

kommen wird auf nahegelegene, durch den Verkarstungsprozeß angeschnittene Evaporitlagerstätten zurückgeführt (KNAPCZYK 1978).

Die Liste der seltenen Höhlenminerale in Österreich wird zudem mit Funden von für dieses Milieu ungewöhnlichen, wasserhaltigen und leicht löslichen Magnesiumsulfaten (Epsomit, Hexahydrat) aus niederösterreichischen und steiermärkischen Höhlen bereichert. Normalerweise treten derartige Minerale vorwiegend in Salzlagerstätten auf.

Da die Entwicklung der Erforschung von Höhlen nicht nur auf dem sportlichen und klettertechnischen Sektor, sondern auch in der detaillierten wissenschaftlichen Untersuchung der Höhle und des Höhleninhaltes gediehen ist, kann erwartet werden, daß nicht nur weitere, vielleicht sogar neue Minerale in Höhlen gefunden werden können, sondern auch eine gesteigerte Aussagekraft für die Höhle, für das Klima und im gesamten für die jüngere geologische Geschichte Österreichs und der Alpen möglich sein wird.

## Das Höhlenklima

Heinrich MRKOS\*)

Da die Höhlenräume durch ihre Eingänge und durch Spalten mit der Außenwelt in Verbindung stehen, bildet im Normalfall die Luft den »gasförmigen Höhleninhalt«. Trotzdem besitzen Höhlen ein eigenes Mikroklima. Dieses ist im wesentlichen durch folgende Faktoren gekennzeichnet: stark verminderte Temperaturschwankungen und eine deutliche Verzögerung im Jahresrhythmus; eine Luftschichtung, die jener in geschlossenen Räumen entspricht; hohe Luftfeuchtigkeit.

Infolge des Fehlens der Sonneneinstrahlung wird die Temperatur in den Höhlen vor allem von jener des sie umschließenden Gesteins bestimmt und damit weitgehend konstant gehalten. Abgesehen von tief im Berge liegenden Teilen, wo bereits ein Einfluß der Erdwärme festgestellt werden kann, entspricht die Gesteinstemperatur dem jeweiligen Jahresmittel der Temperatur an der Erdoberfläche. Daraus folgt, daß sich Veränderungen des Großklimas auch in Höhlen bemerkbar machen.

Da die Luft - so wie alle Gase - das Bestreben hat, Unterschiede auszugleichen, erfolgt durch die Öffnung der Höhlen zur Außenwelt - und darunter sind nicht nur die für den Menschen passierbaren Höhleneingänge, sondern alle wetterwegbaren Verbindungen zu verstehen - ein Luftaus-

Weiterführende Literatur:

- BÖGLI, A. (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie. - Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 292 S.
- FORD, T.D., CULLINGFORD, C.H.D. (1976): The Science of Speleology. - Academic Press, London-New York-San Francisco, 593 S.
- HILL, C. (1976): Cave Minerals. - Natl. Speleological Soc., Alabama, USA 137 S.
- KNAPCZYK, H. (1978): Neues vom Untersberg. - Atlantis 1 (Salzburg): 5-19.
- MOORE, G.W., (1970): Checklist of Cave Minerals. - Natl. Speleological Soc. News 28: 9-10.
- NIEDERMAYER, G., SEEMANN, R. (1974): Vorläufiger Bericht über sedimentpetrographische und mineralogische Untersuchungen an Höhlensedimenten des Karstgebietes Pfaffenberg bei Bad Deutsch-Altenburg (NÖ). - Die Höhle 25/1 (Wien): 3-11.
- SEEMANN, R. (1979): Die sedimentären Eisenvererzungen der Karstgebiete der Nördlichen Kalkalpen. - Ann. Naturhist. Mus. Wien 82, im Druck.
- TRIMMEL, H. (1968): Höhlenkunde. - Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 300 S.

tausch, wobei insbesondere das Druck- und Spannungsgefälle infolge der Temperaturunterschiede die motorische Kraft bildet. Art und Intensität der Luftbewegung werden jedoch wesentlich von dem Umstand beeinflusst, ob nur ein Höhleneingang besteht oder ob mehrere wetterwegsame Öffnungen vorhanden sind, wobei deren unterschiedliche Höhenlage oder Richtung die Luftzirkulation zusätzlich fördern (Abb. 22).

Schon zu Ende des vorigen Jahrhunderts beschäftigten sich B. SCHWALBE, E. FUGGER, H. CRAMMER und R. SIEGER mit der »Bewetterung« der Höhlen, wie diese meteorologischen Verhältnisse in Anlehnung an die Ausdrucksweise im Bergbau bezeichnet werden. Dabei konnten als Grundtypen folgende Verhältnisse erkannt werden:

1. statische Wetterführung bei Höhlen mit nur einem Eingang. Solche Höhlen wurden als »Sackhöhlen« bezeichnet.
2. dynamische Wetterführung bei Höhlen mit mindestens zwei Eingängen bzw. wetterwegsamem Öffnungen in verschiedener Geländelage. Diese Höhlen wurden »Windröhren« genannt.

Bei statischer Wetterführung ist der Luftaustausch zwischen Höhle und freier

\*) Dipl.-Ing. Heinrich MRKOS, Landesverein für Höhlenkunde in Wien und NÖ, 1020 Wien, Obere Donaustr. 99

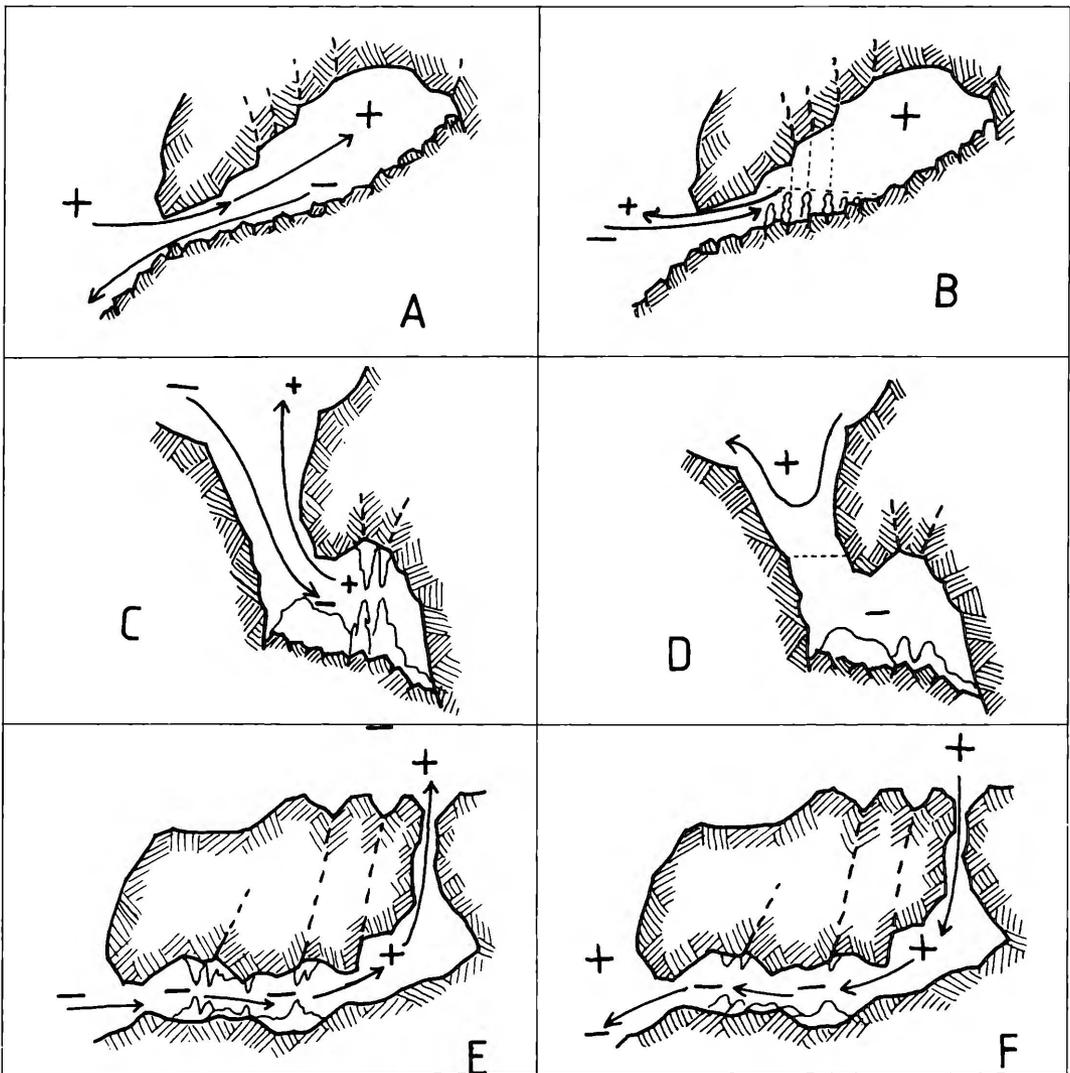


Abb. 22: Charakteristische Höhlentypen mit entsprechenden Höhlenklimaentwicklungen:

- A BACKOFENTYPUS - SOMMERPHASE. Überdurchschnittliche Erwärmung des Höhlenraumes durch aufsteigende Warmluft.
- B BACKOFENTYPUS - WINTERPHASE. Die schwerere Kaltluft kann die in der Höhle aufgestiegene Warmluft nur im untersten Bereich verdrängen oder abkühlen - Entstehung von Eiskeulen unterhalb der deutlichen 0°-Grenze bei Tropfwassereintritt.
- C EISKELLERTYPUS (statische Eishöhle) - WINTERPHASE. Absinken der Kaltluft in die Höhle - bei Schmelzwassereintritt Eisbildungen.
- D EISKELLERTYPUS (statische Eishöhle) - SOMMERPHASE. Die in der Tiefe liegende Kaltluft kann nicht verdrängt werden - das Eis überdauert die Sommerphase.
- E DYNAMISCHE EISHÖHLE - WINTERPHASE. Durch obere Höhleneingänge und Spalten ausströmende Warmluft saugt Kaltluft in die Höhlenräume durch tiefergelegenen Eingang - Eisbildung bei Schmelzwassereintritt.
- F DYNAMISCHE EISHÖHLE - SOMMERPHASE. Ausfließen der Kaltluft durch unteren und Einsaugen der Warmluft bei oberem Höhleneingang - Abschmelzen, jedoch teilweises Überdauern des Höhleneises.

Atmosphäre relativ schwach, da Ein- und Austritt der Luft gleichzeitig bei einem Eingang erfolgen muß. Ein nennenswerter Luftstrom kommt überhaupt nur dann zustande, wenn die in der Höhle lagernde Luft »verdrängt« werden kann, bzw. wenn diese das Bestreben hat, aus der Höhle »auszuströmen«. Dadurch können auch relativ kleine Höhlen bei vorwiegend vertikaler Erstreckung eine Temperatur aufweisen, die namhaft vom Jahresmittel ihrer Umgebung abweicht, wobei je nach der Lage des Einganges 2 Gruppen unterschieden werden können:

a) Vom Eingang aus absinkende Sackhöhlen; diese weisen eine Temperatur auf, die deutlich unter dem Jahresmittel liegt. Dies entsteht dadurch, daß in sie nur die spezifisch schwerere Kaltluft eindringen kann, wo sowohl die Höhlenluft, als auch das die Höhle umschließende Gestein abgekühlt werden. Eine Luftbewegung findet daher hauptsächlich im Winter statt und sie ist umso stärker, je kälter es im Freien ist. Hingegen tritt bei höheren Außentemperaturen, vor allem im Sommer, Wetterstockung ein, der »Kaltluftsee« in der Höhle bleibt ungestört und wird erst allmählich durch das umgebende Gestein erwärmt. Bei Auftreten von Eis wird der Temperaturanstieg durch den zu dessen Schmelzen notwendigen Wärmeverbrauch zusätzlich gebremst. Daher kann in Höhlen vom sog. »Eiskellertypus« auch bei geringerer Höhenlage Eis sich das ganze Jahr über erhalten. Bis etwa 1940 war das Tablerloch auf der Dürren Wand (NÖ) in 970 m Seehöhe permanent eisführend. Heute ist die Brandmüerhöhle bei Puchenstuben (NÖ), deren Eingang in 1080 m Seehöhe liegt, als tiefstliegende Eishöhle Österreichs bekannt. Im Mährischen Karst ist jedoch in der nur 450 m hoch gelegenen Rasovna-Höhle ganzjährig Eis anzutreffen.

b) Im Gegensatz dazu speichern aufsteigende Höhlenräume die Wärme. Ist die Außentemperatur hoch, tritt die relativ kühle, zuunterst lagernde Höhlenluft an der Sohle des Einganges aus, an der Decke strömt Warmluft ein und das Höhleninnere wird »aufgeheizt«. Bei diesen Höhlen findet daher der Luftaustausch vor allem im Sommer, in der warmen Jahreszeit statt. Hingegen kann die kalte, schwere Winterluft in solche als »Backofentypus« bezeichnete Höhlen nicht eindringen. Die Durchschnittstemperatur in ihnen kann um

mehr als 5° C über der ihrer Umgebung liegen, im Winter ist der auf einem kleinen Bereich auftretende Temperaturunterschied besonders bemerkbar. Sie stellen ideale Überwinterungsplätze für die Tierwelt, insbesondere für Insekten, dar.

Die meisten und vor allem größere oder verzweigte Höhlen weisen jedoch mehrere wetterwegsame Verbindungen mit der Außenwelt auf. In diesen Fällen tritt eine dynamische Wetterführung ein. Diese ist daher als der für die Höhlenbewetterung bedeutendere Typus anzusehen. Trotz der heftigen Luftströmungen, die in solchen Höhlen vor allem an Engstellen zu bestimmten Zeiten zu verzeichnen sind, bleiben bei Betrachtung der gesamten Höhle in ihr stets die Gesetze der Luftschichtung in geschlossenen Räumen erhalten; das heißt, auch hier befinden sich die kältesten Luftmassen in den tiefsten, die wärmste, spezifisch leichteste Luft in den höchsten Höhlenteilen. Allerdings ist der Luftaustausch bei dynamisch bewetterten Höhlen wesentlich intensiver als bei statischer Bewetterung. Charakteristisch ist dabei, daß der Luftstrom - zumindest an Engstellen bzw. in bestimmten Abschnitten der Höhle - jeweils nur einheitliche Richtung aufweist. Infolge der stärkeren Luftzirkulation ist der Einfluß der Außentemperatur auf die tagnahen Höhlenteile ziemlich groß und nimmt erst allmählich gegen das Höhleninnere ab. Messungen in der Dachstein-Rieseneishöhle ergaben im Mittel von 5 Jahren folgende Temperaturschwankungen im Jahresverlauf: am Höhleneingang 23,3° C, nach 100 m 10,9° C, 300 m im Höhleninneren 4,9° C und 550 m vom Tag entfernt noch 1,5° C. Windgeschwindigkeiten wurden in österreichischen Höhlen bis 30 km/h gemessen.

Das Phänomen des Richtungswechsels des »Höhlenwindes« wurde schon früh festgestellt und es wurden bereits zur Jahrhundertwende 2 Phasen der Wetterführung unterschieden:

a) Die »Winterphase«; sie ist dadurch gekennzeichnet, daß die Höhlenluft an den unteren Höhleneingängen bergwärts strömt. Sie tritt dann ein, wenn die Außentemperatur tiefer ist als jene in den Höhlenräumen. Die relativ wärmere Höhlenluft tritt bei den höchstliegenden wetterwegsamten Höhlenöffnungen aus. Der Umstand, daß der Temperaturabfall in der Luftschichtung von Höhle und Atmosphäre entgegengesetzt ist, verstärkt nach Art einer Kaminwirkung die Intensität der Luftströmung. An

der Erdoberfläche machen sich dann diese Luftaustritte aus Höhlen, die auch durch Schutt oder enge Spalten erfolgen können, als schneefreie Flecken bemerkbar.

- b) Die »Sommerphase«; diese tritt ein, wenn die Außentemperatur an den Höhleneingängen höher ist als jene der Höhlenluft. Der Luftzug in der Höhle ist in dieser Phase abwärts gerichtet, weil die relativ kalte und damit schwerere Höhlenluft das Bestreben hat, aus den tiefliegenden Höhlenöffnungen »herauszufließen«. Die Umgebung solcher Kaltluftaustritte kann durch ein Mikroklima gekennzeichnet werden, das zu Krüppelwuchs bei den Pflanzen führt, im Extremfall können Frostböden entstehen. Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür bildet der Matzenboden östlich von Ferlach.

In Österreichs Höhlen sind seit Ende des vorigen Jahrhunderts immer wieder zahlreiche Temperaturmessungen vorgenommen worden.

Dabei wurde die starke Wirkung der Temperaturdifferenz als treibende Kraft für die Entstehung der Luftbewegung in Höhlen von H. BOCK bereits 1913 durch Beobachtungen in der Badlhöhle bei Peggau, Stmk., nachgewiesen. Diese Höhle ist ein klassisches Beispiel für eine einfach gebaute »Windröhre«, mit einer Ganglänge von 208 m und einer Höhendifferenz zwischen ihren beiden Eingängen von 48 m. Die Messungen und Berechnungen ergaben, daß dem auf Grund der Temperaturdifferenz entstehenden Dichteunterschied der Luftmassen in der Höhle zur Außenluft jene Kräfte innewohnen, die einen Luftaustausch durch winkelige Höhlengänge mit rauen, gegliederten Wänden in Gang bringen. Die beim Durchströmen der Luft durch die Höhle vom Gestein her auftretende Abkühlung oder Erwärmung derselben hält die Luftbewegung aufrecht.

In der Dachstein-Rieseneishöhle sowie deren Umgebung sind bereits seit über 50 Jahren Geräte des Speläologischen Institutes installiert. Obwohl auch auf Grund dieser Messungen der entscheidende Einfluß des Temperaturverlaufes auf die Luftbewegungen in Höhlen erwiesen ist, entbrannte Ende der 50er Jahre ein Meinungsstreit über die Einwirkung von Windströmungen und Luftdruckschwankungen auf die Höhlenbewetterung, da insbesondere im Sommerhalbjahr bei Veränderungen der Großwetterlage immer wieder ein Stillstand oder sogar ein Umschlagen in der Wetterführung beobachtet werden kann. R.

PIRKER hat jedoch bereits 1952 festgestellt, daß sich die typischen Luftströmungen der »Sommerphase« bzw. der »Winterphase« nur dann einstellen, wenn die Temperaturdifferenzen an allen Verbindungsstellen von Höhle und Erdoberfläche gleichsinnig negativ bzw. positiv sind. Er wollte daher diese Bezeichnung auf solche eindeutige Situationen eingeschränkt wissen und bezeichnete den bei größeren Höhlensystemen häufig auftretenden Zustand, bei dem an bestimmten Höhlenöffnungen positive, an anderen jedoch negative Temperaturdifferenzen herrschen, als »Mittelphase«. Unter den letztgenannten Bedingungen können sich, insbesondere in größeren Höhlensystemen, die auf Grund ihrer Gestaltung oft komplexe und komplizierte Bewetterungsverhältnisse mit »Haupt- und Nebenwetterwegen«, sowie einzelnen Räumen mit statischer Bewetterung aufweisen, uneinheitliche Luftströmungsverhältnisse einstellen, wie sie schon 1899 von H. CRAMER im Geldloch im Ötscher beobachtet wurden, die G. KYRLE nicht sehr günstig und ohne exakte Definition als »statodynamische Wetterführung« bezeichnete. Es soll nicht ausgeschlossen werden, daß in derartigen labilen Lagen Winddruck und/oder Luftdruckschwankungen die Wetterführung in Höhlen beeinflussen könnten. Exakte Aussagen können jedoch nicht getroffen werden, da sich alle Daten von Außenmessungen jeweils nur auf die Umgebung eines Höhleneinganges beziehen, bzw. nur die zu einem bestimmten Zeitpunkt im Gebiet herrschenden meteorologischen Verhältnisse angeben.

Trotz der an Engstellen zuweilen kräftig spürbaren Luftströmungen geht der Luftaustausch in Höhlenräumen auch bei voll wirksamer dynamischer Wetterführung relativ langsam vor sich und erfaßt vielfach nur bestimmte Teile der Höhlenräume. Ganz eindeutig wird dies beim Abbrennen von Feuern in Höhlen, aber auch schon beim Rauch von Zigaretten bemerkbar. Dies muß bei einem eventuellen Betrieb von Verbrennungskraftmaschinen - auch in der Nähe von Höhleneingängen - bzw. bei der Durchführung von Arbeiten, die mit der Umsetzung von chemischen Substanzen verbunden sind, unbedingt beachtet werden. Ausnahmen in Temperatur und Zusammensetzung der Luft treten in Höhlen auf, die im Zusammenhang mit vulkanischen oder geothermischen Erscheinungen, z.B. Thermalspalten, stehen. Die Eisensteinhöhle bei Bad Fischau und die Warme Lucke im Gösing bei

Ternitz, beide an der Thermenlinie gelegen, weisen trotz absinkender Höhlenräume eine übernormale Temperatur auf. Mancherorts kann es in diesem Zusammen mit Anreicherung von CO<sub>2</sub> in einzelnen Höhlenteilen kommen. In vulkanischen Gebieten treten auch Schwefeldämpfe auf und an den Wänden entstehen Ausblühungen von Schwefel. In solchen Höhlen droht Erstickungsgefahr; aus Österreich ist keine derartige Höhle bekannt. Untersuchungen der Höhlenluft auf ihren Gehalt an Staub, Aerosolen, Keime oder Sporen sind in Österreich noch kaum durchgeführt worden. Im ehemaligen Silberbergwerk von Zeiring (Stmk.) und in den dabei angefahrenen Höhlenräumen wurde jedoch eine therapeutische Wirkung der Höhlenluft auf die Atmungsorgane festgestellt. Dies wird auf die gleichbleibende niedrige Temperatur, den etwas erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehalt, das Vorkommen von Radon und Kalziumkarbonat im Aerosol bei geringem Gehalt an Allergenen und Staubteilchen zurückgeführt.

Wasser dringt von der Oberfläche her in die Klüfte und Spalten des (Kalk-)Gebirges ein und sickert langsam in die Tiefe. Das die Höhlen umschließende Gestein ist daher immer »bergfeucht«. Dementsprechend weist die Höhlenluft einen hohen Sättigungsgrad an Wasserdampf auf, die relative Luftfeuchtigkeit in Höhlen liegt fast immer zwischen 95 und 100%. Auf Grund des stark temperaturabhängigen Vermögens der Luft für die Aufnahme von Wasserdampf können an den Höhleneingängen im Mischungsbereich von Höhlen- und Außenluft bei feuchtwarmem Wetter Nebel- und Kondenswasserbildungen, bei kaltem Winterwetter ebenfalls Nebel und Rauheif auftreten.

Im Zusammenhang mit Wasser stellt die 0°-Grenze wegen der bei Unterschreiten derselben eintretenden Eisbildung eine markante Größe dar. In vielen Höhlen Österreichs wechselt, insbesondere in Tagnähe, die Temperatur in jedem Winter mehrfach über diese Marke hinweg und es sind daher periodisch Eisbildungen anzutreffen. Dabei tritt die temperaturabhängige Luftschichtung besonders deutlich zu Tage: von der relativ warmen Höhlendecke tropft Wasser zu Boden und gefriert dort. Dabei bilden sich die sog. »Eiskeulen«, die in Form und Art des Eises die Froststärke anzeigen (Abb. 24). Bei strengem Frost entstehen schlanke Stengel aus Eis, das wegen der Lufteinschlüsse milchig-trüb ist, bei Temperaturen knapp unter dem Gefrierpunkt sind die

Zapfen dicker und aus klarem, durchsichtigen Eis, da die Luft noch vor dem Gefrieren entweichen konnte. Im Wechsel der Temperaturen wachsen diese Figuren mit dünnen Stielen und breiteren Köpfen heran. Eine andere Form temporärer Eisbildungen sind die »Eisauspressungen«, die am Höhlenboden oder wasserreichen Sinter- und Bergmilchablagerungen beobachtet werden können (Abb. 25). Sie entstehen infolge der Volumsvergrößerung des gefrierenden Wassers und bilden bis 10 cm lange, meist gekrümmte Nadelbüschel. Aus dem Wasserdampf des Luftstromes bildet sich - insbesondere in permanent eisführenden Höhlen- oftmals »Höhlenreif«. Seine Kristalle sind zarte, rasch vergängliche Bildungen, die die Gesteinsfläche, aber auch andere Eisgebilde mit einem wahrhaft feenhaften Glitzerschmuck überziehen können (siehe S. 39).

Decken- oder Hangeis in Form von Eiszapfen, Leisten oder Vorhängen, Wandeisbildungen sowie die vielfältigen Formen der Standeisfiguren treten sowohl temporär als auch permanent in den Eishöhlen auf (Abb. 23). In letzteren gibt es auch beträchtliche Mengen von Bodeneis, unterirdischen Gletschern gleich. Sie bilden sich entweder aus Sickerwässern, die in die Höhle eindringen, nach Feststellungen von R. SAAR auch infolge Kondensation, oder aus Schnee, der durch abwärts führende Eingänge oder Schächte von der Oberfläche her in die Höhle gelangt. Das Wachstum der Eisfiguren in den alpinen Eishöhlen erfolgt in den Monaten März bis Mai, abhängig von Höhenlage und den jährlich wechselnden Verhältnissen, wenn nach der Schneeschmelze auf der Hochfläche der Zufluß von Wasser durch die Klüfte einsetzt, in der Höhle aber noch vom Winter her Temperaturen unter dem Gefrierpunkt herrschen.

Jahrzehntelang gab es jedoch Verfechter einer »Sommereistheorie«, die, von der subjektiven Wahrnehmung ausgehend, daß es in den Sommermonaten in den Höhlen relativ am kältesten ist, eine Bildung des Höhleneises in den heißen Sommermonaten annahm. Temperaturmessungen beweisen jedoch, daß auch in den permanenten Eishöhlen bereits ab Juni die Temperaturen über dem Gefrierpunkt liegen. Ab diesem Zeitpunkt beginnen daher die Eisgebilde zu schmelzen, wobei an ihrer Oberfläche entsprechend dem Kristallgefüge eine netzartige Struktur, sog. »Wabeneis« entsteht. Abgesehen von der jahreszeitlich im Sommer bedingten Erwärmung - insbesondere bei dy-

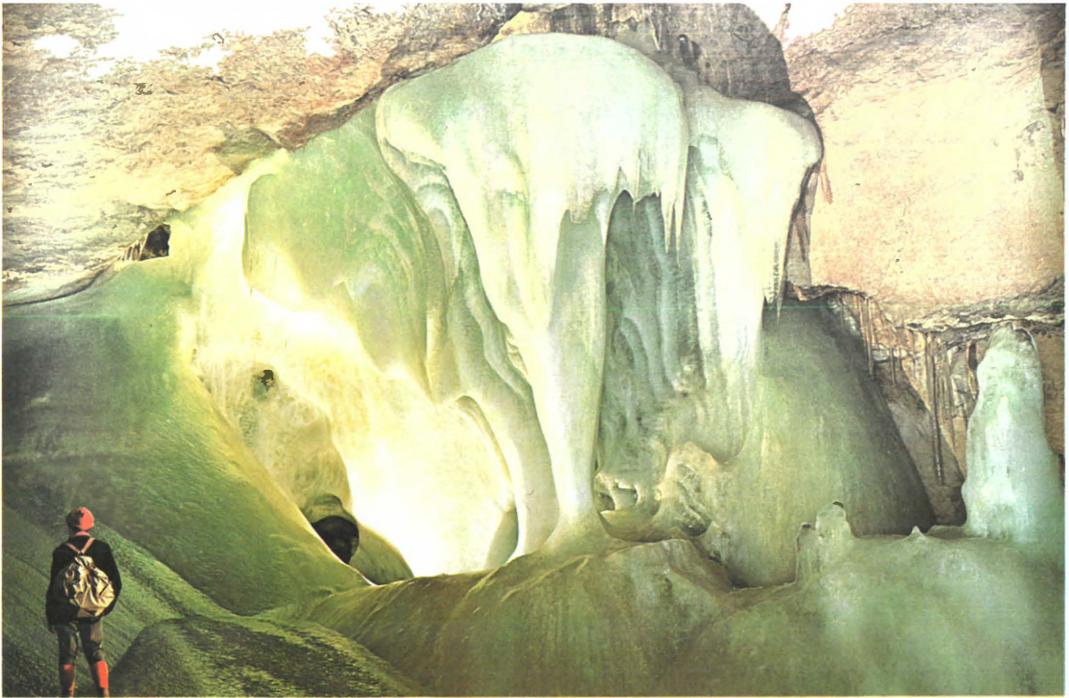


Abb. 23: Eine mächtige Boden- und Deckeneisformation, die »Gralzburg«, in der Dachstein-Eishöhle.  
(Foto: E. SCHEURECKER)

Abb. 24: Übermannshöhe »Eiskeulenbildungen« in der Eiskogelhöhle, Tennengebirge. (Foto: W. HARTMANN)

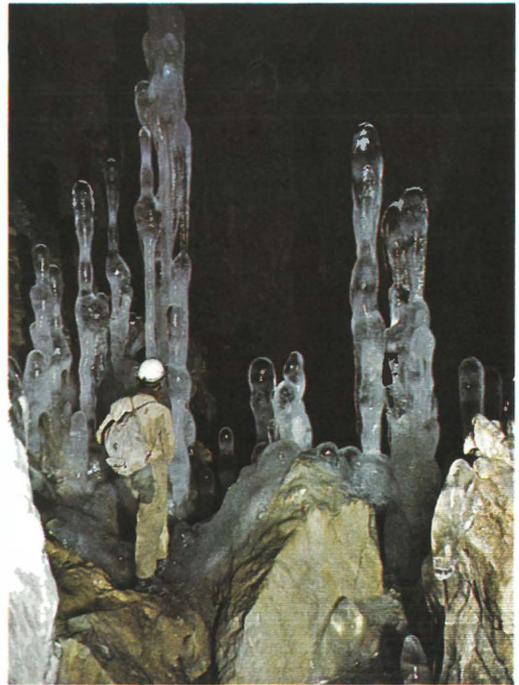
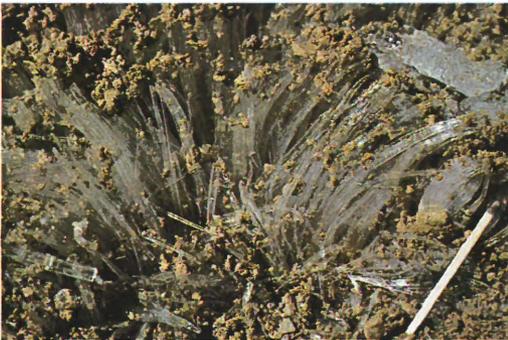


Abb. 25: »Eisauspressungen« in der Eiskogelhöhle, Tennengebirge. (Foto: W. HARTMANN)



namischer Wetterführung - schaden starke Sommerregen, die relativ warmes Niederschlagswasser in die Höhlen bringen, dem Eishaushalt. In dynamisch bewetterten Höhlen können sich Eisbildungen nur in solchen Regionen dauernd halten, in denen die mittlere Jahrestemperatur unter  $+5^{\circ}\text{C}$  und das Monatsmittel mindestens  $1/3$  des Jahres unter  $0^{\circ}\text{C}$  liegt. Aus diesem Grund sind die großen Eishöhlen Österreichs in Höhen über 1450 m zu finden, wobei das Eis in jenen Teilen auftritt, die in der Nähe ihres unteren Einganges liegen.

Im Gegensatz zu den Eisfiguren, deren Größe und Form oft von Jahr zu Jahr wechselt, bleibt das gletscherartige Bodeneis als geschichtete Masse über längere Zeiträume erhalten, wobei die ältesten Eisschichten zuunterst liegen. Aus den darin enthaltenen Einschlüssen von Sporen hat F. KRAL ein Höchstalter von ca. 600 Jahren festgestellt. Die Vereisung der alpinen Großhöhlen fällt daher mit der Klimaverschlechterung zu Ende des Mittelalters zusammen. Infolge der in den letzten Jahrzehnten eingetretenen Erwärmung ist ein Rückgang des Höhleneises in den niedriger gelegenen Höhlen feststellbar. Ein markantes Bei-

spiel ist das Geldloch im Ötscher, dessen Eingang in 1460 m Seehöhe liegt. An der Wand des großen Eisdomes, der heute kaum mehr Bodeneis enthält, ist in ca. 5 m Höhe die Eisstandsmarke aus 1901 erkennbar.

Literatur:

- BOCK, H., LAHNER, G., GAUNERSDORFER, G. (1913): Höhlen im Dachstein. - 151 S. - Verlag für Höhlenkunde in Österreich, Graz.
- GRESSEL, W. (1958): Über die Bewetterung der alpinen Höhlen. - Meteorologische Rundschau (Berlin), **11**: 54-57.
- KRAL, F. (1968): Pollenanalytische Untersuchungen zur Frage des Alters der Eisbildungen in der Dachstein-Rieseneishöhle. - Die Höhle (Wien), **19**: 41-51.
- KYRLE, G. (1923): Theoretische Speläologie. - Wien.
- PIRKER, R., TRIMMEL, H. (1954): Karst und Höhlen in Niederösterreich und Wien.
- SAAR, R. (1953): Beiträge zur Meteorologie der dynamischen Wetterhöhlen. - Mitt. d. Höhlenkommission, Wien, 1953: 5-25.
- SAAR, R. (1957): Zur Frage des Einflusses der Großwetterlage auf die Dynamik der Wetterhöhlen. - Die Höhle (Wien), **8**: 33-54.
- TRIMMEL, H. (1968): Höhlenkunde. - 300 S. - Friedr. Vieweg, Braunschweig.
- TRIMMEL, H. (1975): Die natürlichen Höhlenräume im Silberbergwerk Oberzeiring (Stmk.). - Die Höhle (Wien), **26**: 56-61.

## Paläontologie und Höhlenkunde

Helmuth ZAPFE\*)

### Allgemeine Einleitung

Karsthohlformen verschiedener Art (Höhlen, Spaltenfüllungen) haben als Lagerstätten fossiler Wirbeltiere für die Paläontologie große Bedeutung. Die Zahl paläontologischer Veröffentlichungen, die solche Funde zum Gegenstand haben, ist kaum zu überblicken und es können in diesem Zusammenhang nur wenige Beispiele angeführt werden. Die ganz überwiegende Mehrzahl derartiger Funde ist tertiären und pliozänen Alters. Es gibt derartige Vorkommen aber auch schon in viel früheren Erdzeitaltern. Als Beispiel sei hier erwähnt ein Massenvorkommen von Microsauriern (Reptilia) in permischen Spaltenfüllungen eines ordovizischen Kalkes bei Fort Sill, Oklahoma, USA (GREGORY, PEABODY & PRICE 1956). Im Tertiär sind zahlreiche Spaltenfüllungen Lagerstätten fossiler Wirbeltiere, besonders Säugetiere (vgl. DEHM

1961). Im Pliozän, vor allem im Jungpliozän, sind es die Höhlen. Reste pliozäner Säugetiere in Höhlen haben schon im Mittelalter Beachtung gefunden als Knochen von »Drachen« u.dgl. (siehe ABEL & KYRLE 1931). Funde in Höhlen sind auch schon früh in den Gesichtskreis der paläontologischen Forschung getreten und als ein Beispiel von vielen sei hier das Buch »Die Höhlen und die Ureinwohner Europas« von DAWKINS (1876) angeführt, in dem sich auch zahlreiche viel ältere Publikationen zitiert finden.

Spaltenfüllungen und Höhlen sind grundsätzlich nächstverwandte Typen von Fossilagerstätten. Während Höhlen begehbare Hohlräume darstellen, sind die Spaltenfüllungen mit Sediment gefüllte Ruinen alter Höhlensysteme, von denen große Teile durch Abtragung zerstört sind (vgl. ZAPFE 1961, S. 10). Fast alle Höhlen sind ihrem paläontologischen Inhalt nach - nicht nach ihrer Anlage - jungpliozänen oder holozänen Alters, während die Spaltenfüllungen in der Regel alt-

\*) Anschrift d. Verf.: Univ.-Prof. Dr. Helmuth ZAPFE, Institut für Paläontologie der Universität, Universitätsstr. 7/II, A-1010 Wien.