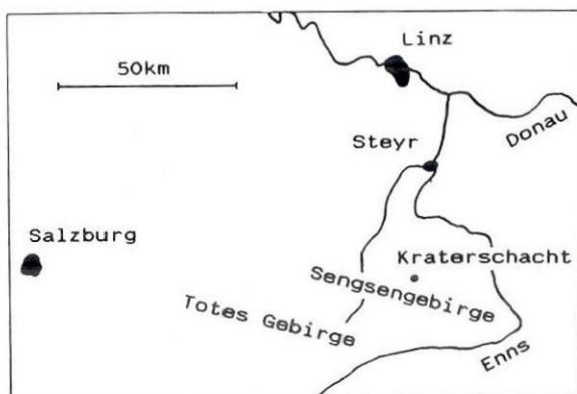


der Drachenhöhle bei Mixnitz. Dieses Stück, das bei der sogenannten „neolithischen Fundstelle“ im Eingangsbereich der Höhle im Jahre 1915 von Walter SCHMID geborgen wurde, ist offensichtlich gleichfalls wie der halbrunde Knochenstab in sekundärer Lage gelegen. Das 193 mm lange und  $31 \times 32$  mm im Querschnitt messende Stück mit der Inv.-Nr. 11.611 besitzt an einem Ende eine polierte Abschrägung von 17 Grad und am anderen eine Bruchstelle, an deren unregelmäßig abgebrochenem Ende noch Überreste einer 13 mm messenden und durch die Geweihstange gehenden Bohrung gut erkennbar sind (Abb. 2). Sinn und Zweck dieses Knochengerätes ist derzeit noch unklar, zumal der abgebrochene Teil fehlt. Weil an der Spitze der geglätteten Abschrägung auch die rauhe Oberfläche des Geweihstückes bis auf 20 mm weit poliert ist, scheint man das Gerät einst vielleicht als Glätter zum Ablösen von Häuten oder Fellen benutzt zu haben. Auch hier liegt ein Knochengerät vor, das mit einiger Vorsicht dem Abschnitt des späten Magdalénien zugeordnet werden kann, aber durchaus auch älter sein könnte.

## Höhleneisbildung aus Schnee und Eisdynamik im Kraterschacht (Sengsengebirge, Oberösterreich)

*Von Rudolf Weißmair (Neuzeug, Oberösterreich)*

Vor einigen Jahren wurden im Kraterschacht (Kat.-Nr. 1651/24, Abb. 1) im Sengsengebirge, in ca. 1.500 m Höhe, ungewöhnlich große und zugleich gut zugängliche Schnee- und Eismassen entdeckt. Über den Eislochabstieg entlang des geschichteten und bis zu 130 m mächtigen Bodeneises wurde 1993 der tiefste Höhlenteil, die Schneehalle, erreicht (-247 m). Im Oktober 1994 wurden die letzten Vermessungsarbeiten in kleinräumigen Fortsetzungen abgeschlossen.



*Lageskizze.*

Die Höhle besteht nur aus zwei Räumen, dem eisfreien Eingangsschacht und einem sehr großen, überwiegend mit Eis gefüllten Kluftaum. Die ungefähre Größe dieses Raumes soll ein Vergleich mit anderen Höhlen verdeutlichen:

- 800.000 m<sup>3</sup> .... Tiefenbronnerhalle im Nordwandschacht (1625/141; „größter Höhlenraum Mitteleuropas“, Pfarr & Stummer, 1988)
- 480.000 m<sup>3</sup> .... Schneevulkanhalle in der Schwarzmooskogeleishöhle (1623/40; „größter eisführender Höhlenraum Mitteleuropas“, Pfarr & Stummer, 1988)
- 300.000 m<sup>3</sup> .... Melker Dom im Taubenloch (1816/14; Pfarr & Stummer, 1988)
- 150.000 m<sup>3</sup> .... Evakuationsraum der großen Kluft im Kraterschacht (1651/24)
- 100.000 m<sup>3</sup> .... Stierwascherschacht in der Hochleckengroßhöhle (1567/29; Weißmair, 1989)

Der 90 m tiefe Eingangsschacht im Wettersteinkalk verengt sich nach unten trichterförmig. Die südwestliche Begrenzungswand der anschließenden Eingangshalle wird von einer eindrucksvollen, 73 Grad geneigten Harnischfläche gebildet, die sich mit einer Fläche von etwa 15.000 m<sup>2</sup> bis in 240 m Tiefe erstreckt.

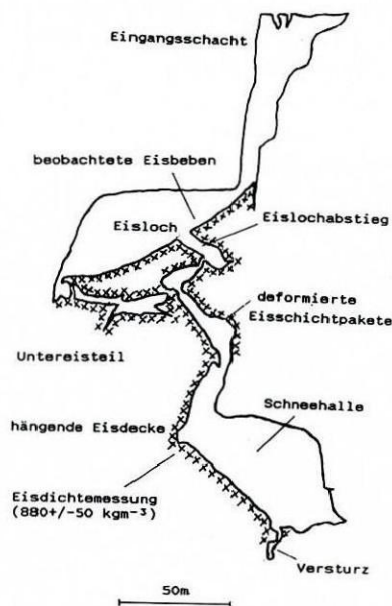


Abb. 2: Aufrißskizze des Kraterschachtes. In den mit × bezeichneten Bereichen begrenzt Höhleneis den Konvakuationsraum.

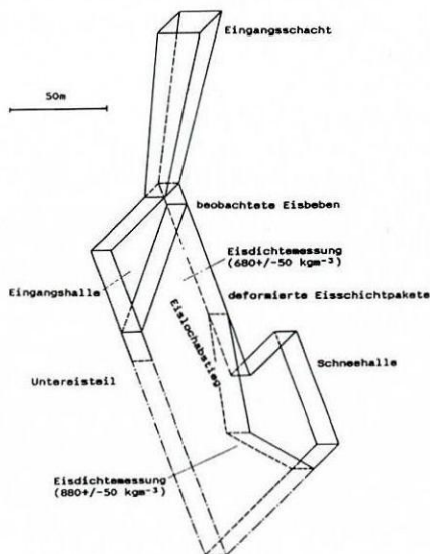


Abb. 3: Schematische Darstellung des vermuteten Konvakuationsraumes des Kraterschachtes.

Die Eisfüllung des Klufrumes bildet die Konvakuationssohle aller Höhlenteile mit Ausnahme eines vergleichsweise kleinen Versturzbodens in der Schneehalle. Entlang der Südwestwand des Klufrumes bestehen größere befahrbare, aber nur temporär offene Hohlräume zwischen Eis und Fels (Untereisteil); an der nordöstlichen Begrenzungswand liegt der Eiskörper überwiegend auf Fels auf.

Die direkt vermessene Eisdicke beträgt 70 m, die maximale aber sehr wahrscheinlich 130 m (Abb. 2). Aus der vereinfachten räumlichen Darstellung (Abb. 3) läßt sich ein mittleres Eisvolumen von ca. 100.000 m<sup>3</sup> schätzen. Unter Berücksichtigung einer Schachtquerschnittsfläche von 700 m<sup>2</sup>, einer mittleren Eisdichte und des 75jährigen Mittelwertes des Jahresniederschlages von 2.000 mm (davon 40 % als Schnee) können die ältesten Schichten nicht jünger als 130 Jahre sein. An vielen Stellen ist die Schichtung des Eises gut sichtbar. Die Anzahl der dunklen Sommerschichten schwankt pro Meter Eishöhe etwa zwischen 5 und 20 und weist, in Anbetracht der Eismächtigkeit, auf ein hohes Alter hin. Seit der Arbeit von Kral (1968) über die Dachstein-Rieseneishöhle mußte man in den Nördlichen Kalkalpen mangels weiterer Meßergebnisse von einem maximalen Höhleneisalter in einer Größenordnung von einigen Hundert Jahren ausgehen. Eine <sup>14</sup>C-Altersbestimmung von Holzproben aus der Eisgruben-Eishöhle am Sarstein (Achleitner, 1995) ergab ein Eisalter von mehr als 2200 Jahren. Damit ist im Kraterschacht ein aus der Gesamtanzahl der Sommerschichten ableitbares Eisalter in einer Größenordnung von 1000 Jahren nicht mehr grundsätzlich als unwahrscheinlich einzustufen.

### *Eisbildung*

Der Großteil des Eises entstand aus dem bereits komprimierten Lawinenschnee des Eingangsschachtes. Durch Verdichtung und Umkristallisation vereinigen sich die untereinander nur schwach gebundenen Schneekristalle zu einem Festkörper. Der vergleichbare Ablauf einer Schnee-Eis-Transformation bei Gletschern ist bereits eingehend untersucht worden (Paterson, 1981). Bei Gletschern spricht man dann von Eis, wenn der Firn durch Verdichtung – steigender hydrostatischer Druck führt zum Auspressen eingeschlossener Luft – eine Dichte von 830 kg/m<sup>3</sup> überschritten hat. Durch einsickerndes Schmelzwasser wird diese Umwandlung beschleunigt. Der Eisanteil durch die Zufuhr von Schmelz- und Sickerwasser ist im Vergleich zu den eingebrachten Schneemassen gering. „Höhleneis“ im engeren Sinn, nämlich Eis, das durch Gefrieren von Schmelz- oder Sickerwasser entsteht, bildet sich hauptsächlich an den Rändern des Eiskörpers und im Bereich von ebenen Eisböden.

### *Messung der Eisdichte*

Um den Umwandlungszustand von Firn zu Eis in Abhängigkeit von der Tiefe zu bestimmen, wurde versucht, die Eisdichte an verschiedenen Orten zu messen. Mit einer Rohrschraube wurde ein möglichst homogener Bohrkern gezogen. Mehrere Messungen von Durchmesser und Länge ermöglichten eine

Volumsberechnung. Dabei war der Kerndurchmesser durch die lichte Weite des Rohres relativ genau bestimmt. Die größten Fehler traten bei der Längenmessung auf, weil es meist nicht gelang, ebene Stirnflächen zu erzeugen. Für eine Massenbestimmung mußte der Bohrkern wasserdicht verpackt und dann gewogen werden ( $\pm 0,5$  mg genau). Etwa zehn Bohrversuche ergaben zwei brauchbare Kerne. Die Ergebnisse:  $680 \text{ kg/m}^3$  in 30 m und  $880 \text{ kg/m}^3$  in ca. 110 m Eistiefe mit einem Fehler von etwa  $\pm 50 \text{ kg/m}^3$  (Abb. 3).

### *Eisbewegung durch Verdichtung und plastische Deformation*

Aus der Größe des Eiskörpers und seiner verformten Schichtstruktur ist zu schließen, daß sich das Eis plastisch deformiert. Neben einer Eistemperatur nahe dem Schmelzpunkt sind mit der geneigten Eisoberfläche in der Eingangshalle die Voraussetzungen für einen Deformationsprozeß gegeben. Da die Geschwindigkeit des plastischen Fließens näherungsweise nur von der Neigung der Eisoberfläche abhängt, ergibt sich für ein Gefälle von 30 Grad theoretisch eine Fließgeschwindigkeit von einigen Dezimetern pro Jahr (Paterson, 1981).

Eine nahe der Eisoberfläche beobachtete „Eisharnischfläche“ deutet auch auf eine Vertikalbewegung im Ausmaß von mehreren Metern hin. Die resultierende Gesamtbewegung setzt sich aus einer vorwiegend durch Verdichtung und Abschmelzung erzeugten Vertikal- und einer vorwiegend durch plastisches Fließen erzeugten Horizontalkomponente zusammen.

Im Nordwesten der Schneehalle bildet das Eis eine hängende Raumdecke. Der gesamte Eiskörper ist örtlich und zeitlich wechselnd an der Felsbegrenzung angefroren oder „sitzt“ an Verengungen des Evakuationsraumes direkt am Fels auf. An solchen Stellen kommt es zu erhöhtem plastischem Fließen, das sich in Form deformierter Schichtpakete äußert.

### *Eismassenbilanz 1992*

Näherungsweise kann die Eisvolumendifferenz zwischen den Befahrungen im Juli und im Dezember als Jahresschwund – bestehend aus Verdichtungsanteil und Abschmelzungsanteil – gewertet werden. Er lag 1992 als Vermessungsergebnis – mit Bohrhaken als Bezugspunkten – in einer Größenordnung von  $2.000 \text{ m}^3$ . Verglichen mit der Schneezufuhr ergibt sich eine ungefähr ausgeglichene Massenbilanz. Wegen der Größe der Eismasse müßten aber langperiodische Klimaschwankungen über Jahrzehnte beobachtet werden, um eine Aussage über das effektive Abschmelzen oder Wachsen der Eismasse zu ermöglichen.

### *Wärmeenergiehaushalt*

Ausschlaggebend für die Ansammlung der großen Schnee- und Eismasse ist einerseits der Eintrag großer Mengen kalten Hochwinterschnees mit geringem Wärmeinhalt und andererseits der dafür günstig gestaltete Höhlenraum mit seiner seitlich liegenden Tagöffnung. Durch die Ausbildung eines einzigen

großen Raumes ergibt sich eine relativ kleine Wandfläche für die Wärmeleitung zwischen Eis und Fels. Die Querschnittsverengung und die Lage der Tagöffnung erschweren eine Wärmezufuhr durch Regenwasser und Außenluft. Wegen der Großräumigkeit der Höhle sind spürbare Luftbewegungen nicht zu erwarten. Erst bei der bisher letzten Befahrung, am 25. Oktober 1994, wurde eine einwärts gerichtete, intensive Luftströmung an einer Engstelle (Versturz) in der Schneehalle festgestellt. Vermutlich werden die Hohlräume des Eislochabstieges durch dynamische Wetter (Ausschmelzen) offen gehalten. Die der Masse des Eises entsprechend große Wärmekapazität könnte zur Annahme führen, daß ein so großer Eiskörper längere Wärmeperioden überdauern kann, ohne zu verschwinden. Eine einfache Abschätzung zeigt aber, daß innerhalb von etwa 10 Jahren die gesamte Eismasse allein durch eine Bewetterung mit 1 m/s Windgeschwindigkeit und 1 °C Temperaturunterschied abschmelzbar wäre.

### *Eisbeben und Spannungen im Eis*

Beim Betreten des steilen und sehr dicken Bodeneises am 28. Dezember 1992 kam es mehrere Male zu einem explosionsartigen Knall und zur schlagartigen Bildung von Rissen an der Eisoberfläche. Bei Gletschern wird die Anregung elastischer Wellen bei der Ausbreitung eines Bruches als „Eisbeben“ bezeichnet. Ein Teil dieser elastischen Energie kann dabei in eine hörbare Schallwelle konvertiert werden. Die Auslösung der Bruchbildung erfolgte in diesem Fall durch die „Spitzenwirkung“ der Steigeisen (große lokale Druckspannung). Die Voraussetzung dafür entstand mit der Abkühlung der Eisoberfläche durch die winterliche Kaltluft von außen. Die niedrigere Temperatur führt zu einer geringeren Verformbarkeit des Eises an der Oberfläche – bei unveränderter innerer Deformationsrate – und ermöglicht einen Spannungsanstieg bis zur Überschreitung der Bruchfestigkeit. Aufgrund der schlechten Temperaturleitfähigkeit von Eis ( $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s) dringen nur langperiodische Temperaturänderungen tiefer ein: eine Tagestemperaturwelle nur wenige Zentimeter, eine Jahrestemperaturwelle etwa 10 m. Auf eine erhöhte lokale Spannungskonzentration – vergleichbar mit dem Spannungszustand vor einem Erdbeben – deutet das ebenfalls zu dieser Zeit beobachtete Ausbrechen des Eises beim Anschlagen der Eisschrauben hin; es war damals unmöglich, eine Zwischensicherung im steilen Eis anzubringen.

### *Literatur:*

- Achleitner, A. (1995): Zum Alter des Höhleneises in der Eisgruben-Eishöhle im Sarstein (Oberösterreich). *Die Höhle*, 46 (1), 1–5, Wien.
- Kral, F. (1968): Pollenanalytische Untersuchungen zur Frage des Alters der Eisbildungen in der Dachstein-Rieseneishöhle. *Die Höhle*, 19 (2), 41–51, Wien.
- Niederschlagskarte von Oberösterreich (mittlere Niederschlagshöhe für die Jahresreihe 1901–1975). Maßstab 1 : 250.000; Hrsg.: Amt der Oö. Landesregierung (Hydrographischer Dienst).

- Paterson, W. S. B. (1981): The Physics of Glaciers. Pergamon Press 2<sup>nd</sup> Edition.
- Pfarr, Th., und Stummer, G. (1988): Die längsten und tiefsten Höhlen Österreichs. Wissenschaftliche Beihefte zur Zeitschrift „Die Höhle“, Heft 35, Wien.
- Weißmair, R. (1989): Eindrücke von einer Befahrung des Stierwaserschachtes der Hochleckengroßhöhle (Oberösterreich) im Februar 1988. Die Höhle, 40 (1), 16–20, Wien.

## **Tätigkeitsberichte 1994 der dem Verband österreichischer Höhlenforscher angeschlossenen höhlenkundlichen Vereine und Forschergruppen**

So wie in den vergangenen Jahren haben die Mitgliedsorganisationen des Verbandes österreichischer Höhlenforscher Berichte über ihre Tätigkeit im Laufe des Jahres 1994 übermittelt, die in ihrer Gesamtheit ein Bild der vielfältigen Aktivitäten vermitteln. Neben Forschung und Dokumentation spielen dabei die Bemühungen um Natur- und Umweltschutz in Karst- und Höhlengebieten und die Vorsorge für eventuelle Höhlenunfälle durch Höhlenrettungsübungen eine wichtige Rolle.

Wie immer sind die Berichte in der alphabetischen Reihenfolge der österreichischen Bundesländer angeordnet, in denen die betreffenden Vereine oder Forschergruppen ihren Sitz haben.

### *Fachgruppe für Karst- und Höhlenkunde im Naturwissenschaftlichen Verein für Kärnten (Klagenfurt)*

Zu den 31 von der Fachgruppe unternommenen Höhlenfahrten zählen vor allem die allgemein zugänglichen Autobusfahrten, von denen eine die Lurhöhle bei Peggau (Steiermark) zum Ziel hatte (38 Teilnehmer), sowie die Teilnahme am Internationalen Dreiländertreffen der Höhlenforscher aus Slowenien, Friaul-Julisch-Venetien und Kärnten in Görz (Italien, 17 Teilnehmer). An dem alljährlichen Fachgruppentag, der diesmal am 19. Oktober in St. Martin bei Klagenfurt abgehalten wurde, nahmen 70 Gäste teil, darunter auch Prof. France Habé (Postojna). Hauptvortragender war Anton Mayer (Wien), mit dem am Tag darauf Exkursionen im Vellachtal unternommen wurden.

Das Fachgruppenmitglied Harald Mixanig unternahm in Kärnten 30 Höhlenfahrten mit speläobiologischer Zielsetzung. Einige Mitglieder besuchten bei Auslandsreisen verschiedene Schauhöhlen.

Als Mitglied des Landesverbandes für Höhlenrettung in Kärnten hatte die Fachgruppe in diesem Jahr die gemeinsame Höhlenrettungsübung der Einsatzstellen in Kärnten auszurichten; sie fand in der Windlucke (2724/3) am Nordabhang des Hohen Gallin statt. Drei Höhlenvereine mit ihren Höhlenrettern waren vertreten.

Die Tätigkeit des Jahres 1994 endete mit der schon zur Tradition gewordenen Weihnachtsfeier in der Deutschmannlucke bei Eisenkappel.

*Harald Langer (Klagenfurt)*

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [046](#)

Autor(en)/Author(s): Weißmair Rudolf

Artikel/Article: [Höhleneisbildung aus Schnee und Eisdynamik im Kraterschacht \(Sengsengebirge, Oberösterreich\) 32-37](#)