

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

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

(Fortsetzung.)

## **IV. Morphologische Beobachtungen.**

Von Universitätsdozenten **Dr. Otto Lehmann** (Wien).

Diese Abhandlung will eine fortlaufende Beschreibung der untersuchten Strecken des Höhlenreiches der „Eisriesenwelt“ und die Erklärung der öfter gemachten Beobachtungen auf dem Wege vergleichender Betrachtung bieten. Ein kleiner, aber wichtiger Teil der Formen dieser Höhle entzieht sich einer befriedigenden Erklärung so lange, als wir nicht eine brauchbare allgemeine hydrographische Theorie des Höhlenkarstes haben, die sich mit den widerstreitenden Vorläufern auseinandersetzt. Für diesen Teil der Höhlenformen wird eine Erklärung in einer späteren Veröffentlichung dargeboten werden, in der eine solche allgemeine Theorie aufgestellt und begründet wird. Die Theorie ist fertig, nur hätte die Anwendung auf unsere Höhle und Stellungnahme zu den in Umlauf gekommenen Meinungen den Rahmen dieser Abhandlung gesprengt. Denn es mußte dazu eine physikalische Einleitung geschrieben werden, die der Überprüfung durch Physiker unterworfen wurde. Was sich schon in vorliegender Schrift erklären ließ, ergibt sich aus der Zusammenfassung am Schluß.

### **A. Einzeldarstellung.**

(Hiezu die Karte, Fig. 25, und der Plan.)

#### **I. Einleitung.**

**Die Lage der Höhle, die unvollständige Kenntnis ihrer Verzweigungen. Erfordernisse der Weiterforschung.**

Der Durchbruch der Salzach durch die nördlichen Kalkalpen trennt das Tennengebirge vom Hagengebirge ab. Jenes zeigt nach allen Seiten großartige Wandabstürze, die höchsten aber sind westwärts der Salzach zugewandt, die in etwa 520 bis 500 *m* Höhe dem Fuß des gewaltigen Stockes entlang fließt. Seine öde Karsthochfläche wird am Rande von Gipfeln überragt, deren Höhen im Süden mehr als 2400 *m*, im Norden mehr als 2200 *m* betragen. Am meisten gegen das ohnehin enge Salzachtal springt der Hochkopf oder Hochkogel (2279 *m*) vor, vom Talgrunde

nur etwa um 1.8 km wagrechten Abstandes entfernt. An seiner Südwestflanke, im Hintergrund einer wilden Seitenschlucht, liegt von 1640 m aufwärts der Eingang zum größten trockenen Höhlenreich der Alpen und des Karstes. Vielleicht ist es die größte derartige Höhle der Erde, wenn man die Höhe und Breite der Räume außer der Länge berücksichtigt und nicht nur die Entwicklung seitlicher Gangverschlingungen, an denen es übrigens auch hier nicht fehlt und die das Mehrfache der Länge der Haupthöhle ausmachen. Die fernsten erschlossenen Enden der geräumigen Höhlenstrecken lagen zur Zeit des Beginnes dieser Niederschrift mehr als 1.5 km vom Tag, aber 2.6 km muß man den Richtungsänderungen der Höhle folgen, um dorthin zu gelangen. Diese Werte sind aber schon wieder durch einige hundert Meter neu erschlossener Gänge überholt. Zugleich erfordert das wiederholte Auf und Ab der mehr als 140 m Höhenunterschied umfassenden Höhlensohle, daß man vom Eingang an zusammen fast 250 m empor- und 175 m hinabsteigen muß, um die dem Tage fernsten Teile zu erreichen, wobei noch zwei Strickleiterabstiege von je 10 m besonderen Aufenthalt verursachen. Die vorderen 600 m der Höhle mit der ununterbrochenen Sohlenvereisung und den größten Höhenunterschieden hemmen heute, nach ausreichender Herrichtung für touristischen Höhlenbesuch das Vorwärtskommen weniger als die Kilometer der eisfreien Strecken dieser vorwiegend von größtem Blockwerk eingenommenen Riesenhöhle. Unter solchen Umständen erfordert der bloße Durchmarsch der erschlossenen Haupthöhleschon Stunden, je nach Übung und Vertrautheit mit dem Höhleninnern. Da aber eine Untersuchung auch weit

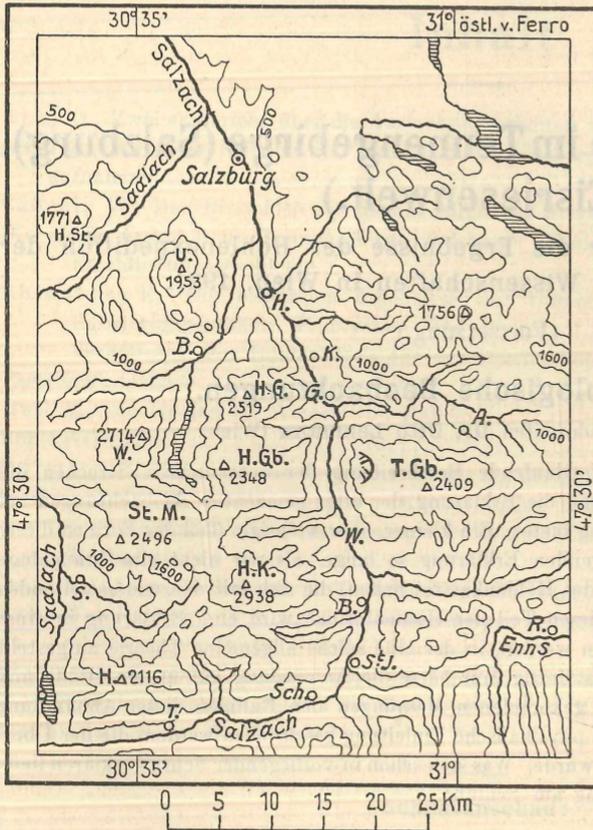


Fig. 25. Umgebungsskizze des Tennengebirges.

Orte: Abtenau, Berchtesgaden, Bischofshofen, Golling, Hallein, Kuchl, Radstadt, Saalfelden, St. Johann, Schwarzach, Taxenbach, Werfen. Gebirge: H.: Hundstein, H. G.: Hoher Göll, H. Gb.: Hagengebirge, H. K.: Hochkönig, H. St.: Hoher Staufen, St. M.: Steinernes Meer, T. Gb.: Tennengebirge, U.: Untersberg, W.: Watzmann.

Schichtlinien: 500, 1000, 1600, 2000 m. Die Linie für 2000 m käme oft allzu dicht neben jene für 1600 m und wurde ausgelassen. Die Linie für 1500 m fehlte der Vorlage. \*)

rückwärts gelegene Teile einbeziehen muß, so wurde es nötig, mindestens 14 bis 15 Stunden in der Höhle zu bleiben. Die peinliche, 90% oft übersteigende Luftfeuchtigkeit, der kalte, stellenweise sturmstarke Zug in großen Teilen der Höhle und die um 0° wenig wechselnden Temperaturen bewirken, daß man höchstens während der Behandlung der Karbidlampen, die öfter

zur Zeit des Beginnes dieser Niederschrift mehr als 1.5 km vom Tag, aber 2.6 km muß man den Richtungsänderungen der Höhle folgen, um dorthin zu gelangen. Diese Werte sind aber schon wieder durch einige hundert Meter neu erschlossener Gänge überholt. Zugleich erfordert das wiederholte Auf und Ab der mehr als 140 m Höhenunterschied umfassenden Höhlensohle, daß man vom Eingang an zusammen fast 250 m empor- und 175 m hinabsteigen muß, um die dem Tage fernsten Teile zu erreichen, wobei noch zwei Strickleiterabstiege von je 10 m besonderen Aufenthalt verursachen. Die vorderen 600 m der Höhle mit der ununterbrochenen Sohlenvereisung und den größten Höhenunterschieden hemmen heute, nach ausreichender Herrichtung für touristischen Höhlenbesuch das Vorwärtskommen weniger als die Kilometer der eisfreien Strecken dieser vorwiegend von größtem Blockwerk eingenommenen Riesenhöhle. Unter solchen Umständen erfordert der bloße Durchmarsch der erschlossenen Haupthöhleschon Stunden, je nach Übung und Vertrautheit mit dem Höhleninnern. Da aber eine Untersuchung auch weit

mindestens 14 bis 15 Stunden in der Höhle zu bleiben. Die peinliche, 90% oft übersteigende Luftfeuchtigkeit, der kalte, stellenweise sturmstarke Zug in großen Teilen der Höhle und die um 0° wenig wechselnden Temperaturen bewirken, daß man höchstens während der Behandlung der Karbidlampen, die öfter

\*) Ein kleiner Schaden am Stein führte zur Wahl der schematisch groben Höhenzeichnung.

nötig wird, rastet, darüber hinaus selbst die Mahlzeiten lieber im Stehen oder in Bewegung vollendet. Diese Umstände, an und für sich nicht bedeutsam, wirkten doch zusammen dahin, daß sieben wissenschaftliche Höhlenbefahrungen, keine unter zwölf Stunden dauernd, dem Verfasser es nicht ermöglichten, auch nur die Haupthöhle als ganze kennen zu lernen, noch größer sind die Lücken der Kenntnis der seitlichen Irrgänge. Die Beschreibung der südlichen Verzweigung der Haupthöhle endet daher an der Mausefalle I (erster Strickleiterabstieg), in der nördlichen an dem engen Schluf des „Hängenden Blockes“, der den Eingang zum „Dom des Grauens“ verstopft. Außerdem konnte ich von den Abzweigungen der Haupthöhle das „Eislabyrinth“, und zwar wiederholt, besuchen, ebenso den „Wimur“. Der Plan der Höhle,<sup>1)</sup> eine ganz besondere Leistung, durch die die Herren Ingenieure W. Czöernig und R. Oedl die wissenschaftliche Durchforschung einer so weitverzweigten Höhle erst ermöglichten, die Lichtbilder von A. A. Sal, die ohne weiteres für sich sprechen, geben wichtige Aufschlüsse über die Beschaffenheit der von mir nicht besuchten Teile der Höhle. Sehr dienlich waren mir ferner die freundlichen Auskünfte, die ich besonders den Herren Dr. Erwin Angermayer, Dr. Ernst Hauser, R. Oedl und Frl. cand. phil. L. Fuhrich verdanke, ferner auch anderen Mitgliedern des „Vereines für Höhlenkunde in Salzburg“, welche sich der Expedition der Akademie der Wissenschaften in Wien in aufopfernder Weise zur Verfügung gestellt hatten. Beim Höhlenbesuch im Sommer 1921 hat mich Herr Hermann Gruber, Bergführer in Markt Werfen, als Vereinsgenosse geführt und durch seine Hilfe meine Lichtbildaufnahmen darin möglich gemacht, wofür ich ihm ebenfalls herzlich danke. Der Fachmann muß sich schon anstrengen, daß die Ergebnisse der Forschung nach Inhalt und Form auf der Höhe dieser Bemühungen anderer bleiben. Wenn daher auch hier der größte Teil der erschlossenen, auf dem Plan eingetragenen Haupthöhle und einige Verzweigungen samt dem Eislabyrinth nach eigener Beobachtung dargestellt werden können, so bleibt doch zu tun genug, was nicht nur verlangt, daß die Beobachter Zeit und Geld finden, sondern auch eine bescheidene Weganlage durch die ermüdendsten Strecken der eisfreien, dem großen Verkehr nicht zugänglichen Höhlenkilometer. Dabei soll gern und mit Recht auf eine solche Anlage dort verzichtet werden, wo ein überwältigender Eindruck, eine felsige Wildnis von großartiger Wirkung mit dem Werte ihrer Ursprünglichkeit erhalten werden soll, wie in der „Satanshalle“, in der „Geraden Kluft“ im „U-Tunnel“ oder im „Frithjof-Oedl-Dom“. Erforderten doch die neuen Befahrungen zur Erschließung der noch nicht auf dem Plan eingetragenen Höhlenteile, ausgeführt von ganz geübten Sportsleuten, die sich mit staunenswerter Geschwindigkeit in „Midgard“ weiterbewegen können, schon einmal 18 Stunden Aufenthaltes in der Höhle. Damit wird der Bau einer mit Decken ausgestatteten Hütte und eine Feuerstelle in einem hiefür geeigneten Höhlenteile zum Bedürfnis einer wissenschaftlichen Weiterforschung. Dann könnten rasch auch alle bekannten Labyrinth erforscht werden. Freilich sind hiezu erhebliche Geldmittel nötig.

Ich möchte nicht schließen, ohne hier auch noch dem Photographen, Herrn Heinrich Gürtler in Salzburg und dem Verlage J. Huteregger, ebendort, für die kostenlose Erlaubnis zur Veröffentlichung einiger sehr wertvoller Aufnahmen aufrichtig zu danken. Herr Prof. G. Kyrle hat als Herausgeber auch noch diese Bildbeigaben bewilligt. Ich ergreife gern den Anlaß, ohne Vordringlichkeit zu erklären, daß er die Vollendung dieser Abhandlung durch ganz ungewöhnliche Geduld und wahres Verständnis gefördert hat. Es ist mir ein Bedürfnis, dies auch hier mit dem Ausdruck herzlichster Dankbarkeit anzuerkennen.

<sup>1)</sup> Er ist dem Beginne des Gesamtwerkes im vorigen Heft des „Jahrbuches“ beigegeben.

## II. Die Beschreibung der Höhle.<sup>1)</sup>

### 1. Die Lage des Einganges und seiner Nachbarschaft.

Wilde Schluchten durchfurchen die ganze Westseite des Tennengebirges, nordwärts bis zum Hochkopf fünf an Zahl: der Kalchergraben, der Staudachgraben,<sup>2)</sup> der Setzenberggraben, der Gundacker- und der Achselgraben. Zwischen den drei südlichen reihen sich in etwa 1000 *m* Höhe schöne Gehängestufen, mit Bauernanwesen besetzt. Werfener Schichten und untere kalkreiche Trias bilden hier den Hauptteil des Abhanges. Auch tiefere Terrassen gliedern ihn. Über den bei 1000 *m* auftretenden breiten „Rasten“ strebt der Wald an steilen Halden empor, aus denen sich bald in mancherlei wulstigen Absätzen die jähren Wände des Absturzes der Hochflächen erheben. Während die Reihe der 1000-*m*-Stufen mit dem Boden des „Schröckenbergers“ südlich des Setzenberggrabens ihr Nordende erreicht, fängt etwa 400 bis 500 *m* höher in demselben Abfallsquerschnitt eine Abstufung an, die sich dann bis zur fünften Schlucht, dem Achselgraben, wiederholt. Abschüssig ist selbst der flachere Teil dieser Stufen, mit Wänden durchsetzt ihr Abfall zum Tale; der vordere Rand der Schräglfläche oben hat keine deutliche Kante, sondern eine wulstige Abrundung, dadurch unterscheiden sie sich von den Fluren der tieferen „Böden“. Auch fehlt den oberen Formen eine Anordnung nach dem Talgefälle, denn die nördlichste ist die höchste, die mittlere die niedrigste. Dabei ist die nördlichste Terrasse besonders schmal und der meisten, nämlich allseitiger Zerstörung ausgesetzt. Denn der Achselgraben und die „Saugasse“, eine rechte, schutterfüllte Runse im Hintergrunde des Gundackergrabens, haben die Schulter rückwärts bis auf den schmalen Grat mit der „Beißzange“ (Taf. V) vom Gebirge abgelöst. „Achselkopf“ ist daher der treffliche Name dieses abgesonderten Vorsprunges, der nach dem Gesagten samt den übrigen Abstufungen der oberen Reihe nicht mit Recht als Rest eines alten Talbodens bezeichnet werden kann. (Taf. IV.)

Auf einem waldigen Absatze nahe den talseitigen Wänden des Achselkopfes liegt die Hütte des „Vereines für Höhlenkunde“ in Salzburg, von der aus der Weg zur Höhle unter dem Grat der Beißzange entlang führt. Deren Tor ist im Hintergrunde des großen Achselgrabens gelegen, wo ihn die Südwestabstürze des Hochkopfes bilden.

Begegnet es nicht leicht Zweifeln, daß die tieferen Gehängestufen mit der Talbildung unmittelbar zusammenhängen, so scheint die Achselkopfreihe vor allem mit ungleicher Verwitterung im Dachsteinkalk und „Raibler Kalk“ zusammenzu-

<sup>1)</sup> Abkürzungen: P = Plan (1 : 2000), L = Längsschnitt, Q = Querschnitt (mit beigesetzter Ziffer). Längsschnitt und Querschnitte sind dem Plane beige gedruckt.

<sup>2)</sup> Der Kalchergraben heißt auch Reichhofgraben, ein Quellast davon ist der Fallsteiner Graben. Der Staudachgraben (Fugger) wird von einigen auch Schröckenberggraben genannt, welche Namen andere dem nördlichen Nachbar geben; aber Fugger nennt den nächsten Setzenberggraben. Sein oberer Teil heißt Grunwinkel.

hängen, deren örtliche Lagerung dort nicht ganz einfach, aber auch nicht aufgeklärt ist.<sup>1)</sup> Die südlichste Schlucht, welche in den Westabfall des Tennengebirges weiter hineingreift als die anderen, um etwa so viel, als der Hoehkopf aus dem Zuge der oberen Wände herauspringt, schneidet in allen Runsen ihres verzweigten Hintergrundes flachere, geologisch bedingte Abstufungen an, in der Höhenlage der Achselkopfreihe. Es ist in diesem Zusammenhange wichtig, daß Herr Dr. Pia auf dem Wege vom Schröckenberger in das obere Ende des Gundackergrabens besonderen Ammonitenreichtum feststellte, der im Höhlenbereich fehlt und ihn von einer „Annäherung an die Hallstätter Fazies“ dieser Trias sprechen ließ. Andere Geologen, wie W. Schmidt in Leoben, vermuten danach die Grenze eines Deckenpakets. Die flacheren Böschungen zwischen 1500 und 1600 *m* können so nicht anders als die Folge eines rascheren Rückwitters der obersten Wandflucht gedeutet werden. Dabei sei offen gelassen, ob es ein morphologisch anders gearteter Kalk ist, der das bewirkt, oder der Einfluß der Grenze zweier Schichtpakete. Mylonite sind freilich dort oben noch keine aufgefallen, wohl aber ist es richtig, daß über 1600 *m* noch drei andere Höhleneingänge liegen, im Hintergrunde des Schröckenberggrabens und über den benachbarten Vorsprüngen der Achselkopfreihe. Dies spricht für eine gewisse Zerrüttung des Gesteins in jenem Höhenstreifen,<sup>2)</sup> sie ist aber bei dem Abstände dieser Höhleneingänge nicht sehr auffällig.

Die Wände hinter und über dem Achselkopf, die den Eingang zur „Eisriesenwelt“ umgeben, bestehen aus festem Fels, zum Unterschiede von der Umgebung des Einganges der „Rieseneishöhle“ in der Dachsteingruppe, wo das Gehänge streckenweise wie ein Sieb mit großen und kleinen Löchern und sehr vermorscht aussieht. Man darf aber nicht übersehen, daß bei einer Lage des Salzachtales wenige 100 *m* östlicher die Wände unser Höhlenreich auch so anschneiden würden, daß sie sich als reich gelocht und brüchig darbieten würden. Dies spricht dafür, daß Höhlenreiche sich auf Grund durchgängiger Kluft- und Spaltenester mit oft beschränkten Ausflußmöglichkeiten bilden können, während die Haarfugen zwischen diesen Nestern für die Verbindung ihrer Wasserinhalte wenig leisten, ja zum Teil überhaupt keine Zirkulation gestatten.<sup>3)</sup> Unwahrscheinlich ist es anzunehmen, daß der Kalk sich

<sup>1)</sup> Man vgl. hierzu Fuggers Aufsatz. Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt 1914, S. 369 ff.

<sup>2)</sup> Diese Tatsachen waren Machatschek nicht alle bekannt, als er in der Achselkopfreihe alte Talbodenreste glaubte vermuten zu können. (Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin, 1921, S. 60.)

<sup>3)</sup> Das Vorkommen besonderer Zerklüftungszonen ist für den Karst öfter, so wohl zuerst von v. Knebel als ursprüngliche Erscheinung vertreten worden; Knebel stellte aber auch zwischen ihnen eine allgemeine Zirkulation des Wassers, wenigstens an den Anfang der Entwicklung; A. Grund hingegen vertrat die Ansicht, das im Karst angesammelte Wasser im ganzen unterliege den dauernd einheitlichen Bewegungsweisen des Grundwassers, wie man sie von Schottern und Sanden kennt. Dies wäre aber nur bei gleichmäßiger und äußerst dichter Verteilung der durchlässigen Klüfte in der Hauptmasse des Kalkes möglich.

nesterweise besonders lösungsfähig erweise, so daß die durch Schichtplatten und Gesteinspakete greifenden Höhlen einer in dieser Form begünstigten Auslaugung ihre Entstehung verdanken. Über die Größenordnung der angenommenen ursprünglichen Spaltenester wissen wir freilich nichts. Die „Eisriesenwelt“ würde wohl schon aus einem übermittelgroßen hervorgegangen sein.

Bei aller Festigkeit der Wände im Umkreise des Tores der Eisriesenwelt sind sie natürlich nicht frei von Steinschlag. Am meisten vorgeschritten ist durch ihn das Rückwittern der Wand südwärts von dem Grate der Beißzange, wo er die Rinne hinter dem Achselkopf mit einer 300 *m* hohen Schutthalde erfüllte und ihr den Namen „Saugasse“ eintrug. Früher mußte man durch sie emporsteigen, um dann in versicherter Kletterei über die Ostwand den noch um 100 *m* höheren Achselkopf zu erreichen, von dessen Gipfel es zur Hütte hinabging. Die neue Weganlage ist den Wandabstürzen zur Salzach in bewunderungswürdiger Weise abgerungen.

Die Wand, womit der obere Rand des Gebirges 400 bis 600 *m* zur „Saugasse“ abstürzt, enthält die bekannten Steinschlagrinnen und Lahagassen. Herr Dr. Hauser machte mich als Führer bei einem Abstiege durch die Saugasse aufmerksam, daß diese Furchen in mehreren Fällen von Naturbrücken überwölbt sind. Da es sich nicht um Höhleneingänge, sondern um eine Verwitterungserscheinung an steilsten Böschungen handelt, sind die Naturbrücken bemerkenswert, und die Klüfte, denen sie ihre Absonderung verdanken, werden wohl auch bei der Höhlenbildung nicht ohne Belang sein.

## 2. Die Beschaffenheit des Höhleneinganges. (Taf. VI bis IX.)

Vor Errichtung der versicherten Steiganlage, von der aus der Blick unmittelbar den 1100 *m* tieferen Talboden der Salzach trifft, waren nur hervorragende Kletterer imstande den Höhleneingang zu erreichen. Schon von der Hütte aus sichtbar (Taf. VI), verrät er sich auch bei Nacht von weitem durch das Heulen und Brausen des Windes, der durch den engsten Schlund der vorn über 20 *m* weiten Öffnung heraus- oder hineinbläst. Bei der Gattertür (Taf. VIII) kann man nur gebückt eintreten, wobei einem gewöhnlich zum erstenmal die Lampen ausgeblasen werden, mag im Freien auch Windstille herrschen. Schon der Eingang wird in seinem Umrisse von den Fugen und Klüften des Gesteins beherrscht, die im Inneren überall mindestens eine Richtungskomponente auch für die engsten Verzweigungen beisteuern. Genauer kann man sich nicht ausdrücken, denn fast nie ließen sich die Schichtfugen von Absonderungsfugen anderer Art auseinanderhalten, es sei denn, daß die Harnischflächen der Verwerfungen und Blattverschiebungen eine Gruppe für sich bilden, wobei jedoch auch Schichtflächen zu Bewegungsflächen geworden sein könnten. Der Querschnitt der Eingangshalle ist ein unregelmäßiges Polygon mit abgerundeten Ecken. Der Boden ist mit einer steilen Blockhalde bedeckt, deren oberste Lagen von der Decke kommen, deren untere zum guten Teil wahrscheinlich aus der Höhle

stammen, denn die Höhlensohle ist stark vereist und zum Ausgange hin steil geneigt. Vor und an der engen dreieckigen Höhlenpforte reicht das Blockwerk bis dicht unter die Decke, und man steigt von seinem Scheitel einige Schritte zur Gattertür hinab. Das Dreieck, durch das man in düsteres Dämmerlicht und schon auf Eisboden tritt, ist allein über dem Schutt noch sichtbar geblieben vom polygonalen Hallenumriß. Dieser ändert sich alle paar Schritte ein wenig, nur ein schiefes Spitzbogengewölbe hält einige Meter weit an. Der Boden des Höhleneinganges zeigt keinerlei Spuren eines Wasserausflusses. Das dreieckige Eingangsloch ist nur der Anschnitt der Höhlenform beim I. Eisseer unmittelbar dahinter. (Vgl. Q 2 und 3, die einwärts gesehen gezeichnet wurden.)<sup>1)</sup>

Einer Trompete oder besser noch einem Füllhorne vergleichbar, durchsetzt die Eingangshalle eine Gesteinsmasse, die zwei etwa 30 bis 40° nach Norden fallende Trennungsflächen erschließt. Sie haben hier morphologisch keine Bedeutung, aber beiderseits sieht der Kalk etwas verschieden aus, woraus man den Schluß zieht, es könne sich um die Fugen zwischen mehrere Meter dicken Schichtlagen handeln.

Daß aus diesem Höhlentor als solchem niemals Wasser in die große Schlucht davor geflossen ist, kann schon aus den örtlichen Formen erschlossen werden und wird am Ende genauer belegt. Hingegen mag die Vermutung erlaubt sein, daß vor Entstehung der großen Schlucht nördlich vom Achselkopf eine Fortsetzung oder Abzweigung der Höhle über die „Beißzange“ hinwegging (vgl. Taf. IX bis XI); deren absonderliche Form wird durch die jüngsten, beobachteten Abbrüche eher vernichtet als erzeugt.

### 3. Der vordere, zugleich vereiste Höhlenteil.

#### a) Eisseer und Posselthalle.

Nach wenigen Schritten hat man unter sich Eis, über sich eine westwärts geneigte Deckenplatte (Taf. XII). Sie ist überall weniger als 5 m über dem Boden, was in der Eisriesenwelt eine sehr geringe Höhe ist. (Vgl. die Querschnitte, besonders Q 3 bei dem Plan und Taf. XIII.) Die riesige Deckenplatte ist nur knapp auf die nach oben auseinanderstrebenden Seitenwände gestützt, deren Flächen durch erhebliche Fugen aufwärts verlängert, besonders auf der Westseite die Decke geradezu vom übrigen Fels absondern. Diese wird daher nur durch Pfeiler dicht an den Seitenwänden getragen. Zwischen den Pfeilern bildet der Fels oben längs der Wände flache niedrige Gewölbebogen. In die Gewölbe sendet die Wandfuge von oben beiderseits Sickerwasser, das im Frühjahr die Wandflächen zwischen den Laubenpfeilern mit Rieseis überzieht. Vier kleine, im Sommer vergängliche Eisvorhänge der Westseite stehen einer großen und ausdauernden Rieseisbildung der Ostseite

<sup>1)</sup> Einwärtssehen sind die Schnitte 1 bis 19, hingegen in der Richtung des Ausmarsches aus der Höhle: Q 20 bis 24 und wieder einwärts: Q 25 und 26. Bei Q 20 bis 26 ist also Westen links und Osten rechts.

gegenüber. Ohne die Pfeiler müßte man hier Deckeneinstürze befürchten. Soweit ich die Höhle kenne, wiederholt sich diese Art der Lastenverteilung in ihr nicht. Sickerwasser kommt natürlich noch öfter aus senkrechten oder höhlenwärts steilgeneigten Fugen an den Seitenwänden herab und überzieht sie mit Rieseis. Dies geschieht gleich dreimal hintereinander, fast im Anschluß an die westlichen „Lauben“ am I. Eissee neben dem schon emporstrebenden Blockwerk, das auf ihn folgt. Das oberste dieser Vorkommnisse von Eisgebilden liegt am unteren Ende der abschüssigen Sohlenvereisung in der Posselthalle. Hier hat sich bei rascher Höhenzunahme der Querschnitt der Höhle geändert und bleibt bis in die Nähe der Hymirhalle ziemlich gleich (Q 4). In scharfer Ausprägung stellt er ein gewaltiges Spitzbogengewölbe dar, wie es schwächer dem Bilde der Eingangshalle entnommen werden kann. Daher streben von der überhängenden Westwand oberhalb des Eissees die Rieseisbildungen nahe an ihrem Fuß großenteils frei durch die Luft herab. (Vgl. Taf. XIII im meteorologischen Teil des Werkes.)

Die Posselthalle gewährt, ausreichend beleuchtet, das gewaltigste Raumbild der Eisriesenwelt, obwohl es höhere Einzeldome gibt; rasch wächst oberhalb des Eissees die Höhe der Halle auf 8, 10 *m* an, beträgt 15 *m* auf dem halben Wege zum Eisturm. Dieser, selbst an 10 *m* hoch, ragt in einen schon doppelt so hoch gewordenen Luftraum, ein sinnfälliger Maßstab. Die Hallenhöhe schwillt weiter an bis zum sogenannten „Eiswall“, der eigentlich eine 16 *m* hohe, bis 60° steile,<sup>1)</sup> ganz vereiste Stufenwand ist. Über ihr ist die Hallenmitte immer noch an der niedrigsten Stelle 6 bis 7 *m* hoch. Zugleich erlaubt eine westliche Randklüfte der Sohlenvereisung mit 6 *m* Tiefe, diesen Betrag als die untere Grenze für die Eisdicke anzusehen. Daher hat der ganze Felshohlraum auch hier einen senkrechten Durchmesser von 12 *m* aufwärts. Mit einem Blicke kann das Auge den ganzen Höhenunterschied zwischen dem unteren Hallenende bei Punkt 1665 *m* und der Krönung des Eiswalles bei 1740 *m* auf bloß 130 *m* wagrechten Abstandes umfassen. So groß der Sohlenanstieg ist, noch rascher schwebt das Dach des Hallenschiffes in die Höhe, bis es etwa 23 *m* von der Sohle entfernt ist, wo die Eiswand einen ersten vorläufigen Abschluß bildet.

Die Posselthalle hat keinerlei seitliche Verzweigungen, und selbst einigermaßen beträchtliche Zuleitungsklüfte fehlen seit den erwähnten drei Eiskaskaden am Fuße der steilen Sohlenstrecke. Erst oberhalb des Punktes 1740 *m*, über der Eiswand also, ist wenigstens im Frühling noch einmal ein sehr schönes Gebilde dieser Art an der Westwand zu sehen. Der Eindruck der Geschlossenheit eines so großen Raumes ist ein überwältigender und wird nur noch weit hinten im Frithjof-Oedl-Dom erreicht, dort ins Unheimliche verändert. Ohne die Eissole bestünde der Grund der Posselthalle zweifellos aus einem besonders argen Trümmerhaufwerk. Tief eingebettet im Eis sieht man große Felstrümmer, andere ragen teilweise heraus, frei umher liegen überhaupt fast keine Felsmassen, mit Ausnahme jener auf dem flachen Absatze

<sup>1)</sup> Der Betrag ist in der Osthälfte gemessen.

zwischen Eisturm und „Eiswall“. Was auf das Sohleneis fallen würde, müßte abgleiten bis zu einer flacheren Strecke. Die ab und zu frei umherliegenden Kalkscherben und -trümmer sind zum Teil abgeschlagen oder etwa vom Frost abgesprengt von solchen, die dem Eis entragen. Der größte aller Blöcke, der „Felszahn“, übertrefft noch den Eisturm, und sein Harnisch auf einer Seite erlaubt die Feststellung, daß die senkrechte Kluft im Höhlenscheitel von einer Bewegungsfläche herrührt. Diese Kluft besitzt spitzwinkelige Abzweigungen oder schneidet sich in dieser Art mit anderen Verwerfungen. Dadurch ändert sich der dreieckige Hallenquerschnitt nicht, obwohl beim Eisturm die Nordnordostrichtung der Höhle nach Nordnordwest umbiegt. Diese Stelle, wo die führende Scheitelspalte der einen Richtung auf jene der anderen auftrifft, zeigt einen runden nassen Fleck, von dem aber nicht die sonst so regelmäßig vorkommenden Deckenzapfen des Eises hängen. Dort oben scheint schon oder noch eine wärmere Oberschicht der Luft zu herrschen, wenn im Frühjahr das Schmelzwasser durchs Tennengebirge rieselt. Aber das Wasser von jenem runden Fleck kommt kalt genug herabgetropft, um den Eisturm, einen der größten Bodenzapfen aus Eis, von dem je berichtet wurde, dauernd aufrecht zu halten. Die höhleneinwärts führende Deckenspalte nährt auch noch den Eisgrat hinter dem Turm.<sup>1)</sup> Was über ihn herabrieselt, bildet die an seinem Fuße nach vorn anschließende Eisschleppe auf einer ansehnlichen Strecke der Posselthalle. Die Schnitt- und Treffpunkte von Klüften, die sonst noch an der Decke vorkommen, sind die Austrittstellen für ganz geringe Tropfwassermengen. Aus ihnen bauen sich nur an zwei Stellen kleine Eisfiguren auf: das Türmchen, das am unteren Ende der Posselthalle von mir mit nur 1.2 m Höhe angetroffen wurde, und die noch kleineren Gebilde auf der Krönung des Eiswalles. Es kommt auf der Oberseite der Eisstufe des „Walles“ an einer Stelle zu einer kleinen Schmelzwasserlache im Eis, eine Wirkung wärmerer Deckentropfen. Diese Eisstufe besteht zum großen Teil aus gefrorenem Rieselwasser, das der Hymirhalle entstammt.

#### b) Die Höhlenstrecke Hymirhalle—Sturmsee.

(L, Q 6.)

Über einen neuerlichen Eisanstieg gelangt man auf den vorderen, zugleich tieferen Eisboden der Hymirhalle und muß den Eisberg, der sich vor einem auftürmt, auf geschlagenen Stufen im Westen oder im Osten umgehen, damit man auf den höheren Boden derselben Halle kommt, der hinter dem Eisberge durchzieht. Dort wird man auch der Fortsetzung der Haupthöhle inne.

Die Hymirhalle ist quer zur bisherigen und folgenden Höhlenstrecke gerichtet.<sup>2)</sup> Es ist nicht so leicht, sich ein Bild von ihrer Form einzuprägen, besonders zur Zeit, da noch große Deckenzapfen des Eises einen gewaltigen Kronleuchter über dem

<sup>1)</sup> Bilder der Eisgestalten enthält der meteorologische Teil dieses Werkes.

<sup>2)</sup> Daher ist Q 6 ihr Längsschnitt.

Eisberg oder ein ganzes Säulenbündel bilden und wo zugleich östlich davon über der kleineren „Eiskapelle“ ein großartiger Vorhang von Eis herabhängt. Das Auge wird von diesen Gebilden gefangengenommen und zugleich gehindert, die Gestalt der Halle mit einem Blicke zu umfassen, denn diagonal teilen sie die Halle in je einen ungleich wirkenden vorderen und hinteren Raum. (Vgl. die Zeichnung auf Grund eines am Orte gemachten raschen Entwurfes und der Lichtbilder.)<sup>1)</sup> Die Verengung der Halle nach oben und ihre Höhe von 25 m<sup>2)</sup> erschweren es ebenfalls, ihre Gestalt zu erfassen, endlich die Öffnungen in der West- und Ostwand, von denen besonders diese im Frühling sehr bemerkenswerte Eisgebilde aufweist. Gleichwohl dienen die Haupttrichtungen jener Fugen, welche schon bisher die Umrisse der Höhle bestimmt haben, als Hauptbegrenzungsflächen der Hymirhalle, oder es sind wenigstens Klüfte, die sehr spitzwinkelig zu den schon früher erwähnten Absonderungsflächen verlaufen; ganz Genaues kann man bei hohen Hallen oft nicht angeben. Dazu wäre eine ausführlichste Schichtenkarte des Höhlendaches nötig, bei dessen Vermessung die Beleuchtung der dämmerig verengten oberen Hallenteile allein Riesensummen verschlingen müßte. Die südliche und nördliche Hauptwand<sup>3)</sup> gehören zu einer steil nach Südsüdwest fallenden Kluftrichtung, welche schon an der Außenseite des Gebirges bei der Eingangshalle und in dieser zu finden ist. Die Ost- und Westwand sind zusammengesetzt aus Flächen, die in jener einen ausspringenden Knick bilden (Q 6), in dieser einen einspringenden. Im oberen und unteren Teil der Westwand und im größten Teil der Ostwand wiederholen sich Kluftrichtungen, welche in anderer Weise die Begrenzung der Posselhalle liefern und die zum Teile auch die Seitenwände des I. Eissees bilden (Q 3 und 4). Das Hallendach oder was man so nordwärts von den Eisgebilden nennen muß, ist mindestens nahezu parallel zu einer etwa unter 25° in der Richtung N 8° W fallenden Fugenfläche, die im östlichen Teil der Hymirhalle nahe dem Fuße der Südwand ausstreicht und unter der eine Fläche mit zierlichen Rillenkarren bis zur Eissole reicht. Sie ist in der Zeichnung (Fig. 26) links unten geschnitten. Die Karrenfläche ist blaßrot über-sintert. Alle Karrenflächen des vereisten Teiles der Höhle heben sich durch dieses Rot von der weißen oder lichtgrauen Farbe der anderen Wandflächen ab. Diese hellen Farben sind die Folge der periodisch lebhaften Staubabwitterung, die als Werk häufiger Schwankungen der Temperatur um 0° beim regelmäßigen Windwechsel verständlich ist. Die zur Decke so ziemlich parallele Fugenfläche über den Karren hat fast dieselbe Neigung und dieselbe Richtung wie die als Schichtfugen gedeuteten Linien in der Eingangshalle. Schlägt man den Kalk unter dieser Fläche an, so ist der frische Bruch kräftig grau, während die übrigen hier erreichbaren Kalke

<sup>1)</sup> Vgl. Tafel V im meteorologischen Teil dieses Werkes.

<sup>2)</sup> Gemessen mit einer Schnur, die aus einem Loch in der Hallendecke herabgelassen wurde.

<sup>3)</sup> Die südliche bildet als gewaltiger Überhang zugleich einen Teil der oberen Hallenbegrenzung.

ganz hell sind. Dies ist ein Grund mehr, die so geneigten Fugen so wie am Eingang auch hier als Schichtgrenze zu deuten. Diese Schichtung ist aber in den massigen Kalken nie weithin deutlich verfolgbar. Der Boden der Hymirhalle ist gestuft und so dick vereist, daß man vom Untergrund nichts aussagen kann. Auffällig ist eine Kluft in der Westwand, welche der durchschnittlichen Neigung der Eissole und

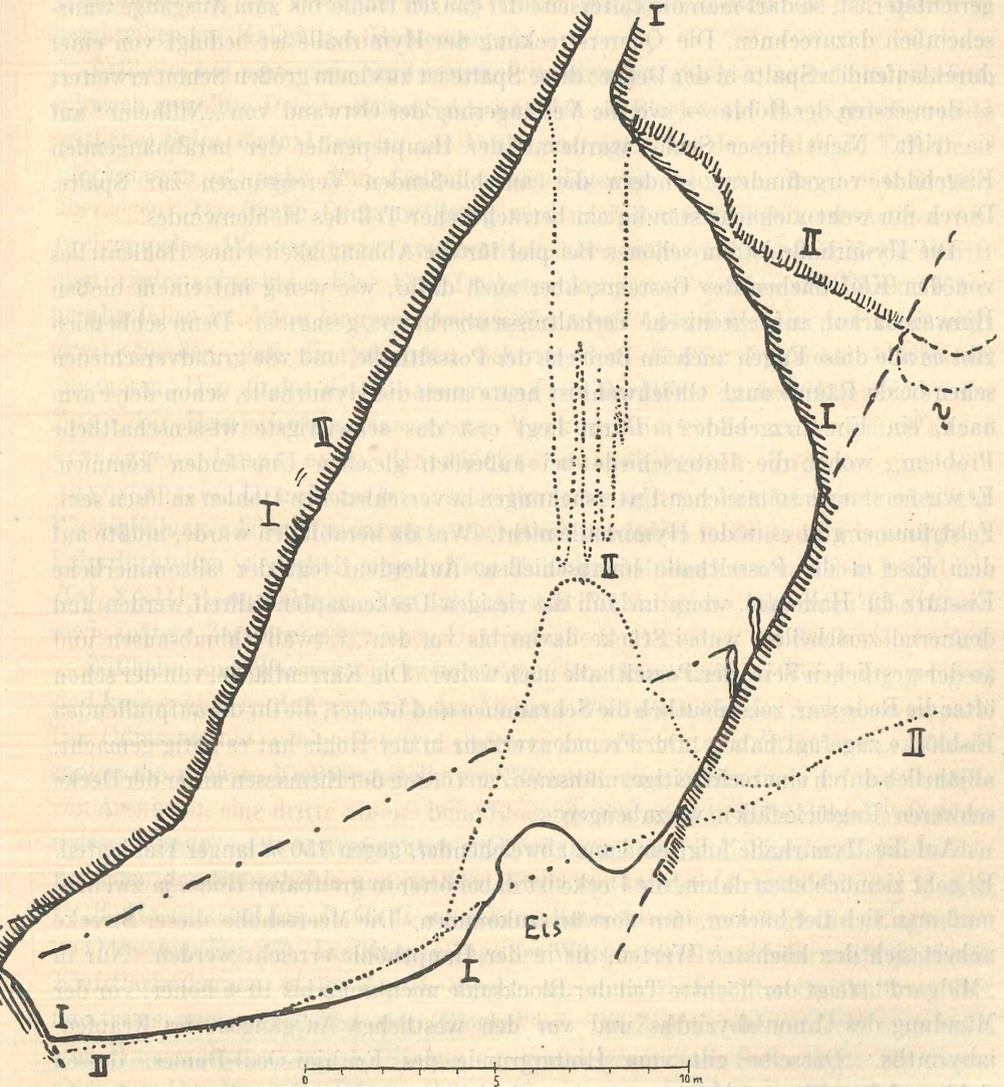


Fig. 26. Schnitte durch die Hymirhalle von S nach N. Der Schnitt I, stets ausgezogen, liegt östlicher als II und näher dem Beschauer; er geht durch das östliche Drittel der Halle. Der Schnitt II, gestrichelt, wo er sich mit I nicht deckt, trifft den Hymireisberg. Er ist aber mit einer Abzweigung östlich und auch westlich davon durchgelegt, und zwar nach den Anstiegslinien. Schraffiert: Fels, ohne Schraffen: Eis. Strichpunktirt: Kluft an der Westwand der Hymirhalle. Links unten bei I sind Karren, rechts geht es nach Nilfheim.

jener der ganzen Posselthalle entspricht. Zu ihr paßt auch der Überhang gleich über der erwähnten Karrenböschung (Fig. 26). An jener Kluft der Westwand münden zwei kleine Röhrengänge, deren südlicher eine Eiskaskade speist. Kleinere Mengen Rieseis quellen aus ihr an noch vier Stellen am Übergang von der Hymir- zur Posselthalle. Da jede solche Kluft nur eine Vertreterin einer ganzen Gruppe gleichgerichteter ist, so darf man die Unterseite der ganzen Höhle bis zum Ausgange wahrscheinlich dazurechnen. Die Quererstreckung der Hymirhalle ist bedingt von einer durchlaufenden Spalte in der Decke; diese Spalte ist zu einem großen Schlot erweitert — dem ersten der Höhle —, wo die Verlängerung der Ostwand von „Niflheim“ auf sie trifft. Nicht dieser Schlot wurde als der Hauptspender der herabhängenden Eisgebilde vorgefunden, sondern die anschließenden Verengungen zur Spalte. Durch ihn weht vielmehr ständig ein beträchtlicher Teil des Höhlenwindes.

Die Hymirhalle ist ein schönes Beispiel für die Abhängigkeit eines Höhlenteiles von den Kluftflächen des Gesteins, aber auch dafür, wie wenig mit einem bloßen Hinweis darauf, auf tektonische Verhältnisse überhaupt, gesagt ist. Denn schließlich gibt es alle diese Fugen auch im Bereiche der Posselthalle, und wie grundverschieden sehen beide Räume aus! Gleichwohl ist heute auch die Hymirhalle, schon der Form nach, ein Einsturzgebilde.<sup>1)</sup> Darin liegt erst das schwierigste wissenschaftliche Problem, woher die Unterschiede bei äußerlich gleichen Umständen kommen. Es wird erst nach so manchen Untersuchungen in verschiedenen Höhlen zu lösen sein. Felstrümmer gibt es in der Hymirhalle nicht. Was da herabfallen würde, müßte auf dem Eise in die Posselthalle hinabschießen. Außerdem fegt der allsommerliche Eissturz die Halle aus, wenn im Juli die riesigen Deckenzapfen fallreif werden und donnernd zerschellen, wobei Stücke davon bis vor den „Eiswall“ hinabsausen und an der westlichen Seite der Posselthalle noch weiter. Die Karrenfläche, von der schon öfter die Rede war, zeigt deutlich die Schrammen und Löcher, die ihr die aufprallenden Eisblöcke zugefügt haben. Der Fremdenverkehr in der Höhle hat es nötig gemacht, alljährlich durch eine rechtzeitige, mühsame Zerstörung der Eismassen unter der Decke schweren Unglücksfällen vorzubeugen.

Auf die Hymirhalle folgt ein ganz abweichender, gegen 150 *m* langer Höhlenteil. Er geht ziemlich eben dahin, die Decke ist dabei öfter in greifbarer Höhe, ja zweimal muß man sich tief bücken, um vorwärtszukommen. Die Meereshöhe dieser Strecke nähert sich den höchsten Werten, die in der Haupthöhle erreicht werden. Nur in „Midgard“ steigt der höchste Teil der Blocksohle noch um 5 bis 10 *m* höher: vor der Mündung des Canonlabyrinths und vor den westlichen Ausgängen des Krapfenlabyrinths. Dasselbe gilt vom Hintergrunde des Frithjof-Oedl-Domes, dessen Sohle auf dem Plan mindestens um einen Schichtabstand zu viel aufweist.

Die Räume der niedrigen Höhlenstrecke von Niflheim an sind voneinander nicht deutlich getrennt. Ihre Gliederung und Benennung ist fast nur unter Zuhilfenahme

<sup>1)</sup> Abgesehen von der Lösung im Bereiche des Deckenschlotes und der erweiterten Spalte.

seitlicher Öffnungen und des Wechsels von Block und Eisstrecken auf der Sohle durchzuführen. Die Benennungen sind zum Teil der Edda entnommen und es hat „Niflheim“ nicht das Auftreten von Nebeln daselbst zu bedeuten, sondern damit fast ebensowenig zu tun wie die „Mammuthöhle“ am Dachstein mit Resten solcher Tiere. Der Donardom<sup>1)</sup>, Odinsaal, das Asenheim usw. erscheinen als recht beschränkte Räumlichkeiten im Vergleich zu den früher genannten sowie zu den später zu beschreibenden Hallen des Höhleninneren.

Niflheim hat eine nach Nordwesten, d. h. einwärts gesehen, nach links geneigte, schwach gewölbte Decke. Seine Sohle ist reich an Blockwerk, das gegen die rechte (östliche) Seite einmal fast bis zur Decke ansteigt. Nur der niedrigste Teil dieser Blockmassen ist nahe dem Süden von Rieseis bedeckt, bzw. mit Glatteis überzogen. Die flache Deckenwölbung wird nach der zunächst nordwärtigen Abzweigung des „Wasserganges“ symmetrisch, aber recht rauh, und zugleich betritt man wieder spiegelndes Eis. Eine Deckensenkung, von welcher der Block 1768 m herabgefallen ist, kann langgewachsenen Menschen Anstoß erregen und verkündigt gewissermaßen, daß die folgenden Schritte dem Raume Donardom—Odinsaal angehören. Hier findet der „Wassergang“ in die Höhle zurück. Dieser ist im Zuge der Haupthöhle das erste Vorkommen eines nur vom Wasser erzeugten, längs eines Harnisches ausgebildeten und so gut wie unversehrten Druckstollens; seine Form verlangt zur Erklärung eine gänzliche Wasserfüllung. Alles Wissenswerte über diese besonders in den von mir besuchten Labyrinthteilen wiederholt angetroffene Höhlengestaltung kann man dem Lichtbilde (Taf. XXIII, 1) entnehmen. Nur die Lage und Richtung der führenden Klufffläche sowie spätere Zerstörung bewirken Unterschiede im Aussehen der Stollen dieser Art.

Niflheim und Wassergang, zwischen den Strecken stärkster Vereisung gelegen, sind kurz genug, so daß man sich das Ab- und Wiederanlegen der Steigeisen erspart. Der Odinsaal hat wenige Schritte einwärts von der hinteren Öffnung des Wasserganges die nächste Ursprungsstelle von Rieseis, eine zweite liegt auf der Ostseite von Asenheim, eine dritte abseits beim Eingange des noch zu betrachtenden Höhlenteiles „Wimur“. Die erstgenannten sind, wie es scheint, ergiebiger und speisen den Eisboden der Haupthöhle unmittelbar. Nicht um auf dem Arbeitsfelde der Herren Dr. E. Hauser und Ing. R. Oedl zu ackern, betrachte ich nun kurz die „Eisglocke“ im Odinsaal (Fig. 27). Die Hauptmenge des Wassers rieselt auf einer sanft geneigten Klufffläche heraus, einige Zapfen werden aus einer senkrechten Steilkluft ernährt und tragen auch zum Aufbau der „Glocke“ bei. Die Zapfenreihe verdeckt manchmal eine Wasserröhre, an deren Öffnung ein großer gerundeter Stein liegt. Sie diente einst zum Durchgange vielfach größerer Wassermengen als jene, die heute aus den zwei benachbarten Klüften gefroren zutage treten, Klüften, die vielleicht damals

<sup>1)</sup> Donar ist freilich die der Edda unbekannt deutsche Bezeichnung des entsprechenden Gottes Asathor.

noch ebenso trocken waren, wie heute die Röhre mit dem runden Stein. Der Odinsaal hat auf einer kurzen Strecke ein flaches, ungleichseitiges Spitzbogengewölbe, dann wird bis über den Sturmsee hinaus die Form der Einsturzdecke grobkantig und dicke Platten nähern sich dem Eisboden oder ihre Kanten den Kanten der von der Decke gefallenen Riesentrümmer. Diese sind besonders zwischen Odinsaal und Asenheim angereichert. Das Asenheim erhält seine Eigenart dadurch, daß es in der Hauptsache aus einer gegen Ost zurückspringenden Kammer besteht, aus deren nördlichem Teile das Eis kommt. Das Wasser hiefür rieselt aus einer steilen Verwerfungsspalte herab und wird durch einen großen abgestürzten Block in einen nördlichen und südlichen Teil geschieden. Das vordere Ende dieses Blockes ragt wie ein ungleichseitiges Dach aus der spiegelnden Eisfläche.

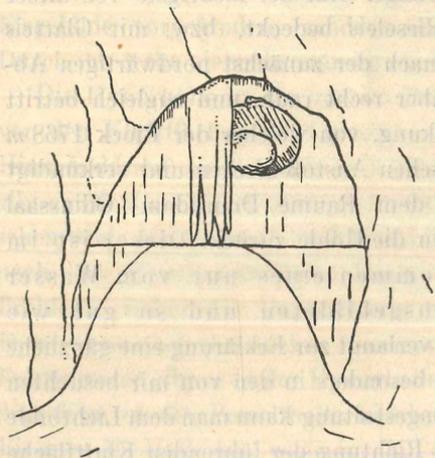


Fig. 27.

Tief reicht von der Decke das rauhe Ende der 2·5 m dicken Riesenplatte, etwa gegen Nordnordost geneigt, herab, deren Fortsetzung einst der Block war. Die Verwerfungsfläche, welche die nordöstliche Wand des Asenheims bildet, ist schön geglättet und eigentlich der erste schöne Harnisch in greifbarer Lage, der sich an der Höhlenbegrenzung beteiligt. Er ist 80° steil und streicht etwa Ost 25° Süd. Diese Fläche wurde erst durch die Einstürze zur Begrenzung der heutigen Höhle. Südlich von den Hervorquellungen des Rieseleises liegt ein anderer sehr großer Block, der offenbar weniger herabgestürzt als vielmehr von der Verwerfungswand abgespalten wurde. Seine Rückseite wendet ihr ein ebenfalls glattes Gegenstück der Harnischfläche zu, mit einer Neigung gegen Nordost<sup>1)</sup>, so daß sich der Anblick einer klaffenden Spalte bietet. Hinter dem Asenheim wird die Höhle so niedrig, daß es auch an der höchsten Stelle nötig ist, sich tief zu bücken. Bevor wir in dieser Richtung weiter gehen, verdient der Raum Wimur (Q 6, L) eine kurze Betrachtung. Die Formen seines nördlichen Drittels und seines mittleren Hauptraumes sind durch Einsturz entstanden. Der höchste, zugleich der südliche Teil, hat eine niedrige, breite Gewölbeform; unmittelbar südlich der Eisfläche herrscht, soweit man sieht, ein schräg elliptischer Querschnitt. Dessen große Achse ist flacher als im Wassergang geneigt, der Querschnitt rauher und größer. Der untere Teil durch Trümmerwerk verdeckt. Die recht zahlreichen Abzweigungen des Wimur sind Wasserröhren. Sie sind, wie ursprünglich er selbst, vom Wasser erodiert, und zwar

<sup>1)</sup> Dies ist bemerkenswert, weil sonst auf der Gegenseite eines Harnisches in der Höhle eine Lage verkitteter Gesteinszermalmung gefunden wurde.

längs der Klufffläche, welche die Decke der Hymirhalle bildet. Q 6 zeigt sehr schön, wie die eine Röhre durch den Einsturz die untere Hälfte eingebüßt hat und so an die Halle angeschlossen wurde. Der Ausgang des Wimur in den Donardom wird im Frühjahr durch zwei Eissäulen — nahe jeder Wand eine — geschmückt. Ihr Wasser stammt aus schlotähnlichen Erweiterungen einer von Nordwest nach Südost streichenden Deckenkluff. Auch flachere Wandspalten liefern hier Eiskaskaden. Die Eisfläche weiter südlich, in der Mitte des Wimur, wird aber nur von häufigen Tropfen aus zahlreichen kleinen Deckenlücken gespeist. (Vgl. Taf. VIII im met. Teil.)

Kehren wir zurück zur Kriechspalte hinter Asenheim, wo sich die Höhle auch verengt, so liegt hier im Eise das Becken des Sturmsees (Q 9 und 10), der sich neu bildet, wenn man den Ausfluß verstopft, durch den er in die linke Randkluff des meterdicken Bodeneises abgelassen werden kann. Seinen Namen verdient er vollauf, seine Wellen können an zwei Stellen bis an die Deckenkanten spritzen. Ich fand ihn im wiedergefüllten Zustand, damals nur  $8 \times 19$  m groß und nur einige Dezimeter tief. Ursprünglich war er natürlich eines der ärgsten Hindernisse für die Erschließung der Höhle. Nahe seinen Enden im Norden und Süden liegen die ganz niedrigen Bückstellen, die man benutzt, wenn er abgelassen ist, und einwärts davon geht es über eine Eisstufe hinauf, die mit einer Leiter bewältigt wird. Ist der See gefüllt, so wird er in der westlichen Randkluff mit engem vereisten Grunde tief unter seinem Boden umgangen. Dabei bewegt man sich in einem eisigen Gebläse, die Aufmerksamkeit wird auf das stärkste durch die Versuche abgelenkt, die immer wieder angezündeten Lampen wenigstens einige Schritte weit benutzen zu können. So geht es weiter bis über das Eistor hinaus.

#### c) Von Utgardsburg bis zum inneren Ende des U-Tunnels.

Diese Strecke ist in sich nicht einheitlich, sondern sie besteht aus drei recht verschiedenen Großräumen, an deren bedeutendste Größenentwicklung sich die Namen Alexander-von-Mörk-Dom, Eispalast und U-Tunnel knüpfen. Daß im ersten Raume die Vereisung der Höhle ihr stärkstes Ausmaß erreicht, während im U-Tunnel nur noch kleine Glatteisstellen im westlichen Ast vorkommen, macht diese Strecke noch wechsellvoller. Als solche aber liegt sie zwischen einfacheren Teilen der Haupthöhle eingeschaltet, und die drei Räume haben ferner noch die Verbindungen mit seitlichen Gangverzweigungen auf der Nordseite gemeinsam, mit dem Eislabyrinth und Röhrenlabyrinth.

Utgardsburg und die hohe Halle des Mörkdoms sind nur die Endstellen eines einzigen Felsraumes (vgl. Q11 bis 14 und L<sup>1</sup>). Dieser Felsraum ist ziemlich gleichmäßig, meist 30 m und darüber, breit. Die plötzliche Breitenzunahme hat keine ent-

<sup>1</sup>) Der Längsschnitt zwischen Punkt 1774 2 und 1775 3 vor dem Eistor ist, wie der Plan zeigt, fast ein Querschnitt und findet seinen östlichen Abschluß in einer dem Q 11 ähnlichen Begrenzungslinie.

sprechende Abnahme des herrschenden Windes zur Folge, denn der Raum ist alsbald bis auf das „Eistor“ mit Eis verstopft (vgl. Taf. XIV). Die Eiswände zeigen allüberall die Spuren des Windes in der Form zellig-schaliger Ausblasung, wobei feiner Kalkstaub in den Vertiefungen abgelagert wird, der dem Angriffe der Luft ohne Zweifel auch als Waffe dient. „Utgardsburg“ ist der Name des knappen Raumteiles, der südlich dieser Eisverstopfung liegt. Dem hierher Gedrungenen steht eine bis zur Decke reichende Eismauer gegenüber, d. h. der, wie es scheint, vom Wind unterhöhlte Südbsturz des Eises, das nun auf eine längere Strecke mindestens die westliche Hälfte der Höhle einnimmt. Diese Eismauer kann rechts durch das Eistor umgangen werden. Der Eisboden schießt gerade an der Schwelle des Eistores besonders jäh in die Tiefe. Im Hochsommer ist die Ostseite des Tores bis auf einige Boden- und Deckenzapfen weggeschmolzen, dann sieht der Querschnitt der gangbaren Höhlenfortsetzung auch dort wie auf Taf. XIV und wie Q 11 aus. Die Sachlage im nächsten Abschnitte der Höhle wird durch Vergleich von Q 12, der einwärts gezeichnet ist, mit Taf. XIV ganz klar, die fast an der gleichen Stelle auswärts aufgenommen wurde. Dabei wird man der Tatsache inne, daß hier die größte Dicke des Eislagers kaum unter 15 m angenommen werden kann. Bevor vom Bereiche seiner Herkunft gesprochen wird, sei die Gestalt des Felsraumes bis zu Ende verfolgt. Dem geringen Aufsteigen der Decke in der Utgardsburg folgt schon vom Eistor an eine allgemeine Senkung im östlichen Teil, bis über den Punkt 1762·1 hinaus. Auch der westliche Teil zeigt die gleiche Erscheinung, nur daß die Gestalt der Decke natürlich unbekannt ist, wo das Eis gänzlich zu ihr emporreicht. Dort kennt man, wie auch der Plan zeigt, nicht einmal die westseitige Begrenzung der Höhle. In L folgt die Zeichnung der Berührungskante des Eises mit der schiefen Ostwand, bis sich das Eis ganz von der Decke trennt. Diese Kante senkt sich rascher als die wirkliche Felsdecke.

Q 12 zeigt aber schon, daß der felsige Deckenscheitel weniger steil als jene Kante absteigt und Q 13, daß der allgemeine Emporschwung der Decke, der dann zum umgestülpten Trichter des Mörkdomes hinaufleitet, weiter südlich erfolgt, als es nach L scheinen könnte. Der Dom ist ein großartiger, über 40 m hoher Raum, der nach oben sich in einen schwarzen Schlot verengt, wo alle Lichtstrahlen schon im erweiterten unteren Ende zur Unsichtbarkeit verschluckt werden. Die westliche Eismasse reicht bis dicht an die Mitte der Grundfläche des hohen Domes. Abgesehen von dessen Trichter ist für die Form des ganzen Höhlenabschnittes vom Eistor an eine nach Nordnordost streichende, steil gegen Ost-südost geneigte Kluft-richtung maßgebend. Ihr gehört vor allem die großartige Harnischfläche, an die sich der Eingang zum Eislabyrinth anschließt (Taf. XV und Q 13 und 14). Dieser Harnisch ist ebenfalls rötlich und teilweise von Karrenrillen gegliedert. An ihm konnte nicht eine einzige sichere Spur von der Decke auf ihn gefallener und abgeprallter Trümmer entdeckt werden. Gleichwohl kann man nur annehmen, daß auch der Mörkdom vom Wasser erweitert und auch von Einstürzen betroffen wurde, die mindestens Teile

seiner Decke aufwärts verschoben. Was man nun nicht großen Einstürzen an der Lage und Umrandung eines solchen Hohlraumes zuschreiben will,<sup>1)</sup> muß man daher zunächst bedeutenden Lösungserfolgen des Wassers aufrechnen. Wie gering diese an der Harnischfläche waren, ergibt sich schon daraus, daß man den Harnisch sogleich als solchen erkennt. Der Kalk daselbst ist nun nicht etwa besonders schwer löslich, im Gegenteil; nachträglich konnten noch jene sehr kalten Wasserfäden Karren bilden, die spärlich rinnen, wenn sommers die dünne Eisglasur auf dem höheren Teil des Harnisches teilweise schmilzt. Soll man daher einen Schluß ziehen, den einzigen unter allen möglichen, der nicht sofort den Beobachtungen widerstreitet, so kann er nur besagen, daß die von Lösung und Felssturz gleich unversehrte Harnischfläche erst spät sich in die Begrenzung der schon fertigen Halle geschoben hat. Solches gibt bereits die Tafel XV ernstlich zu bedenken. Es ist hier das erste-, aber nicht das letztemal, daß man diesen Erwägungen nähertreten muß.

Eine zu dem Harnisch parallele Klufrichtung beherrscht (Q 13 und 14, Taf. XIV) die östliche Seite dieser Höhlenstrecke. Der Parallelismus der Längsbegrenzung, der also hier hervortritt, geht, wie es nach Q 12 scheint, im südlichen Teil dieser Höhlenstrecke verloren. Dafür konnte ich beim Emporsteigen auf der Eismasse vom Punkte 1769 nach Süden feststellen, daß die Harnischkluft und eine dazu parallele dicht darüber in der dort vorhandenen tunnelförmigen Decke zur Speisung des Rieseisles erheblich beitragen. Die gleiche Eigenschaft hat die Harnischkluft, wenngleich viel schwächer, gerade vor dem Eingang ins Eislabyrinth.

Die tunnelförmige Decke, unter der man auf dem Eise südwärts ein Stück weit emporsteigen kann, ist im einzelnen kantig und rauh. Der Hauptursprung des Wassers, der die ungeheure Menge von Rieseis gespeist hat, ist unsichtbar und liegt in der Fortsetzung der Harnischkluft, dort, wo sich mit ihr die steile Spalte kreuzt, die von der Decke her das Eistor speist. Die Eistorpalte, an sich wenig bedeutend aussehend, streicht ziemlich parallel zu der Hauptrichtung der Hymirhalle, und in derselben Richtung ist auch die Utgardsburg gestreckt. Ein kurzer Vergleich der eben betrachteten Höhlenstrecke mit der vorhergehenden kann die Gestaltung beider einprägsam machen. Beide beginnen mit einer Verbreiterung im Süden (Hymirhalle, Utgardsburg), an die sich zunächst tunnelähnliche Strecken schließen. In beiden wirkt ein unten trichterförmig erweiterter Schlot mit. Dieser bildet aber im Mörkdom den großartigen Zusatz am Ende der absteigenden Tunnelstrecke, während der andere Schlot, an sich kleiner, den Eindruck der Hymirhalle hebt. Utgardsburg steht aber hinter ihr, als Raum betrachtet, nicht nur wegen des Schlotmangels zurück und wegen der Eisverstopfung an der westlichen Felsbegrenzung, sondern es fehlt ihr der großartige Parallelismus der Wände, wie ihn die Hymirhalle

<sup>1)</sup> Auf dem Harnisch sind die Beschädigungen viel geringer als z. B. auf der Karrenfläche in der Südostecke der Hymirhalle, wo sie sichtlich vom stürzenden Eis erzeugt und vermehrt werden.

im Norden und Süden aufweist. Dieser kommt vielmehr, wie eben gezeigt wurde, der Tunnelstrecke und dem Mörkdom zugute, aber im Gefolge von Längsklüften im Sinne der Höhlenstrecke des Mörkdoms. Umgekehrt erscheint Niflheim und seine Fortsetzung nach innen ohne solche große Züge und um so bescheidener im Vergleich zur Hymirhalle.

Hinter dem Mörkdom gibt es auch an engen Stellen keinen Sturmwind mehr, sondern höchstens eisige Zugluft. Das übrige hat der Schlot des Domes an sich gezogen, bzw. gibt er in der umgekehrten Richtung an die Höhle ab. Immerhin genügt die Zugluft, um die Schmelzwasser des Frühjahres im nächsten Raum, im Eispalast, gefrieren zu machen und um zu bewirken, daß im Sommer der Boden zur mehrere Zentimeter tiefen, spiegelnden Wasserschicht auftaut. (Vgl. Taf. XVII und XVIII.)

Dann bietet sich in zwifacher Pracht der Anblick der ausdauernden Eisgebilde in der Nordostecke und macht den Eispalast zum ungeschwächten Abschluß des Eisteiles der Höhle. Seine Form ist großzügig und einfach, in der Hauptsache mit wenigen trockenen Worten zu beschreiben, im einzelnen wäre er nur mit mancher dürftigen Zeichnung zu erläutern. Aber eine Lichtbildkunst erlaubt, dergleichen wegzulassen, wie ein Blick auf die Aufnahmen lehrt (Taf. XVI und XVII). Die eine zeigt links den niedrigen Eingang zum Mörkdom, mit einem großen Sturzblocke dahinter, rechts einen

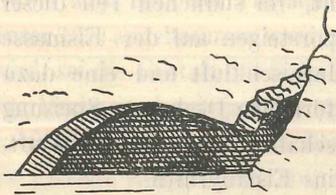


Fig. 28.

Zugang zum Eislabirynth. Beide Pforten sind voneinander bemerkenswert wenig verschieden, fast stattlicher jene zum engräumigen Ganggewirre. Das andere Bild zeigt die schönen Eisgebilde in und vor dem Zugang, der von hier ins Eislabirynth führt, aber dem Verkehr entzogen ist zur Erhaltung der Eisformen. Rechts davon sieht man ein niedrigeres Gewölbestück gegen das Höhleninnere. Der Vorsprung am Bildrande verdeckt die rauhere Fortsetzung des Ausganges (Fig. 28), der es erlaubt, den Raum ungebückt zu verlassen.

Die meisterhaften Bilder, fast vom gleichen Standpunkt, zeigen, wieviel in den Höhlen die Richtung des Lichtes auch und gerade für die wissenschaftliche Beobachtung ausmacht! Dabei muß die Arbeit meist mit erheblich schwächerer Beleuchtung auskommen.

Auf Taf. XVI ist dieser Felsvorsprung links vorn zu sehen. Ein Vergleich von Taf. XVII und XVIII mit Q 15 und 16 lehrt, was diese Querschnitte sein können und wollen und was nicht. Im Längsschnitt bedeuten die schwarz schraffierten rundlichen Gebilde die Zugänge ins Eislabirynth. Die Spalte oder besser das Spaltenbündel der Decke, das die Eisgebilde entsendet und zwei Schlotte aufweist, einen vorn, einen im Labyrintheingang über der Eissäule, streicht nach Nordnordost. Wenige Schritte höhleneinwärts vom Eispalast werden die Steigeisen abgelegt. Bevor

man aber zum U-Tunnel absteigt, fesselt einen eine großartige, fein gegliederte, rote Karrenbildung, längs einer Bewegungsfläche im Gestein ausgefurcht (Taf. XIX).<sup>1)</sup> Sie zeigt Spuren von Beschädigung, vielleicht mehr von kletternden Menschen als von fallendem Blockwerk herrührend. Darüber mündet die innerste Öffnung des Eislabrynth, das später berührt werden soll. Die Stelle ist auf dem Plan beim Punkt 1754 schraffiert und im Längsschnitt auch dargestellt.

Nun tritt in der ganzen Höhle an die Stelle des bisher herrschenden Weiß ein düsteres Braunrot und Rötlichbraun. Nur einmal bietet mitten im Höhlengebirge eine Riesenbreccie eine Unzahl gelblich-weißer Flecke, dunkel eingefast, soweit man beim künstlichen Licht eine Farbe ausnehmen kann. Der rotbraune Überzug macht im übrigen den Anblick heller und dunkler Kalke gleichförmig.

Farbtöne werden herrschend, die in größeren Räumen kaum auf die Platte wirken, kein Verwitterungsstaub weht umher. Man sieht die Änderung schon auf den noch folgenden, mit großer Kunst aufgenommenen Bildern.

Der U-Tunnel (Taf. XX und XXI) ist der bei größter Einfachheit eigenartigste Raum der ganzen Höhle (Q 17 und L). Er ist 35 m in die Tiefe und ebensoviel wieder emporgekrümmt und biegt zugleich mit 50° Neigung seiner annähernden Symmetrieebene nach Süden aus und nach Norden zurück. Diese Ebene weicht dabei nur in geringem Maß von einer gegen 40° nach Süden geneigten Fläche des Gesteins ab. Der Raum, der 12 bis 15 m hoch ist, kann nur schwer zweckdienlich beleuchtet werden.

Wegen der Art, wie dies für die Aufnahmen der beiden Bilder mit großer Lichtstärke geschah, wird der Raumeindruck, ja selbst der Begriff dieser Strecke mit einem Blick zu einer Klarheit erhoben, die zu erreichen es in der Höhle längerer Zeit bedarf. Der U-Tunnel bedeutet eine unerwünschte Erschwerung bei Befahrung der Höhle wegen des zweimal zu überwindenden Höhenverlustes bei grobem Blockwerk und plötzlichen kurzen Glatteisstrecken dazwischen. Das Glatteis ist meist auch dann vorhanden, wenn die schönen Deckengebilde auf Taf. XX, besonders links vorn, größtenteils verschwunden sind. Sie wirken das erstemal wie ein Abschiedsgruß von der hellen Eiswelt, wenn man noch mit etwas steifen Beinen in den Tunnel hinabsteigt. Aber auch in Midgard gibt es noch Eisgestalten, jedoch nimmt nach innen die Häufigkeit, die Größe und jährliche Lebensdauer aller solchen Gebilde im Durchschnitt rasch ab. Jene von Taf. XX stammen aus ansehnlichen Schloten, die auf einer etwa gegen Nordnordost streichenden Zerklüftung liegen; sie entsendet das nördliche Hangwerk des Eises in zwei Hauptbündeln. Bild und Plan scheinen bezüglich der Lage dieser Gebilde nicht gänzlich übereinzustimmen. Die Gestalt des U-Tunnels, besonders seine Lage im Raum ist durch eine 30 bis 40° nach Süden geneigte Zerklüftung stark beeinflusst. Es dürfte jene sein, der die erwähnte Fuge

<sup>1)</sup> Diese Karrenbildung sollte man zu verschiedenen Jahreszeiten eigens ganz genau untersuchen können.

an der Westwand der Hymirhalle und wohl auch die Sohle der Posselthalle angehören. Aber es ist nicht so wie im Wassergange, wo sich an einer Harnischfläche der Stollen der Auswaschung entlang krümmt; wenigstens heute ist es im U-Tunnel anders. Taf. XX zeigt, daß nicht nur die Einsturzdecke in einem großen Teil des westlichen Astes ziemlich glatt etwa gegen Südsüdwest geneigt ist, sondern daß in der rechten Wand zwei Hauptfugen, fast im Streichen gesehen, in einem Abstände von mehreren Metern auftreten. Der oberen folgt eine seitliche Röhre, deren schwarze Öffnung L zeigt. Q 17 zeigt uns noch die Röhre, die vom U-Tunnel nach Süden in die Tiefe führt, keineswegs auf derselben Spalte liegend wie die in der Nordwand gähnende Kluft, sondern auf einer tieferen. Dieser südliche Abzug beginnt als enger, fast senkrechter Schluf auf dem Boden des U-Tunnels, dicht vor dem Fuße der südlichen Wand, die hier eine flache Nische aufweist, und ist in deren Hintergrund gelegen. Die Umgebung, überhaupt die südliche Hälfte der flachsten Sohlenstrecke des U-Tunnels, ist weich und angenehm zu begehen, weil größere Flächen mit krümmeliger Roterde, sehr magerem und sandigem Karstlehm bedeckt sind.

Es ist in der Haupthöhle der erste Fall dieser Art. Solche Ablagerungen findet man am Fuße beinahe aller Gefällsbrüche, oft vor der Mündung seitlicher Röhren sowie auf flachen, beckenförmig eingetieften Höhlenstrecken. Sie sind demnach vom Wasser zusammen- und angeschwemmt worden. Am Fuße der Südwand des östlichen Tunnelflügels sind kleine Nischen, die zwar verwittert sind, sich aber nach meinem früheren Aufsatz<sup>1)</sup> nur durch eine im Sinne des Gefälles, also nach Südwesten, gerichtete Bewegung wenig beträchtlicher Wassermassen deuten lassen, keinesfalls auf andere Art. Ähnliche Gebilde westlich der Tunnelmitte sind nur in undeutlichen Spuren erhalten. Aber daß von dort die Bewegung spärlichen Wassers ebenfalls gegen die Tunnelmitte gerichtet war, erscheint nicht zweifelhaft angesichts des noch größeren Gefälles und der gewaltigen Röhren, deren Mündungen aus der Gegend der Karren bei Punkt 1754·9 herabstarren. Über die Hydrographie zu der Zeit, als ganz erheblich größere Wassermassen in diesem Teil des Gebirgsinneren vorhanden waren, ist damit nach keiner Richtung etwas ausgesagt. Taf. XXI zeigt eine etwas ungleichseitige Tunnelform von einer sonst seltenen Glätte. Die vorgenannten Kluftflächen mit südlicher bis südsüdwestlicher Neigung stehen hier nur noch unter dem Blockwerk im Zusammenhang mit der Höhlenrichtung. Dazu parallele Fugen sind in der Tunnelwand kaum in Spuren und nur auf kurze Strecken zu sehen, was auf Taf. XXI rechts,  $2\frac{1}{2}$  m über dem Boden gerade noch sichtbar ist. Die Glätte dieses Gewölbes muß im Zusammenhang mit der Tatsache erwähnt werden, daß sie einer der tiefsten Teile der Decke der Haupthöhle ist, also unter gewissen Umständen am längsten der Wasserwirkung ausgesetzt sein konnte. Zugleich muß gesagt werden, daß die Gesteinstrümmer am Boden schwerlich alle längs der steilen Tunnelsohle aus Midgard oder von Westen her herabgepoltert sein dürften, somit

<sup>1)</sup> Speläol. Jahrbuch, III. 1922, S. 40.

auch einige von der auffallend glatten Wölbung stammen müßten. Ist dieser Schluß richtig, so wird der nächste unvermeidlich, daß mindestens ein Teil dieser Steine noch ins Wasser gefallen ist, das langsam genug bewegt war, um sie nicht durch Rollen abzurunden, während bei Hochständen wenigstens die Decke immer wieder chemisch geglättet wurde. Dies wurde hier durch die eigentümliche Fältelung und feine Plättelung gefördert, die der Kalk des Tunnels besitzt, denn sie ist der Entstehung grobeckiger Abbruchformen kaum günstig. Das innere Ende des U-Tunnels hat ein flacheres, weniger glattes Tonnengewölbe über breiten Blockhaufen.

In dieser Gegend hat sich die Reihe von Tatsachen vollendet, die vereint allem, was hinter dem U-Tunnel kommt, ein ganz anderes Gepräge verschafft mit dem Ergebnis einer schwer beschreiblichen Abgeschiedenheit und düsteren Wildheit und Öde.

Vom Eingang über dem Achselgraben angefangen, wirken zunächst die schimmernden Eisflächen und die Wände, die das Lampenlicht matt weiß zurückwerfen, wirkt ferner die Höhe der Posselthalle und das steile Emporsteigen bis zur Hymirhalle so, daß sich der Eindruck, man begeben sich in eine Unterwelt, förmlich verflüchtigt. Der Wimur ist dann die erste Strecke, die einwärts in die Tiefe des Gebirges geneigt ist, aber er gehört nicht zur Haupthöhle. In ihr haben zeitweilig Hallenhöhe und Steilanstieg ausgesetzt, seit die sturmdurchbrauste Bückstrecke mit dem Eisscheitel betreten wurde. Hier hat die vereiste Sohle ihre größte Höhe von 1775 *m* am tiefsten Punkt des Querschnittes. Nur noch westlich vom „Wasserberg“ (Plan) in Midgard überschreitet die höchste Stelle der dort quer zur Höhlenrichtung steilgeneigten Blockhalde 1780 *m*. Hinter dem Eistor geht nun auch die Haupthöhle einwärts bergab. Der Eispalast unterbricht den Abstieg, so daß der Trichter des Mörkdoms nicht so unmittelbar das Hinabstreben bis zu den Tiefen des U-Tunnels beherrscht, wie dies der Schlot der Hymirhalle im Hinblick auf die Posselthalle tut. Zugleich leitet der Eispalast die Westostrichtung des inneren Höhlenreiches ein, doch fällt an Ort und Stelle diese bedeutsame Tatsache nicht gerade auf. Aber im U-Tunnel vollzieht sich mit einem Schlage der besprochene Farbenwechsel. Jäh steigt man ab in seine Tiefe und noch darunter in Seitenröhren, wo 20 *m* unter der Tunnelsohle dicht neben ihr 1710 *m* Höhe gemessen wurde, ein Betrag, zu dem die rückwärtigen Äste der Haupthöhle nur langsam, zum Teil überhaupt nicht ganz absinken. Obwohl man nach Midgard wieder hinaufsteigen muß, so fühlt man sich beim Betreten des Raumes so recht endgültig in der „Unterwelt“. Der Gedanke an die Länge und Beschaffenheit des Rückweges regt sich, zur Dunkelheit der Wände kommt ein Tropfen und Wasserrieseln, das man ab und zu hört, viel früher als man es sehen könnte. Es bringt die nach Aufhören des Windgeräusches große Stille des Raumes erst zum Bewußtsein und vermehrt die Wirkung der Abgeschiedenheit. Auf stummen Strecken wird man förmlich überrascht, wenn einen manchmal aus unbeachteter Felskluft in der Finsternis über Gesicht oder Hand ein verlorener Lufthauch kälter oder lauer anweht.

## 4. Das hintere Höhlenreich ohne Eisboden.

## a) Midgard.

Der Name dieses Riesenganges ist gut gewählt. Ein Mittelstück, erinnert er durch seine Länge irgendwie an jene Schlange, die nach der Eddasage in Midgard hauste. Midgard bildet eine eigene unterirdische Fels- und Blockwüste, die, soweit sie stark beleuchtet wurde, selten ein geschlossenes Raumbild geboten hat. Daher sei die Darstellung mit einer Reihe von Querschnitten versehen, welche in den folgenden Zeichnungen (Fig. 29 bis 32) und in Q 19 und 20 abgebildet sind. Die Zeichnungen verdanke ich wesentlich der freundlichen Hilfe und den Angaben des Herrn Ing. R. Oedl.

Zwischen U-Tunnel und Midgard läßt sich leicht auch an der Decke eine Grenze ziehen. Gerade über dem Trümmerhaufen mit den „Gipfeln“ 1760·5 und 1760·9

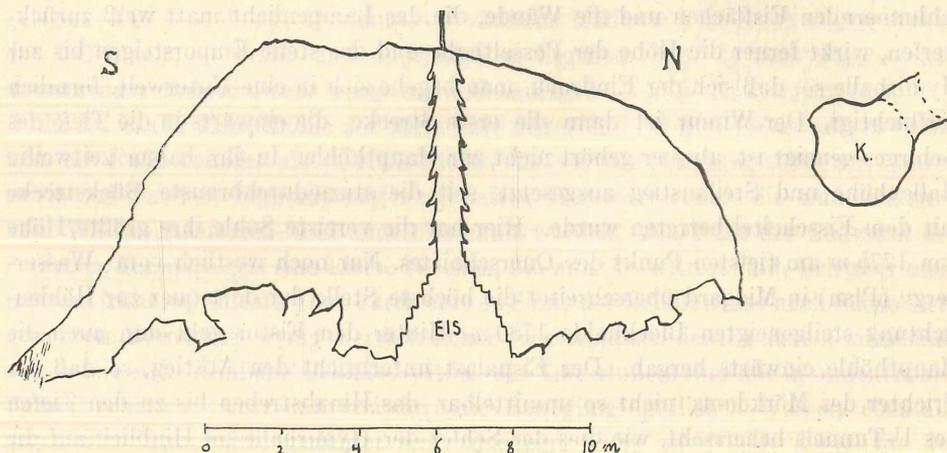


Fig. 29. Schnitt quer durch den westlichen Teil von „Midgard“ und den Querstollen vor dem Eingang zum Canonlabyrinth. Höhen geschätzt. (Nach R. Oedl.)

ist die Decke kantig und gibt der Höhle einen dreieckigen Querschnitt, der sich zwischen Gewölben westlich und östlich einschaltet.<sup>1)</sup> Noch bei der einwärts benachbarten bescheidenen Eisfigur, die in der Form einer frei aufragenden Bodenglocke angetroffen wurde, ist die Neigung der Blocksohle schwach nach Nordwesten gerichtet. 50 m einwärts steht eine vergängliche Eissäule (nach dem Plan südlich des Schluß-„h“ von „Röhrenlabyrinth“). Beide Eisfiguren dürften aus einer und derselben Deckenspalte gespeist werden. Die Eissäule steht mitten im Bereiche wild umherragender Riesentrümmer, wo eine vorherrschende Bodenrichtung nicht auffiel. Aber bereits an der Mündung des Canonlabyrinths neigt sich die Blocksohle nach Süden im Einklange mit dem Gefälle der Nebenröhren. Hier steht eine schöne Prismenpyramide (Fig. 29), auf der eine Eissäule mit seitlich absteigenden Ver-

<sup>1)</sup> Q 19 hat die beiderseits benachbarte Gewölbeform der Decke mit dem Blockhaufen in eine Ebene gezogen.

ästelungen ruhte. Prismenpyramiden wurden im vorderen Eisteil der Höhle nicht gefunden. Sie wiederholen sich aber in Midgard, und zwar lagen sie unter bereifter Decke, wo feinste Tropfen, etwa 10 in der Sekunde, auf die ausgebreitete Handfläche fielen. Die Prismen verwandeln sich in stufenförmig angeordnete kleine Becken. Die reizenden Einzelformen solcher Pyramiden erwiesen sich als recht vergänglich und eine entartete schließlich binnen wenigen Stunden zu einem höckerigen Eishügel. Nur etwa 25 m östlicher ist der Schnitt von Fig. 30 geführt, wo eine schlanke Eissäule einen zwiebel förmigen, manchmal bloß hügelartigen Fuß hat. Beide Gebilde

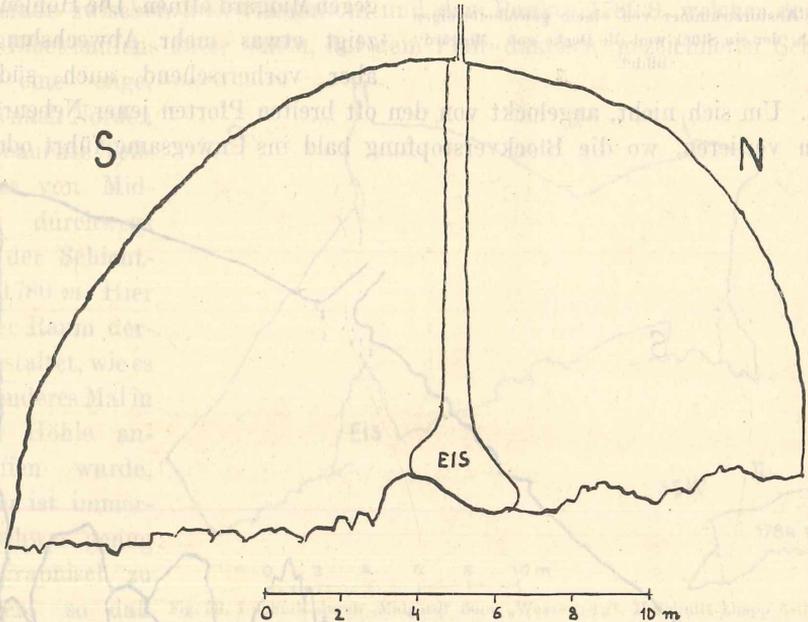


Fig. 30. Schnitt durch den westlichen Teil von „Midgard“, etwa 25 m vom Schnitt der Fig. 29 entfernt. Höhen geschätzt. (Nach R. Oedl.)

entstammen mit Sicherheit demselben Längsharnisch an der Höhlendecke. Auffällig ist der zwar rauhe, aber ziemlich regelmäßige Gewölbobogen bei viel größerer Höhe des Schnittes der Fig. 30, beides in Verbindung mit einer durchschnittlich ziemlich flachen Blocksohle. Denn man denkt in dieser Höhle immer an Einsturz, wenn die Decke in die Höhe weicht. Schon bei Punkt 1776·2 neigt sich die Blocksohle wieder südwärts; zugleich nimmt auch die Decke, im flachen Bogen gekrümmt, diese Neigung an. Aber noch einmal, mitten zwischen Punkt 1776·2 und 1771, ist ein schönes regelmäßiges Gewölbedach vorhanden, glatt wie kein anderes Stück der Höhlendecke, dennoch Ergebnis eines großen Abbruches. Der Plan zeigt das größere nördliche und das kleinere südliche Stück, die etwa, wie Fig. 31, beieinanderliegen.

Die Loslösungsfläche muß als Teil einer stark gebogenen, ursprünglich schön geglätteten Bewegungsbahn im Gebirgebau angesehen werden. Die abgestürzten

Stücke des Felsens teilt wahrscheinlich dieselbe Fuge, aus der die vorher erwähnten Eisfiguren ernährt werden und welche die Decke von Midgard weiterhin durchsetzt. Bis hieher hat sie keinen Einfluß auf die Gestaltung des Querschnittes.

Nach innen weist die Höhle fast 150 m weit einheitliche Züge auf, denen die Einzeltatsachen sich unterordnen. Der Höhlengrund ist eine steile, nach Süden geneigte Blockhalde, die in alle dunklen, abschüssigen Nebenräume hinabzieht, welche sich dicht geschart stellenweise gegen Midgard öffnen. Die Höhlendecke zeigt etwas mehr Abwechslung, ist aber vorherrschend auch südwärts geneigt. Um sich nicht, angelockt von den oft breiten Pforten jener Nebenräume, dort zu verlieren, wo die Blockverstopfung bald ins Unwegsame führt oder das

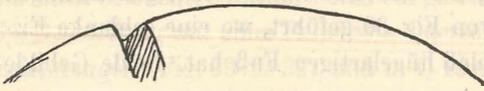


Fig. 31. Absturztrümmer von einem gewölbeförmigen Harnisch, der ein Stück weit die Decke von „Midgard“ bildet.

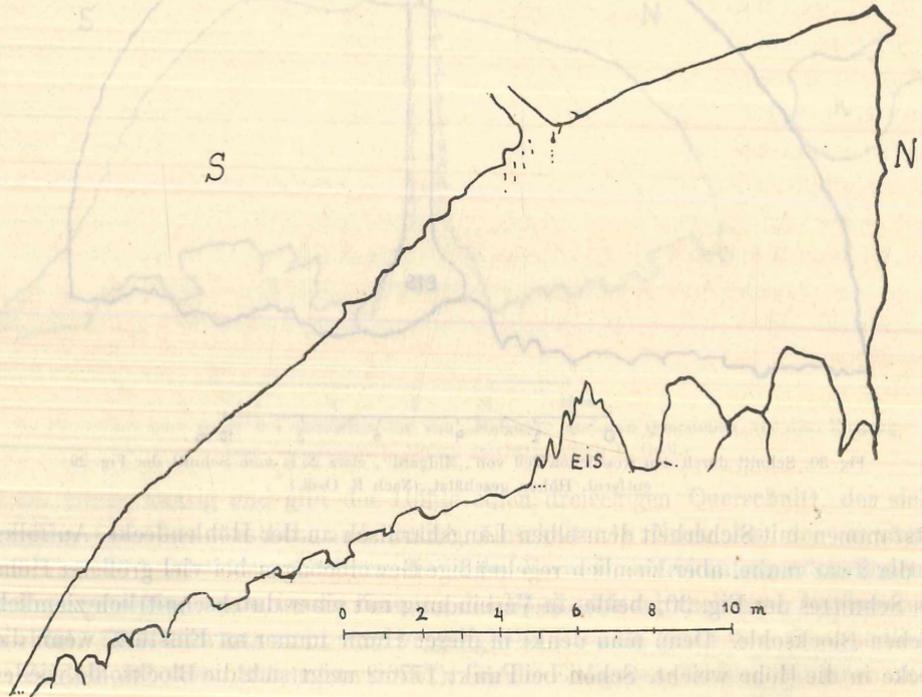


Fig. 32. Schnitt durch „Midgard“ beim Wasserberg (ungefähr südlich des zweiten „e“ von „Wasserberg“ auf dem Plan).

Hereinstürzen größerer Massen droht, um nicht versehentlich ins Krapfenlabyrinth zu geraten, muß man sich mehr und mehr an die höchsten Teile der Blockhalde, dicht unter der nördlichen Höhlenwand, halten. Dieser Anstieg heißt der Wasserberg und führt auch im Längsschnitt der Höhle zu Scheitelpunkten der Blockmassen. Hier sind die Blöcke vom reichlichen Tropf- und Rieselwasser

blank gewaschen, frei vom roten Überzug in ihrer grauen oder weißlichen Naturfarbe zu sehen. Dies gilt besonders von der Umgebung der zierlichen Eisprismenpyramide, die auf dem Plan südlich vom zweiten „e“ des Wortes „Wasserberg“ zu liegen käme. Ein wenig Wasser tropft auch noch östlich eines dort eingezeichneten Riesenblocks aus der von ihm an der Decke hinterlassenen Narbe. Im Frühjahre gibt es weit und breit keine andere Stelle, wo man den Karbidlampen leicht und rasch Wasser zuführen kann, um ihrer schon recht geschwächten Leuchtkraft aufzuhelfen, bzw. auch die Flaschen nachzufüllen.

Gerade zwischen dem Wasserberg und dem Punkte 1780·8, welcher der Gipfel eines Blockhaufens unter einem, auf dem Plan daneben gezeichneten Schlot ist, liegt eine enge,

etwas nach Norden ausgebauchte Teilstrecke von Midgard, durchwegs über der Schichtlinie 1780 m. Hier ist der Raum derart gestaltet, wie es kein anderes Mal in dieser Höhle angetroffen wurde, und er ist immerhin schwer genug kartographisch zu erfassen, so daß der Höhlenplan

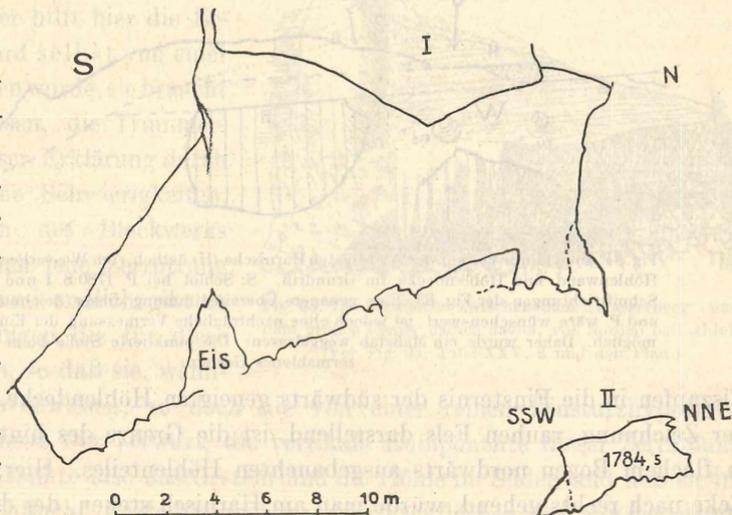


Fig. 33. I Schnitt durch „Midgard“ beim „Wasserberg“. II Schnitt knapp östlich davon (vgl. Fig. 34, nach R. Oedl) beruht auf der Planvermessung.

Wichtiges nicht darstellt. Dies kommt von dem wechselvollen Anteil, den steilstehende Harnischflächen an der Höhlenform nehmen. Die Deckenspalte, welche die Eisgebilde (Fig. 29 und 30) südlich des Canonlabyrinths entsendet, ist vielleicht nicht die gleiche, der die Eisgestalten am Wasserberg entstammen, wohl aber ist sie zu dieser parallel. In dem Maße nun, als Midgard nach Norden ausgebaucht ist, kommt eine jede dieser Kluftflächen in die tiefen südlichen Höhlenteile zu liegen. Man vergleiche nur den Querschnitt Fig. 32 mit dem weiter östlich gelegenen auf Fig. 33, I. Dafür tritt nun der Fall ein, daß ein mit schönen Harnischen ausgestatteter, steiler Bewegungstreifen die Höhle spitzwinkelig schneidet. Er bildet den unteren glatten Teil der Nordwand. Auf dem Plan ist er südlich der letzten drei Buchstaben von „Wasserberg“ zu suchen und reicht noch einige Meter ostwärts. (Vgl. Taf. XIX im geologischen Teil.) Dann verläuft er als Doppelspalte mit östlicher Richtung schräge über die Höhlendecke und liefert

die Südwand der engen Strecke zwischen Punkt 1782·9 und 1783. Das Ganze sieht im Grundriß etwa so aus wie Fig. 34. Unsicher ist, ob der Harnisch der Deckenspalte bis Punkt 1780·8 (Schlot) wirklich die einfache Fortsetzung des Paares der Wandharnische ist oder vielleicht einer sich damit unter sehr spitzem Winkel schneidenden Verschiebungskluft.

Blickt man ein wenig östlicher als Punkt 1782·9 gegen Südsüdwest, d. h. in der Richtung des Querschnittes Fig. 33, II, so hat man den Anblick, den Fig. 35 vermittelt. Das Licht kommt auf ihr von rechts, vom Wasserberge her. Unter dem Harnisch, der herniedersteigt, um dann die Südwand zu bilden, sieht man rechts hinter den

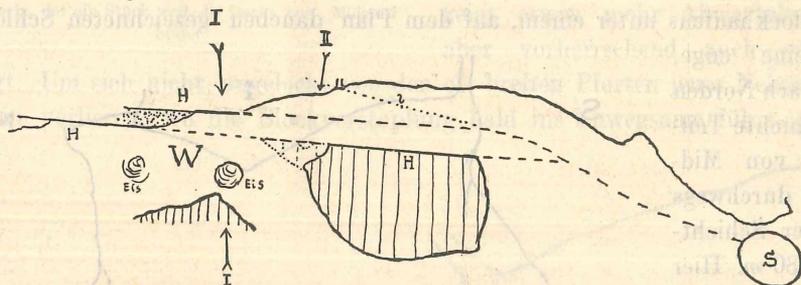


Fig. 34. Ungefäher Verlauf der wichtigsten Harnische (H) östlich vom Wasserberg (W) längs der Höhlenwand und Höhlendecke im Grundriß. S: Schlot bei P. 1780·8 I und II: Ungefähere Schnittrichtungen der Fig. 33. Eine genauere Übereinstimmung dieser Zeichnung mit Fig. 33 und P. wäre wünschenswert, ist jedoch ohne nachträgliche Vermessung der Einzelheiten nicht möglich. Daher wurde ein Maßstab weggelassen. Die punktierte Stelle beim „W“ bedeutet zermahlenes Gestein.

Eiszapfen in die Finsternis der südwärts geneigten Höhlendecke. Der rechte Rand der Zeichnung, rauhen Fels darstellend, ist die Grenze des hinter dem Beschauer in flachem Bogen nordwärts ausgebauchten Höhlenteiles. Hier, um eine stumpfe Ecke nach rechts gehend, würde man am Harnisch stehen, der die Nordwand beim Wasserberg bildet. Vgl. Fig. 34. Der dicke Felspfeiler mit der Südwand der engen Höhlenstrecke liegt größtenteils links außerhalb der Zeichnung Fig. 35. Diese entstand an Ort und Stelle. Taf. XXV, 2 zeigt dasselbe in schräger Ansicht mit anderer Perspektive als der des Auges.<sup>1)</sup> In der Eisriesenwelt wie auch anderwärts macht die Bloßlegung von Harnischen durch Einstürze jene öfter zu Teilen der Höhlenwände. Beim Wasserberge kann eine solche Erklärung gar nicht ohne Vorbehalt und gewisse Bedingungen herangezogen werden. Schon, daß dicht nebeneinander ein Einsturz nördlich und südlich einer Kluft erfolgt sein soll, wobei diese als Nordwand aus dem Blockwerk hinter dem

<sup>1)</sup> Auf dem Weitwinkel des Lichtbildes und der anderen Stellung der Bildebene beruht der Unterschied zwischen T. XXV, 2, und Fig. 34 einerseits, andererseits aber auf den Veränderungen, die in meine Reinzzeichnung gegenüber dem Notizbuch eingeschlichen sind. Darin ist der rechte Rand der Auswaschung nicht so scharf wie auf Fig. 35 und der Harnisch nicht ganz so nahe der Senkrechten. Ich habe aber an der Reinzzeichnung auch nach Kenntnis des Lichtbildes nichts geändert. So diene denn Fig. 34 als Beispiel, wieweit man sich auf solche Abbildungen verlassen kann, wenn im Notizbuch textliche Erläuterungen aus Eile und Ermüdung allzu knapp ausgefallen sind.

Wasserberge hervorwächst, als Südwand von der Höhlendecke herabsteigt, erfordert eine ganze Anzahl willkürlicher Hilfshypothesen auf einmal, wie jeder Versuch sofort beweist, sich einen solchen Einsturz vorzustellen und aufzuzeichnen. Allen solchen Versuchen stehen die Neigungen und Höhenverhältnisse der angehäuften Blocksohlen im Wege; das zeigt schon Fig. 33, ungestört von etwa vorhandenen Mängeln der Wiedergabe. Des näheren geht aus dem allgemeinen Abschnitt über Einstürze hervor (B. II), daß sie für sich allein keine solchen Höhlenquerschnitte auf Grund von Röhren- und Tunnelformen erzeugen können. Vorläufig genügt ein Hinweis

auf die Abbildungen, Fig. 47 bis 53, um dies manchem sogleich klarzumachen. Viel weiter hilft hier die Erklärung, daß Midgard selbst von einer Verwerfung betroffen wurde, sie braucht keine Hilfshypothesen, die Trümmerhalden bringen dieser Erklärung durch ihre Lagerung keine Schwierigkeiten, das Vorhandensein des Blockwerks wird vielmehr durch jene Zerrüttung erst verständlich, und endlich gibt es weitere Beobachtungen, die für diese Erklärung sprechen, so daß sie, wenngleich nicht restlos bewiesen, so doch nie von einer reinen Einsturzhypothese ersetzt werden könnte. Der Verwurf, die vertikale Komponente dieser Zerreißung des Gebirgsinnern, senkte also das Gestein und die Höhle im Süden und hob sie im Norden der Harnischflucht. Beide besprochenen Harnischflächen sind nun gestriemt. Und zwar zeigen beide eine nach Herrn Dr. Pias Messung  $15^\circ$  nach Ost geneigte, wulstige Streifung, die man auch auf den Tafeln XIX u. XX im geologischen Teile dieses Werkes deutlich sieht.

Außerdem ist aber, nach der wichtigen Entdeckung des eben genannten geologischen Teilnehmers an der Akademieexpedition in die Eisriesenwelt, auf dem so gestriemten Wasserbergharnisch eine feine Breccie erhalten, die mit  $37^\circ$  nach Westen geneigten, sehr zarten Schrammen überzogen ist. Diese Bewegung kreuzte also die Richtung der vorerwähnten. War die Verschiebung mit den  $37^\circ$ -Schrammen jünger als die Höhlenform, so brauchte dabei der Südflügel mit dem Harnisch auf Fig. 35 nur etwa doppelt so weit relativ nach rechts gerückt zu sein, als er sich gesenkt hat. Es ist also die Möglichkeit eines jüngerem und so kleinen Ruckes erwiesen, daß die betroffenen Höhlenstücke nicht außer Verbindung gebracht wurden.<sup>1)</sup> Ver-

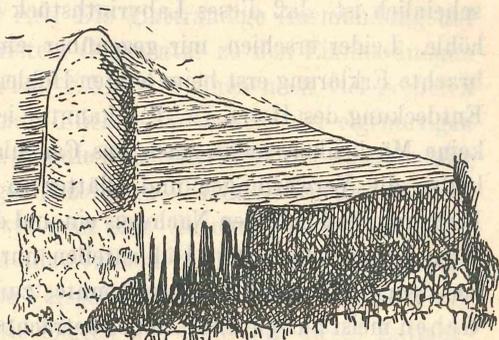


Fig. 35. Die Gleitfläche zwischen dem „Wasserberg“ und dem großen Pfeiler östlich davon, von Norden betrachtet. (Vgl. Fig. 33, Tafel XXV, 2 und den Plan.)

<sup>1)</sup> Wenn wirklich die zarten Schrammen, wie Herr Dr. Pia meint, nur als Werk einer noch viel jüngerem Verschiebung angesehen werden können, dann muß der größte Teil der Scherung sich längs der südlichen Abspaltung des Harnisches vollzogen haben, die in Fig. 34 südwärts der Breccie liegt.

anschaulicht man sich die Bewegung durch zwei verschiedenfarbige Papiere, die eine nach Form und Größe gleiche, etwa elliptische Öffnung haben, so ergibt sich beim Blicke nach Südwesten im Sinne von Fig. 35, daß die eine verschobene Papierfläche links oben, die andere beim Blicke gegen Nordost rechts unten an der Öffnung entblößt ist. Die gefundenen Striemen sind also mit der vorgebrachten Erklärung im Einklange, wenn sie auch nur auf dem einen Harnisch gefunden wurden. Der Nachweis dafür wäre steigerungsfähig, sobald in der Verlängerung, im südlichsten Canonlabyrinth, die gleiche Verschiebung gefunden würde, insofern es ja wahrscheinlich ist, daß dieses Labyrinthstück mindestens gleich alt ist wie die Haupthöhle. Leider erschien mir gegenüber einer bloßen Einsturzhypothese die vorgebrachte Erklärung erst beim letzten Höhlenbesuch als sicherer, ohne daß ich noch die Entdeckung des Herrn Dr. Pia kannte; ich hatte nun aus verschiedenen Gründen keine Möglichkeit mehr, auch das Canonlabyrinth zu untersuchen. Übrigens verlaufen die Verwerfungen und Blätter so selten auf längere Strecken in gerader Richtung, daß man den Nachweis ein und derselben Bewegung in verschiedenen von ihren Fugen gekreuzten Höhlenteilen nur bei sehr vertiefter Untersuchungsweise aus dem Höhlendunkel heben könnte, zumal die Blocksohle Beobachtungen beim Gehen meist ausschließt. Zu der betrachteten Verschiebung haben sich am Wasserberge nicht wenige Einsturzerscheinungen gesellt, so daß der Harnisch der Nordwand vom Blockwerk fast schon verborgen wird.

Ein ganz besonders großer Block, den Taf. XXV, 2 zeigt, ist vom Südflügel der Verschiebung zuletzt herabgefallen und hat ein Stück des von der Decke herabsteigenden Harnisches entführt. Dieser riesige Block liegt nicht so unter seiner Abbruchstelle, wie man es erwartet, auch nicht einfach nach einer Seite gekippt, wozu die schiefe Trümmerhalde oft Gelegenheit böte; man hat den Eindruck, als ob er ein wenig nach Süden abgedreht wäre. Dies konnte hier sehr wohl die Folge eines westlichen Vershubes sein, bei dem die Blockhalde etwas in das Gebiet des zugleich sinkenden Flügels gerückt wurde.

Leichter als die Eigenart der betrachteten Formen fällt eine Erscheinung im südlichen Harnisch (bei Punkt 1784·5) in die Augen und ermöglicht es, noch eine andere Verschiebung in der Höhle zu erschließen. Die Formen sind auf Taf. XX im geologischen Teil festgehalten. In den Harnisch münden kleine und kleinste Wasserröhren scharfrandig aus, die in solcher Zahl und so nahe beieinander in keinem anderen Höhlenteil gefunden wurden. Sie liegen alle auf flach geneigten, vom Harnisch geschnittenen Klüften, die wenig weit anhalten und unregelmäßig verteilt sind. Die Röhrelein zeigen eine allseitige Bearbeitung ihrer Wände durch Strudelnischen, was zusammen mit den Höckern zwischen den Nischen seltsame Formen der nur finger- bis armdicken Querschnitte ergibt. Die Bearbeitung weicht gänzlich ab von jener des Wasserganges in dem Sinne, daß hier das Wasser nicht ganz den Wänden anlag. Die größeren dieser Öffnungen haben eine sackartige Erweiterung ihrer

Querschnitte nach unten, wodurch die eine 70 *cm* Höhe erreicht.<sup>1)</sup> Hier ist also nachträglich in eine einfachere Form hineinerodiert worden. Dies spricht für ein gefällsmäßiges und offenes Fließen der letzten Wasserführung, ebenso wie der Schwemmkegel grauen Sandes, der vor der Mündung eines nicht abgebildeten größeren dieser Röhrlin in der Haupthöhle lehnt.

Wo hinter dem Harnisch kleinere Röhren von Daumendicke in größere einmünden, geschieht das nicht glattrandig, wie der Harnisch ringsum die Ausmündungen schneidet, vielmehr sind die Spuren der Wasserbearbeitung in den Haupt- und Nebenröhren von gleicher Art. Die glattrandige Ausmündung auf die Harnischfläche steht zugleich in schärfstem Gegensatze zu den Einmündungen der großen Röhren der „Schotterhalle“ (Taf. XXXI) in einen noch viel größeren Raum. Während es naheliegt, wild wirbelndes Fließen als Ursache der eigenartigen Formen der Röhren in Midgard anzusehen, gibt die Beschaffenheit ihrer Ausmündung zu denken, ohne schließlich viele Deutungen zuzulassen. Erwägen wir die Möglichkeiten in der Form von Behauptungen, wie man eine Gleichung diskutiert:

1. Die Harnischfläche ist hier älter als alle Wasserarbeit. *a)* Entweder querten nun die Wasseradern die schon vorhandene Verschiebungsfuge, ohne von ihr in der Richtung beeinflußt zu werden, oder *b)* sie folgten ihr, ohne daß dieses Entlangfließen die geringsten Spuren hinterließ. Das zweite ist noch unwahrscheinlicher als das erste.

2. Querten die Wasseradern den Harnisch, ohne von ihm beeinflußt zu werden, so geschah das höchstens darum, weil auf der anderen (nördlichen) Seite der tektonischen Verschiebung in diesem sonst kluftarmen Gestein eine andere Fuge sich zur Fortsetzung des bisherigen Wasserweges darbot, weil also die Verschiebung bei allen diesen Röhren gerade in die Fortsetzung der Klüfte des Südflügels Klüfte des Nordflügels geschaltet hatte. Dies ist unwahrscheinlich und die andere Unwahrscheinlichkeit dieser unter 1 *a* vorgebrachten Schlußweise.

Nebenbei bemerkt sei, daß dann die Röhren in eine Hauptröhre mündeten, die innerhalb des Luftraumes des heutigen Midgards liegt, was man aus dem Fehlen ihrer Verlängerung in der gegenüberliegenden Nordwand schließen muß. Dabei lag jene Haupthöhle abseits des bestehenden Harnisches; auch das ist unwahrscheinlich.

3. Flossen die Wasseradern hingegen (gemäß 1 *b*) am Harnisch entlang, so bogen sie äußerst scharf rechtwinkelig um, hinterließen aber nur deshalb keine Spuren, weil sie sich insgesamt die Fortsetzung ihrer Röhren im verstürzten Nordflügel der Verschiebung ausstrudelten, ähnlich wie der Wassergang streckenweise von einer ziemlich unversehrten Harnischfläche nur berührt wird. Die schon betonte Unwahrscheinlichkeit solcher Schlußweise kann man durch den Hinweis auf den Wasser-

<sup>1)</sup> Es ist die größte auf T. XX. In ihr ist so tief als möglich im Inneren ein für die Einzelheiten zu starkes Licht angezündet worden. Diese Röhre hat dicht an ihrer Mündung zwei Nebenöhren, deren eine man nur teilweise sieht, da sie ein Gesteinsvorsprung verdeckt.

gang um so weniger glaubhaft machen, als der Wassergang nirgends steil zur Harnischfläche verläuft, um dann plötzlich an ihr umzubiegen.

4. Läßt man zu, daß das Fließen in den Röhrlein zugleich mit der Verschiebung erfolgte, so verstärken sich die Unwahrscheinlichkeiten nach Anpassung der Schlußfolgerungen an die geänderte Annahme. Diese Anpassung brächte nur eine geringe Änderung des Wortlautes der Folgerungen.

5. Die Wasserröhren mündeten von Haus aus in eine Höhle, deren Wand hier schon der Harnisch war. Die Glattrandigkeit der Ausmündungen ist nur der Ausdruck der Ebenflächigkeit der Wand. Da der Harnisch hier nicht ursprüngliche Höhlenwand war, ganz gleich, ob die Einsturz- oder eine spätere Verschiebungstheorie zur Erklärung herangezogen wird, sind diese Röhrlein eben die allerjüngsten Formen dieses Umkreises. Dies ist unwahrscheinlich: eine so späte Entstehung der kleinen, längst trockensten Röhren ist schon deshalb abzulehnen, weil die Ursache des Entstehens und Wiederverschwindens einer kräftigen Wasserführung zu einer Zeit, als schon Trümmer in der Haupthöhle lagen, unerfindlich ist, und ferner weil sich im untersuchten Höhlenreich überhaupt nur selten derartige Röhrlein vorfanden. Daher bliebe auch die Beschränkung des schon hydrographisch höchst unwahrscheinlichen Vorganges auf wenige Stellen und seine Häufigkeit an dieser Stelle unaufgeklärt in einer Höhle, die heute als Ganzes in ein riesiges Sieb für ungezählte Sickerwässer eingebettet ist.

Da nach wie vor die Frage noch offen ist, warum denn die in den heutigen Höhlenraum hinausrinnenden Wasserläufe eben doch gar keine Spuren am Harnisch hinterließen, bleibt das Problem ungelöst und wurde nur um ein zweites hydrographisches vermehrt, welches nicht aus Beobachtungen, sondern aus dem Schoße des hypothetischen Ausweges stammt. Wieder muß man es wagen, an Stelle unbewiesener und zugleich unwahrscheinlicher Hypothesen eine Erklärung zu setzen, welche im schlimmsten Falle bloß unbewiesen wäre, obgleich die Unwahrscheinlichkeit der anderen allein schon einen Beweiswert für diese Erklärung ergibt, sobald weitere Hypothesen nicht mehr gemacht werden können.

Es hätte ja gleich gesagt werden können, daß auch hier die Erklärung zutrifft, die Röhrlein seien älter als der tektonische Verschub in ihrer Felsenmasse. Damit ist der scharfe Rand ohne Unwahrscheinlichkeiten in anderer Richtung erklärt. Nur hätte auch gleich hinzugefügt werden müssen, daß die Röhrlein älter sind als jene Verschiebung, welche die  $15^\circ$  nach Osten geneigten Striemen schuf oder ganz allgemein: Bevor überhaupt die älteste erkennbare Bewegung an dieser Fuge erfolgte, waren jene wirbelnden Röhrengerinne schon da. Jene Verschiebung war auch viel größer als die früher besprochene, wofür die Stärke der Striemen spricht und der Umstand, daß man von einer Fortsetzung der Röhrlein nichts sieht. Man hat sich vielmehr vorzustellen, daß sie zunächst verschlossen und das Wasser durch neu aufreißende Spalten unterwegs abgelenkt wurde. Längs des Harnisches bildete sich

in größerer Höhe eine neue Wasserhöhle, deren Ausläufer vielleicht die schon ausgearbeitete Kuppel der Fig. 34 und Taf. XXV, 2 ist. Die neue Höhle war der Vorläufer von Midgard oder der Strecke Midgards, von der hier die Rede ist. Zur Höhlenwand ist der Harnisch erst im Verlaufe späterer Vorgänge geworden, die Midgards ältere Formen betroffen haben. Hievon war schon die Rede.

Die Seltenheit dieser Röhrein spricht an sich schon dafür, daß diese Gebilde einen sehr alten Zustand des Höhlenreiches anzeigen und sonst meist erweitert, verändert und unserem Auge entrückt wurden. Die Bloßlegung des Harnisches und der Rohrmündungen durch die späteren Vorgänge vermochte nur in zweien davon einen gelegentlichen Wasserzudrang mit Sicherheit wiederherzustellen, der mindestens so lange tätig war, bis der emporwachsende Sandkegel vor der einen die Mündung erreichte.

Verlassen wir diesen Höhlenabschnitt, der so gefesselt hat, und gehen wir einwärts weiter. Zunächst verliert wieder die Decke ihre Südneigung fast ganz und bildet ein ziemlich flaches Tunnelgewölbe. Der Harnisch, der beim Punkt 1780·8 mitten durch den Schlot setzt, zieht dann ein wenig südlich des Deckenscheitels weiter. Beim genannten Punkt ist eine umgestülpte Trichterform bescheidener als im Mörkdom vorhanden und nimmt großenteils die hier schmale Höhle ein. Unter dem Trichter liegt ein Hügel großer Steine, die nicht gerundet, aber in der Größe ziemlich gleich sind. Am Hügelfuß ist krümelige und sandige Karsterde verschwemmt. Aus dem Schlote tropfte es, und im Frühjahr hingen auch Eiszapfen über seine Wandung herunter. Das Tropfwasser riß zugleich angenehm warme Luftfetzen mit sich. Man schätzt sie auf Kubikzentimeter und gelegentlich auf  $1 \text{ dm}^3$ . Aus einer rundlichen Wandöffnung etwas nordwestlich vom Schlot,  $1 \text{ m}$  über dem Boden, wehte zu Zeiten ein starker kalter Zug. Da man auf dem Blockhügel ein Stück weit in den Trichterraum emporsteigen kann, so sieht man seine oben ansetzende Schlotröhre genauer, als wenn man  $45 \text{ m}$  hoch emporsehen muß, wie im Mörkdom. Zunächst bewundert man die Durchmesser der ziemlich elliptischen Schlotröhre mit Achsen von  $6$  und  $10 \text{ m}$ . Diese Maße scheinen doch die aller anderen Schlote zu übertreffen, an die man aber nicht so nahe herankann. Trotz solcher Größe hat sein Inneres ein Spiralengewinde, u. zw. nicht unabhängig von einer flachen Klüftigkeit des Gesteins. Wasser trieft glatt auf einer Seite herab. Das spricht dafür, daß dieser Schlot von unten und nicht von oben her, bzw. ganz nebensächlich vielleicht auch von oben her, ausgelaugt wurde. Das Triefwasser gefriert im Frühjahr nur zum kleinen Teil. Man darf annehmen, daß es nicht wesentlich weniger ist als jenes, das die großartigen Eisfiguren der Hymirhalle erzeugt.

Nahe dem großen Schlot liegt gegen Nordost ein kleinerer (er fehlt auf P), aus dem aber keine Tropfen herabfielen. Weiter einwärts, ich weiß aber nicht genau zu sagen wo, liegen an der Nordseite der Höhle Nischenspuren, die man nur als Werk eines offenen westwärtigen Wasserlaufes deuten kann. Hinter dem Punkt 1769·1

liegt ein Trümmerrücken parallel zur Längsachse der Höhle. Sein Südabhang ist länger als der nördliche, und so ist das rauhwölbige Einsturzdach der Höhle vorwiegend nach Süden geneigt. Die Linien auf dem Plan sind als Form- und nicht als 10-m-Schichtlinien anzusehen. Im Bereiche dieses Rückens wird fast auf einmal die Höhlenwand scheckig und unterbrocht mit ungezählten lichten Flecken die düstere Höhlenfarbe bis hinter Punkt 1767·1 und in die südöstlichen Verzweigungen hinein. In der Nähe betrachtet, bestehen die Wände aus lauter rostrot verkitteten grauen, weißen und gelblichen Kalktrümmern verschiedener, oft bedeutender Größe, und der ganze Fels ist nach einer ungeheuerlichen Gesteinszerdrückung wieder aus deren Trümmern zusammengekittet. Die Höhle, in ihrer heutigen Gestalt wenigstens, setzt sich wie ein jüngerer Gebilde aus gesundem Fels durch den Trümmerstein in gesundem Fels fort. Damit ist man an das Ende des eigentlichen Midgards und an die Gabelung der Haupthöhle gekommen. Der Nordast führt zunächst geradlinig weiter.

#### b) Der nördliche Ast der Haupthöhle bis zum „Hängenden Block“.

Die Höhle wird nun etwas schmaler, das Tunnelgewölbe regelmäßiger, was bei der Begehung sowohl westlich der Mündung des „Geisterganges“ als auch an ihr selbst durch je einen Querschnitt belegt wurde. Die Umbiegung gegen Mitternacht bietet Bemerkenswertes. Zunächst steht ein riesiger, dunkel überkrusteter Tropfstein auf einem Sockel vor der meterhoch über dem Boden liegenden Öffnung des Geisterganges, wie ein alter Wächter. Er ist der erste Tropfstein in der Haupthöhle. Eine zweite Tropfsteinbildung steht gegenüber in einer Nische der Südseite, mehr mit der Wand verwachsen. Beide sind rotbraun und dick mit Lösungsergebnissen überzogen.<sup>1)</sup> Seit langem haben sie ihre Wachstumszeit hinter sich, seit die Feuchtigkeit in der Höhle ständig dem Sättigungsgrad nahe ist<sup>2)</sup> und mit der Verdunstung auch die Kalkausscheidung aus den Tropfen ein Ende hat. Diese Tropfsteine sind selbst ein Beweis, daß vorher lange Zeit hindurch Trockenheit herrschte; sie werden kaum so rasch gewachsen sein, wie die Kalzitzapfen unter alten Brücken oder in Ruinengewölben an freier Luft, die doch in Jahrhunderten nur etwa Fingerlänge und Daumendicke erreichten, während es sich hier um 2 bis 3 m hohe und auch sehr breite Bodenzapfen handelt. Allgemeinen Erfahrungen nach sind die Jahrtausende dieser Tropfsteinbildung bereits jünger als die Zeiten der Wasserführung in der Höhle und der damaligen Luftfeuchtigkeit. In Flußhöhlen wachsen von unten keine Tropfsteine. Vorbei an diesen Urkunden, stummen Zeugen einer ungeheuer zurückliegenden Vergangenheit, einwärtsschreitend, hört man alsbald in störender Weise eine Deckenröhre sich ihres Wassergehaltes geräusch-

<sup>1)</sup> Ich muß es offen lassen, ob es sich um bloßen Lösungsrückstand des Kalkes, etwa in der Form von Eisenhydroxyd, handelt oder schon um Bildung von Gel nach Kolloiden von Eisenverbindungen.

<sup>2)</sup> Gerade bei diesem Tropfsteine wurden auch Messungen der Luftfeuchtigkeit vorgenommen. Sie ergaben fast 100%.

voll entledigen, wobei — im Frühjahre wenigstens — das starke Triefen sich ruckweise zu Güssen wie aus einem Schaff steigerte; nur ganz in der Nähe der Wände kommt man unbesprengt vorüber. Beleuchtet man die etwa 10 m hohe Decke, so sieht man, was Fig. 36 zeigt. Ein Schlot ist nicht da, sondern ein flach geneigter Stollen mit schraubenartig gewundenen Wandformen. Das Wasser kommt aber nicht aus der runden Mündung, sondern aus einem Loch, das die Unterseite der Röhre und die klüftige Höhlendecke durchsetzt. Obwohl noch andere Klüfte vorhanden sind, die man selbst von unten sieht, läßt nur die eine Wasser durch.

Das beweist, daß selbst deutlichere Klüfte kapillarer Durchmesser (vielleicht bis über 1 mm) Wasser nicht durchlassen müssen. Daraus erkennt man das Willkürliche der Annahme, daß ohne vorher bestehende Hohlräume größerer oder selbst erheblich größerer Durchmesser vor allem die Erweiterung der engeren für die Anlage einer Karsthydrographie in Erwägung zu ziehen sei. Keineswegs kann aber großkapillaren<sup>1)</sup> (etwa 4 bis 6 mm) oder gar überkapillaren Hohlräumen dieselbe allgemeine Verbreitung nachgesagt werden wie den engeren Fugen und geologischen Haarspalten. Damit tritt auch an die Stelle eines allzusammenhängenden Karstwassers, mindestens für viele Fälle der Höhlenreiche, das ursprüngliche Klüftenest mit seinem selbständigen Wasserhaushalt.

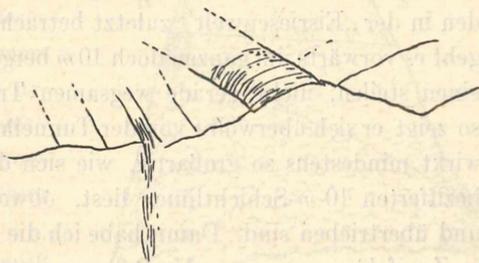


Fig. 36.

In bestem Einklang damit steht das, was ich beim Besuch des berühmten Wasserfalles nordwestlich von Golling beobachtete. Vgl. Taf. XXII. Dort kommt am Abhang des Göllstockes fast 100 m über der Salzach ein kräftiger Karstbach aus einer Quelhöhle, deren Wasser gewöhnlich nur sanft aus einem Siphon emporgedrängt wird. Der Bach fließt nur wenige Meter aus der Höhle und fällt dann etwa 25 m hinab in einen senkrechten zylindrischen Schacht, dessen Vorderseite bis auf eine Naturbrücke (Taf. XXII) zerstört ist. Unter dieser fließt der Bach zu jenen Fällen weiter, die ihn in großartiger Weise an den Fuß des Berges befördern. In dem tiefen Schacht unter der Quelhöhle bemerkte ich keine Wasserzutritte, in der Nachbarschaft hingegen treten einige Quellstränge zutage, die tieferen unter erkennbarem Druck. Ein solcher Wasserstrahl, stärker als die anderen, kommt aus der Naturbrücke, nachdem er sie der ganzen Länge nach durchmessen. Sie ist als Rest einer einst hohen Schachtwand natürlich stark durchklüftet. Das hat bisher der Weiterleitung

<sup>1)</sup> So nenne ich kapillare Durchmesser, bei denen eben noch einzelne Wassertropfen entgegen der Schwerkraft, sei es zwischen Platten oder in einer Röhre, festgehalten werden. Den Betrag von 4 bis 6 mm, der von der Reinheit des Wassers abhängt, verdanke ich freundlicher Auskunft eines Physikers.

des Strahles in seiner Röhre nicht geschadet. Eine für das Wasser durchgängige Bahn verläuft also inmitten undurchlässiger oder wenig durchlassender Klüfte auffallend selbständig. In diesem Verhalten wird sie nicht dadurch behindert, daß sie, wie auch die Nachbarquellen, offenbar zu demselben wassererfüllten Hohlraumnetz gehört, welches oben den Wasserfall entsendet.

Wie soll es da noch wahrscheinlich sein, daß die anderen, kilometerweit vom Gollinger Fall auftretenden Gruppen von Karstquellen derselben Wasseransammlung entstammen, wenn die Zwischenstrecken des Gebirgsabfalles trocken sind? Sogar, daß die unterirdischen Einzugsgebiete dieser Quellen alle miteinander Verbindungen haben, ist unerwiesen und nicht wahrscheinlicher als das Gegenteil, auch dann, wenn man sich diese Verbindungen so nebensächlich vorstellt, daß sie nicht einmal dauernd oder nur mit wechselnder Richtung spärlich durchflossen sind. Somit hat uns Fig. 36 das gleiche gezeigt, wie die Taf. XXII, obwohl das augenblickliche Verhalten des Wassers in beiden Fällen ein derzeit recht verschiedenes ist.<sup>1)</sup> Verlassen wir den in der „Eisriesenwelt“ zuletzt betrachteten Ort. Über sehr unebenes Blockwerk geht es vorwärts, im ganzen doch 10 m bergab, bis man bei etwa 1750 m rechter Hand einen steilen, nicht gerade wegsamen Trümmerberg erblickt. Schaut man näher, so zeigt er sich überwölbt von der Tunnelhalle des Frithjof-Oedl-Doms. Dieser Raum wirkt mindestens so großartig, wie sich dies einer vorstellt, der den Plan mit den bezifferten 10-m-Schichtlinien liest, obwohl diese Angaben nicht stimmen können und übertrieben sind. Damit habe ich die Angaben des Plans nur in jenem Umkreis in Zweifel gezogen, wo der Polygonzug nicht längs der Wände des Doms umhergeführt ist.<sup>2)</sup> Die ganze Halle ist nicht so hoch wie nach dem Plan der Höhenunterschied des Trümmerberges. Der freie Luftraum überschreitet in der Senkrechten kaum irgendwo 20 m und ist meist niedriger. Diese Angabe stützt sich auf den Augenschein und Fallzeiten von Steinwürfen mit Stoppuhr und Tabellen auf Zehntelsekunden. Auch ist die Trümmermasse auf dem Hallengrunde nicht einfach nach Westen, sondern vorwiegend gegen die südliche Wand geneigt. Das würde nach dem Plan eine Neigung zwischen Südwest und Südsüdwest ergeben. Demgemäß liegen die höchsten Blockmassen etwa in der Nordostecke und längs der Nordwand. Der Abstieg in den Lehmtunnel (20 m) ist mir als ziemlich gleich groß in Erinnerung wie jener von der Spitze des Trümmerberges bis zum Eingang dieses Tunnels. Auch das Barometer zeigte nur 4 mm Unterschied bei etwa 0°

<sup>1)</sup> Diese Erfahrungen aus der Untersuchung eines Höhlenreiches sind nichts anderes als eine Ergänzung und Bestätigung der mit großem Bedacht von F. v. Kerner in seiner „Quellengeologie von Mitteldalmatien“ betonten Ansichten. Diese überaus wichtige und mit vielen Abbildungen nutzbar gemachte Abhandlung erschien im Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, Wien 1917, S. 145 ff. (Vgl. bes. S. 153.)

<sup>2)</sup> Das Aufstellen von Meßinstrumenten, wo man selbst nicht leicht Stand findet, ist eine Sache für sich und in der Höhle hundertmal nicht gescheut worden. Ich möchte dem vorbeugen, daß eine wissenschaftliche Diskussion einer ungewöhnlichen Leistung mißbraucht werde.

zwischen dem höchsten Teil des Trümmerberges und einer Stelle des Lehmtunnels, etwa 7 m über dem Schlunde des „Wassererkers“.<sup>1)</sup> Die Decke des Oedl-Doms steigt erst im Westen rasch hernieder. Sein Querschnitt ist in Fig. 37 entworfen.

Beim ersten Besuch ohne Plan kann man leicht glauben, hier das Ende der Haupthöhle vor sich zu sehen. Wirklich bietet der Dom einen gewissen Abschluß mit eindrucksvoller Starrheit. Das bewirkt die lückenlose und glatte Harnischwand der Ostseite auch dann noch, wenn man sich vergewissert hat, daß eine nicht einladende und einsturzgefährlich aussehende niedere Öffnung nordwärts weiter- und hinabführt. Die Wirkung, die davon ausgeht, daß man einen Tunnelgang oder ein Tonnengewölbe unvermutet zugemauert findet, ist hier durch die bei solchen Gewölben ganz unbekanntenen und daher überwältigenden Ausmaße, auch durch die steinerne, abweisende Glätte der sperrenden Wand gesteigert, zumal diese oben etwas überhängt. Die vollkommene Stille dieses Raumes, in dem der gewiß große Trümmerberg zur Nebensache wird, hat ihm ursprünglich den Namen „Halle des Todes“ eingetragen. Die in der Höhle bisher gewonnenen großen Eindrücke steigern sich hier zu eigenartiger Endgültigkeit.

Eine Erklärung des Oedl-Doms muß sowohl die plötzliche Erweiterung der Höhle wie deren jähen Abschluß im Osten betreffen, sie muß natürlich auch die gewaltigen Einsturzmassen beachten. Solche Sturzmassen nehmen mehr Raum ein als der Fels, den sie einstens bildeten. Sie verkleinern daher den freien Höhlenraum. Vor ihrem Sturz muß dessen durchschnittliche senkrechte Höhe größer gewesen sein als nachher. Somit können Einstürze wohl das Emporsteigen von Decken, aber keine große Erweiterung erklären, es sei denn, daß sie durch das Wasser gelöst abgeführt wurden. Immerhin können Trümmernmassen eine Höhlenfortsetzung verstopfen, wie dies Fig. 38 zeigt. Sie entspricht der Zeichnung des Plans. Ich habe den bestimmten Eindruck, daß die Plandarstellung im Banne der durch Fig. 38 erläuterten Hypothesen ihre Abweichungen von meinen Beobachtungen erhalten hat.

Rechnet man eine solche Zeichnung theoretisch nach Abschnitt B II, S. 110 ff. durch, ergibt sich, daß jedenfalls auch früher hier eine Halle bestanden hatte,

<sup>1)</sup> Vielleicht waren im Oedl-Dom ursprünglich nur Formlinien eingezeichnet, wie an einigen Stellen des Plans, so beim „Kirchendach“, und diese Formlinien wurden dann irrtümlich mit 10-m-Abständen beziffert.

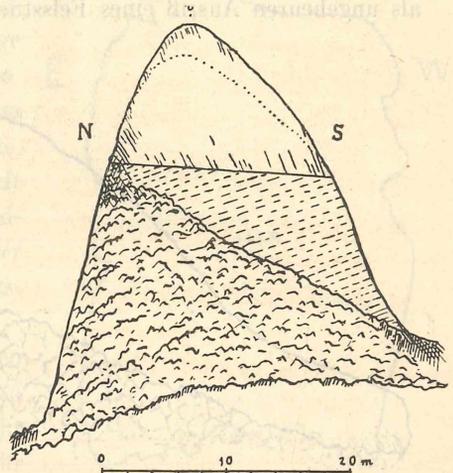


Fig. 37. Queransicht des „Erthjof Oedl-Domes“. Der hellere Teil der Hinterwand hängt etwas über.

deren Fortsetzung unvermittelt ebenso niedrig war wie der Zugang. Höchstens dicht am Harnisch kann dabei der senkrechte Durchmesser der Halle nach dem Versturzt etwas größer werden als der größte vor dem Versturze war. Die Hallenweite bleibt also unerklärt und ist in dieser riesigen Trümmerhöhle auch gar nicht ohne Kenntnis der alten hydrographischen Verhältnisse erklärbar. Die Verstopfung hingegen bedürfte, um ganz sicher zu sein, eines Luftzuges oder Geräusches aus der Fortsetzung der Höhle, die durch das Trümmerwerk hindurchdringen. Daran fehlt es, und so bleibt auch diese Frage offen. Da übrigens Fig. 37 nicht der Fig. 38 entspricht, hätte auch ein positives Ergebnis der Rechnung, welche die Hallenweite als Einsturzgebilde prüfte, nichts bewiesen. Man könnte auch den ganzen Oedl-Dom als ungeheuren Ausriß eines Felssturzes auffassen, der in die Halle eines tieferen

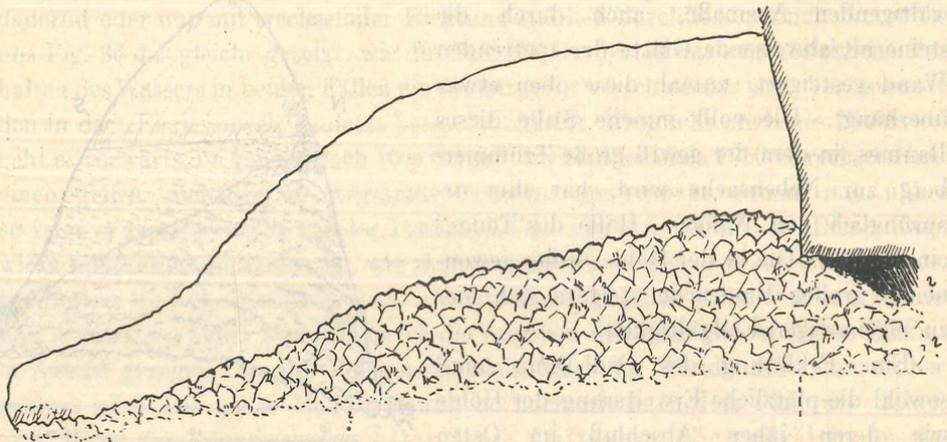


Fig. 38. Längsschnitt durch eine Halle mit verstürzter Fortsetzung.

Höhlenstockwerkes erfolgte, die aber dann noch größer gewesen sein müßte und sicher über 20 m lichte Weite überschritt, wenn das Blockwerk gegen 30% mehr Raum braucht als der feste Fels. Beweis dafür gibt es freilich keinen. Es ist keineswegs kühner, die Fortsetzung des Oedl-Doms gleich als tektonisch verschoben zu deuten, wobei man eine Erklärung für die Trümmermassen gewänne. Die Harnischwand zeigt deutlich flach geneigte Schrammen, deren Winkel Herr Dr. Pia zu  $25^\circ$  maß. Danach erfolgte ein relativer Vershub der östlichen Gebirgsmasse vorwiegend seitwärts, und zwar mit einer Senkung gegen den Nordquadranten oder einer Hebung gegen den Südquadranten.<sup>1)</sup> Doch muß in diesem Falle die Entscheidung bis zur genauen Kenntnis der Lage und Maße des Oedl-Doms oder bis zur Entdeckung einer Fortsetzung von ihm aufgeschoben werden. Der Hinweis auf die Einstürze ist auch hier nicht als das letzte Wort anzusehen.

<sup>1)</sup> Ich muß mich so dehnbar ausdrücken, weil Herr Dr. Pia hier anders als der Plan das Streichen der Harnischwand fast als nordöstliches Maß und auch ich eine mehr nordnordöstliche Richtung gefunden hatte. Daher ist es auch zwecklos, etwas über die Fortsetzung der Blattverschiebung und ihre Spuren in anderen Höhlenteilen auszusagen.

Das noch begehbare Endstück des Nordastes der Haupthöhle erreicht man, abwärtssteigend, auf einer Fortsetzung der Blockhalde des Trümmerberges, bedroht von den Zacken einer sehr morsch aussehenden, ganz niedrigen Höhlendecke, die sich parallel zur Blockhalde steil hinabsenkt. Hierauf ist man im Lehm-tunnel.

Die „rührige“ Blockhalde ist gegen den Fuß zu, wo sie in die Sohle des Lehm-tunnels übergeht, mit brauner krümelig-sandiger Karsterde überstreut und zum Teil vermengt. Die Blockmassen am Grunde des „Lehm-tunnels“, auf die sich die Blockhalde und die ganze Nordwestecke des Trümmerberges im Oedl-Dom stützt, haben sich noch nicht überall recht gesetzt, sondern bilden Kammern in mindestens zwei Stockwerken, in deren oberem ich an einigen Stellen aufrecht stehen konnte, das Geräusch der genagelten Bergschuhe der einige Meter höher gehenden Begleiter vernehmend. Die sandige, krümelige Karsterde, die, als Lehm bezeichnet, den Namen für den Raum anregte, kommt aus einer schräg herabsteigenden Kluft in der Ostwand am Beginne der genauen Nord-richtung. Die feinen Lockermassen, etwas heller als anderwärts gefärbt, bilden vor der Austritts-öffnung einen Haldenkegel.

Er entstammt einer späten Zeit, als den gelegentlichen Zutritten seitlicher Wassermassen in der Haupthöhle keine Wasserführung mehr entsprach. Heute kommt es wohl nicht mehr zu den seitlichen Einbrüchen von Wasser. Der Höhlengang verliert nordwärts seine rauhe Tunnelform und nimmt dabei an Höhe des Raumes zu, so daß er, unweit seines Endes nach Süden betrachtet, folgenden Querschnitt zeigt (Fig. 39), der sich auf eine Zeichnung des Herrn Ing. Oedl stützt. Ein steiler Abstieg führt etwa 5 bis 7 m tief hinab, unmittelbar an den Rand des Wassererkers. Dies ist eine zylindrische, gegen die Ecke des Tunnels offene, gerade Riesenröhre, nach oben Schlot, nach unten Schlund. Es ist der einzige von mir beobachtete Fall in der Höhle, wo dieser Zusammenhang besteht, bzw. noch erkennbar ist, weil den Schacht keine Trümmer erfüllen. Lebhaft plätschert Wasser durch diese Riesenröhre, zum Teil in freiem Fall. Das letzte geknickte Stück des bisher ziemlich ebenen Lehm-tunnels wird wieder niedrig und eng bei Zunahme emporsteigenden groben Blockwerkes und der Kanten der Decke. Schließlich ist es nur noch möglich, unter einem wackelig in seinem Lager an der Decke hangenden Riesenblock durchzuschliefen, und wer feineren Knochenbau und die nötige Gewandtheit hat, der kann

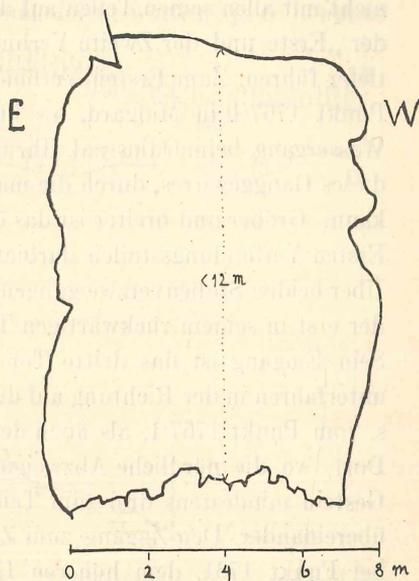


Fig. 39. Querschnitt durch den nördlichen Teil des „Lehm-tunnels“.

der Gefahr, die damit verbunden ist, entrinnen. Ich glaubte das für meine Person nicht annehmen zu dürfen und unterließ es daher, Herrn Ing. Oedl zu folgen, der mir mein Verhalten freigestellt hatte. Vielleicht läßt sich trotz der örtlichen Schwierigkeiten einmal diese wirkliche Falle beseitigen, welche der „Dom des Grauens“ heißt.

#### e) Die südlichen Hauptverzweigungen der Höhle bis zur Mausefalle I.

Das Ganggewirre, welches die zwei Wege enthält, die zu dem abgelegenen Reiche der „Geraden Kluft“ und der weiteren endlosen Höhlenstrecken führen, ist noch nicht mit allen seinen Teilen auf dem Plan dargestellt. Jene Wege ins Innere fassen der „Erste und der Zweite Verbindungsstollen“ zusammen, die beide 30 bis 40 *m* tiefer führen. Zum Ersten Verbindungsstollen leitet anfangs steil die Röhre südlich Punkt 1767·1 in Midgard, als kürzester Weg. Sie erinnert streckenweise an den Wassergang beim Odinsaal. Ihr Eingang ist zugleich die westlichste der Öffnungen dieses Ganggewirres, durch die man es von der vereinigten Haupthöhle aus betreten kann. Größer und breiter ist das östlich folgende Tor, das den zweiten Eingang zum Ersten Verbindungsstollen darbietet. Er führt ohne starke Anfangsneigung hinab. Über beiden Stollenverzweigungen liegt der stark ansteigende Gang des „Irrgartens“, der erst in seinem rückwärtigen Teil sich wieder zu den Höhen von Midgard senkt. Sein Eingang ist das dritte Tor daselbst. Abzweigungen des Krapfenlabrynth unterfahren in der Richtung auf die Damokleshalle sowohl die genannte Strudelhöhle, s. vom Punkt 1767·1, als auch den anderen Zugang zum ersten Verbindungsstollen. Dort, wo die nördliche Abzweigung bei 1720 *m* scheinbar endet, liegen in 100 *m* Gestein mindestens drei zum Teil ansehnliche Höhlen mit gekreuzten Richtungen übereinander. Den Zugang zum Zweiten Verbindungsstollen findet man in Midgard bei Punkt 1761, dem höheren Lehmgangloch gegenüber. Besucht wurden beide Verbindungsstollen, der südliche durch beide Zugänge.

Merklich einfacher geformt ist der nördliche, dessen inneres Ende hinter Punkt 1728·5 *m* liegt. In dem mit 4 bis 6 *m* Höhe beginnenden Stollen läuft an der Decke eine Spalte entlang. Das Aussehen weiterhin ist durch Q 21 und 22 gekennzeichnet. Beim Punkt 1717·9 (in Q 21: 1717·4) ist ein wasserspendender Schlot nahe der nördlichen Wand vorhanden. Bis fast ans Ende bedecken eckige Trümmer ganz den Boden. Sie haben eine raue Decke mit wechselnden Querschnitten hinterlassen, die sich, mindestens perspektivisch, zum Anblick eines polygonal geknickten Gewölbes mit runden Ecken vereinigen, manchmal sind einfache, wenn auch raue Tunnelformen verwirklicht. Erst am rückwärtigen Ende vor dem ganz von Einstürzen beherrschten, wenn nicht geschaffenen Durchgang in die Teilungshalle verleiht dem zweiten Verbindungsstollen eine ansehnliche Röhrenform mit mäßiger Zerstörung einen schön runden Querschnitt. Im vorderen Teil möge noch ein leiser Luftzug Erwähnung finden.

Viel mannigfaltiger sind die Formen des Ersten Verbindungstollens. Zunächst hat man auch hier den Eindruck einer verkleinerten Wiedergabe von Midgard. Dann aber, schon vor der Vereinigung mit dem südlichen Arm, häufen sich Spuren offen fließenden Wassers. Eine mehrere Meter tiefe Wildbachschlucht ist in die ursprüngliche Höhlenform eingeschnitten. Die Nordwand besonders zeigt die in obertägigen Klammern gewöhnlichen Nischen der Uferwirbel<sup>1)</sup> in schönster Ausprägung; eindeutig sprechen sie dafür, daß hier das Wasser im Sinne des heutigen Bodengefälles heftig ins Innere, d. h. nach Südosten geflossen ist. Es war das stärkste Gerinne, von dem ich Spuren in der Höhle gefunden habe. Die umherliegenden Sturztrümmer sind zum Teil selbst vom Wasser umgeformt worden, ja es kommen die bekannten Strudeltöpfe im Boden vor, zum Teil mit Steinen, die dabei als Werkzeug gedient haben. Auf dem Wege zur Satanshalle ist ferner an der Südwand die in Taf. XXIII, 2 festgehaltene Auswaschung, vielleicht  $1 \times 2m$  groß, zu sehen, die auch für ein Strömen nach innen (auf dem Bilde nach links) spricht, aber nicht ohne weiteres zu den mir auch am Tag in Klammern bekanntgewordenen Strudelformen gehört.

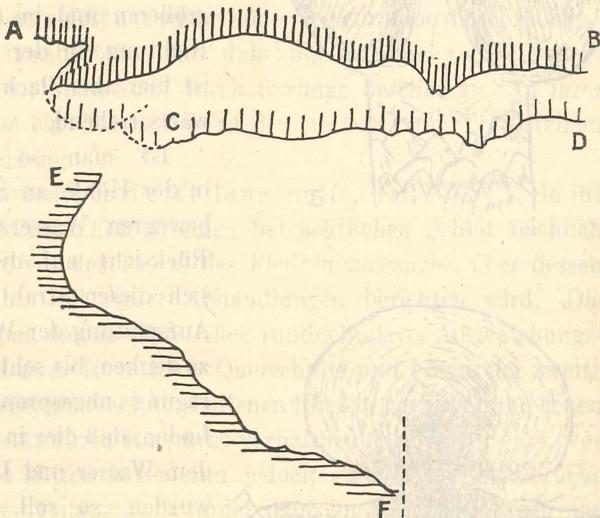


Fig 40. Schnitte durch die Auswaschungsform in der Südwand des I. Verbindungstollens, die auf Taf. XXIII, 2 abgebildet ist.

Leider wird dieses Bild von den meisten Beschauern mit verkehrten Raumtiefen gesehen, nämlich das Erhabene vertieft und umgekehrt. Die Beleuchtung mußte der gewöhnlichen entgegen von rechts unten gewählt werden; darum wäre es besser gewesen, eine Stange anzulehnen und sie samt dem Schatten aufzunehmen. Aber auch wenn ich gleich daran gedacht hätte, so wäre keine Stange dagewesen. Darum seien Schnitte hinzugefügt, fast parallel zu den Bildrändern, gemäß den Buchstaben der Taf. XXIII, 2. Die Schnitte sind ungenauer, als sie bei einer Feststellung in der Höhle selbst ausgefallen wären (vgl. Fig. 40).

In der freien Natur traf ich nur einmal etwas dieser Auswaschung Ähnliches, nämlich in der Eugenklamm, einer Schlucht bei Werfen, von wo ich die Erscheinung als Auftreffnischen beschrieben habe. Auch die Einkerbung kleinerer Nischen in

<sup>1)</sup> Besonders die im Dachsteinkalke beobachteten Formen in den „Salzachöfen“ und „Lammeröfen“. Vgl. Speläol. Jahrbuch III, 1922, S. 40.

eine große ist dort vorhanden. Aber Größe und Richtung der Gebilde sind in der Eugenklamm abweichend. Der „Stiegenkesselfall“ in dieser Klamm erzeugte eine steil abwärts geneigte, viel größere löffelförmige Auftreffnische und hat in diese übergeordnete Hohlform nur drei bis vier kleinere eingekerbt, die zusammen die ganze Breite der Auftreffnische einnehmen. Diese kleineren gestreckten Vertiefungen

sind in der Eugenklamm als das Werk zeitweilig mehr zusammengefaßter Strahlen des Falles und vielleicht auch unter Mitwirkung geschleuderter Steine entstanden. In der Höhle ist eine viel größere Zahl kleiner Vertiefungen in der größeren und im Anschluß an sie verteilt. Die Richtung, in der diese Gebilde gestreckt sind, ist hier aber flach geneigt, zum Teil sogar aufwärtsstrebend.

Ist man so zweifellos berechtigt, auch in der Höhle an Strahlwirkungen eines heftig bewegten Wassers zu denken, so zwingt die Rücksicht auf die dargelegten Unterschiede, sich diesen Strahl zunächst in eine klaffende Aufspaltung der Wand so lange hineingetrieben zu denken, bis schließlich die gelockerte Hervorragung abgesprengt wurde. Sollte jemand finden, daß dies in einem Stollen geschah, unter dem Wasser und Luft unter Druck mitgerissen wurden, so soll dem hier keineswegs widersprochen werden. Dann freilich wäre diese Strömung nicht die gleiche gewesen, die dicht davor die kleine Schlucht eines offenen Wildbaches in die ältere Höhlenform gerissen hat. Seine Strudelformen halten bis in die Satanshalle an, wo sie jedoch durch Einsturzerscheinungen überwältigt werden. In der Satanshalle macht es Mühe, sich eine Vorstellung

von dem Raume zu bilden, selbst wenn man mitten darin steht. Allerdings verlangt auch das Vorwärtskommen auf und zwischen den Blöcken der Sohle höchste Aufmerksamkeit. Die Zacken der Wände, das rote Gestein und die schwarzen Schatten bieten wirklich einen höllischen Anblick, der aber auch lehrreich ist. Ich entnehme meinem Notizbuche folgende rohen Striche, die an Ort und Stelle gezeichnet wurden (Fig. 41).

Weitergehende Genauigkeit konnte nicht erreicht werden. Schoa beim Hineingehen fällt der Stützfeiler mit den Formen eines alten Baumstammes auf, der

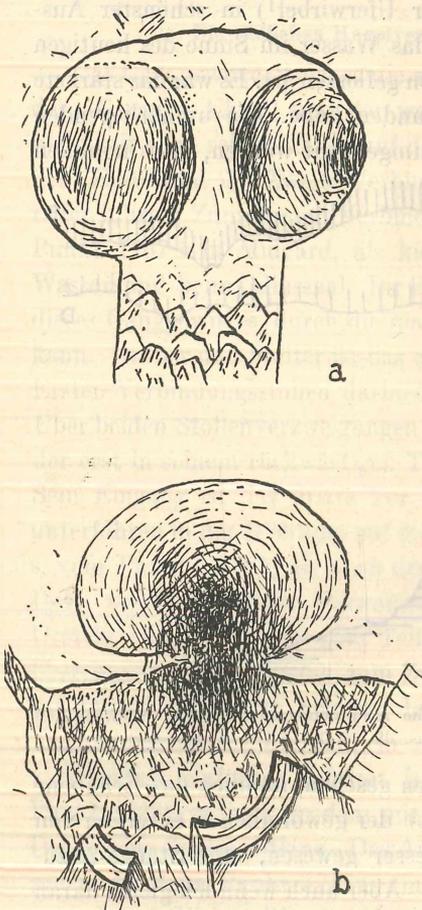


Fig. 41. In der „Satanshalle“. a) Blick nach Westnordwest. b) Blick ins Innere.

Rest einer sonst vernichteten Zwischenwand zweier Röhrenformen. Nicht weit davon (Fig. 41 unten) ist die Verwachsung zweier übereinanderliegenden Röhren erfolgt. Einen bedenklichen Eindruck macht es, wo ein höchst klüftiger dünner Zwischenboden noch erhalten ist. Die Satanshalle ist der einzige große Einsturzraum im Bereiche der Haupthöhlengänge bis zur I. Mausefalle, dem man es heute noch deutlich ansieht, daß er durch Zusammenwachsen mehrerer vom Wasser erzeugter Höhlen entstand. Weiter einwärts bietet auch der erste Verbindungsstollen die gewohnten Formen einer Einsturzhöhle. Aber darin stehen, bzw. liegen als Besonderheit riesige Tropfsteine umher, deren schwer beschädigter Zustand (Taf. XXIV) ebenso wie ihr Blockuntergrund verraten, daß sie nicht etwa nur von stürzenden Trümmern abgeschlagen oder umgeworfen wurden, sondern selbst aus einem höheren Teilraume dieser Höhlengegend mit der Zwischendecke herabgefallen sind; dabei blieben einige riesige Bodenzapfen ziemlich aufrecht stehen, wenn auch durch Sprünge beschädigt. An ihrer ursprünglichen Stelle waren sie ein Gegenstück zu den unversehrten Tropfsteinen vor dem Einstiege zum Geistergang.

Beide Verbindungsstollen münden in die Teilungshalle, Taf. XXV, 1. In ihr hört man am Nordende (über Punkt 1749·3) einen beträchtlichen Schlot reichlich Tropfwasser spenden. Er liegt vor der Pforte des Fledermausganges, über dessen Knocheninhalt der zoologische Teil dieser Abhandlungen berichten wird. Die Teilungshalle ist ein hoher Raum, dessen Mittelstück rundlich glatte Auswaschungsformen wohl erhalten hat, und zwar ist es nach Querschnitt und Länge der zweite größte Höhlenraum, der als Ergebnis einer vom offenen Fließen grundverschiedenen Bewegung auslaugenden Wassers, durch Einstürze verhältnismäßig unversehrt, vor uns steht.<sup>1)</sup> Beiderseits dieses Mittelstückes sind jedoch größere Deckenabbrüche erfolgt. In der Fortsetzung der Teilungshalle findet man, nachdem man über eine niedrige Felsstufe hinabgestiegen ist, viel krümeligen, braunen Sand, wahrscheinlich mit Eisenverbindungen überkrusteter Quarzsande. Auch Auswaschungen offen fließenden Wassers sind in kleinen Nischen an der Ostwand erhalten. Sodann senkt sich die rauhe Höhlendecke, zugleich wird die Höhle durch einen großen Felspfeiler (P) eine Strecke weit in zwei Teile geteilt. Im östlichen geht es weniger steil empor als im westlichen, wobei auch die Höhlendecke alsbald wieder steigt. Man ist hier am Saum eines gewaltigen Trümmerberges, der auch die beiden Durchgänge verstopft, so daß man sich östlich des Felspfeilers gegen die Wand gedrückt mühsam durchzwängen muß. Der Trümmerberg strebt dann gegen Südwesten empor und endet oben mit bedenklichem Scheitel jäh an einem länglichen tiefen Abgrunde, der Fortsetzung der Geraden Kluft, der man sich nun nähert. Man steigt dahin, sich östlich haltend, am Fuß der andauernden Trümmerhalde hinab und

<sup>1)</sup> Der erste, von dem das gesagt werden konnte, war der mittlere und östliche U-Tunnel. Die Enträtselung der Krümmungsverschiedenheiten im Umriß solcher Hohlräume (vgl. Taf. XXI und XXV, 1) ist Sache der angekündigten hydrographischen Untersuchung.

kommt zunächst an einer zweiten Ausbauchung des Höhlenraumes vorüber, welche von der Kluft durchquert wird, aber unten von Riesentrümmern verlegt ist. Das Durchstreichen der Geraden Kluft zeigen finstere, schmale, unwahrscheinlich hohe Fenster beiderseits dieser Ausbauchung. Nur ein innen mehrfach kantiger Schluf<sup>1)</sup> zwischen den verklemmten Riesenblöcken hindurch erlaubt es, nun in den großen Raum der Geraden Kluft zu gelangen. Aber die Mühe lohnt sich auch. Denn sie ist geradeaus 250 m lang und dabei so schmal, daß sie 8 m Breite wohl nirgends

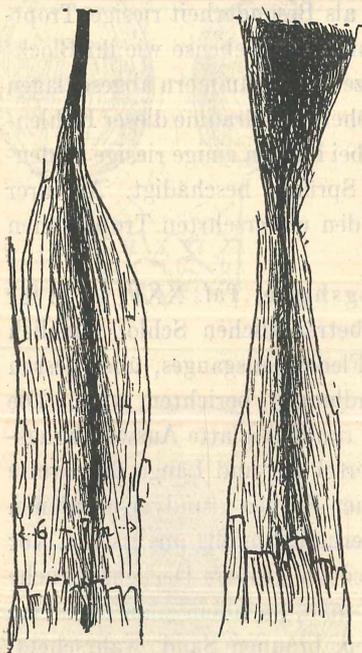


Fig. 42. Blick durch die „Gerade Kluft“.  
Nach Zeichnungen an Ort und Stelle.

überschreitet, ja bis auf 5 m am Grunde sich verengt. Die Höhe konnte mit Leichtigkeit auf 30 m veranschlagt werden, soweit das Licht empordrang. Aber nach oben ist meist kein Abschluß zu sehen. Dort läßt das Auftreten spätgotisch geschweiften Verengungen (Q 23 und 24) mehrfach Schätzungen auf 60 m Höhe zu, welchen Betrag ich in Übereinstimmung mit Herrn Ing. Oedl angebe. Die Wände bestehen aus steilen Riesenplatten, die auch den Untergrund oft in einer Stellung bilden, daß man mit jedem Fuß auf der Schmalkante einer anderen Platte stehen muß. Sie sind in der unbekannt tiefen Kluft eingekellt. Selbst in der Satanshalle macht das Vorwärtskommen nicht derartige Mühe. Aber man vergißt das hier im Banne dieses nach oben wie nach unten unergründet fortgesetzten Raumes. Er erinnert deutlich an manche Fieberträume der Kindheit, in denen es aussichtslos schien, zwischen endlos langen, drohend zusammenrückenden Wänden noch durchzukommen.

Fig. 42 möge davon eine Vorstellung geben; die Zeichnungen wirkten weniger unzulänglich, wenn sie von mattgrauem, statt von weißem Papier umgeben wären.

Dieser Höhlenabschnitt, dergleichen nirgends sonstwo gemeldet wurde, ist durch Wasserwirkung in keiner Weise erklärbar. Die Geradlinigkeit und der weite Durchblick unterscheiden ihn sofort von einer Klammform, wozu noch das Auskeilen in der Längsrichtung kommt und das gänzliche Fehlen aller einer Klamm solcher Größe auch nach manchem Versturz zukommenden Auswaschungsformen. Nur an einer Stelle der Ostwand findet man solche nahe dem „Boden“ als flache, etwa 1 m hohe elliptische Vertiefungen, die eine allseitige scharfrandige Einfassung von Klammauswaschungen unterscheidet. Die Vertiefungen machen den Eindruck, es handle sich nur um den Rest einer einst größeren Hohlform, deren vorderer Teil

<sup>1)</sup> Westlich des „G“ von „Gerade Kluft“ auf dem Plan.

samt dem Fels, in dem er lag, losgesprengt oder irgendwie abgerissen wurde. Diese Vorkommnisse sind höchstens ein Grund gegen die Deutung der „Geraden Kluft“ als Wasserwerk. Ganz eigenartig ist in ihr die Rolle der Einstürze, die zum Unterschiede von anderen Höhlenteilen gar nichts Wesentliches an der Raumgestalt ändern können und den Schluß zulassen, die „Gerade Kluft“ habe nie wesentlich anders als heute ausgesehen, mögen auch einige Plattenstürze die Tiefe mehr verkeilt und die Höhe nach oben erweitert haben. Führt also auch die Erwägung eines etwa eingetretenen Versturzes nicht auf eine große Auswaschungsform zurück, so bleibt nur der Schluß, daß man hier einen wahrhaft ursprünglichen Anblick des Gebirgsinneren vor sich habe. Tatsächlich sprach auch der Geologe der Expedition, Herr Dr. Pia, der an einem früheren Tage hieher gelangte, sogleich von einer „Primärkluft“ im Gebirge, einer Ansicht, der ich mich im Sinne der vorgebrachten Erwägungen nur anschließen kann.<sup>1)</sup> Selbst die Plattenstürze können noch alle aus der Zeit des Aufreißens der Kluft stammen. Ganz auffällig ist die Armut an Sickerwasser in ihr, das sonst eine Unmenge längst gangbarer Bahnen in viel weniger zerrissenen Teilen der „Eisriesenwelt“ gefunden hat. An einer einzigen Stelle tröpfelte es zeitweise von oben herab. Darunter liegen in der Vertiefung eines Felsens „Tropfwassergeschiebe“<sup>2)</sup> von Nußgröße. Es muß aber auch Zeiten eines stärkeren Herabtriefens an dieser, dem südlichen Ende des Raumes benachbarten Stelle geben. Denn um die Geschiebe sind die Blöcke frei von der roten Kruste und liegen rein gewaschen in ihrer grauen Farbe da. Bemerkenswert ist das Verhältnis der Geraden Kluft zu den benachbarten, deutlich vom Wasser erzeugten Formen. Der 750 m lange Höhlenteil, der auf dem Plan noch hinter der Geraden Kluft folgt, ist jählings wieder von der früher beschriebenen gewöhnlichen Art (vgl. Taf. XXVI und Q 24<sup>3)</sup>).

Die in Q 24 übereinander sichtbaren Gänge liegen, wie P zeigt, nicht in einer senkrechten Ebene, sondern schräg übereinander. Der Strickleiterabstieg der Mausefalle I liegt an der verstürzten Kreuzungsstelle ihrer Richtungen. Da der untere Gang durch Trümmer verlegt und so von der Geraden Kluft aus nicht

1) Die Überzeugung vom späteren Aufreißen tektonischer Spalten in unseren hochalpinen Höhlen ist ihren ersten Eroberern und Darstellern H. Bock und R. Saar durchaus geläufig. Vgl. z. B. den Aufsatz von Saar in den „Berichten der staatlichen Höhlenkommission“, II., 1/2, S. 50 ff. Mir handelt es sich darum, für diese Auffassung in der Geraden Kluft einen Beweis vorzuführen.

2) Ihre Feststellung und Erklärung ist gerade in Höhlen sehr wichtig, wo eine Verwechslung mit eingeschwemmten Flußgeröllen vermieden werden muß, sollen nicht arge Trugschlüsse entstehen. Man verdankt die genaue wissenschaftliche Erkenntnis derartiger nicht von Flüssen erzeugten Geschiebe den ausgezeichneten Forschungen A. Böhm's-Böhmersheim, die er in den Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft, Wien 1917, im 60. Bd., S. 335 ff., veröffentlicht hat.

3) Es ist für diese Strecke eigentlich ein Längsschnitt.

zugänglich ist, muß man in leichter Blockrunse etwa 15 m hoch zum oberen Gange steigen, von dem aus dann wieder der 10 m tiefe Strickleiterabstieg nötig wird.

Schon die Querschnitte dieser Gänge und der nach einwärts folgenden Höhle zeigen, daß die Gerade Kluft weder ihre ursprüngliche noch ihre morphologisch dazu ausgestaltete Fortsetzung ist; fremdartig steht sie auch an ihrem Nordende der Teilungshalle als abgelegener Schlund gegenüber (nördlich vom Schluf). Über der Mausefalle I fanden sich unweit der Sicherungsstelle für die Strickleiter Sinter- und Tropfsteingebilde vor, die also hier noch nicht zur Tiefe gestürzt sind; es liegt in verhältnismäßig gut erhaltener Form ein kurzes Stück einer verlassenen Wasserhöhle vor.

Beim Rückweg aus der Geraden Kluft zur Teilungshalle zwischen dem kantigen Eingangschluf und der Durchzwängstelle fällt als erste Wasserwirkung seitwärts



fig. 43.

der Kluft eine kleine ausgestrudelte Kuppel in der dort südwärts emporstrebenden Decke auf (Fig. 43). Ganz dieselben Formen kann man in der Koppenbrüllerhöhle bei Obertraun sehen. Dort liegen sie hinter Vorsprüngen der noch sehr rauhen Decke, welche in den zeitweise hoch anschwellenden, wirbelnden Höhlenbach eintauchen. Gleich abwärts davon taucht dann die ganze Decke unter, so daß ein kurzer, aber breiter und geräumiger Siphon das Wasser zur Halle des Ausgangs führt. Mit einer derartigen Fließweise ist der Schlund der Geraden Kluft daneben ebenfalls in jeder Richtung unvereinbar.

Hier haben Vorgänge das Gebirge inmitten eines Systems ehemaliger Wasserhöhlen zerrissen, so daß es heute noch unter 300 bis 500 m mächtigem Gestein auf 250 m Länge meterweit klafft. Sie haben dabei einige ältere Wasserwirkungen isoliert und die Fortsetzung, bzw. Verbindung der betroffenen großen Höhlenräume bisher auch der Entdeckung entzogen. Die Zerrüttung des Gesteins durch ganze Fugenschwärme im Anschluß an die Gerade Kluft, ihr mangelhafter Anschluß an das Kluftnetz des Sickerwassers gibt uns die Gewißheit, daß die schon früher erschlossenen primären Nester von überkapillaren Kluftfugen als erste Keime einer Höhlenentwicklung in einem alle Erwartung übersteigenden Maße vorkommen,

daß sie aber selbst dann noch nicht durch einen Gebirgsstock hindurch mit allen anderen Fugengeflechten zusammenhängen müssen.<sup>1)</sup>

So können die Sickerwässer sich auf verschiedene Kluftnester verteilen und darin Wasserlager ansammeln. Wo es nicht ganz an Abzugsfugen fehlt, gleichgültig, ob diese empor-, seitwärts- oder abwärtsführen, wird sich das Wasserlager alsbald in Bewegung setzen und wird je nach Umständen in eine langwährende Druckströmung verwandelt. Verschiedene Wassernester in einem Karst können nur dann miteinander in ein Zirkulationssystem eintreten, wenn erstens Verbindungsklüfte vorhanden sind oder später entstehen, zweitens diese weit genug sind, daß bei den vorhandenen Drucken Wasser überhaupt und in mehr als unbeträchtlichen Mengen hindurchtreten kann. Es ist nicht wahrscheinlich, daß diese Verbindung in einem Kalkstock eine allgemeine wird und so ein Karstwasserspiegel entstehe.<sup>2)</sup>

#### **d) Bemerkungen über das Eislabyrinth und andere Seitenverzweigungen der „Eisriesenwelt“.**

Ein Blick auf den Plan läßt folgendes erkennen: Die wenig verzweigten langen Nebengänge, in denen die Richtung senkrecht zur Haupthöhle vorherrscht (Canonlabyrinth, Lehmgang und Geistergang) und wo die Verdoppelung einzelner Stollenstrecken eine untergeordnete Rolle spielt, sind die eine Art der Seitenverzweigungen. Die andere stellen zum Teil weniger lange Gangfolgen parallel zur Haupthöhle dar. Sie sind stark gegabelt und auch ineinander verflochten; gleich hohlen Henkeln sind sie gewöhnlich an den Raum des Hauptgefäßes angeschlossen. Diese vor allem versuchen den Höhlengänger, daß er von der Haupthöhle abirrt, und sind daher als Labyrinth bezeichnet worden.

<sup>1)</sup> Daran ändert es nichts, daß nach den neuesten Entdeckungen des Herrn Ing. R. Oedl und des Fräuleins L. Fuhrich, die mir das soeben in dankenswerter Weise berichtete, die Gerade Klufft eine enge Verbindung nach der Tiefe hat, wo beide im tieferen Hohlraum einen quer zur Geraden Klufft gerichteten Wasserlauf sahen. Es ist daher ganz gut möglich, daß bei erhöhtem Druck der unteren Strömung manchmal Wasser in die tieferen Teile der Geraden Klufft von unten gehoben wird, wie dies bei Leitungen in aufgesetzten Standröhren geschieht. Vgl. den geol. Teil, S. 62.

<sup>2)</sup> Die reichliche und gleichmäßige Verbreitung von Dolinen auf manchem Karste könnte man dafür ins Treffen führen, daß von Haus aus ebenso reichliche und gleichmäßig verbreitete Bündel von Abzugsfugen für das Wasser den Kalk durchsetzten. Jedoch sind diese allenthalben beschränkten Flächen, wo die Dolinen derartig dicht ausgesät sind, nicht als die überwiegende Art der Karstlandschaften erwiesen und schon gar nicht als Gegenden der bedeutendsten Höhlenbildung. Vielmehr ist umgekehrt die Höhlenbildung in einer Verknüpfung mit reihenweisem Auftreten der unterschiedlichen Dolinen auffällig oft sichergestellt. Ich will übrigens nicht darauf eingehen, welche der Dolinen erst nachträglich von unten her, u. zw. durch Lösung der Oberfläche hinzugefügt wurden. Es sind wohl die meisten überall dort, wo im Karst früher eine lange Zeit oberirdische Entwässerung vorhanden war. Daß endlich die Dolinen auf unseren Kalkalpen in ihrer Tiefenentwicklung hinter dem Absinken der unterirdischen Wasserinhalte so bedeutend zurückgeblieben sind, ja daß sie in ungezählten Fällen durch Einschwemmungen noch seichter geworden und früh erstarben sind, stützt auch nicht die Vorstellung eines Zusammenhanges der meisten unter solchen Dolinen gelegenen Kluffthohlräume miteinander, bzw. mit einem gemeinsam vom Wasser durchfluteten Fugen- und Röhrensystem.

Die Meereshöhen dieses Höhlenreiches bieten erst nach Einbeziehung der seitlichen Gänge ein einigermaßen abgerundetes Bild. Südlich vom Midgard herrschen die tiefen Lagen vor, nördlich die hohen. Das zeigt schon die noch nicht durchforschte Höhle hinter der Mausefalle I. Kein zweiter Höhlenteil hält sich auf eine so lange Strecke unter 1730 *m*, dabei ist der Wechsel seiner Höhen überhaupt gering. Fast zu denselben Tiefen, bis unter 1720 *m* herab, sinkt das Krapfenlabyrinth. Hingegen führen Eis- und Röhrenlabyrinth ebenso wie Lehm- und Geistergang in Höhen bis über 1810 *m*. Dabei werden einmal sogar solche bis 1840 *m* erreicht, nämlich am Nordende des „Steilen Ganges“, dessen Neigung freilich auf 50° steigt. Er liegt über dem Eislabyrinth, so wie der krumme Irrgarten über den Gängen zwischen Krapfenlabyrinth und erstem Verbindungsstollen. Dieser Irrgarten ist der höchste Teil der auf dem Plan dargestellten Höhle südlich von Midgard; er erreicht aber nur auf einer kurzen Strecke eben 1800 *m*. Auf und ab steigt das Canonlabyrinth, indem es am Südende sofort 10 *m* höher führt als die höchsten Teile von Midgard beiderseits vom Wasserberg, nämlich über 1790 *m*, dann aber sinkt es bis zum Rande des „Riesenschlundes“ zu den Höhen des unteren Drittels der Posselthalle, was 100 *m* Abstieg bedeutet. Dadurch steht das Canonlabyrinth im Gegensatze zum nördlichen Endstück der Haupthöhle, wo man am Wassererker auch schon unter 1730 *m* steht, wo aber der Dom des Grauens die dahinter neuerlich beginnende Steigung bedeutend fortsetzt. Sieht man von den senkrechten Schloten ab, so führen nur der Steile Gang und das Röhrenlabyrinth höher als der Wimur oder die Trichterenge des Mörkdoms (L) und nur der Nordast des Canonganges und die Mausefalle II im undurchforschten Höhlenteil hinter der Geraden Kluft führen tiefer als der untere Fuß des Eisturmes in der Posselthalle. Die Höhen des I. Eis-sees am Eingange fanden sich in der Höhle nur in Schlünden und Abgründen. Wenn man daher auf den (nicht überhöhten) Längsschnitt noch 30 *m* aufsetzt, so umfassen die 200 *m* alle bisher zugänglichen Höhenunterschiede der Eisriesenwelt. Daß im Anzeiger der Akademie der Wissenschaften dieser Betrag zu 300 *m* angegeben wurde, geht auf eine Schätzung zurück im Hinblick auf die damals nicht mit Schichtlinien ausgestattete Plankopie sowie auf mündliche Auskünfte, die vielleicht steile Höhlenteile im Auge hatten, deren Durchkletterung wohl geplant war, die aber noch auf dem Plan fehlen. Ich entsinne mich eines engen, sehr steil aufstrebenden Ganges schräg gegenüber vom Geistergang.

Die seitlichen Labyrinth weisen ziemlich lange Bückstrecken und Kriechstellen auf. Lichtbilder wurden im Gebiete des Eislabyrinths gemacht. Die Einstürze treten dort zurück. Das ursprüngliche Aussehen der Gänge ist daher entweder besser erhalten oder nur durch Einfüllungen aller Art verändert. In der „Schatzkammer“, dem westlichen Endsacke des Eislabyrinths, dessen Höhe freilich nicht überall 1 *m* überschreitet, ist die Luft schon trocken genug, so daß Tropfsteine sich bilden konnten (Taf. XXVII). Die Verbindung ihrer weißen, gelben und rötlichen Töne

mit dem Schimmer der Eiszapfen bietet im Lichte den Anblick blendenden Geschmeides (Taf. XXVIII). Wasserbecken, die zum Teil jetzt noch vorhanden sind, gab es einst in größerer Anzahl und Tiefe. Jetzt noch bestehen kleine Eisseen<sup>1)</sup> und der Kalzitsee im nordwestlichen Teil des Röhrenlabyrinths, zu dem ich nicht emporgetrochen bin. Nach gefälliger Mitteilung des Herrn Dr. E. Hauser bilden sich auf seinem Spiegel Kalzitkristalle. An mehreren Stellen des Röhrenlabyrinths verraten an den Wänden haftende Platten aus Kalzitkristallen den früheren Bestand solcher kristallisierender Wasserspiegel (vgl. Taf. XXIX) und auch dem Kalzitsee selbst entragen Trümmer einer eingestürzten älteren Kalzitdecke. Einschwemmungen von Sanden zentralalpiner Herkunft findet man in den Zugängen zum Eissee, ebenso im Röhrenlabyrinth in deutlicher Deltaschichtung, einen um 0·5 *m* tieferen Wasserstand verratend als die Kristallplatten darüber. Der Kalzit kommt in zweierlei Ausbildung vor: in Kristallplatten mit stengeligem Aufbau und in Drusen mit rauhen knospen- und warzenähnlichen Aufragungen. Die Kristallplatten sind gelblich durchscheinend, mit einer streng wagrechten Schichtung durchzogen. Ihre Kristallformen ragen manchmal von einer messerscharf und glatt verlaufenden Horizontalebene nach oben und unten. Die rauhen Drusen sind grau und offenbar reich an fremden, feinen Einschlüssen. Sie ganz besonders haben als Unterlage die eingeschwemmten zentralalpiner Sande gehabt, deren Reste gleich darunter noch an den Röhrenwänden haften. Auf diese Drusen paßt die Theorie, die Herr Dr. Pia im (VI.) geologischen Teil des Werkes, S. 62/63, gegeben hat, unmittelbar. Was die Kristallbildung selbst betrifft, so seien die Feinheit dieser Karbonatformen und ihr Auftreten wissenschaftlicher, möglichst schonender Untersuchung durch einen Mineralogen empfohlen.

Mitteilungen über den Steilen Gang und die von ihm abgezweigte „Schotterhalle“ können hier nur auf Grund der Aufnahmen A. Asals und gefälliger Auskünfte des Herrn Ing. R. Oedl vorgebracht werden, denn leider fehlten mir Zeit und Mittel, diese Höhlenteile zu untersuchen. Taf. XXX zeigt wieder einmal durch Einsturz miteinander verbundene, übereinanderliegende Höhlen. Oben sieht man den Einstieg zur Schotterhalle und zum Steilen Gang. Er liegt auf Plan etwa 1·5 *cm* nordwestlich des „U“ vom „U-Tunnel“ oder 1 *cm* nördlich der Karrenfläche (Taf. XIX). Im oberen Gange gelangt man, rechts abbiegend, in die 12 *m* hohe Schotterhalle (Taf. XXXI).

Den Zugang bilden zwei schräg übereinanderliegende, etwa 3 *m* „im Lichten“ (wenn man in der Höhle so sagen darf) messende Röhren mit hochelliptischem Querschnitt. Sie liegen auf demselben Nord zu Ost streichenden Harnisch, längs dessen im Hintergrunde fünf Öffnungen übereinander gähnen, wie man auf Taf. XXXI sieht, die zweite und dritte sind in der Hallenwand schon verschmolzen. Außerdem münden

<sup>1)</sup> Vgl. Taf. XIV im V. meteorologischen Teil dieses Werkes.

aus drei anderen Richtungen — abgesehen vom Zugang — hier schön ausgewaschene Stollen mit trompetenförmig erweiterter Mündung. Die Größenordnung des Durchmessers dieser Gänge beträgt etwa 1 m. Die zweite Öffnung von unten im Hintergrunde der Schotterhalle sieht auf Taf. XXXI sehr kantig aus.<sup>1)</sup> Sie ist aber nur durch Abbruch so rauh erweitert. Taf. XXI im geologischen Teil zeigt die anschließende zellig ausgelaugte Röhre mit ihrer Kreiszyylinderform und die Bruchspalte, zugleich einen menschlichen Maßstab. Die Decke der Schotterhalle steigt gegen Süden rasch 5 m herab. Ihr Boden zeigt unter einer Tropfstele „Schotter“, die nicht untersucht sind, so daß es unsicher ist, ob es wirklich solche sind oder nur Tropfwassergeschiebe nach A. Böhm-Böhmersheim.

Der Steile Gang endet niedrig, flach, keilförmig zulaufend und hat im Bereich einer flächenhaften Verbreiterung seines Grundrisses rückwärts einen Felspfeiler, im südöstlichen Teil des Bodens aber zwei zunächst etwa 60° und 90° steil zur Tiefe führende Gangansätze. Zwischen beiden Löchern ist die Neigung 35° bis 40° und eine kleine Schlucht ist darin eingeschnitten.

Erosionswirkungen offen fließenden Wassers sind auch in den Seitenverzweigungen in der Höhle eine Seltenheit, meistens hat das Wasser nur wenige Dezimeter oder Meter auf diese Weise in die Tiefe genagt. Ansätze dazu zeigen sich unter anderem im Eislabyrinth beim Seelein, wo der Querschnitt besonders durch die Nischen der unteren Wandteile von den Röhrenformen der verschiedenen Art, die wir kennen gelernt haben, abweicht.<sup>2)</sup> Ob diese Formen mehr der Fließweise entsprechen, welche das dem Gefälle der Sohle folgende offene Wildwasser in der Satanshalle besessen hatte, oder der Fließweise, welche die oft undeutlichen kleinen Nischen erzeugte, die sich wie verloren an Tunnelwänden finden, könnte erst nach abermaliger Untersuchung auf Grund der später zu veröffentlichenden neuen Theorie der Karsthydrographie ausgesprochen werden. Der Canon, dem das Labyrinth nördlich der Midgardstrecke seinen Namen verdankt, ist nach freundlicher Mitteilung des Herrn R. Oedl eine bis zu 10 m tiefe Schlucht im Grunde eines Tunnels. Damit muß dieses Bruchstück einer Einzelbeschreibung der Eisriesenwelt abgeschlossen werden.

## B. Allgemeiner Teil.

### I. Anzahl und Verteilung der Schlote und Schächte in der „Eisriesenwelt“.

Gewisse Höhlenteile mit rundem Querschnitte liegen im Tennengebirge senkrecht oder nahezu senkrecht, ohne daß man sagen kann, wie hoch empor oder wie tief hinab sie greifen. Keinesfalls greifen sie mit gleichbleibender Breite bis an den Tag, obwohl viele als Schlote für den Luftdurchzug wirken, die Schächte reichen ebenso wenig sicher in die Tiefen, wo heutzutage noch das Wasser im Tennengebirge sich

<sup>1)</sup> Etwa in der Mitte der Bildhöhe links der senkrechten Halbierungslinie.

<sup>2)</sup> Vgl. Taf. XIV beim meteorologischen Teil dieses Werkes.

sammelt und Quellen zufließt, vielmehr erschweren sie aufs äußerste durch Engen und eingekeilte Trümmer ihre Erforschung, die schon wegen der Steilheit zu den schwierigsten Aufgaben der Höhlenkunde gehören würde. Ob jeder Schlot, so wie der Wassererker, eine unter Blockwerk verborgene Fortsetzung als Schacht besitzt, ist zweifelhaft angesichts der Tatsache, daß den Schächten meist kein Schlot an der Decke, wenigstens nicht in unmittelbarer Nähe darüber, entspricht. Immerhin hat es manches für sich, einen ursprünglich vorhandenen Zusammenhang dieser Art nach oben, bzw. nach unten für so manche Fälle anzunehmen, der dann z. B. durch tektonische Verschiebungen aufgehoben worden wäre.

Was uns die senkrechten Röhren des Höhlenreiches vielleicht noch lehren können, läßt sich den folgenden Übersichten entnehmen. Die Zahlen zwischen den fortlaufend bezifferten Vorkommnissen beziehen sich auf deren gegenseitigen wagrechten Abstand, und zwar immer auf die gerade Entfernung vom nächsten Schlot oder Schacht, gemessen längs eines Höhlenteiles oder senkrecht dazu. Wo wegen der Seitenverzweigungen das räumlich nächste Schlotvorkommen nicht zugleich das in der Liste vorangehende ist, beseitigt der Hinweis auf die fortlaufende Nummer des betreffenden Vorkommens jede Unklarheit. Eine kleine Null bei den Zahlen teilt mit, daß der betreffende Schlot oder Schacht auf dem Plan fehlt, meist weil das Zeichen zugunsten anderer Eintragungen ausgelassen wurde. Die Zahlen sind auf 5 m abgerundet.

### Verzeichnis der Schlote.

Vorkommen.	Anmerkung.
240 m vom Eingange:	
1. <sup>o</sup> Schlot der Hymirhalle	nur zum Teil von Eis verstopft.
50 bis 60 m	
2. Schlotepaar am Eingange zum Wimur	entsendet Eissäulen.
190 m	
3. <sup>o</sup> Riesenschlot des Mörkdoms, zwischen Punkt 1761·8 und Punkt 1760.	
50 m	
4. <sup>o</sup> Schlotepaar im Eispalast	entsendet Eissäulen (Eistrauben).
60 m	
5. <sup>o</sup> Schlotepaar im Westteil des U-Tunnels	entsendet Eistrauben (Säulen bei Wachstum bis zum Boden).
110 m	
6. <sup>o</sup> Tropfstelle in der Decke der Schotter- halle.	
80 m von Nr. 5	
7. <sup>o</sup> Tropfstelle am Westende von Midgard	nährt einen Eishügel.
50 m	
8. <sup>o</sup> Schlot im westlichen Midgard	entsendet eine Eissäule.

## Vorkommen.

## Anmerkung.

140 bis 150 m

9.° Kleiner Schlot an der Mündung des Canonlabyrinths, nahe westlich Punkt 1776'2,

entsendet eine Eissäule.

230 m

10. Schlotepaar an der zweiten Ecke des Canonlabyrinths.

190 m von Nr. 9:

11. Riesenschlot in Midgard östlich von den Eingängen ins Krapfenlabyrinth mit kleinem Nachbarschlot im Nordwesten

entsendet Tropfen, bzw. einige Eiszapfen.

130 bis 145 m

12. Kleiner Schlot in unsicherer Lage in der Nähe des Einganges zum Ersten Verbindungsstollen.

240 m von Nr. 11:

13. Schlot in der Damokleshalle.

65 bis 75 m

14.° Zwei Schlote im Zweiten Verbindungsstollen am Ende des Westdrittels, < 20 m voneinander entfernt.

35 und 60 m

15. Zwei kleine Schlote östlich der Mitte des Ersten Verbindungsstollens, 25 m voneinander entfernt.

105 m

16.° Großer Schlot am Nordende der Teilungshalle über Punkt 1740'3

spendet reichlich Wasser.

320 bis 330 m von Nr. 13:

17. Wassererker

mit Fortsetzung in den Schacht.

65 m

18. Schlotepaar im Dom des Grauens.

330 m von Nr. 16

19.° Tropfwasserstelle in der Geraden Kluff westlich der Mausefalle I.

Es gibt also an 19 Stellen Schlote, wobei es wenig verschlägt, daß einer oder der andere nur vermutet ist, weil man darauf gefaßt sein muß, daß einige noch gar nicht entdeckt sind. Nicht mitgezählt ist der auf dem Plan als Schlot eingezeichnete Deckengang beim Steinmann am Knie des nördlichen Hauptastes der Höhle.<sup>1)</sup> An jenen 19 Stellen sind 24 Schlote vorhanden, wobei die Schlotepaare, das sind Schlote mit weniger als 10 m Abstand, als zwei gezählt wurden (meist sind sie sogar weniger als 5 m voneinander entfernt).

<sup>1)</sup> Vgl. Fig. 36.

## Verzeichnis der Schächte.

Abstand vom nächsten Schlot: (Nr.)

- |   |   |
|---|---|
| 1. Nahe dem Ostende des Röhrenlabyrinths<br>(siehe „Klubsessel“)                              | { 55 m (Nr. 8)<br>\ 160 m (Nr. 6).                        |
| 210 m   |   |
| 2.° im obersten Teil des Steilen Ganges?<br>(Eislabyrinth)                                    | { 160 m (Nr. 4)<br>\ 75 m (Nr. 6).                        |
| 150 m   |   |
| 3. Westende des Canonlabyrinths   | 210 m (Nr. 8).  |
| 110 m   |   |
| 4. „20-m-Schacht“ inmitten des westlichen<br>Astes im Canonlabyrinth                          | >200 m (Nr. 9).   |
| 170 m   |   |
| 5. Schacht neben den Schloten an der Ost-<br>ecke des Canonlabyrinths                         | > 20 m (Nr. 10).  |
| 80 m  |   |
| 6. „30-m-Schacht“ im Canonlabyrinth   | 75 m (Nr. 10).  |
| 125 m   |   |
| 7. „Riesenschlund“ am Nordende des Canon-<br>labyrinths mit kleinem Schacht am Süd-<br>rande  | 190 bis 205 m (Nr. 10).                                   |
| 435 und 450 m von Nr. 5   |   |
| 8. zwei Schächte auf der Südseite der Satans-<br>halle, < 20 m voneinander entfernt           | < 20 bis > 30 m (Nr. 15).                                 |
| 90 bis 110 m  |   |
| 9. zwei Schächte am Ostende des Ersten<br>Verbindungsstollens, < 20 m voneinander<br>entfernt | 50 bis 65 m (Nr. 16).                                     |
| 385 m vom nördlichen Schachte des Nr. 9   |   |
| 10. Wassererker   | 0 (Nr. 17).   |
| 105 m   |   |
| 11. Schacht am Nordende des Doms des<br>Grauens   | 40 m (Nr. 18).  |
| 375 m von Nr. 9 (nördlicher Schacht)  |   |
| 12. Schacht im südöstlichen Hauptast zwischen<br>Mausefalle II und „Kirchendach“              | liegt für eine vergleichbare Entfernung zu ab-<br>seitig. |

Von diesen 12 Stellen mit Schächten wurden fast alle abseits der meist verstrzten Haupthöhle gefunden: 5 im Canonlabyrinth, 2 im Eislabyrinth, 2 im Ersten Verbindungsstollen. Im ganzen sind an den 12 Stellen 14 Schächte festgestellt worden. Die Verteilung aller senkrechten Röhren ergibt sich aus den aufgeführten Abständen gemessen längs der Höhle oder senkrecht dazu, je nachdem, was das kürzere ist; im zweiten Fall ist auch durch den Fels gemessen worden. Veranschaulicht wird die Verteilung durch Fig. 44.

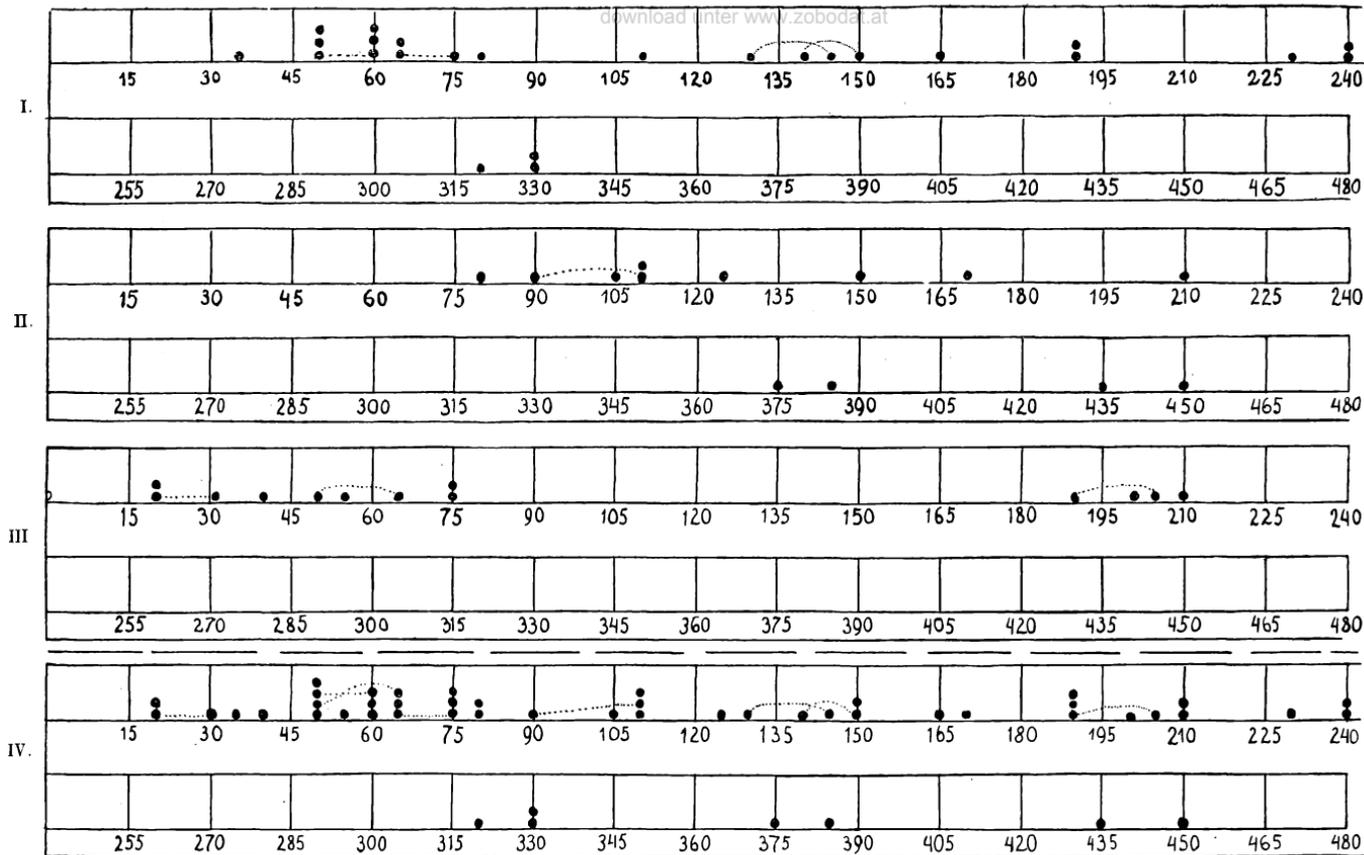


Fig. 44. Die Häufigkeit der kürzesten gegenseitigen Entfernungen der senkrechten Röhren: Die 15-m-Abstände sind durch senkrechte Striche hervorgehoben, jeder schwarze Tupfen ist ein gezählter Schlot oder Schacht. I. Die geraden Abstände der Schöfte. II. Die geraden Abstände der Schächte. III. Die geraden Abstände der Schächte vom nächsten Schlot. IV. Zusammenzählung aller Werte von I bis III zur Bestimmung der Häufigkeitsverteilung der verschiedenen kürzesten Abstände der senkrechten Röhren.

Es ist bemerkenswert, daß die senkrechten Röhren von der nächsten am häufigsten um das Vielfache von 30 *m* entfernt sind, und zwar ragen durch Häufigkeit hervor die Werte 20 bis 35 *m* (um 30 *m*), 50 bis 75 *m* (um 60 *m*), ferner 210, 240, 330 und 450 *m*. Abweichungen stellen nur dar die Werte von 105 bis 110 *m* (statt 90 oder 120 *m*) und 190 *m* (statt 180 *m*). Da die kürzesten Abstände der meisten Röhren entweder fast parallel zu gangbaren Höhlenstrecken oder sehr steil dazu verlaufen, so entspricht ihre Verteilung der Lage an den Knotenpunkten eines Spaltengitters von ziemlich regelmäßiger Beschaffenheit. Daß die Werte 270, 300, 360 und 420 *m* gar nicht vertreten sind, würde bei der Enge des Beobachtungsbereiches nichts ausmachen, denn es sind auch zwischen ihnen meist gar keine, selten vereinzelte unregelmäßig verteilt. Wer nun daraus schließen wollte, daß einfach alle 30 *m* eine zur Schlotanlage besonders geeignete Spalte sich mit einer anderen kreuzte, wäre gleichwohl nicht ganz im Recht. Bemerkenswert häufig sind auch die Übereinstimmungen der Abstände mit dem Vielfachen von 55 *m*, bzw. der Hälfte davon 27·5 *m*, wenn man  $\pm 5$  *m* Spielraum läßt; das ist angesichts der häufigen Aufspaltung der Bruchflächen mehr berechtigt als das Festhalten eines starren Abstandes. In diesem Falle erweisen sich als besonders häufig die Werte von 50 bis 60 *m*, 105 bis 115 *m*, 325 bis 335 *m*, 380 bis 390 *m*, dann, ein ungerades Vielfaches von 27·5 *m* einschließlich, 187·5 *m* bis 197·5 *m*. In anderen Fällen ist die Nähe der Grenzwerte dieser durch  $\pm 5$  *m* gegebenen Zahlenpaare mehr begünstigt, z. B. 22·5 und 32·5 *m*, 77·5 und 87·5 *m*, 435 und 445 *m*.

Aber auch in dieser Regel gibt es zwei Störungen: 150 und 210 *m* fallen ganz heraus und treten an die Stelle des durch Vorkommnisse nur schwach belegten Abstandes von 160 bis 170 *m* und des überhaupt nicht vertretenen von 215 bis 225 *m*. Daß 270 bis 280, 297·5 bis 307·5, 352·5 bis 362·5 *m* nicht belegt sind, macht aus den gleichen Gründen wie bei einigen der Werte von  $n \cdot 30$  *m* nichts aus.

Somit lasse ich es ganz dahingestellt, welches die richtigen, aber vielleicht veränderlichen Meterzahlen sind, um deren Vielfaches im Spaltengitter die Knotenpunkte auseinanderliegen, durch welche besonders oft die steilen Röhren gehen. Die Ausnahmen für die Abstände eines Vielfachen von 30 *m* passen gerade ausgezeichnet in die Reihe von 27·5, 55 *m* usw. und umgekehrt. Regelmäßigkeiten sind deutlich vorhanden, welche ohne irgendein Dazutun Fig. 44 zeigt. Sie lassen sich nicht einfach als Zufall hinstellen, sondern es wird sich empfehlen, diesen Dingen auch in anderen Höhlen das Augenmerk zuzuwenden.

## II. Die Einstürze und die Formenwelt der Höhle.

Die Einbrüche der Höhlendecke und das davon stammende Trümmerwerk machen den größten Teil der Eisriesenwelt zu einer Wildnis. Sie haben die vom Wasser ausgestalteten Formen in der Haupthöhle größtenteils vernichtet, und was davon übrig ist, etwa 300 *m* Länge umfassend, ist in einzelnen Stücken so weit

voneinander getrennt, daß es unmöglich wird, hier auf induktivem Weg einen Zusammenhang der Wasserwirkungen herzustellen. Die betreffende Deduktion muß aber einer anderen Abhandlung vorbehalten werden. Gleich aber sei gesagt, daß es mir nicht zweifelhaft erscheint, daß auch die Einsturzformen fast überall auf die Formen der Wasserwirkung zurückgehen. Wie man sich deren Entfaltung vorzustellen habe, darüber konnte hier nur in Andeutungen gesprochen werden. Keinesfalls hat es eine Bedeutung, daß selbst noch diese Verstürzhöhle auf dem Plan eine „flußnetzähnliche“ Gestalt habe, wie es vertreten worden ist.<sup>1)</sup> Darauf könnte man nicht einmal Analogieschlüsse gründen. Nicht nur ist dabei von wichtigen Unterschieden in der Senkrechten abgesehen und wird der noch unvollständigen Kenntnis dieses Höhlenreiches vorgegriffen, sondern in Wahrheit bietet auch kein Bachnetz auf der Erdoberfläche im Maß 1 : 2000 diesen Anblick dar, und einzelne Stromgebiete, auf die man sich wegen ihrer zufälligen Ähnlichkeit berufen könnte, sind tausende Male größer.

Nicht in dieser Richtung ist die wichtigste Aufklärung nötig, sondern im Hinblick auf die ungewöhnlich hohen Durchmesser der „Eisriesenwelt“ angesichts der Tatsache, daß doch jeder Herabsturz von Felsmassen diese auflockert und mehr Platz verbraucht, d. h. daß er den begehbaren Raum einengt. Daraus kann gefolgert werden, daß für das Verschwinden von Blockwerk gesorgt war oder daß die Vorläuferhöhlen riesige Ausmaße hatten oder endlich, daß mehrere Hohlräume durch Einsturz der Zwischendecken und Wände mitsammen verschmolzen sind, wobei die tieferen zur Aufnahme des Blockwerkes dienen konnten. Die erste und die dritte Möglichkeit sind in der Höhle zweifellos verwirklicht, so daß die Annahme riesiger Vorläuferhohlräume unnötig wird, die ohnehin ihrerseits einer Erklärung bedürften. Als solche wird angesehen, daß Deckenabbrüche lange Zeit im Wasser erfolgen, welches die Trümmer löse. Doch sprechen unmittelbare Gründe für die Anwendung der beiden anderen Erklärungen. Fast alles Blockwerk, das in der Posselthalle und Hymirhalle herabfallen würde, müßte seit Bestand der Eissole auf deren steiler Neigung abgleiten und sich unterhalb, heute auf der Strecke flacheren Gefälles, einwärts vom Eingange sammeln, wo der erste Eissee liegt. Eine flachere Strecke war einst wohl auch die ursprüngliche Sohle der Eingangshalle, wenn nicht gar eine Vertiefung an der Stelle des ersten Eissees vorhanden war. Jedenfalls stammt das Blockwerk, das heute die Eingangshalle von fast 30 m Durchmesser bis auf eine Lücke von etwa 2 m Höhe verengt, nur in der obersten, etwa 4 m hohen Aufragung sicher von der Decke der Eingangshalle (L). Was weiter vorn (gegen Süden) herabfällt, muß schon seit langen Zeiten in die ungeheure Schlucht des Achselgrabens hinabstürzen. Ein großer Teil des Blockwerkes im Bereiche des Einganges darf daher aus der Posselthalle hergeleitet werden, und so kann man sich die gewaltigen Raumhöhen

<sup>1)</sup> Ich beziehe mich hier auf den Diskussionshinweis eines sehr geschätzten Kollegen, der ihn nach meinem Vortrag in der Geographischen Gesellschaft in Wien 1921 vorgebracht hat.

bis zur Hymirhalle erklären. Die Gegenprobe bildet die flache Höhlenstrecke Niflheim—Sturmsee. Hier ist das Blockwerk liegen geblieben und das Eis hüllte es ein. Es gibt aber auch keine zweite so niedrige Strecke der Haupthöhle! Auch der Vorläuferraum erweist sich hier von bescheideneren Maßen, denn die Eismächtigkeit der flachen Höhlenstrecke ist geringer als von da aus- und einwärts. Die Stellen, wo nachweislich mehrere Höhlen durch Einsturz zu einer verschmolzen wurden, habe ich schon genannt. In gewissem Sinne gehört auch Midgard zwischen dem Wasserberg und dem großen Schlotte über Punkt 1780·8 dazu. Im Längsschnitte sieht seine Blocksohle ziemlich flach aus, aber im Querschnitt ist sie stark geneigt (Q 20). Midgard wurde dort ebenso wie das westliche Krapfenlabyrinth an einer schrägen Kluft angelegt. Die Einstürze führten die Trümmer nicht bloß in die tiefsten Teile der Schrägböschung in Midgard selbst, sondern es brachen auch Trennungswände gegen das Krapfenlabyrinth ein, deren Trümmer im Anschluß an die Blockhalde Midgards und von ihr verstärkt von den Höhlungen des Krapfenlabyrinths aufgenommen wurden. Daher ist Midgard gerade hier ein weiter, streckenweise im Süden von uferloser Finsternis begrenzter Raum. Es ist also verständlich, daß trotz Masseneinstürzen, deren Trümmerwerk von einer Wasserführung keinerlei merkbare Minderung erfuhr, so große Hallenhöhen verbreitet sind. Die allergrößten unter ihnen in Gestalt der Schlottrichter und die Gerade Kluft gehen auf andere Gründe zurück (vgl. S. 66 u. 81 und S. 92). Schon ein Blick auf den Plan legt es nahe, die Haupthöhle zum Teil auf vereinigte Labyrinthstränge, zum Teil auf Tunnelstrecken zurückzuführen, die etwas größer waren als die einzelnen Röhren der Nebenlabyrinth. Formen wie der U-Tunnel sind schmaler als die meisten reinen Einsturzstrecken, ebenso ist auch die schön rundliche Höhlenform vor dem Geistergang schmaler. Aber sie sind doch wieder größer als die Labyrinthgänge. Die Vereinigung der Labyrinthstränge vollzog sich durch Einsturz; möglich ist es, daß es auch Hauptlabyrinthstränge, z. B. im westlichen Midgard, gegeben habe, deren Röhren größer, deren Zwischenwände dünner waren als im noch erhaltenen Krapfenlabyrinth. Diese Möglichkeit legt die Satanshalle nahe (vgl. Fig. 41) und selbst der Vergleich der ungleich dicken Zwischendecken auf Taf. XXX und XXVI.

Wie schon die Einzelbeschreibung ergab, ist es öfter wünschenswert, über die Maße und Lage jener Hohlräume eine Vorstellung zu erlangen, die den heutigen Einsturzstrecken vorangegangen sind. Damit ist auch einer Prüfung jener Ansichten der Weg gebnet, die in einer Einsturzhöhle alles nur bei sonst unverrücktem Gesteinskörper zu erklären vermeinen. Darum sei hier ein Abschnitt eingeschaltet.

#### Über die Berechnung von Verstürzwirkungen.

Alles, was sich hier darüber sagen läßt, sei auf Fig. 45 gegründet, die nicht nur als rechteckiger Querschnitt, sondern auch als Längsschnitt eines Zylinderstückes angesehen werden kann und vielseitiger verwendbar ist, als es auf den ersten Blick

scheinen könnte. Bleiben wir zunächst bei einfachen Annahmen und betrachten eine Höhle mit derartigem Längsschnitte, die in dieser Form beiderseits sich noch

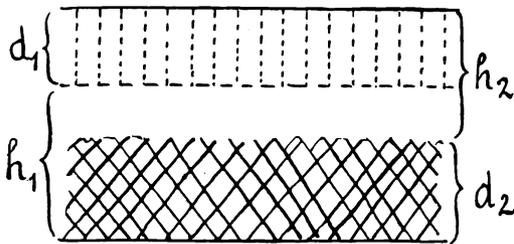


Fig. 45.

fortsetzt. Dadurch werde eine Trümmerverschiebung in der Längsachse hintangehalten. Zudem erhalte die Trümmermasse auch nach der Seite nirgends Böschungen, die eine Bewegung der Blöcke quer zur Höhlenrichtung verursachen könnten. Die Höhen des Höhlenstückes vor und nach dem Deckeneinsturze seien  $h_1$  und  $h_2$ .  $d_1$  sei

die Dicke des später herabgefallenen Deckenfelsens und  $d_2$  die Dicke des von ihm gelieferten Trümmerwerkes gewesen. Daraus folgt ohne weiteres

$$\begin{aligned} h_2 &= h_1 + d_1 - d_2, \text{ oder wenn} \\ d_2 - d_1 &= \delta \text{ und} \\ d_1 - d_2 &= -\delta, \text{ folgt} \\ h_2 &= h_1 - \delta, \text{ bzw.} \\ h_1 &= h_2 + \delta. \end{aligned} \left. \dots\dots\dots \right\} 1)$$

Da man sich für ein bestimmtes Verhältnis von  $d_1$  und  $d_2$  entscheiden kann und daher, sobald man  $d_1$  oder  $d_2$  kennt, auch  $\delta$  absolut kennt, so ist die frühere Raumhöhe berechenbar. Kennt man, wie leider oft, freilich weder  $d_1$  noch  $d_2$ , so kann man eine Rechnung nur unter gewissen Voraussetzungen und nur zur Abgrenzung von Größenordnungen durchführen.

So z. B. ist man in der Eisriesenwelt nirgends genötigt, anzunehmen, daß Deckeneinstürze gewachsenen Fels von mehr als 20 m Dicke herabgeschafft hätten, anderseits liegt kein Problem vor, wenn 2 m und weniger von der ursprünglichen Decke herabgefallen ist. Nehmen wir an, das lockere Blockwerk verbrauche 25 bis 35 % mehr Höhlenraum als die gleiche Gesteinsmasse im ursprünglichen Verbande, so ist bei 20 m Deckenabbruch  $\delta = 5$  bis 7 m, bei 2 m: 50 bis 70 cm. In Wirklichkeit liegen die größeren Einstürze um die Mitte dieser Werte, so daß nur etwa 2 bis 3 m größte Unsicherheit bezüglich des senkrechten Durchmessers eines Höhlenraumes vor dem Versturze herauskommt.

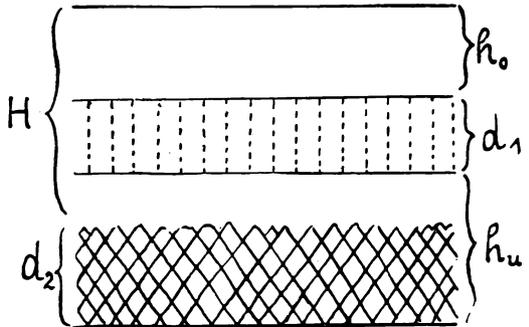


Fig. 46.

Das Gesagte läßt sich auch für einen Deckendurchsturz in einen tieferen Hohlraum anwenden (Fig. 46). Die Höhe des neuen Gesamtraumes

$$H = h_u' + h_o$$

$$h_u' = h_u - \delta \text{ nach Formel 1).}$$

$\delta$  liegt im Mittel zwischen 6 m und 60 cm, je nachdem, ob die Zwischendecke 20 oder 2 m dick war. Unter Umständen ist aber  $d_1$  und damit auch  $d_2$  und  $\delta$  feststellbar, wenn sich aus den Abbruchformen der durchgestürzten Zwischendecke der Betrag ihrer Dicke entnehmen läßt. Ist der obere Raum  $h_o$  durch eigene Deckenabbrüche verändert in  $h'_o$ , so wird

$$H = h_u' + h'_o,$$

was zu erläutern überflüssig ist. Auf dem Boden liegen dann die Trümmer beider Decken, und es wird schwer, wenn nicht unmöglich,  $h_u'$  von  $h'_o$  zu sondern.

Es ist einfach zu merken, bei  $\delta = 0.3 d_1$  gilt: jeder Einsturzraum hatte einst eine 0.6 bis 6 m größere senkrechte Weite, je nachdem 2 oder 20 m von der Decke gefallen sind. Die Zwischenwerte kann man leicht im Kopf ausrechnen oder auf

Millimeterpapier die Gerade  $y = \frac{3x}{10}$  konstruieren, beginnend mit  $x = 2$  bis  $x = 20$ .

Wo  $h_1 = d_1 + \delta$ , d. h. wo  $h_2 = d_1$ , dort nimmt das Blockwerk die ganze Höhe ( $h_1$ ) des früheren Raumes ein. Bei einem Deckendurchsturz erweitert sich der obere Raum dann nach unten nur um die Dicke der eingefallenen Decke. Hatte bei einem Durchsturze der untere Raum nur die Höhe  $h_u = 0.3 d_1 = \delta$ , so liegt die Sohle des oberen nach dem Ereignis im Mittel theoretisch gradeso hoch wie vorher, nur besteht sie aus Blockwerk statt aus festem Fels. Dieser theoretische Schluß ist auch für die Praxis genügend anwendbar. Daher können Höhlen nur dort durch Deckenstürze in oberirdische Vertiefungen verwandelt werden, wo die Mächtigkeit des Höhlendaches nicht mehr als höchstens das Drei- bis Vierfache der senkrechten Höhlendurchmesser beträgt. Wo man mangels aller Anhaltspunkte auch bei Durchsturz von Zwischendecken bloß die Begrenzung der möglichen Werte anstrebt, ist es nicht allein nötig,  $d_1$  zwischen 2 und 20 m zu begrenzen, sondern auch  $h_u$  nicht größer als 26 m anzunehmen, welche Höhe dann bei einem Durchsturze von 20 m durch das Blockwerk aufgefüllt erschiene.

Überlegen wir, in welchem Umfange man die Annahme aufrechterhalten kann, daß seitliche Bewegung bei Abbrüchen außer acht bleiben dürfe: Dies gilt unter den durch Fig. 47 erläuterten Bedingungen, wobei es ganz gleichgültig ist, ob diese Figur eine Längsschnitt- oder eine Querschnittstrecke betrifft. Als Böschung, über der die Blöcke unbedingt labil liegen, sei etwa  $40^\circ$  angenommen. Es sei ein begrenzter Deckenabbruch erfolgt.  $AB$  ist ein beliebiger Wert von  $d_1$ ,  $A'B'$  der zugehörige Wert der Trümmerhöhe  $d_2$ ,  $A'C'$  hat die Neigung des Trümmerhaufens oder

$\frac{A' B'}{B' C'} = \operatorname{tg} \alpha$ . Da nun  $A B + \delta = A' B'$ , ergibt sich, daß man die Trümmerhöhe, ohne einen seitlichen Versatz anzunehmen, so lange berechnen kann, als  $\alpha \leq 40^\circ$ .

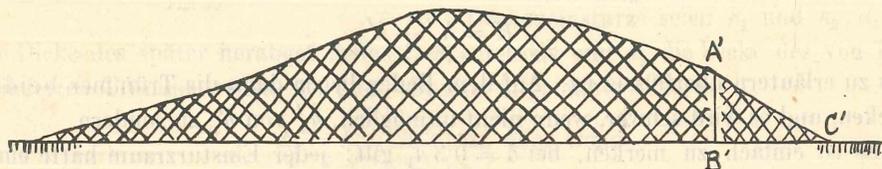
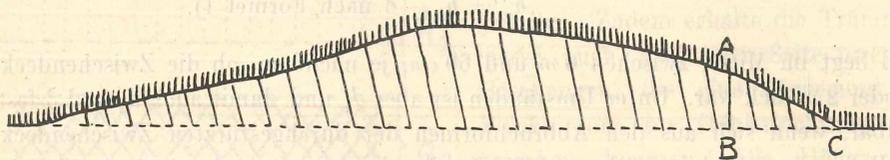


Fig. 47.

An der Decke darf dabei nicht einmal diese Neigung entstehen, sondern höchstens  $\frac{A B + \delta}{B C} = 40^\circ$  sein. Solange das gilt, und man findet es öfter, bleiben auch bei verschiedener Dicke des Trümmerhaufens alle  $A B$ - und  $A' B'$ -Werte in derselben Senkrechten durch die vorher entwickelten Formeln berechenbar.

Man kann also auch in einem Falle, wie ihn Fig. 48 zeigt, damit arbeiten. Nicht aber wäre dies z. B. mehr möglich bei einem Durchsturze nach Fig. 49, wo die seitlichen Blöcke gegen die Mitte rollen, bis nirgends mehr als  $40^\circ$  Neigung besteht.

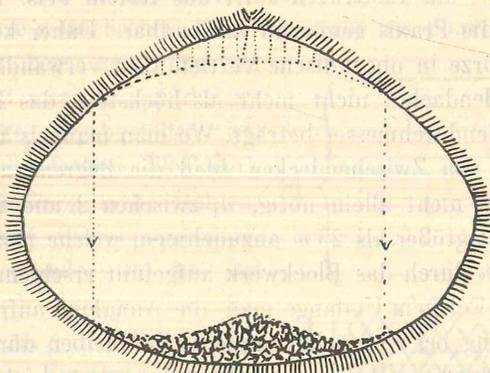


Fig. 48.

In einem solchen Falle wird auch die Schätzung der möglichen Größen des verstorzten unteren Raumes unter bestimmten Grenzzannahmen nur mit einer Korrektur verwendbar.

Eine eigene Berechnungsweise verlangen die Fälle, wo an einem steilen, etwa senkrechten Harnisch ein Abbruch besonders groß wird und die Trümmer sich in die Fortsetzung der Höhle ausbreiten müssen, da sie die steile Deckenböschung

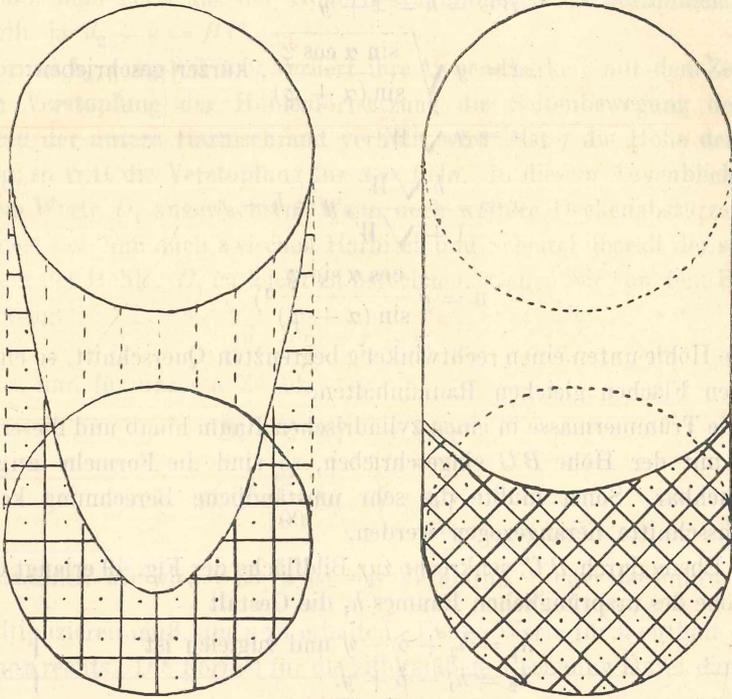


Fig. 49.

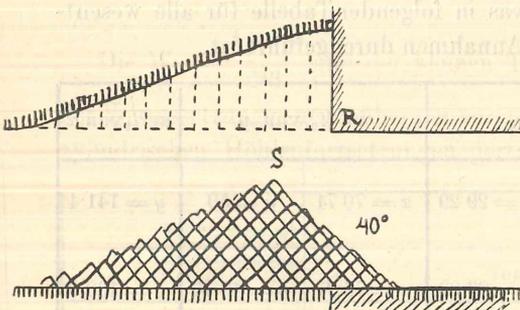


Fig. 50. *R*: unterer Rand der Harnischfläche.  
*S*: Scheitel des Trümmerberges.

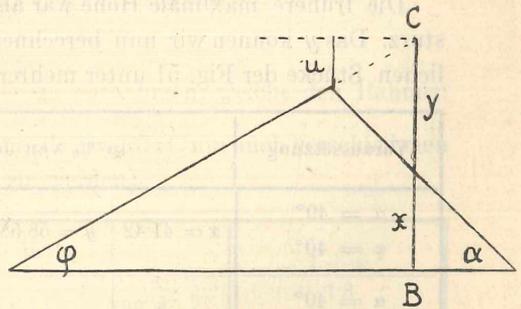


Fig. 51.  $BC = x + y$  Höhe eines im freien Raum unmöglichen senkrechten Abschneidens der Trümmersmassen.  $\varphi$  Böschungswinkel auf Grund der Form des Deckenabbruchs ohne Seitwärtsbewegung der Blöcke.  $\alpha$  maximaler Haldenwinkel.  $u$  Depression des Scheitels.

am Harnisch nicht nachahmen können (Fig. 50). Dann kann rechts vom Scheitel bis zum Harnisch die Hallenhöhe größer als früher geworden sein, während links davon keine Weiterbewegung der Trümmer eintrat und die bisherigen Formeln gelten. Der freie Hohlraum im ganzen ist hier ebenfalls vermindert worden, aber

auf Kosten auch der unverstürzten Höhlenfortsetzung. Für die Verhältnisse rechts vom Scheitel diene die Zeichnung Fig. 51 als Unterlage. Sind die Dreiecke mit den Seiten  $x$  und  $y$  flächengleich, so gilt für

$$BC = h = x + y:$$

$$x = y \sqrt{\frac{\sin \alpha \cos \varphi}{\sin (\alpha + \varphi)}}, \text{ kürzer geschrieben:}$$

$$x = y \sqrt{W}$$

$$x = \frac{h \sqrt{W}}{1 + \sqrt{W}}, y = h - x$$

$$u = y \frac{\cos \alpha \sin \varphi}{\sin (\alpha + \varphi)} \text{ 1)}$$

Hat die Höhle unten einen rechtwinkelig begrenzten Querschnitt, so entsprechen die gleichen Flächen gleichen Rauminhalten.

Fällt die Trümmermasse in einen zylindrischen Raum hinab und dieser ist einem Rechteck mit der Höhe  $BC$  eingeschrieben, so sind die Formeln angenähert noch brauchbar. Sonst müßte die sehr umständliche Berechnung keilförmiger Zylinderausschnitte herangezogen werden.

In der Ebene durch  $BC$ , senkrecht zur Bildfläche der Fig. 49 erlangt die Formel für die Höhe des ursprünglichen Raumes  $h_1$  die Gestalt

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= h_2 + \delta - y \text{ und zugleich ist} \\ h_2 &= h_1 - \delta + y. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots 2)$$

Die frühere maximale Höhe war also am Harnisch kleiner als nach dem Einsturz. Das  $y$  können wir nun berechnen, was in folgender Tabelle für alle wesentlichen Stücke der Fig. 51 unter mehreren Annahmen durchgeführt ist.

Voraussetzung	in % von $BC$			in % von $y$		in % von $x$
$\alpha = 40^\circ$ $\varphi = 40^\circ$	$x = 41.42$	$y = 58.58$	$u = 29.29$	$x = 70.71$	$u = 50$	$y = 141.4$
$\alpha = 40^\circ$ $\varphi = 30^\circ$	$x = 43.49$	$y = 56.51$	$u = 23.03$	$x = 76.97$	$u = 40.76$	$y = 130.0$
$\alpha = n^\circ$ $\varphi = 0^\circ \text{ *)}$	$x = 50$	$y = 50$	$u = 0$	$x = 100$	$u = 0$	$y = 100$

\*) Grenz die Blockhalde oben an eine wagrechte Schütt, so ist auch der Betrag ihrer maximalen Böschung für das Ergebnis gleichgültig.

1) Diese Formeln ergeben sich als Auflösung einer Gleichung zweiten Grades mit zwei Unbekannten. Die Flächenformeln für die Dreiecke enthält jedes Geometrielehrbuch für Ober gymnasien.

$BC$  kann man nach der früheren Formel als  $d_1 + \delta$  bestimmen, so lange der untere Rand der Harnischfläche frei sichtbar ist.  $d_1$  ist der Höhe des entblößten Harnisches gleich.

$BC$  kann man auch aus der Höhe des Trümmerberges bestimmen; für den Scheitel gilt ja  $d_2 + u = BC$ .

Die Formel  $h_1 = h_2 + \delta - y$  verliert ihre Anwendbarkeit mit dem Zeitpunkte, wo wegen Verstopfung der Höhlenfortsetzung die Seitenbewegung der Blöcke erlahmt und der untere Harnischrand verhüllt wird. Ist  $f$  die Höhe der Höhlenfortsetzung, so tritt die Verstopfung für  $x = f$  ein. In diesem Augenblick ist auch  $d_1$  zu einem Werte  $D_1$  angewachsen. Wenn noch weitere Deckenabstürze erfolgen, so verkleinert sich nun auch zwischen Harnisch und Scheitel überall der senkrechte Durchmesser der Höhle.  $D_1$  ist leicht zu berechnen. Gehen wir von dem Bekannten aus, das besagt

$$d_1 + \delta = x + y,$$

so lautet es nun für unseren Zweck

$$D_1 + \delta = f + y \text{ oder}$$

$$D_1 + \frac{m}{100} D_1 = f + n f.$$

Für  $m$  wählen wir wieder 30,  $n$  ist das Verhältnis  $\frac{y}{x}$  oder der Faktor, mit dem man  $f$  multiplizieren muß, um  $y$  zu erhalten. Einige Werte für  $n$  enthält die vorige Tabelle ganz rechts. Die Formel für die ziffermäßige Rechnung lautet dann

$$D_1 = \frac{f(1+n)}{1.3}$$

Die Werte  $\frac{1+n}{1.3}$  sind der kleinen Tabelle zu entnehmen, welche den Rahmen der Voraussetzungen gegenüber der vorigen Tabelle erweitert (um auch verschiedenen zylindrischen Höhlenfortsetzungen gerecht zu werden).

In ‰ von $BC$ (Voraussetzung)		In ‰		$\frac{1+n}{1.3}$
		von $y$	von $x$	
$x = 40$	$y = 60$	$x = 67$	$y = 150$	1.28
$x = 50$	$y = 50$	$x = 100$	$y = 100$	1.54
$x = 60$	$y = 40$	$x = 150$	$y = 67$	1.92

Daraus folgt: Wenn die Dicke des Felsens, der von der Decke sich löst, fünf Viertel der Höhe der Höhlenfortsetzung überschreitet, beginnen Verhältnisse, wo

in vielen Fällen das seitliche Abkollern der Blöcke ein Ende nimmt. Die Anwendbarkeit der Formel  $h_1 = h_2 + \delta - y$  hat unter allen ernsthaft zu erwägenden Umständen aufgehört, wenn die Dicke  $d_1$  sich dem Doppelten der Höhe der Höhlenfortsetzung nähert. Abgesehen ist dabei von der Durchpressung einzelner der eckigen Riesentrümmer nach Eintritt der Verstopfung der Höhlenfortsetzung.

Nicht immer hat man die nötigen Unterlagen für die Berechnung von  $y$  und damit von  $h_1$  und  $h_2$ ; es können hinreichend ausgemessene Schnitte für einen größeren Höhlenraum fehlen, oder man will  $h_u$  eines tieferen unbekanntem verstürzten Stockwerkes finden, wo in der Verlängerung seitlicher Blocktransport stattgefunden hat. In solchen Notfällen muß man sich durch Annahme wahrscheinlicher Grenzwerte wieder mit der Sicherung der Größenordnung begnügen. Fielen bei 30% Auflockerungsfaktor 2m Decke hinab, so wird  $\delta = 60 \text{ cm}$  bei 20 m 6 m.  $y$  setzen wir nun zu 40 bis 60% von  $BC$ , im Mittel zu 50%.  $BC$  ist aber  $d_1 + \delta$ , d. h. 2.6 bis 26 m. Daraus ergibt sich unter Anwendung der Formel 2

$$h_1 = h_2 + 60 \text{ cm} - 0.5 \cdot 2.6 \text{ m im Minimum, und}$$

$$h_1 = h_2 + 6 \text{ m} - 0.5 \cdot 26 \text{ m im Maximum.}$$

Es war also die größte Höhe des früheren unteren Raumes am Harnisch bis 70 cm oder bis 7 m niedriger als die größte Höhe des oberen Raumes nach dem Deckendurchbruche, je nachdem, ob dort 2 oder 20 m Decke hinabfielen.

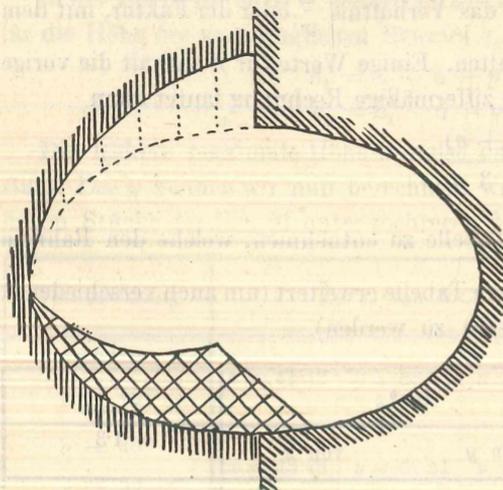


Fig. 52.

den Harnisch hin gleichmäßig zunehmen. Nur ein isolierter Abbruch dicht am Harnisch kann die Vertiefung auf einmal auffüllen. (Vgl. auch Fig. 38.)

In allen anderen Fällen, wo Deckenabbrüche sich besonders im Bereiche von Harnischen vollziehen, ohne daß eine seitliche Blockversetzung stattfand, muß die Trümmerschütt zum Harnisch hin ansteigen. Im übrigen mögen einige Beispiele

Diese Berechnung gilt, wie es bei der vorigen Tabelle erläutert wurde, nur so lange sich die Verstopfung der Höhlenfortsetzung nicht merkbar macht. Es mag noch als Kennzeichen betont werden, daß ein kleiner Abstieg auf den Trümmern gerade dort, wo die Decke am weitesten emporsteigt, die Folge vorgekommener Seitwärtsbewegung der Trümmer ist. Dieser Abstieg bleibt auch nach der Verstopfung einige Zeit bestehen, indem er sich nur allmählich durch Zustürze verflacht, deren Massen gegen

der Erwägung dienen. In Fig. 52 ist eine häufige Art der Lagerung zu sehen, die gewissermaßen die Tatsachen der Fig. 50 auf einen Querschnitt überträgt. Es geht schon links von der Harnischebene über die Halde hinab. Leider ist gerade in der Eisriesenwelt die Erhaltung der Ausgangsform selten so gut, man könnte aus einer großen Zahl solcher Fälle Erfahrungsformeln für die Höhen und Böschungen solcher Trümmermassen gründen.

Liegt die Fuge stark seitwärts, so können verschiedene Ausgangsformen einander ähnlich werden, besonders weil die Trümmerschließung gegen die Fuge nur noch ansteigen. Vgl. Fig. 53 und 54.

Diese Ähnlichkeit wird vollkommen, je weniger die Ausbauchung in Fig. 54 nach rechts über die Harnischfläche hinausgreift und je mehr auch dort später örtliche Sturzblöcke zur Ausfüllung beitragen. Wo eine allgemeine Neigung der Blocksohle gegen den von Deckenabbrüchen bloßgelegten Harnisch hin stattfindet, noch dazu, wo eine Fortsetzung oder Ausbauchung zur Aufnahme seitlich bewegter Trümmer fehlt,

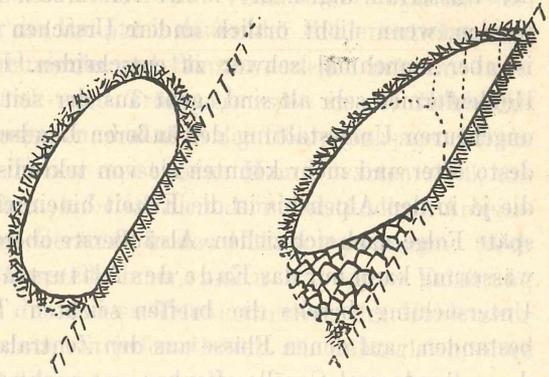


Fig. 53.

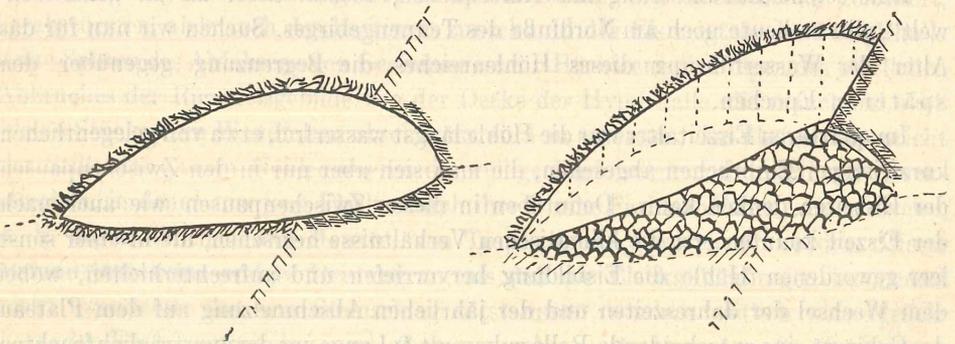


Fig. 54.

muß man entweder auf einen Durchsturz der Zwischendecke in einen geeignet geformten und gelegenen tieferen Raum oder auf tektonische Senkung in der Richtung des Haldenabfalles schließen.

Das Gesagte dürfte genügen, um zu zeigen, daß stattgefundene Einstürze dann nicht als Erklärung für Querschnittformen ausreichen, wenn sie mit den Folgerungen dieser gewiß elastisch gehaltenen Größenbestimmungen in Widerspruch geraten.

### III. Über Alter und Ursache der Einstürze in der Höhle.

Keine bekannte Höhle zeigt in ihrem Hauptteil ein solches Übergewicht der Einsturzstrecken im Vergleiche zu den Wasserwirkungen. Selbst andere Hochgebirgshöhlen, wie jene der Dachsteingruppe, bieten erheblich öfter den Anblick der Rundungen, die mit Recht dem Wasser zugeschrieben werden. Der Schluß auf ein höheres Alter der Wasserführung in der mehr verstürzten Höhle kann daraus aber nur gezogen werden, wenn nicht örtlich andere Ursachen die Einstürze steigerten. Eben das ist aber manchmal schwer zu entscheiden. Daß schon die vom Wasser erzeugten Höhlenformen sehr alt sind, geht aus der seit ihrer Entwicklungszeit vollzogenen, ungeheuren Umgestaltung der äußeren Landschaft hervor. Je höher ihr Alter ist, desto öfter und mehr konnten sie von tektonischen Bewegungen betroffen werden, die ja in den Alpen bis in die Eiszeit hineinreichten und heute noch Erdbeben als späte Folge nach sich ziehen. Als äußerste obere Grenze für das Alter der Höhlenentwässerung kann nur das Ende des Alttertiärs gelten, in welchem nach neuester Untersuchung bereits die breiten seichten Täler in den nördlichen Kalkalpen bestanden, auf denen Flüsse aus den Zentralalpen nach Norden flossen. Insofern deren Sande und Gerölle offenbar erst nachträglich in die Eisriesenwelt gelangten, ist dies nicht früher als im Mitteltertiär möglich gewesen. Da im Mitteltertiär in manchen Teilen der nördlichen Kalkalpen eine Fortdauer oberirdischer Entwässerung, aber mit südlicher Richtung, nachgewiesen ist, so ist dies auch deshalb wohl die früheste Zeit, in der größere Flächen vorwiegend unterirdisch entwässert wurden.<sup>1)</sup>

Eine solche Entwässerung aus Karstquellen, 1000 *m* tiefer als die „Eisriesenwelt“, gibt es heute noch am Nordfuß des Tennengebirges. Suchen wir nun für das Alter der Wasserführung dieses Höhlenreiches die Begrenzung gegenüber den späteren Epochen.

Im quartären Eiszeitalter war die Höhle längst wasserfrei, etwa von gelegentlichen kurzfristigen Einbrüchen abgesehen, die man sich aber nur in den Zwischenpausen der Eiszeiten denken kann. Denn eben in diesen Zwischenpausen wie auch nach der Eiszeit konnten erst die klimatischen Verhältnisse herrschen, die in einer sonst leer gewordenen Höhle die Eisbildung hervorriefen und aufrechterhielten, wobei dem Wechsel der Jahreszeiten und der jährlichen Abschmelzung auf dem Plateau des Gebirges eine entscheidende Rolle zukommt.<sup>2)</sup> Lange vor der unerträglich feuchten Luft, die mit den meteorologischen Ursachen der Eisbildung eng verknüpft ist, muß aber eine große Trockenheit das Wachsen riesiger Tropfsteine ermöglicht haben. Die Tropfsteine, die nicht zugleich mit den Bedingungen der Höhleneisbildung seit der Eiszeit und während der Interglazialzeiten entstanden

<sup>1)</sup> W. Schmidt: Zur Oberflächengestaltung in der Umgebung Leobens, eine von späteren Veröffentlichungen über alpine Morphologie nicht beachtete, wichtige Untersuchung. Sitzungsberichte der Wiener Akademie math.-naturw. Klasse, Abt. I, 129. Band, 10. Heft, 1920, S. 556 ff.

<sup>2)</sup> Meine Behauptungen bezüglich des Höhlenklimas der Eisenriesenwelt sind überprüfbar mit Hilfe des meteorologischen Teiles dieses Werkes von E. Hauser und R. Oedl.

sein konnten, sind aber auch nicht während der Eiszeiten entstanden, als es überhaupt nicht zur Abschmelzung des Firnfeldes auf dem Plateau kam und als auch der Eingang hoch über der Firngrenze lag. Man wird daher für sie kein jüngeres als pliozänes Alter annehmen können. Da die Höhle 1100 *m* über der Salzach mündet, ohne daß ihren heutigen Eingang eine Erosionsfurche zerschneidet, da ferner das Salzachtal schon vor der Eiszeit mehrere hundert Meter darunter eingetieft war, wird es schon zur Gewißheit, daß wir die Hauptzeit dauernder Höhlenentwässerung in der „Eisriesenwelt“ zwischen Mittelmiozän und Pliozän verlegen müssen.

Inwiefern hängen damit die Block- und Trümmermassen in der Höhle zusammen? Die Antwort muß davon ausgehen, daß es in der Höhle sozusagen keinen Steinschlag gibt. Während man im Freien meist keine Minute warten muß, um einen oder mehrere Steinschläge zu hören, habe ich niemals in vielstündigen Arbeitszeiten auch nur das geringste derartige Geräusch in den Höhlen vernommen. Auch andere, Höhlenentdecker und Forschungsteilnehmer, haben mir diese Erfahrung bestätigt.<sup>1)</sup> Und so sehen denn auch die riesigen Trümmermassen der Höhle zwar im Eisteil anders aus als im Inneren, aber in jedem Gebiet alle ganz gleich, dort alle frisch, hier alle dick rot überkrustet.<sup>2)</sup>

Im Eisteil kommt ein Wechsel der Temperatur um den Nullpunkt vor und bewirkt staubförmige Abwitterung sowohl von den Wänden als auch von den Sturzblöcken. Einige dieser scheinen nachträglich noch an ihren Sprüngen zerfallen zu sein und das Gestein ist überall frisch. Man kann nicht ganz bestreiten, daß seit der Eisansammlung und -erhaltung noch ab und zu Blöcke, aus ihrem Gefüge gelockert, herabstürzten, aber auch das liegt weit zurück und das Eis zeigt in der Posselthalle keine Spuren des Abfahrens von Gesteinsmassen. Höchstens die Folgen des jährlichen Abbruches der Rieseneisgebilde von der Decke der Hymirhalle, die manchmal auch kleine Stücke vom Wandfelsen abschlagen, sind zu erkennen. Im übrigen entspricht der Stille des ganzen Höhleninneren die völlige Einförmigkeit der endlosen Blockstrecken, in denen nur jene Flecke durch ihre frische Farbe auffallen, die zeitweise, d. h. durch Wochen und Monate, von Tropfwasser „gewaschen“ werden. Dieser Befund läßt keine andere Deutung zu, als daß die Blockanhäufungen im ganzen nicht irgendeiner Art von Steinschlag entstammen, sondern zeitlich weit zurückliegenden Einstürzen, wobei, geologisch gesprochen, auf einmal große Mengen von Fels aus ihrem Lager fielen. Wenngleich man es vorzieht, an wenigen Stellen der Höhle keine Lichtblitze abzubrennen,<sup>3)</sup> so hat an anderen Stellen die Explosion von

<sup>1)</sup> In der Mammuthöhle im Dachstein, die weniger verstürzt ist, wurde ein einziger Fall beobachtet und mir mitgeteilt.

<sup>2)</sup> In Midgard ist höchstens der in Fig. 31 dargestellte Block später abgestürzt als seine Nachbarschaft.

<sup>3)</sup> Ich durfte vor kurzem dank der Freundlichkeit des Höhlenverwalters H. R. Oedl Sprengungen für einen Durchgang in der Mammuthöhle beiwohnen. Dort fiel von einer nahe benachbarten sehr bedenklich aussehenden Deckenstrecke nicht das Geringste herab, obwohl einer der Schüsse vier Patronen in 70 *cm* tiefer Bohrung auf einmal zur Explosion brachte.

100 g und mehr kein Felstrumm in Bewegung gesetzt, ebensowenig die Erschütterung durch den jährlichen Sturz riesiger Eisgebilde. Darum glaube ich nicht, daß tektonische Erdbeben mehr als ab und zu einen Abbruch vom Gestein bewirken, Erdbeben, wie sie übrigens auch zeitlich gar nicht lange zurückliegen, ohne daß man sichere und bedeutende Folgen in der Höhle feststellen könnte.<sup>1)</sup> Somit bleiben nur stärkere

<sup>1)</sup> Durch einen glücklichen Zufall wurde mir während des Druckes die Beschreibung eines sehr schweren Erdbebens bekannt, welches ihr Verfasser, der Einsiedler und spätere Heilige Neophytus, in seiner Höhle im Distrikte Paphos auf Zypern um das Jahr 1160 mitgemacht hat. Den Hinweis darauf fand ich in dem eben erschienenen Artikel „Kypros“ von E. Oberhummer in Pauly's Real-Enzyklopädie usw. Herr Prof. Oberhummer hatte die Freundlichkeit, mir diesen Bericht und die geologischen Werke über Zypern zu leihen, wobei er mir zur raschen Gewinnung des hier Wesentlichen mit seiner Kennerschaft der Insel beigestanden hat. Ich möchte ihm dafür auch hier aufrichtig danken.

Neophytus sagt im Zuge einer seiner Andachtsschriften:

„Und ich selber habe diese kleine Auswahl aus zahlreichen Berichten über frühere besonders schreckliche Erdbeben gesammelt und beeile mich nun, in der gegenwärtigen Betrachtung, übersichtlich zusammengefaßt, sowohl von jenen (Beben) zu sprechen, die ich mit eigenen Augen gesehen habe, als auch von jenen, worüber ich einfach durch Hörensagen etwas weiß. Zu Beginn, nämlich meines Einsiedlerlebens in der ‚Enkleistra‘,<sup>\*)</sup> fand zur vierten Nachtstunde plötzlich ein solches Erdbeben statt, daß ich um ein kleines auf mein Angesicht gefallen wäre, von meinem Lager herab auf die Erde. Eine solche Erschütterung aber wiederholte sich in jener Nacht bis zu sieben Malen und es stürzten vierzehn Kirchen in der ganzen Herrschaft Paphos zusammen. Damals wurde auch die sehr große Kirche der unbefleckten Gottesmutter im Kastell von Paphos zerstört, welche die Leute ‚Limeniotissa‘<sup>\*\*)</sup> nannten. Da vermutete denn die Bevölkerung, daß ich getötet worden sei unter dem äußerst brüchigen Steilabfall und unter der Höhle der ‚Enkleistra‘. Denn es war da alles ausgedörret und morsch. Darum kamen etliche in aller Frühe zu mir. Als sie nun sahen, daß nicht einmal die Steine verstimmt waren, die ich um die Eingangsöffnung der Höhle in der Form eines Gewölbes gelegt hatte, da priesen sie Gott und bekehrten die Ursache des Erdbebens zu erfahren...“

Wie schwer dieses Beben war, geht auch aus den um dieselbe Zeit vom syrischen Festlande berichteten Ereignissen hervor, die etwas später ein Mönch aus Antiochien dem Neophytus erzählte. Dort spaltete und schloß sich die Erde, Steine wurden in die Luft geschleudert, die meisten Gebäude und die Stadtmauern fielen zusammen, auch die Kathedrale, unter deren Trümmern der Patriarch und viel Volk den Tod fanden.

Der Wortlaut des oben übersetzten Berichtes möge hier abgedruckt werden nach H. Delehaye S. J.: Saints de Chypre, Brüssel 1907, aus: Analecta Bollandiana, XXVI, S. 211:

Καὶ τὰυτὰ μὲν ἐκ τῶν προγενηστέρων φοβερωτάτων σεισμῶν ὀλίγα ἐκ πολλῶν συλλεξάμενος ἔγωγε καὶ ἐν τῇ παρόντι λόγῳ συνταξάμενος συνοπτικῶς ἐπιείρομαι φάναι καὶ ἀφ' ὧν εἶδον αὐτόπῳ καὶ ἀφ' ὧν ἤκουσα ἀτεχνῶς· κατ' ἀρχῆς γὰρ τῆς ἐν τῇ Ἐγκλείστρῃ καθείρξεως μου πρὸς τετάρτην τῆς νυκτὸς ὤραν τοσοῦτος ἐξαίφνης ἐπηνέχθη σεισμός, ὡς μικροῦ δεῖν ἐπὶ προσώπῳ με πεσεῖν ἀπὸ χαρα-

<sup>\*)</sup> Der Eigenname bedeutet nichts anderes als „Klause“ mit demselben Doppelsinn wie im Deutschen, nämlich als Einsiedlerwohnung und als enge Talschlucht. Die Höhle des Neophytus liegt in der Seitenwand einer solchen Bachschlucht, wo auch ein Kloster gegründet wurde.

<sup>\*\*)</sup> Zu deutsch würden die Leute etwa „Maria-Hafenschutz“ gesagt haben.

Beanspruchungen, nämlich das Aufleben der gebirgsbildenden Kräfte, als wahrscheinliche Ursache der Verstürze übrig. Man kann nicht diesen stärkeren Vorgängen, welche eine so alte Höhle betroffen haben müssen, eine Wirkung absprechen, die man auch nur zu einem beträchtlichen Teil mäßigen Erschütterungen zuzuschreiben geneigt wäre. Mit alledem ist nicht gesagt, daß ein einziger Versturz alles Blockwerk geliefert hat. Vielleicht findet eine eigens unternommene geologische Betrachtung des Blockwerkes doch Anhaltspunkte, daß es eine wenn auch geringe Anzahl von Sturzzeiten gegeben habe. Mehreres spricht nun dafür, daß weitaus die meisten heute sichtbaren Trümmermengen in ein bereits von bloßem Tropf- und Rieselwasser durchsickertes Reich von Gängen, Tunnels und Hallen fielen. Die Tropfsteine, welche darin entstanden, als die Luft noch trocken war, sind älter als der Deckendurchsturz des ersten Verbindungsstollens, der sie mitriß, auch als jener an der Mausefalle I. Die Erosionsformen der Satanshalle, die den Wirkungen schon ersterbender Höhlenhydrographie zugeschrieben werden müssen, sind in der Fortsetzung zum Teil verstürzt. Noch jünger müssen wenigstens zum Teil die Felsabbrüche gewesen sein, welche die Posselhalle ausräumten, wenn die S. 104 gebrachte Darstellung unerschüttert bleibt. Schließlich mag noch erwähnt werden, daß die Gerippfunde von O. Wettstein im Fledermausgang von ihm dahin gedeutet wurden, daß die Tiere, bei einem Wassereinbruch aus höheren Höhlenteilen dorthin verschwemmt, sich auf das Blockwerk retteten, um nicht zu ertrinken, wo sie aber der Kälte und dem Nahrungsmangel erlagen. Dieses Blockwerk ist jedenfalls älter als das Auftreten von Fledermäusen, die tief in den Röhren der Höhle Schutz suchten, könnte aber, geologisch genommen, recht jung sein. Was die ältesten Verstürze betrifft, so können solche schon zu Zeiten der Wasserführung vorgekommen sein, nachdem einmal die Hohlräume eine gewisse Größe überschritten

δρίου\*) μου ἐπὶ τὴν γῆν. Γέγονε δὲ ὁ τοιοῦτος σεισμός ἐν τῇ νυκτὶ ἐκείνῃ ἕως ἑπτάκις καὶ κατέπεσον δέκα καὶ τέσσαρες ἐκκλησιαί καθ' ὅλην τῆς ἐπαρχίας Πάφου. Τότε γάρ καὶ ὁ μέγιστος καταστροφή ναὸς τῆς ἀχράντου Θεοτόκου, ὁ ἐν τῷ φρουρίῳ τῆς Πάφου, ἦν λιμενιώτισσαν καλοῦσιν οἱ λαοί. Τότε γὰρ ἐτόπασαν πλείστοι ἀνααιρεθῆναι μὲν τῇ νυκτὶ ἐκείνῃ ὅπο τοῦ σαθροτάτου κρημνοῦ καὶ τοῦ τῆς Ἐγκλειστρας σηλαιίου· ἦσαν γὰρ τότε πάντα τεταριζευμένα καὶ σεσαθρωμένα. Διὸ καὶ ἦκαν πρὸς μὲν τινεσ ἅμα πρῶτῷ. Ἰδόντες δὲ, ὅτι οὐδὲ οἱ λίθοι πεπτώκασιν, οὗς τρολλοσειδῶς τέθηκα περὶ τὰ πρόθυρα τοῦ σηλαιίου, ἐδόξασαν τὸν Θεὸν καὶ ἡρώτων τὴν αἰτίαν μαθεῖν τοῦ σεισμοῦ. . .

\*) Die genaue Bedeutung dieses Wortes ist aus der englischen Reiseabhandlung: „Devia Cypria“ von D. G. Hogarth (London 1889), zu entnehmen. Deren Verfasser sah (S. 21) in einer Vertiefung der Felswand im Wohnraume des Neophytus ein sargförmiges Bett ausgemeißelt („coffin shaped“). Kranke Pilger klettern hinein und drehen sich dreimal darin um. Ein Lichtbild des später angebauten Höhlenportals und des höhlenreichen Steilabfalles in der Enkleistra ist in Hogarths Schrift zu sehen. Danach handelt es sich um einen Kalk oder Kalkmergel. Dies ergibt sich auch aus den geologischen Karten und Abhandlungen von Zypren (Bellamy und Jukes 1905, Gandry 1863, Unger und Kotschy 1865), wenn auch die Gegend der Höhle selbst nicht eine besondere Darstellung im Text gefunden hat. Sie liegt in den kalkigen Schichten des Oligozäns und Miozäns, die Bellamy als „Idalia-Beds“ bezeichnet. Der Gips, der im untersten Horizont auftritt, ist an mehreren Stellen der Insel in großen Lagern abgesetzt, doch nirgends für das höhlenbildende Gestein in Paphos belegt. Überdies ist eine frische Trinkwasserquelle unter der Höhle in der Schlucht angeschnitten. Die Höhle des Neophytus ist klein der Wohnraum 11 × 8 engl. Fuß, die Kapelle 30 × 11 Fuß.

hatten. Wenn bei einem solchen Vorgange durch neuentstandene Spalten dem Wasser nicht gänzlich neue Wege gewiesen wurden, so mußte das Trümmerwerk mit der Zeit der Lösung und Verminderung verfallen.

Nur im U-Tunnel konnte es gewagt werden, einen Teil des Blockwerkes im Hinblick auf dermaßen alte, sonst kaum noch anwendbare Verhältnisse zu betrachten (vgl. S. 70). Die tektonischen Gründe der Einstürze, die durch Felsabbruch und -auftürmung großen Höhlenstrecken ihr schrecklich wildes Aussehen verliehen haben, darf man sich nicht ohnmächtig denken, auch Gebirgsverschiebungen von einigen Dezimetern, ja Metern zu bewirken, die keineswegs alle den Räumen der Höhle ausweichen konnten, deren Luftraum im Gegenteil der Auslösung von Gebirgsspannungen günstig war. Daß die Höhle an bestimmten Stellen die Spuren davon trägt, das konnte östlich des Wasserberges für eine sehr alte Zeit der Höhle bewiesen, für eine jüngere Zeit die Wiederholung einer solchen Krustenbewegung wahrscheinlich gemacht werden. Beim Mörk-Dom wurde auf kurzem Weg ein Wahrscheinlichkeitsbeweis dafür erbracht<sup>1)</sup> und in der Geraden Kluft konnte die junge, tektonische Veränderung der Höhle wegen ihrer Augenfälligkeit zuerst geradezu nur festgestellt und dann erst bewiesen werden. Wo bloße Wahrscheinlichkeitsbeweise vorliegen, ist es wünschenswert, sie zu erhärten, indem man verfolgt, ob Höhlenteile in der Fortsetzung jener Klüfte von derselben Bewegung ergriffen wurden. Diesen weiteren Nachweis können zweierlei Hindernisse unmöglich machen, ohne daß die Behauptung dadurch schon erschüttert würde. Erstens ist es denkbar, daß an einer tektonischen Kluft der eine Höhlenteil bajonettartig abgекnickt wird, während in der Verlängerung dieser Kluft jüngere Röhren sich erst bilden, deren Achsen dann parallel zur Verschiebung gerichtet sind. Selbstverständlich zeigen sich diese jüngeren Höhlenteile dann nicht von jener Bewegung ergriffen. Es kann aber auch — und das erscheint mir wichtiger — eine Krustenbewegung deshalb in der Fortsetzung des Streichens ihrer Scherfläche unauffindbar sein, weil sie nur in einem beschränkten Ausmaße stattgefunden hat. Einen solchen Fall möge Fig. 55 erläutern. Eine nach unten auskeilende Blattverschiebung setzt sich an flacher Schubbahn ab, was in dieser Zeichnung an einem bloßgelegten Block des Gebirgsinneren vollzogen ward. Wenn die Fortsetzung, bzw. die Abzweigungen dieser Höhle höher oder tiefer liegen als der verschobene Gebirgsteil, so sucht man im Erdinneren den Nachweis der Blattverschiebung dortselbst vergeblich. Im vorliegenden Falle können übrigens die im bewegten Höhlenteil herabfallenden Trümmer vom Untergrunde mit abgeschert und zu einer einseitig angeschoppten Masse mit einer langen Halde vereinigt werden, die entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung ansteigt. Nach dieser allgemeinen Erwägung sei noch ein Blick der Geraden Kluft gewidmet. Ob sie mehr durch Blattverschiebung oder durch

<sup>1)</sup> Beim Oedl-Dom konnte der Beweis wegen Unsicherheit der Maße nicht vollendet werden. (Vgl. Fig. 55.)

Verwurf entstand, muß dahingestellt bleiben. Nach freundlicher Auskunft des Herrn Prof. Dr. Walter Schmidt an der Montanistischen Hochschule in Leoben ist ein solches Aufklaffen besonders bei gehemmter Verschiebung längs der Bruchflächen zu gewärtigen, wie man etwa die eine Hälfte eines Kartenspieles längs der anderen zusammenbiegt und -schiebt. Die Krümmungen der Wandplatten sprechen für Beteiligung einer senkrechten Komponente in der Geraden Klüft, die in ihrer Verlängerung auftretende, von Midgard durchsetzte Riesenbreccie spricht für eine gleichzeitige Beteiligung einer Blattverschiebung auf einer Fläche, die allerdings vielleicht bei einem älteren und größeren Schub mit jener Zertürmung verbunden war. Jedenfalls ist es nicht anzunehmen, daß nur eine Verwerfung oder nur eine Blattverschiebung die Gerade Klüft hervorriefen.

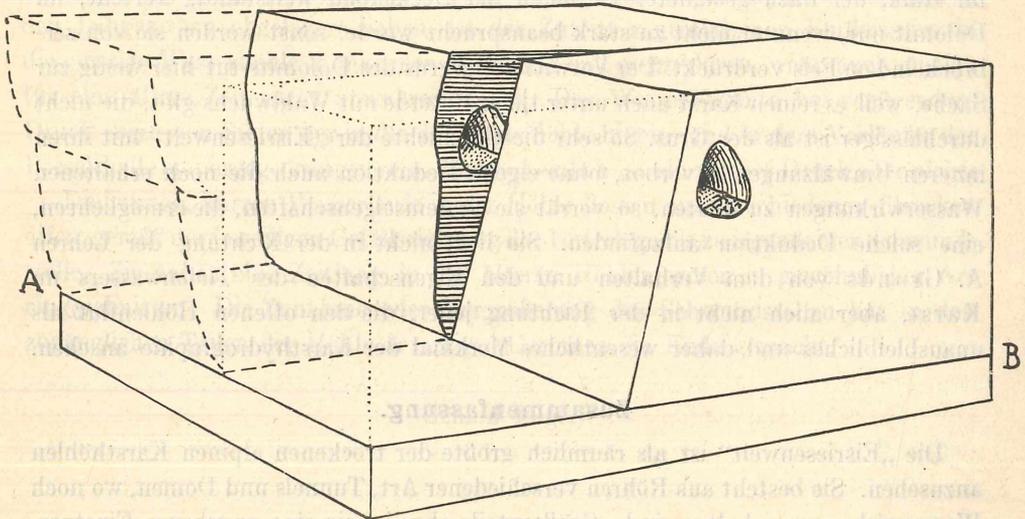


Fig. 55. Blockdiagramm eines örtlichen Höhlenverschubes im Gebirgsinneren. A—B: Gleitfläche der Unterlage.

Es ist nicht zu verkennen, daß damit dem Kalk eine verhältnismäßige Biegsamkeit zugeschrieben wird, die erst nach ziemlich weitgehender Beanspruchung auf größere Strecken hin Sprünge klaffen läßt,<sup>1)</sup> zum Unterschiede vom Dolomit, welcher bei der alpinen Gebirgsbildung an manchen Stellen nichts als ein im Gebirgsverbande wieder verkittetes Trümmerwerk ist. Damit rückt aber eine Frage der Lösung zu, wieso der Dolomit bald als Karstgestein, bald als undurchlässiges Gestein erscheint. Der flachliegende Dolomit im Frankenjura ist allgemein als Höhlenbildner bekannt, von den gefalteten dalmatinischen Dolomiten berichtet F. v. Kerner,<sup>2)</sup> daß sie zum

<sup>1)</sup> Die Untersuchung der Rutschung und des Bergsturzes am Sandling im September 1920 hat mich zuerst auf das zum Teil geradezu elastische Verhalten des dortigen Jurakalkes aufmerksam gemacht. Die Arbeit ist noch unveröffentlicht. Der kurze Bericht im Anzeiger der Wiener Akademie 1920, Nr. 23, bringt nur eine Darstellung des äußeren Verlaufes und der Verheerungen.

<sup>2)</sup> Vgl. Anm. 1, S. 84.

Teil als Karstgestein, zum Teil aber als Träger oberirdischer Zertalung erscheinen; die Dolomite in Bosnien mußte Grund geradezu den undurchlässigen Gesteinen gleichsetzen, wie jene der niederösterreichischen Voralpen, wo ein Schuppen- und Deckbau auch die Einzelheiten beherrscht. Das erlaubt den Schluß, daß die innere Zertrümmerung des Dolomits der Karstnatur entgegenwirkt und daß er sich nur, wo jene fehlt oder nicht so stark ist, wie der Kalk verhält. Die Löslichkeit und der Magnesiumgehalt haben damit nichts zu tun. Dieser ist im Frankendolomit größer als in den niederösterreichischen Dolomitgesteinen. Und so ergibt sich auch von dieser Seite: nicht ein dichtes Netz von Haarspalten gewährleistet eine unterirdische Entwässerung, zumal solche, statt erweitert zu werden, sich leicht verkitten lassen. Vielmehr ist dazu das Auftreten überkapillarer Klüfte nötig. Diese sind im Kalk, der dazu geeigneter ist, auch bei Deckenbau weitständig verteilt, im Dolomit nur, wenn er nicht zu stark beansprucht wurde, sonst werden sie von zerbröckelndem Fels verdrückt. Der Verwitterungsgrus des Dolomits tut hier wenig zur Sache, weil es reinen Karst auch unter tiefer Roterde mit Waldwuchs gibt, die nicht durchlässiger ist als der Grus. So sehr die Geschichte der „Eisriesenwelt“ mit ihren inneren Umwälzungen es verbot, ohne eigene Deduktion auch die noch erhaltenen Wasserwirkungen zu deuten, so verrät sie Gesteinseigenschaften, die ermöglichten, eine solche Deduktion aufzufinden. Sie liegt nicht in der Richtung der Lehren A. Grunds von dem Verhalten und den Eigenschaften des Tiefenwassers im Karst, aber auch nicht in der Richtung jener, die den offenen Höhlenfluß als unausbleibliches und daher wesentliches Merkmal der Karsthydrographie ansehen.

### **Zusammenfassung.**

Die „Eisriesenwelt“ ist als räumlich größte der trockenen alpinen Karsthöhlen anzusehen. Sie besteht aus Röhren verschiedener Art, Tunnels und Domen, wo noch Wasserwirkungen erhalten sind. Größtenteils aber ist sie eine ungeheure Einsturzhöhle, in der die Röhrengeflechte und Tunnelformen, auf die sie auch in den Hauptsträngen zurückgeht, zerstört sind. Die „Gerade Kluft“ als einzigartiges Gebilde in ihr ist erst später tektonisch aufgerissen.

Die Wasserführung der Höhle liegt weit zurück. Diese hatte schon vor Beginn der Eiszeit ihren eigenen Wasserinhalt eingebüßt und war noch verschiedenen Krustenbewegungen ausgesetzt, als sie bereits aufgehört hatte, eine Wasserhöhle zu sein. Diese Bewegungen sind die Ursache der Verstürze.

Die Anlage der Höhle geht auf ein Spaltennest oder eine Vereinigung mehrerer Spaltennester zurück. Ihre Wasserführung war frühestens im Miozän im Gange. Im Pliozän wuchsen schon Tropfsteine empor und war also ein trockener Luftinhalt bei gleichzeitigem Sickerwasser vorhanden. In eine Eishöhle mit größter Luftfeuchtigkeit wurde die Höhle erst verwandelt, als winterliche Schneedecken im Frühjahr abschmolzen, was die im meteorologischen Teil behandelten Folgen hatte. Dies war

frühestens beim Kommen und Schwinden der Eiszeiten möglich, kaum auch beim Hochstand.

Der heutige Eingang, 1100 $m$  über der Salzach, angeschnitten von der Durchbruchschlucht her, hat an diese kein Höhlengerinne abgegeben. Die Krustenbewegungen, die das gewaltige Einschneiden der Salzach bewirkten, haben auch die Karstwässer des Tennengebirges in tieferen Teilen versammelt.

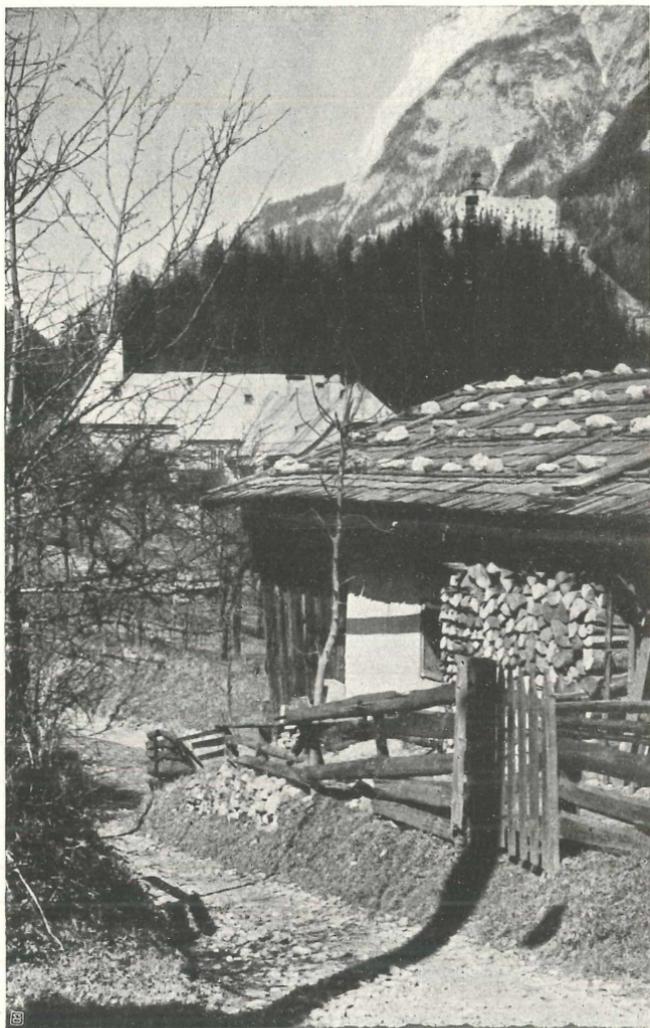
Eine Besonderheit ist es, daß die gebirgsbildenden Kräfte nicht bloß Verstürze im Höhleninneren, sondern auch gegenseitige Verschiebungen der Hohlräume bewirkt haben.

Die Wasserbewegungen, die einst in der Höhle sich abspielten, können bloß ganz allgemein auf Grund einer später zu veröffentlichenden neuen Theorie der Karstentwässerung besprochen werden. Da erst nachträglich zentralalpine Sande sich in den Labyrinthen abgelagert haben, ist der Zutritt zentralalpiner Flußwassers in die einstige Wasserhöhle in mancher Beziehung erst aufzuklären, wenn auch an sich für eine ältere Zeit nicht unwahrscheinlich. Das Wasser könnte bei genügendem Druck sogar von Süden her in die damalige Höhle hinein- und in dem Vorläufer der Posselthalle emporgedrungen sein. Wahrscheinlich ist ein solcher Druck aber nicht.

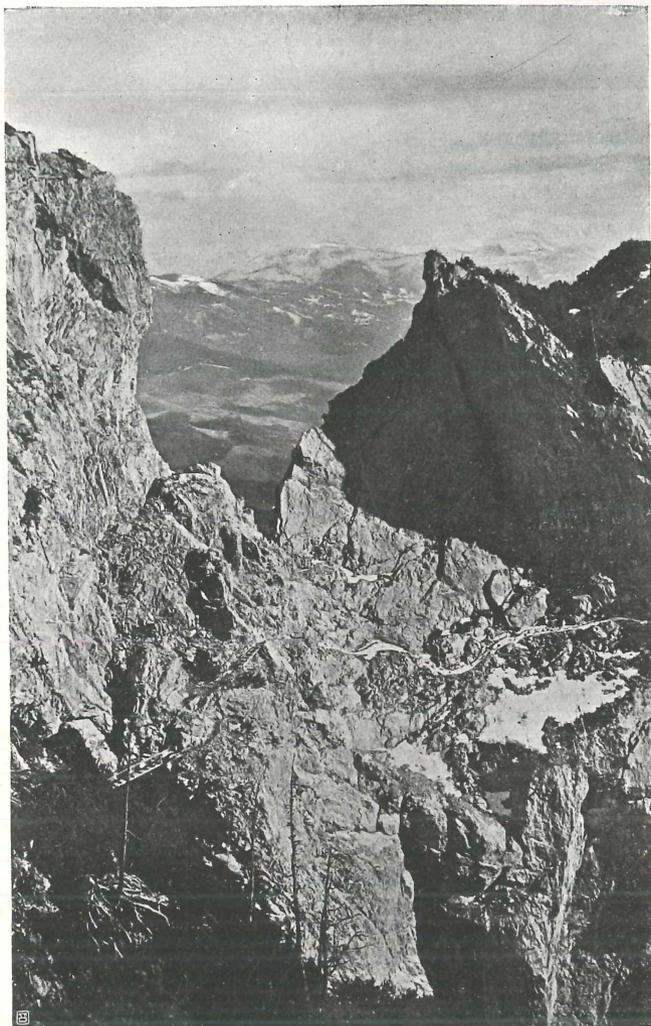
Die letzten, kurzen Wasserläufe in der Höhle flossen auf verschiedenen Strecken offen, gemäß der jeweiligen Gefällsrichtung der Unterlage bis zu irgendeiner Schwundstelle. Sie haben eine Zeitlang in die älteren Höhlenformen in gewöhnlicher Art eingeschnitten. Die Zunahme oder Vergrößerung der Schwundstellen hat in den zugänglichen Teilen der Höhle derartigen Gerinnen ein Ende gemacht.

(Schluß folgt.)

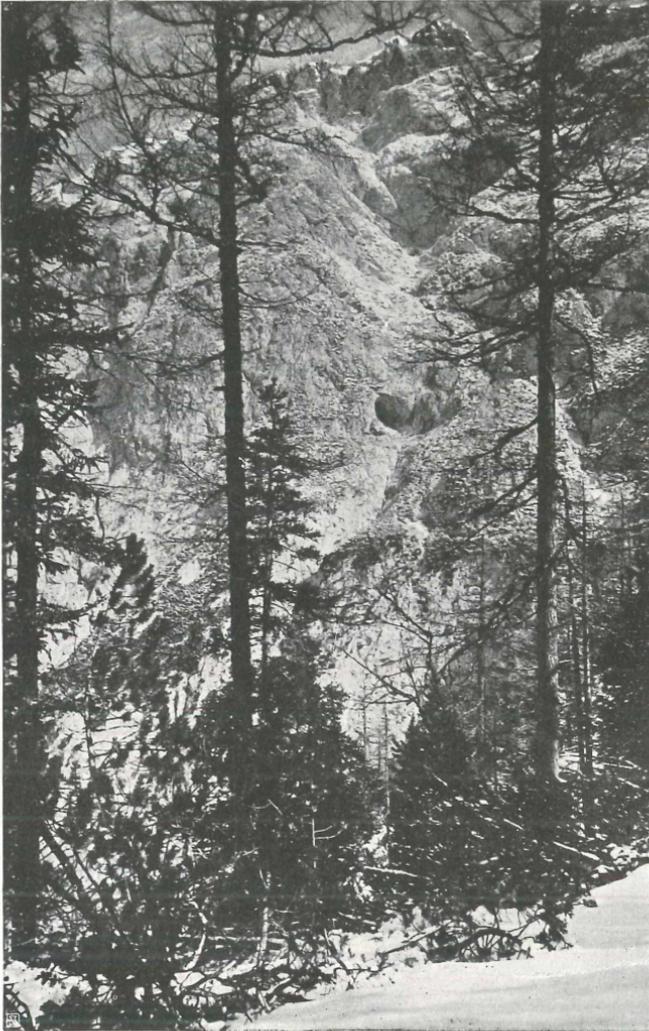
---



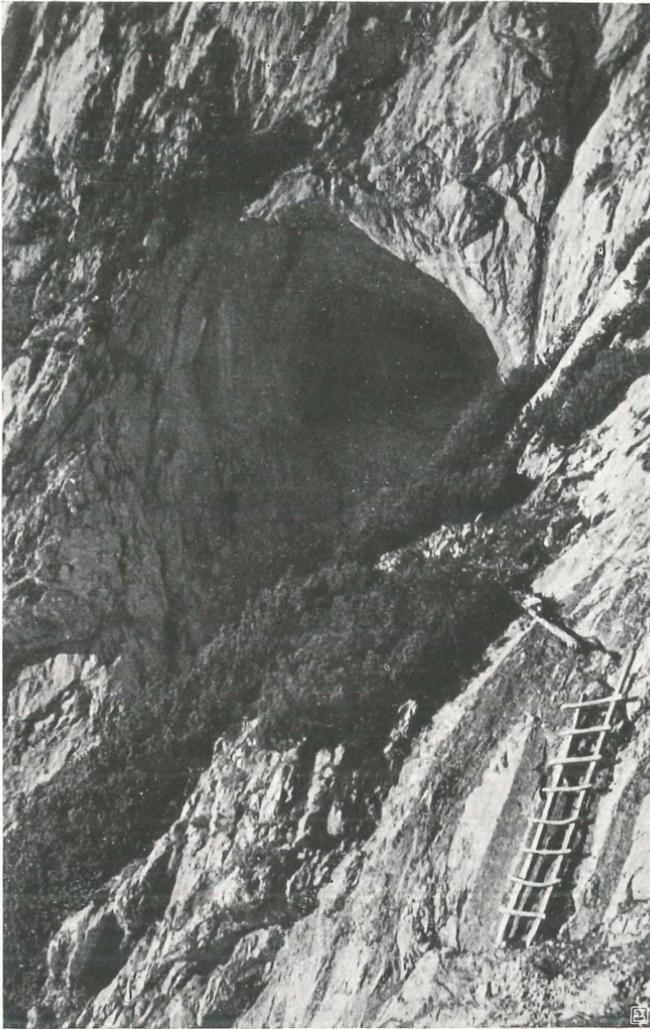
Blick aus Markt Werfen auf den „Achselkopf“ (über dem Schloß Hochwerfen).  
Dieser verdeckt durch seinen Gipfel den Höhleneingang. Vgl. S. 54 f.  
(Phot. A. A sal.)



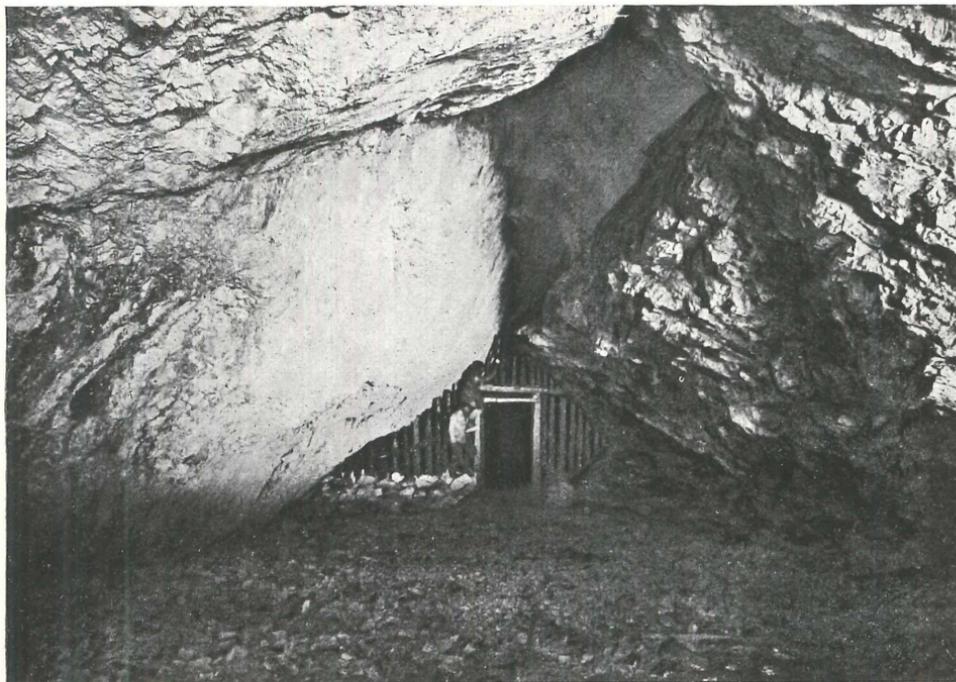
Die Gratlücke der „Beißzange“, die den Achselkopf (rechts) vom Absturz des Tennengebirges absondert, und der Weg zum Höhleneingang, gesehen nach Süden. Vgl. S. 54 f. (Phot. A. Asa1.)



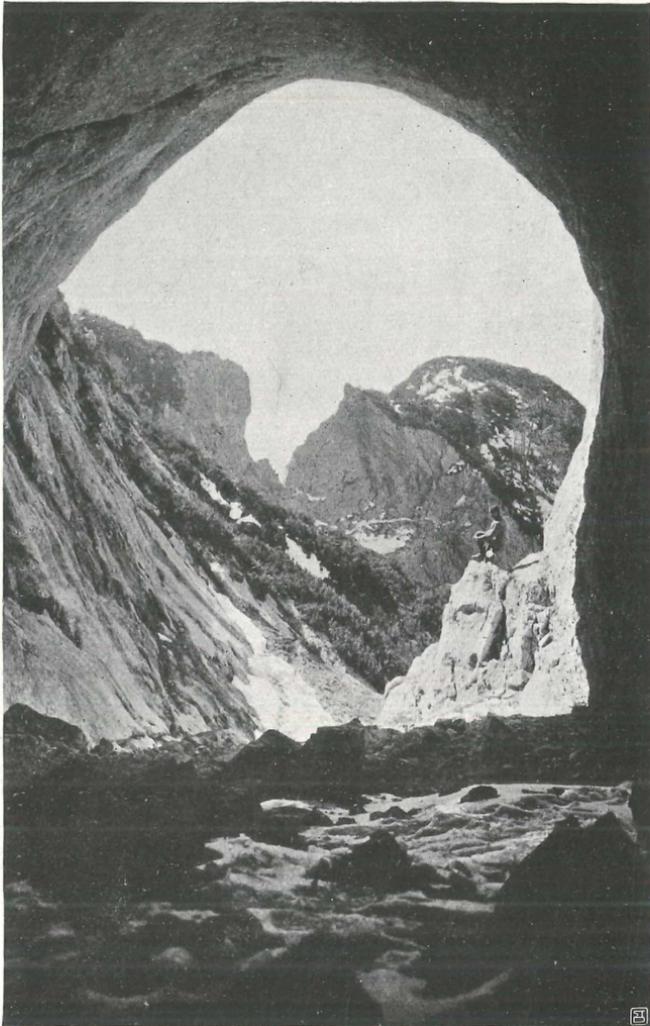
Eisriesenwelt im Tonnengebirge. Höhlentor und seine Umgebung von der Achselkopfhütte aus gesehen. Vgl. S. 56 f. (Phot. A. Asa1.)



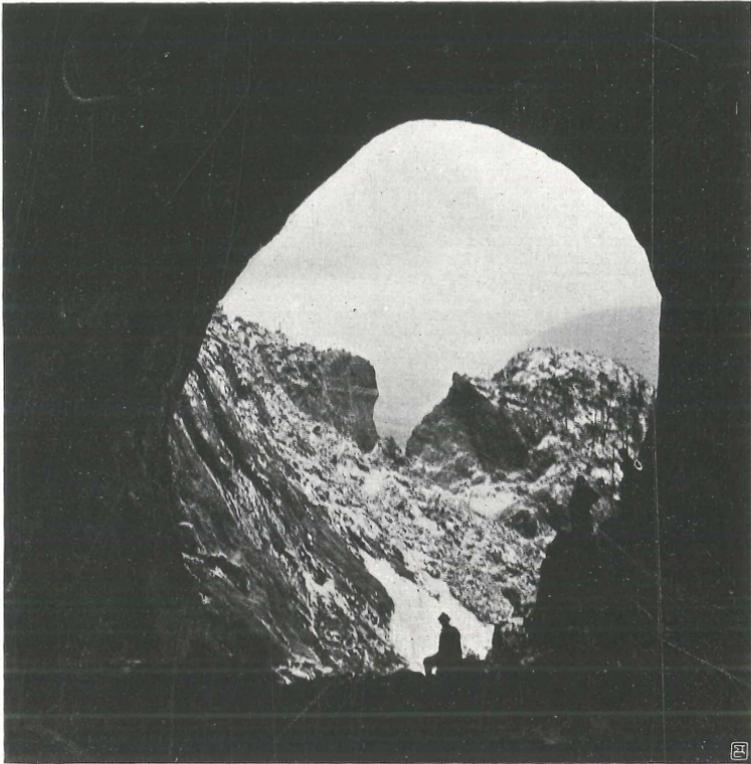
Die Torhalle der „Eisriesenwelt“. Vgl. S. 56 f. (Phot. A. Asal.)



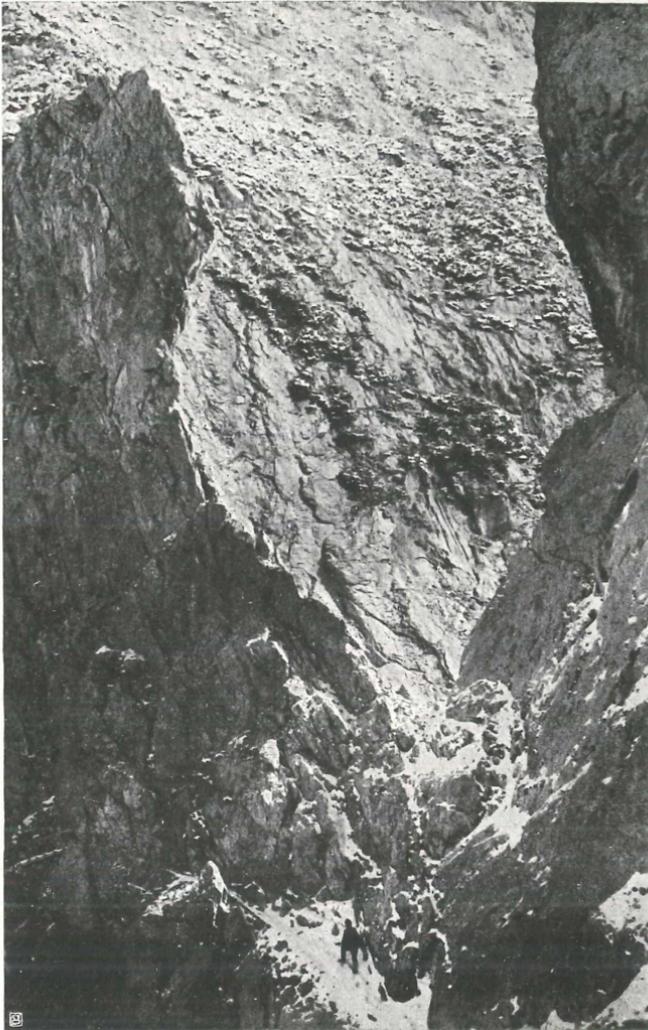
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Der Zutritt ins Höhleninnere. Die Gattertür bei Nacht von außen. Vgl. S. 56.  
(Phot. A. A sal.)



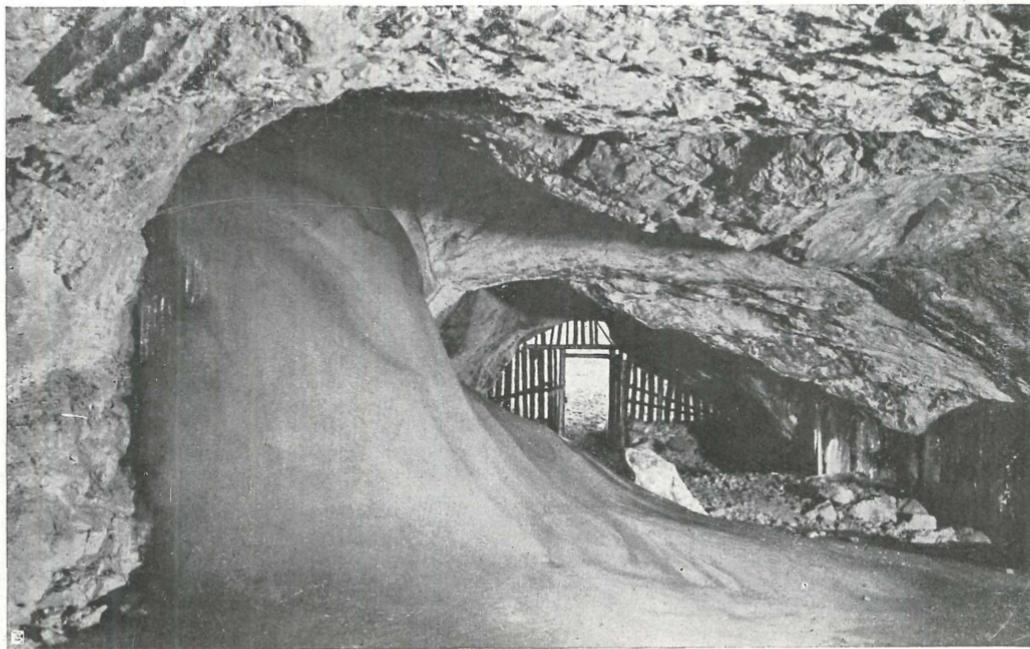
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Ausblick aus der Torhalle auf „Boißzange“ mit Achselkopf (r.). Vgl. S. 56. (Phot. A. Asal.)



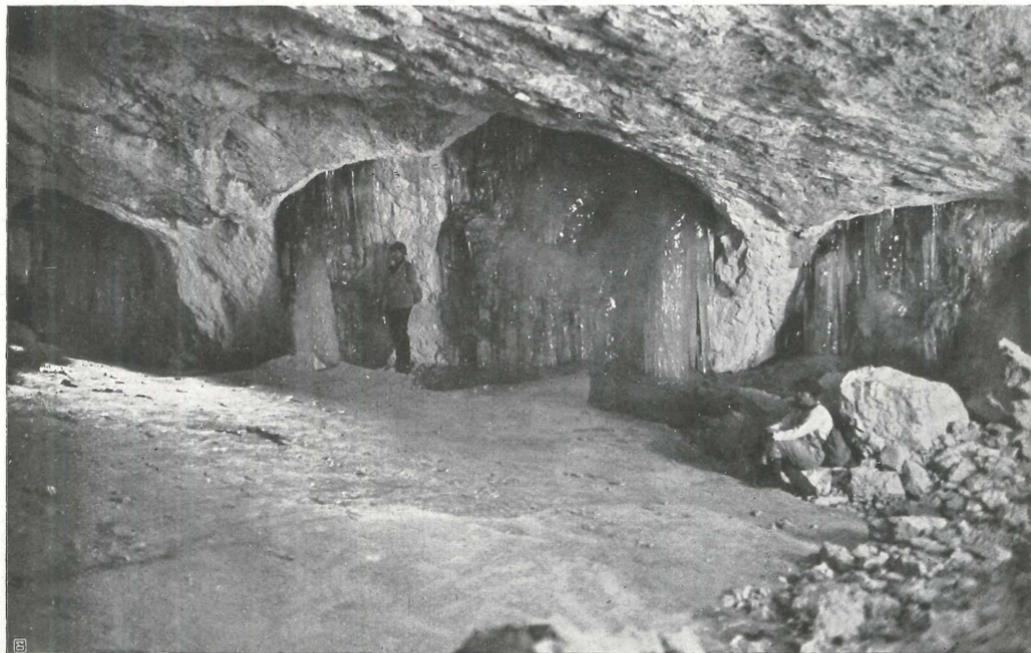
Wie Taf. IX, von einem anderen Standpunkte. Vgl. S. 57. (Phot. A. Asal.)



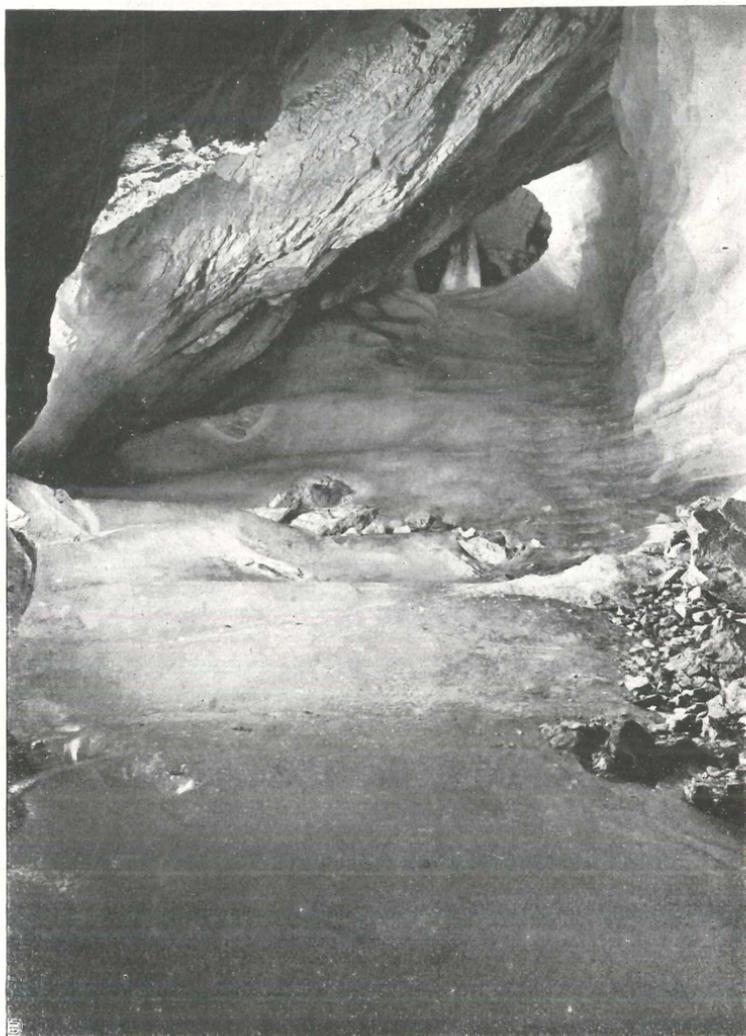
Die Beißzange und Durchblick auf die Wandteile links der obersten Saugasse. Vgl. S. 57 und dazu S. 50, 51 des geologischen Teiles. (Phot. A. Asal.)



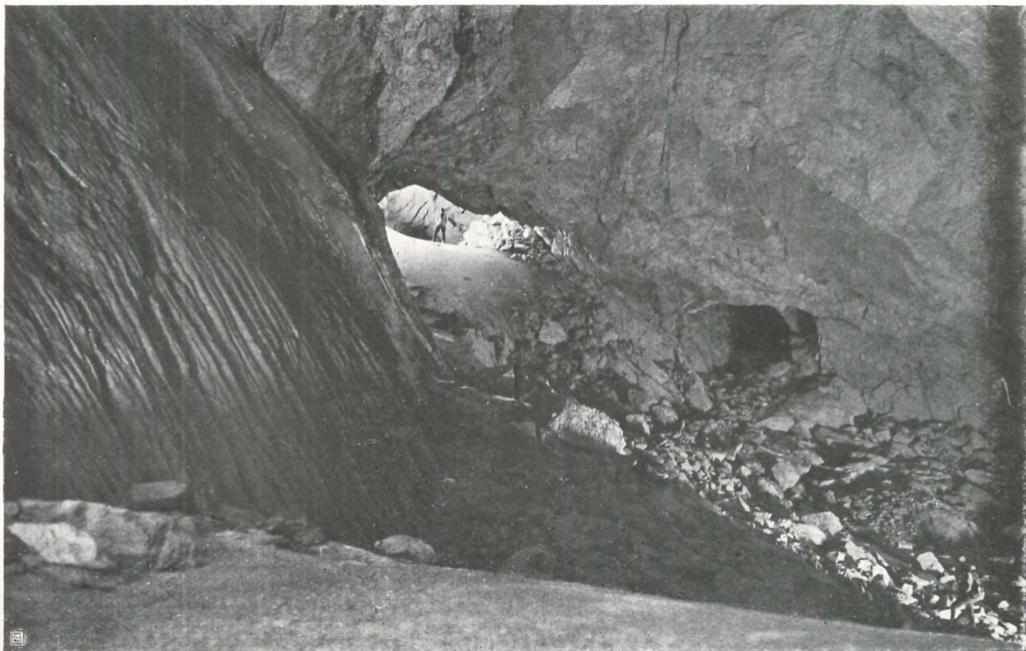
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Blick auf den Ausgang der Eisriesenwelt von innen. Die ausdauernde Rieseleisbildung der Ostseite. Vgl. S. 57. (Phot. A. Asal.)



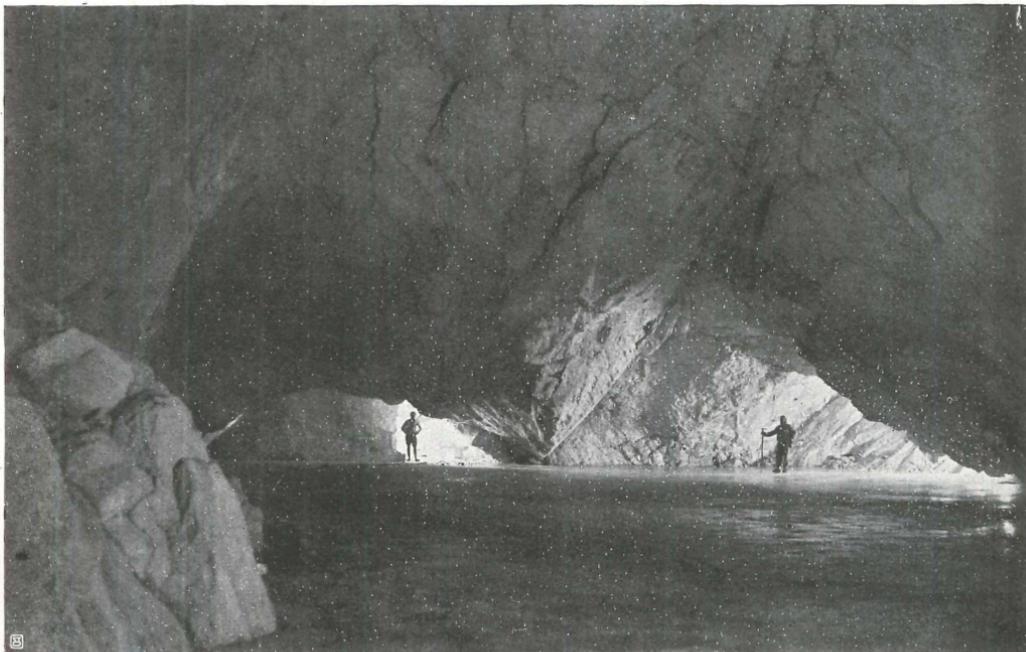
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Beim untersten (ersten) Eisse. Die vergänglichlichen Rieseleisbildungen in den „Lauben“ der Westseite. Von links fällt Tageslicht ein. Vgl. S. 57. (Phot. A. Asa1.)



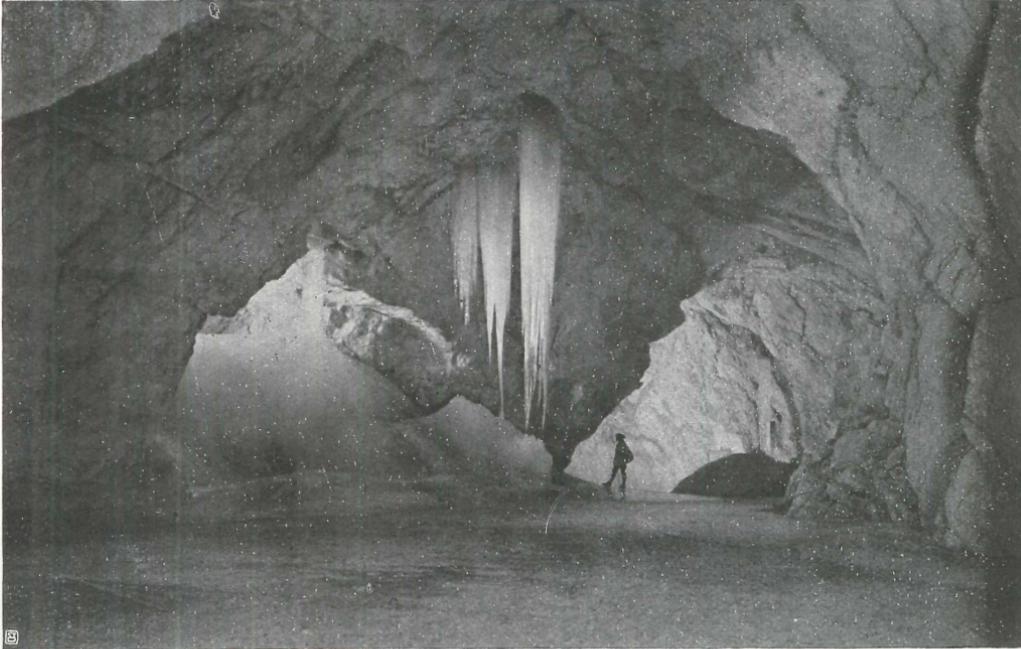
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Eisverstopfung im Raume „Utgarðsburg-Mörkdom“. Blick von innen gegen das Eistor. Windschalen mit Staubeinlagerung an der Eiswand. Der Abstieg beträgt 12 m. Vgl. S. 66 f. (Phot. H. Gürtler.)



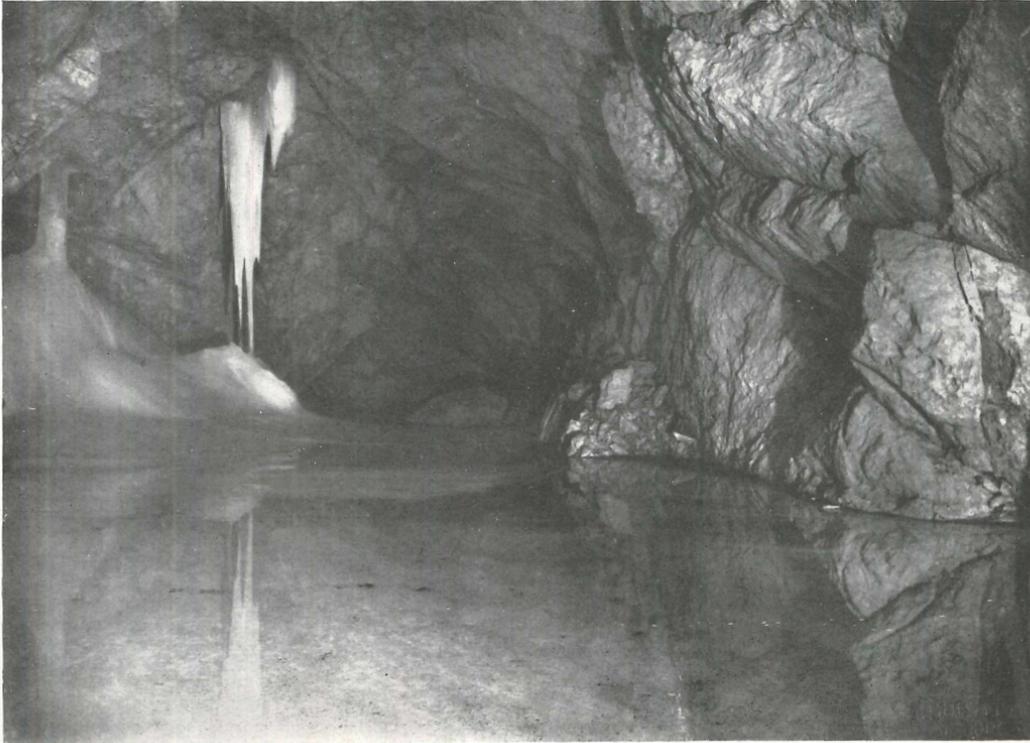
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Der Harnisch in der Nordwestbegrenzung des Alexander von Mörk-Domes und der westliche Eingang zum „Eislabyrinth“. Im Vordergrund ebenfalls Eis. Vgl. S. 66 f. (Phot. A. A sa l.)



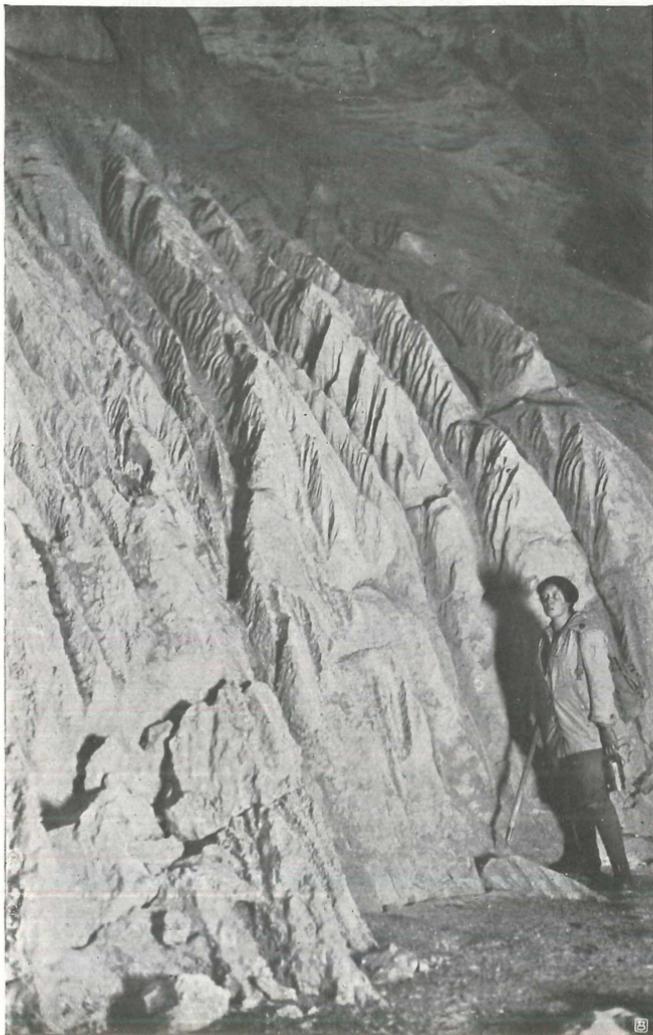
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Der „Eispalast“ im Frühling. Links rückwärts Ausgang zum Mörkdom. Vgl. S. 68.  
(Phot. A. Asal.)



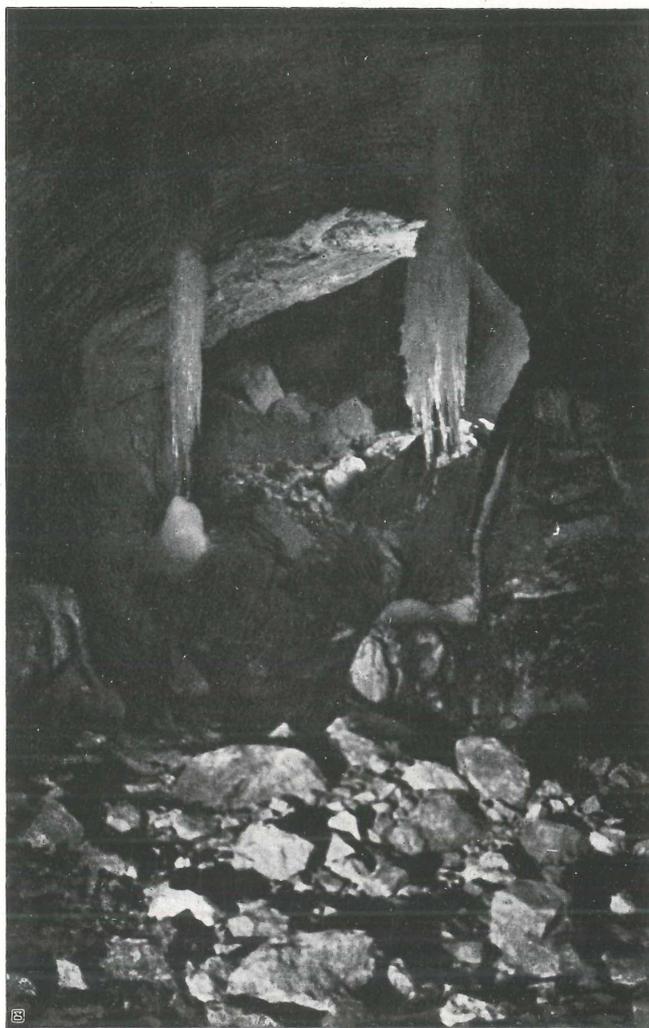
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Der „Eispalast“ gegen Nordost gesehen. Zeit der größten Eisentwicklung (März, April).  
Der Boden ist ein gefrorener „See“. Vgl. S. 68. (Phot. A. Asal.)



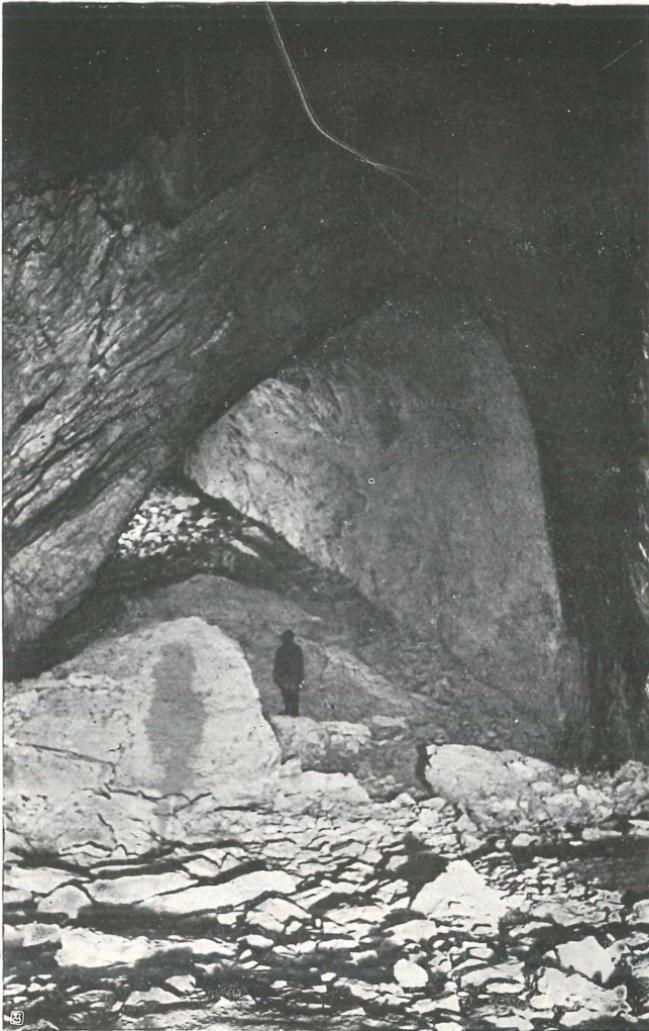
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Der „Eispalast“ im Hochsommer. Die obersten Zentimeter der Eissole sind aufgetaut.  
Vgl. Taf. XVII und S. 68. (Phot. H. Gärtler.)



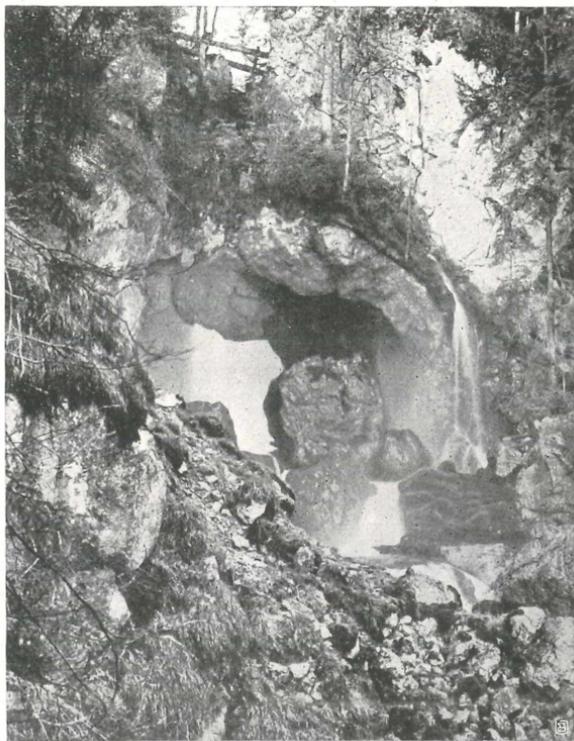
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Karrenböschung am Abstieg zum „U-Tunnel“.  
Über sie empor geht es zur „Schotterhalle“ und zum „Steilen Gang“. Vgl. S. 69.  
(Phot. A. Asal.)



Eisriesenwelt im Tennengebirge. U-Tunnel von der Mitte nach Nordwest  
gesehen im Frühjahr. Beginn der unvereisten Höhlenstrecken. Vgl. S. 69 f.  
(Phot. A. Asal.)



Eisriesenwelt im Tennengebirge. U-Tunnel von der Mitte nach Nordost gesehen.  
Aufstieg nach „Midgard“, Vgl. S. 69 ff. (Phot. A. Asal.)



Teilansicht im Bereiche des Gollinger Wasserfalles: Die Naturbrücke, aus der ein einzelner Wasserstrahl hervorbricht. Hinter ihr liegt der Schacht, in welchen der obere Fall aus der Quelhöhle stürzt. Die Quelhöhle liegt höher als der obere Bildrand. Der Quellbach, den man hinter der Naturbrücke herabfallen sieht, fließt unter ihr nach rechts ab zum nächsten Wasserfall. Vgl. S. 83. (Phot. Verlag J. Huteregger, Salzburg.)

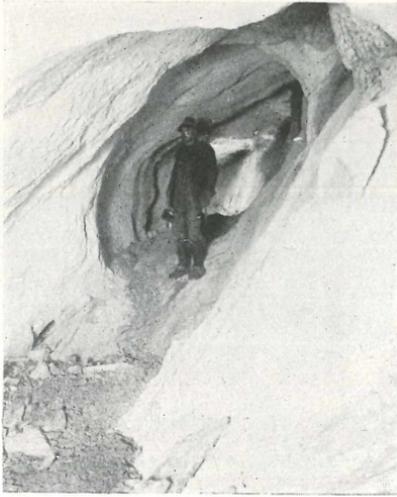
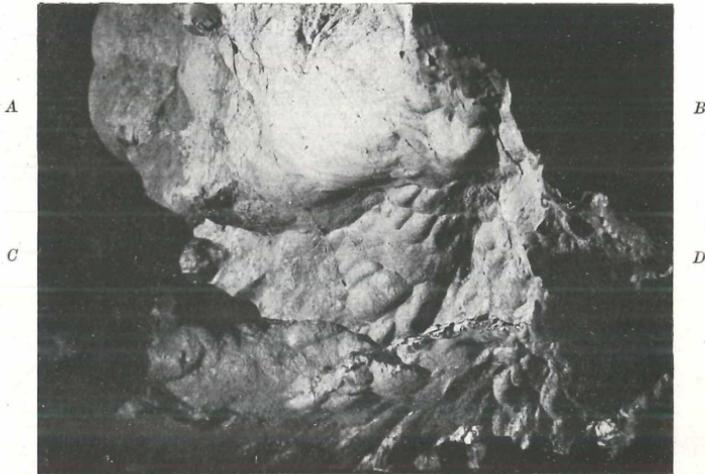


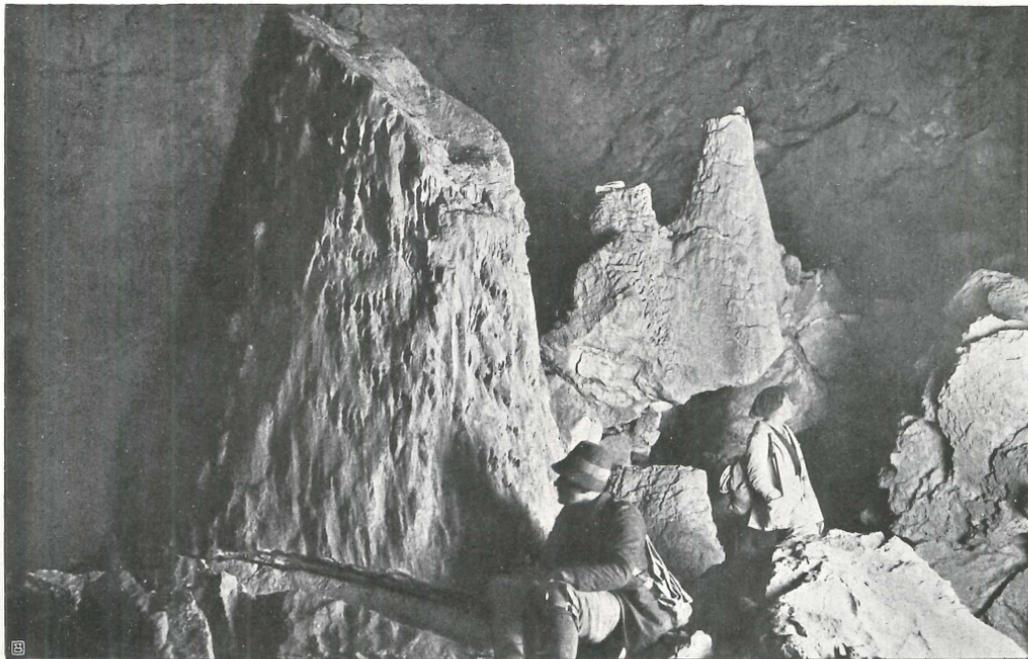
Fig. 1. Eisriesenwelt im Tennengebirge. In der Mitte des „Wasserganges“ nach SW gesehen. Diese Röhrenform ist kennzeichnend für eine Gattung verhältnismäßig einfach angelegter Auswaschungswirkungen. Noch einfachere zeigt Taf. XXXI. Vgl. S. 63. (Phot. E. Angermaier.)

*E*



*F*

Fig. 2. Eisriesenwelt im Tennengebirge. Einzelheit an der rechten Wand der in die Satanshalle hineinziehenden Auswaschungsschlucht, ungewöhnlich vielfältige Wasserwirkung (Größe etwa:  $1 \times 2$  m). Licht von rechts unten. Vgl. S. 89. (Phot. O. Lehmann.)



Eisriesenwelt im Tennengebirge. Die Riesentropfsteine am inneren Ende des „Ersten Verbindungsstollens“. Es sind Bodenzapfen, die mit einem Deckendurchsturz aus einer oberen Höhle an die heutige Stelle gelangten. Mehrere sind umgefallen und ganz zerbrochen. Vgl. S. 91. (Phot. A. Asal.)

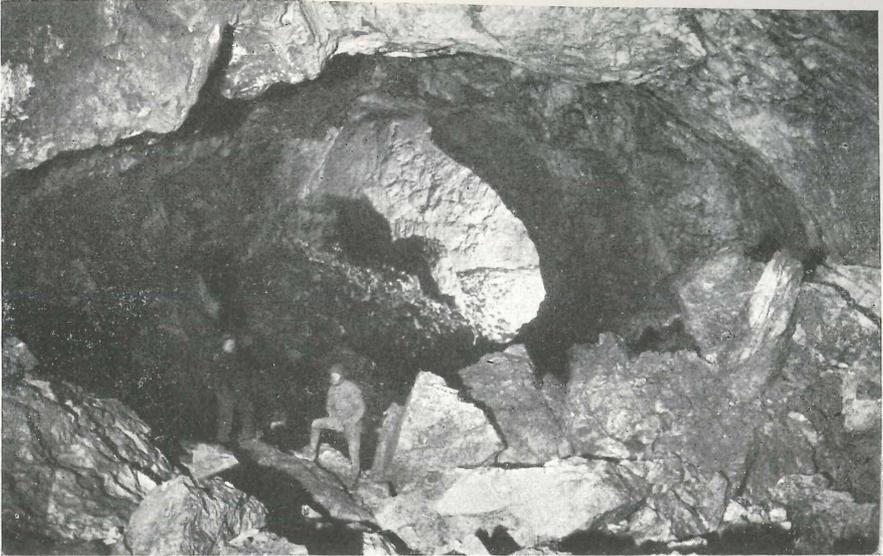


Fig. 1. Eisriesenwelt im Tennengebirge. Blick in die Teilungshalle, auf die Strecke der gut erhaltenen, querelliptischen Auswaschung. Vgl. S. 91. (Phot. H. Gärtler.)

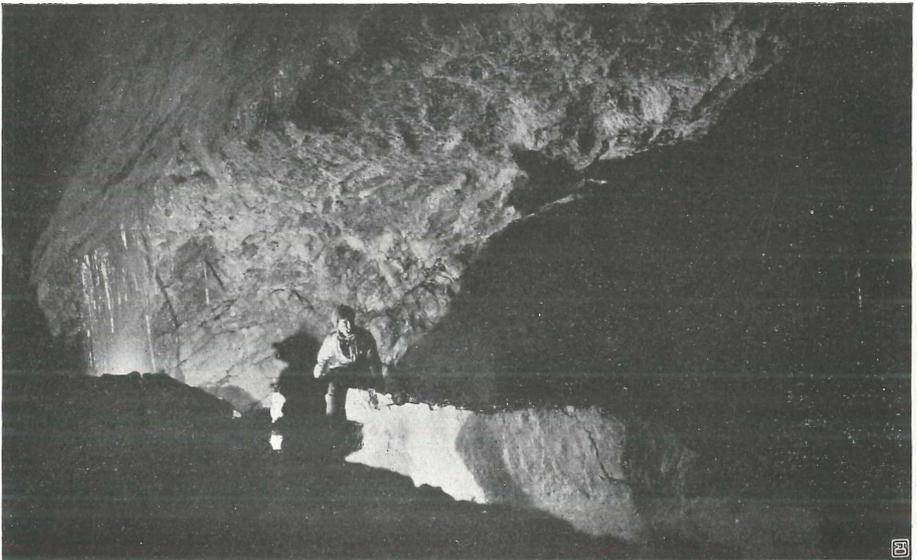
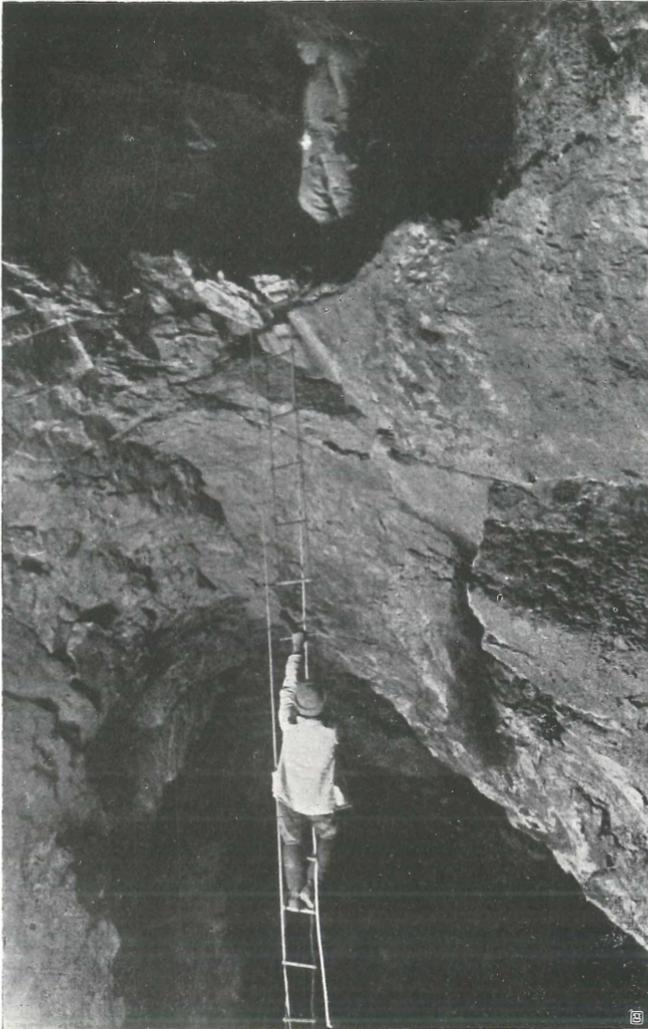
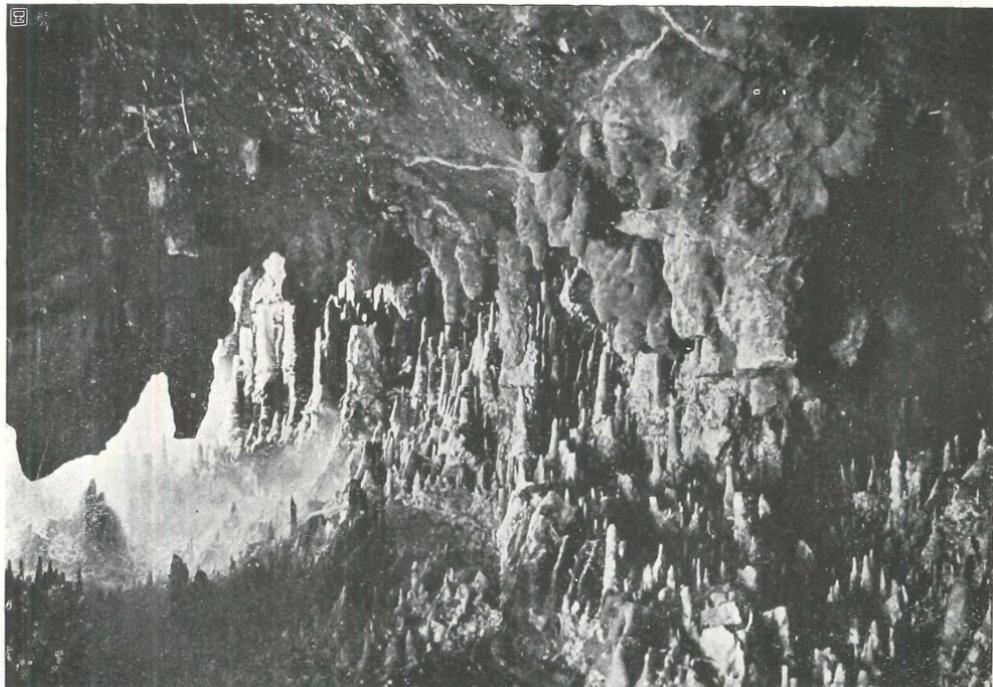


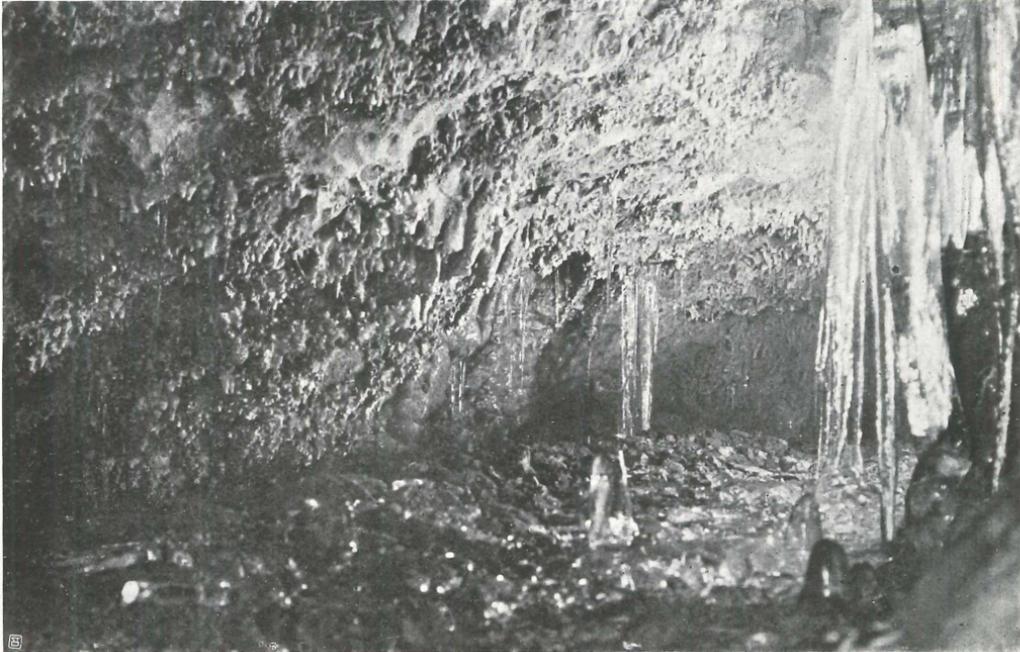
Fig. 2. Eisriesenwelt im Tennengebirge. In Midgard, nahe P. 1782-9, östlich vom Wasserberg. Blick nach Südsüdost. Der herabsteigende Deckenharnisch ist ganz links oben und hinten vom Wasser eingemuldet, sonst gut erhalten. Das Bild zeigt auf der Harnischfläche keinerlei Beschädigungen durch daraufgefallenes Trümmerwerk der Decke, obwohl der Harnisch zum Teil ursprünglich, zum Teil infolge Wasserwirkung schräg zur Decke emporblickt. Nur vom Harnisch selbst fiel der lange Felsblock herab, der etwas verschoben darunter liegt. Somit ist die Raumbegrenzung im Vordergrund, d. h. vor dem Harnisch, durch Einstürze allein nicht erklärbar. Vgl. S. 76 ff. (Phot. A. Asa1.)



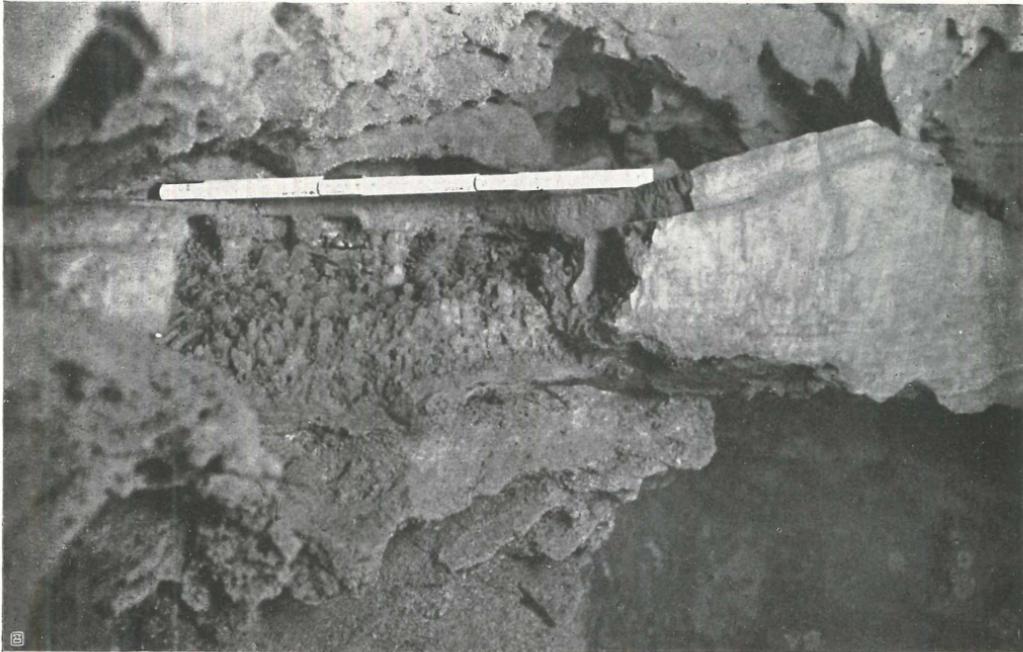
Eisriesenwelt im Tennengebirge. An der Mausefalle I im südlichsten Teil der rückwärtigen Höhlenäste. Blick nach Westen. Vgl. S. 93 u. 105. (Phot. A. A sal.)



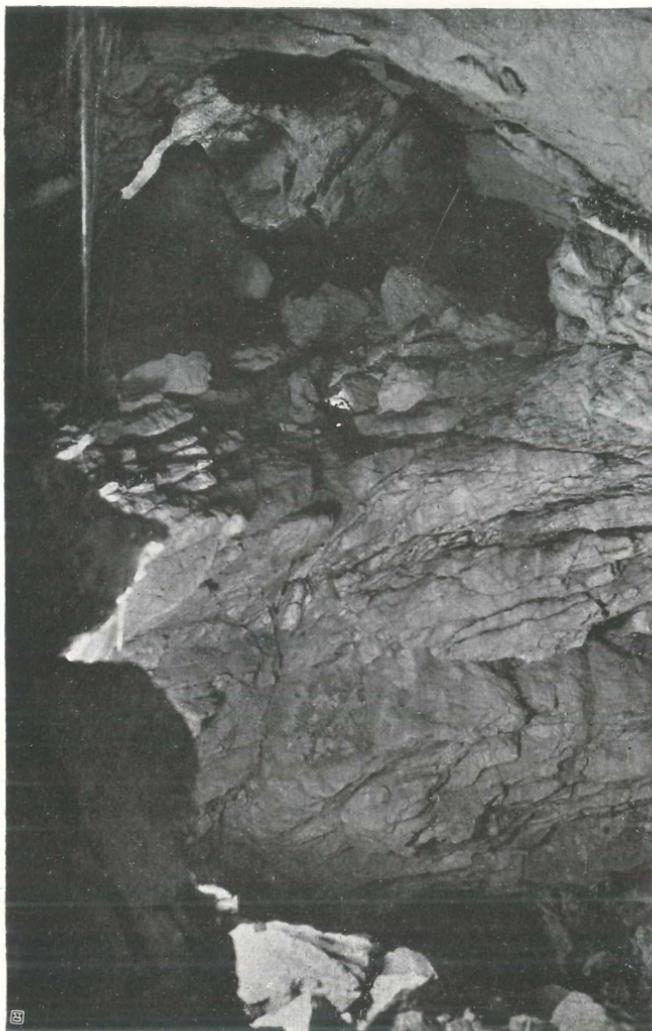
Eisriesenwelt im Tennengebirge. Tropfsteine in der etwa 1 m hohen „Schatzkammer“ im Eislabyrinth. Vgl. S. 96.  
(Phot. A. Asal.)



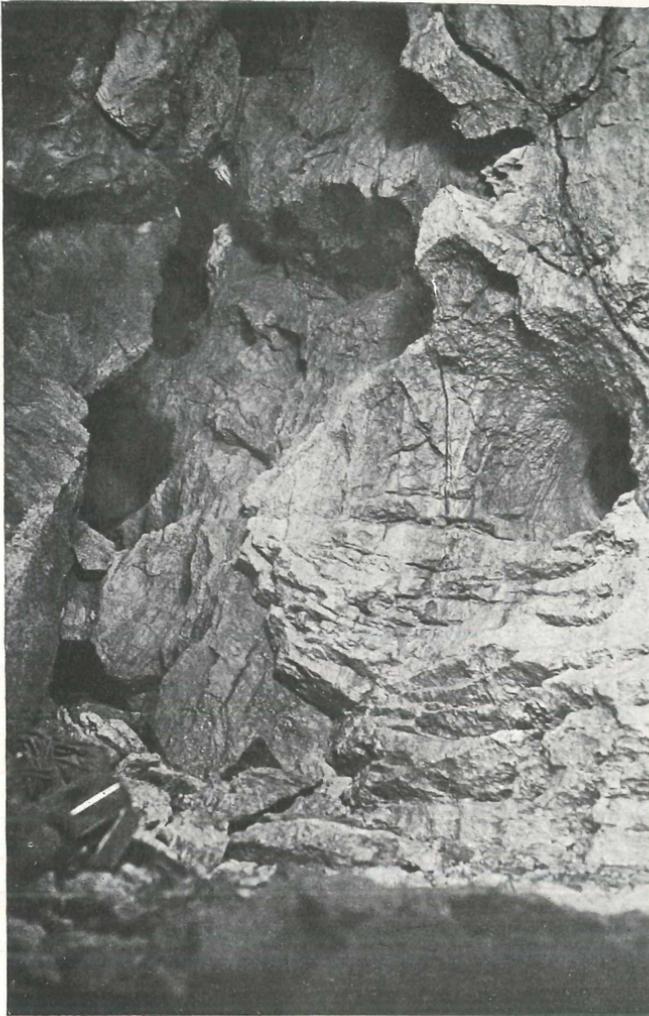
Eisriesenwelt im Tonnengebirge. Lebhaft gefärbte Sinterbildungen und grünlichblaue Eiszapfen in der „Schatzkammer“ des Eislabyrinths. Vgl. S. 97. (Phot. A. Asal.)



Eisriesenwelt im Tennengebirge. Raue Kalkzildrusen (unter dem Zentimetermaßstab) zwischen stengeligen durchscheinenden Kristallplatten, darunter Reste zentralalpiner Sande, alles im Röhrenlabyrinth. Sowohl die Kalkziltbildungen als auch die Sande und Feinkiese haften nur als spärlicher Rest der früheren Raumfüllung an den Wänden. Vgl. S. 97 und im geologischen Teil, S. 62/63. (Phot. A. A sal.)



Eisriesenwelt im Tennengebirge.-Zugang zur Schotterhalle an der Vereinigung der vom Eispalast und U-Tunnel ausgehenden Stollen. Deckendurchbruch im Vordergrund. Der sitzende Mensch rechts vom unteren Ende des Eiszapfens in der Bildachse als Maßstab. Vgl. S. 97 u. 105. (Phot. A. Asal.)



Eisriesenwelt im Tennengebirge. In der „Schotterballe“, Blick gegen NNE. Taf. XXI beim geologischen Teil des Werkes zeigt den Einblick in die zweitunterste Röhre im Hintergrund. Die Eigenart dieser Röhren ist größte Glätte und trompetenförmige Mündung. Vgl. S. 97 und Taf. XXIII, mit erheblich anderen Formen. (Phot. A. Asal.)