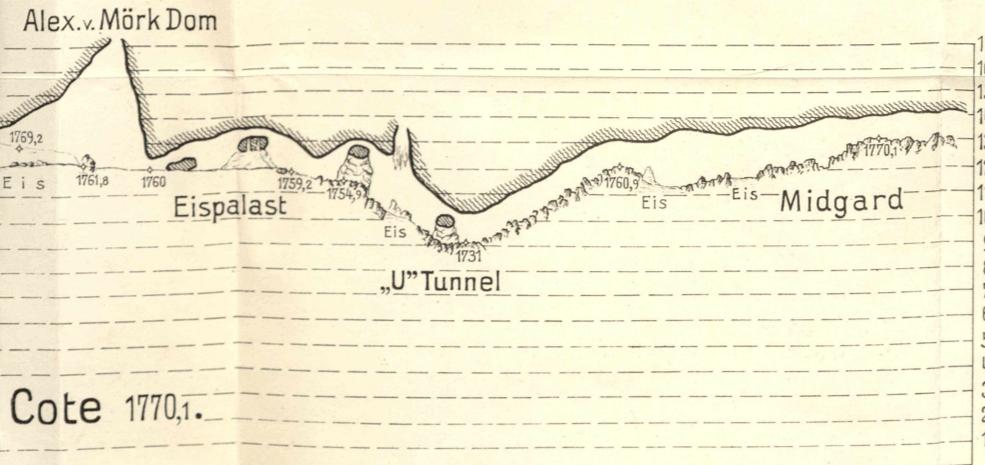
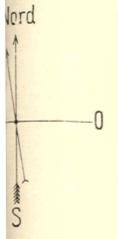
Zu dünn geratenen Negativen ist eine Verstärkung mit dem Kupferverstärker oft von Vorteil, wenngleich derselbe weniger kräftig wirkt als der Sublimatverstärker, dafür aber das Negativ in allen Teilen harmonisch verstärkt, währenddessen Sublimat zu gerne zur Härte neigt.

(Fortsetzung folgt.)

Erklärung:

Forschungsergebnisse bis Ende 1920.

-  Blockwerk
-  Lehm u. Sand
-  Riesentropfsteine
-  Schacht
-  Schlote
-  Steilabsturz
-  Eisfiguren
-  + 164,5 Theodolitvermessungspunkt
-  4. X. 20 Datum der Erforschung.
-  1750 Schichtenlinien von 10 zu 10m.



Gezeichnet von A. Löber.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der staatlichen Höhlenkommission](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [3_1922](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Die große Eishöhle im Tennengebirge \(Salzburg\).
\(Eisriesenwelt.\) 1-33](#)