

Die große Eishöhle im Tennengebirge (Salzburg).

(Eisriesenwelt).

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

VI. Geologische Beobachtungen.

Von Univ.-Doz. Dr. Julius Pia (Wien).

1. Die allgemeine geologische Lage der Höhle.

Das Tennengebirge ist vom Hagengebirge nur morphologisch durch den Salzachlauf getrennt, bildet mit ihm aber eine geologische Einheit. Seine Hauptmasse besteht aus einer einfachen Schichtfolge, die von der Untertrias bis in den Jura reicht. Werfener Schiefer, dunkle, dünn-schichtige, meist kieselige Gutensteiner Dolomite, heller, ungeschichteter Ramsaudolomit, *Cardita*-Schichten, deren Vorkommen auf einzelne Linsen beschränkt ist, Dachsteindolomit, Dachsteinkalk, bunte Liaskalke, endlich die schwarzen Schiefer und Konglomerate des Jura sind die wesentlichen Glieder dieser Serie. Das allgemeine Einfallen ist im ganzen Gebirge gegen N gerichtet. Sowohl auf seiner Nordseite als auf seiner Südseite wird das Tennengebirge geologisch durch eine große Überschiebung begrenzt. Die südliche wird von Trauth als die Hochgebirgsüberschiebung bezeichnet. Sie trennt das große Kalkplateau von dem Werfen-St. Martiner Schuppenland, einer kompliziert gebauten Region, in der eine wenig mächtige, von der des Tennengebirges faziell verschiedene Trias in nordfallende Schuppen und kleine Falten gepreßt ist. Das Hochgebirge liegt dem Schuppenland an vielen Stellen nicht mit dem Werfener Schiefer, sondern — infolge Verschleifung dieser weichen Gesteine — mit dem Muschelkalk auf. Im N taucht das Tennengebirge an der juvavischen Überschiebung Hahns unter die merkwürdige Deckscholle des Lammertales unter. Ich habe dieses Gebiet im Laufe mehrerer Jahre mit Unterstützung der hohen Akademie der Wissenschaften genau geologisch aufgenommen. Die Verhältnisse sind zu kompliziert, um hier auseinandergesetzt zu werden. Nur wenige Tatsachen seien erwähnt. Die juvavische Decke besteht aus Werfener Schichten, dunklem Muschelkalkdolomit, weißen Ramsaudolomit, *Cardita*-Schichten, roten und hellgrauen Hallstädter Kalken mit Ammoniten und *Monotis*, aber auch schwarzen norischen Kalken mit Halorellen, Zlambachmergeln und weißlichgrauen Reiteralmkalken, schließlich roten Liaskalken. Es ist nicht anzunehmen, daß diese Gesteine eine einzige, faziell stark differenzierte Serie bilden. Es handelt sich vielmehr, wie die tektonische Detailuntersuchung zeigt, um zwei Decken, eine tiefere Hallstädter Decke und eine höhere Reiteralmdেকে.

An der Überschiebung, mit der die Hallstätter Decke dem Tennengebirge aufliegt, finden wir als tiefstes Glied wieder fast ausschließlich Muschelkalk, während die Werfener Schichten im nördlichen Teil der Deckscholle zusammengeschoben sind. Hier wurden sie vielfach gangartig zwischen die Blöcke jüngerer Kalke und Dolomite eingepreßt, was die Entwirrung der Tektonik sehr erschwert. Der juvavischen Decke als ganzes, ohne Rücksicht auf ihre Unterteilungen, sind folgende Gebiete zuzurechnen: Auf der Südseite der Lammer das Lammereck, der Sattelberg, der Vordere und Hintere Strubberg mit dem Arlstein; auf der Nordseite des Flusses die ganze Gruppe des Gollinger Schwarzen Berges mit seinen Ausläufern bis zum Rabenstein und zu dem inselartig aus den Schottern der Salzach aufragenden Karlstein (Punkt 495 der Spezialkarte). Die Fortsetzung der Deckscholle links der Salzach bildet nach meiner Auffassung die Masse des Hohen Göll. Im N stößt das juvavische Deckenland an einer Längsverwerfung gegen Oberjura und Unterkreide der Osterhorngruppe. Nördlich dieses Bruches liegt dem Neokom der gipsführende Werfener Schiefer von Grubach als ein Deckenzeuge auf.

Das Tennengebirge besteht also aus drei tektonischen Einheiten, die von S gegen N übereinanderfolgen und deren mittlere die ganze Hochregion des Gebirgsstockes aufbaut. Nur mit ihr haben wir uns näher zu befassen. An der Oberfläche des Plateaus haben nur obertriadische Gesteine Anteil. Der Jura ist auf den Nordrand, an der juvavischen Überschiebung, beschränkt. Im großen und ganzen kann man sagen, daß der untere Teil der Obertrias vorwiegend als Dolomit entwickelt ist, daß darüber ein ungeschichteter Hochgebirgsriffkalk und darüber der gebankte Dachsteinkalk folgt. Gegen S. nimmt die Mächtigkeit des Riffkalkes auf Kosten des geschichteten Kalkes zu. Der nordwestliche Teil des Plateaus wird von der Hauptmasse tektonisch durch einen Bruch getrennt, der aus der Gegend von Eckhart im Salzahtal in ostnordöstlicher Richtung etwa gegen den Wiener Wasserfall verläuft. Die nördliche Scholle ist an diesem Bruch abgesunken, so daß der geschichtete Dachsteinkalk gegen Riffkalk, stellenweise auch gegen Dolomit, stößt. Dieser Bruch erklärt die relativ hohe Lage der Grenze zwischen Dolomit und Kalk auf der Pitschenbergalm.

2. Die geologischen Verhältnisse der näheren Umgebung der Höhle.

Die Geologie der Umgebung von Werfen ist auf den Kartenskizzen von Fugger¹⁾ und Trauth²⁾ merklich verschieden dargestellt. Die wenigen Exkursionen, die ich selbst ausführen konnte, genügen natürlich nicht, um die sehr komplizierte Region zu entwirren. Es sollen deshalb nur einige eigene Beobachtungen mitgeteilt werden, die hinreichen dürften, um von dem geologischen Bau des Gebietes einen allgemeinen

¹⁾ Jahrb. d. Reichsanst., Bd. 64, Taf. 20.

²⁾ Mitt. Geol. Ges. Wien, Bd. 9, Taf. 8. Die ausführliche Arbeit Trauths wurde bisher leider nicht veröffentlicht.

Begriff zu geben. Die einzige Einheit, die sich leicht über größere Strecken verfolgen läßt, ist die Kalk- und Dolomitmasse der Hauptwand. Wir beginnen deshalb am besten von ihr. Am Weg von dem Gehöft Schreckenbergr zur Achselkopfhütte wird der tiefste Teil dieser Felsregion von hellgrauen Dolomiten gebildet, die gegen die Werfener zu stoßen scheinen. Dunkle Kalke oder Dolomite der anisischen Stufe zwischen diesen beiden Gesteinen konnte ich nicht auffinden. Auch Fugger gibt solche hier nicht an. Er betrachtet die hellen Dolomite als Ramsaudolomit, doch scheint mir für diese Deutung kein sicherer Beweis vorzuliegen. Ich habe in ihnen vergeblich nach Diploporen gesucht, durch deren Vorkommen das ladinische Alter unter den gegebenen Verhältnissen erwiesen wäre. Gegen oben grenzen sie direkt an den Dachsteinkalk. Freilich sind in der Grenzregion, wie wir noch sehen werden, viele kleinere Brüche vorhanden. Dennoch halte ich es für das Wahrscheinlichste, daß wir es schon mit oberkarnischem bis norischem Dachsteindolomit zu tun haben.

Weiter gegen SO stellen sich am Fuße der Wände dunkle Dolomite ein. Ich habe sie im Gebiete des Fallsteinergrabens nordöstlich des Gehöftes Fallsteiner genauer untersucht. Der Dolomit ist schwarzgrau, manchmal ins Violette spielend, nicht selten rot geädert, nur sehr undeutlich gebankt. Er wird von vielen Harnischen durchsetzt. Manchmal ist er in eine tektonische Breccie verwandelt. Zwischen den Dolomitwänden und den höher oben folgenden Dachsteinkalkwänden ist keinerlei durchlaufende Terrainstufe vorhanden. Wie schon erwähnt, läßt sich vielfach zeigen, daß der Kalk den hellen und dunklen Dolomit nicht normal überlagert. Man sieht dies beispielsweise gut in einer breiten, flachen Terrainmulde auf der rechten Seite des oberen Fallsteinergrabens, am Fuß der Wände. Der dunkle Dolomit stößt hier an einem ungefähr senkrechten, N 23° W streichenden Bruch gegen hellgrauen Dolomit und Dachsteinkalk. Ich vermute, daß der erwähnte dunkle Dolomit eher der karnischen als der anisischen Stufe angehören dürfte. Typische Gesteine der Gutensteiner Schichten, wie wir sie in den tieferen Schuppen treffen werden, habe ich hier nicht beobachtet.

Der Hang unmittelbar unterhalb der Wände besteht sicher überall aus Werfener Schichten. Die Aufschlüsse sind meist schlecht. Am deutlichsten sind sie in den Pleiken des oberen Fallsteiner Grabens, wo der Werfener viele Blöcke und kleinere Stücke von Gips enthält. Eine normale Auflagerung der Kalk- und Dolomitmasse des Plateaus auf die Werfener Schiefer konnte ich nirgends feststellen. Vielmehr zieht der Fuß der Wände auffallend geradlinig durch das Gelände, ohne sich in den Gräben einzubuchten, entspricht also offenbar einem Bruch. In der Gegend östlich des Bauernhofes Schreckenbergr verläuft die Basis der Wände in der Richtung W 20° N. Weiterhin muß sich die Richtung des Bruches ändern, weil der Fuß der Wände sich gegen NNW wendet. Auch hier sind innerhalb der Gesteinsmasse des Plateaus Parallelverwerfungen vorhanden. Ein solcher Bruch bestimmt beispielsweise den Verlauf der beiden Äste, in die sich der erste Graben östlich Art-

hof (Fuggers Gundackergraben) südsüdöstlich des Achselkopfes gabelt, der sogenannten Saugasse und des Achselsankengrabens. Das Einfallen der Bruchfläche ist 70° WSW. Die linke Wand der Saugasse (des rechten Quellgrabens) wird über eine größere Strecke durch den Harnisch gebildet.

Wir gelangen also zu der Vorstellung, daß die obertriadischen Kalke und Dolomite des Tennengebirges dem Werfener Schiefer nicht ungestört aufliegen, sondern an einem System von WNW bis NNW streichenden Brüchen gegenüber dem Fuß des Berges eingesunken sind. Mit diesen Brüchen hängt vermutlich auch die sehr auffallende steile Plattung der Dachsteinkalke in den Wänden vom Hochkopf bis zum Raueck zusammen. An der schon erwähnten Gabelungsstelle des Gundackergrabens fand ich das Streichen der Platten zu $N 5^\circ W$; ihre Stellung ist senkrecht. Die Erscheinung setzt sich auf die Westseite des Achselkopfes fort. (Vgl. auch Taf. XVIII.) Über dem Höhleneingang fallen die Klüfte $S 57^\circ W$ mit 76° Neigung. Am schönsten sind sie aber auf der Westseite des Raueck entwickelt, wo sie fast senkrecht stehen und beim ersten Anblick eine gegen W gerichtete Faltenstirn vortäuschen. (Vgl. Taf. XVII, 4.)

Die Grenze zwischen dem hellen Dachsteindolomit und dem Dachsteinkalk des Plateaus liegt im Fallsteinergraben etwa 1400 *m* hoch, im Gundackergraben bei zirka 1100 *m*, auf der Südwestseite des Hochkopf wieder etwas höher, bei etwa 1300 *m*, zieht ein Stück unter der Kote 1552 nordwestlich des Hochkopf durch und dürfte von hier in ungefähr gleicher Höhe nach N verlaufen. In der Ofenrinne nordöstlich der Grünbaumhütte quert man die Grenze zwischen Dolomit und Kalk in 1340 *m* Höhe. Sie scheint hier aber einer kleinen Verwerfung zu entsprechen.

Der Bau der tieferen Schuppen am Hang nordöstlich Werfen, die schon unserer untersten tektonischen Haupteinheit angehören, braucht hier nur kurz erwähnt zu werden, da er mit den Verhältnissen in der Höhle in keinem näheren Zusammenhang steht. Der oberste Werfener Zug im Fallsteinergraben setzt sich über die Bauern Fallsteiner und Schreckenberger gegen NW fort. Weiter konnte ich ihn wegen zu starker Bedeckung mit Quartär nicht sicher verfolgen. Nach Bittner (in Fugger) erstreckt er sich auf der rechten Salzachseite noch ziemlich weit flußabwärts, doch ist dies nur aus losen Stücken erschlossen. Unter den Werfener Schichten folgt wieder Muschelkalk. Er ist sowohl im Fallsteinergraben als im Schreckenbergergraben (= Staudachgraben) aufgeschlossen. Fugger nimmt an, daß es sich nur um einzelne isolierte Schollen handelt. Ob dies in Anbetracht der großen Moränenbedeckung sicher festzustellen ist, blieb mir einigermaßen zweifelhaft. Ein vereinzelter Aufschluß von dunklem Gutensteiner Dolomit im Setzenberggraben, in etwa 900 *m* Höhe, dürfte jedenfalls demselben Zug angehören. Man kann sich von dem Charakter einer solchen Muschelkalkschuppe eine gute Anschauung verschaffen, wenn man von dem Fahrweg zum Schreckenberger durch den Schreckenberger- oder Staudachgraben hinunter steigt. Am Weg

steht dunkler, ungeschichteter Dolomit an, der gleich darunter Wandeln bildet. Weiter unten folgen plattige Dolomite, die sehr steil und unregelmäßig nach SW fallen. Auf der rechten Grabenseite sieht man eine tektonisch ganz in einzelne Blöcke aufgelöste Masse von dunklem Dolomit, die von kleinen Erzadern durchsetzt ist. Offenbar haben die Lösungen diese Zertrümmerungszone zum Aufsteigen benutzt. Daran stößt westwärts an einem Bruch Gutensteiner Kalk. Er ist dunkelgrau, dünnplattig, hornsteinhaltig. Das Einfallen ist N 13° W mit 47° Neigung. Das Gestein ist auf die rechte Talseite beschränkt. In seinem Hangenden ist noch eine kleine Partie ganz zerdrückten roten Werfener Schiefers vorhanden, als Andeutung einer Unterteilung der Schuppe. Wieder etwas weiter unten sieht man auf der linken Grabenseite stark aufgerichtete, gut geschichtete Dolomite. Der im ganzen senkrechte Schichtabfall ist in mehrere kleine Falten gelegt, so daß die Mulden und Sättel nicht hintereinander, sondern übereinander folgen. Der Gutensteiner Dolomit reicht nahezu bis 800 *m* Höhe hinunter. In seinem untersten Teil ist das Einfallen O 5° S mit 42° Neigung. In der angegebenen Höhe wird er von Werfener Schiefen und Sandsteinen unterlagert. Das wechselnde Einfallen und die unregelmäßige Verteilung der Gesteine zeigt deutlich, daß man es in diesen Muschelkalkschuppen nicht mit einem zusammenhängenden Schichtpaket zu tun hat, sondern mit einzelnen durcheinandergeschobenen Schollen und Blöcken.

Einer tieferen Schuppe gehört der Muschelkalk an, der nordöstlich der Werfener Salzachbrücke und im unteren Teil der Eugenklamm ansteht. Ostnordöstlich Schloß Werfen, in etwa 550 *m* Höhe, beobachtete ich im Gutensteiner Kalk die charakteristischen kleinen Hornsteinkügelchen, wie man sie auch bei Gutenstein in Niederösterreich häufig findet. Es ist jedenfalls bemerkenswert, daß solche geringfügige lithologische Merkmale über so große Strecken einen bestimmten Horizont einhalten. Am Weg in die Eugenklamm sieht man in dem Gutensteiner Dolomit schwarze Schieferzwischenlagen, die stellenweise linsenartig anschwellen. Besonders sind sie in den Faltenkernen zusammengeschoben. Fugger hat diese schwarzen Schiefer mit denen auf der Nordseite des Tennengebirges gleichgestellt und so den Begriff der Strubbergschiefer als eines anisichen dunklen Schieferhorizontes abgeleitet. Meine Untersuchungen haben aber ergeben, daß die Schiefer vom Strubberg in den Jura gehören. Der Ausdruck Strubbergschiefer kann auf die Zwischenlagen des Gutensteiner Dolomites also nicht angewendet werden. Sie sind wohl auch zu unbedeutend, um einen besonderen Namen zu verdienen.

3. Das Gestein der Höhle selbst und seine Lagerung.

Nach dieser Übersicht über die geologische Lage der Höhle wenden wir uns zunächst einer Beschreibung des Dachsteinkalkes, in dem die Höhle liegt, zu. Dabei können die Beobachtungen in der Höhle und die in der Umgebung ihres Einganges zusammengefaßt werden. Der Dachsteinkalk ist meist hellgrau, manchmal fast

rein weiß, nicht selten aber auch ziemlich dunkelgrau. Gelegentlich zeigt sich eine Bänderung parallel zu den Schichten. In der Höhle wurden an zwei Stellen einige Hornsteinknollen beobachtet, die meist nicht dicht, sondern infolge von Durchsetzung mit Kalk porös sind. Rote Schmitzen sind ziemlich häufig. Ein Stück über dem Höhleneingang beobachtet man in der Wand eine etwa 1 m mächtige, zu den Schichten parallele Gesteinszone, in der die roten Schmitzen zu einem auffallenden roten Band zusammenfließen. In der Höhle wurden ähnliche Erscheinungen nicht bemerkt, vielleicht nur wegen der ungünstigeren Beobachtungsbedingungen. Der Dachsteinkalk braust mit Salzsäure meist lebhaft, doch scheinen dolomitische Partien vorzukommen. Nur in einer Gegend der Höhle wurde bisher eine größere Gesteinsmasse nachgewiesen, die als schwach kalkiger Dolomit anzusprechen ist. Sie wird von dem Stollensystem an zwei Stellen angeschnitten, von dem nördlichsten, aufsteigenden Teil des Fledermausganges und von dem Hauptgang dort, wo er beim Steinmann aus einer allgemeinen Ostrichtung in die Nordrichtung umbiegt. An dieser zweiten Stelle liegt nur die Ostseite des Höhlenganges im Dolomit. Das Gestein braust mit Salzsäure ganz schwach. Auf dem Bruch ist es weiß, fein kristallin, flimmernd. Die verwitterte Oberfläche ist außerordentlich rauh, von korrodiertem Aussehen, von massenhaften vorspringenden Spatadern durchzogen. Die Oberflächenbeschaffenheit ist so charakteristisch, daß sie beim Klettern dem Tastsinn sofort als etwas besonderes auffällt. Geht man vom Steinmann gegen den Frithjof Oedl-Dom zu, so kann man den allmählichen Übergang des Dolomites in Kalk verfolgen. Ein Zwischenglied bildet ein dolomitischer, sehr fein kristalliner Kalk. Die Lage der beiden Stellen, an denen der Dolomit beobachtet wurde, macht es wahrscheinlich, daß es sich um eine einzige Masse handelt, und zwar wohl nur um eine große Dolomitlinse. Denn der vertikale Abstand von der Grenze zwischen Dachsteinkalk und Dachsteindolomit, wie sie oben angegeben wurde, ist doch zu groß für die Annahme eines klippenartigen Hinaufgreifens der Dolomitisierung bis in den Bereich der Höhle. Das Umbiegen der Gänge, sobald sie den Dolomit erreicht haben, erweckt den Eindruck, daß sie dieses Gestein vermeiden, daß die Höhlen sich in ihm nicht entwickeln konnten. Läßt sich diese Vorstellung auch im gegebenen Falle nicht beweisen, so ist sie doch an sich wegen der verschiedenen Löslichkeit des Kalkes und Dolomites recht wahrscheinlich und wird durch Beobachtungen an anderen Höhlen gestützt.¹⁾ Die Verschiedenheit der beiden Gesteine wird einem im Bereich der Ofenrinne, in der Gegend der Grünbaumalm, recht deutlich vor Augen geführt. Der Dachsteindolomit wirkt hier als ein ausgesprochenes Quellniveau, während die Oberfläche des Kalkes vollständig trocken ist. Nur die Gräben, die aus dem Dolomit kommen, führen ständig Wasser.

¹⁾ Vgl. Spengler in Verhandl. geol. Reichsanst. 1918, S. 134.

Von Fossilien sieht man in der Höhle Megalodonten recht häufig, so am Eingang zum Sturmsee und besonders an mehreren Stellen in der Geraden Kluft. Lithodendren, die obertags nicht zu selten sind, habe ich in der Höhle nicht gesehen. Dies ist wohl auf die verschiedene Art der Verwitterung des Gesteins zurückzuführen. Im Schutt der Saugasse sind Megalodonten und große Einzelkorallen häufig. Am auffallendsten ist aber das verhältnismäßig reichliche Vorkommen von Ammoniten. Man findet sie am Weg von der Achselkopfhütte zum Höhleneingang, besonders aber im untersten Teil des Dachsteinkalkes am Weg vom Schreckenberger zum Achselkopf, kurz bevor man den Gundackergraben erreicht. Die Formen erinnern an *Arcestes* und *Pinacoceras*, lassen sich aber nicht bestimmen. Auch ein *Orthoceras*-Querschnitt wurde beobachtet, außerdem Gastropoden und Brachiopoden. In dieser Fossilführung spricht sich eine gewisse Annäherung an die Hallstätter Facies aus, die gut zu der Vorstellung stimmt, daß die Heimat der juvavischen Decke auf der Südseite des Tennengebirges zu suchen ist.

Die Schichtung des Dachsteinkalkes ist im Bereich der Höhle durchwegs sehr undeutlich. Untertags konnte das Einfallen nur an wenigen Stellen gemessen werden. Deshalb seien alle sicher festgestellten Schichtneigungen mitgeteilt:

In der Wand über dem Höhlenportal: N 15° W, Neigung 50°.

Etwas weiter oben: N 5° W, Neigung 24°.

Noch etwas weiter oben: N 20° W, Neigung 23°.

Auf der mit Karren bedeckten Wand an der südlichen Begrenzung der Hymirhalle: N 8° W, Neigung 30°.

Ostseite von Wimur, nahe dem Nordende: N, Neigung 25°.

Südseite von Midgard, nordnordwestlich des Endes der Damokleshalle: NW, Neigung 30°.

Im südwestlichen Teil der Geraden Kluft, nach der ersten Senke des Bodens: W 35° N, Neigung 46°.

Auf die Frage der Schichtstellung am Südende der Geraden Kluft komme ich unten zurück.

Die einzelnen Fallzeichen weichen nicht sehr stark voneinander ab. Das allgemeine Einfallen ist etwa NNW. Es hat den Anschein, daß sich das Streichen beim Fortschreiten von W gegen O aus einer fast östlichen Richtung immer mehr gegen NO dreht.

4. Die Harnischflächen in der Höhle.

Vom rein geologischen Standpunkt aus sind die Rutschflächen wohl der interessanteste Gegenstand, den man in der Höhle beobachten kann. Die große Ausdehnung vollständig kahler Wände und die außerordentlich geringe Wirksamkeit der Verwitterung bringen es mit sich, daß die Harnische weitaus besser, als obertags zu studieren sind. Alle sicheren Verwerfungsspalten, die gemessen werden konnten,

sind in der Fig. 1 in stereographischer Projektion, und zwar mittels der Flächennormalen, dargestellt. Die Methode ist ganz die in der Mineralogie übliche und besonders von den Schülern Salomons schon vielfach auf tektonische Fragen angewendete,¹⁾ so daß sich eine Erläuterung erübrigt. Nur ein Punkt wäre zu erwähnen: Bei relativ vielen Harnischen heißt es im Notizbuch nur, daß sie ungefähr senkrecht sind oder daß ihre Neigung um 90° schwankt, so daß das Einfallen bald nach der einen, bald nach der anderen Seite gerichtet ist. In diesem Falle läßt sich nicht entscheiden, welche Seite der Normalen die Projektionskugelfläche in der oberen und welche sie in der unteren Halbkugel trifft. Es bleibt deshalb nichts anderes übrig, als den Schnittpunkt abwechselnd einmal in der oberen und einmal in der unteren Hälfte der Zeichnung anzunehmen, um eine in den Beobachtungen nicht begründete Häufung der Zeichen auf einer Seite zu vermeiden. Bemerkt sei noch, daß die auf der N—S-Richtung stehenden Zahlen in Fig. 16 natürlich die Neigung der Flächen, nicht der Normalen angeben. Ein deutliches Ergebnis der Statistik ist aus der Figur nicht zu ersehen, wohl wegen der zu geringen Zahl von Beobachtungen. Die Zusammendrängung der senkrechten Harnische um die Streichrichtung W—O dürfte aber kaum zufällig sein. Unter den anderen Bewegungsflächen scheint ein ungefähr südöstliches Einfallen vorzuwiegen. Dabei ist aber zu bedenken, daß die Schichten selbst NW fallen. Die im gleichen Sinn geneigten Gleitflächen werden deshalb meist die Schichtflächen sein. Wenn auf diesen die Strömung nicht sehr deutlich ist, sind sie nicht als Harnische zu erkennen und erscheinen deshalb in der Figur nicht.

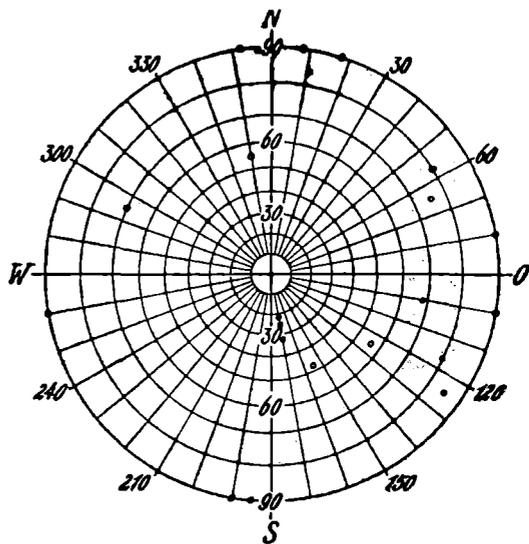


Fig. 16. Stereographische Projektion der Rutschflächen, die in der Tennengebirgshöhle gemessen wurden, auf die Horizontale.

Gesondert müssen noch die Streifen auf den Harnischen besprochen werden. Es wurden nur in einem einzigen Fall, der noch näher zu beschreiben sein wird, deutliche, sehr kleine Stufen beobachtet. Sonst handelt es sich um Streifen oder breitere Wülste und Furchen, die zu den Hohlkehlen hinüberführen. Das Ausmaß der Bewegung an den Flächen ist also kein ganz geringes gewesen. Die relative

¹⁾ Vgl. O. Seitz in Verh. Naturh.-mediz. Ver. Heidelberg, N. F., Bd. 13, S. 533.

Bewegungsrichtung ließ sich unter diesen Umständen natürlich nicht feststellen. Zunächst seien nun auch die Streifen in einer stereographischen Projektion zusammengestellt (vgl. Fig. 17). In diesem Fall wurden die Durchtrittspunkte der Bewegungsrichtungen selbst, nicht der Normalen, gezeichnet. Für die Eintragung der horizontalen Streifen gilt dasselbe, was oben über die vertikalen Harnische gesagt wurde. Die breiteren Wülste, die vermutlich zu einer größeren Bewegung gehören, wurden durch Doppelkreise hervorgehoben. Der kleine Stufenharnisch ist durch ein Kreuz bezeichnet. Die Zahl der Beobachtungen ist jetzt noch viel geringer als in der vorigen Figur, weil ja nicht alle Harnische deutlich gestreift sind.

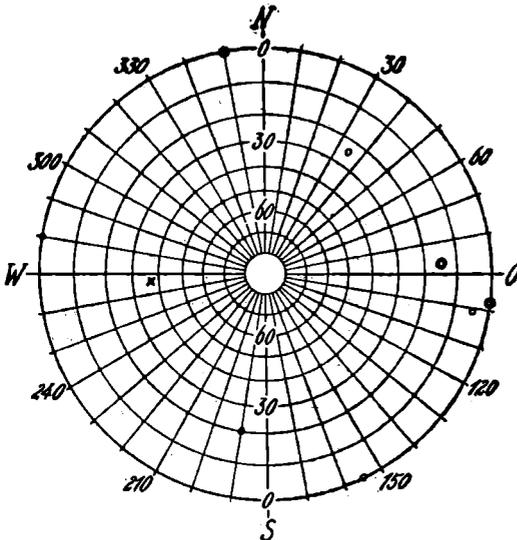


Fig. 17. Stereographische Projektion der Streifen auf den Harnischen in der Tennengebirgsböhole.

Wieder fällt auf, daß keine Himmelsrichtung irgend merklich bevorzugt ist. Zählt man die Zeichen in den einzelnen Quadranten zusammen, so findet man die Zahlen 2, 3, 2, 2. Ganz dasselbe ergibt sich, wenn man die Quadranten nicht nach den Hauptweltgegenden, sondern nach den ersten Nebengegenden abgrenzt. Die Verteilung ist also so gleichmäßig, als sie überhaupt sein kann. Ganz anders ist das Ergebnis aber, so bald man nicht auf die Streifenfallrichtung, sondern auf den Streifenfallwinkel achtet. Dieser ist nämlich durchgehends gering. Sehen wir von dem Stufenharnisch als tektonisch ganz unbedeutend vorläufig ab, so zeigt sich, daß die Hälfte

aller Streifen als horizontal notiert wurde. Wäre die Verteilung der Striemen im Raum eine gleichmäßige, so müßten auf gleiche Flächenstücke der Projektionskugel gleich viele Schnittpunkte kommen. Eine einfache Rechnung ergibt, daß dann die Hälfte aller Streifenfallwinkel kleiner und die Hälfte größer als 30° sein müßte. In Wirklichkeit finden wir nicht 50%, sondern 100% aller Winkel kleiner als 30° . Es scheint also — so weit die wenigen angestellten Messungen einen Schluß erlauben — daß die Bewegungen an den Rutschflächen, wenn wir von den ganz geringfügigen absehen, vorwiegend horizontal erfolgt sind, und zwar ohne Rücksicht darauf, ob es sich um Quer- oder Längsbrüche handelt. Die steilen Brüche im Dachsteinkalk sind keine Verwerfungen, sondern Blattverschiebungen. Auf die theoretische Bedeutung dieser Feststellung kann hier nicht eingegangen werden. Es sei nur bemerkt, daß ich bei einer umfassenden

Studie über die Brüche der nördlichen Lessinischen Alpen dasselbe Ergebnis fand. Mrs. Ogilvie Gordon teilt mir mit, daß es sich mit der Mehrzahl der Brüche in den Dolomiten ebenso verhält. Es scheint hier also wohl eine allgemeine Erscheinung vorzuliegen. Auch das Ergebnis, das Seitz in den Luganer Alpen erhielt, ist davon kaum grundsätzlich verschieden. Gewisse Abweichungen erklären sich vielleicht teilweise aus einem verschiedenen tektonischen Bau der Gebiete, hauptsächlich aber wohl daraus, daß Seitz vorwiegend Harnische mit sehr geringem Bewegungsausmaß untersucht hat.

Einige der in Fig. 17 dargestellten Rutschflächen bedürfen noch einer kurzen gesonderten Beschreibung. Am interessantesten ist wohl der Harnisch, der knapp östlich des Wasserberges die Nordwand von Midgard bildet. (Er ist auf Taf. XIX zu sehen.) Er fällt mit sehr steiler Neigung $N 4^{\circ} W$ oder steht stellenweise sogar senkrecht. Die breiten Wülste, die ihn bedecken, senken sich mit 15° Neigung gegen O. Die Rutschfläche ist mit einer im Mittel etwa 5 mm starken Lage feinkörniger Breccie überkleidet. Betrachtet man diese genau, so findet man auf ihr stellenweise ein anderes, viel feineres Streifensystem, das sich mit 37° Neigung gegen W senkt. Diese Streifen liegen jedoch nicht in einer Ebene, sondern auf einer Unzahl fast papierdünner kleiner Stufen, die in der Richtung der Absenkung der Streifen unter sehr spitzem Winkel aus der allgemeinen Gesteinsoberfläche heraustreten, um dann abzubrechen. Es entsteht so ein Bild, als ob der Harnisch aus dachziegelartig übereinander liegenden, feingestreiften Papierblättern zusammengesetzt wäre. Offenbar hat an dieser Rutschfläche zuerst eine bedeutende Bewegung in der Richtung der breiten Furchen stattgefunden, merklich später aber (nachdem die Reibungsbreccie verfestigt war) eine ganz abweichend gerichtete, deren Betrag nach der allgemeinen und scheinbar wohlbegründeten Annahme über die Entstehung der Stufenharnische nur wenige Millimeter erreicht haben kann.

Auch auf der Nordseite des großen Felsfeilers östlich des Wasserberges sind interessante Kluffflächen aufgeschlossen. Seine Nordwand wird im wesentlichen durch einen senkrechten Harnisch bedingt, der diesen Teil von Midgard über eine größere Strecke der Länge nach durchzieht. Er streicht $W 18^{\circ} N$. Auf Taf. XX ist er gut zu sehen. Am Fuße des westlichen Teiles der Wand ist aber ein bedeutender Überhang vorhanden, der unter diesen Hauptharnisch hineingreift. Seine Decke wird von einer Klufffläche gebildet, die zur Decke der Höhle selbst ungefähr parallel ist. Sie fällt $S 10^{\circ} O$ mit 21° Neigung. Sehr deutliche Striemen verlaufen in der Richtung $S 10^{\circ} W$. Ihr Fallen ergibt sich durch eine einfache trigonometrische Rechnung zu ungefähr 20° . Es ist dies der einzige Harnisch, dessen Flächenfallrichtung und Streifenfallrichtung nur wenig verschieden sind. Daß es sich dabei gerade um die flachste Rutschfläche handelt, auf der überhaupt Streifen gemessen werden konnten, ist wohl kein Zufall.

Bekanntlich tragen auch die Schichtflächen nicht selten Bewegungsspuren. Selbst im Dachsteinkalk des Tennengebirges scheint dies trotz der geringen Entwicklung der Schichtung vorzukommen. Man beobachtet beispielsweise in der Gegend des Felszahnes in der Posselthalle mehrere große Blöcke von gebändertem Dachsteinkalk, die einen zur Bänderung parallelen Harnisch tragen. Nicht ganz geklärt sind leider die Verhältnisse am Südende der Geraden Kluff. In dieser Gegend treten zahlreiche Harnisehe mit verschiedener Neigung auf. Vier von ihnen verlaufen ungefähr senkrecht und parallel in je einigen Metern Abstand voneinander. Sie streichen N 10° W. Besonders einer ist mit groben, horizontalen Wülsten bedeckt. An einem anderen ist eine feine tektonische Breccie zu sehen, die fest mit der Wand verbunden und glatt abgeschliffen ist. Der Dachsteinkalk ist an dieser Stelle sehr deutlich gebändert. Herr Dr. Lehmann hat nun an herabgestürzten Kalkplatten beobachtet, daß die Bänderung mit der Ober- und Unterseite der Platten parallel verläuft. Da zudem die eben erwähnten Rutschflächen miteinander so auffallend parallel sind, wäre der Schluß naheliegend, daß es sich um gestriemte Schichtflächen handelt. Wir müßten aber dann annehmen, daß die Schichten an dieser Stelle senkrecht aufgerichtet sind. Dies ist bei der ruhigen Tektonik des ganzen Dachsteinkalkgebietes nicht gerade sehr wahrscheinlich¹⁾. Leider erfuhr ich von Dr. Lehmanns Beobachtungen erst nach meiner Rückkehr nach Wien und seither konnte ich die Zeit nicht finden, um die lange Tour an das Ende der Geraden Kluff noch einmal auszuführen. Es wäre zu wünschen, daß dieser Stelle bei künftigen Höhlenfahrten unter Aufwendung einer stärkeren Beleuchtung ein besonderes Augenmerk zugewendet würde, um die Lage der Bänderung im anstehenden Felsen festzustellen.

Für die Entstehung des Höhlensystems der „Eisriesenwelt“ sind die Rutschflächen augenscheinlich von entscheidender Bedeutung gewesen. Man kann es als allgemeine Regel bezeichnen, daß in der Längsrichtung der Stollen Harnische hinziehen, die deren Verlauf offenbar vorgezeichnet haben. Es ist mir zweifelhaft, ob es irgendwelche längere, stollenförmige Höhlenstrecken gibt, die nicht von einem Harnisch begleitet werden. Meist kann man diese tektonischen Flächen am besten in der Decke verfolgen. Manchmal bilden sie auch die eine Wand eines Stollens. Es würde zu weit führen, alle Beobachtungen über diese Leitharnische hier aufzuzählen. Nur einige der besten Beispiele seien mitgeteilt:

Der Harnisch, der die Richtung des Höhlenausganges bestimmt, ist ziemlich schwer zu erkennen. Bei meinem ersten Besuche glaubte ich, daß eine solche tektonische Leitlinie hier fehle. Dann überzeugte ich mich aber vom Vorhandensein einer gegen O einfallenden deutlichen Rutschfläche. Daß der Midgardtunnel größtenteils Harnischen folgt, wurde schon erwähnt. Besonders deutlich ist dies

¹⁾ Man beachte jedoch, daß der im nördlichen Teil der Geraden Kluff gemessene Fallwinkel der steilste der ganzen Höhle ist. (Vgl. S. 54.)

vom Ausgang des zweiten Verbindungsstollens gegen W bis in die Nähe des Wasserberges. Natürlich läßt sich nicht sicher feststellen, daß es sich dabei nicht um eine Schar ungefähr gleichlaufender Flächen handelt, die einander gelegentlich ablösen. Über große Strecken kann man aber ein- und dieselbe Kluft in der Decke der Höhle mit dem Blick festhalten. Zur Entstehung des riesigen Stollens der Midgard hat jedoch außer den ungefähr senkrechten Gleitflächen offenbar noch ein zweites System von Spalten beigetragen. Man findet beispielsweise nördlich des schon erwähnten Felspfeilers beim Wasserberg in der Nordwand der Höhle eine deutliche, etwas unregelmäßige, plattige Absonderung. (Vgl. Taf. XX, wo sie sehr gut erkennbar ist.) Diese Klüftung setzt sich längs der Decke des Stollens fort, der teilweise noch Felsplatten anhaften. Die Decke selbst verläuft der Plattung parallel. Sie ist nicht vollkommen eben, sondern flach gewölbt. Im ganzen fällt sie gegen S, nächst der Nordwand aber stellenweise flach gegen N. Der weiter oben beschriebene, wenig geneigte Harnisch am Nordfuße des Pfeilers gehört offenbar demselben System von Flächen an. Der Hauptleitharnisch des ganzen Stollens durchsetzt diese Plattung vollständig glatt. Er dürfte wohl jünger als sie sein. Eine sehr auffallende, dünne, etwas unregelmäßige Plattung des Dachsteinkalkes beobachtet man etwas nördlich des Steinmannes bei der Umbiegung des Hauptganges der Höhle. Die Klüfte fallen etwa 25° W. Lose Platten bedecken massenhaft den Boden.

Ein sehr schöner, langer Leitharnisch ist von der Gabelungsstelle des ersten Verbindungsstollens westlich der Satanshalle durch diese bis zur Teilungshalle zu verfolgen.

Der tiefste Stollen des Krapfenlabyrinthes, das ist derjenige südlich der Dmokleshalle, folgt von seinem Ostende bis zu der Abzweigung des „verstopften Ganges“ (bei der Zahl 1720 des Höhlenplanes) einem Harnisch, den man in der Decke stets deutlich sieht.

Daß nicht nur die großen Tunnels, sondern auch die kleinen Gänge in ihrem Verlaufe durch tektonische Flächen bestimmt werden, zeigen folgende Beobachtungen: Am Eingang des Canonlabyrinthes sieht man zwei parallele Längsharnische, die in den Cacaogang hineinziehen. Auch im östlichen Gang des Labyrinthes ist an vielen Stellen ein Leitharnisch nachweisbar. Auf der Südseite des zweiten Verbindungsstollens zweigt eine ganz kleine, vielfach gebogene Röhre ab, die bei Höhlenfahrten hie und da begangen wird, weil sie zu einem Wasserfall führt. Auch in dieser Röhre sind an mehreren Stellen längs verlaufende Harnische nachweisbar. Endlich sei auf Taf. XXI verwiesen, auf der ein ausgezeichnetes Beispiel der betrachteten Erscheinung sehr schön zu sehen ist.

Die Höhlen im Dachstein verhalten sich in der besprochenen Beziehung nicht anders, als die im Tennengebirge. So beobachtete ich deutliche Leitharnische im Schmetterlingsgang, durch den man die Mammathöhle von der Schönbergalm aus betritt. Auch der nördliche Teil des Baches Korsa in der Eishöhle folgt sehr klar

einer Rutschfläche. Wo der Stollen plötzlich gegen O umbiegt, um in den Plimisöl zu münden, streicht dieser Harnisch in die linke Höhlenwand hinein. Ihm folgt ein schmaler Spalt, der die frühere Bachrichtung sehr deutlich fortsetzt. Die Ablenkung des Baches scheint durch eine Schichtfläche bewirkt worden zu sein. Die Schichtung ist in der Dachsteinhöhle ja viel deutlicher, als in der Tennengebirgshöhle, wo sie auf den Verlauf der Gänge ganz ohne Einfluß zu sein scheint.

Von den Harnischen im südlichen Teil der Geraden Kluft war schon oben (S. 58) die Rede. Unmittelbar gegenüber der Stelle, wo dieser merkwürdige Höhlenabschnitt nordwärts in eine weite Halle mündet, ist in der Wand dieser Halle eine schmale, hohe Spalte zu sehen, die augenscheinlich die stark verjüngte Fortsetzung der Geraden Kluft ist. Sie wird von zwei Harnischen begrenzt. Der eine fällt W 25° N mit steiler, gegen oben zunehmender Neigung. Der zweite, einige Meter weiter östliche bildet die schräge Decke der Spalte und vereinigt sich oben unter sehr spitzem Winkel mit dem ersten. Gegen unten scheint er sich zu zerschlagen. Die beiden Harnische begrenzen einen im Querschnitte schmal zweieckigen Raum, der bis auf einige eingeklemmte Blöcke leer ist. Seine Sohle hebt sich rasch bergewärts und er wird bald ungangbar. Die eigentümliche, von dem Rest der Höhle so sehr abweichende Gestalt der Geraden Kluft erweckt unwillkürlich der Vermutung, daß wir es hier nicht mit einem Werk des Wassers, sondern der Hauptsache nach mit einer klaffenden tektonischen Spalte zu tun haben, die durch die Tätigkeit der Gewässer und durch Nachstürze noch nicht wesentlich verändert ist. Daß auch diese Spalte vom Wasser benutzt wurde, ist allerdings unzweifelhaft, weil man im mittleren, tiefsten Teil ihrer Sohle einige deutliche Auskolkungen beobachten kann.

Dome scheinen dort zu entstehen, wo mehrere verschieden gerichtete Harnische einander durchkreuzen. So zeigt der zweite Verbindungsstollen dort, wo sein Leitarnisch im östlichen Teil von einem Querharnisch geschnitten wird, eine deutliche Erweiterung. Mehrere einander kreuzende Rutschflächen sieht man auch in der Decke der Posselthalle, des Mörckdomes und besonders der Frithjof Oedl-Domes.

Mit den tektonischen Bewegungen, deren Zeichen die Rutschflächen sind, hängt zweifellos auch der Umstand zusammen, daß der Dachsteinkalk an manchen Stellen der Höhle ganz in eine Breccie verwandelt ist. (Vgl. beispielsweise Taf. XIX.) Am großartigsten ist diese Erscheinung in der Umgebung der Abzweigung der Hilfsstollen von Midgard entwickelt. Nach den Beobachtungen Herrn Dr. Lehmanns ist die brecciöse Gesteinsmasse etwa in folgender Weise begrenzt. Sie beginnt in der Gegend des großen Trümmerrückens südöstlich des *d* von „Midgard“ des Planes. Die beiden Äste, in die sich der erste Verbindungsstollen gegen NW gabelt, liegen ganz in ihr. Über die Vereinigung dieser beiden Gänge reicht sie aber nur wenig hinaus, etwa bis zu einer Stelle nordwestlich des S von „Satanshalle“. Hier endet sie an einem Harnisch, der quer über den Gang verläuft. Im nordwestlichen Teil des zweiten Verbindungsstollens besteht nur die Südwestwand aus Breccie, die Nordost-

wand aber aus festem Kalk. Die Grenze liegt in der Deckenmitte. Ob sie auch hier durch einen Harnisch bedingt ist, wurde nicht beobachtet, es ist nach der Lage der Dinge aber wohl sehr wahrscheinlich. Der Kalk der Breccie ist bald grau, bald weißlich. Die einzelnen eckigen Kalkbrocken, die oft eine bedeutende Größe erreichen, sind mit einem rotgelben bis roten Überzug bedeckt und durch dieses eisenreiche Zement zusammengehalten, das an Masse gegenüber den Blöcken sehr zurücktritt. Die Wände der Stollen in der Breccie sind ungemein rau, bedeckt mit vorspringenden Kanten und tiefen Löchern. Über die Ursache, warum einzelne Gesteinspartien so vollständig zerbrochen wurden, läßt sich schwer etwas aussagen. Es kann sein, daß sie bei der durch die Harnische bezeugten Bewegung der Schollen gegeneinander zufällig besonders stark gepreßt wurden. Es ist aber auch möglich, daß ihre Zertrümmerung gerade mit einer teilweisen Entlastung vom allgemeinen Gebirgsdruck, verbunden mit einer einseitigen Pressung, zusammenhängt.

5. Die Sedimente der Höhle.

Zu den Absätzen der Höhle gehören streng genommen natürlich auch die Blockmassen, die Tropfsteine u. a. m. Von ihnen soll hier jedoch nicht die Rede sein. Dagegen verdienen die Sande und Kiese mit Quarz- und Urgebirgsgeröllen, die in den Höhlen der nördlichen Kalkalpen auftreten, zweifellos ein besonderes Interesse. Eine allseitige Darstellung der mit diesen Absätzen zusammenhängenden Fragen könnte jedoch nicht auf Grund der Beobachtungen in einigen wenigen Höhlen gegeben werden, sondern müßte sich auf eine Monographie der Augensteinvorkommen in den Höhlen und auf der Höhe der Plateaus stützen. Augenblicklich konnte es nur meine Aufgabe sein, meine Beobachtungen für eine spätere zusammenfassende Arbeit bereitzustellen. Die Augensteinsedimente der „Eisriesenwelt“ bestehen vorwiegend aus Sanden, seltener aus Kiesen und feinen Schottern. Nur an wenigen Stellen erreichen die Gerölle Nußgröße, meist sind sie nur etwa erbsengroß. Kalkgerolle fehlen. Das vorherrschende Gestein ist Quarz, daneben kommen allerhand kristalline Schiefer vor. An manchen Stellen findet man kleine, rundliche Bohnerzstückchen. Lehm tritt meist gegenüber dem Sand zurück. Immerhin sind manche feinkörnige Partien so lehmig, daß sie beim Trocknen nicht zerfallen, sondern zu einer ziemlich festen Masse zusammenbacken. Glimmer ist in den Sanden reichlich vorhanden.

Dem vordersten Teil der Höhle scheinen Sedimente der betrachteten Art zu fehlen. Das erste Vorkommen, das ich gesehen habe, ist das am Weg vom Mörckdom in die Schatzkammer. Weiter rückwärts sind Augensteinbildungen allenthalben verbreitet, aber meist auf einzelne Abschnitte der Stollen beschränkt. Es macht unterschieden den Eindruck, daß sie nicht von den Gewässern transportiert wurden, die die Höhle geschaffen haben, sondern daß sie später an vielen verschiedenen Stellen

von der Oberfläche des Plateaus durch Schächte in die Höhle gelangt sind. Über die Verbreitung der Augensteinschotter auf dem Tennengebirge war bisher so gut wie nichts bekannt. Es war mir deshalb ganz besonders wichtig, durch Herrn Oberstleutnant D. Pawlikowsky vom ehemaligen Militärgeographischen Institut, dem ich auch an dieser Stelle für seine Freundlichkeit bestens danke, einige typische, etwa haschußgroße Augensteine von der Hinteren Pitschenberga lm zu erhalten. Damit ist das Vorkommen von tertiären Quarzschottern auch auf diesem Gebirgsstock zum erstenmal sicher nachgewiesen. Die Gerölle sollen an der genannten Stelle übrigens ziemlich selten sein.

Das Alter der Augensteinabsätze in der Höhle ist offenbar ein sehr verschiedenes. Manche Partien scheinen gegenwärtig noch in Bewegung zu sein. So sieht man in der Fledermauskammer aus den unzugänglichen, steil zur Höhe führenden Schächten kleine Kegel von lehmigem Sand, vermischt mit Quarzschottern, herauskommen. An den Stellen, wo das Wasser häufiger fließt, ist der Lehm entfernt und die Augensteine sind ausgewaschen. Auch in der sogenannten Lehmgrube gleich östlich der Mündung des zweiten Verbindungsstollens in die Midgard scheint das Sediment noch in Aufschüttung begriffen zu sein. Hier muß aber der Umlagerungsprozeß ein ziemlich komplizierter sein, denn mit dem sandigen Lehm kommen auch zerbrochene Platten eines feinkörnigen, wenig festen Sandsteines aus den Löchern hervor, die beweisen, daß es sich nur um den Weitertransport eines an einer anderen Stelle der Höhle schon teilweise verfestigten Materials handelt.

Im tieferen Teil der Halle am Nordwestende der Geraden Kluft sind alle Felsblöcke auf ihrer Oberseite mit einer mehrere Dezimeter mächtigen Lage von sandigem, sehr glimmerreichem Lehm bedeckt. Es sieht ganz so aus, als ob bei vollkommen ruhiger Luft schwarzbrauner Schnee gefallen wäre. Ein solcher Absatz kann offenbar nur aus stehendem Wasser stammen, dem durch seitliche Zuflüsse eine sehr starke Trübung zugeführt wird. Der Umstand, daß keine Deckensturzböcke bemerkt wurden, die auf der Lehmschicht liegen, beweist wohl, daß diese im Vergleich zur Höhle sehr jung ist. Ähnlich ist auch der Absatz im Lehmtunnel nächst dem Ende des nördlichen Hauptganges beschaffen. Hier nähert sich das Sediment am meisten einem richtigen Lehm.

Im ganzen sicherlich älter als diese losen Bildungen sind die Augensteinkonglomerate, die an den Wänden mancher Stollen auftreten. In dem Gang zur Schatzkammer besteht der Boden aus sandigem Lehm mit kleinen Urgebirgsgeröllen. Die Wände sind größtenteils von hochkristallinem Kalzitsinter überzogen. An mehreren Stellen sind ihnen Augensteinkonglomerate aufgeklebt. Der Sinter bildet teilweise horizontale Leisten an den Wänden, die einige Zentimeter vorspringen. Es kann sich dabei wohl nur um die Reste eingebrochener größerer Sinterplatten handeln, die ehemals, als der Gang stärker mit Sediment ausgefüllt war, wahrscheinlich seine ganze Breite einnahmen. Die Konglomerate finden sich unterhalb der obersten

Sinterleisten. Diese dürften dadurch entstanden sein, daß eine lose Ausfüllung des Ganges mit Augensteinkiesen bis zu einer gewissen Höhe von Grundwasser erfüllt war, das mit Calciumcarbonat übersättigt wurde, so daß nächst der Oberfläche und teilweise auch an den Wänden Kalkspat ausgeschieden wurde. Später muß der Gang durch fließendes Wasser größtenteils wieder ausgeräumt worden sein.

Den Wänden angeklebte Partien von Augensteinkonglomerat findet man auch in den schon erwähnten kleinen Stollen mit dem Wasserfall, der auf der Südseite des zweiten Verbindungsstollens abzweigt.

Ähnlich wie die Verhältnisse in der Schatzkammer sind auch die ziemlich komplizierten Erscheinungen im Krapfenlabyrinth zu erklären. Zunächst findet man an einer Stelle wenig vor dem Ende des tiefsten, südlich der Damokleshalle verlaufenden Stollens auf der Nordseite eine vorspringende, mit Sinter überzogene Felsbank. Auf ihr liegt eine etwa 1 dm mächtige Lehmmasse mit ungewöhnlich vielen und großen Augensteinen. Die kleineren sind gut abgerollt, die größten, bis nußgroßen, von unregelmäßiger Form. Der sogenannte „Krapfenplatz“ befindet sich in dem Gang des Labyrinthes, der gegen die westlichste Ausmündung des ersten Verbindungsstollens nach Midgard hin verläuft. Als „Krapfen“ bezeichneten die Erforscher der Höhle eigentümliche ellipsoidische Gebilde aus verfestigtem, meist grobem Sandstein von mehreren Zentimetern Durchmesser. (Vgl. Taf. XVII, Fig. 1.) Nicht selten ist die Korngröße auf der Ober- und Unterseite verschieden. Manchmal sind mehrere solche abgeplattete Kugeln miteinander verwachsen, wobei die kurzen Achsen annähernd parallel stehen (vgl. Taf. XVII, Fig. 2). Eine nähere Betrachtung lehrt, daß es sich um Konkretionen von Augensteinsand handelt, die durch hoch kristallinen Kalkspat zusammengehalten werden. Die Spaltflächen des Kalzites sind über große Strecken parallel orientiert, eine Erscheinung, die ja auch in anderen klastischen Sedimenten nicht selten ist und das Wesen der sogenannten kristallisierten Sandsteine ausmacht. Daß wir es mit echten Konkretionen, nicht etwa mit Sandsteingeröllen zu tun haben, wird durch das Auftreten von Zwillingen und Trillingen, in denen die abgeflachten Quarzkörner sichtlich parallel orientiert sind (vgl. Taf. XVII, Fig. 2), unzweifelhaft bewiesen.

Diese Krapfen liegen auf dem Boden eines deutlichen Erosionsstollens zwischen Deckensturzböcken. In den Vertiefungen findet man auch geringe Mengen losen, sandigen Lehmes mit Augensteinen. An einer Stelle der Nordwand des Ganges springt eine Partie anstehenden Gesteines tischartig vor. Ihre Oberfläche ist größtenteils mit Sandstein und feinem Konglomerat überzogen. Teilweise handelt es sich um deutliche „Krapfen“, die vorragenden Teile des Konglomerates seitlich angewachsen sind. Sedimente verschiedener Korngröße wechseln miteinander, aber nicht in regelmäßigen Schichten, sondern sie bilden Taschen und Linsen. Oberhalb des tischartigen Vorsprungs trägt auch die Decke Reste von Sandstein. Etwas westlich des hauptsächlichsten Krapfenfundplatzes ist der Boden des Stollens mit

ungewöhnlich reinem, grauem oder rotbraunem Sand bedeckt. Die graue Färbung ist an manchen Stellen auf eine oberflächliche Sandlage beschränkt, nach deren Entfernung man auf den braunen Sand kommt. Einzelne Krapfen, die sich hier finden, könnten möglicherweise durch frühere Besucher verschleppt sein. Aus den angeführten Beobachtungen kann geschlossen werden, daß der Stollen zu einer bestimmten Zeit mit Augensteinsediment ganz ausgefüllt war. Das Wasser zirkulierte damals nur sehr langsam in den Sanden und Kiesen. Es war mit Calciumcarbonat übersättigt, das an den Wänden, aber auch mitten im Sediment um einzelne Zentren ausgeschieden wurde. Später trat aber wieder eine lebhafte Wasserströmung ein, durch die das lose gebliebene Sediment fast vollständig entfernt wurde, während die schweren Konkretionen zu Boden sanken. Die Geschichte des Krapfenganges ist also im wesentlichen dieselbe, wie die der Schatzkammer. Es läßt sich aber noch nicht beweisen, daß eine allgemeine, gleichzeitige Erscheinung in der ganzen Höhle vorliegt. Der Wechsel von Auffüllung, Versinterung und Ausräumung kann sehr wohl eine rein lokale Erscheinung sein, die in verschiedenen Teilen der Höhle zu verschiedenen Zeiten eintrat. Erst weitere Beobachtungen in anderen Höhlen der Kalkhochplateaus könnten uns darüber aufklären, ob es sich dabei vielleicht um eine Wirkung geänderter allgemeiner hydrographischer Verhältnisse des ganzen Gebietes handelt.

Es wurde schon erwähnt, daß Kalkgerölle in der Eisriesenwelt vollständig fehlen. Eine geringfügige Ausnahme macht die Gerade Kluft und die Halle an ihrem Nordende. Hier findct man ganz vereinzelt kleine, eckige, aber glatt polierte Kalkstückchen. In der Geraden Kluft liegen sie gelegentlich in flachen Vertiefungen des Felsens, die ebenfalls ein poliertes Aussehen haben. Die Erscheinung weist wohl darauf hin, daß die Kalkstückchen durch längere Zeit von einer sehr sanften Wasserströmung in der Mulde hin und her bewegt wurden.

Von nicht geringem Interesse ist es, die Sedimente der Dachsteinhöhlen mit denjenigen der großen Tennengebirgshöhle zu vergleichen. Am lehrreichsten ist in dieser Beziehung der untere, unvereiste Teil der Eishöhle. Im südwestlichen Abschnitt des König Artus-Domes wurden einige Grabungen ausgeführt. Dabei wurden über 2 m lose Quarzsande aufgeschlossen. Im unteren Teil führen sie nur gerundete Quarzgerölle, die hier viel größer als im Tennengebirge sind. Erst im obersten Viertel des Aufschlusses erscheinen nicht selten größere Kalkgerölle von gut gerundeter Form. Im Plimisöl hat eine Grabung Sande mit zahlreichen Sandsteinplatten ergeben, die wirr durcheinanderliegen, also offenbar schon umgelagert sind. Dieselben losen Platte findet man auch nächst dem blinden Ende dieses Ganges. Im Bachlauf Korsa ist südlich der ersten scharfen Biegung die östliche Wand bis etwa $1\frac{3}{4}$ m über der heutigen Sohle mit Sandstein und feinem Konglomerat großenteils überkleidet. Durch den Wechsel etwas härterer und weicherer Bänke ist eine Art Schichtung angedeutet. Die Konglomerate treten auch hier mehr linsenartig im

Sandstein auf. Oben wird das Ganze von einer fingerdicken Sinterplatte bedeckt. Dieser Sandsteinbelag ist seinerseits wieder vom Wasser ausgewaschen, und zwar zu ganz denselben Erosionsformen wie die benachbarten Kalke. So weit sind die Verhältnisse ganz ähnlich wie in der Tennengebirgshöhle, vielleicht mit Ausnahme des Umstandes, daß durch die Art der Auswaschung eine lang andauernde und ausgiebige Wasserströmung in der Zeit nach der Bildung der Konglomerate bewiesen wird. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem Tennengebirge besteht nun aber darin, daß auf dem Boden des Stollens eine Ablagerung aus groben Kalkgeröllen vorhanden ist. Sie ist augenscheinlich jünger, als das Augensteinkonglomerat, das zur Zeit ihres Absatzes schon ausgewaschen war. Der Höhlenfluß, der diese Kalke transportierte, ist aus dem Korsa heraus gegen NO geflossen, denn im Plimisöl kommen die Kalkschotter nur von der Mündung des Korsa gegen N vor und halten sich auch hier zunächst auf der NW-Seite des Ganges. Übrigens zeigen auch die Kalkschotter Spuren späterer Umlagerung. Der Boden der Höhle und alle Vorsprünge der Wände sind mit einer Lehmschichte bedeckt.

Daß auch nach Abschluß der Kalkschotterperiode bedeutende Wassermassen durch die Dachsteinhöhlen geflossen sind, beweisen die Verhältnisse in der Mammuthöhle. Hier sind im Dom ohne Namen 10 m mächtige Konglomerate aus faust- bis kopfgroßen, wohl gerundeten Kalkgeröllen aufgeschlossen, die ziemlich sicher den Kalkschottern des Korsa gleichzustellen sind. Eine Art Schichtung wird durch das Auftreten feinkörniger Lagen bewirkt, die oben durch eine ganz dünne, horizontale feste Sinterplatte mit einzelnen eingebackenen kleineren Geröllen abgeschlossen werden. Die Konglomerate haben den Gang seinerzeit wohl fast ganz verschlossen. Das Wasser hat sich dann zwischen Konglomerat und anstehendem Kalk wieder durchgearbeitet und einen neuen breiten Stollen geschaffen.

Die Höhlensedimente erzählen uns also von einer außerordentlich komplizierten, wechselreichen Geschichte der Höhlen in den Kalkplateaus des Salzkammergutes. Es wird wohl noch lange dauern, bis wir die Beziehung jedes Abschnittes dieser Geschichte zur morphologischen Entwicklung des ganzen Gebirges verstehen.

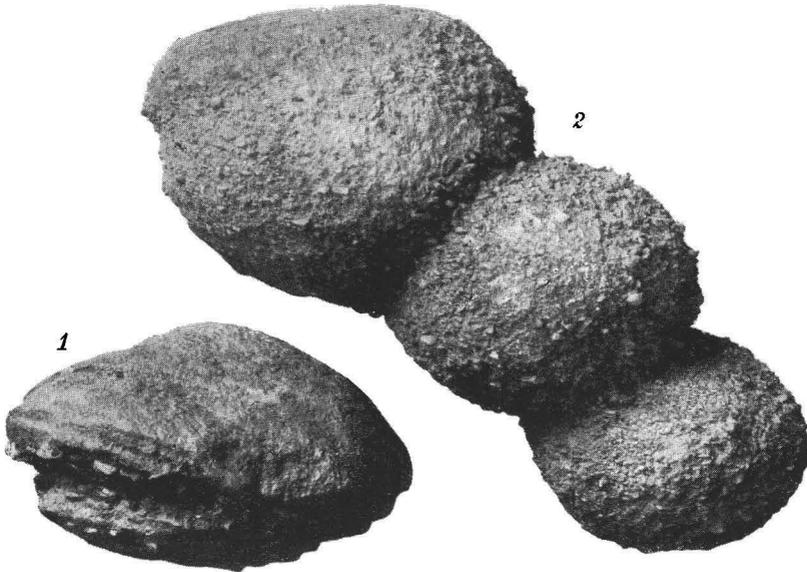


Fig. 1. Ein einzelner „Krapfen“ (Sandsteinkonkretion) aus dem Krapfenlabyrinth. $\frac{2}{3}$ nat. Größe. Vgl. S. 63. (Phot. L. Adametz.)

Fig. 2. Drei in paralleler Stellung verwachsene „Krapfen“ von derselben Fundstelle. $\frac{2}{3}$ nat. Größe. (Phot. L. Adametz.)

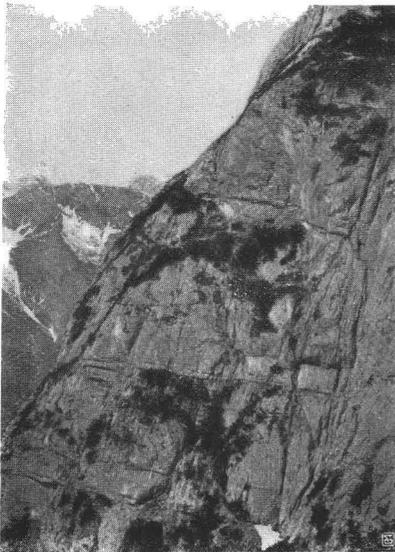


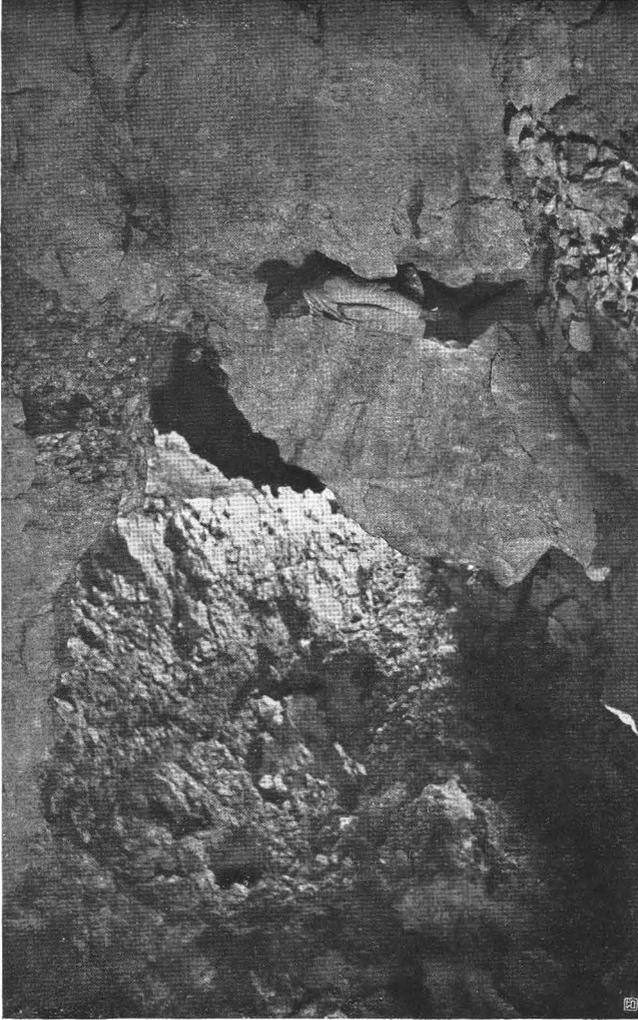
Fig. 3. Der Abfall des Hochkogel oberhalb des Einganges der „Eisriesenwelt“ von S in etwa 1900 m Höhe. Mächtige flache Schichtung und sehr steile Klüftung im Dachsteinkalk. (Phot. J. Pia.)



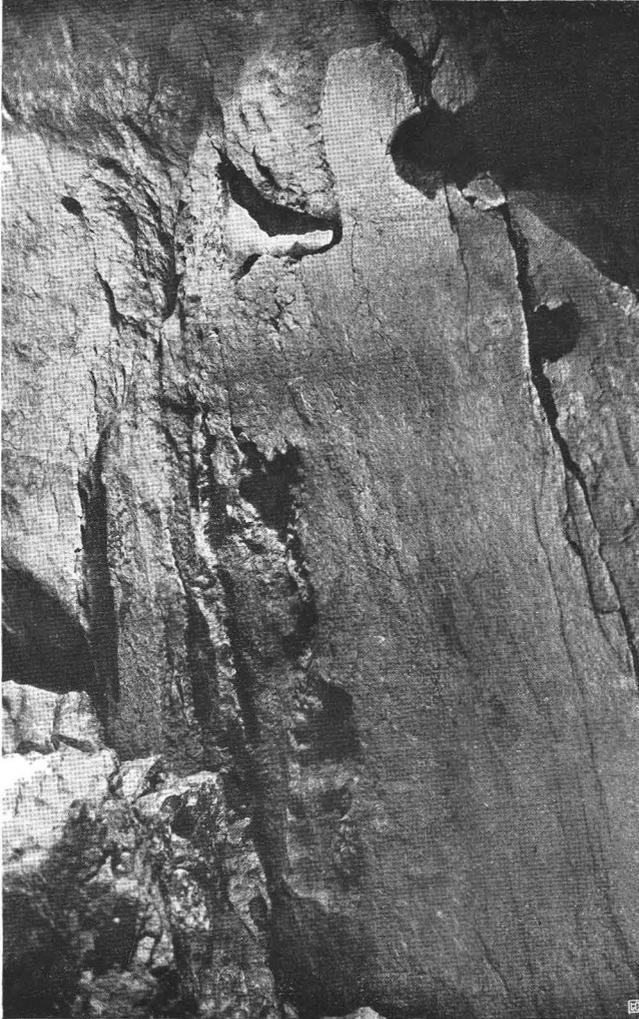
Fig. 4. Das Raucheck vom SO-Hang des Hochpfeiler in etwa 2000 m Höhe. Ungeschichteter Dachsteinkalk mit sehr auffallender steiler Klüftung. Vgl. S. 51. (Phot. J. Pia.)



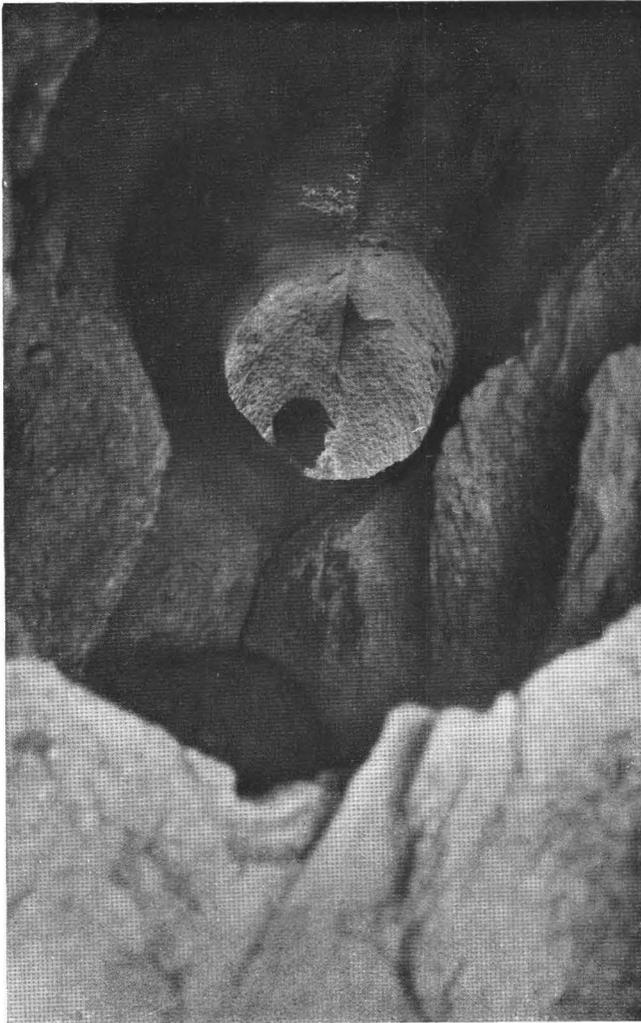
Eisriesenwelt im Tennengebirge: Blick durch die Saugasse. Steile Klüftung
im Dachsteinkalk. Vgl. S. 51. (Phot. A. Asal.)



Eisriesenwelt im Tonnengebirge: Harmisch. und tektonische Breccien an der Nordwand von Midgard, gleich östlich des Wasserberges. Vgl. S. 57. (Phot. A. Asa.)



Eisriesenwelt im Tennengebiete: Steiler Harnisch und flache Kluftung auf der Nordseite des großen Felspfeilers östlich des Wasserberges. Vgl. S. 57 und 59. (Phot. A. A. s. al.)



Eisriesenwelt im Tennengebirge: Die sogenannte Kanonenröhre am Nordende der Schotterhalle, ein typisches Beispiel für einen Erosionsstollen, der einem Harnisch folgt. Vgl. S. 59. (Phot. A. Asa.)