
Im Auftrage und mit Unterstützung der Akademie der Wissenschaften haben Privatdozent Dr. Otto Lehmann, Privatdozent Dr. Julius Pia, Dr. phil. Ernst Hauser, Robert Oedl und Dr. Otto Wettstein-Westersheim in der Zeit vom 29. März bis 6. April 1921 die neuentdeckte große Eishöhle im Tennengebirge untersucht. Indem sie gleichzeitig der Akademie für die gewährte Beihilfe ihren Dank aussprechen und dabei auch der weitgehenden Unterstützung des Vereins für Höhlenkunde in Salzburg gedenken, legen sie hiermit ihre Berichte vor:

1. Bericht von Dr. Otto Lehmann über die geographischen Beobachtungen.

Rund 900 *m* über dem Quertal der Salzach unterhalb von Werfen in etwa 1650 *m* Höhe liegt östlich vom Fluß, unter dem Hochkogel der Eingang zu einem weit verzweigten Höhlennetz, dessen kühne und schwierige Erschließung und Kartenaufnahme man dem Verein für Höhlenkunde in Salzburg verdankt. Längs des Hauptzuges der Höhle gelangt man 2·5 *km* ins Innere. Dabei sind nur vier Bück- und zwei Kriechstellen zu durchmessen, jene übrigens nahe beieinander. Sonst aber beträgt der senkrechte Durchmesser der Haupthöhle fast überall 5 bis 20 *m*, so daß wir es mit der größten der Wissenschaft bekannten Höhle der Alpen und des Karstes zu tun haben.

Sie führt erst 450 *m* weit nach Nord, biegt dann nach Osten um und gabelt sich bei Meter 1200 in zwei Hauptäste, deren hinterste Endstücke wieder gegen Nord gerichtet sind. Diese gegabelte Haupthöhle umfaßt bei mehrfachem Auf und Ab einen

Höhenunterschied ihrer Sohle bis zu 150 *m*. Sie wird auf Strecken von 250 und 400 *m* begleitet, zum Teil fast umschwärmt von einem Geflecht röhrenförmiger Nebenhöhlen, deren Durchmesser sich zwischen 1 und 3 *m* hält, aber oft zu sogenannten Schluffen sich verengt. Außerdem gibt es 200 bis 300 *m* lange Seitengänge senkrecht auf die Richtung der Haupthöhle. Die Nebenhöhlen haben noch viel steilere Strecken als die Hauptader, so daß 300 *m* Höhenunterschiede innerhalb des erschlossenen Höhlennetzes zustandekommen, ungerechnet die ganz steilen und lotrechten Deckenschlote. Bald hoch, bald tief erblickt man in den Wänden der Haupthöhle die Eingangslöcher zu den seitlichen Irrgärten des »Eislabirinth« und des »Krapfenlabirinth« sowie der anderen Nebengänge. Der Boden der vordersten 500 *m* der Höhle ist gleich vom Eingang an vereist. Die Eisdecke der Sohle erreicht mehrere Meter Dicke und wird gespeist von Tropfwasser und solchem, das in gewissen Stunden und Zeiten abrieselt von den Eiszapfen der Deckenschlote und den gefrorenen Wasserfällen an den Wänden. Die ganz vereiste Strecke führt bald nach Betreten der Höhle auf 200 *m* wagrechten Abstand rund 100 *m* empor. Noch steiler schwingt sich die Decke hinauf und schwebt daher zuerst 10, dann aber 20 *m* über dem Eisgrund, der selbst 30 *m* breit ist. Diese grobartige Steilstrecke endet oben in der 25 *m* hohen Hymirhalle. Von da führt eine gut 200 *m* lange, viel niedrigere Gang- und Hallenfolge mit den vier Bückstellen zu dem etwas tiefer gelegenen, immer noch unter Eis verhüllten Boden des 40 *m* hohen Alex. von Mörk-Domes. Der ihm benachbarte Eispalast bedeutet das Ende der Sohlenvereisung, aber noch 900 *m* vom Eingange entfernt gibt es vereinzelte ausdauernde Eisgebilde auf Fels- und Blockgrund.

Die Haupthöhle ist, ob vereist oder nicht, fast überall ein riesiges Einsturzgebilde. Die Nebenhöhlen zeigen die runden Querschnitte der vom Wasser unter Druck ausgestrudelten Tunnels. Am wildesten sind die eisfreien Kilometer der Haupthöhle, wegen der Blockmassen auf dem Boden und der kantigen Deckenformen. Besonders in den Hauptästen der großen Höhle überzieht ein düsteres Rot der Lösungsrückstände den Kalk der Wände und Blöcke, während die Eishöhlen größtenteils in weiß erscheinendem Gestein liegen. Zierliche Tropfsteine vermißt man. Sehr selten tritt aus den schwarzen Schatten ein wuchtiger meterhoher Bodenzapfen des Kalzites hervor, braunrot von Farbe, der seine Bildungszeit längst hinter sich hat.

Die Einsturzgestalt der Haupthöhle zwingt dazu, mindestens einen älteren Hohlraum als ihren Vorläufer anzunehmen. Wie verschieden dieser Vorläufer beschaffen sein konnte, lehren zwei Strecken des südlichen Astes der Haupthöhle, wo die Einstürze die früheren Formen noch nicht beseitigt haben. Die Satanshalle entstand aus zwei- bis drei dicht neben- beziehungsweise übereinander liegenden Tunnels durch Niederbruch der Zwischenwand und der

Zwischendecke. Die streckenweise noch vorhandenen dünnen und zerklüfteten Reste der Decke zwischen der oberen und unteren Röhre lassen die Benennung dieser Halle begrifflich erscheinen. Weiter innen besteht ein südwärts gerichteter Teil desselben Höhlenastes aus der 250 *m* langen schnurgeraden »Bergspalte« einem Hohlraum, der 5 bis 8 *m* breit, > 20 bis 30 *m* hoch ganz oben in einer unergründlichen engen schwarzen Kluft den Blick gefangen nimmt; zugleich machen die abgestürzten Riesenplatten, über denen andere, senkrecht gerichtet, noch an den Wänden haften, den Untergrund ziemlich bodenlos. Hier hat man trotz den vorgekommenen Felsstürzen deutlich den Eindruck einer tektonischen Primärkluft im Gebirge. Andere Höhlenteile werden vielleicht bei genauerer Untersuchung als tektonisch verschoben aufzufassen sein.

Ob im übrigen die Einsturzform des Stammes der Haupthöhle und ihres nördlichen Astes auf einen einzigen früheren Tunnel zurückzuführen ist, kann man derzeit noch nicht entscheiden. Es hieße das auf Grund bloß achttägiger Studien für eine gar nicht mehr vorhandene Höhlenform der Frage näher treten, ob sie durch einen großen Höhlenfluß erzeugt wurde, oder ob die flachen Röhrenstrecken mehrerer zur Tiefe eilender Gerinne durch Verstürze aneinandergereiht wurden. Damit stehen wir vor der Notwendigkeit, die heute einander widerstreitenden Theorien der Karstentwässerung von Grund auf neu zu durchdenken. Denn es wurden Beobachtungen gemacht, die zum Teil für, zum Teil gegen die Anwendung jeder der in Geltung gekommenen Lehren ins Gewicht fallen. Sie zu erörtern fehlt der Raum. Tatsache ist die Einsturzform des größten Teiles der Haupthöhle. Da aber Deckenabbrüche den Hohlraum durch die lockere Blockschicht auf dem Boden vermindern, wenn sie auch die Höhle aufwärts verlegen, so müssen die ungewöhnlich großen Durchmesser dieser Einsturzhöhle um so mehr auffallen. Zur Erklärung bietet sich der Gedanke an eine Abfuhr der Sturzmassen, während die Decke emporrückte. Im vordersten Teil der Höhle war und ist diese Abfuhr durch die sehr steile Eissole erleichtert. Die Sturztrümmer sind zeitweise vielleicht sogar ins Freie hinaus gelangt. Ein großer Teil von ihnen darf aber in der Trümmermasse vermutet werden, die den Höhlenausgang so verstopft, daß er keine 2 *m* Durchmesser hat, während er sich schräg abwärts trompetenförmig erweitert und mit 30 *m* Querschnitt in der Wand des Tennengebirges eine frühere Form der ganzen Höhlenmündung darbietet. Die wagrechte Strecke der Eishöhle ist im Einklange mit dem Gesagten sehr viel niedriger als der steile Teil. Höher ist vielfach die lange Midgardhalle, in deren vorderen Abschnitt die letzten Eisgebilde stehen. In ihr sind sowohl Boden als auch Decke auf eine längere Strecke einseitig oft 30° bis 40° nach Süd geneigt. Indem man dort auf unangenehmer Blockhalde einwärts schreitet, findet man ihren Fuß häufig nur verklemmt in der engen Fortsetzung der schrägen Kluft, als deren Erweiterung Midgard anzusehen ist; die schiefe Unterlage, Lösung und Zerbrechen

bieten hier die Möglichkeit einer Beseitigung des Kalkes nach unten und seitwärts. Die Höhen in Midgard erreichen übrigens nicht die Werte der steilen Eishallen nahe dem Eingang. Die Zusammenhänge mancher anderer Erscheinungen sind ebenfalls lehrreich, aber einer gleich knappen Darstellung nicht fähig, weshalb sie einer eingehenden vorbehalten werden.

Der Bericht ist vor Eintreffen der Längsschnitte einzelner Strecken der Nebenhöhlen und der Lichtbilder und vor der Untersuchung der Löslichkeit der mitgebrachten Gesteinsproben verfaßt.

2. Bericht von Dr. Julius Pia über einige geologische Beobachtungen.

Das ganze Höhlensystem bewegt sich ausschließlich im Dachsteinkalk, der hier nur mehr in sehr mächtige Bänke zerfällt und sich dem ungeschichteten Riffkalk schon sehr nähert. Der gut geplattete Dachsteinkalk des nördlichen Tennengebirges ist im ganzen jünger als das Gestein der Höhle. Megalodonten sind in und außerhalb der Höhle häufig, Stockkorallen verhältnismäßig eher selten, besonders in der Höhle kaum je zu sehen, was wohl darauf beruht, daß sie hier nicht auswittern. Auffallend ist der große Reichtum an Ammoniten in der Gegend zwischen dem Bauernhof Schreckenbergr und dem Einstieg in die sogenannte Saugasse auf der Südseite des Achselkopfes. Darin spricht sich eine Annäherung an die Hallstätter Facies aus, wie sie im südlichen Teil der tirolischen Kalkplateaus oft beobachtet wurde. Dolomit wurde in der Höhle nur an 2 Stellen gefunden, in der Gegend der Umbiegung des Hauptganges südlich der Halle des Todes und im nordwestlichen Teil des Fledermausganges. Die beiden Punkte liegen ziemlich nahe beisammen, sind aber ohne direkte Verbindung. Höchst wahrscheinlich handelt es sich um eine dolomitisierte Linse im Dachsteinkalk.

Die Richtung des Hauptganges und der Nebengänge scheint in den weitaus meisten Fällen durch Bruchflächen vorgezeichnet zu sein, die mit wechselnder, aber meist steiler Neigung das Gestein durchsetzen und oft weithin in der Decke der Gänge zu verfolgen sind. Die Striemen auf den Harnischflächen hatten überall dort, wo sie deutlich beobachtet werden konnten, nur eine geringe Neigung gegen die Horizontale. Es handelt sich also im wesentlichen um Blattverschiebungen. Die Schichtung hat keinen nachweisbaren Einfluß auf die Anlage der Stollen.

Die Sedimente in der Höhle bestehen — von den Sturzblöcken abgesehen — fast nur aus Sanden und feinen Quarzschoffern. Lehme fehlen so gut wie ganz. Die Augensteine erreichen nur ausnahmsweise Nußgröße, meist bleiben sie viel kleiner. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Absätze durchgängig durch Schlote von der Plateauoberfläche eingeschwemmt sind. Einzelne Teile der Höhle, so besonders im Eislabyrinth und im Krapfenlabyrinth,

waren zu einer Zeit mit Sand und Kies stark ausgefüllt. Im nördlichen Hauptgang des Krapfenlabyrinths reichte die Ausfüllung nachweislich bis zur Decke. Die Sedimente wurden dann teilweise durch Kalk verfestigt. Die von den Entdeckern so genannten »Krapfen« sind rundliche Konkretionen, deren Entstehung wesentlich dadurch bedingt zu sein scheint, daß das Zement physikalisch nur aus einem oder wenigen großen Kalzitkrystallen besteht, wie aus der durchgängig gleichen Lage der Spaltflächen auf dem Bruch geschlossen werden kann. Es handelt sich also um sogenannte krystallisierte Sandsteine mit verwischter äußerer Krystallform. Später wurden diese versändeten Strecken durch Wasser größtenteils wieder ausgeräumt, wobei die Konkretionen ausgewaschen wurden und auf dem Boden liegen blieben.

Die Eishöhle und die Mamuthöhle im Dachstein, die zum Vergleich kurz besucht wurden, unterscheiden sich von der großen Tennengebirgshöhle besonders durch folgende geologische Merkmale:

Die viel deutlichere Schichtung des Gesteins, die wenigstens in manchen Fällen auch auf die Gestalt der Höhle von Einfluß ist.

Die allgemeine Verbreitung von Lehm.

Die bedeutendere Größe der Augensteine.

Das Auftreten eines Schotters von groben Kalkgeröllen, der nachweislich jünger als die Augensteinschotter ist, aber auch seinerseits zu Konglomerat verfestigt und später wieder ausgewaschen wurde.

3. Bericht von Dr. Ernst Hauser und Robert Ödl über die Eisverhältnisse der Höhle.

Die Eisriesenwelt¹ unter dem Hochkogel im Tennengebirge stellt eine typische (verzweigte) Windröhre mit langem als vorwiegend wagrecht zu bezeichnendem Ast und einer Anzahl senkrechter Schlote dar. Auffallend und bisher durch kein anderes Beispiel bekannt, ist der Umstand, daß die Region ständigen Eises sich in dem vom Eingang gleich steil aufsteigenden Teile der Höhle befindet. Die Dachsteinrieseneishöhle hingegen wäre als Windröhre mit eingeschalteten Luftsäcken zu bezeichnen.

Die Entstehung und Erhaltung des Eises beruht zweifellos auf der abkühlenden Wirkung, die die Luft in dem vom Eingange aus emporsteigenden Teile der Höhle am Gestein ausübt.

Die bei dieser Expedition zum vorläufigen Abschluß gekommenen Ergebnisse über »Eishöhlen und Eisbildung in Windröhren« sollen in einer ausführlichen Schrift dargelegt und bewiesen werden. Dabei führte die Eisriesenwelt des Tennengebirges zu der klaren Erkenntnis der Unzulänglichkeit der bisher bekannten Theorien und Erklärungsversuche.

¹ Dies ist der vom Verein für Höhlenkunde in Salzburg eingeführte Name.

Sobald nämlich die Temperatur der Außenluft nicht nur auf dem Hochplateau, sondern auch vor dem Eingang der Höhle durch Abkühlung kälter wird als die Höhlenluft, so wird die kalte Luft in die Höhle eingesogen, während die Höhlenluft durch die Schlote nach oben entweicht. Da dieser Zustand in dem langen Hochgebirgswinter die Regel ist, wird das Gestein in der Nähe des Einganges der Höhle unter 0° abgekühlt, was den Anlaß zum Gefrieren des Tropfwassers bildet. Wird umgekehrt die Außenluft vor dem Eingange der Höhle wärmer als die Höhlenluft, so drängt die kalte Luft aus der Höhle heraus und saugt durch die Schlote Luft nach. Dieser Zustand herrscht im Winter nur während der wärmsten Tagesstunden, ist aber in dem relativ kurzen Sommer Regel. Es wurde demnach seinerzeit im Laufe des Jahres viel mehr Eis gebildet als abschmolz; auch jetzt reicht keine Sommerwärme in der Höhle hin, die angesammelten Eismassen wegzuschmelzen, denn die beim Ausströmen der kalten Luft aus der Höhle durch die Schlote vom Plateau nachgesogene Luft kühlt sich an dem noch winterkalten Gesteine ab, so daß auch im Sommer in der Nähe des Einganges die relativ niederste Temperatur bestehen bleiben muß. Ein Weiterwachsen des Eises würde zur Verstopfung der Luftzirkulation an der engsten Höhlenstelle und Zurückbildung des Eises an Stelle des durchschnittlichen Gleichgewichtes zwischen Neubildung und Abschmelzung führen. Es ist jedoch bemerkenswert, daß beim Aufhören der Bedingungen, unter welchen kalte Luft durch den Höhleneingang eingesogen wird, nicht sofort die Umkehrung der Zirkulation erfolgt, sondern eine Zeitlang selbst warme Luft nachgesogen wird. Es war leider nicht möglich, an der hohen Decke der Höhle das Fortschreiten dieses einer Trägheitswirkung entsprechende zeitweisen Einströmen warmer Luft zu verfolgen; hingegen pflegen Wirbelbildungen darauf hinzuweisen, daß es beim Umschlag der Zirkulation zu vorübergehenden Störungen in dem einfachen Schema der Luftbewegung kommt, denen ein Einfluß auf die Eisbildung nicht zugeschrieben werden kann.

Die Eisbildung findet im Winter nur insoferne statt, als das vom Sommer noch vorhandene Schmelzwasser gefriert; die Bildung von neuen Eisfiguren tritt erst zur Zeit der oberflächlichen Schneeschmelze ein, das heißt, wenn Tropfwasser in die im Winter stark ausgekühlten Höhlenteile gelangen kann. Zu dieser Zeit sind auch im rückwärtigen Teile der Höhle zeitweise Eisbildungen festzustellen, die sich so lange halten, bis die im Sommer vom Plateau eingesogene Luft über 0° die Eisbildung einstellt und die vorhandenen Eisfiguren allmählich abschmilzt.¹

Es wurde ferner eine Anzahl charakteristischer, wissenschaftlich noch nicht näher untersuchter und zum Teil sogar unbekannter

¹ Durch diese Ergebnisse erledigen sich die von F. Machatschek über die Eisbildung in der Höhle zum Teil vorgebrachten, zum Teil vertretenen Ansichten und Vermutungen. (Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin, 1921. p. 60.)

Eisgebilde physikalisch erklärt. Hierher gehören Eishüte, Vorhänge, Baumeis, Stengeleis, schräg verlaufende Eiszapfen und Eiskeulen. Die Theorie der letzten, deren Entstehungsvorgang auch experimentell nachgeprüft werden könnte, verdanken wir in erster Linie Herrn Dr. Otto Lehmann, dem wir an dieser Stelle hiefür und für seine sonstigen wertvollen Anregungen unseren wärmsten Dank aussprechen.

Außerdem gelang es Eisgattungen mit verschiedener Färbung und verschiedenem Grade von Durchsichtigkeit auf chemisch-physikalische Vorgänge zurückzuführen. Von Bedeutung erscheint noch das Auftreten von deutlichen bis zu dezimeterdicken Schichtungen des Eises in meterdicken Lagen, welches in Form von Bodeneis sowohl den vorderen Teil der Höhle, wie auch den Abstieg zum Mörk-Dom bedeckt. Diese Schichtung des Eises ist auf eine zeitweise Zufuhr von zusammengewehten Verwitterungstaub und dessen Emulsion in der gefrierenden Wassermenge zurückzuführen. Bemerkenswert ist, daß diese Eismassen nicht die geringste Spur von Bewegung wahrnehmen lassen.

Eine weitere Erscheinung, die unseres Wissens noch nirgends Erwähnung gefunden, ist der wechselnd starke Geruch von Ozon, den man an sonnenhellen Tagen beim Verlassen der Höhle verspürt. Die Erklärung ist wohl darin zu suchen, daß sich die menschlichen Geruchsorgane beim Verweilen in der Höhle an die darin herrschende Luft gewöhnen, in der mangels ultravioletten Lichtes die Spaltung der Sauerstoffmoleküle und ihre Vereinigung zu Ozon nicht stattfinden kann. Hiedurch wird beim Verlassen der Höhle der Geruchssinn solange auf das Vorhandensein ozonisierter Luft ansprechen, bis wieder Gewöhnung an die Außenluft eingetreten ist, was immerhin einige Sekunden erfordert. An bewölkten oder regnerischen Tagen, sowie an Tagen, wo Außenluft durch den Eingang in die Höhle gesogen wird, fällt die Erscheinung weg.

Es ist uns eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Wilhelm Schmidt für die Erteilung wertvoller Ratschläge und für die leihweise Überlassung von Instrumenten der Lehrkanzel für Meteorologie an der Hochschule für Bodenkultur in Wien wärmstens zu danken.

Ferner gebührt unser aufrichtiger Dank Herrn Dr. Anton Huber von der Bayerischen Landeswetterwarte in München für die freundliche Überlassung einiger wichtiger Instrumente.

4. Bericht von Dr. Otto Wettstein über seine zoologischen Ergebnisse.

Die zoologische Erforschung der »Eisriesenwelt« hatte wegen der hohen Lage dieser Höhle, der tiefen Temperatur, die in derselben herrscht und dem Mangel an unterirdischen Wässern

nur geringe Ergebnisse. Es wurden 4 Fledermausarten festgestellt und eine Erklärung für das zahlreiche Vorkommen von Fledermauskadavern in den hintersten Höhlenteilen gefunden. Die Verteilung und die innere Grenze überwinterner Schmetterlinge und Mücken wurde studiert und mit den lokalen meteorologischen Verhältnissen in Beziehung gebracht. Grabungen nach fossilen Knochen blieben ergebnislos.

Am 4. April wurde eine zweite Höhle, der Scheukofen bei Sulzau, besucht und dabei wurden sehr interessante zoologische Funde gemacht. Außer der Höhlenspinne *Meta menardi*, einer Fledermausart und überwinterten Schmetterlingen und Mücken im vorderen Höhlenteile, wurden weiter hinten 2 Arten echter Höhlen-Colembolen und in Seen des Endteiles ein Höhlenkrebs (*Niphargus*) gesammelt. Höhlenkrebse sind aus Alpenhöhlen wissenschaftlich anscheinend noch unbekannt.

Eine genaue Bestimmung des gesammelten Materiales durch Spezialisten und eine ausführlichere Publikation der zoologischen Ergebnisse in den »Berichten der staatlichen Höhlenkommission« wird so bald als möglich erfolgen.
