

Wissenschaftliche Beihefte zur Zeitschrift „Die Höhle“

11

Tektonik und Höhlenbildung in den niederösterreichischen Kalkalpen

Max H. FINK

Wien 1967

Herausgegeben vom
Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich

Wissenschaftliche Beihefte zur Zeitschrift „Die Höhle“

11

Tektonik und Höhlenbildung in den niederösterreichischen Kalkalpen

Max H. FINK

Wien 1967

**Herausgegeben vom
Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich**

INHALT

Vorbemerkung	5
I. Einleitung	7
II. Höhlen in der Lunzer Decke	11
III. Höhlen in der Annaberger Decke	33
IV. Höhlen in der Ötscher Decke	63
Das Dürrensteingebiet bei Lunz	65
V. Die tektonischen Elemente und ihre Bedeutung für die Anlage und Entwicklung der Höhlen	85
A) Die tektonischen Trennflächen und ihre Wer- tigkeit für die Anlage und Entwicklung der Karsthohlräume	86
Die Formen der tektonischen Trennflächen ..	86
Die Erscheinungsformen der Bewegungsfläche	90
Über die Wertigkeit der tektonischen Flächen für die Speläogenese	91
B) Tektonische Flächen und ihre Beziehung zur Raumgestaltung von Karsthohlräumen	93
VI. Die Höhlen und ihre Beziehungen zum tektonischen Bauplan der niederösterreichischen Kalkalpen	107
Literaturhinweise	121
Höhlenverzeichnis	126

Mit 35 Abbildungen
und
1 Plan beilage
(Grundriß der Lechnerweidhöhle)

Gedruckt mit Unterstützung des Kulturamtes der Stadt Wien über
Antrag des Notrings der wissenschaftlichen Verbände
Österreichs

Eigentümer, Herausgeber und Verleger: Landesverein für Höhlenkunde
in Wien und Niederösterreich

Obere Donaustraße 99/7/1/3
A-1020 W I E N

Satz: Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich
Druck: Notring der Wissenschaftlichen Verbände Österreichs, Wien

VORBEMERKUNG

Die vorliegende Studie über ein wesentliches Teilgebiet der Speleogenese ist das Ergebnis mehrjähriger Forschungsarbeiten in den Höhlen der niederösterreichischen Kalkalpen. Standen bei den bisherigen speleogenetischen Untersuchungen fast immer nur eine einzige Höhle oder ein eng begrenztes Höhlengebiet im Mittelpunkt der Betrachtungen, so wurde nun der Versuch unternommen, eine möglichst große Anzahl von Höhlen eines wesentlich umfangreicheren, in tektonischer Hinsicht jedoch einheitlichen Raumes zu behandeln. Die dazu notwendigen topographischen und tektonischen Detailuntersuchungen mußten zu einem guten Teil erst in zahlreichen Geländebegehungen und Erkundungsfahrten durchgeführt werden. Die Bearbeitungen unter Tag sowie die meisten Planaufnahmen entstanden bei oft mehrtägigen Höhlenbefahrungen des Landesvereines für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich, die vielfach mit Expeditionscharakter unter schwierigsten befahrungstechnischen Bedingungen durchgeführt werden mußten. Allen Mitgliedern des genannten Vereines, die sich an diesen Forschungsfahrten aktiv beteiligt haben, gebührt für ihren selbstlosen Idealismus und ihre tatkräftige Mitarbeit der herzlichste Dank.

Ferner gestatte ich mir, Herrn Dr. Anton RUTTNER für das stets bewiesene Interesse, das er meiner Arbeit entgegengebracht hat, sowie für die freundliche Überlassung von unveröffentlichten geologischen Aufnahmen und für zahlreiche wertvolle Anregungen meinen tief empfundenen Dank auszusprechen. Herrn Univ. Prof. Dr. Erik ARNBEGGER darf ich für wichtige Ratschläge bezüglich der Gestaltung von Höhlenräumen, Herrn Prof. Dr. Hubert TRIMMEL für viele fachliche Anregungen und Literaturhinweise herzlichst danken. Mit besonderer Freude und Dankbarkeit gedenke ich des anregenden und fruchtbringenden Gedankenaustausches, den ich mit Herrn Univ. Ass. Dr. Helmut RIEDL pflegen konnte. Mein aufrichtiger Dank gilt auch Herrn Akad. Restaurator Heinz ILMING, der nicht nur die Mühe der technischen und organisatorischen Durchführung der meisten Forschungsfahrten übernommen hat, sondern auch durch seine zahlreichen Vermessungsarbeiten und durch viele wertvolle Beobachtungen in den Höhlen zur Gestaltung des Inhaltes beigetragen hat.

Darüber hinaus sei allen, die mitwirkten, das Werk in dieser Form zustande zu bringen, herzlichst gedankt.

Nicht zuletzt darf dem Notring der wissenschaftlichen Verbände Österreichs für die finanzielle Unterstützung, die diese Institution dem Forschungsvorhaben angedeihen ließ, herzlichst gedankt werden.

Der vorliegende Band der "Wissenschaftlichen Beihefte zur Zeitschrift 'Die Höhle'" soll zwei Aufgaben gerecht werden: Er soll einerseits auch dem praktischen Speleologen einen kurz gefaßten Überblick über die wichtigsten Höhlen der untersuchten Gebiete mit besonderer Berücksichtigung ihrer Morphotektonik geben, andererseits - an Hand der

gegebenen Beispiele - die wichtige Rolle der Tektonik und des großtektonischen Geschehens für bestimmte Fragen der Speläogenese aufzeigen. Gelegentlich auftretende ungleichmäßige Behandlung von Höhlen sowie einzelner Abschnitte des allgemeinen Teiles werden bei Berücksichtigung des unterschiedlichen Forschungsstandes verständlich. Die geospeleologische Erforschung der alpinen Karsthöhlen Niederösterreichs ist keineswegs abgeschlossen, es können daher in dieser Studie nur die ersten Ergebnisse der Untersuchungen mitgeteilt werden.

Möge diese erste Zusammenschau von Tektonik und Höhlenbildung die Anregung zu weiteren, fruchtbringenden Forschungen über die Entstehung und Entwicklung alpiner Karsthöhlen geben !

Wien, im März 1966.

Max H. Fink

I. EINLEITUNG.

Morphologische Untersuchungen an Höhlen, hauptsächlich des hochalpinen Karstes, führten verhältnismäßig früh zu der Vorstellung, daß die Primärgenese alpiner Karsthöhlen teils an die Gegebenheiten des Gesteines selbst, teils aber auch deutlich an tektonische Voraussetzungen gebunden ist. Die Erkenntnis, daß die tektonischen Elemente wesentlichen Anteil an der Genese von Karsthöhlen aufwiesen, fand in der "klassischen Periode" der Speläologie - beeinflusst durch die Vorherrschaft der Ansichten über ein erosiv-efforatives Kräftespiel - keine besondere Beachtung.

Erst durch W. BIESE (1933) wird die Bedeutung der tektonischen Vorgänge, besonders die des gesetzmäßigen Verbruches, für die Raumformung von Karsthöhlen hervorgehoben. In jüngerer Zeit haben besonders H. TRIMMEL (1950, 1956 u. a.) und E. ARNBERGER (1954, 1964) erstmals die hervorragende Bedeutung der tektonischen Trennflächen für die Höhlenbildung unterstrichen und durch ihre in den hochalpinen Großhöhlen der Nördlichen Kalkalpen eingeleiteten Untersuchungen einen neuen und erfolgversprechenden Weg zur Lösung speläogenetischer Fragen eingeschlagen. Erwähnung verdient ferner der gelungene Versuch von E. WILTHUM (1954), eine alpine Großhöhle, die Dachstein - Mammuthöhle, in die Morphotektonik ihrer Umgebung zu stellen, und schließlich sei der Beitrag E. ZIRKLS angeführt (1955), der auf die Möglichkeit der Bildung von Höhlenräumen durch rein tektonische Vorgänge hingewiesen hat.

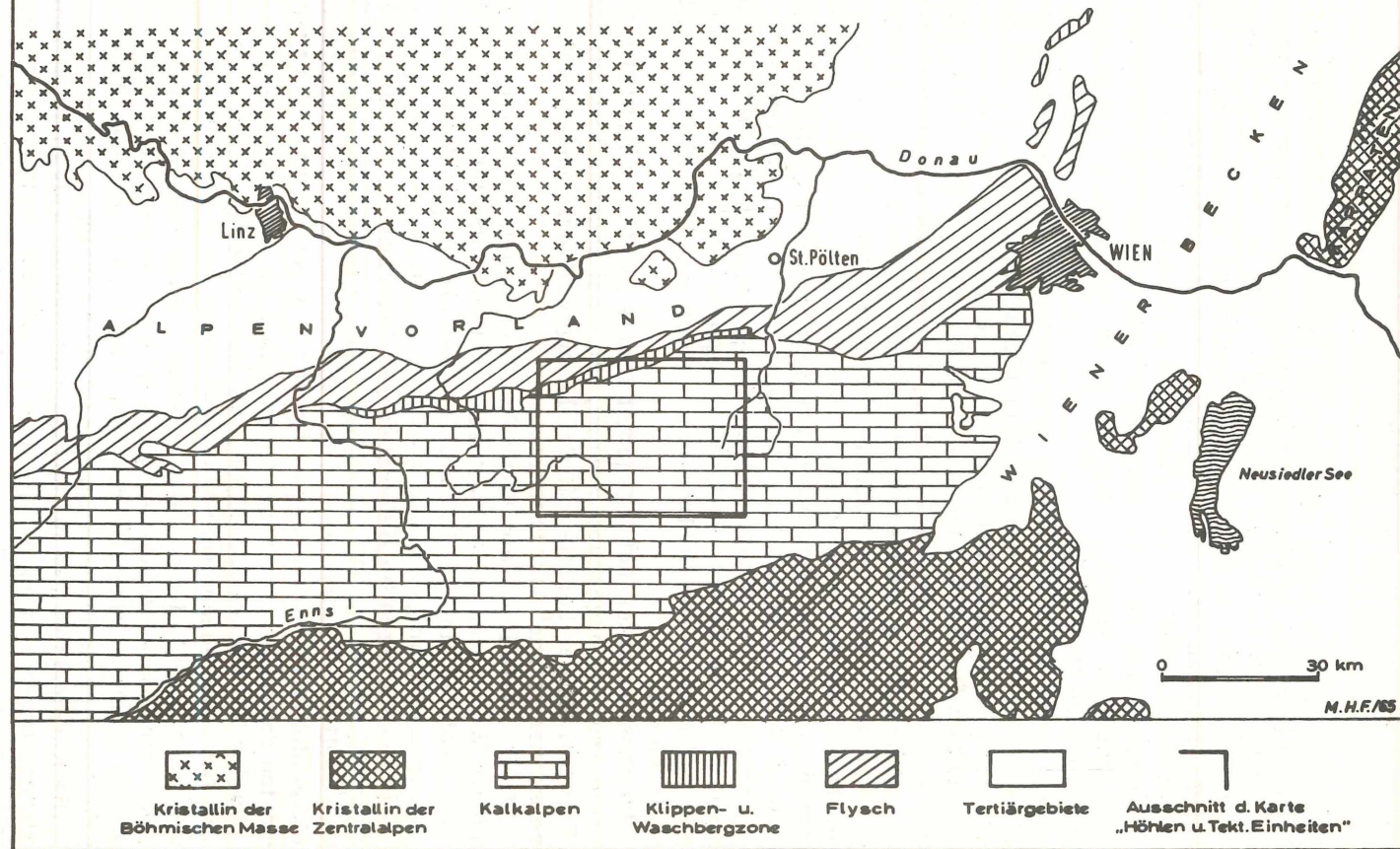
Im engeren Untersuchungsgebiet konnte an die von H. RIEDL begonnenen Arbeiten angeknüpft werden, die - bei anderer Fragestellung - zur Entwicklung der bereits mit Erfolg angewandten "Speläogenetischen Korrelationsmethode" (1961) führten.

Die Fragestellung, die dieser Studie zugrunde liegt, ist, ob und in welcher Weise sich die betrachteten Höhlen in den tektonischen Bauplan des Gebietes einfügen lassen. Darüber hinaus galt die Untersuchung der Anlage und Raumgestaltung vorwiegend kluftgebundener Höhlen.

Die Forschungen im Rahmen dieser Untersuchung wurden auf den Raum der niederösterreichischen Kalkalpen beschränkt, die einen Großteil des südlichen Niederösterreich aufbauen und die das hauptsächliche Arbeitsgebiet des Landesvereines für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich darstellen. Es handelt sich dabei um die östlichen Gebirgsgruppen der Nördlichen Kalkalpen, die sich zwischen Flyschzone im Norden und Grauwackenzone im Süden erstrecken, und die im Osten an den Randbrüchen des südlichen Wiener Beckens ihren Abschluß finden (Abb. 1). Die unter die Sedimente des tertiären Wiener Beckens abgesunkenen Kalkalpen, die im Süden einen Großteil des Beckenuntergrundes bilden, finden ihre Fortsetzung in den nördlichen Kleinen Karpaten.

Die Karstgebiete der niederösterreichischen Kalkalpen bestehen in der Hauptsache aus stark gefalteten mesozoischen Kalken und Dolomiten, die in mehrere Deckensysteme aufgelöst sind. Dem tektonischen Bau nach können von Norden nach Süden fortschreitend folgende Einheiten un-

GEOLOGISCH - TEKTONISCHE GROSSEINHEITEN



terschieden werden: Frankenfelder, Lunzer, Annaberger und Ötscher Decke der Kalkvor-alpen, die Hohe Wand Decke sowie die Schneeberg Decke der Kalkhochalpen.

Der Deckenbau und das Vorhandensein von weiträumigen Überschiebungen werden nicht nur durch den Gebirgsbau und seine Erscheinungen selbst, sondern auch durch das Auftreten tektonischer Fenster sowie durch Deckschollen, Erosionsreste ehemals zusammenhängender Einheiten, bewiesen. Die einzelnen Decken fallen im allgemeinen gegen Süden ein und werden von den im Süden anschließenden höheren Decken überschoben. Der von Süden nach Norden gerichtete Zusammenschub prägte den Nördlichen Kalkalpen eine einheitliche Hauptstreichungsrichtung auf, die annähernd West-Ost verläuft und die als alpidische Streichungsrichtung bezeichnet wird. In den niederösterreichischen Kalkalpen wirkt sich bereits die Umbiegung des Alpenkörpers in den Gebirgswall der Karpaten aus, wodurch sich das Hervortreten von Strukturen bemerkbar macht, die der Südwest-Nordost gerichteten westkarpatischen Streichungsrichtung entsprechen.

In der vorliegenden Untersuchung fanden aus Gründen der Verbreitung verkarstungsfähiger Gesteine drei aneinander grenzende Decken eine besondere Berücksichtigung, und zwar die Lunzer, die Annaberger und die Ötscher Decke. Das Erfordernis, einen in geologischer und tektonischer Hinsicht möglichst einheitlichen Raum zu behandeln, führte zur Konzentration der Forschungen einerseits auf das speläologisch nur wenig bekannte Gebiet zwischen Erlauf und Traisen im Bereich von Lunzer und Anneberger Decke, andererseits auf das Massiv des Dürrenstein (1878 m) im Bereich der Ötscher Decke. Darüber hinaus wurden vergleichende speläogenetische Studien im gesamten Raum der niederösterreichischen Kalkalpen durchgeführt; es darf hier lediglich auf die jüngsten Forschungen im Gebiet des Hochkars (1808 m) bei Göstling an der Ybbs, sowie auf die Kartierungen im Stirnbereich der Ötscher Decke bei Heiligenkreuz verwiesen werden.

Das Bindeglied zwischen dem Dürrenstein im Westen und dem weiter östlich gelegenen Erlauf-Traisen-Gebiet stellt der Gebirgstock des Ötschers (1893 m) dar, dessen südliche Vorlagen (Gemeindealpe) und dessen nördliche Umrahmung zum Teil (Gfälleralpe-Polzberg) bereits von H. TRIMMEL speläogenetisch bearbeitet wurden. Die Höhlen des zentralen Ötschermassivs, vor allem das ausgedehnte Höhlensystem des Geldlochs, wurden anlässlich einer groß angelegten Forschungsfahrt des Landesvereines für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich im Jahre 1953 erforscht und vermessen. Die geologisch-tektonischen Aufnahmsarbeiten wurden dabei von A. RUTTNER durchgeführt. Um der in Vorbereitung befindlichen Gesamtveröffentlichung der erst zum Teil ausgewerteten Ergebnisse nicht vorzugreifen, mußte in dieser Darstellung auf eine eingehende Behandlung und Analyse der Ötscherhöhlen verzichtet werden.

II. HÖHLEN IN DER LUNZER DECKE

A) GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Über der nördlichsten tektonischen Einheit der Kalkvoralpen, der Frankenfelder Decke, folgt im Süden die breit zu Tage tretende Lunzer Decke, die einen im allgemeinen regelmäßigen Falten- und Schuppenbau aufweist. Sie beginnt im Westen im Bereich der "Weyerer Bögen" und zieht über Lunz und Gaming in Richtung Nordost bis Ostnordost, quert das Pielach- und Traisental und endet schließlich als schmale Zone am Rand des Wiener Beckens. Die Schichtenfolge dieser tektonischen Einheit ist hauptsächlich durch die typische Lunzer Fazies in der Karnischen Stufe der Trias bestimmt. Als ältestes Gestein tritt in den Antiklinalkernen Gutensteiner und Reiflinger Kalk der anisischen Stufe, als jüngstes in den Synklinalkernen der Aptychenkalk des Malm und Neokom auf. Das Karn ist mit den nicht verkarstungsfähigen Lunzer Schichten vertreten, die teils als Sandstein, teils als Schiefer ausgebildet sind. Ebenfalls dem Karn gehören die gebankten Opponitzer Kalke an, die im Hangenden von einem Rauhwackenhorizont abgelöst werden. Große Verbreitung hat der norische Hauptdolomit, hauptsächlich im Gebiet zwischen Erlauf und Nattersbach. Das Rhät ist als Kössener Schichten und der Lias als Hierlatzkalk entwickelt.

In der Urmannsau, unweit von Gaming, erscheint die Frankenfelder Decke als Fenster (A. RUTTNER 1963), wodurch sich für die Lunzer Decke eine Schubweite von mindestens 5 Kilometer ergibt.

Während in den östlich der Pielach anschließenden Gebieten noch steilgestellte Antiklinalfalten dominieren, hat sich im Raume westlich von Frankenfels die Struktur dahingehend gewandelt, daß nur mehr reiner Schuppenbau vorhanden ist. E. SPENGLER (1928) unterscheidet im Pielach-Traisengebiet von Nord nach Süd folgende Teileinheiten: Loischer Schuppe, Hammerlmühlschuppe, Hohensteinschuppe, Taverner Schuppe, Schwarzenbacher Schuppe und Fuchsriegelschuppe. H. HARTL (1950), dem im Gebiet westlich des Nattersbaches die Auffindung einer neuen Schuppe, der Schlagerbodenschuppe, gelungen ist, unterscheidet außer dieser nur mehr eine Nördliche Schuppe, die mit der Loischer Schuppe E. SPENGLERs parallelisiert wird, und eine Südliche Schuppe im Süden von Frankenfels.

Die Faltungen in der Lunzer Decke werden nach G. HERTWECK (1961) der Austrischen Phase (vorcenoman), die Bildung der Schuppen sowie die Überschiebung auf die Frankenfelder Decke den Vorgosauischen Bewegungen (Subherzynische Phase) zugeordnet.

B) HÖHLEN

Aus dem Bereich der Lunzer Decke zwischen Erlauf und Nattersbach sind - im Vergleich zu dem östlichen Gebiet - bisher nur wenige Höhlen bekannt geworden.

Am Abhang zum Erlauftal befinden sich unweit von Kienberg die Spalthöhle sowie die von E. SOLAR bearbeitete schichtengebundene Urmannshöhle.

Eine Reihe von bemerkenswerten Höhlen sind im Raum des Schlagerbodens zwischen St. Anton an der Jeßnitz und Frankenfels vorhanden, von denen ein Teil in das rezente Entwässerungssystem des Schlagerbodenspoljes einbezogen ist. An der östlichen Basis der Umrandung befindet sich im Graben des Laubenbaches die 28 m lange Pascherhöhle, die sowohl an die Schichten des Reiflinger Kalkes als auch an Klüfte gebunden ist. Rund 500 Meter flußabwärts, schon nahe der Einmündung des Laubenbaches in den Nattersbach, fungiert die kleine, in den Schichten des Reiflinger Kalkes befindliche Gabauerhöhle als bedeutende Karstquelle. Weiter nördlich, am linken Hang des Nattersbaches, öffnet sich in 540 m Seehöhe die nur 9 Meter lange Blaschhöhle und etwa 250 Meter weiter, nur wenige Meter über der Talsohle die Wurzenberger Höhlenquelle. Beide Höhlen sind an die Schichten des Reiflinger Kalkes gebunden. Eine größere Höhle ist die Brandlhöhle, deren unscheinbarer Einstieg ca. 580 m hoch liegt. Durch eine Schlufstrecke wird der obere ellipsenförmige Teil eines Ganges mit Schlüsselochprofil erreicht. Nach wenigen Metern weitet sich die Bodenspalte zu einem befahrbaren Canyon, von dem man eine kleine turmartige Halle erreicht, von der zwei engräumige Gangstrecken weiterführen. Die Gesamtlänge der im Reiflinger Kalk gelegenen Höhle kann mit rund 40 Meter angegeben werden.

Nahe der Einmündung des Höllgrabens in den Nattersbach befindet sich, nur unwesentlich höher als der vorbeifließende Bach, die episodisch aktive, 20 Meter lange Bodinghöhle. Sie ist deutlich an die Schichten des Reiflinger Kalkes gebunden.

Im rückwärtigen Teil des Höllgrabens birgt die Felswand oberhalb der wasserreichen Höllquelle zwei interessante Höhlen, die nur wenig voneinander entfernt sind: die 32 m lange, bergwärts ansteigende Höllmauerhöhle und die ausgedehnte Mariannenhöhle.

Mariannenhöhle (1836/18)

Die großräumige Höhle befindet sich nördlich des Schlagerbodenspoljes, am orographisch rechten Hang des Höllgrabens, im Gemeindegebiet von St. Anton an der Jeßnitz. Der unscheinbare Einstieg öffnet sich oberhalb der Höllquelle am Fuße der nordschauenden Felswände in einer Seehöhe von 640 Metern.

Vom Einstieg führt nach einem 3 m tiefen Abbruch der Höhlengang steil abwärts zu einer Verzweigung. Gegen NE leitet ein Gang zu einem

EINSTIEG 640 m

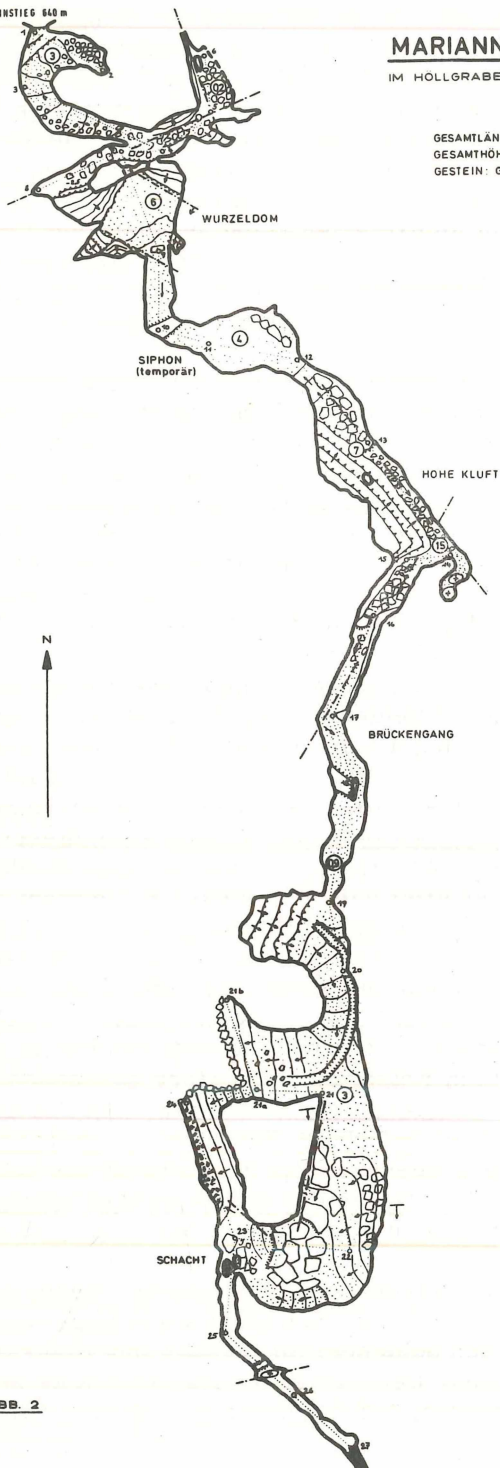
MARIANNENHÖHLE

IM HOLLGRABEN BEI BODING, NÖ.

GESAMTLÄNGE: 245 m

GESAMTHÖHENUNTERSCHIED: 44 m (+12 m, -32 m)

GESTEIN: GUTENSTEINER KALK



Planaufnahme: H. TRIMMEL 1952 [V.P. 1 - 9]
H. ILMING - G. STUMMER 1966
[V.P. 10 - 27]

Zeichnung: M. H. FINK



niedrigen, verzweigten Seitenteil. Gegen SW endet der Gang nach 7 m in horizontaler Richtung, steht jedoch nach einer aufwärtsführenden Wandstufe von 2,5 m Höhe mit dem hohen "Wurzeldom" in Verbindung. Neben einem weiteren hochgelegenen Felsfenster leitet eine enge Gangstrecke von der Verzweigungsstelle in diesen kleinen Dom, dessen südlicher Teil zumeist von einem siphonartigen Wasserstau abgeschlossen wird. Dieser Siphon schließt die dahinter befindlichen größeren Höhlenteile fast perennierend ab, nur in extremen, lang andauernden Trockenperioden kann es zu einer natürlichen Öffnung der Engstelle kommen.

An der Einmündung der Engstelle, die von der Verzweigung in den "Wurzeldom" führt, öffnet sich am Boden eine unbefahrbare Kluft, die jedoch ziemlich tief hinabführt.

Nach Überwindung einer Felsbrücke und der Engstelle des Siphons gelangt man in eine 4 m hohe Halle, die 8 m lang und bis zu 6 m breit ist und deren lehmbedeckte Sohle gegen SE ansteigt. Die Halle geht schließlich in einen bis zu 15 m hohen Kluftraum über, der sich 22 m weit in südöstlicher Richtung erstreckt. Infolge des Einfallens der tektonischen Fläche gegen NE ergibt sich im Grundrißbild eine durchschnittliche Breite von 4 bis 5 m. Die Konvakuationssohle besteht hier aus lehmbedecktem Blockwerk. Dieser Kluft sind im SE zwei Schlote angegliedert. Der Hauptgang biegt nun, auch weiterhin kluftgebunden, nach SW um, die Höhe bleibt bei 12 bis 15 Meter. Nach 20 m wird der Gang niedriger, die abfallende, aus Blockwerk gebildete Sohle wird eben und besteht aus trockenem Höhlenlehm. Der Verlauf des Ganges wird von einem querenden Felsriegel unterbrochen, der jedoch seitlich umgangen werden kann. Die anschließende engräumige Strecke leitet nach 10 m in eine Halle, von der ein abwärtsführender großräumiger Gang zu einer weiteren ausgedehnten Halle führt. Die Sohle dieser Höhlenteile besteht durchwegs aus Höhlenlehm, in dem ein episodisches Gerinne einen kleinen Graben ausgetieft hat. Von dieser Halle führt ein steil abfallender, breiter Gang in südlicher Richtung zu einem kleinen Schacht in unmittelbarer Nähe eines Wasserbeckens. Von dort zieht eine Gangstrecke 12 m weit nordwärts und steht durch eine enge, aufwärts führende Schlufstrecke mit der oben erwähnten Halle in Verbindung. Gegen Süden führt ein enger Kluftgang 5 m weit und knickt dann gegen SE um. Nach einer kleinen Felsbrücke und einer querenden NE-Kluft, an der sich ein Schlot entwickelt hat, nimmt die Höhe des Ganges rasch ab, der sich schließlich bei einem Wasserstau verengt.

Die im Plan dargestellte Ausdehnung der Mariannenhöhle kann mit 245 m angegeben werden. Der Gesamthöhenunterschied beträgt 44 Meter, wobei der höchste Punkt 12 m über, der tiefste jedoch 32 m unter dem Einstieg liegt.

Die Höhle befindet sich im Stirnbereich der Lunzer Decke, nahe des Ostrandes der Schlagerbodenschuppe H. HARTLS und liegt zur Gänze im Gutensteiner Kalk, dessen Schichten im Bereich der Höhle mitelsteil gegen S bis SSE einfallen. Der dunkle Gutensteiner Kalk zeigt gelegentlich hellere Zwischenlagen, bei denen die Kalzitadern durch die

endochthone Verwitterung erhaben herauspräpariert sind. Solche Zwischenlagen, deren Oberfläche eine zellige Struktur aufweist, sind in der letzten großen Halle sowie im südlichen Kluftgang aufgeschlossen.

Der altbekannte Abschnitt vor dem Siphon weist eine teilweise Bindung an tektonische Flächen auf, wobei der Kluftverlauf nicht immer eindeutig bestimmt werden kann. Die einzigen deutlich raumbestimmenden tektonischen Flächen treten im Mittelabschnitt der Höhle auf, wo sie eindrucksvolle Klufträume verursachen. Die "Hohe Kluft" ist an eine NW-SE streichende Fläche gebunden, die steil gegen NE einfällt. Rechtwinkelig dazu verläuft die Hauptfortsetzung des "Brückenganges", der sich an eine SW-NE streichende Kluft knüpft.

In den südlich anschließenden Räumen mit vorherrschender Schichtgebundenheit spielen die tektonischen Flächen für die Primäranlage nur eine sekundäre Rolle. Bemerkenswert ist die große SSW-NNE streichende Verwerfung, deren Harnischfläche die Westbegrenzung der großen Halle im Süden bildet. Der Harnisch, der mit 65° gegen WNW einfällt, weist eine deutliche Striemung in der Fallrichtung auf. Nahe der Steilstufe zum kleinen Schacht ist eine NW-SE streichende Harnischfläche vorhanden. Der nach Süden führende Gang wird von einer saigeren ENE-Kluft geschnitten, an der ein Schlot entwickelt ist.

Die Mariannenhöhle zeigt, daß die beiden großen raumbestimmenden tektonischen Flächen einem orthogonalen Kluftsystem angehören, das auch in den meisten anderen Höhlen des Untersuchungsgebietes nachzuweisen ist. Die vorwiegende Nord-Süd-Erstreckung der Höhle, sowie die tektonischen Flächen, deren Streichen nahe der N-S-Richtung liegen, könnten vielleicht auf die große Nord-Süd-Aufwölbung zurückgeführt werden, die von der Flyschzone ausgehend über die Frankenfelder Decke sich weit in die Lunzer Decke verfolgen läßt, und die in unmittelbarer Nähe der Mariannenhöhle verläuft (H.HARTL, 1950).

Reithloch (1836/23)

Südwestlich von Frankenfels durchbricht der Nattersbach - von der Talweitung bei Boding kommend - ein schluchtartiges Kerbtal, das sich im Stirnbereich der Lunzer Decke befindet. Am orographisch linken Hang, südlich eines von NW kommenden Seitengrabens, öffnet sich der Einstieg in einer Seehöhe von 560 Meter.

Von der ovalen, 2 mal 3 m messenden Einstiegsöffnung bricht der Schacht senkrecht zur Sohle ab, die aus Bruchschutt und Blockwerk besteht, und deren tiefster Punkt 25 m unter dem Einstieg liegt. Mit einer durchschnittlichen Breite von 3 m erstreckt sich der Schachtraum 8 m in Richtung SE-NW. In 5 m Tiefe verläuft in der angegebenen Richtung beiderseits ein Gesimse in einer canyonartigen Spalte, die zum Schachtgrund abfällt, und führt zu einer Öffnung.

Die Anlage des Reithloches erfolgte an zwei steilstehenden Klüften, von denen die dominante NW - SE streicht, die andere NE - SW. Das Muttergestein ist Gutensteiner Kalk, dessen Schichten mittelsteil gegen SE einfallen. Die Entwicklung zur heutigen Form des Schachtes dürfte

wohl in der Weise vor sich gegangen sein, daß zwei ursprünglich getrennte, aber an der gleichen tektonischen Fläche (NW-SE) angelegte lotrecht verlaufende Höhlenräume korrosiv zu einem einzigen Schachtraum verbunden wurden, wobei der südöstlich gelegene Teil des gesamten Schachtes, der an der Kreuzungsstelle der Querkluft (NE-SW) liegt, die tektonisch gesehen eine Längskluft ist, in der letzten Phase der Raumentwicklung durch Verbrauch die Verbindung zur Oberfläche hergestellt hat.

Haussteinschacht (1836/16)

Die Schachthöhle befindet sich im Hausstein (631 m), südwestlich von Frankenfels in 620 m Seehöhe.

Vom Einstieg, der 0,5 m Durchmesser aufweist, führt eine 4 m lange Strecke schräg abwärts und bricht danach überhängend 5 m tief ab. Nach einem Versturzkegel leitet ein 1 m hoher, 0,5 m breiter, abwärtsführender Kluftgang zu einer Verengung, von der eine schmale Kluft 8 m tief zu einem 3 m hohen und 2 m breiten Raum abfällt, dessen Sohle aus Blockwerk besteht. Von dort nimmt eine weitere, 12 m tiefe, sehr enge Kluft ihren Ausgang, die nach unten von Versturzmateriäl abgeschlossen wird. Das befahrbare Ende des Schachtes liegt 28 Meter unter dem Einstieg.

Der Haussteinschacht liegt in der Stirn der Lunzer Decke; das Muttergestein ist Gutensteiner Kalk, dessen Schichten im Bereiche der Höhle mit durchschnittlich 45° gegen SE einfallen.

Bezüglich ihrer Primäranlage weist die Schachthöhle zwei verschiedene Abschnitte auf, die sich auch durch ihre andersgeartete Phylonomie unterscheiden (Vgl. Abb. 4).

Erläuterung zu Abb. 3.

Höhlen in der Stirnregion der Lunzer Decke zwischen Nattersbach und Pielach

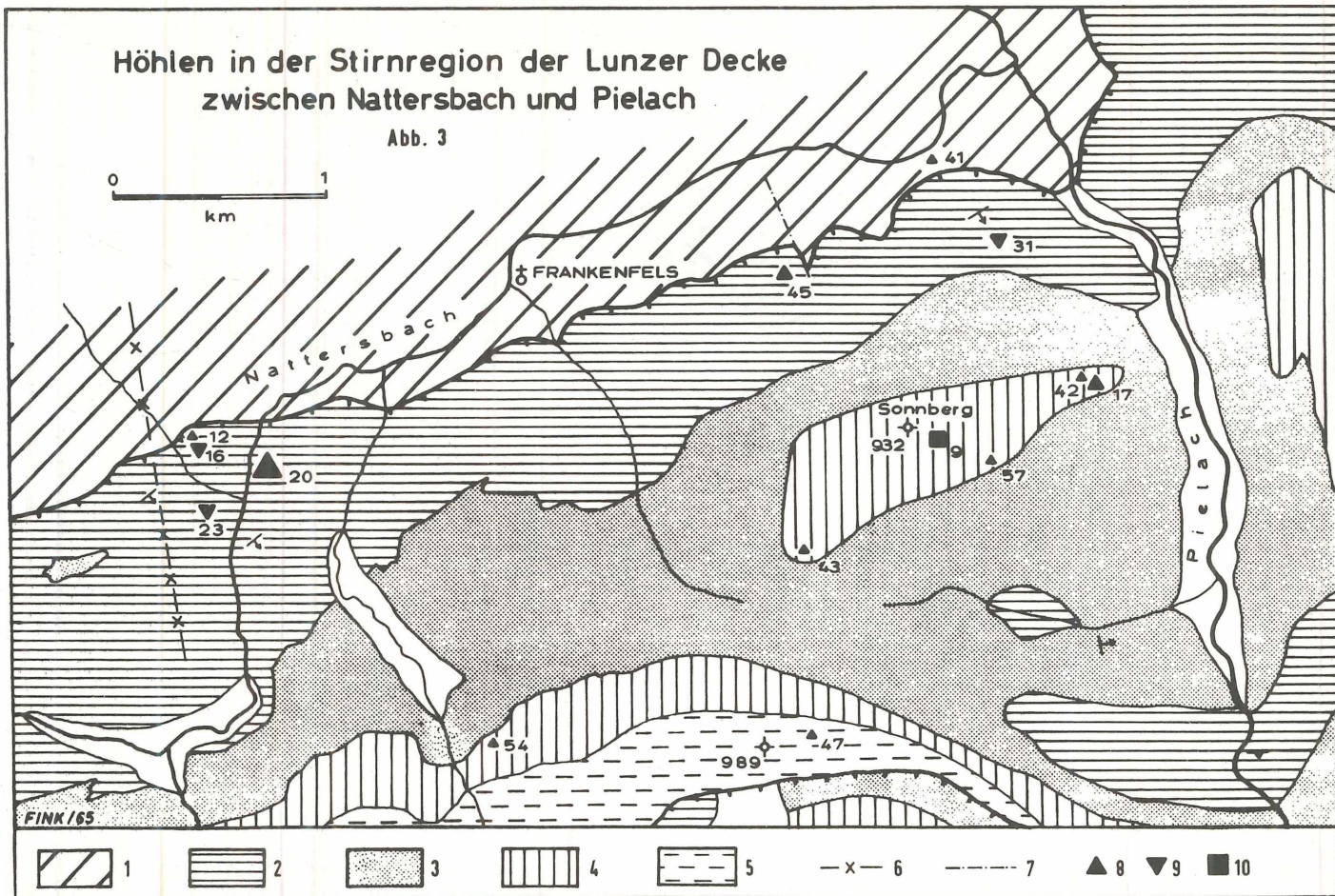
- | | |
|--|------------------------------------|
| 1 Frankenfelser Decke | 6 Nord-Süd-Aufwölbung |
| 2 Muschelkalk | 7 Bruch |
| 3 Lunzer Schichten (nicht verkarstungsfähig) | 8 kluftgebundene Höhle, horizontal |
| 4 Opponitzer Kalk | 9 ebenso, vertikal |
| 5 Hauptdolomit | 10 schichtengebundene Höhle |

Kennziffern der Höhlen:

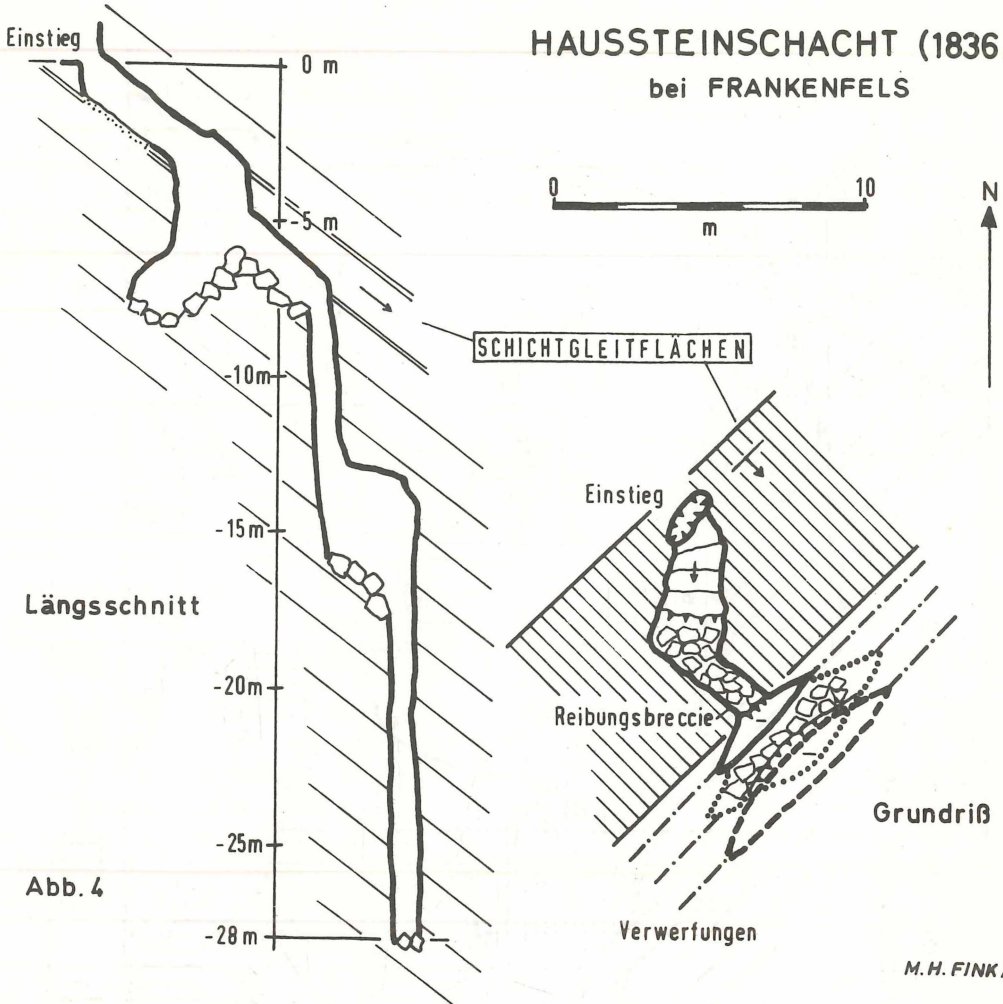
- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 9 Gredllur | 41 Sinterquellenhöhle |
| 12 Haussteinhöhle | 42 Rabenmäuerkluft |
| 16 Haussteinschacht | 43 Baumgartenhöhle |
| 17 Rabenmäuerhöhle | 45 Gaiskirche |
| 20 Nixhöhle im Klammberg | 47 Nestelgrundkluft |
| 23 Reithloch | 54 Hundsbichlhöhle |
| 31 Tiefenbachschacht | 57 Nixlucke im Sonnberg |

Höhlen in der Stirnregion der Lunzer Decke zwischen Nattersbach und Pielach

Abb. 3



HAUSSTEINSCHACHT (1836/16) bei FRANKENFELS



Die oberen, größtenteils schräg einfallenden Teile der Höhle sind deutlich schichtengebunden, wobei festgestellt werden konnte, daß einzelne Schichtflächen als Bewegungsflächen fungierten. Am Beginn des niederen Kluftganges, der zu den senkrechten Teilen der Höhle leitet, ist an der nördlichen Wand eine Reibungsbreccie aufgeschlossen, die an die geneigten Schichten geknüpft ist. Es ist bemerkenswert, daß auch im Obertagbereich, in den Felswänden unweit des Schachteinstieges, Anzeichen für schichtenparallele Bewegungen beobachtet werden konnten. Nur wenige Meter vom Einstieg entfernt, lassen sich Schichtgleitflächen an Hand von Striemungen an den Schichtflächen nachweisen.

Die eigentlichen vertikalen Schachträume sind an zwei zueinander parallel verlaufende, N 50° E streichende und steilstehende Verwerfungen geknüpft. Es handelt sich um Längsstörungen, die parallel

zum Schichtstreichen verlaufen. Querklüfte haben nur untergeordnete Bedeutung. Der Haussteinschacht gehört zu den wenigen Höhlen, bei denen die Tektonik - bedingt durch seine Position in einer Deckenstirn - auch für die Raumentwicklung dominante Bedeutung aufweist.

Nixhöhle (1836/20) bei Frankenfels

Die eine Gesamtlänge von 511 Meter aufweisende Höhle befindet sich im Wies- oder Klammerberg, südwestlich des Marktes Frankenfels. Der Eingang liegt in einer Seehöhe von 555 m. Der Gesamthöhenunterschied zwischen dem höchsten und dem tiefsten Punkt der Höhle beträgt 75 Meter (Abb. 5).

Die Nixhöhle wurde bereits von H. RIEDL in den Jahren 1958 bis 1960 geospeleologisch bearbeitet. Die Ergebnisse wurden in einer Reihe von Publikationen niedergelegt. Die Untersuchungen von H. RIEDL, die u. a. zur Entwicklung der "Speläogenetischen Korrelationsmethode" führten, sind richtungsweisend für ähnliche Arbeiten im voralpinen Karst.

Von der 25 m langen, 10 m hohen und 6 m breiten Vorhalle führt eine Raumerweiterung gegen Süden, von der ein 7 m tiefer Schacht, die Fahrengrube, abbricht. Von der Vorhalle gelangt man absteigend zu der kleinen "Bärenhalle", von der die beiden Hauptäste der Nixhöhle abzweigen: der bis zum Hallengang WSW - ENE und ab diesem bis zur Theahalle ungefähr N - S verlaufende "Theogang" (einschließlich Vorhalle 300 m Länge) und der im allgemeinen N - S verlaufende "Geogang" (100 m Länge).

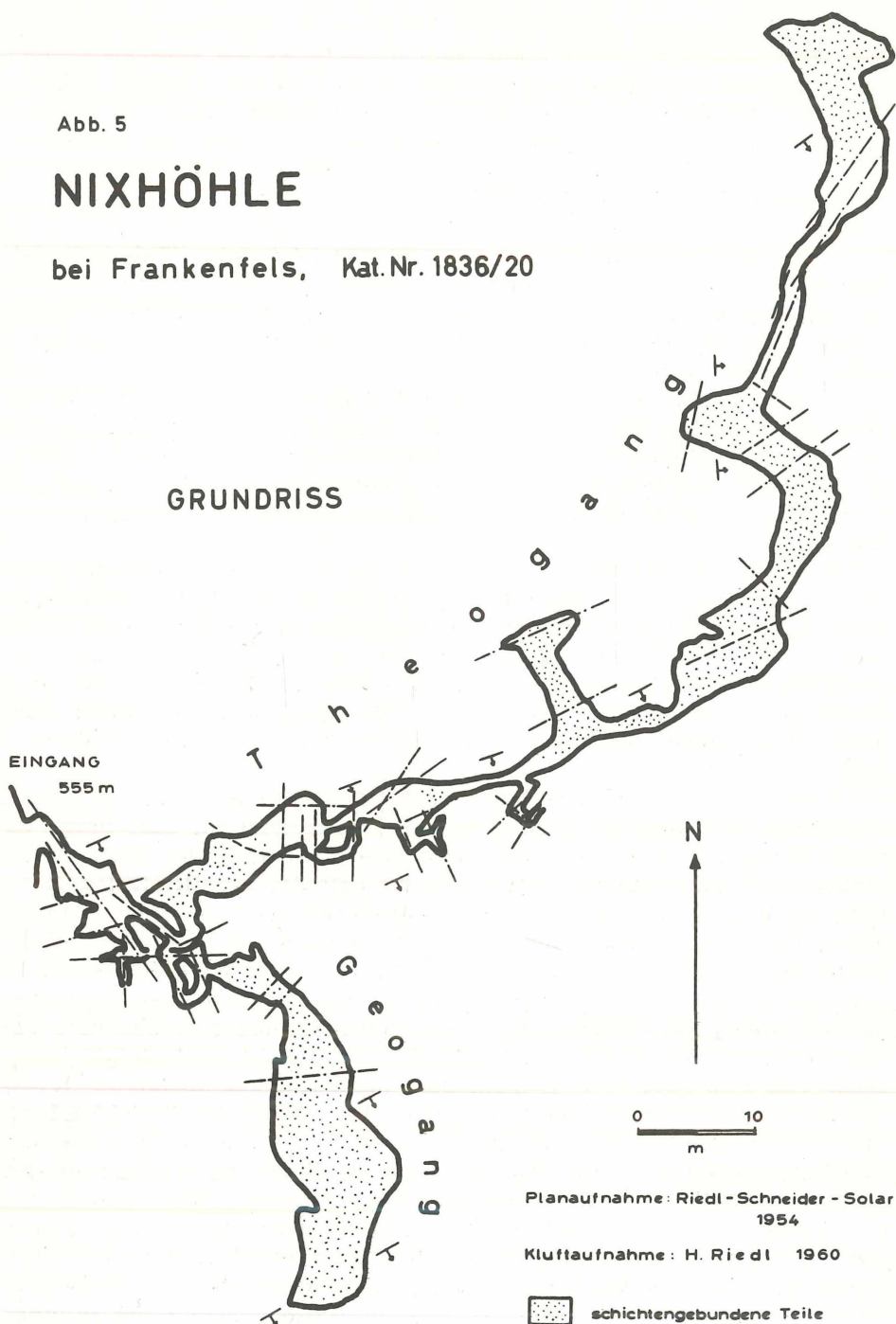
An die Bärenhalle schließt sich im Theogang ein ca. 20 m langes, absinkend verlaufendes, 2 bis 3 m hohes Gangstück an, das, bevor es in die Wirbelhalle mündet, von einer W - E streichenden Kluft, der Weberwand, angeschnitten wird. Die Wirbelhalle vermittelt den Zugang zur ca. 20 m langen, bis 9 m breiten und bis 8 m hohen Trümmerhalle. Decken- und Wandzonen weisen besonders im südlichen Teil der Halle stark korrodierte Oberflächen auf. Zwischen Wirbelhalle und Bärenhalle zweigt rechts der Bärengang ab, der mit dem Geogang in Verbindung steht, aber infolge der Versturzmassen nicht durchgängig befahrbar ist. Von der Trümmerhalle führt der stark erniedrigte Gang 30 m weit zum rund 10 m langen, sehr schmalen und niedrigen "Kanal", der künstlich in die Sedimente eingetieft ist. Bevor der Kanal beginnt, zieht sich gegen NW ein schichtgebundener Teil unter 30 Grad Neigung 20 Längenmeter aufwärts. Am oberen Ende dieser Schichtfuge mündet eine 10 m lange, zum Hauptgang parallel streichende Kluft ein. Der an den Kanal anschließende 70 m lange und durchschnittlich 8 bis 10 Meter breite Hallengang weist eine reiche Sedimentfüllung auf. Dort befindet sich auch der tiefste Punkt des Theoganges. Der in nördlicher Richtung verlaufende ansteigende Teil des Hallenganges führt zu einer hallenartigen Raumerweiterung, von welcher der 30 m lange Kristallgang in die tropfsteinreiche Theahalle führt. Die Fortsetzung des Theo-

Abb. 5

NIXHÖHLE

bei Frankenfels, Kat.Nr. 1836/20

GRUNDRISS



Planaufnahme: Riedl-Schneider-Solar
1954

Kluffaufnahme: H. Riedl 1960

 schichtengebundene Teile

ganges nach N bildet eine steil aufwärts führende Schichtfuge, die bereits nahe der Oberfläche ihr Ende findet (höchster Vermessungspunkt).

Von der oben angeführten Bärenhalle gelangt man in südlicher Richtung durch einen kleinen Schacht absteigend zum Geogang, dem unteren, zweiten Hauptast der Höhle. Nach einer Engstelle erreicht man auch über eine kleine Umgehungsstrecke, die an der rechten Wand aus- und wieder einmündet, die Kanzelhalle. Nach einer Querkluft, die den Schichtfugenraum des Geoganges anschneidet, erweitert sich der Gang und führt 50 m lang, bis zu 20 m breit, immer mehr die Raumhöhe verringernd, zu seinem tiefsten Punkt, der zugleich der tiefstgelegene des gesamten Höhlensystems ist.

Die Nixhöhle liegt in der Stirn der Lunzer Decke in anisichem Gutensteiner Kalk, dessen Schichten im Bereich der Höhle ENE-WSW streichen und durchschnittlich mit 30 Grad gegen SSE einfallen.

H. RIEDL beschreibt eine leichte Einmündung in der Streichungsrichtung, deren Kern am tiefsten Punkt des Theoganges, am Beginne des Hallenganges, liegt. Im nordwärts ziehenden Teil des Hallenganges findet sich gestörtes Streichen; das normale Streichen stellt sich erst wieder im Kristallgang ein.

Die tektonischen Trennflächen verlaufen größtenteils schichtparallel und fallen unter 60 bis 85 Grad gegensinnig zum Schichtfallen ein; sie sind demnach als Zerrungsklüfte anzusprechen. Infolge des Parallelstreichens zur Deckenstirn der Lunzer Decke ist hinsichtlich der Höhlenklüfte ein großtektonischer Zusammenhang gegeben. Daneben gelangten Querverwerfungen zur Ausbildung, die normal zur oben angegebenen Klufttrichtung streichen (SSE-NNW) und die steil nach Westen einfallen.

Für die Ausbildung der meisten Höhlenräume haben die Schichten des Gesteines große, im ganzen betrachtet, sogar dominante Bedeutung. Im Schichtfallen sind der Geogang, die Theahalle und die von N herabziehenden, in den Hauptstrang des Theoganges einmündenden Räume angelegt. Der Theogang ist hauptsächlich an das Schichtstreichen gebunden.

Die tektonischen Flächen mit ihren beiden vorherrschenden Richtungsmaxima treten randlich an die schichtgebundenen Raumfolgen heran und bedingen einerseits eine Asymmetrie des Grundrisses der Höhlenteile, andererseits aber auch eine Asymmetrie der Höhlenquerschnitte. Häufig wird eine Verbindung der einzelnen schichtgebundenen Räume und Raumfolgen durch Kluftscharen beiderlei Streichens hergestellt. Vereinzelt queren sie die morphologisch einheitlichen Schichtfugenräume, ohne daß das Element der Schichtgebundenheit in seiner Dominanz für die Raumanlage entwertet wird.

H. RIEDL weist ferner darauf hin, daß innerhalb der tektonischen Elemente die ENE streichenden Zerrungsklüfte genetisch das Primärelement zu sein scheinen. Es konnte festgestellt werden, daß bei den Schichtaufreißungen bereits Bewegungen an Schichtflächen eingeleitet worden sind. (Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte der Verfasser bei der Untersuchung des in der Nähe befindlichen Haussteinschachtes).

Im Fischbachgraben, südlich von Frankenfels, befindet sich am orographisch rechten Hang, westlich der Kote 717, die Hundsbielhöhle, deren Eingang 640 m hoch liegt. Der 5 m breite und bis zu 2 Meter hohe Eingang vermittelt den Zutritt zum sackartigen 15 m langen Höhlenraum, der eine durchschnittliche Höhe von 4 m aufweist und sich gegen sein Ende verjüngt. Seine ebene Konvakuationssohle besteht aus trockenem Höhlenlehm und erdigen Sedimenten, denen im Eingangsbereich, bedingt durch eine Querkluft, einige größere Blöcke, im Endabschnitt und an der südöstlichen Raumbegrenzung Bruchschutt eingelagert sind.

Die Primäranlage, Längserstreckung und Querschnittsgestaltung verdankt die Höhle einer SW - NE streichenden Kluft, die gegen SE einfällt. Diese wird im vorderen Teil der Höhle von einer Querkluft geschnitten, wodurch sich dort eine Verbreiterung des Raumes ergibt. Die südöstliche Ausbuchtung entlang dieser Querkluft steht mit einer Öffnung in Verbindung, die unweit des Einganges ins Freie führt. Das Gestein ist Opponitzer Kalk.

Östlich von Frankenfels erhebt sich der Sonnberg (932 m), der in den älteren Kartenwerken als "Höhenberg" bezeichnet ist und der als Ballungsgebiet von sehr verschiedenartig gestalteten und zum Teil auch großräumigen Höhlen einige Beachtung verdient. Dieser Raum gehört zur Gänze der nördlichsten tektonischen Einheit der Lunzer Decke, der Loicher Schuppe, an. Die einzelnen Bauelemente sind im wesentlichen Muschelkalk, Lunzer Schichten und Opponitzer Kalk.

Die Überschiebungsfläche auf die nördlich anschließende Frankenfeler Decke streicht am Gehänge südlich des Nattersbaches aus. Der Muschelkalk ist vor allem im Norden des Sonnberges verhältnismäßig breit entwickelt, wo er als Übergangsfazies zwischen Wettersteinkalk und Reiflinger Kalk beginnt und die steil gegen das Nattersbachtal abfallenden Falkensteinmauern aufbaut. Darüber folgen die rund 300 Meter mächtigen Lunzer Schichten, die bis an die Gipfelwände des Sonnberges heranreichen. Die höchsten Teile dieses Berges werden von Opponitzer Kalken und Opponitzer Rauhwacken gebildet.

Der gesamte Sonnberg stellt eine sehr steil gegen SE fallende Synklinale dar, in deren Kern sich die Opponitzer Kalke der Gipfelregion befinden. Nach E.SPENGLER (1928) ist in diesem Raum nur mehr die tiefste Schuppe von Opponitzer Kalk vorhanden; die beiden höheren, die im Gebiet der Pielach (Schnabelstein) noch erhalten sind, liegen infolge des Ansteigens der SW - NE streichenden Faltenachse gegen SW bereits über dem Denudationsniveau, wodurch sich auch die große Breite der aufgeschlossenen Lunzer Schichten erklärt.

Gaiskirche (1836/45)

Östlich von Frankenfels, in der Verlängerung der Falkensteinmauern gegen Nordosten, befindet sich im oberen Teil der linken Grabenflanke des Angelbaches, 620 m hoch, der Eingang zur Gaiskirche.

Vom nordschauenden 10 m breiten und bis zu 4 m hohen Höhlen-
eingang schließt gegen Süden eine 21 m lange imposante Halle an, die
eine Höhe bis zu 12 m erreicht, und die in ihrer Breitenausdehnung
gegen das Innere zu stetig abnimmt. Gegen SW ist eine kleine, 1,8 m
hohe Nische angegliedert, von der zwei engräumige, kolkähnliche Röh-
ren weiterführen, von denen eine zur Nische zurückführt. Die berg-
wärts sanft ansteigende Sohle der Halle besteht fast ausschließlich aus
Verwitterungsgrus, in den einzelne Blöcke eingelagert sind. Im letzten
Drittel verengen sich die Wände in Bodennähe zu einem kurzen Canyon,
über den sich der 2,5 m hohe Aufstieg zum bastionartigen Endteilver-
zieht. Vonder südlichen Begrenzungswand der Halle ermöglicht es eine
enge, SE verlaufende Querkluft, an der steilen Ostwand hochzustemmen.
Nordwestlich des Portales der oben beschriebenen Halle schließt unmit-
telbar eine kleinräumige, verzweigte Nebenhöhle von 11 m Länge an, de-
ren Gänge gegen Westen ansteigen. Die Gesamtlänge der Höhle kann mit
40 Metern angegeben werden.

Die Gaiskirche befindet sich in der Stirn der Lunzer Decke, in ei-
nem hellgrauen, nur undeutlich geschichteten Kalk, der von SPENGLER
(1931) als Übergangsfazies zwischen Reiflinger Kalk und Wettersteinkalk
beschrieben wurde.

Der größte Teil der Halle ist an eine N 35° E streichende Verwer-
fung geknüpft, die im oberen Abschnitt mit 55°, im unteren mit 70° ge-
gen NW einfällt. Die gesamte Westwand des bergwärtigen Teiles der
Halle wird von dieser gewölbten Harnischfläche gebildet. Hier streicht
auch eine deutliche Schichtfläche aus, die mittelsteil gegen ESE fällt und
an die kolkähnliche Erweiterungen mit episodischem Sickerwasseraustritt
gebunden sind.

Der die Frankenfelder Decke im Bereich des Angelbachgrabens
durchsetzende NNW - SSE streichende Querbruch zeigt keinerlei Auswir-
kungen auf die Höhle.

Bereits der Frankenfelder Decke zugehörig, jedoch unmittelbar vor
der Stirn der Lunzer Decke liegt die kleinräumige, nur 13 Meter lange
Sinterquellenhöhle, nur wenige Meter über dem Niveau des Nat-
tersbaches. Wegen ihrer ungewöhnlichen tektonischen und stratigraphi-
schen Position scheint es gerechtfertigt, diese hier kurz zu erwähnen.
Das Portal ist an der Traufflinie 15 m breit und über 7 m hoch; schon
nach 2 Metern weist die Höhle nur noch eine Breite von 8 m auf, so daß
sie keineswegs den Eindruck einer Halbhöhle vermittelt. Der Hohlraum
ist an einer Schichtgrenze angelegt; im Hangenden sind Aptychenkalke
(Malm - Neokom), im Liegenden Mergel der Oberkreide aufgeschlossen.
Ein leichtes Einfallen der Schichten gegen NE ist konstatierbar. Die Tie-
ferenstreckung wird durch eine deutlich ausgeprägte Kluft bewirkt, die
N 166° E streicht und mit 45° gegen WSW einfällt. Am Höhlenende ent-
springt eine Sickerwasserquelle von geringer Schüttung; vom Eingangs-
bereich zieht eine deutlich ausgeprägte, inaktive Erosionsfurche gerad-
linig zum Niveau des Nattersbaches hinab, der 12 m tiefer vorbeifließt.

Im Südwestabfall des Berges, nördlich der Sattelzone, die Sonnberg und die Höhe 989 trennt, liegt in einer Höhe von 810 m die kleinräumige Baumgartenhöhle.

An den südschauenden, flachelliptischen Eingang schließt ein sehr niedriger, 5 x 5 m messender Raum an, der im nordöstlichen Teil in ein abwärtsführendes, kurzes Gangstück übergeht. An der Nordwestseite schließt mit abruptem Wechsel ein schmaler, über 4 m hoher kluftgebundener Teil an. Die Kluft streicht N 40° E und fällt sehr steil gegen SE ein. Das Muttergestein der 10 m langen Höhle ist Opponitzer Rauhwacke.

Eine der bedeutendsten Höhlen des Sonnberges ist die am südöstlichen Rand des Gipfelplateaus in rund 900 m Seehöhe sich öffnende, insgesamt 65 m lange Gredllur (1836/9). Die Höhle besteht hauptsächlich aus einer geräumigen Halle von ca. 500 m² Bodenfläche, 30 Meter Längserstreckung, 30 m Breite und maximal 20 m Höhe. Die Halle ist durch einen 18 m tiefen Einstiegsschacht mit der Oberfläche verbunden. Sie ist vorwiegend an die mit 50° gegen SE fallenden Schichten des Opponitzer Kalkes gebunden, die an manchen Stellen eine sekundäre Kleinfaltung aufweisen. Im Mittelteil ist an der Decke eine WSW - ENE verlaufende tektonische Fläche aufgeschlossen. Vom unteren Ende der Halle setzt ein nach WNW ziehender Gang an, der 15 m bergwärts führt und der in seinem vorderen Teil zu einem größeren Raum erweitert ist. Im rückwärtigen Teil des Ganges wirkt die oben angeführte tektonische Fläche raumbestimmend, an die hier außerdem eine höhergelegene, befahrbare Verbindung zur großen Halle besteht, die in halber Wandhöhe in diese einmündet.

Die Nixlucke (1836/57) befindet sich im Südostabfall des Sonnberges und weist eine Gesamtlänge von etwa 20 m auf. Durch eine abwärtsführende Engstrecke gelangt man in eine Halle von 10 m Länge, 5 m Breite und 5 m Höhe. In westlicher Richtung setzt ein Schlot an, der nach 10 m unbefahrbar wird.

Rabenmauerhöhle (1836/17).

Im Nordostabfall des Sonnberges, an jener Flanke, die zum Piehlachtal abfällt, befindet sich der ca. 615 m hoch gelegene Eingang zur 100 m Gesamtlänge aufweisenden Rabenmauerhöhle (Abb.6.)

Durch den zweigeteilten Eingang gelangt man in eine geräumige Vorhalle, deren Sohle von mächtigen Versturzböcken gebildet wird. Der nun folgende Hauptgang zieht in gleichbleibender Richtung gegen SW bergwärts. 15 m vom Eingang befindet sich an der südöstlichen Wand eine Öffnung, die mit dem weiter unten beschriebenen "Fluchtgang" in Verbindung steht. Nach einem niedrigen Aufschwung zieht der 2 bis 3 m breite, anfangs bis zu 3 m hohe Gang etwas abwärts, bis 27 m vom Eingang ein aus steilen, mit Sinter überzogenen Platten bestehender Absturz gegen SE erreicht wird. Der Hauptgang steigt nun wieder sanft an und wird nach wenigen Metern zu einer Schlufstrecke

RABENMÄUERHÖHLE im Sonnberg, Frankenfels

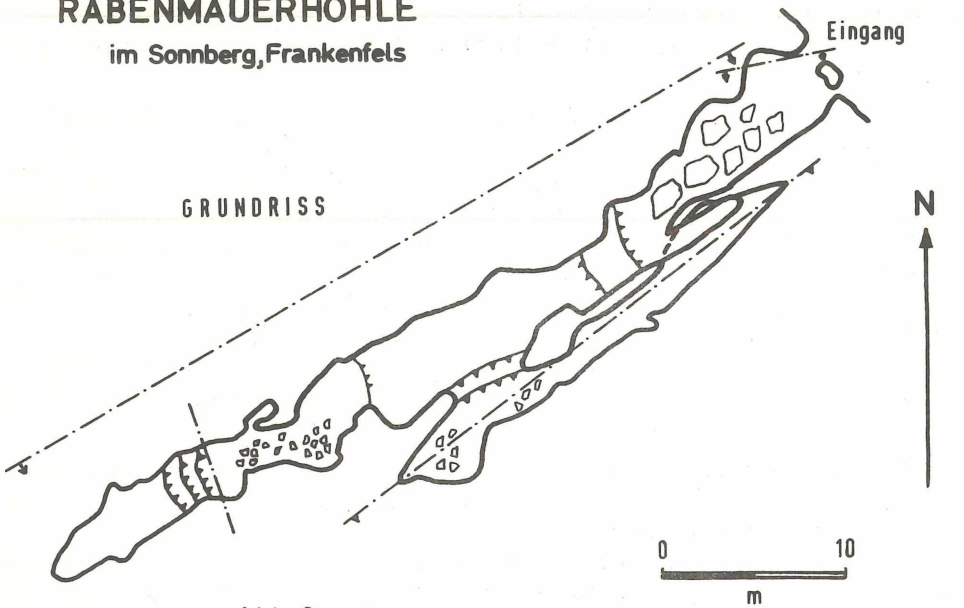


Abb. 6

Planaufnahme: K. Schneider 1955

verengt. Dieser Engstelle folgt ein kleiner Raum, von dem eine steil ansteigende Strecke weiterführt, die sich jedoch gegen das Höhlenende, das zugleich der höchste Punkt ist, wieder etwas verflacht.

Der oben erwähnte Absturz führt zum 5 m tiefer gelegenen und parallel zum Hauptgang in SW-NE-Richtung verlaufenden "Fluchtgang". Dieser steht mit dem Hauptgang auch durch die oben erwähnte Verbindungsöffnung in Zusammenhang (E. SOLAR, 1955).

Die Höhle befindet sich im Opponitzer Kalk, und zwar im nordöstlichen Ausläufer der steilen Synklinale des Sonnberges. Die Schichten sind in der Umgebung der Höhle stark gefaltet; das generelle Streichen beträgt N 120° E, das Fallen im Durchschnitt 40° gegen NNE. Der Verlauf der Höhle ist geradlinig, sie dringt 50 m weit in der Richtung NE-SW in den Gebirgskörper ein. Sämtliche Höhlenteile sind kluftgebunden; die Schichtlagerung ist für die Anlage der Räume unbedeutend. Es sind zwei dominante tektonische Flächen festzustellen:

- a) eine SW-NE streichende, unter 40 bis 50 Grad gegen SE einfallende Kluft, an die der Hauptgang der Höhle geknüpft ist. Im Mittelabschnitt ist der exakte Verlauf der Fläche infolge der intensiven, korrosiv bedingten Auflösung der Felsflächen in Kolke und ähnliche Formen nicht immer einfach zu verfolgen, obgleich die Gestaltung des Raumquerschnittes unzweifelhaft deren Existenz beweist.
- b) eine ebenfalls SW - NE verlaufende Kluft, die jedoch bedeutend steiler (mit ca. 80°) gegen SE fällt, und an welche der tiefer gelegene "Fluchtgang" geknüpft ist.

Diese beiden raumbestimmenden Klüfte verlaufen mehr oder minder parallel zur Achse der Synklinale; es handelt sich demnach um Längsklüfte.

Nahe der Rabenmauerhöhle, etwa 20 m höher als diese, befindet sich die 1962 festgestellte Rabenmauerkluft (1836/42), eine 7 m lange, geradlinig verlaufende Klufthöhle, die ihre Entstehung und ihre Raumentwicklung fast ausschließlich tektonischen Ursachen verdankt. Die Anlage dieser ebenfalls im Opponitzer Kalk befindlichen Kleinhöhle erfolgte an einer, an der gesamten obertägigen Felswand erkennbaren Verwerfung, die N 20° E streicht. Die NW-Wand der Höhle tritt als gut erhalten gebliebene Harnischfläche in Erscheinung, die mit 67° gegen ESE einfällt. Es ist bemerkenswert, daß die raumbestimmenden Flächen der Rabenmauerhöhle und der Rabenmauerkluft trotz der benachbarten Lage beider Höhlen um 30° divergieren.

Am Ostabfall der dem Sonnberg nördlich vorgelagerten Verflachung setzt in einer Seehöhe von 550 m der nicht unbedeutende Tiefenbachschacht an, welcher bei der einheimischen Bevölkerung auch unter der Bezeichnung "Nattershoflucke" bekannt ist. Eine fachliche Bearbeitung dieser Schachthöhle ist bis jetzt noch nicht erfolgt. Angaben über bisherige Befahrungen ist zu entnehmen, daß die Höhle im wesentlichen aus zwei Schächten besteht. Der sehr geräumig ansetzende, sich nach unten zu verbreiternde Einstiegsschacht weist eine Tiefe von ca. 25 m auf. Vom Schachtgrund durch eine niedrige Wandstufe getrennt führt eine ansteigende, engräumige Strecke zum zweiten Schacht, der ca. 20 m tief ist und eine geringere Breitenausdehnung als der vorhin genannte besitzt. Unter Berücksichtigung der aufsteigenden Endstrecke würde sich - unter Voraussetzung der Zuverlässigkeit der Angaben - ein Gesamthöhenunterschied von rund 40 m ergeben, eine Tiefe, die für eine so weit nördlich im Bearbeitungsgebiete gelegene Höhle immerhin beachtlich ist. Die Schichten des Reiflinger Kalkes fallen im Bereich des Einstieges flach gegen Südosten.

Nestelgrundkluft (1836 / 47)

Nördlich des Grohmann (1069 m), SE von Frankenfels, befindet sich eine Bergkuppe, die in der Karte mit der Kote 989 eingetragen ist. Die Höhle befindet sich im Nordabfall dieser Erhebung in einer Seehöhe von 920 m.

Vom engen, 1,5 m senkrecht abwärts führenden Einstieg gelangt man in einen niederen, fallenden Gangteil, der nach 3 m in den insgesamt rund 5 m hohen und 1,5 bis 2 m breiten Kluftraum abbricht. Dieser, den Eingangsteil teilweise unterlagernde Raum weist eine Länge von 9 m auf. Der Kluftraum verläuft in Richtung WNW (290°); die dominante Kluft fällt unter 85° gegen S ein. Drei fast parallel verlaufende, saigere Klüfte queren den Raum. Durch diese Querklüfte kommt der rein tektonische Charakter dieser langgestreckten, hangparallelen Abrißkluft zum Ausdruck. An zwei Stellen kann man unter dem grobblockigen Versturzmateriel der Sohle noch einige Meter weit vordringen.

Die Gesamtlänge dieser im Hauptdolomit gelegenen tektonischen Höhle beträgt 16 Meter, der Gesamthöhenunterschied -8,5 m.

Teufelsloch (1837/13).

Nördlich der kleinen Talweitung Brunnrotte bei Schwarzenbach befindet sich an der orographisch rechten Seite der Pielach ein Höhenrücken, in dessen Südhang sich der Einstieg zum Teufelsloch in einer Seehöhe von 680 m öffnet.

Der Schacht, der an der Tagöffnung 2 m lang und 1 m breit ist, zieht vertikal in eine Tiefe von 18 Meter und ist an eine saigere, SW - NE streichende Kluft gebunden. An seinem Grund setzt ein 6 m langer und 2,5 m breiter Raum an, dessen Decke und dessen aus Blockwerk bestehende Konvakuytionssohle steil gegen NE absinken. Der durchschnittlich 3,5 m hohe Raum ist deutlich im Schichtfallen des Opponitzer Kalles angelegt, dessen ca. 30 cm mächtige Bänke mit 35° gegen NE einfallen. Am unteren Ende dieses Raumes leitet eine 1,5 m tiefe, aus Blockwerk bestehende Steilstufe in einen weiteren Raum von 3 bis 4 m Länge, 4 m Breite und maximal 2,5 m Höhe, dessen Sohle ebenfalls aus Bruchschutt besteht. Das Ende der Höhle liegt 25 m unter dem Einstieg; die Gesamtlänge beträgt 28 m (M.H.FINK, 1963 a).

Das Teufelsloch zeigt den Typ der in den Voralpen häufig auftretenden Schachthöhle, die sich an der (durch die Konvakuation gegebenen) Basis des Schachtes zu einem dem Schichtverlauf folgenden Raum erweitert. Die tektonischen Flächen erfüllen dabei lediglich die Funktion der "Tiefenentwicklung" und treten in den Räumen an der Basis des Schachtes für die Raumgestaltung nur peripher in Erscheinung.

Klafflingbrunnen (1837/18).

Der Eingang zu dieser 125 m weit befahrbaren aktiven Wasserhöhle befindet sich am orographisch linken Hang des Loich-Grabens, unweit seiner Einmündung in das Pielachtal, in einer Seehöhe von 450 m. Die Höhle ist auf der Provisorischen Ausgabe der Österreichischen Karte, 1:50.000, Blatt 55, lagerrichtig eingezeichnet.

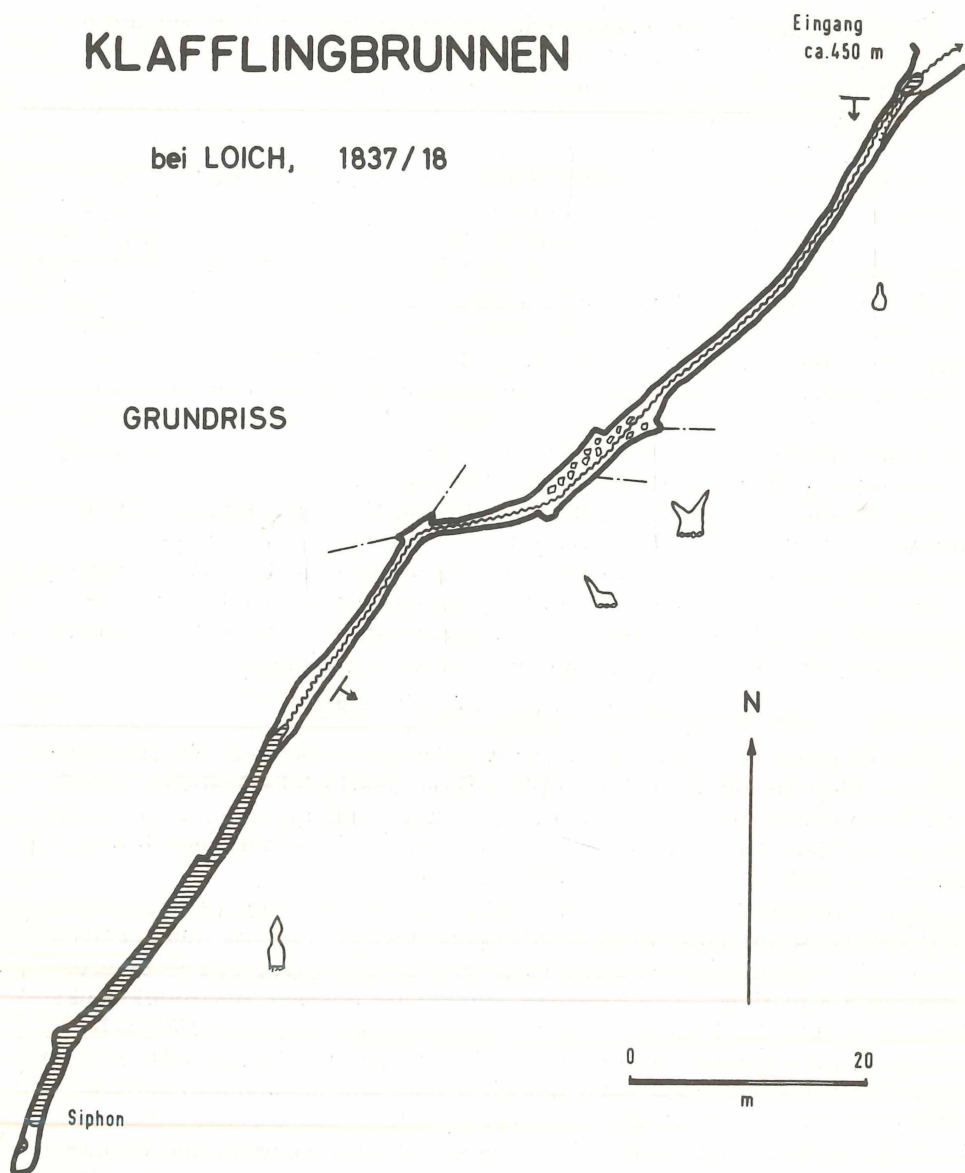
Vom 6 m hohen und 4 m breiten Portal zieht ein schmaler, kluftgebundener Gang in südwestlicher Richtung bergwärts, und mündet nach 36 m in eine hallenartige Raumweitung von 15 m Länge, 3,5 m Breite und maximal 4 m Höhe. Die Konvakuationssohle besteht aus Blockwerk; stellenweise sind die Felsflächen mit einer dünnen Lage von Höhlenlehm überzogen. Nach dieser Raumerweiterung knickt der Gang auf 10 m Länge gegen WSW um. Hierauf wird jedoch wieder die ursprüngliche NE - SW-Richtung ohne wesentliche Abweichungen bis zum derzeit bekannten Höhlenende beibehalten. Etwa 20 m jenseits dieser neuerlichen Knickstelle beginnt der Wasserstau, der die gesamte Breite des Ganges einnimmt, und der sich mit wechselnder (0,5 bis 1,0 m betragender) Wassertiefe bis nahe an das Höhlenende erstreckt. Die Gangbreite beträgt 1 bis 1,5 m, die Höhe über dem Wasserspiegel 1,5 bis 3 m. Gegen das

Abb. 7

KLAFFLINGBRUNNEN

bei LOICH, 1837/18

GRUNDRISS



Planaufnahme: M.H. Fink - E. Stummer 1963

Höhlenende sinkt die Tiefe auf 2,7 m zu einer siphonartigen, unter dem Wasserspiegel befindlichen Öffnung ab. Tauchversuche unter Leitung von H. MATZ haben ergeben, daß ein weiteres Vordringen wegen der zu starken Verengung des Hohlraumes nicht möglich ist. Wenn man den Spiegel des Siphons überwindet, so gelangt man zu einer kurzen, trockenen Gangfortsetzung. Durch eine unbefahrbare Öffnung an seiner Sohle ist das Wasser des Siphons sichtbar; hier wurde eine Wassertiefe von 3,4 m gelotet. Den Abfluß des beschriebenen Wasserstaues bildet ein perennierendes Gerinne mit einer Schüttung von rund 5 bis 6 Sekundenliter, welches größtenteils die gesamte Sohlenbreite einnimmt und lediglich in der hallenartigen Raumerweiterung nahe der SE-Wand zwischen Blockwerk strömt. Das Gerinne mündet nach kurzem oberirdischem Lauf in den Loichbach, ca. 300 m vor dessen Vereinigung mit der Pielach.

Der Klaffingbrunnen befindet sich in oberjurassischen Kalken der Frankenfelder Decke, unmittelbar vor der Stirn der Lunzer Decke, die im Hang oberhalb der Höhle ausstreicht. Die dünnplattigen, schwarzen Kalke, die nach H. SCHWENK (1949) dem Malm angehören, weisen auch im Bereich der Höhle eine intensive Kleinfaltung auf, deren Achsen im Eingangsteil mit durchschnittlich 25 Grad gegen Ost geneigt sind. Das generelle Schichtfallen beträgt im vorderen Teil 55 Grad gegen Süd; im rückwärtigen Teil dreht das Fallen gegen Südost. Die Primäranlage erfolgte - weitgehend unabhängig von der Schichtlagerung - an steilsteigende, Nordost bis Ostnordost streichende Klüfte, die sich nicht nur in der einzigartigen linearen Erstreckung der Höhlengänge, sondern auch in der Querschnittsgestaltung typisch auswirken, geknüpft.

Rißberghöhle (1836/24).

Am Nordhang des Riesberges (1152 m) südlich von Puchenstuben, der auch unter der älteren Bezeichnung "Rißberg" bekannt ist, öffnet sich in einer Seehöhe von ca. 1050 m der Eingang zur 160 m langen Rißberghöhle, über die eine gemeinsame Bearbeitung von H. RIEDL und E. SOLAR (1956) vorliegt.

Sie hat einen hauptsächlich geradlinigen, N-S streichenden Verlauf und ist nur wenig verzweigt. Der Hauptgang ist anfänglich 2 m breit und 3 - 4 m hoch. 12 m vom Eingang öffnet sich an der westlichen Wand der Einstieg zu einem kleinen Schacht, der nach 2,5 m Tiefe in ein steil geneigtes Gangstück übergeht, das zu einer zweiten Schachtstufe abbricht. Der Hauptgang setzt sich eben fort und erweitert sich nach 14 m ab dem Schachteinstieg zu einer kleinen Halle von 5 m Breite, 15 m Länge und 3,5 m Höhe. Vom nördlichen Teil dieser Halle zweigt gegen WSW eine 12 m lange, steil ansteigende Schlufstrecke ab. Die Fortsetzung nach S stellt ein 5 m langer Schluf dar, der in einen 10 m langen, 3 m breiten und 2 m hohen Raum übergeht, dessen Raumhöhe bald wieder auf 1 m absinkt. Nun beginnt ein tunnelartiges Gangstück mit rechteckigen Profilen, welches nach 20 m in eine hallenartige Erweiterung übergeht, deren Hauptachse W - E streicht. Durch eine gegen E fallende Schichtfuge

erreicht man einen 6 m breiten, 6 m langen und 4 m hohen Raum, der sich an seinem Ostende zu einer mühsam zu bezwingenden Schichtfuge verengt. Diese wird in ihrer gesamten Breite von einem Gerinne erfüllt.

Die Höhle liegt im Hauptdolomit der Lunzer Decke, in jenem Bereich, der ehemals von einem heute bereits der Abtragung zum Opfer gefallenen Teil der Stirn der Annaberger Decke überfahren wurde. Das Gestein ist vor allem in der Eingangszone deutlich gebankt; die Schichten fallen hier unter 60 Grad gegen NNW ein, im Endabschnitt der Höhle dagegen merklich flacher (oft unter 20 Grad).

Nach RIEDL und SOLAR bietet die Höhle zwei verschiedene tektonische Bilder. Der erste Teil (55 m ab dem Eingang) ist an einer unter N 010° E streichenden, nach N 150° E umbiegenden Bruchfläche angelegt, die unter 40 bis 50 Grad gegen E und ENE einfällt. Diese bestimmt den kluftgebundenen Charakter dieses Höhlenabschnittes. Infolge der starken Versinterung kann nicht angegeben werden, ob es sich hierbei um eine Verwerfung handelt. An einigen Stellen sind die 30 bis 50 cm hohen Schichtköpfe, die an der östlichen Begrenzungswand hervortreten, durch glattere Flächen eingeebnet, die zwar Harnischflächen ähnlich, jedoch infolge der Wirkung der endochthonen Verwitterung als solche nicht eindeutig erkennbar sind.

Im vorderen, kluftgebundenen Teil der Reißberghöhle sind die Raumquerschnitte asymmetrisch ausgebildet. Die östliche Wand erhält ihr Gepräge durch die stufenförmig gegen die Decke zu ansteigenden Schichtköpfe. Die westliche Wand besteht hingegen aus der mittelsteil einfallenden Kluftfläche, deren starke Versinterung bereits oben erwähnt wurde. Von dieser zweigen auch zwei Seitenstrecken ab, die an der gleichen tektonischen Fläche angelegt sind wie der Hauptgang. Die Anlage der ersten, nördlicheren, mit ihrer schachtartigen Raumbildung, erfolgte an der Kreuzung dreier Klüfte, von denen eine die bereits angeführte Hauptkluft darstellt. Diese wird von einer saigeren, N 113° E verlaufenden Kluft geschnitten. Die beiden Schachtstufen sind selbst an eine saigere W - E streichende Kluft gebunden. Die zweite, südlichere Seitenstrecke zweigt nach 27 m vom Eingang ab, steigt im Fallen der Hauptkluft unter 50 Grad aufwärts und ist ebenfalls an der Kreuzungsstelle einer saigeren, N 070° E streichenden Kluft angelegt; doch kommt es dort zu keiner Entwicklung von $\pm$ vertikal verlaufenden Strecken.

Nach der Schlufstrecke setzt ein Wechsel des Raumcharakters ein. Das typische kluftgebundene Profil geht in einen rechteckigen Querschnitt über, bis schließlich die Höhle 75 m vom Eingang typischen Schichtfugencharakter aufweist, der bis zum Höhlenende dominiert.

Rinnender Stein (1836/36).

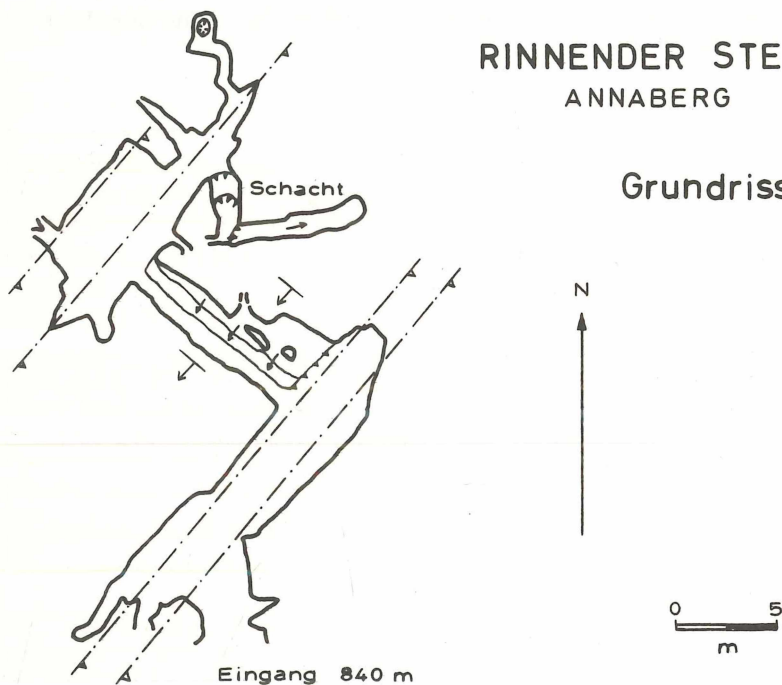
Diese episodisch aktive Wasserhöhle befindet sich am Südfuß des Hochstadelberges (1285 m), in der Lassingrotte, westlich der Ortschaft Annaberg, am orographisch rechten Hang der flachen Talung

des Lassingbaches, in einer Seehöhe von 830 m. Der gegen Süden zu exponierte Eingang liegt in einer Felswand, 10 m über deren Basis. Durch den Eingang wird ein 20 m langer, durchschnittlich 4,5 m hoher und 3 m breiter Raum erreicht, der an zwei parallelen, N 040° E streichenden Klüften angelegt ist, die beide unter 75° gegen Südosten fallen. Die Konvakuationssohle ist eben und besteht aus Bruchschutt. Von diesem Raum führt in nordwestlicher Richtung eine 10 m lange, deutlich im Schichtstreichchen angelegte Schlufstrecke zu einem 15 m langen, 5 m breiten und bis 5 m hohen Raum, der ebenfalls zwei parallele Klüfte (N 040° E) aufweist, an denen die Anlage erfolgte. Von diesem Raum führen an der Nordostseite drei Fortsetzungen abwärts, von denen aber nur zwei größere Bedeutung haben. Gegen Süden bricht ein gut gestufter 7 m tiefer Schacht ab, an dessen Basis sich eine 10 m lange steil abfallende Strecke gegen Ost-Nordost erstreckt. Mit einem Vertikalabstand von 3 m öffnen sich im Bereiche des Schachtes zwei unbefahrbare Spalten, die in westlicher Richtung abwärts führen. Nahe beim Nordostende des Raumes zieht eine Engstrecke gegen NNW und bricht nach 5 m in einen sehr engen, ca. 8 m tiefen Schacht ab.

Abb. 8

RINNENDER STEIN ANNABERG

Grundriss



Die insgesamt 75 m Gesamtlänge und 15 m Höhenunterschied aufweisende Höhle befindet sich im Gutensteiner Kalk, dessen Schichten mit durchschnittlich 30° gegen SW fallen. Am Fuße der oben erwähnten Felswand streichen Werfener Schichten aus, welche die lokale Karstbasis bilden. Die tiefsten Teile der Höhle reichen nahe an die Schichtgrenze heran. Die Anlage der Hohlräume erfolgte an parallelen N 040° E streichenden Klüften, die steil gegen SE einfallen.

Auf der Planbeilage (Abb. 8) erkennt man, daß zwei genetisch voneinander unabhängige Höhlenteile vorhanden sind, nämlich der Kluftraum nahe dem Eingang und jener im rückwärtigen Teil der Höhle. Diese beiden werden durch einen 10 m langen, engräumigen und schichtgebundenen Teil verbunden. Die tektonischen Flächen verlaufen normal zum Schichtstreichen.

Ameiskogelhöhle (1836/1).

Zum Abschluß sei noch auf diese Höhle bei Gössing verwiesen, die ebenso wie der Rinnende Stein dem von der Annaberger Decke überfahrenen und durch die Denudation bereits wieder dreigelegten Teil der Lunzer Decke angehört. Die durch den Bau der Bahnlinie St. Pölten - Gußwerk erst künstlich freigelegte 52 m lange Klufthöhle weist einen geradlinigen Verlauf SSW - NNE auf. Im Mittelabschnitt wird diese Kluft von einer anderen, von SW nach NE streichenden Kluft gekreuzt, an der ein kurzer Höhlengang in südwestlicher Richtung angelegt ist. Das Muttergestein ist Opponitzer Kalk.

III. HÖHLEN IN DER ANNABERGER DECKE

A) GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Südlich der Lunzer Decke folgt als nächsthöhere tektonische Einheit die Annaberger Decke, die im Westen als größere geschlossene Masse in den nordwestlichen Vorlagen des Ötschers beginnt, zwischen Erlauf- und Pielachtal in eine Anzahl von mehr oder weniger isolierten Deckschollen aufgelöst ist - von denen die der Brandmauer und des Gebietes "Wastl am Wald"-Ochsenboden am bedeutendsten sind - und die erst wieder im Bereich östlich der Linie Hochstadelberg (1285 m) - Hühnerkogel (1255 m) als einheitliche Schubmasse über den Höhenzug Hennesteck (1332 m) - Großer Kögelberg (1290 m) - Schwarzenberg (1095 m) bis vor Türnitz zu verfolgen ist, wo sie unter der südlich anschließenden Reisalpen (teil)decke der Ötscher Decke verschwindet (Vgl. Übersichtskarte).

Der letztgenannte Abschnitt der Annaberger Decke zwischen Pielach- und Türnitzbachtal hat aus petrographischen Gründen eine intensivere speläologische Bearbeitung gefunden.

Der Nordrand ist in diesem Raum durch eine verkehrte Schichtfolge ausgezeichnet, was nach E. SPENGLER (1928, 1931) auf eine Stirnwölbung und Entwicklung dieser Decke aus einer liegenden Falte hindeutet. Diese verkehrte Schichtfolge beginnt mit Lunzer Schichten (karnische Stufe), die als schmaler Streifen vom Pielachursprung über das Schwarzenbacher Gscheid ostwärts ziehen. Darüber folgt an manchen Stellen hornsteinführender Reiflinger Kalk, der im Eitelgrünbachgraben nördlich der "Hölzernen Kirche" sowie im Bereich von Spitzkogel und Staffmauer aufgeschlossen ist. Die gegen das Pielachtal abfallenden Felswände werden von massigen, hellgrauen Wettersteinkalken aufgebaut, die der anisischen Stufe zuzurechnen sind. Die oberen Teile des breiten Höhenrückens bestehen durchwegs aus dünnplattigem anischem Gutensteiner Kalk, der in diesem Gebiet auch flächenmäßig die größte Verbreitung aufweist. Er ist ein ausgezeichnete Träger unter- und oberirdischer Karsterscheinungen.

Die große Muschelkalkmasse des Höhenzuges Hennesteck-Schwarzenberg tritt auch geomorphologisch als einheitliches Gebiet in Erscheinung, in dem zwei verschiedene Altlandschaften durch die Verkarstung konserviert wurden und das sich deutlich über die schmalen, steilgestellten Faltenzüge der Lunzer Decke erhebt.

Östlich des Schwarzenbacher Gscheids geht die inverse Schichtlagerung in eine normale über. Weiter im Osten - unweit von Türnitz - folgen dann über den nichtverkarstungsfähigen Lunzer Schichten die Opfönitzer Kalke des Steinbachgrabens.

Die Lunzer Decke erscheint im Bereich von Annaberg in mehreren geologischen Fenstern, bezw. Halbfenstern unter der Annaberger

Decke. Das größte und bedeutendste ist das Annaberger Fenster im Törnitzbachtal. Dieses steht gegen Westen mit dem Halbfenster von Mühlfeld in Verbindung, das sich von der Sattelzone zwischen Hennesteck und Großem Kögelberg durch das Lassingtal westwärts erstreckt und schließlich in das Gössinger Halbfenster übergeht.

B) HÖHLEN

In den Deckschollen der Annaberger Decke zwischen Erlauf und Pielachtal sind einige erwähnenswerte Höhlen vorhanden. Im Wettersteinkalk der Brandmauer (1276 m) befinden sich in deren Südflanke die in einer großen Doline ansetzende Brandmauerhöhle mit schachtartigem Verlauf, sowie in unmittelbarer Nähe der 11 Meter tiefe Brandmauerschacht.

In der südlich davon befindlichen großen Deckscholle "Wastl am Wald - Ochsenboden" gibt es ebenfalls Höhlenvorkommen, von denen die Trobachhöhle (1836/27) am Westrand der Deckscholle zweifellos die bedeutendste ist. Das mächtige Portal zur Trobachhöhle, die eine Gesamtlänge von 122 Meter aufweist, öffnet sich in den Felswänden westlich von Gössing in 820 m Seehöhe. Ein durchschnittlich 3 m hoher und 4 m breiter Gang zieht zunächst in nordöstlicher, dann in nördlicher Richtung steil abwärts und endet nach rund 50 m unvermittelt an einem schmalen und hohen Kluftgang, der in nordöstlicher Richtung bergwärts führt. Nach 12 m verliert sich die gegen SE einfallende Kluft im Gestein und eine über Blockwerk abwärts führende

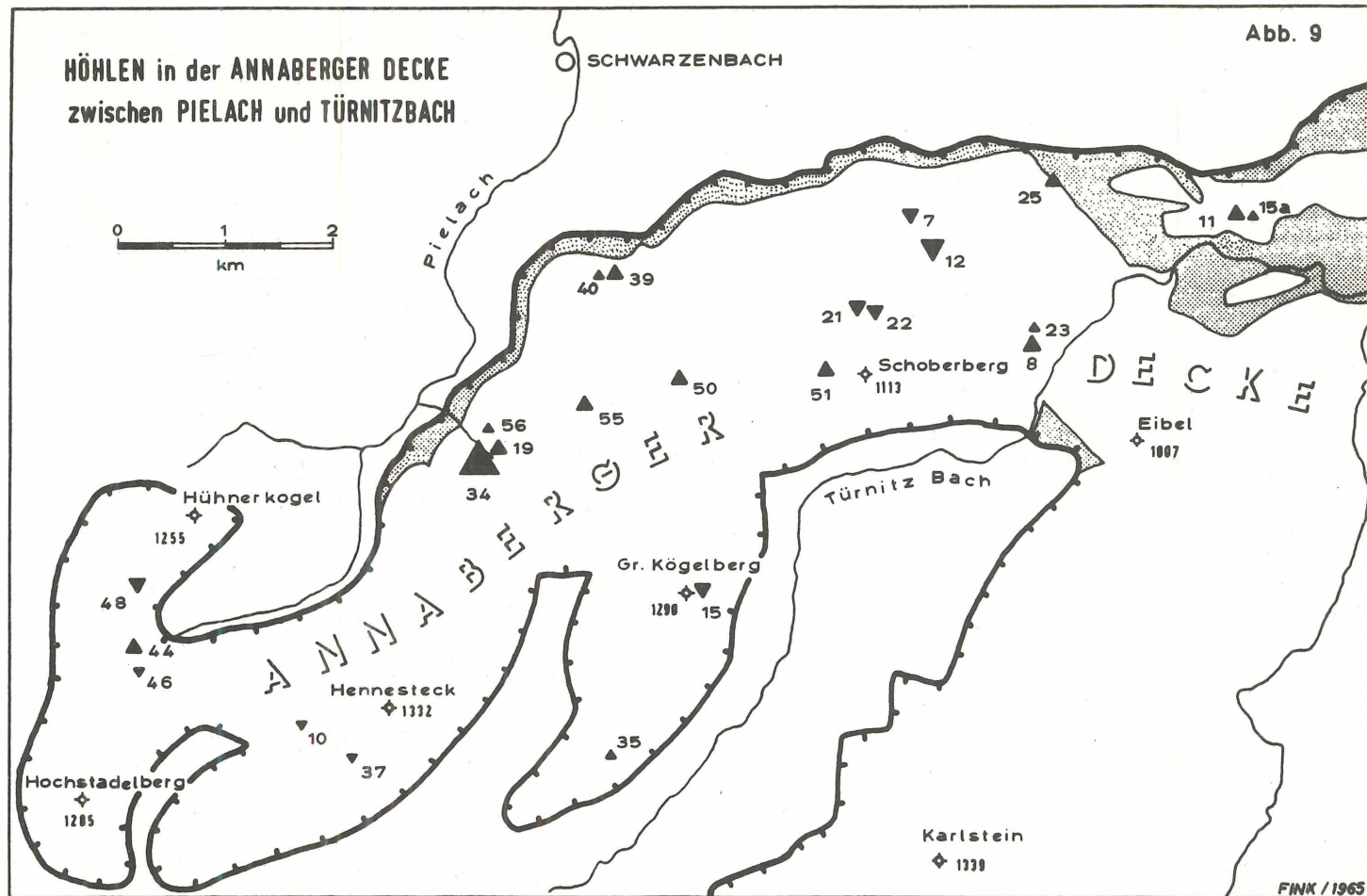
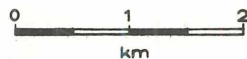
ERLÄUTERUNG ZU ABB. 9

Höhlen in der Annaberger Decke zwischen Pielach und Törnitzbach

Punktraster: Nicht verkarstungsfähige Gesteine der Annaberger Decke

7	Guganederschacht	34	Trockenes Loch
8	Hubertushöhle	35	Schafmauernkluft
10	Almschacht	37	Hennesteckschacht
11	Paulinenhöhle	39	Staffmauernhöhle
12	Hundsloch	40	Mäandergang
15	Kegelberghöhle	44	Höhle in den Sagamauern
15a	Wildfrauenhöhle	46	Sagamauernfenster
19	Nasses Loch	48	Grenzschacht
21	Blockschacht	50	Eisgrube
22	Rieseneinbruch	51	Schoberberghöhle
23	Zufluchtshöhlen	55	Mooskogelhöhle
25	Goldloch	56	Fledermausloch

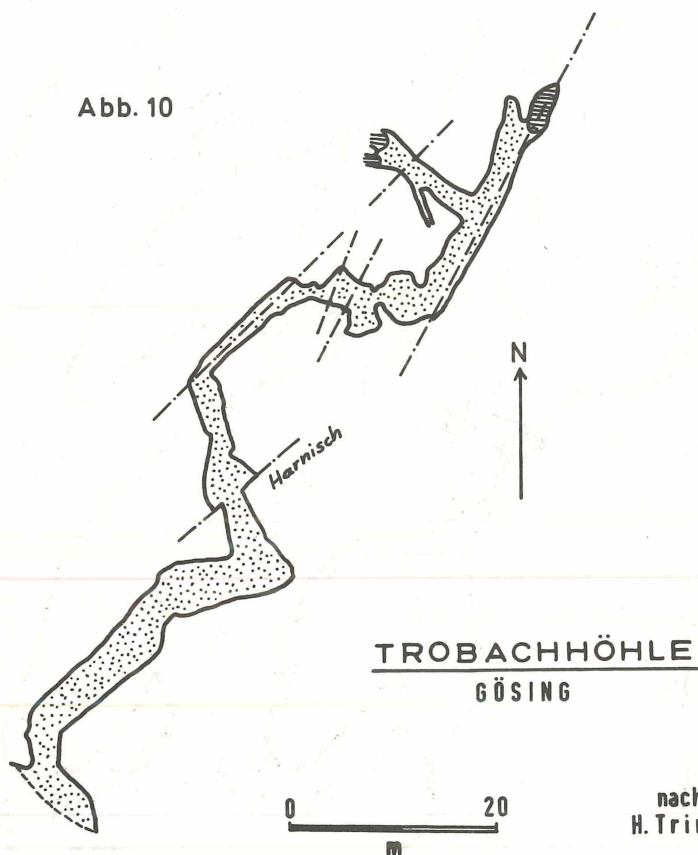
HÖhlen in der ANNABERGER DECKE zwischen PIELACH und TÜRnitzBACH



Strecke leitet in östlicher Richtung zu einer Schlufstrecke, die dann in einen SW - NE streichenden, teilweise wasserführenden Kluftgang von 25 m Länge übergeht, dessen befahrungstechnischer Abschluß von einem Wasserbecken gebildet wird. Von der Mitte des Kluftganges zieht gegen NW ein niedriger, schichtengebundener Gang mit Linsenprofil abwärts und findet ebenfalls seinen vorläufigen Abschluß an zwei Wasserbecken.

Die teilweise aktive Trobachhöhle befindet sich im Gutensteiner Kalk, der vor allem in den tagnahen Teilen eine sehr intensive Kleinfaltung aufweist. Die Klüfte und Verwerfungen sind in der Höhe ausnahmslos gegen NE oder NNE orientiert. Bemerkenswert ist eine SW - NE streichende Verwerfung im Mittelabschnitt, die entlang ihrer Harnischfläche eine Gangverbreiterung bewirkt. Dort sind die Schichten des stark gefalteten Gutensteiner Kalkes an der saigren Harnischfläche abrupt abgesetzt und in der Bewegungsrichtung geschleppt (Abb. 10).

Abb. 10



nach
H. Trimmel 1948

Im Bereich der Sagamauern oberhalb des Pielachursprungs zwischen Hühnerkogel und Futterkogel wurden erst in jüngster Zeit einige Höhlen bekannt. Der Grenzschacht (1836/48) ist von W. ENGL 1964 beschrieben worden. Er befindet sich in der Einsattelung zwischen Hühnerkogel und Futterkogel an der Gemeindegrenze zwischen Puchenstuben und Schwarzenbach an der Pielach. Von dem ca. 4 x 5 m großen Einstieg gelangt man auf eine sehr steile Halde, die mit Erde, Laub und Schutt bedeckt ist und die nach 10 m senkrecht abbricht. Von dort aus beträgt der Abstieg bis zur Schachtsohle 18 Meter. Nach 8 m weichen die Wände zurück. Die Ausmaße der durch Versturzmateriale gebildeten Schachtsohle betragen 4 x 4 Meter. Eine Spalte führt noch 2 m weit und bricht dann 4 m senkrecht ab, worauf sie unbefahrbar wird. Die Gesamtlänge der im Gutensteiner Kalk befindlichen Höhle kann mit rund 40 m, der Gesamthöhenunterschied mit ca. 25 m angegeben werden.

Die Höhle in den Sagamauern (1836/44) liegt am Ostabfall des Futterkogels gegen das Pielachtal, im Nordwestteil der Sagamauern. Das Portal, welches vom Hennesteck aus sichtbar ist, befindet sich in einer Seehöhe von 1150 m. Das Objekt besteht nach H. MRKOS (1963) aus zwei knapp nebeneinander liegenden Höhlenräumen. Der "Hauptraum" ist ca. 16 m lang, bis 8 m breit und 5 - 8 m hoch. Seine Längsachse verläuft in Richtung NW - SE. Vom Nordostteil des Raumes führt ein Kluftgang ins Freie zurück. Die Sohle wird durchwegs von Bruchschutt bedeckt, der im Nordteil der Höhle hügelartig ansteigt. An der Raumformung dürfte die Verwitterung wesentlichen Anteil haben.

Etwa 5 m südöstlich des "Hauptraumes" öffnet sich über einer kleinen Felsstufe der Einstieg zum "Schliefgang". Es handelt sich hierbei um einen durchschnittlich 1 m breiten und 0,7 m hohen Kriechgang, der 18 m geradlinig und horizontal in annähernd südlicher Richtung bergwärts führt. Nach ca. 16 m weitet sich der Gang etwas, die Erweiterung wird jedoch weitgehend durch Blockwerk ausgefüllt. Gegen SE zweigt eine enge Kluft ab, die ins Freie hinausführt. Der Gang, der bis hieher Rundbogenprofil aufweist, geht nun in eine enge Kluft über, die in Hauptrichtung N 220° E (SW) mäandrierend und leicht absinkend verläuft. Die Höhle liegt im Gutensteiner Kalk.

Eine markante Erhebung nördlich von Annaberg ist das Hennesteck (1332 m). In den höchsten Teilen dieser Erhebung befinden sich zwei Schächte, der Almschacht und der Hennesteckschacht, die von E. SOLAR (1961) beschrieben wurden.

Almschacht (1836/10)

Der Almschacht liegt im Westteil des Hennesteck in 1225 m Höhe. Durch die fast kreisrunde, 3 m Durchmesser aufweisende Einstiegsöffnung gelangt man vorerst auf eine 7 m lange, unter 70° geneigte Schachtwand. Der Raum erweitert sich schon in 1 m Tiefe, so

daß durch den Schachtrand der Eindruck eines vorspringenden Daches hervorgerufen wird. Die Überlagerung ist an dieser Stelle sehr gering. Nach dem schrägen Schachtteil bricht die weitere Fortsetzung 8 Meter senkrecht ab. Nach Überwindung dieser teilweise überhängenden Stufe steht man auf dem höchsten Punkt eines aus Verbruchschutt aufgetürmten Schuttkegels, der nach allen Seiten hin abfällt. Die weitere Raumbildung des Schachtes ist entlang einer N 056° E streichenden, unter 75° gegen SE einfallenden Kluft erfolgt, wobei ein in gleicher Richtung streichender unter 30° ebenfalls gegen SE fallender, ausgeprägter Harnisch wesentlich beteiligt ist. Besonders bei VP. 4 zeigt der Endteil des Raumes das Zusammenwirken von Harnisch und Kluft bei der fortschreitenden Raumentwicklung. Die Breite der Kluft beträgt an der vorwiegend von Verbruchmaterial gebildeten Sohle 2 - 3 Meter. Die Gesamtlänge der Höhle beträgt 28 Meter, die Tiefe 17 m, die maximale Horizontalerstreckung 14 Meter.

Das Muttergestein der Höhle ist anisischer Gutensteiner Kalk, die Schichten streichen SW - NE und fallen flach gegen NW ein.

Hennesteckschacht (1836/37).

Dieser Schacht liegt am Ostkamm des Hennesteck in 1280 Meter Seehöhe. Er ist ein vom fast kreisrunden, ca. 2,5 m im Durchmesser aufweisenden Einstieg weg schräg mit 50° Neigung 20 m weit abwärts führender Höhlenraum mit Steilabsätzen. Die Breite des Raumes an der Sohle ist bereits unmittelbar nach der Einstiegsöffnung ca. 2,5 m und bleibt fast gleich bis zum unteren Ende. Die Sohle besteht im oberen Teil aus eingeschwemmter Erde. Bei den Steilstufen zeigt sich das Muttergestein selbst, während im tagfernstesten Teil kleinerer Bruchschutt zu finden ist. Das Ende der Höhle bildet ein N 056° W streichender Harnisch- der Raum zeigt typisches Kluftprofil. Eine unter N 080° W streichende, unter 50° einfallende Kluft ist für die Raumbildung bestimmend. Dies zeigt sich besonders im mittleren Teil der Höhle, ca. 10 m vom Eingange entfernt. Die Raumhöhe bewegt sich zwischen 2 und 4 Meter. Im unteren Teil, kurz vor dem Harnisch, besitzt die südliche Höhlenwand einige kleine, noch aktive Sinterbildungen. Besonders auffällig ist eine kleine, säulenartige Wandleiste, die in der Mitte durchbrochen und deren unterer Teil etwas verschoben wurde. Dieser Bruch könnte auf junge tektonische Bewegungen zurückzuführen sein.

In dieser Höhle ist kein vollständig lichtloser Höhlenteil vorhanden; geringe Spuren des Tageslichtes dringen durch die auch vom Höhlenende noch gut sichtbare Einstiegsöffnung bis dorthin vor. Der Hennesteckschacht hat eine Gesamtlänge von 20 m, eine Tiefe von 16 Meter und eine Horizontalerstreckung von 13 m.

Almschacht und Hennesteckschacht liegen in dünnplattigem Gutensteinerkalk. Die starke Brüchigkeit dieses Gesteines zeigt sich besonders am Schachtrand des Almschachtes.

Schafmauernkluft (1836/25)

Diese 13 m lange Horizontalhöhle befindet sich am Südostabfall des Gruberkogels (1103 m) bei Annaberg in einer Seehöhe von 1050 m. Das Portal ist 4 m breit und ebenso hoch. Die Höhle zieht in SE-NW-Richtung leicht ansteigend bergwärts und ist an eine N 314° E streichende Verwerfung geknüpft, die mit 65° gegen Südwest einfällt. Nach 8 m von der Trauflinie verjüngt sich die Gangbreite auf 2 Meter. Die Querschnittsgestaltung ist zur Gänze von den Flächen der Verwerfung abhängig. Die Schafmauernkluft liegt im Gutensteiner Kalk der Annaberger Decke.

Kegelberghöhle (1836/15)

Am Ostabfall des Großen Kögelberges (1290 m) - an jener felsdurchsetzten Flanke, die steil zum Tal des Türnitzbaches abfällt - öffnet sich in 1230 m Seehöhe der Einstieg zur Kegelberghöhle, deren Gesamtlänge 125 Meter beträgt.

Vom Einstieg (4 m Durchmesser) zieht der Schacht zunächst 12 Meter senkrecht in die Tiefe zu einem kleinen Absatz, von dem eine sehr steil geneigte Strecke nach weiteren 20 m an der Decke einer 8 mal 16 m großen Halle mündet. Die aus Blockwerk bestehende Sohle wird nach einem freien Abstieg von 16 m erreicht (vgl. Abb. 11). Von dieser Halle, dem größten Raum der Höhle, nehmen nach verschiedenen Richtungen weitere Höhlenstrecken ihren Ausgang. An der Nordostseite, dem tiefsten Teil der Halle, leitet eine niedrige Felsstufe zu einem 6 m langen, West-Ost gerichteten Kluftgang; östlich davon ist der Halle eine kleine Kammer angegliedert. Eine engräumige, aufwärts gerichtete Strecke, die von der Ostseite ihren Ausgang nimmt, führt steil zu einem flachen Schichtfugenraum mit reichen Sinterbildungen. Gegen Westen verschmälert sich die Halle zu einem Kluftgang, der sich bereits nach wenigen Metern zu einem hohen Schlot versteilt. Von der südlichen Wand vermittelt eine 4 m hohe Stufe den Zugang zu einem West-Ost verlaufenden Kluftgang, der an seinem westlichen Ende einen Schlot entsendet, am östlichen hingegen zu einem 12 m tiefen Schacht abbricht, dessen Basis mit -56 m den tiefsten Punkt der Kegelberghöhle darstellt. Der von dort gegen Westen ziehende 8 m lange Kluftgang ist an die gleiche tektonische Fläche geknüpft wie der obere.

Die Kegelberghöhle zeigt in ihrer Gesamtgestaltung drei verschiedene Raumeinheiten, die sich sowohl physiognomisch als auch genetisch deutlich voneinander unterscheiden lassen:

- 1) den Einstiegsschacht, der in 32 m Tiefe die Decke der Halle erreicht,
- 2) die zentral gelegene Halle, die mit ihrer bedeutenden Grundfläche und Kubatur sämtliche anderen Raumeinheiten vereinigt,
- 3) die peripher angeschlossenen Seitengänge mit vorwiegendem Kluftcharakter.

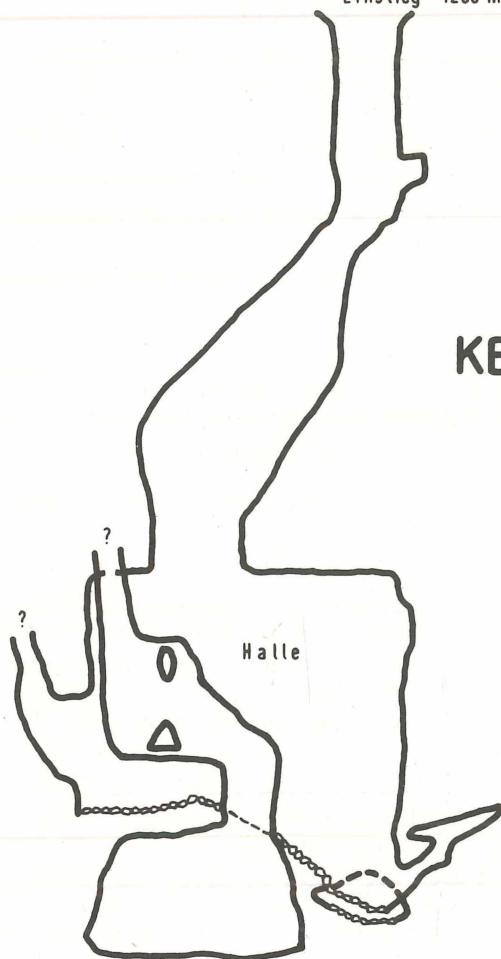
Einstieg 1230 m

Abb. 11

KEGELBERGHÖHLE

bei Annaberg

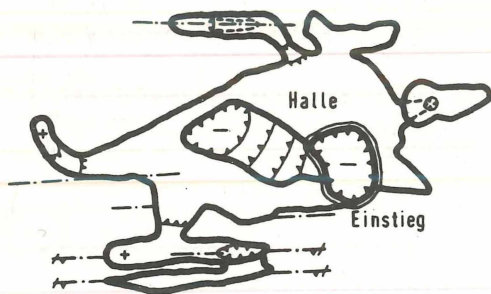
LÄNGSSCHNITT



N



GRUNDRISS



Planaufnahme: H. Ilming 1961

Das Muttergestein der Höhle ist flach lagernder Gutensteiner Kalk, dessen Schichten für die Primärgenese nur geringe Bedeutung aufweisen. Die Anlage der Halle sowie der über niederen Felsstufen an deren Basis ansetzenden Seitengänge erfolgte an einer Schar paralleler N 086° streichender Klüfte, die extrem steil gegen S einfallen. Eine Ausnahme bildet die steile Schrägstrecke des Einstiegs schachtes, die an eine NW-SE verlaufende Kluft geknüpft ist. Bemerkenswert ist der südlich der Halle befindliche Seitenteil, der an eine einzige tektonische Fläche gebunden ist. An diese steil gegen S einfallende Flächen sind zwei horizontale Raumtypen (Kluftgänge) sowie zwei vertikale (Schlot und Schacht) gebunden, wobei der Schacht die beiden einander überlagernden Kluftgänge verbindet.

H. TRIMMEL (1963) weist darauf hin, daß der Verlauf der Höhlenräume und die für deren Genese bedeutsamen Klüfte auch an der Oberfläche zum Ausdruck kommen, wo typische Dolinen und sogar ein Dolinentümpel, der durch Tone und Verwitterungsrückstände abgedichtet ist, vorhanden sind.

Trockenes Loch (1836/34)

Die zu den größten Höhlen Niederösterreichs zählende Höhle befindet sich in einem Ausläufer des Hennesteck, südwestlich Schwarzenbach an der Pielach.

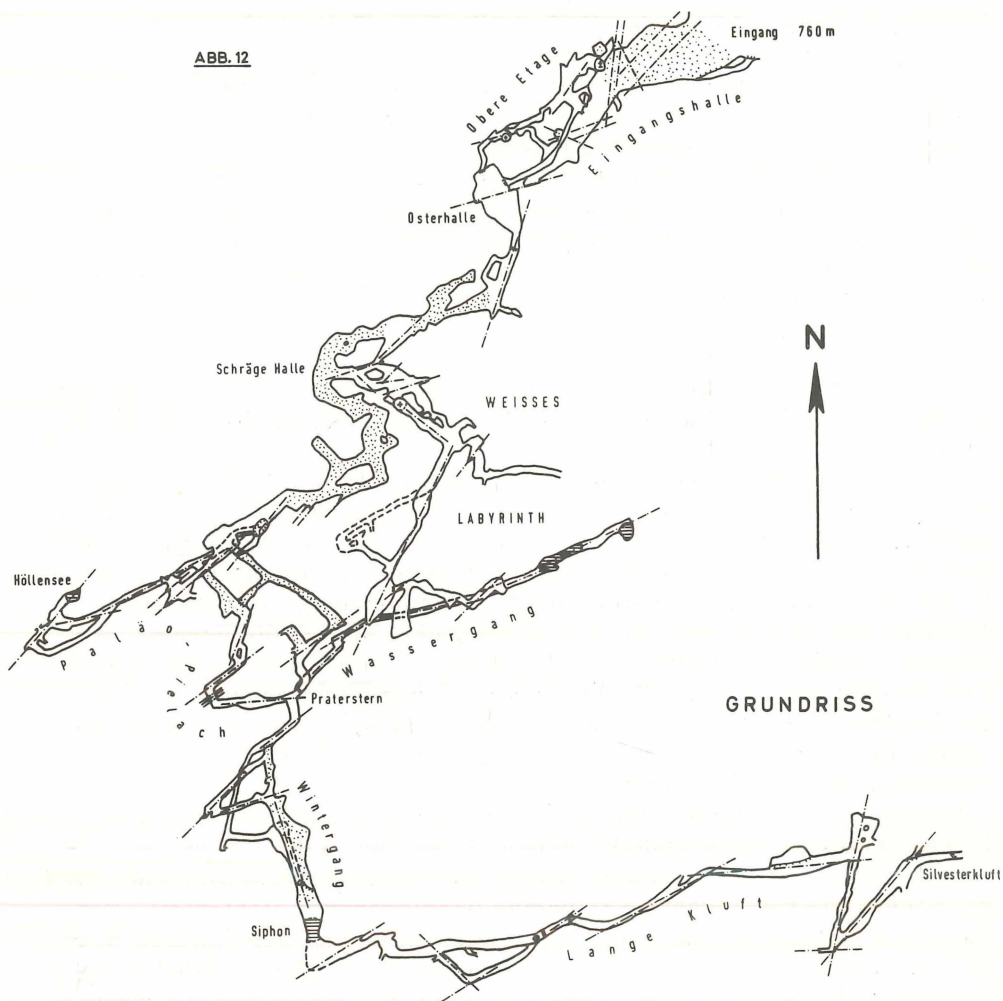
Das mächtige Eingangsportal öffnet sich an der linken Flanke des Eitelgrünbachgrabens - eines rechten Pielachzuflusses - am Fuße einer niedrigen Felswand in 760 m Seehöhe. Auf dem beigefügten Höhlenübersichtsplan sind 1625 m Höhlenstrecken zur Darstellung gebracht. Dies entspricht dem Stand der Vermessung im Jahre 1964. Darüber hinaus wurden rund 360 m erkundet, so daß die derzeit bekannte Ganglänge mit annähernd 2 Kilometer angegeben werden kann. Der höchste vermessene Punkt liegt 38 m über dem Eingangsniveau im "Weißen Labyrinth", der tiefste ("Höllensee") 35 m darunter. Es ergibt sich somit ein Gesamthöhenunterschied von 73 Metern. Die Forschungen sind noch nicht abgeschlossen.

Vom 20 m breiten und bis zu 5m hohen Portal zieht die 70 m lange imposante Eingangshalle gegen Südwesten. Von ihr aus vermittelt ein 10 m hoher Schlot den Zugang zur "Oberen Etage", einem engeren, die Eingangshalle teilweise überlagernden Höhlenteil, der durch enge Schlufstrecken mit der "Osterhalle" und der "Steilen Rinne" verbunden ist. Den besseren Zugang zu den tagfernen Höhlenteilen bildet eine engräumige Strecke, die von der NW-Wand des rückwärtigen Teiles der Eingangshalle ihren Ausgang nimmt und über die "Steile Rinne" einen engen Schluf zur 20 m hohen und ebenso langen "Osterhalle" führt. Von dort gelangt man in südwestlicher Richtung nach Überwindung der "Blockkluft" zu einem schichtengebundenen, teilweise verzweigten Gang, der zur "Schrägen Halle" führt, von der in südöstlicher Richtung das "Weiße Labyrinth" abzweigt (siehe unten).

TROCKENES LOCH (1836/34)

bei Schwarzenbach an der Pielach

ABB. 12



GRUNDRISS

0 50
m

 vorwiegend schichtgebundene Raumfolgen

Planbearbeitung : M.H. Fink 1965

Der Hauptgang setzt sich von der Schrägen Halle nach einer Engstelle in die schichtengebundene kleine Pfeilerhalle fort, von der in gewundener Form der S-Tunnel anwärts zum "Sunk", einem temporären Wasserstau, führt. Nach dem Sunk zieht in SW-Richtung ein hoher, kluftgebundener Gangabschnitt beim Karrenschacht vorbei zu einem Wasserbecken, das einen vorläufigen Endpunkt darstellt.

Steigt man den 5 m tiefen Karrenschacht ab, so gelangt man, an der Einmündung des "Schleichstollens" vorbei, in das Gangsystem der Paläopielach. Die den Karrenschacht bestimmende Kluft führt zu einem Schlot, der im unteren Teil des Schleichstollens einmündet. Verfolgt man die Paläopielach in südwestlicher Richtung abwärts, so gelangt man, an Ponoren vorbei, zu einer Gangverzweigung. Die beiden dort ansetzenden Äste vereinigen sich jedoch in der Höllenkluft, die 10 m tief zum Spiegel des "Höllensees" abbricht. Es ist dies der tiefste derzeit bekannte Punkt des Höhlensystems; sein Wasserspiegel liegt nur unwesentlich höher als die Karstquelle des Eitelgrünbaches.

Folgt man der Paläopielach aufwärts, so gelangt man zum "Mäandersee" und mehrfach geknickt weiter zum Praterstern. Dort vereinigen sich Paläopielach, Wassergang, Böse Kluft und Wintergang. Die Fortsetzung der Paläopielach in Richtung NE bildet der Wassergang mit seinen Seen Styx und Orkus. Bei Niederwasser fließt ein kleines Gerinne aus dem Orkus und versinkt nach kurzer Strecke in einem Ponor. Bereits 1964 gelang es, den Orkus schwimmend zu überwinden und den vorläufigen Abschluß des Ganges bei einem Siphon zu erreichen. Der in seiner ganzen Länge entlang NE-streichender Kluft entwickelte Gang weist ein senkrecht stehendes Linsenprofil auf.

Bei extrem hohem Wasserstand der Becken in der Paläopielach gestattet es der ständig trockene Schleichstollen, diese zu umgehen und durch die "Böse Kluft" zu der oben erwähnten Vereinigungsstelle des Pratersterns vorzudringen.

Der Zugang zum Wintergang führt vom Praterstern zunächst in südlicher, dann in südwestlicher Richtung. An der SE-Wand dieses Ganges setzt in 5 m Höhe eine Schlufstrecke an, die in den 5 m breiten und bis zu 8 m hohen Wintergang einmündet, der nach SSE führt. Nach 25 m folgt nach einer kurzen Canyonstrecke ein kleiner Abbruch zu einem temporären Siphon. Von der Wandstufe vor dem Siphon nimmt ein engräumiges Bachbett seinen Ausgang, das zunächst einen Teil des Winterganges unterlagert, dann aber mit mehreren Knickstellen in die Nordrichtung zu jenem Kluftgang führt, von dem der Schluf zum Wintergang abzweigt. Die Fortsetzung des Winterganges nach WSW bildet die Baldachinkluft, die zu einem NE-verlaufenden Kluftgang leitet, der selbst wieder mit der oben erwähnten Schlufstrecke in Verbindung ist. Außerdem ist durch den 5 m tiefen Zwischenschacht ein direkter Zusammenhang mit dem unterlagernden Bachbett gegeben.

In Trockenperioden kann der Siphon des Winterganges unschwierig befahrbar angetroffen werden. Die dann folgenden hohen, kluftge-

bundenen Gänge ziehen hauptsächlich in Richtung ENE bergwärts. Zunächst führt der Gang rund 70 m steil aufwärts und bricht dann mit einem Schachte und einer Wandstufe zu einem unterlagernden Kluftgange ab. Durch diesen Kluftgang gelangt man in die "Lange Kluft", die nach rund 100 Metern bei der nach N steil ansteigenden Teilungshalle gegen SSW umbiegt. Der nun folgende Kluftgang erreicht bald eine SW - NO streichende Kluft, die ihrerseits in die annähernd W-E verlaufende Silvesterkluft überleitet, deren Sohle nach 15 m Abstieg erreicht wird. H. FAHRNGRUBER und W. ENGL (1964) gelangten in eine kleine Kammer, von der zwei Gänge abzweigen. Der linke Gang zieht einige Meter bergauf, macht eine Biegung nach rechts und mündet mit leichtem Gefälle nach ca. 50 m in einen 4 m tiefen Absturz, an dessen Sohle ein Höhlenbach fließt. Die rechte Abzweigung führt nach H. FAHRNGRUBER in einen 60 m langen Gang, an dessen Ende ebenfalls der oben angeführte Höhlenbach fließt, der in einen kleinen See mündet. Der Bach konnte rund 150 Meter weit aufwärts verfolgt werden, wo ein Siphonsee ein Weiterkommen unmöglich macht.

Wenige Meter vor dem Abbruch in die Silvesterkluft zweigt an der linken Wand in 5 m Höhe ein steil aufwärts führender lehmbedeckter Gang ab, der von H. ECKER (1964) beschrieben wurde. Nach ca. 8 Metern verflacht sich dieser, nimmt Kluftcharakter an, wobei die Sohle in Bruchschutt übergeht. Nach rund 20 m wird der Gang von einer kleinen Felsstufe unterbrochen, nach weiteren 20 m zweigt links vor einer wieder abwärts führenden Felsstufe eine enge Schlufstrecke ab, die zur Teilungshalle zurückführt. Rund 30 m nach der zweiten Felsstufe folgt ein rund 15 m tiefer Abbruch; die Kluft führt aber auch in der gleichen Richtung wie vorher horizontal weiter.

Das "Weiße Labyrinth" nimmt von der Schrägen Halle seinen Ausgang. Steil ansteigend gelangt man in die niedere Blockhalle, die auch durch eine Engstrecke mit dem schichtengebundenen Gang zwischen der Blockkluft und der Schrägen Halle in Verbindung steht. Nach Überwindung aufwärtsführender, engräumiger Strecken wird eine Gangverzweigung erreicht. Nach NW setzt ein großräumiger Gang mit Schlüssellochprofil an, der sich nach 15 m zu einem hohen Schlot versteilt. Gegen NE führt eine kurze Gangstrecke, die sich nach einer Knickstelle verengt, abwärts. In östlicher Richtung führt ein Kluftgang aufwärts, der vorläufig 40 m weit verfolgt wurde. Die bisher bedeutendste Fortsetzung von der Gangverzweigung stellt der Kluftgang dar, der in Richtung SW zur 15 m langen und 10 m hohen "Weißen Halle" führt. Unmittelbar bevor dieser in die Halle einmündet, zweigt nach NW ein engräumiges, verzweigtes Gangsystem ab, welches zu der Decke des oben erwähnten Kluftganges zurückführt. Von der Ostwand der Weißen Halle setzt ein gegen Osten führender Gang an, der sich gabelt, und dessen Äste bei zwei siphonartigen Wasserstellen ihren Abschluß finden.

Das Trockene Loch gehört sowohl seiner Primäranlage als auch der Raumentwicklung nach zum Typus der voralpinen Großhöhle.

Die Anlage und Ausbildung seiner Höhlenteile sind weitgehend von seiner Lage in einer Deckenstirn und zugleich an der Schichtgrenze zweier verkarstungsfähiger Gesteine bestimmt.

Die Schichtgrenze zwischen dem liegenden Reifflinger Kalk und dem hangenden Wettersteinkalk ist in den tieferen Höhlenteilen aufgeschlossen; es ist auch für die Speläogenese bedeutsam, daß beide Horizonte durch allmähliche Übergänge miteinander verbunden sind.

Die Höhle ist durch das Vorhandensein der verschiedenartigsten Raumformen ausgezeichnet und ermöglicht die Untersuchung einer Anzahl in alpinen Kalkhöhlen auftretender Übergangsformen. Neben kluftgebundenen hallen- und domartigen Raumerweiterungen hochalpinen Charakters sind zahlreiche Übergänge zu rein schichtgebundenen Räumen, bzw. Raumfolgen vorhanden.

Daneben spiegeln sich die petrographischen Unterschiede von Wettersteinkalk und Reifflinger Kalk gut in der Querschnittsgestaltung der Hohlräume nahe der Schichtgrenze wider. Einzelne Teile der Höhle sind an die mittelsteil gegen NW fallenden Schichten gebunden, wobei festzustellen ist, daß die Gänge hauptsächlich dem Streichen oder dem Fallen, jedoch selten diagonal zur Streichungsrichtung ausgebildet sind. Zu den schichtengebundenen Räumen gehören die vorderen Teile der Eingangshalle, die Gangstrecke zwischen Blockkluft und Sunk, der Schleichstollen, sowie kurze Abschnitte der Paläopielach und des Winterganges. Die an den Schichtverlauf gebundenen Gänge bilden genetische und morphologische Einheiten, die nur randlich von kluftgebundenen Zonen berührt und stellenweise durchdrungen werden. Es treten somit auch im Trocken Loch die bereits aus einigen hochalpinen Höhlen beschriebenen "Kluftnester", Verdichtungszone tektonischer Flächen, auf, die den schichtengebundenen Höhlenteilen peripher angelagert sind (E. ARNBERGER 1954, E. WILTHUM 1954).

Dominierend gegenüber den Schichtgängen sind jene Raumfolgen, die an tektonische Flächen gebunden sind. Sowohl Verwerfungen als auch Klüfte erweisen sich für die Anlage dieser Höhlenteile und für die Gestaltung ihrer Raumquerschnitte als sehr bedeutsam.

Bereits im schichtengebundenen Teil der Eingangshalle kann eine Reihe tektonischer Flächen festgestellt werden, die jedoch den Schichtcharakter nicht besonders überprägen. Dort sind an der Decke und an niedergebrochenen Felsblöcken gewölbte Harnischflächen mit deutlicher Striemung zu erkennen, die darauf hinweisen, daß einzelne Schichtflächen als Bewegungsflächen fungierten. Durch schaligen Abbruch entlang dieser Schichtgleitflächen ist die Ausbildung einer Gewölbeform im Sinne von W. BIESE (1933) eingeleitet. Der rückwärtige Abschnitt der Eingangshalle sowie der größte Teil der Oberen Etage und der zur Osterhalle führenden Engstrecken sind entlang tektonischer Flächen angelegt.

Die mächtige Osterhalle wird in ihrer Mitte von einer großen WSW-ENE streichenden Verwerfung gequert, die sich auch in den Endteil der Eingangshalle fortsetzt. Die gegen SW anschließende Blockkluft ist an

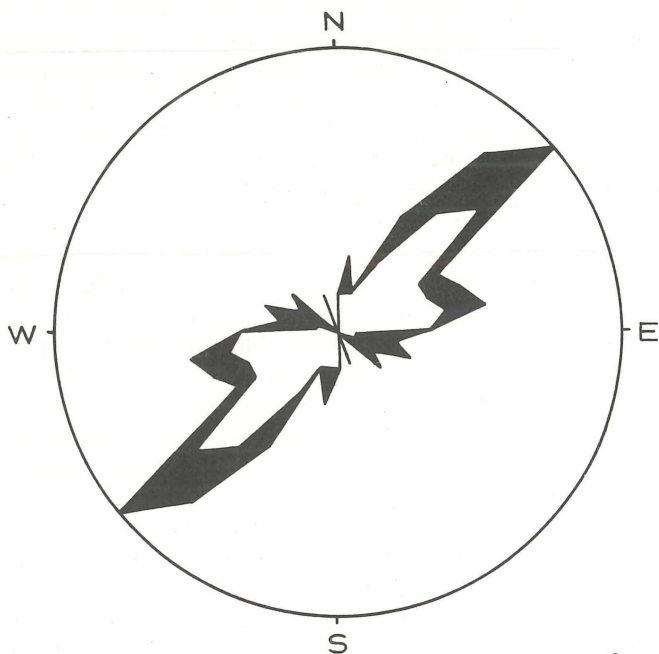
eine SW - NE verlaufende tektonische Fläche gebunden, die sich gegen SW im Gestein verliert. Die Fortsetzung bilden schichtengebundene Strecken, die vor der Schrägen Halle von einer NE-Kluft geschnitten werden. Diese Kluft, die eine unvermittelte Erhöhung des Ganges bewirkt, leitet bereits zum verzweigten System des Weißen Labyrinthes über. Dieser Höhlenteil ist fast durchwegs kluftgebunden. Eine besonders starke Durchsetzung des Gesteinskörpers kann im Bereich der kleinen Blockhalle festgestellt werden, wo neben der dominanten NE-Richtung auch NW-SE orientierte Klüfte und Verwerfungen auftreten. Von besonderem Interesse ist die über 50 m lange Raumfolge, die an eine SW - NE streichende tektonische Fläche gebunden ist und die mit der Weißen Halle ihren derzeit bekannten Abschluß findet. In dem östlich dieser Halle anschließenden Teil kann ebenfalls die Anlage an NE-Klüften konstatiert werden.

Die Höhlenteile von der Schrägen Halle über die Pfeilerhalle in den S-Tunnel sind schichtengebunden, lediglich im unteren Teil des S-Tunnels queren NE-Klüfte den Gang und bewirken seine Erweiterung. Nach dem Sunk dominieren abermals die kluftgebundenen Gänge. Der Karrenschacht und der Endabschnitt des Hauptganges sind an SW-NE streichende, steilstehende Klüfte geknüpft, die auch die tiefen Teile der Paläopielach und die Höllenkluft bestimmen. Die kurzen schichtengebundenen Abschnitte der Paläopielach und des Schleichstollens leiten in südöstlicher Richtung zu einer weiteren Verdichtung des Störungsnetzes über, das mit auffällender Dominanz der SW-NE, bezw. WSW-ENE verlaufenden tektonischen Flächen die Primäranlage der Paläopielach und des Wasserganges, aber auch die der Bösen Kluft und des gegen den Schleichstollen ziehenden Ganges verursachten. Das gleiche Störungsnetz ist im System des Winterganges zu erkennen, wo es vor allem im nordwestlichen Teil raumbestimmend ist.

Die Höhlenteile hinter dem großen Siphon verdanken ihre Anlage hauptsächlich WSW-ENE streichenden Flächen, wie z.B. in der Langen Kluft. Es kommen jedoch auch Gangstrecken vor, die an Störungen angelegt sind, die gegen NNE streichen oder W - E verlaufen. Aus den bisher lediglich erkundeten Höhlenteilen im Bereich der Silvesterkluft liegen bei Abschluß des Manuskriptes noch keine Kluftmessungen vor.

Die Auswertung der - hauptsächlich steilstehenden - tektonischen Flächen zeigt, daß diese in zwei bestimmenden Richtungsgruppen ausgebildet sind. Neben einem deutlich dominanten NE-Maximum ist auch eine ENE-Gruppe kräftig entwickelt (Abb.13). Jedes der beiden Richtungsmaxima gehört vermutlich zu einem gesonderten X-System; die entsprechenden Klüfte normal dazu haben jedoch für die Genese nur geringe Bedeutung. Die für die Primäranlage wesentlichen tektonischen Flächen streichen hauptsächlich parallel zu den Faltenachsen und parallel zur nahen Deckenstirn, womit eine eindeutige Beziehung der kluftgebundenen Höhlenräume zur Großtektonik gegeben ist.

Abb. 13



M.H. Fink

0 5
tektonische Flächen

Trockenes Loch

KLUFTDIAGRAMM

■ Tektonische Flächen ohne Differenzierung □ raumbestimmende Tektonische Flächen

Bemerkenswert ist die vorwiegend lineare, horizontale Erstreckung der kluftgebundenen Raumfolgen, also die Bindung an eine einzige raumbestimmende tektonische Fläche; die aus hochalpinen Höhlen vielfach bekannte Verschneidung von Klüften und Verwerfungen und die daraus resultierende Erweiterung der Höhlenräume zu Hallen oder zu Domen ist im Trockenen Loch nur selten festzustellen (z.B. Osterhalle). Als Ganzes betrachtet, ist das Trockene Loch als Horizontalhöhle anzusprechen; die vertikal verlaufenden Strecken (Schächte und Schlote) sind verhältnismäßig kurz und vermögen das Erscheinungsbild der Höhle nicht entscheidend zu beeinflussen.

Nasses Loch (1836/19)

Das Nasse Loch, eine aktive Wasserhöhle, befindet sich südlich von Schwarzenbach an der Pielach im westlichen Hang des Kleinen Kögelberges (1145 m), im Graben des Eitelgrünbaches, nordwestlich der Hölzernen Kirche. Der Eingang öffnet sich am Fuße einer niedrigen Felswand in 750 m Höhe.

Geologisch gesehen liegt die Höhle am Nordrand der Annaberger Decke. Eine verkehrte Schichtfolge deutet auf den Deckenstirncharakter dieser Zone hin. In der Schlucht unterhalb der "Hölzernen Kirche" stehen einige Bänke Reiflinger Kalks (Anis) an, der nach oben in Wettersteinkalk (Anis-Ladin) übergeht. Es ist ein typisches, auch für die Speläogenese bedeutsames petrographisches Kriterium, daß der Reiflinger Kalk mit dem Wettersteinkalk durch allmähliche Übergänge verbunden ist. Das Nasse Loch liegt in einer ausgesprochenen Übergangszone beider Horizonte.

Im Raumcharakter herrscht weitgehende Einheitlichkeit. Im wesentlichen liegt ein Höhlengang mit einer derzeit befahrenen Länge von 120 Meter vor. Die Haupterstreckung ist von NW gegen SE. Fast die gesamte Sohle wird von einem tagwärts strömenden Gerinne eingenommen, das von einer Versturzone am derzeitigen Ende der Höhle seinen Ausgang nimmt und im rückwärtigen Teil der Höhle zwei größere Siphonstrecken überwindet (MATZ 1962). 90 Meter weit ist die Höhle ohne besondere Hilfsmittel befahrbar.

Anlage und Großformung der Höhle sind durch zwei steil einfallende Klüfte bedingt, deren Verlauf nicht immer eindeutig erkennbar ist, jedoch durch Richtung und Querschnitte der an sie gebundenen Strecken hinreichend gekennzeichnet ist. Der tagnahe Teil ist an eine WNW-ESE streichende, der daran anschließende bedeutend längere Teil (ca. 100 m) an eine NW-SE verlaufende Kluft gebunden. RIEDL (1959) hat überzeugend nachgewiesen, daß die Rundprofile im Anfangsabschnitt und im Verlauf der tagferneren Teile keineswegs ein "effektiv-erosives Kräftespiel" erhärten, sondern daß sich die Genese jener zugerundeten Querschnittsformen im Nassen Loch aus Verbrauchs- und Ausräumungsvorgängen entlang von Schichtflächen in inhomogenen Gesteinspaketen ableiten läßt.

Der weiter oben erwähnte petrographische Übergangscharakter der beiden Gesteinshorizonte, deren Schichten im Bereich der Höhle mit 20° gegen N einfallen, ist weitgehend an der Anlage und an der speläomorphologischen Raumentwicklung der Höhle beteiligt.

Das Nasse Loch zeigt somit zwischen zwei vorwiegend durch Tektonik bestimmten Räumen im Anfangs- und Endabschnitt einen zentral gelegenen Teil vom Typ einer Schichtgrenzhöhle, der die beiden tektonischen Teile nach beiden Seiten durchdringt und mit Zunehmen des Klufttypus der Höhle abklingt.

Fledermausloch (1836/56)

In den Felswänden unweit des Nassen Loches, nahe der Einmündung des Eitelgrünbaches in das Pielachtal, befindet sich das 21 Meter lange Fledermausloch. Der dreieckige Eingang am Fuße der Felsen erreicht an der Trauflinie eine Höhe von 9 m und eine Breite von 2,5 m. Nach Überwindung von großen Blöcken gelangt man in einen 8 Meter langen, kluftgebundenen Gang, dessen bestimmende tektonische Fläche N 80° E streicht. Die Höhe des Ganges beträgt 4 Meter, der

Querschnitt ist durchwegs dreieckförmig. Die Konvakuationssohle besteht aus Blockwerk und Bruchschutt. Nach einer Verengung des Ganges gelangt man durch eine 1,5 m hohe Öffnung in einen größeren Höhlenraum, der an zwei divergierende Verwerfungen gebunden ist. Der bis zu 7 m hohe Raum streicht gegen SSW und verengt sich schließlich bis zu einer Spalte von 0,5 m Breite und 1 m Höhe. Der Hohlraum wird von mächtigem Blockwerk abgeschlossen. Die beiden Verwerfungen streichen unter $N 10^{\circ} E$ und unter $N 28^{\circ} E$; die erstere fällt steil gegen WNW, die zweite ist saiger ausgebildet.

Die Höhle liegt unmittelbar in der Stirn der Annaberger Decke in Wettersteinkalk.

Mooskogelhöhle (1836/55)

Südlich von Schwarzenbach an der Pielach, rund 500 m WSW des Jagdhauses Karnthal befindet sich am Fuße der gegen W abfallenden Wände des Mooskogels das Eingangsportal in 920 m Seehöhe.

Vom 6 m breiten und 15 m hohen Portal zieht der Höhlengang 14 Meter weit in nordöstlicher Richtung, wobei die Breiten- und die Höhlenausdehnung rasch abnehmen. Die bergwärts ansteigende Sohle besteht größtenteils aus grusigem Verwitterungsschutt. Danach führt gegen Norden ein 1 m breiter und maximal 1,2 m hoher Gang, der nach weiteren 6 m rechtwinkelig gegen Osten umknickt. Nach 3 m folgt eine kleine Erweiterung des Ganges auf 1,5 m Höhe und ein abermaliger Knick gegen Süden. Von da an ist der leicht abfallende Gang nur mehr kriechend 2,5 m weit befahrbar, worauf er wieder gegen Osten umbiegt und sich in einer engen Spalte verliert. Der Eingangsteil ist an eine steilstehende, SW-NE streichende Kluft gebunden; in den folgenden Abschnitten ist trotz des oftmaligen rechtwinkeligen Abbiegens des Ganges eine Bindung an Gesteinsfugen nicht klar erkennbar. Das Muttergestein der insgesamt 25 m langen Mooskogelhöhle ist Gutensteinerkalk.

Staffmauernhöhle (1836/39) und Mäandergang (1836/40)

In der Staffmauer südlich von Schwarzenbach an der Pielach befinden sich am Fuße der Felswände die Eingänge zu den beiden Höhlen in einer Seehöhe von 880, bezw. 890 m.

Die untere Tagöffnung der Staffmauernhöhle ist an der Trauflinie 16 m hoch und 1,5 m breit. Steil aufwärts gelangt man in einen Raum von 6 m Höhe und durchschnittlich 10 m Durchmesser, der zur Gänze vom Tageslicht erhellt ist, das zu einem Teil auch vom 5 m breiten und ebenso hohen oberen Eingang einfällt. Den westlichen Teil dieses Raumes bildet eine fast ebene Plattform, die durch eine Felsstufe von 2,5 m Höhe gegen den übrigen Teil herausgehoben erscheint. Die Anlage dieses Raumes wird durch zwei divergierende Klüfte bestimmt, von denen die eine $N 35^{\circ} E$, die andere $N 50^{\circ} E$ streicht. Die Sohle wird fast zur Gänze von Bruchschutt und Blockwerk gebildet.

Gegen Südosten schließt ein geradliniger, mannshoher Gang an, dessen Querschnitte und Kleinformen durch die dünnplattigen, flach

gegen NE fallenden Schichten des Reiflinger Kalkes beeinflusst sind. Eine raumbestimmende Kluft konnte nicht festgestellt werden. Nach 7 m geht dieser Gang in einen 4 m hohen Raum mit ebener, lehmbedeckter Sohle über, der durch besonders gut ausgebildete Wand- und Deckenkolke charakterisiert ist. In den oben beschriebenen Höhlenteilen hat die mechanische Verwitterung infolge starken Temperaturwechsels und Spaltenfrost bedeutenden Anteil an der Raumerweiterung. Diese hat den Korrosions-Formenschatz überprägt und oft zur Gänze verwischt; in den tagfernen Teilen sind hingegen die Korrosionsformen im wesentlichen unverändert erhalten geblieben. Über eine 2,5 m hohe Wandstufe schließt gegen Osten ein weiterer Raum an, der außerdem durch zwei enge Schlufstrecken mit dem vorigen Raum in Verbindung steht. Die Gesamtlänge dieser Höhle beträgt 35 Meter.

20 Meter vom oberen Eingang entfernt, befindet sich ebenfalls am Fuß der Felswände - das tonnenförmige Portal einer 7 m langen Höhle (1836/39b). Diese ist längs einer SW-NE streichenden Kluft angelegt, und besitzt eine südlich anschließende kleine Kammer. Die Sohle besteht größtenteils aus lehmig-sandigen Sedimenten.

Umgeht man den Felspfeller, in dem die Staffmauernhöhle liegt, und steigt man eine steile Rinne empor, so gelangt man zum 1 Meter breiten und 1,5 m hohen Eingang des Mäanderganges (1836/40), welcher sich etwa 10 m höher als die Staffmauernhöhle befindet. Die Höhle besteht aus einem 7 m langen, mäandrierenden Kluftgang, der maximal 1 m breit ist. Nach oben hin verengt sich die SW-NE verlaufende Kluft und ist zum Teil mit Blöcken verschlossen. Die Sohle besteht aus Lehm und kantigem Bruchschutt. Die Wände weisen mitunter kleine Laugenskolke auf.

Unweit des Mäanderganges befindet sich eine Durchgangshöhle, die einen Vorsprung der Felswände durchzieht. Außerdem befindet sich im Bereich der Staffmauer eine weitere Höhle, sowie am Hang gegen den anschließenden Spitzkogel ein Schacht, die jedoch noch nicht bearbeitet werden konnten.

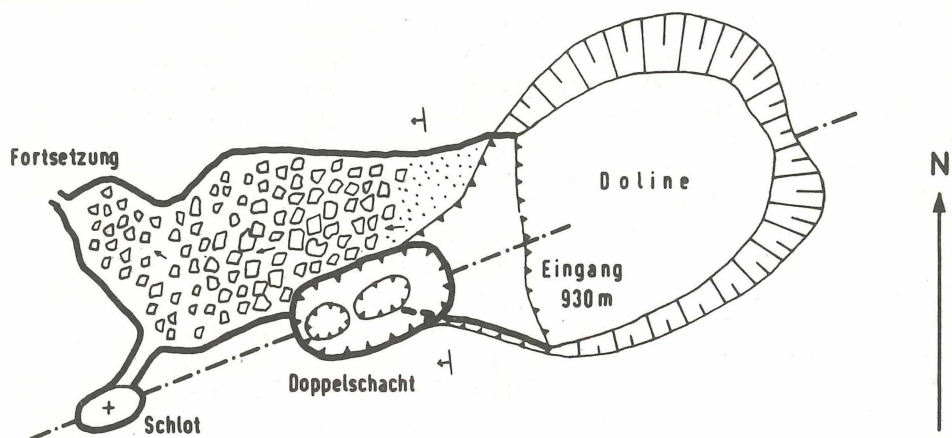
Die Felswände des Spitzkogels und der Staffmauer bestehen aus massigen Wettersteinkalken, die nach unten hin in Reiflinger Kalk übergehen, in welchem die Höhlen offenbar angelegt sind. Die Staffmauer ist der Stirn der Annaberger Decke zugehörig, die Überschiebungslinie auf die Lunzer Decke streicht annähernd Isohypsenparallel in der Höhe des Gehöftes "Hinter-Staff" aus. Das ganze Gebiet ist demnach tektonisch stark beansprucht und ist auch eine Zone rezenter Mobilität, die u. a. durch die postglazialen Bergsturm Massen an der Westseite des Spitzkogels unterstrichen wird (E. SPENGLER 1931).

Eisgrube (1836/50)

Diese Höhle und die benachbarten Dolinen, die in ihrer Gesamtheit von den Ortsansässigen als "Eisgruben" bezeichnet werden, befinden sich am Nordwestabfall des Höhenzuges Kögelberg - Schoberberg, südlich von Schwarzenbach an der Pielach. Vom Jagdhaus Karnthal liegt die Höhle rund 690 m weit in östlicher Richtung.

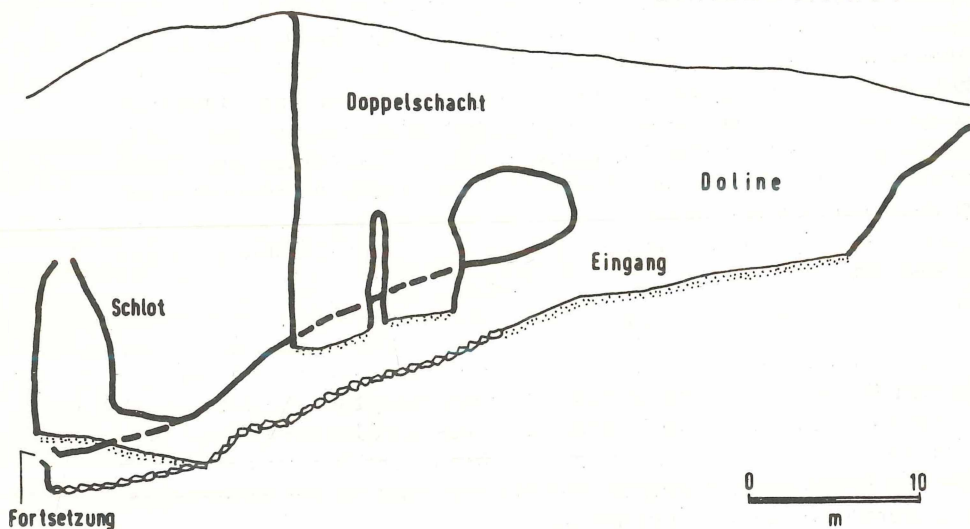
EISGRUBE

bei Schwarzenbach a.d. Pielach



GRUNDRISS

LÄNGSSCHNITT



Das 12 m breite und über 3 m hohe Portal, das in 930 m Seehöhe liegt, befindet sich am Grunde einer großen steilwandigen Doline, deren Felswände stellenweise bis zu 15 m hoch sind. Man gelangt in eine großräumige, 30 m abwärts führende Halle, die durchschnittlich 10 m breit und 3 bis 4 m hoch ist. Ihre Sohle besteht aus Blockwerk und Bruchschutt. An der südlichen Begrenzungswand ist die Einmündung eines bis zu 20 m tiefen Doppelschachtes, durch den Tageslicht einfällt. Vom unteren Ende der Halle führt ein 5 m langer Kluftgang zu einem Schlot, der mindestens 10 m hoch ist. In den oberen Teilen dieses Kluftganges ist labiles Blockwerk eingekellt; an der Südwestseite des Schlotes hingegen ist das Blockwerk brekziös verkittet. Vom unteren Ende der Halle setzt eine enge, aufwärts führende Spalte an, durch die man nach 3 Metern in eine Kammer gelangt. An ihrem Ende führt ein reich versinterter Schacht 10 Meter in die Tiefe. Nach H. FAHRNGRUBER (1965) leitet vom Schachtboden ein 15 m langer Gang in nordöstlicher Richtung in eine kleine, tropfsteingeschmückte Halle, an deren Grund ein Wasserstau angetroffen wurde. Südwestlich des Schachtgrundes gelangt man nach 4 Metern in eine Tropfsteinkammer, die das Ende der Höhle bildet. Die Eisgrube befindet sich in dünnplattigen Gutensteiner Kalken, die in der Eingangszone eine intensive Kleinfaltung zeigen. Im Bereiche der Halle, die deutlich schichtgebunden ist, weist der Kalk ein generelles Fallen von 20° gegen W auf, im Kluftgang sowie an der Basis des Schlotes lagert er horizontal. Der schichtengebundene Höhlenteil, d.h. die Halle, wird randlich von einer bedeutenden Verwerfung durchdrungen. Diese tektonische Fläche, an die sich im Eingangsbereich, sowie im Bereich des Schlotes eine Reibungsbrekzie knüpft, verläuft ziemlich geradlinig WSW-ENE und fällt sehr steil gegen NNW ein. An diese Verwerfung ist eine genetisch zusammenhängende Raumfolge gebunden, deren einzelne Teilräume vorwiegend vertikale Erstreckung aufweisen, und die durch den basalen schichtengebundenen Höhlenteil räumlich verbunden sind. Der Schlot im Südosten der Höhle, der Doppelschacht, sowie im Obertagbereich die steilwandige Doline, in der sich das Portal öffnet, und eine benachbarte große Trichterdoline gehören dieser Raumfolge an. Über die neu entdeckten Höhlenteile liegen zur Zeit keine morphotektonischen Untersuchungen vor.

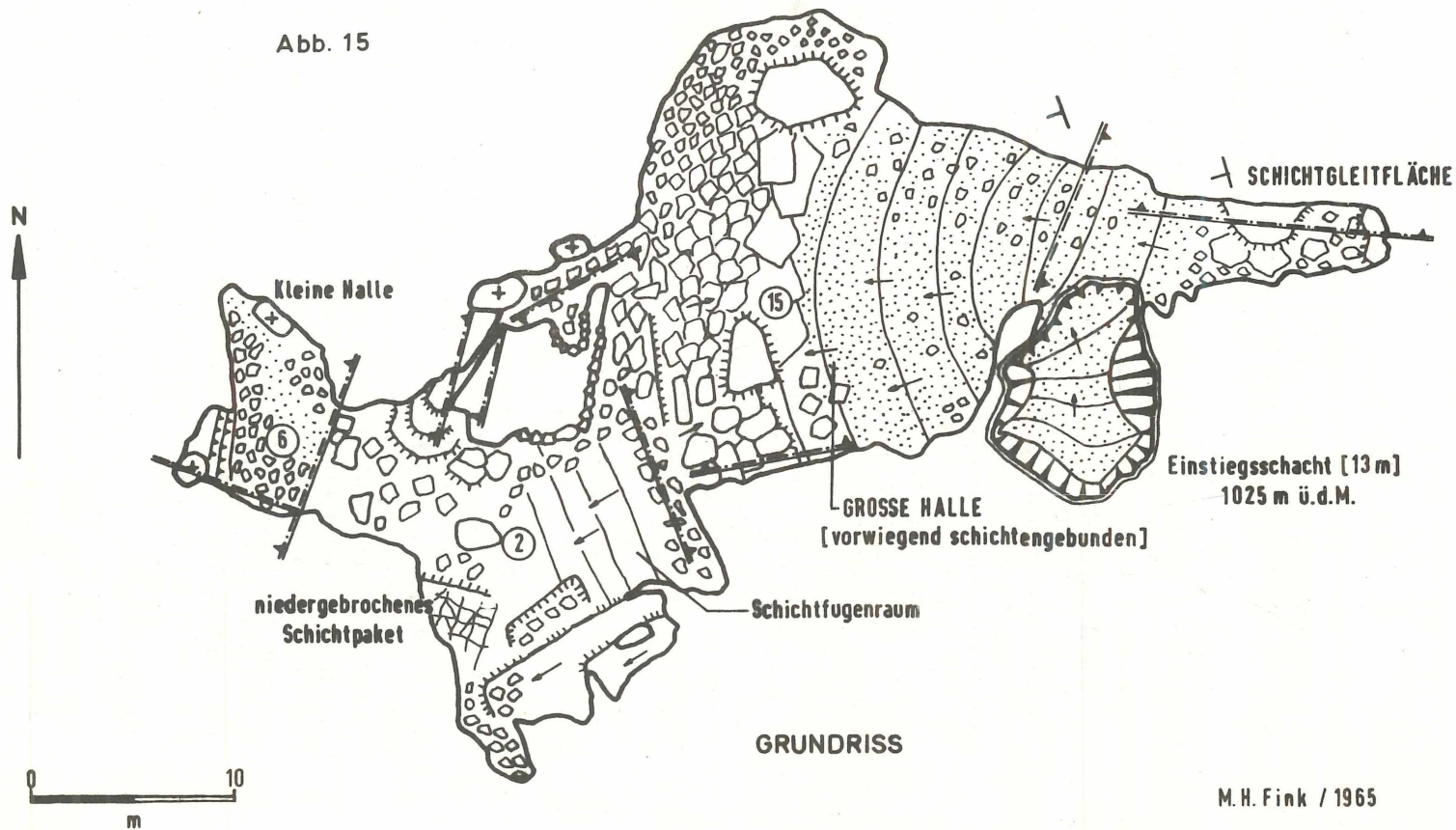
Die Gesamtlänge der Eisgrube kann mit rund 100 Metern angegeben werden.

Schoberberghöhle (1836/51)

Am Schoberberg (1113 m), einer gegen das Türrnitzbachtal vorgelagerten Erhebung des Höhenzuges Großer Kögelberg - Schwarzenberg, befindet sich die große Karstmulde der Schilbacher Alm. Am südschauenden Hang dieser Karstmulde öffnet sich unweit der Scheitellinie des Höhenzuges in einer Seehöhe von 1025 m der eindrucksvolle Schacht der Schoberberghöhle.

SCHOBERBERGHÖHLE (1836/51) westlich von Türnitz

Abb. 15



Nach einem an der tiefsten Stelle der Umrandung ansetzenden Abstieg von 13 m wird ein Schuttkegel erreicht, der sich in eine bedeutende Halle fortsetzt: bei einer Längserstreckung von 40 m und einer maximalen Breite von 22 m weist diese Halle eine Grundfläche von rund 400 m² auf. Die Decke wölbt sich bis zu 15 m über dem tiefsten Punkt des Schuttkegels. Gegen Südwesten über Blockwerk ansteigend, wird ein 11 m langer Gang erreicht, der zwei Schlote entsendet und von dem an seinem Ende eine unbefahrbare Verwerfungsspalte mit einem tieferen Höhlenteil in Verbindung steht. Zu diesem gelangt man, wenn man südlich des erwähnten Ganges vom Südwestende der Halle einer breit ausladenden Schichtfuge folgt, die mit 17° gegen SW absinkt und sich nach 10 m zu einem annähernd mannshohen Raum weitet. Diesem sind gegen Süden zwei kleinräumige, zueinander parallel verlaufende Gangstrecken angegliedert, die anverschiedenen Schichten staffelförmig übereinander angeordnet sind. Gegen Nordwesten gelangt man über Blockwerk leicht ansteigend in eine 13 m lange, 8 m breite und 6 m hohe Halle, von der zwei Schlote wegführen.

Die Schoberberghöhle befindet sich im Gutensteiner Kalk, dessen dünnplattige, jedoch verschiedenen mächtige Schichten mit durchschnittlich 15 bis 25° gegen SW einfallen. Die Schichtfugen, bzw. Schichtflächen haben vor allem für die Gestaltung der großen Halle sowie für die Entwicklung der rein schichtengebundenen Raumfolgen des im Südwesten anschließenden Höhlenteiles primäre Bedeutung. Die verschiedene Mächtigkeit der Schichtpakete sowie die unterschiedliche Dichte des Kluftnetzes kommt auch in der Größe und Verteilung des Bruchschuttes, bzw. Blockwerkes zum Ausdruck. Im östlichen Teil der großen Halle konnten eindeutig Schichtgleitflächen mit deutlich erkennbarer Striemung und einem Versetzungsbetrag von mindestens 30 cm festgestellt werden. Die im Südwesten der Halle befindlichen Schichtfugenräume lassen ihre derzeitige Konfiguration zum Teil auf das Niederbrechen einzelner Schichtpakete zurückführen. Dies trifft im besonderen auf die staffelförmig übereinander lagernden Räume zu. An einer Stelle kann ein großflächig niedergebrochenes Schichtpaket, welches scherbügelig zerbrochen ist, beobachtet werden (vgl. Abb. 15).

Außer den Schichtflächen haben vor allem die Verwerfungen für die Entstehung und Entwicklung der Höhle große Bedeutung. Es handelt sich im allgemeinen um steilstehende, bzw. steil einfallende tektonische Flächen, die - wie eine Überblickskartierung zeigte - in drei bestimmten Richtungsgruppen auftreten. Die größte Häufigkeit zeigen die NO- bis NNE-Flächen, gefolgt von der NW-Gruppe und einigen Flächen in W-O-Richtung. Es ist bemerkenswert, daß Klüfte (im engeren Sinne) fast gänzlich fehlen.

Die Gesamtlänge der Höhle wurde mit 125 m ermittelt; der Gesamthöhenunterschied beträgt - 22 m, die maximale Horizontalerstreckung 60 m in Richtung WSW - ENE.

Blockschacht (1837/21)

Südwestlich der höchsten Erhebung des Schwarzenberges bei Türnitz (1095 m) befindet sich nahe der flachen Einsattelung, nach welcher der Aufschwung zum Schoberberg erfolgt, im oberen Teile eines gegen das Türnitzbachtal abfallenden Grabens der Einstieg zu dem in 980 m Höhe liegenden Blockschacht.

Nach einem senkrechten Abstieg von 10 m werden stufige Felspartien erreicht, die zu der aus Blockwerk bestehenden Konvakuationssohle leiten, die mittelsteil gegen SW abfällt. Die Höhle besteht im wesentlichen aus einer durchschnittlich 12 m hohen und 4 Meter breiten Halle, deren westlicher Teil an eine SW-NE, deren östlicher an eine WNW-ESE streichende Kluft gebunden ist. Eine Raumverbreiterung auf 6 m im mittleren Teil ist auf das Zusammentreffen dieser beiden Flächen sowie auf eine NNW-SSE streichende weitere Kluft zurückzuführen. Die Einstiegszone verdankt ihre Primärgenese der Kreuzungsstelle der bereits oben angeführten WNW-ESE-streichenden mit einer zweiten NNW - SSE verlaufenden Kluft. Diese Zone ist als eine Art "Deckenfenster" des hallenartigen Raumes anzusehen.

Das Gestein der insgesamt 30 m langen und 21 m Niveaudifferenz aufweisenden Höhle ist flachgelagerter Gutensteiner Kalk.

Rieseneinbruch (1837/22)

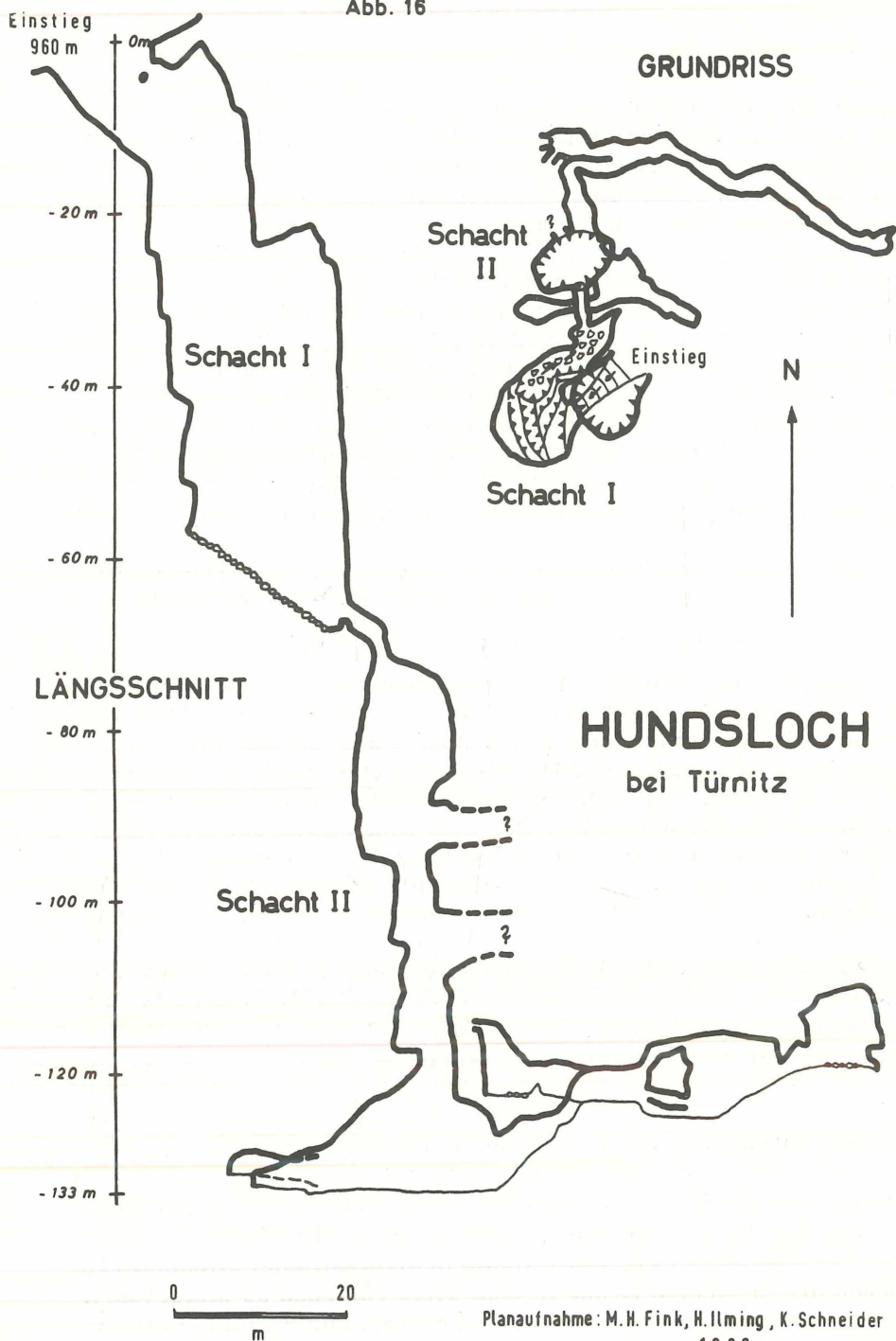
Rund 100 m südöstlich des Blockschachtes, fast genau in der Mitte der Verbindungslinie Schwarzenberg - Schoberberg (1113 m) liegt der Rieseneinbruch (940 m), dessen unregelmäßig geformte Tagöffnung eine Länge von 30 m (W-E) und eine maximale Breite von 15 m aufweist. Von Osten führt eine unter 35° geneigte Halde zum tiefsten Punkt, der 30 m unter dem Eingangsniveau liegt. Die westliche Begrenzungswand bricht senkrecht bis überhängend ab. Am Grunde der Karsthohlform ist eine N-S streichende Verwerfung aufgeschlossen, die mit 75° gegen W einfällt. An diese ist eine nur kleinräumige Höhle angeschlossen, deren Decke von einem Harnisch der vorhin angeführten Verwerfung gebildet wird. Diese ist wasserwegsam und führt weiter in die Tiefe; eine Befahrung ist jedoch infolge Verlegung mit Blockwerk nur 10 m weit möglich; der Rieseneinbruch befindet sich im Gutensteiner Kalk.

Hundsloch (1837/12)

Das Hundsloch, das zu den tiefsten Schachthöhlen des gesamten Untersuchungsgebietes zählt, öffnet sich am Südosthange des Schwarzenberges (1095 m), westlich von Türnitz in 960 m Seehöhe.

Von der 10 m Durchmesser aufweisenden Einstiegsöffnung gelangt man über eine sehr steile Halde in südwestlicher Richtung zum Abbruch des Schachtes I, der in eine Tiefe von rund 55 Meter führt. Die Konvakuationssohle des Schachtes besteht aus regellos verkeilten Versturzböcken und fällt steil gegen Nordosten ab. Betrachtet

Abb. 16



man den Längsschnitt, so fällt ebenfalls die häufig zu beobachtende Tatsache auf, daß Schächte (bezw. alle vertikalen Höhlenstrecken) nach der Tiefe zu ihre Breitenausdehnung wesentlich erhöhen. Vom unteren Ende der Blockhalde vermittelt ein im Verhältnis zu den übrigen Höhlenteilen sehr engräumiger, S-N verlaufender Kluftgang den Zugang zum 63 m tiefen Schacht II, der unvermittelt zum tiefsten derzeit bekannten Punkt des Systems abbricht, der 133 Meter unter dem Einstieg liegt. Dieser Schacht ist ebenso wie der erste gestuft; die einzelnen Absätze sind wesentlich ausgeprägter als jene im Schacht I. In 90, bzw. 105 m Gesamttiefe setzen an der NW-Wand zwei übereinander befindliche Kluftgänge an, die noch unbefahren sind. Der Schacht II weist im oberen Teil einen elliptischen Querschnitt auf, dessen Hauptachse SW - NE streicht, im unteren Teil verbreitert er sich in Richtung NW - SE.

Am Schachtgrund nimmt ein vorwiegend horizontal verlaufender Höhlenteil seinen Anfang, der auf eine Länge von 90 m befahren ist. Gegen NW zieht ein Kluftgang, der nach einem Knick gegen Ost 15 m weit steil aufwärts führt und in einen NW-SE streichenden Höhlengang einmündet. Das Nordostende dieses Ganges bildet ein runder, schlotartiger Raum, der mittels einer in 8 m Höhe über der Sohle ansetzenden Fortsetzung eine Verbindung mit der unteren, vom Schacht II wegführenden Kluftstrecke haben dürfte.

Der Gang, der gegen sein Südostende leicht ansteigt und mächtige Sinter- und Tropfsteinbildungen aufweist, ist an eine deutlich erkennbare Kluft gebunden, die auch für den Querschnitt des Ganges wesentlich ist. Vom Schachtgrund zieht ebenfalls gegen SE ein Kluftgang 19 m weit, und eine wenig bedeutende Strecke zweigt von ihm gegen Westen ab.

Das Hundsloch ist zur Gänze im anisischen Gutensteiner Kalk ausgebildet, dessen dünnplattige Schichten sehr flach gelagert sind. Die Untersuchung der tektonischen Flächen gestaltete sich infolge der bedeutenden Ausmaße vor allem der vertikalen Höhlenstrecken und aus befahrungstechnischen Gründen äußerst schwierig. Die Anlage der Hohlräume erfolgte ausnahmslos an Klüften. Verwerfungen sind anzunehmen, konnten aber nicht einwandfrei als solche identifiziert werden. Die Schächte I und II sind an Klüfte geknüpft, welche SW - NE streichen und sehr steil gegen NW fallen; die mehr oder weniger horizontal verlaufenden Höhlenstrecken sind an Klüfte gebunden, die NW - SE streichen und saiger sind.

Im Obertagegebiet - in unmittelbarer Nähe des Einstiegs - zieht eine Störungslinie NW - SE und ist etwa 300 m weit hangaufwärts zu verfolgen; an diese Senkungszone sind regelmäßig geformte Trichterdolinen und eine von senkrechten Felswänden umgebene Felsoline geknüpft. Diese Störung scheint mit den zu ihr parallel verlaufenden Klüften der tiefer gelegenen horizontalen Höhlenteile in engstem Zusammenhange zu stehen.

Wir haben es im Bereich des Hundsloches mit einem höchstwahrscheinlich zusammengehörigen "gekreuzten" Kluftsystem zu tun,

dessen Nordost streichende Klüfte die Anlage der vorwiegend vertikalen, und dessen Nordwest streichenden Klüfte die Anlage der vorwiegend horizontalen Höhlenteile bewirkten.

Guganederschacht (1837/7)

Der Einstieg des Schachtes liegt in einer Einsenkung des Höhenrückens, 500 m westlich der höchsten Erhebung des Schwarzenberges (1095 m) bei Türnitz, in einer Seehöhe von 1050 m.

Von der 4 x 6 m messenden Tagöffnung führt der Schachtraum in eine Tiefe von 34 m, wo die steil gegen SW abfallende, aus Blockwerk bestehende Sohle erreicht wird. In 10 m Tiefe beginnt sich der Schacht, der bis dorthin eine Ausdehnung von 2,5 x 4 m aufweist, gegen NE zu erweitern, so daß in 26 m Tiefe eine schräg einfallende Plattform nordöstlich der vertikalen Achse des Schachtes ausgebildet ist. Diese Plattform ist an eine Schichtfuge gebunden, die auch die Decke des Raumes an der Schachtsohle bildet. Die oben erwähnte Blockhalde fällt zum tiefsten Punkt der Höhle ab, der 41 m unter dem Einstieg liegt.

Das Muttergestein ist Gutensteiner Kalk, der im Bereiche der Höhle flach gegen SW einfällt. Die Anlage des Schachtes erfolgte an der Kreuzungsstelle zweier divergierender Klüfte, deren eine mit 80° gegen SE einfällt und N 53° E streicht und deren zweite N 18° E streicht und steil gegen ESE fällt. Die zuerst erwähnte Kluft erweist sich sowohl für die Primäranlage als auch für die Raumentwicklung des Schachtes als dominant. Die zweite tektonische Fläche ist hauptsächlich an der Ausgestaltung der nordöstlichen Begrenzungswand beteiligt.

Zufluchtshöhlen (1837/23 a-d) und Hubertushöhle (1837/8)

Ungefähr 1,2 Kilometer südsüdöstlich des Gipfels des Schwarzenberges liegen in einem gegen das Türnitzbachtal vorspringenden Felskopf aus Gutensteinerkalk vier kleinräumige Höhlen in einer Seehöhe von 820 m. Die raumbestimmenden Klüfte weisen meridionale Richtung auf. An der morphologischen Gestaltung haben überdies auch Schichtfugen einen gewissen Anteil.

Die Zufluchtshöhle I ist eine Durchgangshöhle von 6 Meter Länge, die den Felsen in W-O-Richtung durchzieht und den Zugang zuden weiteren Höhlen vermittelt, die an der Ostseite des Felsens liegen.

Die Zufluchtshöhle II ist ein 5 m langer, gegen N verlaufender Kluftraum, der am Eingang 1,5 m Breite und 2 m Höhe mißt und sich allmählich verengt.

Die Zufluchtshöhle III liegt 5 m nordöstlich der Höhle II. Sie hat im Eingangsteil Schichtfugencharakter, während im Inneren eine N-S verlaufende Parallelkluft zu jener in Höhle II auftritt. Der Raum ist 7 m lang.

Die Zufluchthöhle IV liegt östlich der Höhle III. Sie ist mit 9 m Länge, 2 m Höhe und 4 m Breite die geräumigste dieser vier Höhlen. Auch in dieser Höhle ist eine dominante N-S streichende Kluft feststellbar, an welcher auch ein 4 m hoher Schlot entwickelt ist.

Am Fuß der Felswände, in denen sich die Zufluchthöhlen befinden, liegt in einer Felsnische der imposante Eingang zur Hubertushöhle (1837/8), die bereits von M. MÜLLNER (1927) kurz erwähnt wurde. Die gesamte Höhle ist an einem System gewaltiger Verwerfungen angelegt. Die 2 bis 5 m breite und 12 bis 15 m hohe Höhle erstreckt sich zunächst in horizontaler Richtung. Dann folgt ein 4 m tiefer, überhängender Abbruch, der zu einer Fortsetzung führt, von der weitere zwei Schächte in die Tiefe führen. Ihre Tiefen werden von MÜLLNER mit 33 und 15 m angegeben. Planaufnahme und fachliche Bearbeitung stehen zur Zeit des Abschlusses dieses Manuskriptes noch aus.

Paulinenhöhle (1837/11)

Die insgesamt 180 m lange Höhle befindet sich im Westabfalle des Klausberges in unmittelbarer Nähe des Marktes Türnitz in 620 m Höhe.

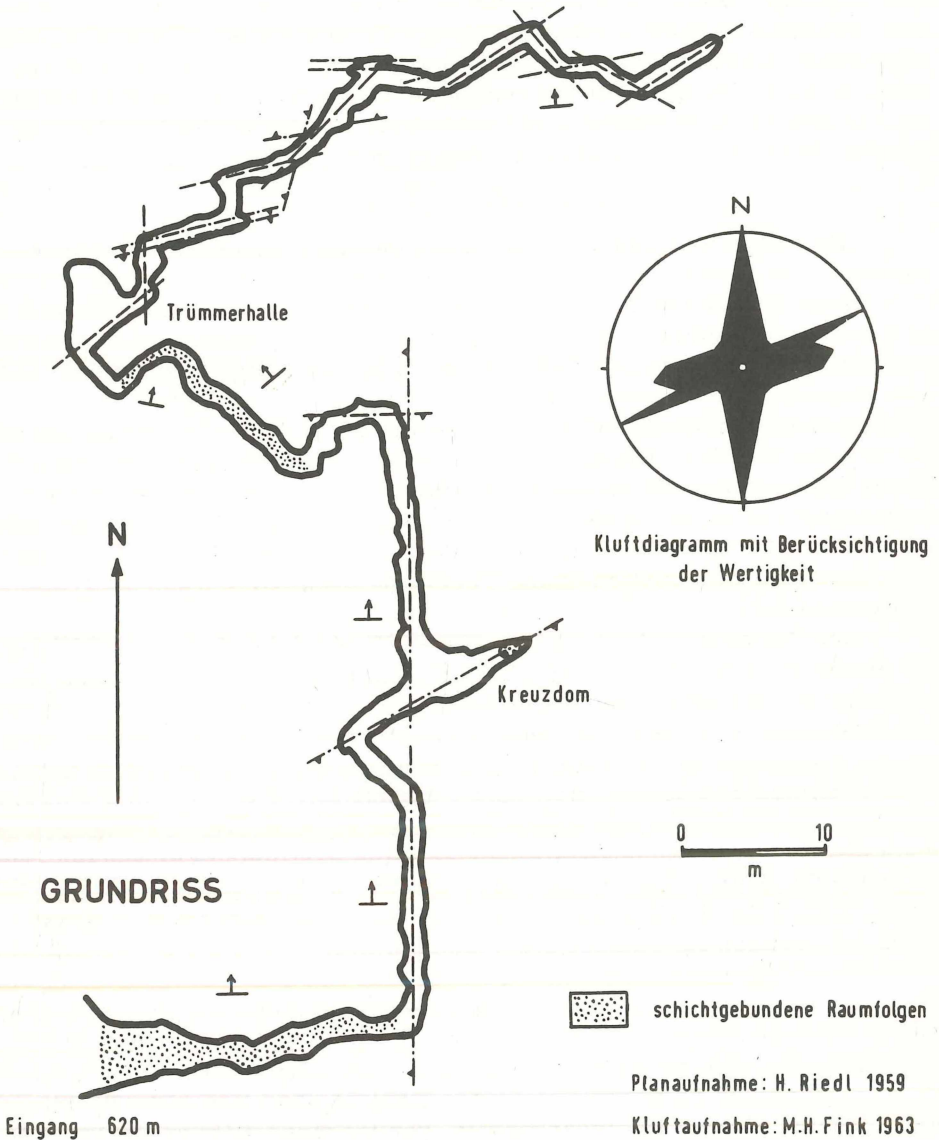
Vom Portal verläuft der leicht absinkende, durchschnittlich 1,5 m breite und 2 m hohe Gang 22 m weit fast in W-E-Richtung. Die unteren Partien der Begrenzungswände werden von mergeligen Opponitzer Kalkeiingenommen. Dieser Abschnitt ist im Schichtstreichen angelegt. Danach biegt der Gang auf eine Länge von 17 m in S-N-Richtung um und ist an eine in dieser Richtung streichende, unter 80° gegen W einfallende Verwerfung mit ausgeprägten Harnischen geknüpft. Das absinkende Längsprofil wird durch die mit 30° gegen N fallenden Schichten bewirkt. Die Harnischflächen, die an der orographisch linken Wand aufgeschlossen sind, weisen dünne Überzüge aus rötlichbraun gefärbten Kluftletten auf.

Der "Kreuzdom" ist an eine SW - NE streichende, unter 85° gegen SE einfallende Kluft gebunden, an die auch ein 7 m tiefer Schacht sich anlehnt. An der südlichen Begrenzungswand des 7 m hohen und 5 m breiten Kreuzdomes mündet die bereits angeführte N-S streichende, steil gegen W fallende Verwerfung ein, an die das anschließende 5 m hohe, 1 m breite und 17 m lange Gangstück geknüpft ist. Von da an sind die raumbestimmenden Klüfte als solche nicht immer eindeutig erkennbar, wenn auch die Querschnitte unzweifelhaft auf eine Kluftanlage hinweisen. Der folgende Gangteil ist beispielsweise an eine W-E streichende, unter 85° gegen S einfallende Kluft gebunden. Der nächste, gegen NW fallende Gang ist deutlich im Schichtfallen ausgebildet.

Die "Trümmerhalle" mit einer Breite von 5 m und einer Höhe von fast 7 m weist an der Sohle mächtige Versturzblöcke auf, die von einer 10 cm starken Sinterschichte überkleidet und zusammengekittet werden. An der Decke sind große Versturzblöcke verkeilt; diese zeigen teilweise Harnische und an deren Unterseite Laugungsfacetten. Die Trümmerhalle ist der einzige Höhlenabschnitt, der im wesentlichen Verbruchformen aufweist.

PAULINENHÖHLE

bei Türnitz



Von dort verläuft der folgende Höhlenteil stark mäandrierend in SW-NE Richtung bis zum Höhlenende. Überall herrschen bis zu 9 Meter hohe und 1,5 m breite Kluftprofile vor. Nach einem Wasserstau in einem nord-südlichen Gang folgt eine Zone, die an ein Bündel paralleler, N 80° E streichender Klüfte gebunden ist, die steil gegen SE einfallen. Dieses Kluftbündel kommt auch an der Gestaltung der Seitenwände zum Ausdruck. Infolge des Einfallswinkels werden an der nördlichen Gangseite die oberen, an der südlichen die unteren Wandpartien von den Kluftflächen gebildet, und zwar derart, daß eine staffelförmige Anordnung von "Schuppen" entsteht, deren Absätze vermutlich mit Schichtflächen zusammenfallen.

Zwischen VP.7 und 8 ist an der SE-Wand eine Kluft aufgeschlossen, die an der NW-Wand um 0,5 m gegen SW zurückversetzt ist. Das deutet darauf hin, daß die raumbestimmende, SW-NE streichende Verwerfung auch eine Bewegung in horizontaler Richtung durchgeführt hat. Im folgenden, WNW-ESE streichenden Teil sind an der nördlichen Begrenzungswand zwei parallele W-E verlaufende Klüfte vorhanden, die eine Raumerweiterung und einen selbständigen Kluftgang bilden. Stark mäandrierend führt der Gang zum steil ansteigenden Endabschnitt, bei dem die Sohle von einer Brekzienmasse gebildet wird, deren Einzelkomponenten Teile des Muttergesteines darstellen, die durch ein tonig-lehmiges Bindemittel verkittet werden.

Die Paulinenhöhle befindet sich im Opponitzer Kalk (Karn), wobei die hangenden Teile aus verhältnismäßig reinem, die liegenden Teile aus mergeligen Kalken bestehen. Die Höhle ist an der Übergangszone beider Horizonte angelegt. Die Schichten zeigen ein Nordfallen von durchschnittlich 30°. Die Gangabschnitte sind im wesentlichen an Klüfte und Verwerfungen geknüpft, wobei die N-S streichenden dominante Bedeutung aufweisen. Es handelt sich hauptsächlich um tektonische Flächen, die normal zum Schichtstreichen verlaufen. In den rückwärtigen Höhlenteilen herrschen Kluftprofile vor, die eigentlichen tektonischen Flächen sind jedoch nur undeutlich ausgebildet. Das zweite Kluftsystem ist diagonal ausgebildet, wobei ein dominantes Nordost-Maximum einer weitaus schwächeren Nordwest-Häufigkeit gegenübersteht. In diesem Falle scheinen die Flächen Scherklüfte zu sein. Die Paulinenhöhle liegt in der Stirn der Annaberger Decke, nahe der Überschiebungsfläche auf die Hohensteinschuppe der Lunzer Decke.

Wildfrauenhöhle (1837/15)

Diese 18 m lange Höhle befindet sich ebenfalls im Westabfall des Klausberges bei Türnitz, in der Nähe der Paulinenhöhle, in 690 m Höhe. Sie besteht aus einem einzigen Raum von 18 m Länge, den man durch den südschauenden Raumeingang (2,5 m Höhe, 1 m Breite) betritt. Die mit trockenem Lehm bedeckte Sohle fällt mit geringer Neigung gegen das Höhlenende ab. Unmittelbar nach dem Eingang beginnt die Raumhöhe anzusteigen und erreicht an der Kreuzungsstelle zweier Klüfte

mit 5 m ihren Höchstwert. Vier Meter nach dem Eingang ist ein eigenartig geformtes Gangprofil ausgebildet (Abb. 31, m), das auf kurzer Strecke den Eindruck eines Zwei-Etagenganges vermittelt. Mit 7 Meter wird im anschließenden Teil der Höhle die größte Breite erreicht. An der Sohle lagern größere Felsblöcke. Der weitere Raum hat spitzbogenartiges Profil und verjüngt Breite und Höhe kontinuierlich bis zum Höhlenende.

Das Gestein der Höhle gehört dem Bereich der Opponitzer Kalke an, die Schichten fallen flach gegen N ein. Die Höhle ist hauptsächlich an eine N 17° E streichende Kluft gebunden, die in halber Raumhöhe von einer deutlich ausgeprägten Schichtfuge geschnitten wird, die an der Gestaltung der Profile maßgeblich beteiligt ist. Sechs Meter vom Eingang quert eine N 106° E streichende Kluft den Raum, die an der Erweiterung der nordwestlichen Begrenzungswand primären Anteil hat.

IV. HÖHLEN IN DER ÖTSCHER DECKE

Der Nordrand der Ötscher Decke verläuft von Lainbach im Westen über Palfau, Lassing, nördlich des Dürrenstein und des Ötscher, Annaberg, Türnitz, nördlich der Reisalpe, Altenmarkt und Alland im Wienerwald nach Mödling, wo sie an den Randbrüchen des tertiären Wiener Beckens ihr sichtbares Ende findet.

Diese bedeutendste tektonische Schubmasse der Kalkvoralpen besteht in ihrem westlichen Abschnitt aus zwei Teildecken, der Unterbergdecke und der im Süden anschließenden Gölledercke; im östlichen Abschnitt, im Raum Annaberg beginnend, ist nördlich der genannten Teildecken als tiefste Einheit die Reisalpendecke angeschlossen. Der Unterbergdecke gehören das Hochkar (1808 m), das Dürrensteingebiet (1878 m), der Ötscher (1893 m), der Traisenbergzug und der namensgebende Unterberg (1341 m) an.

Große Gebiete der Ötscher Decke werden aus dem nur wenig verkärstungsfähigen Wettersteindolomit aufgebaut und kommen demnach für eine regionale speläogenetische Untersuchung kaum in Frage. Es handelt sich dabei hauptsächlich um die Gebiete Traisenberg - Türnitz - Höger - oberes Hallbachtal, sowie Ulreichsberg - St. Ägyd - Rohr im Gebirge - Haselrast, bzw. St. Ägyd - "In der Pax", die außerdem durch das verbreitete Auftreten von Hauptdolomit charakterisiert sind.

Mit Ausnahme der Ötscherhöhlen - die größte, das Geldloch, nimmt einen besonderen Platz in der historischen Speläologie der Alpenländer ein - waren die Höhlen dieser tektonischen Einheit bis zum Beginn der neuzeitlichen Höhlenkunde, die in diesem Gebiet mit der Gründung des Vereines für Höhlenkunde im Jahre 1879 einsetzt, weitgehend unbekannt. Die ungünstige, erst spät einsetzende verkehrstechnische Erschließung der walddreichen Kalkvoralpen sowie die große Ausdehnung geschlossener Privatbesitzungen, die zumeist jagdlicher Gründe wegen lange Zeit hindurch für jeden touristischen Besuch gesperrt waren, sind als Ursachen für die weniger intensive höhlenkundliche Durchforschung dieser Teile der niederösterreichischen Kalkalpen zu erwähnen.

Zu den bedeutendsten Höhlen im Bereich der Ötscher Decke gehört das in ihrer Stirnregion befindliche Geldloch im Ötscher, das seiner Gestaltung nach bereits dem Typus der hochalpinen Höhlen zuzurechnen ist. Mit einer vermessenen Gesamtlänge von 1800 Metern und einem Gesamthöhenunterschied von 524 Metern, wovon 410 m allein auf die Schachtzone entfallen, ist das Geldloch derzeit die tiefste Höhle der niederösterreichischen Kalkalpen. Sie war im Jahre 1953 Ziel einer Expedition des Landesvereines für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich, bei der unter wesentlicher Mitwirkung von Speläologen aus Salzburg und Graz die vollständige Befahrung und Planaufnahme erfolgten.

Die Höhle besteht aus zwei Hauptteilen, dem mehrfach gewundenen, hauptsächlich in Richtung SE - NW sich erstreckenden "Horizontalteil" und dem SW - NE verlaufenden "Schachtteil". Der Horizontalteil befindet sich nach A. RUTTNER (1954) in den liegenden Schichten des Dachsteinkalkes, der Schacht hingegen größtenteils bereits im Hauptdolomit. In den vorliegenden Berichten wird stets auf die überaus große Klüftigkeit und tektonische Beanspruchung des Gesteines im Bereich der Höhle hingewiesen. A. RUTTNER hat im Horizontalteil 303 Verwerfungen und 118 Kluftflächen eingemessen. Aus diesen Messungen konnte abgeleitet werden, daß die Anlage dieses Abschnittes durch die vorherrschenden Kluftrichtungen NNE - SSW und E - W bestimmt wird. Untergeordnet kommen auch NNW - SSE-Richtungen vor. Der Schachtteil knüpft sich hauptsächlich an eine große SW - NE streichende Verwerfungszone. Die in der Höhle bereits durchgeführten geologisch-tektonischen Aufnahmen können genügendlich erst dann ausgewertet werden, wenn Vergleichsdiagramme aus anderen Teilen des Ötztals vorliegen. Eine zusammenfassende Veröffentlichung der Ergebnisse der Goldloch-Expedition 1953 sowie weiterer seither erfolgter Aufnahmen und Ergänzungen ist in Vorbereitung ¹⁾.

Aber auch in anderen Teilen der Ötztal Decke sind ausgedehnte Höhlen vorhanden, auf die jedoch in dieser Übersicht nur am Rande eingegangen werden soll.

Von besonderem Interesse ist das großräumige Goldloch (1835/2) im Türritzer Höger, das aus großen Hallen und hohen, an Klüfte gebundenen Gängen besteht, die in mehreren Absätzen bergwärts führen. Der tiefste Punkt der Höhle, der 88 m unter dem Einstieg liegt, kann nur durch Schächte erreicht werden.

Weiter östlich befindet sich im Dürntal bei Furthof die mehr als 350 m lange Schachernhöhle (1866/9) im Gutensteiner Kalk. Von einem labyrinthartigen Eingangsteil nehmen in verschiedenen Richtungen zwei Höhlenstrecken ihren Ausgang. Die kürzere, der Niphargusgang, führt absinkend gegen Südosten, der Hauptast hingegen in Richtung Südwest. Dieser längere Höhlengang, der durch Klufthallen unterbrochen wird, besitzt auffallend geradlinigen Verlauf und ist deutlich an SW - NE streichende tektonische Flächen gebunden.

Unmittelbar an der Stirn der Unterberg Decke öffnet sich in der Nähe des Gipfels des Unterberges (1341 m) im Gutensteiner Kalk der Kammschacht (1867/5). Forschungen in jüngster Zeit führten in dem bis in eine Tiefe von 48 m schon lange bekannten Einstiegsschacht zur Entdeckung von Gängen und von Hallen, von denen weitere Schächte in die Tiefe führen. Die Bearbeitung dieser Höhle ist nicht abgeschlossen.

¹⁾ Vgl. die Planbeilagen in: Österreichs längste und tiefste Höhlen. Wissenschaftliche Beihefte zur Z. "Die Höhle", Nr. 14, Wien 1966.

DAS DÜRRENSTEINGEBIET BEI LUNZ

A) GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der Gebirgsstock des Dürrenstein, dessen Kulmination bei 1878 m liegt, befindet sich im Südwesten des Bundeslandes Niederösterreich und zählt - geomorphologisch gesehen - zu einer Übergangszone zwischen Kalkvoralpen und Kalkhochalpen. Er ist hydrographisch dem Einzugsgebiet der Ybbs zuzurechnen und besteht im wesentlichen aus zwei stark verkarsteten, kuppigen Hochflächen, die in einer Höhenlage zwischen 1500 und 1600 m liegen und durch das glazial umgeformte, in Süd-Nord-Richtung verlaufende Seetal voneinander getrennt werden. Beide Teile sind im Süden durch den hochaufragenden eigentlichen Dürrenstein hufeisenförmig miteinander verbunden. Über die geologisch-tektonischen Verhältnisse sind wir infolge der umfangreichen Aufnahmearbeiten von A. RUTTNER (1948) gut unterrichtet.

Das Dürrensteingebiet gehört zur Gänze der Ötscher-Decke an, deren Stirn am Nordabfall des Kleinen Hetzkogels, südlich des Lunzer Sees, in nordöstlicher Richtung über den Durchlaß-Sattel zum Ybbstal bei Langau verläuft. Gegenüber den stark gefalteten und verschuppten Gesteinen der nördlichen Lunzer Decke erscheint der geologische Bau des Dürrensteingebietes viel einheitlicher. In diesem Gebiet ist die Ötscherdecke durch eine rein dolomitisch-kalkige Schichtfolge, zu der Werfener Schichten, Ramsaudolomit, Dachsteindolomit und verschiedene Lias-Kalke gehören, sowie einen verhältnismäßig ruhigen Bau ausgezeichnet (Abb. 18).

Der großflächig entwickelte Dachsteinkalk, der den eigentlichen Dürrensteinstock und seine nördlichen Vorlagen (Roßeck, Großer Hühnerkogel), im Westen das Hierzeck, das nordöstlich anschließende Gebiet zwischen Großem und Kleinem Hetzkogel sowie den überwiegenden Teil des östlichen Dürrensteinstockes zwischen Herrenalm und dem Scheiblingstein aufbaut, wird von norischem Dachsteindolomit unterlagert. Dieser kommt im Bereich des westlichen Plateaus im oberen Teil des Lechnergrabens, an der Ostflanke des Hetzkogels und vor allem in der großen Karstmulde der Gstettneralm (Grünloch) zum Vorschein. Der gesamte Ost- und Nordostabfall des Scheiblingsteins wird einheitlich von westwärts fallendem Dachsteindolomit gebildet, der bis an den Plateaurand heraufreicht.

Ein für die Höhlenbildung wesentliches Bauelement sind die Lias-Kalke, hellgraue, meist dünnplattige Hornsteinkalke, die als größte geschlossene Masse im Bereich des Stainzenkogels dem Dachsteinkalk auflagern und deren Schichten dort gegen Westen geneigt sind.

Eine weitere Mulde von Liasgesteinen läßt sich aus dem Gebiet des Obersees - wo sie von der Nord-Süd verlaufenden "Seetalstörung" angeschnitten werden - über die Herrenalm und Grubwiesalm gegen Osten verfolgen.

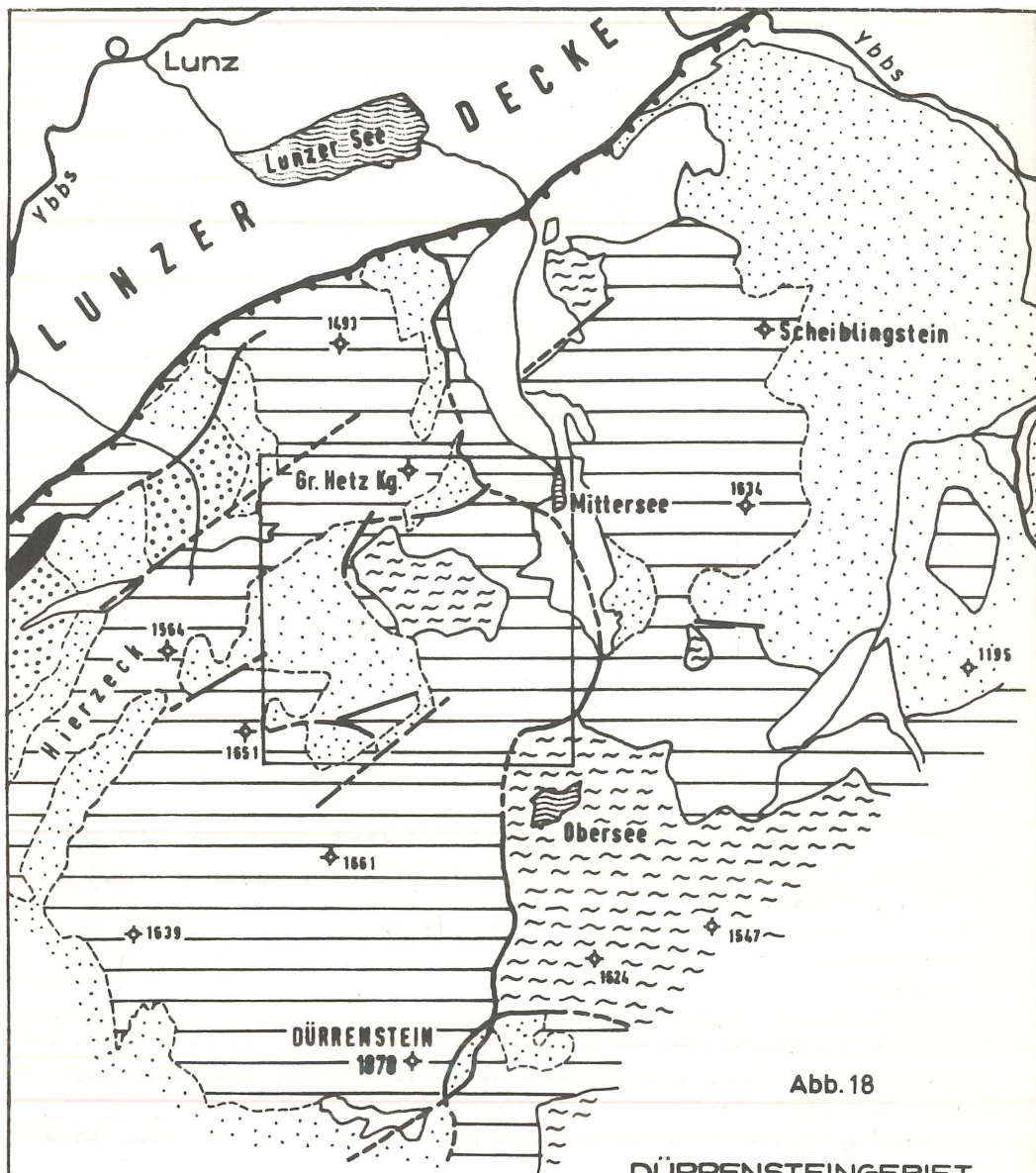


Abb. 18

DÜRRENSTEINGEBIET
GEOLOGISCHE ÜBERSICHTSKARTE
 nach A. RÜTTNER

- | | | | |
|--|--------------------|---|--------------------|
|  | Lias, vorw. kalkig |  | Störungen |
|  | Dachsteinkalk |  | Werfener Schichten |
|  | Bachsteindolomit | | |
|  | Ramsaudolomit | | |

Der nördliche Deckenrand ist ein rein tektonischer und kein zufälliger, durch Erosion bedingter Rand. Der Schichtkomplex der Ötscher Decke ist dort nach Norden, bzw. Nordwesten gegen das nördliche Vorland, die Lunzer Decke, herabgezogen und bildet eine antiklinale Deckenstirn. Daraus ergibt sich, daß am Nordrand der Ötscher Decke fast überall relativ junge Gesteine dieser Einheit an relativ ältere Schichten der Lunzer Decke grenzen. Nahe der Deckengrenze sind die Kalke der Lunzer Decke stark zertrümmert und die Klüfte vielfach durch Kalzitadern verheilt. Die Bankung des Dachsteinkalks ist im Stirnbereich meist nicht mehr zu erkennen.

Die Überschiebungsfläche der Ötscher Decke streicht im Untersuchungsgebiet WSW - ENE und fällt ziemlich steil gegen SSE ein. Die Ötscher Decke ist nach den vorliegenden Aufnahmen tief in ihr nördliches Vorland eingesenkt, das vermutlich zur Zeit des Aufschubes schon gefaltet und weitgehend abgetragen war. Das Alter der Überschiebung gibt A. RUTTNER mit postgosauisch an. H. HERTWECK (1961) stuft die Überschiebung auf Grund vergleichender Untersuchungen vorgosauisch ein, wobei eine nachgosauische Reaktivierung des Deckenschubes, die zur Stirnbildung geführt hat, angenommen wird.

Die Störungen, die in der Ötscherdecke parallel zur Stirn verlaufen, hängen zweifellos mit dem Deckenschub ursächlich zusammen. Sie sind in Form von WSW - ENE, bzw. SW - NE streichenden Verwerfungen, Zertrümmerungszonen und Kluftsystemen ausgebildet.

Die Dolomit-Kalkmasse der Ötscher Decke hat sich gegenüber dem Deckenschub verhältnismäßig starr verhalten. A. RUTTNER konnte Reste eines vermutlich älteren Bewegungsbildes nachweisen, das als weitgespannter Querspaltenbau in Erscheinung tritt. Seine Achsen verlaufen N-S bis NW - SE. Im Streichen, d.h. in N-S-Richtung sind diese Querspalten im Bereich Scheiblingstein - Dürrenstein auf eine Länge von 5 km zu verfolgen.

Die angeführten Verwerfungen, Zertrümmerungszonen und Kluftsysteme, die parallel zum Nordrand der Ötscher Decke verlaufen, durchsetzen annähernd rechtwinkelig die Querspalten. Besonders deutlich ist dies im westlichen Dürrensteingebiet zu erkennen, wo auch in einigen Höhlen die raumbestimmenden Flächen normal zum Schichtstreichen orientiert sind (z.B. Hetzkogelloch, Lechnerweidhöhle). Der Querspaltenbau scheint somit älter als alle Schichtstörungen und Verschuppungen zu sein, die mit dem nachgosauischen Hauptakt des Deckenschubs selbst zusammenhängen. A. TOLLMANN (1961) hat die Bildung von Querspalten auf einen Bewegungsvorgang, nämlich in erster Linie als eine durch Materialausdünnung bei der Überschiebung erzwungene Stauchungserscheinung in der Querrichtung, zurückgeführt.

B) HÖHLEN

Das östliche Dürrensteinplateau zwischen dem Seetal und dem Oberlauf der Ybbs ist speleologisch noch wenig bearbeitet worden,

obwohl das Gebiet günstige geologische Voraussetzungen für die Bildung von Höhlen bietet. Die aus Dachsteinkalk aufgebaute wellige Hochfläche zwischen dem Scheiblingstein im Norden und dem Bärenleitengel im Süden wird von zahlreichen Dolinen zergliedert, die zum Teil beachtliche Ausmaße erreichen (z. B. Durchlaß-Alm).

Zwischen Scheiblingstein und der nordöstlich vorgelagerten "Scheibe" öffnet sich in ca. 1580 m die schachtartige Daglucken, (1815/3), die bis zu einer Tiefe von 40 m erkundet wurde. Von der 4 mal 8 m großen Tagöffnung führt eine schräg abfallende, gerade noch kletterbare Schachtwand 30 m tief, bis ein großer Schuttkegel erreicht wird. Südwestlich des Scheiblingsteins befindet sich der noch unerforschte Scheiblingsteinschacht (1815/14). Neben dem tiefgelegenen schachtartigen Lochbach (1815/12) ist als die größte derzeit bekannte Höhle des östlichen Dürrensteingebietes die

Hackermauerneishöhle (1815/8)

zu nennen. Ihr unscheinbarer Eingang öffnet sich in einer Seehöhe von 1280 m im Nordwesthang des Scheiblingsteines, jedoch bereits von den eigentlichen Hackermauern entfernt. Bisher sind 300 Meter Gangstrecken erkundet und vermessen (vgl. Abb. 19).

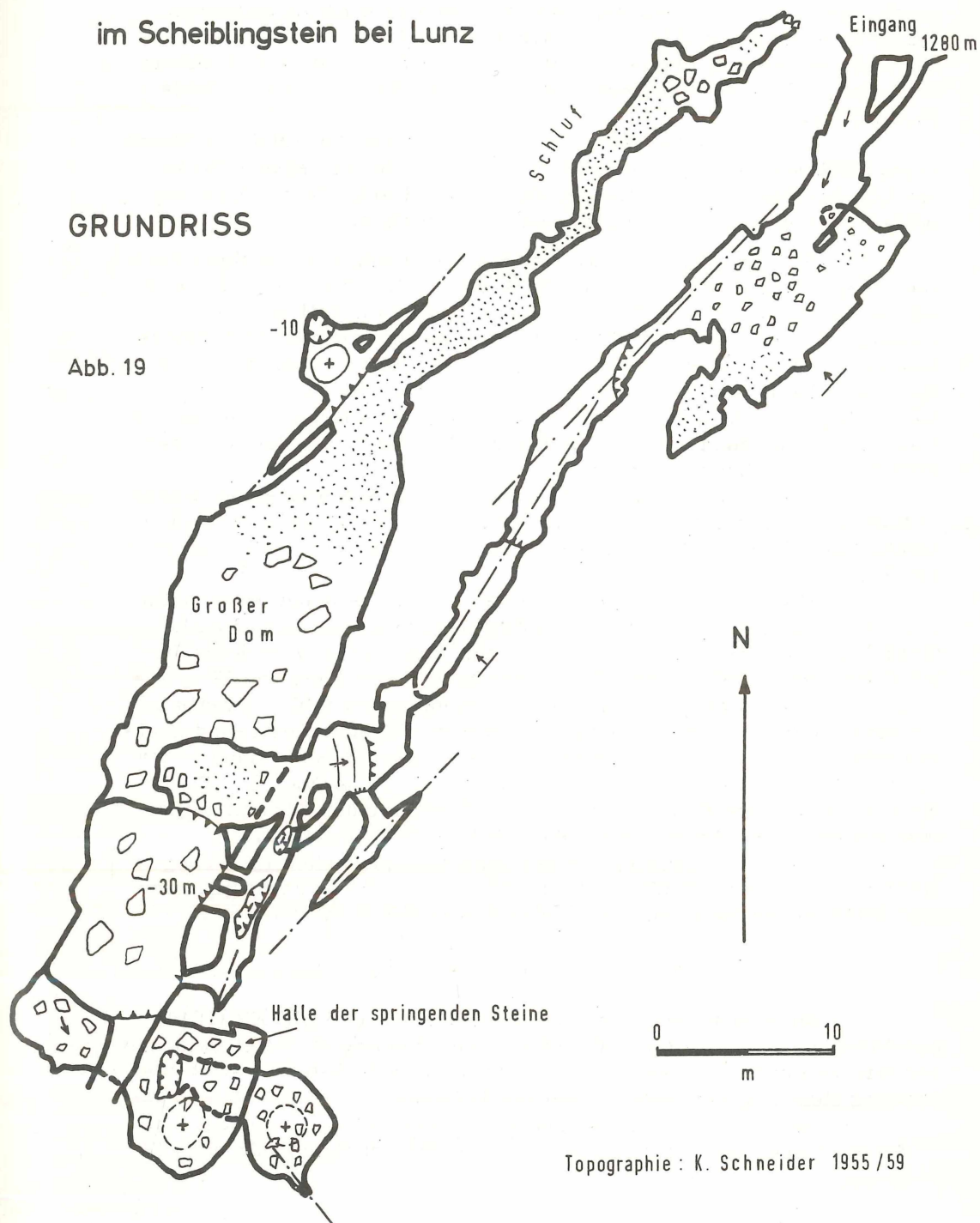
Ein kluftgebundener Gang leitet in südlicher Richtung nach 12 m in eine kleine Halle, an die sich an der Ostseite zwei niedere Nischen anschließen. In SW-Richtung führt - von einem niederen Aufschwung (Galerie") beginnend - ein Kluftgang steil aufwärts und verengt sich nach rund 16 m zum "Windschluf". Dieser Gang wird bis zu dieser Stelle von einem anderen, gleichlaufenden, unterlagert, der vom Fuß des oben beschriebenen Aufschwunges seinen Ausgang nimmt. Nach dem "Windschluf" folgt eine Raumerweiterung, die westwärts über steile, karrendurchsetzte Platten zu einer ebenen, aus Blockwerk bestehenden Plattform ansteigt, die bereits in den "Großen Dom" ausmündet, dessen Sohle sich 30 m tiefer befindet. Knapp vor dieser Plattform führt in SSW-Richtung ein 11 m langer kluftgebundener Gang weiter, der von zwei kleinen Schächten unterbrochen ist und der mittels dreier Felsfenster ebenfalls eine Verbindung mit der Deckenpartie des "Großen Domes" besitzt. Die aus mächtigen Blöcken bestehende Sohle des 30 m langen und 8 bis 10 m breiten Großen Domes, der zu den eindrucksvollsten Höhlenräumen der niederösterreichischen Kalkalpen zählt, wird nach einem senkrechten Abstieg von 30 m erreicht. Im südlichen Teil geht dieser - steil abfallend - in die "Halle der springenden Steine" über, von deren Zentrum ein diese Halle unterlagernder Gang die Verbindung zu einem östlich anschließenden größeren Raum herstellt, der einen gewaltigen Schlot entsendet. Gegen Nordosten verschmälert und erniedrigt sich der "Große Dom" zu einem schichtgebundenen Gang, der nach 16 m in eine Schlufstrecke übergeht, die verhältnismäßig nahe der Oberfläche verstürzt endet. Von der NW-Wand des schichtgebundenen Ganges bricht eine 7 m tiefe Felsstufe zu einem 14 m langen, SW-NE verlaufenden Kluftgang ab, der sich in seinem Mittelabschnitt zu einem kleinen, aber hohen Raum erweitert, von dem ein engräumiger Schacht 10 m weit abwärts führt.

HACKERMAUERNEISHÖHLE

im Scheiblingstein bei Lunz

GRUNDRISS

Abb. 19



Topographie : K. Schneider 1955 / 59

Die Hackermauerneishöhle liegt zur Gänze im Dachsteinkalk, dessen Bänke im Bereich der Höhle mit 30° gegen NW einfallen. Der Verlauf und die Anlage der meisten Höhlenräume werden durch untereinander parallele, SW-NE streichende Klüfte bestimmt, die im allgemeinen steil stehen. Wie aus Abb. 19 ersichtlich ist, wirken sich jene Klüfte, die senkrecht zur vorherrschenden NE-Richtung verlaufen, nur in sehr geringem Maße bei der Ausbildung von Höhlenräumen aus.

Die dominanten tektonischen Flächen sind parallel zur Streichungsrichtung der Schichten und parallel zur Überschiebungsfläche der Ötztaler Decke auf die Lunzer Decke orientiert, die nördlich der Höhle, im Bereich des "Durchlasses", ausstreicht.

Das westliche Dürrensteingebiet weist seit einigen Jahren - begünstigt durch das Vorhandensein von Stützpunkten - eine erfolgreiche speleologische Bearbeitung auf, die zum Teil auf den Erkundungen von W. ABRAHAMCZIK fußend, vom Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich durchgeführt wird. Der Landesverein durfte sich bisher der freundlich gewährten Unterstützung durch die P. KUPELWIESER'sche Forstverwaltung in Lunz am See erfreuen, welcher auch an dieser Stelle für die Förderung der Arbeitsvorhaben herzlichst gedankt sei.

Am Südostabhang des Hierzecks gegen die Wiesenalm wurde in 1355 m Seehöhe ein Schacht, die Reithbauernlucke (1815/16) festgestellt. Der Schachtgrund liegt ca. 10 m unter der 3 mal 4 m großen Tagöffnung.

Am gleichen Abhang, nahe beim Sattel zwischen Wiesenalm und Grünloch, befindet sich der Dürrensteinplateauschacht (1815/5), der in der älteren Literatur als "Ludwig-Schwab-Höhle" beschrieben ist (R. BÜTTNER, 1929). Die bis in eine Tiefe von 57 m befahrene Höhle besteht aus fünf Teilschächten, deren Sohlen jeweils unter einem Versturz begraben sind und die durch kurze Horizontalstrecken miteinander in Verbindung stehen. Der untere Schacht führt in einen hohen Dom, der einen Durchmesser von 8 m aufweist. Im Blockmaterial an seinem Grunde setzt abermals ein kleiner Schacht an, der zum tiefsten Punkt leitet. Die Höhle liegt im Dachsteinkalk.

Von der Südwestflanke des gegenüberliegenden Hühnerkogels (1651 m) hat F. WALDNER (1949) die 12 m tiefe Hühnerkogellucke (1815/9) beschrieben, die an eine Nordostklüftung gebunden ist.

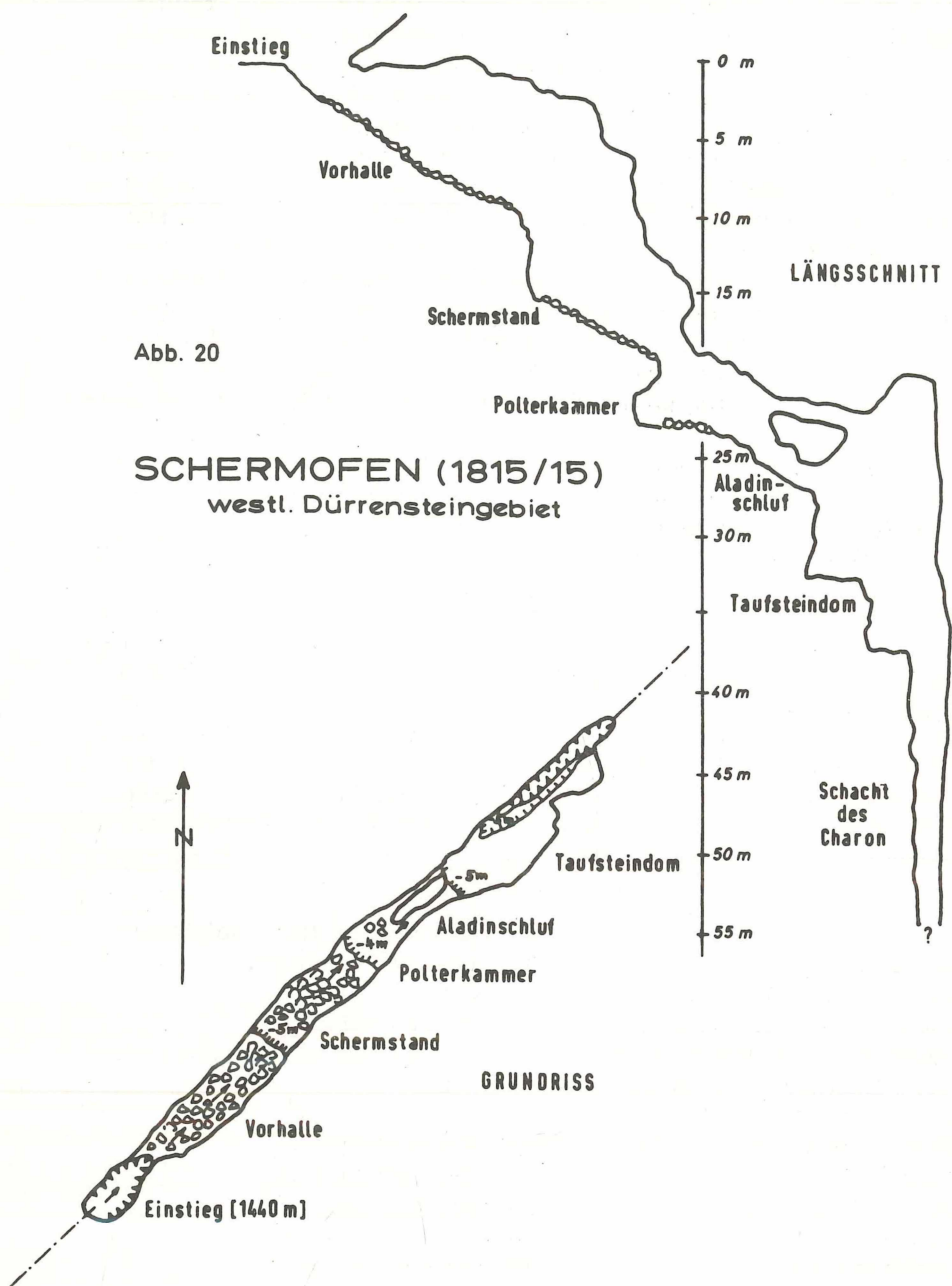
Schermofen (1815/15)

Die erst teilweise erforschte und von F. WALDNER (1949) beschriebene Schachthöhle befindet sich am Hierzecker Sattel zwischen der Wiesenalm (Ybbstalerhütte) und dem Grünloch (Gstettneralm). Der Einstieg liegt in einer Seehöhe von ca. 1440 m.

Durch den 5 m langen und 2 m breiten Einstieg gelangt man in die Vorhalle, deren schuttbedeckte, mit 35° geneigte Sohle nach 14

Abb. 20

SCHERMOFEN (1815/15) westl. Dürrensteingebiet



Metern 5 m tief zu einer Verflachung, dem "Schermand", abfällt. Es folgt eine Querschnittsverengung und ein überhängender Abbruch von 4 m in die "Polterkammer", deren Sohle aus abgestürztem Blockwerk besteht. Nach dieser Stelle nehmen zwei übereinander liegende, unschwer befahrbare Spalten ihren Ausgang, von denen die obere als Fenster etwa 10 m über der Sohle des anschließenden "Taufsteindomes" ausmündet. Die tiefere Spalte, "Aladinschluf" genannt, führt nach 7 m Schrägstrecke 5 m oberhalb der Sohle ebenfalls in diesen Dom. Der bis zu 4m breite, 10 bis 15 m hohe und 8 m lange Taufsteindom hat eine in Nordost-Richtung seitwärts angegliederte, 5 m tiefer gelegene Felsterrasse, von wo aus der noch unbefahrene "Schacht des Charon" seinen Ausgang nimmt. Nach F. WALDNER konnte der 1 bis 2 m breite und 10 m lange Schacht bis auf 17 m Tiefe ausgeleuchtet werden; vom Grund des Schachtes konnte Wassergeräusch wahrgenommen werden.

Der bisher bekannte Teil der Höhle (Abb. 20) ist im Dachsteinkalk entwickelt. Die Anlage erfolgte an einer SW-NE streichenden Störung, die dem großen, auch im Obertagbereich erkennbaren Verwerfungssystem angehört, welches den Hierzeckersattel quert.

Am Nordosthang des Schwarzkogels (1598 m) öffnet sich in 1530 m Höhe ein 8 m tiefer Schacht, das Schwarzkogelloch (1815/38). Der fast kreisrunde Einstieg von 1 m Durchmesser leitet in den sich nach unten stetig weiter gestaltenden Schachtraum, dessen Sohle aus Bruchschutt besteht, der zu einem Versturzkegel aufgetürmt ist. Die Primäranlage des Schachtes erfolgte an der Schnittlinie von drei steilstehenden Klüften, die folgende Streichungsrichtungen aufweisen (von N über E gemessen): 086, 142 und 172 Grad. Das Gestein ist nori-

Höhlenverzeichnis zu Abbildung 21

2	Dagllucke	36	Gamsecker Rieseneinbruch
13	Ofenloch	37	Labyrinthschacht
24	Luckenbrunnhüttenhöhle	38	Schwarzkogelloch
25	Luckenbrunnteil der Lechnerweidhöhle (früher: Unterer Luckenbrunnhöhle)	40	Hetzkogelloch
26	Luckenbrunnhang	41	Schneeloch auf der Pauschenalm
27	Obere Luckenbrunnhöhle	42	Gamseckerschacht
29	Reitsteighöhle	43	Kluftschacht I
30	Oberer Reitsteigschacht	44	Kluftschacht II
31	Unterer Reitsteigschacht	45	Kluftschacht III
32	Lechnerweidhöhle	46	Grabenschacht
33	Mäanderkluft	47	Abbruchschacht
34	U-Schacht	48	Nordhangschacht
35	Stainzenkogelschacht	49	Gemsweideschacht

Die Zahlen entsprechen den Katasternummern der Höhlen im Österreichischen Höhlenverzeichnis

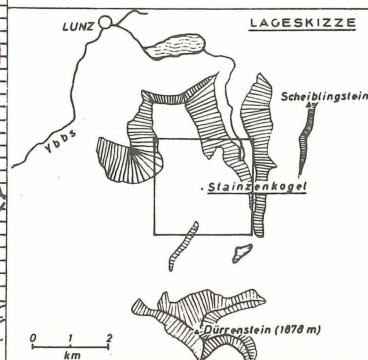
Abb. 21

HÖhlen IM RAUM STAINZENKOGEL Westliches Dürrensteingebiet

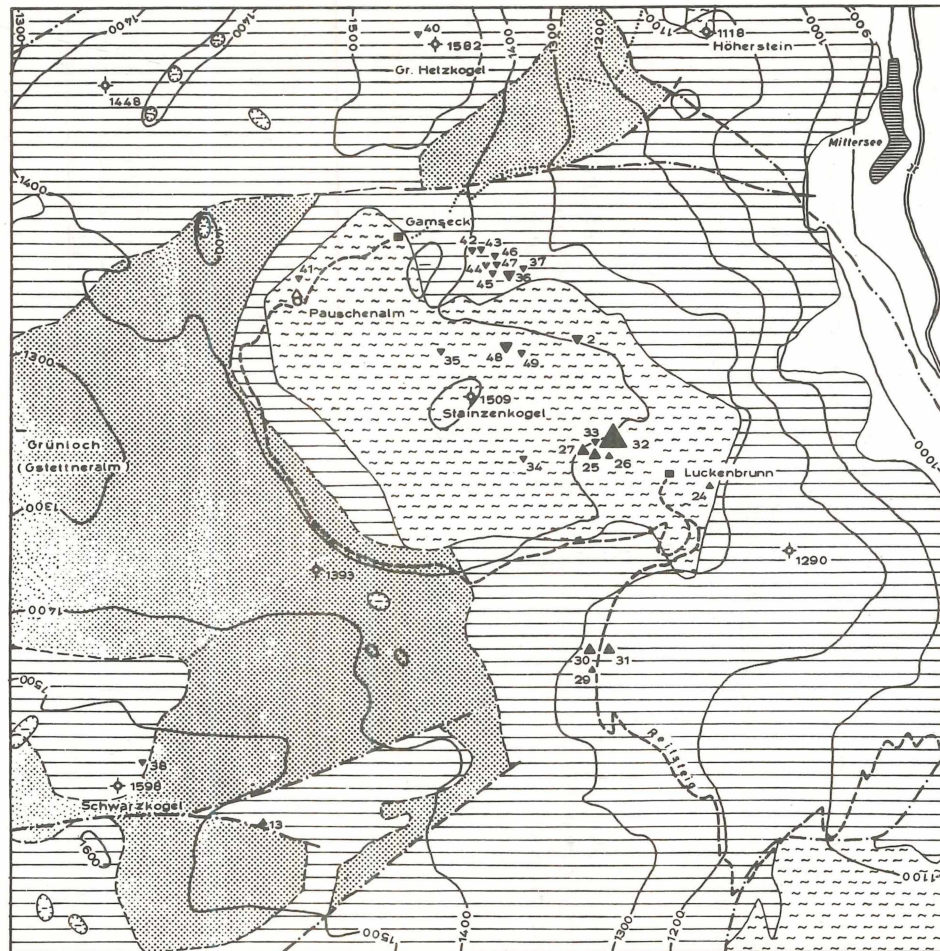


- DACHSTEINKALK
- DACHSTEINDOLOMIT
- JURAKALK
- STÖRUNGEN
- kluffgebundene Höhle vorw. horizontal
- vorw. vertikal
- bis 50 m Gesamtlänge
- 50 - 500 m
- über 500 m
- Reitsteig
- Fußsteig

GEOLOGIE: Dr. ANTON RUTTNER (1:25 000)
TOPOGRAPHIE: Österr. Karte 1:50 000, Blatt 71
Entwurf und Zeichnung: MAX H. FINK / 1966



VERVIELFÄLTIGT MIT GENEHMIGUNG DES BUNDESAMTES FÜR
EICH- UND VERMESSUNGSWESEN IN WIEN, ZAHL L 63 579/64



scher Dachsteinkalk, dessen Schichten im Bereich der Höhle mit 40° gegen SW geneigt sind.

Südlich des Schwarzkogels befindet sich eine kleine Verebnung, der Schwarzkogelboden. Am Süden der Verebnung gegen die Karsthohlform, in der sich das Ofenloch befindet, wurde eine weitere Höhle, der Schwarzkogelbodenschacht (1815/39), festgestellt; Es ist dies eine vermutlich 10 m tiefe Höhle, deren Verbindung zur Oberfläche erst im Jahre 1962 durch Verbruch hergestellt wurde.

Ofenloch (1815/13)

Die schon seit langem bekannte Höhle, die aber erst in allerjüngster Zeit durch die Auffindung von Felsritzungen wieder in den Blickpunkt des Interesses gerückt war, befindet sich im westschauenden Hang einer größeren Karsthohlform zwischen Schwarzkogel und dem Steilabfall zum Oberen Seetal. Das Portal, das in einer Höhe von 1459 m liegt, ist auch in der Österreichischen Karte 1:50000, Blatt 71, lausgerichtig eingezeichnet.

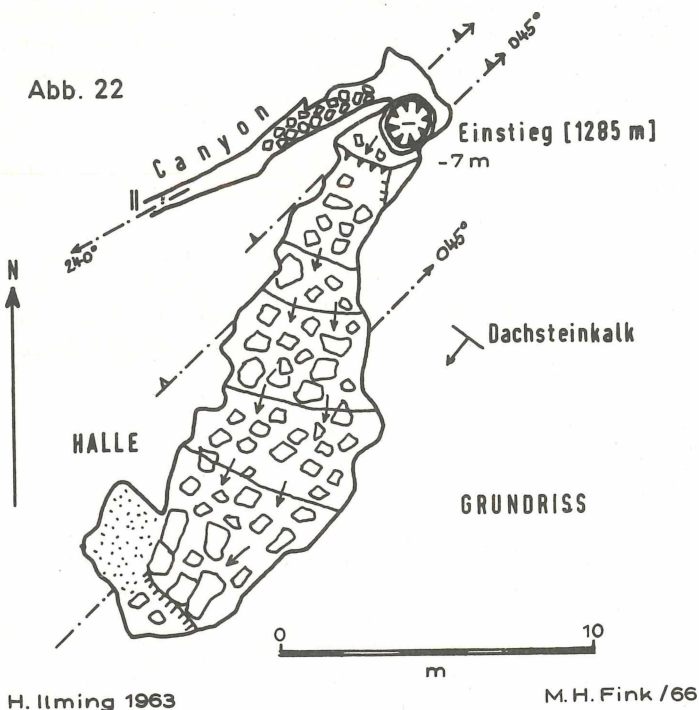
Vom 8 m breiten und bis zu 5 m hohen Eingangsportal zieht eine anfangs sehr geräumige, dann sich bergwärts senkende verengende Halle 22 m weit nordwärts, wo sie sich zu einer unbefahrbaren Spalte verengt. Die Sohle besteht im vorderen Teil aus Bruchschutt und senkt sich 10 m weit steil abwärts. Bis zum Höhlenende besteht sie aus sandigem Material und verläuft dann annähernd eben. Die größte Höhe der Halle beträgt 12 m.

Die Anlage der Höhle erfolgte an zwei bergewärts konvergierenden Verwerfungen, von denen die eine $N 40^{\circ} E$ streicht; ihre Harnischfläche bildet sie Westwand des vorderen Teiles der Halle. Die andere Verwerfung streicht unter $N 20^{\circ} E$ nahe der Ostwand der Halle. Der rückwärtige Teil der Höhle folgt einer N-S verlaufenden tektonischen Fläche. Eine mäandrierende canyonartige Spalte an der Decke dieses nördlichen Kluftraumes setzt sich auch in den hallenartigen Eingangsteil fort. Das Muttergestein des Ofenloches besteht aus flach gelagertem Dachsteinkalk.

Oberer Reitsteigschacht (1815/30).

Die schachtartig ansetzende Höhle befindet sich unweit des Reitsteiges, der vom Seetal zur Pauschenalm führt, in einer Seehöhe von rund 1285 Meter. Eine relativ enge Röhre führt 7 m tief zu einem Absatz, von dem aus in südwestlicher Richtung ein leicht abfallender, sich nach 5 m zu einer unbefahrbaren canyonartigen Spalte verengender Gang ansetzt. Vom Grund des Einstiegsschachtes gelangt man in Richtung SSW über eine kleine Steilstufe in eine 20 m lange, bis zu 5 Meter breite und 8 m hohe Klufthalle, die sich im unteren Teil entlang einer Schichtfläche verbreitert. Die Sohle besteht aus Blockwerk und fällt mit 30° gegen SW ab. Am unteren Ende der Halle öffnet sich an der Nordwestwand ein ca. 4 m^2 großer Schichtfugenraum, dessen Sohle

OBERER REITSTEIGSCHACHT (1815/30)



aus Kleinschutt und anderen Sedimenten besteht. Die Deckenüberlagerung der Halle ist sehr gering; an manchen Stellen dringen bereits die Baumwurzeln in die Höhle ein.

Die Anlage der Höhle erfolgt an einer parallelen Schar von mindestens fünf SW-NE streichenden und steil gegen NW fallenden Klüften. Das Gestein ist Dachsteinkalk, dessen Schichten ein mittelsteiles Fallen gegen SW aufweisen. Die vermessene Gesamtlänge des Oberen Reitsteigschachtes beträgt 40 m, die Horizontalerstreckung 20 m und die maximale Niveaudifferenz - 20 m.

Unterer Reitsteigschacht (1815/31).

Diese Höhle befindet sich ebenfalls unweit des Reitsteiges in einer Seehöhe von 1275 m. Vom unteren Ende einer Karstgasse setzt ein mit 60° schräg abwärts führender Schacht 14 m weit zu einem größeren Raum (8 m Länge, 6 m Breite) an. Die Decke dieses Raumes wird von einer durchschnittlich mit 35° gegen Ost einfallenden, gewellten Harnischfläche gebildet. Die größte Höhe an der Westwand beträgt 5 Meter, während sich die Decke an der Ostseite des Raumes dem Blockwerk des Bodens so weit nähert, daß eine unbefahrbare Spalte

te entsteht. Am gleichen Harnisch angelegt, setzt sich nach NW ein 7 m langer engräumiger Gangabschnitt fort. Diese raumbestimmende Verwerfung wird von einer Reibungsbrekzie begleitet. An der westlichen Wand sind Schichtgleitflächen sowohl im Anstehenden, als auch an Felsblöcken gut erkennbar. Der Gang knickt gegen SW um, die Evakuationsflächen zeigen im Gegensatz zu den tagnahen Abschnitten, in denen - mitbestimmt durch die Frostverwitterung - scharfkantige Formen vorherrschen, gut ausgeprägte Korrosionsformen (Laugungs-facetten, Kolke). Gegen NW setzt sich eine Schlufstrecke fort, die sich nach wenigen Metern zu einer unbefahrbaren Öffnung verengt.

Die Gesamtlänge des Unteren Reitsteigschachtes beträgt 35 Meter, die Horizontalerstreckung (N-S) 17 m und die maximale Niveau-differenz - 15 m. Die Schichten des Dachsteinkalkes fallen in der Höhle flach gegen WSW.

Etwa 100 Meter nordwestlich der Kulmination des Großen Hetzkogels liegt, 1567 m hoch, der Einstieg zum Hetzkogelloch (1815/40). Die kleine, nur etwa 10 m Länge aufweisende Schachthöhle zieht sich vom Einstieg zunächst als steil geneigte Röhre 5 m weit abwärts, dann folgt ein 3 m tiefer, senkrechter Abbruch. Ihre Anlage erfolgte an einer N 20° E streichenden und mit 80° gegen SE fallenden Kluft. Die Schichten des Dachsteinkalkes fallen mit 40° gegen SW ein und sind demnach gegensinnig zum Kluftverlauf gelagert.

Im obersten Teil des vom Plateau im Bereich vom Gamseck steil gegen das Seetal hinabziehenden Grabens konnte eine Reihe von bisher unbekannten Höhlen festgestellt werden. Sie befinden sich zum Teil im schroffen Nordwesthang des Stainzenkogels, dessen Hänge von zahlreichen Dolinen und starken Karrenbildungen sehr unübersichtlich gestaltet sind (vgl. Abb. 21).

Etwa 60 Höhenmeter unter dem Jagdhaus Gamseck öffnet sich in ca. 1380 m die 10 x 3 m messende Tagöffnung zum Gamsecker Schacht (1815/42). Durch einen Klemmblock wird der Eindruck eines Doppelschachtes hervorgerufen. In rund 25 m Tiefe befindet sich ein mächtiger Schneekegel. Nordöstlich davon befindet sich der Einstieg zum Kluftschacht I (1815/43), dessen Tiefe mit 20 m geschätzt wird. An die gleiche, N 160° E streichende Störung gebunden, schließen gegen SE der Kluftschacht II und der Kluftschacht III an; ihre Tiefe kann für die erste sichtbare Stufe mit 8 bis 10 m angenommen werden. Rund 15 m nordöstlich vom Kluftschacht II öffnet sich der nach H. MRKOS (1964) vermutlich an eine parallel verlaufende Abrißkluft gebundene Grabenschacht (1815/46). Sein ebenfalls durch einen Klemmblock geteilter Einstieg ist 2 x 4 m groß. In ca. 6 m Tiefe ist ein Schneekegel erkennbar. Nur wenige Meter in Richtung SSE befindet sich der auf 15 m Tiefe geschätzte Abbruchschacht (1815/47). Beim südöstlich anschließenden Gamsecker Rieseneinbruch (1815/36) handelt es sich um eine steilwandige Schachtdoline von 30 x 40 m Durchmesser und mindestens 15 m Tiefe. Der Boden weist eine

perennierende Schneebedeckung auf. An der überhängenden Nordostseite, an der die Felsen über 25 m hoch sind, ist über der Sohle eine große Halbhöhle entwickelt.

Der südöstlich des Grabens anschließende Nordhang des Stainzenkogels weist in dem an den Graben anschließenden Bereiche eine starke Durchsetzung mit Dolinen auf, die durch Felsstufen von einander getrennt sind. Auf einer solchen Stufe über einer markanten Felswand liegt der Einstieg zur Daglucke (1815/2) in rund 1400 m Seehöhe. Er ist ca. 10 m lang und 3 m breit, durch einen Felsblock zweigeteilt, und an eine N 80° E streichende Kluft gebunden. Nach stufigen Eingangsschächten folgen Abbrüche in unbekannte Tiefen. Am gleichen Hang liegt der 11 m tiefe Stainzenkogelschacht (1815/35) in einer Seehöhe von 1440 m, dessen Anlage auf die Kreuzung zweier Klüfte zurückgeht. Eine N 70° E streichende und mit 75° gegen NW fallende Kluft wird im Höhlenbereich von einer N 150° E streichenden und unter 60° gegen SW fallenden Kluft geschnitten.

Rund 200 m weiter östlich öffnet sich der große Schachtmund des Nordhangschachtes (1815/48), der nach 10 m auf einen Absatz und nach weiteren 24 m zum Grund einer gewaltigen Halle führt, die zu den größten Höhlenräumen Niederösterreichs zählt. Die bisherigen Forschungen ergaben eine Gesamtlänge von ca. 120 m und eine Gesamttiefe von etwa 40 m. Nach H. ILMING, der die Erstbefahrung durchführte, dürften - wenn man von einem in Reibungsbreccien abwärts führenden Raum absieht - keine wesentlichen Fortsetzungen weiterführen.

In der nächsten Umgebung gelang ferner die Auffindung einer noch unbefahrenen Schachthöhle, die mit dem Namen Gemsweideschacht (1815/49) belegt wurde.

Im Ostabfall des Stainzenkogels, hauptsächlich im Bereich des von den Hochböden gegen die Jagdhütte Luckenbrunn hinabziehenden Grabens befindet sich eine Anzahl von Höhlen. Im obersten Teil des Grabens liegt in ca. 1430 m Seehöhe der U-Schacht (1815/34), der eine Durchgangshöhle von 11 m Länge darstellt, die an eine tektonische Fläche gebunden ist, die N 50° E streicht. Zwei kleinere Schächte sind durch einen rund 5 m langen Kluftgang verbunden.

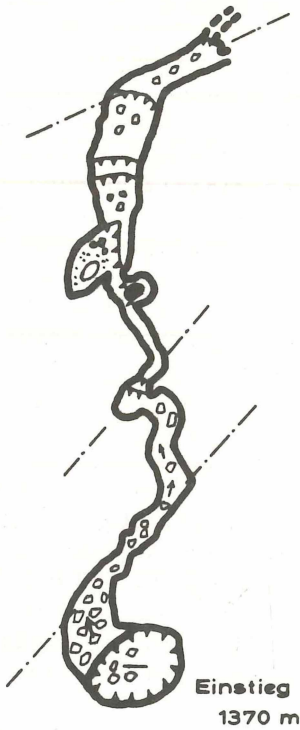
Obere Luckenbrunnhöhle (1815/27)

Die 75 m lange Klufthöhle befindet sich in dem von den sogenannten "Hochböden" des Stainzenkogels gegen die Luckenbrunnhütte herabziehenden Graben, am orographisch linken Hang, in etwa 1370 m Seehöhe.

Am Grund eines 7 m tiefen schachtartigen Abbruches setzt ein Kluftgang an, der sich 30 m weit fortsetzt. Er beginnt zunächst in NE-Richtung und wendet sich nach 11 m leicht mäandrierend nordwärts. Die aus Blockwerk bestehende Sohle des Ganges führt mit 40° Neigung steil abwärts. Nach oben hin verengt sich die Kluft bei an-

OBERE LUCKENBRUNNHÖHLE

Abb. 23

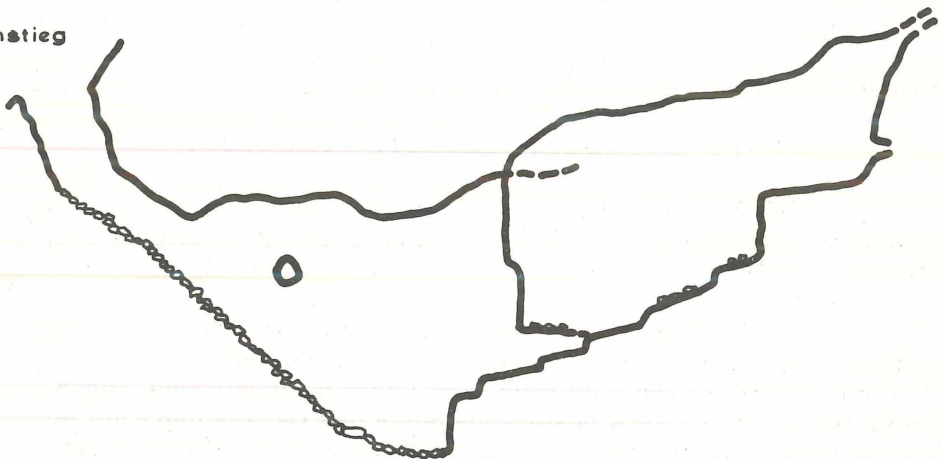


GRUNDRISS



LÄNGSSCHNITT

Einstieg



Planaufnahme: H. ILMING 1962

nähernd gleichbleibender Höhe, so daß sich in dem schachtgrundartigen Raum, in welchen der Gang einmündet, eine Höhe von rund 16 m ergibt. An den Wänden sind gefaltete Hornsteinbänder aus dem Liaskalk herausmodelliert. Vom schachtgrundartigen Raum gelangt man nach Überwindung von Kletterstellen in einen engen 12 m langen Canyon, der in nördlicher Richtung in eine 15 m lange, 2 bis 4 m breite und bis zu 12 m hohe Halle leitet. Dem Canyon ist an seiner Ostseite eine kurze Nebenstrecke angegliedert, die um einen Felspfeiler führt. Die Halle setzt sich über einer 5 m hohen Wandstufe noch 6 m weit fort. Auch in diesem Höhlenteil sind zahlreiche Hornsteinbänder vorhanden.

Lechnerweidhöhle (1815/32).

Die größte Höhle des Dürrensteingebietes, zugleich eine der ausgedehntesten Höhlen Niederösterreichs, ist die erst im Jahre 1962 entdeckte Lechnerweidhöhle im Stainzenkogel unweit von Luckenbrunn. Im Zuge der Forschungsfahrt 1965 wurde eine Verbindung mit der bereits länger bekannten Unteren Luckenbrunnhöhle festgestellt. Die im beiliegenden Plan dargestellte Gesamterstreckung beträgt 1340 m, die maximale Niveaudifferenz 190 m.

In die großvolumige Eingangshalle, die eine Grundfläche von etwa 160 m² und eine maximale Höhe von 8 m aufweist, führen zwei große Öffnungen. Die obere, "Aven" genannt, ist ein 30 m tiefer Absturz, der an der südlichen Begrenzungswand der Halle einmündet. Von der unteren Tagöffnung führt die "Rutsche", ein steil abwärts führender Gang, ebenfalls in die Halle. Gegen Nordosten setzt ein Kluftgang an, der nach kurzer Strecke 15 m tief in die großräumige Sinterkluft abbricht. Dieser NE gerichtete Kluftraum setzt sich vom Blockkegel des Abstieges auch gegen SW fort, unterlagert den oben erwähnten Kluftgang und endet schließlich verstürzt. Gegen NE steigt man im Kluftraum über Blockwerk kontinuierlich ab; die Breite wechselt dabei mit der Höhenlage und beträgt durchschnittlich 2 bis 3 Meter. Die Decke dieses einheitlichen Klufttraumes verläuft annähernd horizontal. Damit ergibt sich über dem tiefsten Punkt der Sinterkluft, der - 72 m unter dem Schachteinstieg liegt, eine Raumhöhe von etwa 30 m. Erwähnenswert sind fossile, von tektonischen Bewegungen lokaler Art mehrfach zerbrochene Sinterbecken. Vom Endteil setzen mehrere Meter über der Sohle zwei Gangfortsetzungen an.

Die Hauptfortsetzung führt von der Eingangshalle in westlicher Richtung. Nach einigen Metern über Blockwerk absteigend, gelangt man zu einer aufwärts führenden Wandstufe, die zu einem Gang mit Schlüssellochprofil leitet. An der Basis der schichtgebundenen Ellipse lagert vielfach grobes Blockwerk, das teilweise die darunter befindliche Sohlenspalte abdeckt. Dieses Gangstück geht schließlich in einen 5 m tiefen Schacht über, der mit Hilfe des "Sitzquerganges" in seinem oberen schichtgebundenen Teil überwunden werden kann. Er führt zu einem schachtgrundartigen Raum, der einen Sickerwasser

zufluß aus einer Deckenspalte erhält. In der Sprühzone sind die Hornsteinbänder des Liaskalkes herauspräpariert. Durch eine Engstelle betritt man die oberen Teile der "Fledermaushalle", die zum großen Teil an die gegen SW fallenden Schichten gebunden ist. Der Grundriß dieser Halle ist annähernd dreieckig, ihre Länge beträgt 16 m, ihre Breite ca. 20 m. In die gegen W fallenden Platten, die größtenteils die Evakuationssohle bilden, ist nahe der Nordostbegrenzung eine Spalte eingeschnitten, die den Abstieg ermöglicht. Die tiefsten Teile der Halle werden von Blockwerk gebildet, das vielleicht nur eine Zwischensohle darstellt. Ein großer Teil der Schichtpakete ist niedergebrochen und bildet die Konvexkuation in Form eines Blockberges, dessen Kulmination unterhalb des höchsten (und zugleich östlichsten) Punktes der Halle zu liegen kommt.

Von der "Fledermaushalle" setzt gegen NNE der an Verwerfungen angelegte "Nordostteil" an. Unmittelbar davor führt in östlicher Richtung eine Gangstrecke zum "Wasserturm", von wo der Aufstieg in eine obere Etage möglich ist, die eine Verbindung zum Schacht unterhalb des Sitzqueranges aufweist.

Der erste Abschnitt des Nordostteiles ist ein großer, gerader liniger Kluftraum, dessen Genese hauptsächlich auf tektonische Vorgänge zurückzuführen ist. Die Bewegung an der Verwerfung dürfte im wesentlichen schräg verlaufen sein, wie aus den Rutschstreifen der Hartmische hervorgeht. Die Querschnittsgestaltung - Weitungen und Verengungen - deutet auf eine tektonische Raumentstehung im Sinne von E. ZIRKL (1955) durch Auseinanderrücken der Schollen bei der Bewegung gewellter tektonischer Flächen hin.

Der Gang knickt nach Osten um; nach einer starken Tropfwasserstelle fließt ein kleines Gerinne ostwärts und tieft sich im weiteren Verlauf klammartig ein. Diese annähernd ostwärts verlaufende Canyonstrecke bricht schließlich 12 m tief zur Sohle einer Halle ab. In diese führt auch ein niedriger Gang, der am Beginn der Canyonstrecke ansetzt und südlich dieser annähernd parallel dazu verläuft. Nach kurzen kletterbaren Abbrüchen gelangt man zu einer Raumerweiterung in Form eines auffallenden Mäanders, von der eine befahrbare Verbindung zum unterlagernden Gang führt. Nach wenigen Metern mündet der obere Gang in die Deckenpartie der oben erwähnten schachtartigen Halle aus. Diese Halle weist Restformen eines Canyons auf, der durch Verbruchvorgänge entlang tektonischer Flächen zerstört worden ist. Von dieser Halle führt ein Canyon mäandrierend ostwärts und tieft sich schließlich unter labilem Blockwerk ein.

Die Fledermaushalle geht in südwestlicher Richtung in den steilen Plattenschuß der Mariannenwand über, mit der sie eine einheitliche Raumfolge bildet. Der darunter befindliche Gang, zu dem neben dem eigentlichen Wandabbruch einige unbefahrbare Spalten hinabziehen, führt in Richtung SW zu den "Sandsiphonen", die erst durchgraben werden mußten. Nach diesen folgt eine Raumerweiterung, von der ein Kluftraum über den 15 m tiefen "Ellaschacht" zum System des "Schönen Schachtes" führt. Die Anlage dieses komplizierten Höhlen-

teiles erfolgte an einer SW-NE streichenden tektonischen Fläche. Der Schöne Schacht setzt mit einer 10 m tiefen Stufe an, von deren Basis weitere, jedoch kürzere Stufen in die Tiefe führen. Südwestlich dieses Schachtes - von diesem durch einen Felsfeiler getrennt - befindet sich der "Parallelschacht", der die Verbindung zum Luckenbrunnenteil der Lechnerweidhöhle herstellt. Der Parallelschacht ist mit dem Schönen Schacht einerseits durch den bereits weiter oben angeführten Kluftraum im Einstiegsniveau, andererseits durch ein Felsfenster zur obersten Stufe, sowie durch eine Röhre, die von seinem Grund zur mittleren Stufe führt, verbunden.

Vom Mittelteil der obersten Stufe des Schönen Schachtes gelangt man in das System des "Akrobatenganges", der außerdem auch von der mittleren Stufe des Schachtes zu erreichen ist. Gegen Nordwesten gelangt man in die "Wilde Halle", die aus steil gegen NE fallenden Platten besteht, in die sich - von einem Schlot beginnend - ein Canyon eingetieft hat. Der in nordöstlicher Richtung führende Gang bricht nach wenigen Metern steil ab und die Gangfortsetzung leitet zu einem 3 m tiefen Schacht, der gequert werden muß, um die weitere Fortsetzung zu erreichen. Über einen gewundenen Gang, die "Wendeltreppe", wird der Schachtgrund erreicht, und 3 m ansteigend gelangt man zum Einstieg des "Hackmesserschachtes". Nach 15 m Abstieg wird eine durch Felszacken gegliederte Zwischenplattform erreicht, von der drei Öffnungen zur 10 m tiefen unteren Stufe des Schachtes führen. Die Anlage dieses Teiles erfolgt an einer NW-SE streichenden Kluft.

Von der Wendeltreppe zieht gegen NE ein kluftgebundener, canyonartiger Gang über großes Blockwerk steil abwärts und endet in einer mit Sand verschwemmten Röhre. Vom Mittelteil dieses Ganges setzt bei einem Felsfeiler ein sehr engräumiger und kompliziert gebauter Höhlenteil an, der bis zu einem niederen, jedoch weit ausladenden Raum mit schwarzem Höhlenlehm erkundet wurde.

Von der Basis des Schönen Schachtes gelangt man über eine schutterfüllte Röhre zur "Kleinen Vesperhalle". Diese wird von einem in Richtung Südwest führenden Canyon überlagert, der mit der darunter befindlichen Vesperhalle an zwei Stellen befahrbar verbunden ist. Nach rund 30 m leitet dieser Canyon in einen Schlot. Von der Vesperhalle nimmt in nordöstlicher Richtung ein mäandrierender Canyon seinen Ausgang und führt zur "Harnischhalle". Vom Mittelteil dieses Canyons zweigt in annähernd westlicher Richtung ebenfalls eine Canyonstrecke ab, die über Engstrecken mit der Basis des Schönen Schachtes in Verbindung steht.

Die blockbedeckte Sohle der Harnischhalle wird nach einem 10 m tiefen Abstieg erreicht. Durch einen Blockberg und die hangende Harnischfläche ergibt sich ein aufsteigender und absteigender Teil. Die raumbestimmende Verwerfung streicht NO 34° E und fällt mit rund 50° gegen SE ein. Im Bereich der Halle ist der Harnisch auf einer Fläche

von ca. 100 m² aufgeschlossen. Die Konvakuationssohle der Halle bedeckt einen unterlagernden Canyon, der hydrographisch wirksam ist. Vom unteren, östlichen Teil der Harnischhalle führt eine teilweise aktive Canyonstrecke zur "Einsturzhalle", zu der außerdem ein Tropfsteingang leitet.

Die Einsturzhalle wird nach einem Abstieg von 6 m erreicht. Die Raumformung dieser Halle wird durch Verbruchvorgänge in großem Maße bestimmt. Ähnlich wie in der Harnischhalle gibt es auch in ihr einen aufsteigenden und einen absinkenden Teil. Das Westende der Halle geht in den Riesenschacht des Wasserfalldoms über. Der 30 m tiefe Abstieg zum Wasserstau der Sohle erfolgt jedoch durch einen Gang, der von der Einsturzhalle seinen Ausgang nimmt und annähernd parallel zu dieser verläuft. Der Dom liegt bereits eindeutig im Dachsteinkalk. Vom Grund des Wasserfalldoms zieht der "Endlose Canyon" 65 m weit mäandrierend in nordwestliche Richtung und mündet in einen flachen Raum. Über Blockwerk ansteigend, gelangt man zu einem tiefen Schacht. Man steigt jedoch schon vorher zwischen Blockwerk ab und folgt zunächst dem Weg des Wassers in einen Canyon; das Wasser ergießt sich schließlich in einen Schacht. Umgeht man diesen, so gelangt man in einen Seitenteil und nach einer Verzweigung zu einem weiteren, 15 m tiefen, geräumigen Schacht. Auf dieser Plattform folgt ein neuerlicher Abstieg von 6 m und man erreicht nach einer Schrägstrecke einen größeren Raum, dessen Sohle nach weiteren 4 m Abstieg erreicht wird. Von der Plattform unterhalb des 15-Meter-Abstieges setzt ein Parallelschacht an, der einige Meter tief hinabführt und blind endet.

Der "Luckenbrunnenteil" der Lechnerweidhöhle war bis zur Feststellung einer Verbindung als "Untere Luckenbrunnhöhle" (Kat. Nr. 1815/25) bekannt. Vom nischenförmigen Eingangsteil an der orographisch linken Flanke des Luckenbrunngrabens führt eine Spalte zur Eingangshalle, deren Sohle nach 10 m Abstieg erreicht wird. Die den Raum bestimmende Verwerfung streicht NW-SE und fällt mit 54° gegen NE ein. In verschiedener Höhe setzen unbefahrbare Fortsetzungen an. Vom Nordteil dieser Halle zieht gegen NE ein 40 m weit befahrener Canyon weiter, der noch nicht näher untersucht wurde. Durch einige Engstrecken gelangt man in westlicher bis nordwestlicher Richtung in die weit ausladenden, durch Pfeiler und tiefe Rinnen unübersichtlich gestaltete Pfeilerhalle, die gegen Norden in den Parallelschacht des Schönen Schachtes einmündet. Gegen Südwesten steigt die Halle steil an und man kann von dort aus einen aufwärtsführenden Gang einige Meter weit verfolgen, bis er verstürzt endet.

Die Lechnerweidhöhle wird nur von wenigen Raumformen beherrscht. Einerseits dominieren große Hallen, die teils an stratigraphische, teils an tektonische Raumfolgen gebunden sind, andererseits ausgeprägte mäandrierende Canyonstrecken. Daneben sind große Kluft Räume linearer Erstreckung und vorwiegend tektonischer Ent-

wicklung vertreten. In ihrem Typus steht die Lechnerweidhöhle den hochalpinen Höhlen des Dachsteins und des Toten Gebirges nahe. Es ist bemerkenswert, daß die schichtengebundenen Raumformen trotz des Einflusses der für die Speläogenese besonders günstigen Gegebenheiten nahe der Deckenstirn verhältnismäßig große Verbreitung aufweisen. Von besonderer Bedeutung für die Raumentwicklung der Hallen und Dome erweisen sich die Verbruchvorgänge, die in großem Maße an der Umgestaltung dieser Höhlenräume Anteil haben. Es sei hier vor allem auf die Einsturzhalle und die Harnischhalle verwiesen. Ein großer Teil der Höhlenräume ist an tektonische Flächen gebunden, von denen die Verwerfungen eine besondere Stellung einnehmen. Dabei zeigt sich eine auffallende Dominanz der NEstreichenden tektonischen Flächen, die zumeist steil gegen SE einfallen. Daneben sind die NW-SE streichenden Flächen für die Speläogenese von geringerer Bedeutung.

Die Lechnerweidhöhle befindet sich mit ihrem oberen Teil in dünnplattigem Liaskalk, der durch eingelagerte Hornsteinbänder charakterisiert wird. Die Schichtlagerung ist in der Einsturzhalle und in der Fledermaushalle mittelsteil gegen SW orientiert. In den tieferen Teilen (ab Harnischhalle) reicht die Höhle in den gebankten Dachsteinkalk.

V. DIE TEKTONISCHEN ELEMENTE UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE ANLAGE UND ENTWICKLUNG DER HÖHLEN.

Die Höhlen der niederösterreichischen Kalkalpen gehören fast ausschließlich zur großen Gruppe der Karsthöhlen. Das bedeutet, daß ihre Genese durch eine ganze Reihe von Grundlagen und Vorgängen bestimmt oder beeinflußt wurde. Die wesentlichste Voraussetzung ist ihre Lage in verkarstungsfähigen Gesteinen. Wir verstehen darunter alle Gesteine, in denen infolge ihrer Löslichkeit in CO₂-haltigem Wasser die Möglichkeit zur Verkarstung, d.h. der Verlegung des oberirdischen Abflusses eines Gebietes in eine teilweise oder annähernd vollständige unterirdische Entwässerung, gegeben ist. Es handelt sich um Karbonatgesteine, die im Untersuchungsgebiet vorwiegend aus Kalken, seltener aus Dolomiten bestehen.

Bezüglich der Genese alpiner Karsthöhlen können wir zwei fundamentale Beziehungen zum höhlenbergenden Gestein feststellen:

1. Gegebenheiten des ruhenden Untergrundes
 - a) das Gestein nach petrographischen Gesichtspunkten und verschiedener Wertigkeit gegenüber der Verkarstung
 - b) die stoffliche Inhomogenität des Gesteines (Schichtfugen, Schichtgrenzen)
2. Gegebenheiten des bewegten Untergrundes
 - a) bruchlose Verformungen (Schichtlagerung infolge Faltung)
 - b) bruchhafte Verformungen (Klüfte, Verwerfungen, zum Teil auch Schichtgleitflächen).

Davon abgeleitet, können die in die vorliegende Untersuchung einbezogenen Karsthöhlen in zwei Gruppen geschieden werden, und zwar in:

1. vorwiegend schichtengebundene Höhlenräume,
2. vorwiegend kluftgebundene Höhlenräume.

Die tektonischen Flächen wirken sich sowohl auf die Raumentstehung als auch auf die Phase der Raumentwicklung in besonderem Maße aus. Die Primäranlage einer großen Anzahl von Höhlenräumen ist an das Vorhandensein tektonischer Flächen gebunden. Der Verlauf, die Raumgestaltung, vielfach auch die Ausdehnung einer solchen Höhle oder eines solchen Höhlenteiles stehen in engster Beziehung zu diesen tektonisch bedingten Gesteinsfugen.

Die Höhlenbildung erfolgt im Normalfall nach den Phasen der Raumentstehung, Raumentwicklung und dem Raumverfall, der schließlich zur Raumzerstörung führen kann. H. TRIMMEL (1961) faßt die Raumentwicklung als Synthese raumerweiternder und raumerfüllender Kräfte, bzw. Vorgänge auf. Dazu sei ergänzend festgestellt,

daß alle diese Entwicklungsstufen keineswegs phasenhaft vor sich gehen müssen, sondern in vielen Fällen mehr oder minder kontinuierlich ablaufen und größtenteils von der Wasserwegsamkeit der Gesteinsfugen gesteuert werden. Eine Änderung der Wasserwegsamkeit oder der hydrographischen Durchsatzkapazität der Gesteinsfugen bedingt stets eine Veränderung der Raumentwicklung. Im Idealfall macht jede Karsthöhle ihre Entwicklung von den Ausgangsflächen (der "stratigraphischen und tektonischen Vorbereitung") zum Reifestadium und schließlich zum Höhlenverfall durch. Bei Betrachtung einer Höhle oder eines genetisch einheitlichen Höhlenteiles haben wir stets ein Objekt in einer bestimmten Entwicklungsstufe vor uns. Man muß sich vor Augen halten, daß vor allem in ausgedehnteren Höhlen die einzelnen Räume verschiedenen Entwicklungsstufen (Raumbildungsphasen) entsprechen und daher auch ein verschiedenes Alter aufweisen können.

A) DIE TEKTONISCHEN TRENNFLÄCHEN UND IHRE WERTIGKEIT FÜR DIE ANLAGE UND ENTWICKLUNG DER KARSTHOHLRÄUME.

Bei den tektonischen Bewegungen der Erdkruste entstehen bruchlose und bruchhafte Verformungen, die durch Übergangsformen (z.B. Flexuren) miteinander verknüpft sind, wobei Biegung oft dem Bruch vorausgeht. In der Geologie werden alle Trennflächen, die den Gesteinskörper durchziehen, rein beschreibend und ohne Beziehung auf ein genetisches Moment als Fugen bezeichnet. Diese Fugen durchsetzen das Gestein mit größerer oder geringerer Regelmäßigkeit und zerlegenden Gesamtkomplex in Einzelteile.

Die Brucherscheinungen werden allgemein in zwei große Gruppen eingeteilt:

1) Trennflächen (Fugen) ohne meßbare Verschiebungsbeträge auf den aneinanderstoßenden Gesteinsflächen.

Für diese Gruppe ist der Ausdruck Kluft, wie auch seine Abwandlungen "geklüftet", "zerklüftet", usw. im deutschen Sprachgebrauch üblich. Ist eine Kluft offen, d.h. ist eine Bewegung quer oder schräg zur Trennfläche vorhanden, so prucht man von Spalten.

2) Trennflächen (Fugen), an denen meßbare Relativbewegungen erfolgt sind.

In diesem Falle wird von Verschiebungsflächen gesprochen, die jedoch allgemein als Störungen oder vor allem in der Speläologie als Verwerfungen bezeichnet werden. Der absolute Bewegungssinn bei Verwerfungen ist nur in den seltensten Fällen eindeutig zu erkennen.

Die Formen der tektonischen Trennflächen.

Klüfte.

Nach H.CLOOS bezeichnen wir als Klüftung "jede Art von Fugenbildung im Gestein, soweit sich an der Fuge keine meßbare Verschiebung voll-

zog. Meßbare Verschiebung macht die Klüfte zu Verschiebungsflächen. Meßbares Auseinanderweichen der Wände macht sie zum Spalt, doch ist diese Grenze nicht scharf. Flächen mit sehr kleinen Bewegungen wird man noch zu den Klüften rechnen dürfen".

In Karsthöhlen wird die Unterscheidung von Kluft und Spalte (= klaffende Kluft) in den meisten Fällen nicht möglich sein, es empfiehlt sich daher, für beide Fälle die Bezeichnung Kluft zu verwenden, gleichgültig ob ein Klaffungsbetrag feststellbar ist oder nicht. In der technischen Speläologie wird unter dem Begriff "Spalte" eine befahrbare Kluft verstanden. Vor allem in der älteren Literatur hat sich der Begriff Kluftfuge eingebürgert, der zumeist synonym für Kluft, gelegentlich aber auch für Verwerfung verwendet wurde.

Die Klüfte weisen zum tektonischen Bauplan eines Gebietes vielfach deutliche Symmetriebeziehungen auf und sind häufig Begleiterscheinungen von Faltungen und Bruchsystemen. In Faltengebirgen (z.B. Alpen) kann man rein beschreibend Quer-, Längs-, und Diagonalklüfte unterscheiden.

Querklüfte treten bei Falten senkrecht zur Achsenrichtung auf und verdanken ihre Entstehung einer Dehnung längs der Faltenachse. Bezogen auf die Gefügekoordinaten handelt es sich hiebei um Flächen, die parallel zur ac-Ebene streichen. Bei geneigten Faltenachsen stehen diese Querklüfte auch mehr oder minder normal auf den geneigten Achsen.

Längsklüfte sind alle Kluftsysteme, die parallel zur Achsenrichtung streichen. Längsklüfte sind parallel zu b und c orientiert. Quer- und Längsklüfte stehen annähernd senkrecht aufeinander. Da auf Schichtflächen bei starker Verfaltung vielfach Gleitbewegungen stattfinden, sind in der germanotypen Tektonik die Längsklüfte häufig von Schichtpaket zu Schichtpaket infolge Dehnung der äußeren Schichten versetzt, was gleichzeitig auf eine Entstehung dieser Klüfte vor oder in einem relativ frühen Stadium der Faltung hinweisen kann. In der alpinotypen Tektonik durchsetzen die tektonischen Trennflächen die Faltenstrukturen größtenteils linear. Dies deutet darauf hin, daß die Mehrzahl der Klüfte in alpinen Gebieten erst nach Beendigung der Faltungs-(und Überschiebungs-)phasen entstanden sind. Die Genese der tektonischen Flächen ist in einem bereits gefalteten und in einzelne Decken aufgegliederten Alpenkörper erfolgt.

Diagonalklüfte. Unter den Begriffen Quer- und Längsklüfte sind genetisch sowohl Zerrungs- als auch Scherklüfte zusammengefaßt. Bei den Diagonalklüften handelt es sich ausschließlich um Scherklüfte, die diagonal zur Richtung der Faltenachse verlaufen. Sowohl im Grundriß, als auch im Querschnitt treten die Klüfte nicht als ebene "Fläche" auf, wir können in Höhlen häufig eine mehr oder minder starke Krümmung des Verlaufes feststellen. Beispiele für solche gewellte Formen sind im Untersuchungsgebiet aus der Gaiskirche bei Frankenfels, dem Trockenen Loch bei Schwarzenbach und der Lechnerweidhöhle im Dürrensteingebiet bekannt.

Verwerfungen.

Der übergeordnete Begriff Verschiebungen oder Störungen faßt alle tektonischen Trennflächen zusammen, an denen die aneinandergrenzenden Gesteinsteile eine gleitende Verschiebung erfahren, d.h. sich gegeneinander bewegt haben. Es werden somit auch großräumige Formen wie Decken und große Bruchsysteme erfaßt. Für tektonische Flächen im lokalen Bereich, an denen meßbare Bewegungen stattgefunden haben, wird hauptsächlich der Begriff Verwerfung angewendet, der sich auch in der physischen Speläologie eingebürgert hat. Früher wurde für diese Flächen fast ausnahmslos die Bezeichnung "Bruchfuge" gebraucht, die jedoch zu Verwechslungen mit dem ebenfalls heute ungebräuchlichen Begriff "Kluftfuge" Anlaß gab, und der nach Möglichkeit zu vermeiden ist.

Die Verwerfungen haben für die Genese der alpinen Karsthöhlen große Bedeutung. Sie zerschneiden den ursprünglichen Gesteinsverband und setzen nicht zueinandergehörige Gesteinspartien nebeneinander. Für die Anlage und Ausbildung der Höhlenräume können sie in zweifacher Weise wirksam sein; erstens als Faktor der Höhlenraumbildung selbst, und zweitens durch die zumeist ausgezeichnete karsthydrographische Wegsamkeit der durch die Bewegungsflächen geschaffenen Zerrüttungszonen. Die Bruchflächen sind, wie bereits im Abschnitt über die Klüfte angedeutet, im allgemeinen nicht eben, sondern mehr oder weniger stark gewellt. Nach E. ZIRKL (1955) müssen "bei der Bewegung (ob horizontal oder vertikal, ist belanglos) entlang dieser Flächen entweder Reibungsbreccien entstehen, oder aber die beiden sich gegenseitig verschiebenden Schollen etwas auseinandergedrückt werden". Durch diese Art der Bewegung können vorwiegend hohe, schmale Kluft Räume entstehen (Vgl. "Nordostteil" der Lechnerweidhöhle). In Gebieten gleichen tektonischen Bauplans treten bestimmte Verwerfungssysteme bevorzugt auf. Bezüglich der Verwerfungen und ihrer Positionen zu den Gefügekoordinaten der Falten kann auf die Ausführungen im vorigen Abschnitt verwiesen werden.

Wenn auch Verwerfungsflächen jede Richtung und Neigung im Gesteinskörper einnehmen können, so lassen sie sich doch in einigen charakteristischen Gruppen zusammenfassen.

Es lassen sich unterscheiden:

Verwerfungen in mehr oder minder vertikaler Richtung

(Abschiebung, Aufschiebung und Überschiebung = Decke)

Verwerfungen in mehr oder minder horizontaler Richtung

(Blattverschiebung)

Unter Blattverschiebungen werden vorwiegend horizontale Verschiebungen an meist steil stehenden Flächen verstanden. die mehr oder weniger horizontale Bewegung kann oft an waagrecht liegenden Rutschstreifen erkannt werden. Sind in Höhlen solche nicht aufgeschlossen, so kann man die Blattverschiebungen mitunter auch an der "Ver-

setzung" von Klüften, die quer zur Gangstrecke verlaufen, identifizieren. Blattverschiebungen sind sehr häufig im Bereich der Deckenstirnen anzutreffen. Sie weisen in unserem Gebiet infolge des gegen Norden gerichteten Druckes bei der Überschiebung sehr häufig einen Nord-Süd-Verlauf auf. (Vgl. Abb. 25).

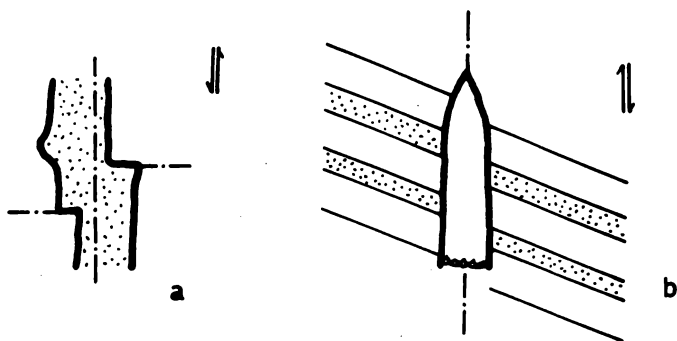


Abb. 25

- a) Versetzung einer Querkluft an einer lokalen Blattverschiebung im Höhlenbereich (Grundriß)
- b) Versetzung von Gesteinsschichten an einer steilstehenden Verwerfung (Querschnitt)

Wie die Praxis zeigt, treten die oben angeführten drei Verschiebungssysteme nicht nur in ihrer idealen Ausbildung auf, vielmehr gibt es auch mannigfaltige Übergänge. Man spricht in diesem Falle von schrägen Verschiebungen. Dabei muß von Fall zu Fall entschieden werden, welcher Bewegung die größere Bedeutung zukommt; nach dieser ist die Verwerfung zu benennen.

Neben den oben angeführten Arten von Verwerfungen, die den Gesteinsverband größtenteils nicht schichtenparallel durchsetzen, sind auch aus einer Reihe von Höhlen Beispiele bekannt geworden, in denen Schichtflächen als Bewegungsflächen fungieren. Diese Bewegungen, durch Dehnungs- und Spannungskräfte im Faltenbau verursacht, treten vor allem dort auf, wo mittleres bis steiles Schichtfallen vorherrscht und wo die Gleitbewegung durch eine stoffliche Inhomogenität des Gesteinsverbandes, z.B. dolomitische Zwischenlagen in gut gebankten verhältnismäßig reinen Kalken oder durch tonige Füllungen auf den Schichtflächen, die als Gleitmittel dienten, begünstigt wurde. Vielfach werden diese schichtenparallelen Bewegungen erst durch das Vorhandensein von Zerrungsklüften ausgelöst, die selbst wieder im ursächlichen Zusammenhang mit dem Faltungs- bzw. Überschiebungsakt stehen und die zumeist gegensinnig zum Schichtfallen gelagert sind.

E. ZIRKL (1955) hat darauf hingewiesen, daß die Zerrungsbeträge bei Faltungen oft beträchtliche Ausmaße annehmen. Stellt man sich eine Falte mit einem Krümmungsradius von 2 km vor und zieht einen Kreissektor von nur 1 km in Betracht, dann ist die Gesteinschicht, die um 100 m vom Faltenkern weiter entfernt ist, bereits um rund 50 m gezerzt worden. Schichtenparallele Bewegungen werden durch Harnische und Gleitstreifen an den Schichtflächen angezeigt. In zahlreichen Höhlen lassen sich Schichtgleitflächen auch durch das Vorhandensein von Reibungsbreccien entlang der Bewegungsflächen eindeutig beweisen (E. ARNBERGER 1954). Infolge der guten Gleitfähigkeit auf den Schichtflächen sind Reibungsbreccien hier nur in geringer Mächtigkeit entwickelt; sie können jedoch auch gänzlich fehlen. E. ARNBERGER hat aus der Dachsteinmammuthöhle in steil einfallenden Verwerfungen mit starker Striemung in Richtung des Schichtfallens Anzeichen für schichtenparallele Bewegungen gesehen. Diese Schichtgleitflächen lassen sich auch durch Verwerfungen, die an bestimmten Schichten versetzt sind, nachweisen. Besonders schöne Schichtgleitflächen sind im Untersuchungsgebiet aus dem Unteren Reitsteigschacht, der Schoberberghöhle, dem Haussteinschacht und dem Trockenen Loch bekannt.

Die Erscheinungsformen der Bewegungsfläche

Bei der Bewegung zweier Gesteinskomplexe gegeneinander ist häufig die Verwerfungsfläche in homogenen, spröden Gestein - wie es die Kalke sind - ein einfacher blankpolierter Schnitt, ein sogenannter H a r n i s c h . Man kann daraus ersehen, daß die Bewegung oft gewaltsam unter großer Reibung vor sich gegangen ist. In manchen Fällen hinterlassen die Gesteinstrümmer während der Bewegung Spuren, die Gleitstreifen oder Striemung genannt werden. Gleitstreifen sind parallele Rillen, die auf einer Verwerfungsfläche in der Bewegungsrichtung verlaufen. Die Streifen auf einem Harnisch müssen jedoch in ihrer Richtung nicht immer übereinstimmen. Dies ist dann der Fall, wenn die Bewegung auf einer Fläche in mehreren Phasen erfolgte, deren Bewegungssinn verschieden war. Aus diesem Grunde sollte ein Harnisch nie für sich allein zur Beurteilung der Bewegungsrichtung einer Verwerfung herangezogen werden. Häufig kann beobachtet werden, daß in Höhlen bei größeren raumbestimmenden Verwerfungen Gesteinspartien als Ganzes abgetrennt und in der Störungszone verstellt worden sind. Dies kann ebenfalls von der Hauptbewegung abweichende Striemen hervorrufen.

In einigen günstigen Fällen läßt sich an Harnischen in Höhlen auch die relative Bewegungsrichtung ablesen. Diese ist zuweilen an den gestuft abgesetzten Striemungen oder Kalzitbelägen zu erkennen, die sich beim Abtasten mit der Hand in einer Richtung rauh anfühlen und der gleitenden Handbewegung einen Widerstand entgegen setzen. In dieser Richtung hat sich die betreffende Gesteinsscholle be-

wegt. Die Richtung, in welcher sich der Harnisch glatt anfühlt, ist die Gegenrichtung.

Gesteinskörnchen können bei der Bewegung mitgenommen und in die Harnischfläche eingedrückt werden. Aus der Anordnung der hinterlassenen Schleifspuren kann man mitunter die Bewegungsrichtung erkennen. Sind Schichten oder Sekundärklüfte an Verwerfungen verschleppt, so ermöglicht dies ebenfalls einen Hinweis auf den Bewegungssinn (Vgl. Abb. 25).

Eine Verwerfung besteht fast nie aus nur einer Spalte: zu meist ist sie von weiteren Störungen und von parallel verlaufenden Klüften begleitet. So kommt es sehr häufig zur Bildung breiterer Zerrüttungszonen, an denen oft Höhlengänge angelegt sind, die im Ganzen gesehen einen ausgeprägten Versturzacharakter aufweisen. Werden bei der Bewegung Gesteine zertrümmert, die sich in der Verwerfungszone sammeln und zerbrochenes, zumeist scharfkantiges Material bilden, das mittels toniger Bindemittel verkittet ist, so spricht man von einer Reibungsbreccie oder einem Mylonit.

Über die Wertigkeit der tektonischen Flächen für die Speläogenese.

Bei der Auswertung einer geologisch-tektonischen Kartierung im oberirdischen Aufschlußbereich ist es zweckmäßig, die oft zahlreich vorhandenen und aufgenommenen tektonischen Flächen unterschiedlich zu bewerten. In einer ersten Gliederung wird zunächst die wesentliche Unterscheidung in Kluft und Bewegungsfläche vorzunehmen sein. Unter den als gleichartig erkannten Flächen ist eine große, den gesamten Aufschlußbereich (z.B. Steinbruch) durchsetzende Kluft bedeutender als eine kleine. Deshalb wird im allgemeinen bereits bei der Aufnahme die Wertigkeit der tektonischen Flächen festgelegt und durch Ziffern ausgedrückt.

So bedeutet: 3 - große Kluft, die den Aufschlußbereich durchsetzt. Zehnermeter - Bereich
2 - mittlere Kluft, im Aufschluß einige Bänke durchsetzend, Meter - Bereich.
1 - Klüfte mit Dezimeter- und Zentimeterbeträgen.

Eine Höhle stellt einen verschieden tief in den Gebirgskörper eindringenden natürlichen Aufschluß dar, in dem sich - analog den oberirdischen - auch die tektonischen Elemente feststellen lassen. Im Gegensatz zu einem künstlichen Aufschluß (Steinbruch, Stollen), der ziemlich wahllos die tektonischen Flächen zugänglich macht, bieten die alpinen Karsthöhlen eine Auswahl von Kluftsystemen an, die durch die Genese der Hohlräume selbst bedingt ist. Daß eine solche Auswahl tatsächlich besteht, ist durch die Vielzahl der Klüfte bewiesen, die bei künstlichen Erweiterungen in Höhlen (etwa durch Sprengungen) überhaupt erst aufgeschlossen worden sind, während an den natürlichen Gesteins-

flächen im benachbarten Bereich die Existenz solcher Trennflächen oft nur sehr spärlich in Erscheinung tritt.

Vor allem in voralpinen Höhlen, die stärkere korrosive Bearbeitung der Evakuationsflächen aufweisen, ist dieser Mangel an aufgeschlossenen querverlaufenden Klüften auffällig; hingegen bieten die hochalpinen Höhlen zumeist weitaus bessere Aufschlußverhältnisse für Kluftuntersuchungen.

In den alpinen Karsthöhlen lassen sich eine Reihe von Klüften und Verwerfungen feststellen, die jedoch nicht alle den gleichen Anteil an der Primärgenese der Höhlen aufweisen. Besonders wesentlich sind tektonische Flächen, mit denen der Verlauf und die Raumgestaltung der einzelnen Höhlenräume in engster Beziehung stehen und die wir als raumbestimmende tektonische Flächen bezeichnen. Es handelt sich also um jene Klüfte oder Verwerfungen, die einer Höhle oder einem Höhlenteil das Prädikat "kluftgebunden" verschaffen. Diese tektonische Flächen 1. Ordnung sind für die Anlage, den Verlauf und die großförmige Querschnittsgestaltung eines Höhlenraumes von entscheidender Bedeutung. Diese Flächen können nun an der Genese langgestreckter Höhlenräume beteiligt sein, wie z.B. die "Gerade Kluft" in der Eisriesenwelt im Tennengebirge bei Werfen oder im voralpinen Bereich die Raumfolge in der "Weißen Halle" im Trockenen Loch; andererseits kann ebensogut eine Gangstrecke von nur wenigen Metern an eine Fläche 1. Ordnung gebunden sein. Als Raumfolge wird eine Folge von Höhlenräumen verstanden, die sich wohl physiognomisch unterscheiden, jedoch genetisch an derselben Bezugsfläche, bzw. denselben Bezugsflächen angelegt sind. Diese können Schichtfugen oder tektonische Flächen sein. Neben diesen raumbestimmenden tektonischen Flächen tritt nun eine große Anzahl weiterer, jedoch für die Genese offensichtlich weniger bedeutsamer Klüfte und Verwerfungen auf.

Als tektonische Flächen 2. Ordnung werden solche aufgefaßt, die nicht mehr für die Anlage eines eigenen Hohlraumes, wohl aber für den morphologischen Formenschatz mittlerer Größenordnung in Frage kommen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Querklüfte, also solche, die mehr oder minder quer zum Gangverlauf streichen und die nicht die lineare Ausdehnung des Höhlenraumes verursachen, sondern für die Erweiterung der Evakuierung nach den Seiten hin bestimmend sind.

Tektonische Flächen 3. Ordnung sind solche, die wohl an den Felsflächen der Beobachtung zugänglich sind, aber keine besondere erkennbare Bedeutung für die Raumerweiterung haben. Jedoch können auch diese Flächen wasserwegsam sein und durch ihr gehäuftes Auftreten für die Entwicklung eines Karsthohlraumes in Frage kommen.

In den Höhlen des Untersuchungsgebietes kann vielfach beobachtet werden, daß raumbestimmende tektonische Flächen nach Durchörterung dazwischen liegender Gesteinspartien in einem benachbarten Höhlengang als Querklüfte in Erscheinung treten.

Wertet man sämtliche in einer Karsthöhle aufgenommenen Klüfte und Verwerfungen ohne speläogenetische Differenzierung aus, so erhält man ein für die Deutung der Primäranlage weitgehend unbrauchbares Bild.

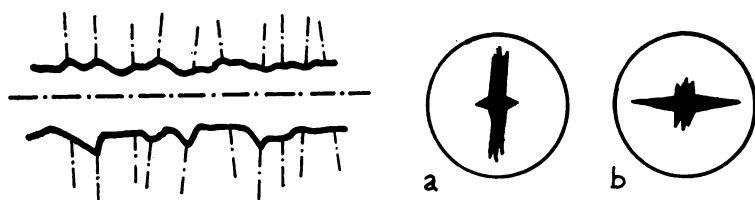


Abb. 26 Die Darstellung der speläogenetischen Wertigkeit tektonischer Flächen eines Höhlenganges (schematisch):
a) ohne, b) mit Differenzierung

Es ist naheliegend, die raumbestimmenden tektonischen Flächen in eine Beziehung zum Hohlraum selbst zu setzen. Die Heranziehung des Volumens eines Raumes oder einer Raumfolge scheidet auf Grund der schwierigen Bestimmung aus. Weiters bleibt die Frage nach dem jeweiligen Stadium der Raumentwicklung offen. Ein erfolgversprechender Weg könnte sein, die tektonischen Flächen in eine sinnvolle Relation zur Längserstreckung einer kluftgebundenen Raumfolge zu bringen.

Bei speläogenetischen Untersuchungen ist es unbedingt notwendig, die Wertigkeit der Klüfte und Verwerfungen zu berücksichtigen und diese auch nach Möglichkeit in den Diagrammen zum Ausdruck zu bringen.

B) TEKTONISCHE FLÄCHEN UND IHRE BEZIEHUNG ZUR RAUMGESTALTUNG VON KARSTHOHLRÄUMEN.

Schon in der heute als "klassisch" bezeichneten speläologischen Literatur finden sich Hinweise, daß man bereits früh die Bedeutung der Klüfte und Verwerfungen für die Anlage von Höhlen oder Höhlenteilen erkannt hat. So schreibt der unvergessene Wegbereiter der wissenschaftlichen Höhlenkunde, Franz KRAUS: "Diese Klüftigkeit ist ein so wesentliches Erforderniß, daß man behaupten kann, daß ohne sie in dichtem Kalksteine eine Höhlenbildung undenkbar ist..."¹⁾. Vielfach beschränken sich jedoch die Feststellungen lediglich darauf, daß bestimmte Höhlen Bruch- oder Kluftfugen folgen, die dem Wasser ein bevorzugtes Eindringen in den Gebirgskörper ermöglichen. Mit Ausnahme der richtungsweisenden Untersuchungen von W. BIESE (1933) haben erst in jüngerer Zeit einige Forscher ihr Augenmerk den Ausbildungsarten kluftgebundener Höhlenräume zugewandt, wobei vor allem auf die Arbeiten von H. TRIMMEL (1950) und E. ARNBERGER (1954), sowie auf die von Ph. RENAULT

¹⁾ KRAUS F., Höhlenkunde. Wege und Zweck der Erforschung unterirdischer Räume. Wien 1894. S. 42.

(1961) und M. R. SERONIE-VIVIEN (1961) verwiesen sei. Gelegentlich war man bemüht, eine strenge Trennung zwischen vorwiegend horizontalen und vorwiegend vertikalen Höhlen oder Höhlenteilen zu beachten, obwohl es in der Natur nicht immer einfach ist, eine derartige Trennung konsequent durchzuführen, da - vor allem in alpinen Karsthöhlen - die Mehrzahl der Höhlenräume Übergangsformen und "Mischtypen" darstellt. Als "Idealformen" können einerseits der mehr oder weniger horizontale Höhlengang, andererseits der mehr oder weniger lotrechte Schacht oder Schlot gelten. In alpinen Karsthöhlen ist es nicht möglich, die häufigen anderen Raumformen, die oft komplizierte Gestaltung aufweisen, auf diese Grundtypen zu reduzieren. So erweist sich etwa die eindeutige Zuordnung von großen Klufträumen als besonders schwierig, die - bei geringer Breitenausdehnung - sowohl bedeutende Längenerstreckung, als auch eine bedeutende Vertikalerstreckung aufweisen.

Als weiteres Beispiel kann dafür die großvolumige Raumerweiterung, die als "Dom" bezeichnet wird, angeführt werden. Domartige Raumerweiterungen sind vor allem in hochalpinen Höhlen nicht selten und weisen sowohl eine Erweiterung nach den Seiten (in horizontaler Richtung) als auch nach oben (in vertikaler Richtung) auf. Die Zuordnung in ein starres Schema wird durch den häufig vorhandenen gleitenden Übergang zwischen einem Schacht, bzw. Schlot und den oberen Partien eines Domes keineswegs vereinfacht.

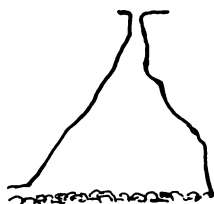


Abb. 27

Vergleichende Untersuchungen in kalkalpinen Höhlen haben gezeigt, daß an tektonischen Flächen sehr verschiedene Raumformen angelegt sind, die sich in den meisten Fällen von schichtgebundenen Formen physiognomisch deutlich unterscheiden lassen und die gegenüber diesen im allgemeinen eine Dominanz aufweisen.

Der Grundbauplan der meisten alpinen Höhlen wird durch die Tektonik bestimmt oder zumindest mitbestimmt. Das Störungsnetz der tektonischen Schubmasse spiegelt sich im Gangsystem einer verzweigten Höhle wider. Vor allem Großhöhlen mit komplizierter Zusammensetzung lassen den tektonischen Bauplan der Schubmasse erkennen. Bereits W. BIESE (1933) stellte fest, daß "... sich in den Höhlengängen zum mindesten ein Teil des primären Kluftnetzes erkennen läßt". In der Dachstein-Mammuthöhle hat E. WILTHUM (1952) festgestellt, daß die Störungen sich an manchen Stellen verdichten, also nicht gleichmäßig im Gebirgskörper verteilt sind. Dies führte

zur Erkenntnis von "Verdichtungscentren" oder "Kluftnestern", die den schichtgebundenen Höhlenteilen peripher angelagert sind. Verdichtungscentren des Kluftnetzes können auch im Untersuchungsgebiet in zahlreichen Höhlen festgestellt werden. Besonders deutlich zeigen dies die labyrinthartigen Großhöhlen, wie das Trockene Loch, die Nixhöhle und die Lechnerweidhöhle. In diesen Höhlen werden die stark gestörten Gesteinspartien durch weniger gestörte verbunden, in denen hauptsächlich Schichtfugenräume liegen.

Die Anlage eines Höhlenganges an einer einzigen tektonischen Fläche oder an einem Bündel parallel zueinander verlaufender Flächen bewirkt die mehr oder minder lineare Erstreckung des Höhlenraumes mit vertikaler Ausdehnung, für den sich der Begriff "Kluftgang" oder "Kluftraum" eingebürgert hat. Vielfach durchsetzen die tektonischen Flächen das Gestein nicht in einer Ebene, sondern besitzen eine Wellung, wodurch der an sie geknüpfte Höhlengang auch zum Mäandrieren gezwungen wird. Eine Reihe solcher mäandrierender Gänge weist sich durch ihre Breite und Höhererstreckung zweifelsfrei als kluftgebunden aus; an ihren Deckenpartien sind jedoch in der Regel keine Anzeichen tektonischer Flächen zu erkennen.

Beispiele für solche Raumformen bieten u.a. die Paulinenhöhle bei Türnitz (vgl. weiter unten), sowie die Lechnerweidhöhle. Nahezu immer bedingen Querklüfte, das sind im speläologischen Sinne tektonische Flächen quer zum Gangverlauf, Raumerweiterungen, und zwar sowohl nach den Seiten, als auch nach der Höhe (Abb. 28). Fast jede größere Höhle im untersuchten Gebiet bietet dafür Beispiele; es sei lediglich auf die Hundsbielhöhle, den Blockschacht und auf die Mariannenhöhle verwiesen.

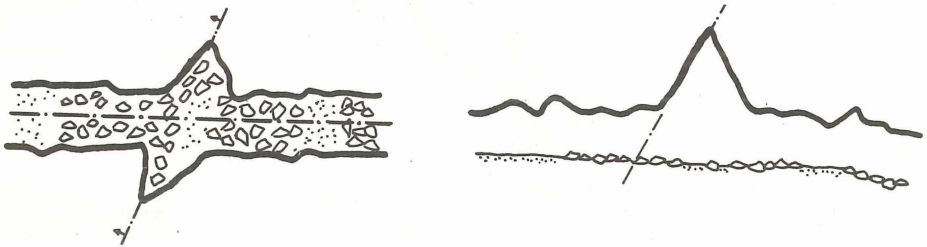


Abb. 28

Kommt es zum Schnitt zweier oder mehrerer tektonischer Flächen gleicher Wertigkeit, so bildet sich im Bereich der Scharung eine domartige Erweiterung. Solche Höhlenräume treten nicht nur dort auf, wo tektonische Flächen einander im Bereich der Evakuationskreuzen, sondern auch an divergierenden Flächen, deren Schnittlinie außerhalb des Höhlenraumes liegt (Staffmauernhöhle bei Schwarzenbach a.d. Pielach).

Schächte und Schlote sind fast ausnahmslos an tektonische Flächen gebunden. Vor allem an der Schnittlinie stellgehaltener

Flächen bilden sich Schächte bevorzugt aus. Das Vorhandensein einer vertikal verlaufenden Schwächezone, wie sie die Schnittlinie tektonischer Flächen darstellt, ist die Voraussetzung für die in senkrechter Richtung wirkenden korrosiven Kräfte. Wie bereits oben dargestellt wurde, besteht bezüglich ihrer Primäranlage zwischen domartigen Raumerweiterungen und Schächten bzw. Schloten kein prinzipieller Unterschied. Ob es zu der einen oder anderen Raumform kommt, steht vermutlich in engstem Zusammenhang mit der Wasserwegsamkeit der tektonischen Flächen und mit der Gebirgsfestigkeit an diesen Stellen.

Aus dem betrachteten Kalkalpenabschnitt sind Beispiele bekannt, bei denen sich verschiedene Raumformen an eine einzige tektonische Fläche knüpfen. Für diese Erscheinung wurde die Bezeichnung "Raumfolge" vorgeschlagen und weiter oben definiert (vgl. S. 92). Im Trckenen Loch befindet sich eine Raumfolge im "Weißen Labyrinth", wo die "Weiße Halle" und der zu ihr führende Gang an eine einzige Fläche gebunden sind. Desgleichen kann eine interessante Raumfolge im Verbindungsteil zwischen der Eingangshalle und der Osterhalle festgestellt werden. Hier liegen eine Schlufstrecke sowie eine steil aufwärtsführende Gangstrecke an einer einzigen Gesteinsfuge. (vgl. Abb. 29).

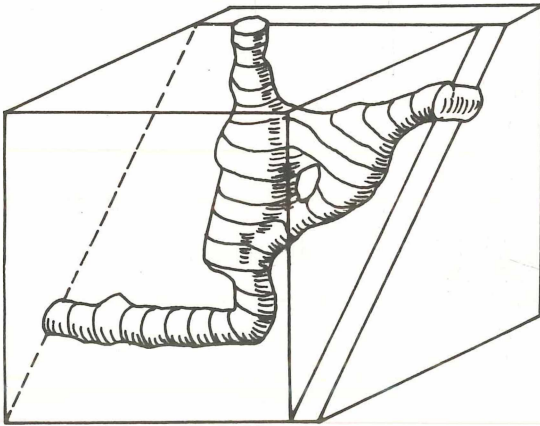


Abb. 29

Eine besondere Betrachtung erfordern die Querschnitte von Räumen, die an tektonische Flächen gebunden sind. Es handelt sich dabei um Querprofile, oft nur Profile genannt, die senkrecht zur Längserstreckung eines Ganges oder eines Höhlenraumes verlaufen. Es sei vorausgestellt, daß in der Natur zahllose verschiedene Formen von Querschnitten vorhanden sind, und daß im folgenden der Versuch unternommen werden soll, an Hand der Beispiele speziell aus den Höhlen der östlichen Kalkalpen, einige typische Grundformen abzuleiten und zu deuten.

Grundsätzlich sind zwei Gruppen voneinander zu trennen, a) die kluftgebundenen Querschnittsformen b) die schichtgebundenen Querschnittsformen, die durch eine große Anzahl von Kombinationen aus beiden Grundformen ergänzt werden. Der Großteil der Querschnitte alpiner Höhlenräume ergibt sich aus der Kombination tektonischer und stratigraphischer Inhomogenitäten des Muttergesteins. Daraus leitet sich auch die Berechtigung ab, die Raumquerschnitte gesondert von der Grundrißgestaltung der Höhlenräume zu betrachten. Eine Raumfolge, die in ihrer Primäranlage eindeutig als kluftgebunden erkannt wird, kann bezüglich ihrer Querschnittsgestaltung durchaus stark von schichtgebundenen Elementen beeinflusst sein. Nur durch Untersuchungen im Höhlenraum selbst kann im Einzelfall geklärt werden, in welchem Ausmaß und in welcher Weise diese schichtgebundenen Einflüsse an der Raumentstehung oder Raumentwicklung beteiligt waren; teils können sie auch an der Erstreckung der Raumfolge unmittelbar mitgewirkt haben, teils können sie lediglich für die Erweiterung der Evakuations nach den Seiten hin von Bedeutung sein (Abb. 30).

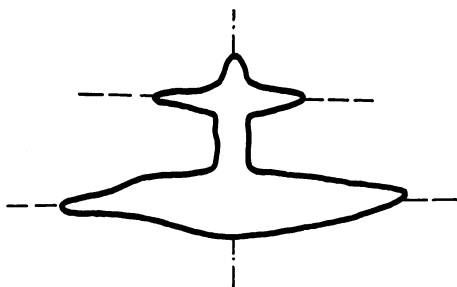


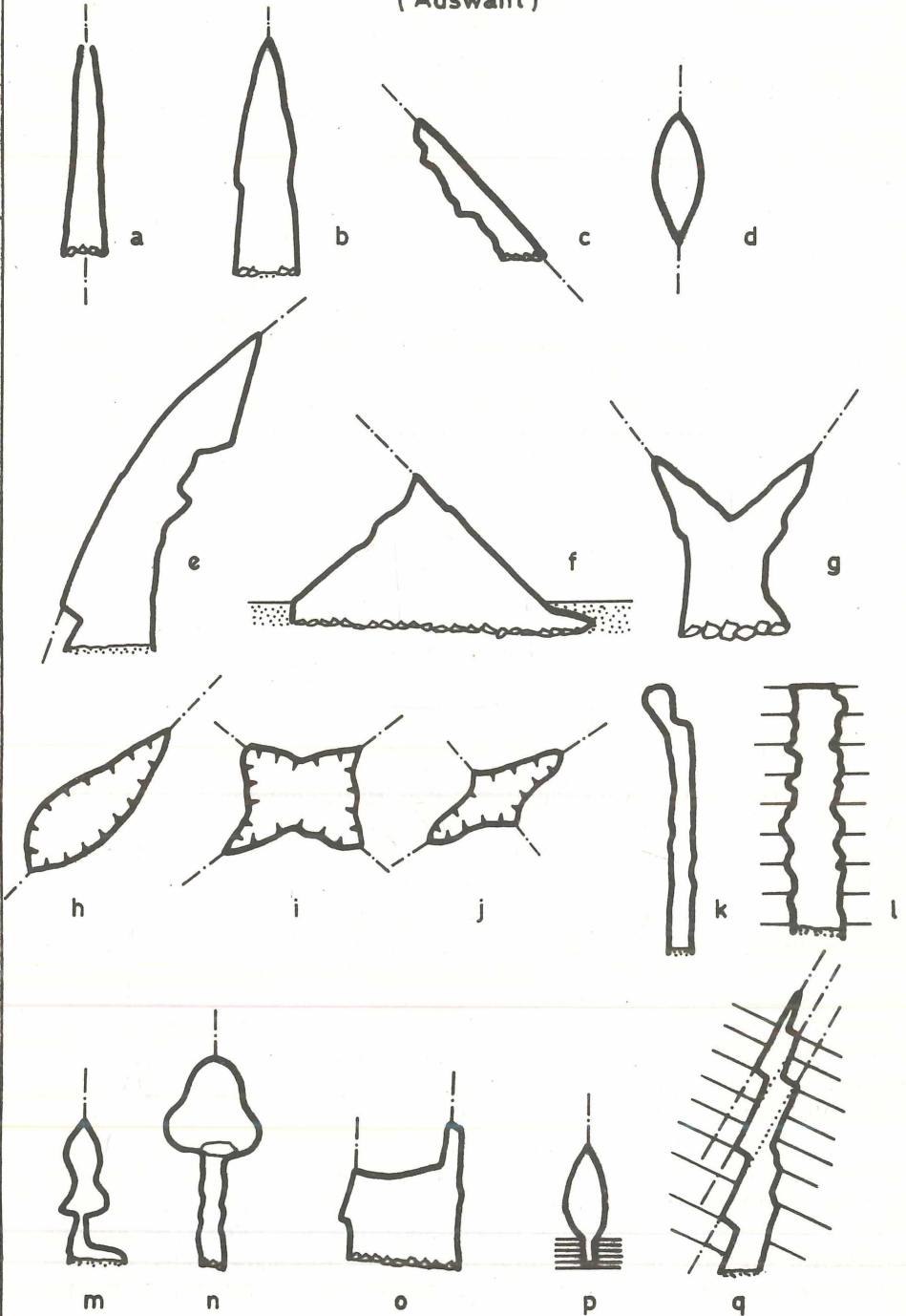
Abb. 30

Die einfachste Grundform des kluftgebundenen Querschnittes stellt die "klaffende" Kluft dar, die wir als Spalte bezeichnen (Abb. 31 a). Die beiden raumbegrenzenden Kluftflächen verlaufen annähernd parallel, wodurch verhältnismäßig schmale Profile entstehen, die oft beträchtliche Höhe aufweisen. Bei Spalten spielt die Tektonik nicht nur bei der Primäranlage, sondern häufig auch bei der Raumentstehung eine große Rolle; es handelt sich dabei teils um Spalten im geologischen Sinn nach H. CLOOS, also um offene Klüfte und Verwerfungen, bei denen der Abstand zwischen den Kluftflächen befahrbar ist, teils um Hohlräume, die durch Verschiebungen an gewellten Verwerfungen entstanden sind, eine Entstehungsmöglichkeit, auf die E. ZIRKL (1955) hingewiesen hat.

Eine häufig auftretende Form des Querschnittes stellt das Spitzbogen- oder Dreiecksprofil (Abb. 31 b) dar, bei dem die Begrenzungsflächen nach oben hin konvergieren und schließlich in die raumbestimmende Fuge (Firstspalte) übergehen. Die Evakuationssohle ist zumeist nicht aufgeschlossen. Besonders charakteristisch für die aktiven Gänge des Trocken Lochs ist das kluftgebun-

Abb. 31

KLUFTGEBUNDENE RAUMQUERSCHNITTE
(Auswahl)



Erläuterungen im Text !

Jene, aufrecht stehende "Linsenprofil" (Abb. 31 d), das dem häufiger auftretenden schichtengebundenen Linsenprofil gegenübergestellt werden kann und dessen Längsachse flachgelagert ist. An den beiden letztgenannten Querschnitten spielt bereits die Wirkung des Wassers als raumerweiternder Faktor eine gewisse Rolle. Von besonderer Bedeutung für die Orientierung der Querschnitte, gleichzeitig ein Beweis für die starke Abhängigkeit dieser von den Gesteinsfugen, sind die Neignungsverhältnisse der tektonischen Flächen (Abb. 31 c). In vielen Fällen entspricht die negative, also überhängende Raumbegrenzung, der tektonischen Fläche; die positive, aufwärtsgerichtete Wandpartie ist zumeist durch die vielfachen Wirkungen der endogenen Verwitterung aufgelöst und unregelmäßig gestaltet. Besonders deutlich kann dies in der Harnischhalle der Lechnerweidhöhle im Dürrensteingebiet festgestellt werden, wo eine mit 50° einfallende Harnischfläche, die dort in einer Ausdehnung von etwa 100 m² aufgeschlossen ist, die gesamte Raumbegrenzung im SE bildet, während im NW-Teil die gegenüberliegende Scholle in bedeutendem Maße niedergebrochen ist. Ähnliche Bildungen, wenn auch im kleineren Ausmaß, weist die Gaiskirche bei Frankenfels auf, wo die westliche Höhlenwand aus einem großflächigen, konkav gekrümmten Harnisch besteht (Abb. 31 e), oder auch die in der Nähe befindliche Sinterquellenhöhle, in der an der Entwicklung der Westwand ebenfalls eine Kluftfläche beteiligt ist (Abb. 31 f).

Durch die Verschneidung von tektonischen Flächen kommt es zur unregelmäßigen Gestaltung des Querschnitts, welcher gänzlich von der Anzahl und den Neignungsverhältnissen der Flächen abhängig werden kann. Steil einfallende Fugen mit verschiedener Fallrichtung führen infolge der Raumerweiterung entlang dieser zu Kulissenbildungen der dazwischen befindlichen ungestörten Gesteinspartien (Abb. 31 g).

Die Querschnittsgestaltung vorwiegend vertikal verlaufender kluftgebundener Räume wird ebenfalls durch die Anzahl und Neignungsverhältnisse tektonischer Flächen bestimmt. Eine große Anzahl von Schächten und Schloten folgt lediglich einer einzigen steilstehenden tektonischen Fläche; daraus ergibt sich ein linsen- bzw. ellipsenförmiger Querschnitt, dessen Längsachse zur dominanten Fläche orientiert ist (Abb. 31 h). Als Beispiele sollen hier das Reithloch bei Frankenfels, der Guganederschacht südlich Schwarzenbach sowie der Lehenrotteschacht angeführt werden. Bezüglich des Reithloches, aber auch des Blockschachtes, sei erwähnt, daß die verhältnismäßig kleine Verbindung zur Oberfläche asymmetrisch zum eigentlichen Schachtraum gelagert ist, und zwar genau an der Stelle, wo die bestimmende Kluft von einer querstreichenden geschnitten wird. Wie bereits weiter oben dargelegt, erfolgt häufig die Anlage von Schächten und Schloten an der Schnittgeraden zweier tektonischer Flächen, die selbstverständlich in der Natur nicht als geometrische Gerade, sondern bereits als mehr oder weniger ausgedehnte

ter primärer Hohlraum in Erscheinung tritt. Auch in diesem Fall gleicht sich der Schachtquerschnitt seinen bestimmenden Flächen an, wobei häufig eine davon, begründet durch die bessere hydrographische Wegsamkeit, eine Dominanz erhalten kann, die sich naturgemäß in der Ausdehnung des Querschnittes bemerkbar macht (Abb. 31l,j).

In manchen Schachthöhlen, vor allem in jenen, die eine größere Tiefenerstreckung aufweisen, können im Schachtverlauf verschiedene Raumquerschnitte beobachtet werden. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um Ausweitungen, wobei sich aber die in den oberen Schachtabschnitten vorgezeichnete Primäranlage auch in der Tiefe nicht ändert. Werden jedoch durch den Schacht in einer bestimmten Tiefe weitere tektonische Flächen angeschnitten, so können diese bedeutende Änderungen des Querschnittes herbeiführen. Ergänzend zu den dazu bereits bekannten Beispielen aus dem hochalpinen Karst¹⁾ kann aus dem Untersuchungsgebiet der Guganederschacht bei Schwarzenbach a. d. Pielach angeführt werden.

Aus verschiedenen Höhlen der niederösterreichischen Kalkalpen sind Profile bekannt, die auf Grund ihrer Physiognomie Kluftcharakter aufweisen, deren raumbestimmende tektonische Fläche jedoch nicht oder nur undeutlich in Erscheinung tritt. Es handelt sich dabei um schmale, jedoch verhältnismäßig hohe Querschnitte, die in verschiedener Höhe geänderte Breitenerstreckung aufweisen können. H. TRIMMEL²⁾ wies in der Ötschertropfsteinhöhle auf solche Gänge hin, die zweifellos entlang eines Kluftnetzes ausgebildet sind, bei denen aber die Klüfte nicht eindeutig meßbar sind. Aus dem engeren Untersuchungsgebiet weist die Paulinenhöhle bei Türritz solche Querschnitte in typischer Form auf (Abb. 31 k); auch hier sind „die Klüfte als solche nicht mehr erkennbar, wenn auch die Profile auf eine Kluftanlage deutlich hinweisen“ (H. RIEDL, 1959).

Zu diesem Formenkreis gehören wohl auch die Mehrzahl jener engen, klammartigen Höhlenstrecken geringer Breite und bedeuten der Höhe, die gerade in hochalpinen Höhlen nicht selten sind, und die man gewöhnlich als Canyon bezeichnet. Die Lechnerweidhöhle im Dürrensteingebiet weist eine ganze Reihe solcher Canyonstrecken auf, die hier zumeist große Kluftgebundene Hallen verbinden. In dieser Höhle konnte festgestellt werden, daß nur ein kleiner Teil der Canyons tatsächlich an tektonische Flächen geknüpft ist. Die Mehrzahl derartiger Hohlräume scheint nach unseren Kenntnissen von einer primären wasserwegsam Schichtfuge (-seltener von einer flachgeneigten tektonischen Fläche)- ihren Ausgang zu nehmen und durch erosiv-korro-

1) TRIMMEL H., Die Höhle, 7. Jg., H. 3, Wien 1956, S. 81 f.

2) TRIMMEL H., Die Höhle, 3. Jg., H. 2, Wien 1952, S. 17 ff.

sive Eintiefung eines Sickerwassergerinnes gebildet worden sein. Die hangende Fläche dieser Schichtfuge, welche die genetische Ausgangsfläche für den Canyon darstellt, bildet dessen Decke und kann in einigen Fällen eindeutig als Schichtfläche erkannt werden. (z.B. Paulinenhöhle). Bei Abfluß über eine freiliegende, geneigte Ebene benützt das Wasser den jeweils am stärksten geneigten Weg, der als Falllinie bezeichnet wird, und im Idealfall eine Gerade darstellt. In Höhlen ist das an einer Schichtfuge abfließende Wasser bestrebt, den Weg des geringsten Widerstandes zu überwinden, der durch verschiedene Wegsamkeit der Fuge bestimmt wird. Somit ergibt sich das Bild eines gekrümmten, bzw. "mäandrierenden" Verlaufes des Abflusses. Durch Eintiefung des Gerinnes "vererbt" sich zumeist die Form der ursprünglichen Abflußrinne und es kommt durch langandauernde überwiegende Tiefenerosion und Korrosion bei gleichzeitiger bescheidener Seitenerosion zu den bekannten Mäanderbildungen der Canyonstrecken. Schneidet ein solches Sickerwassergerinne eine tektonische Fläche an, so wird auch diese mitbenützt, und zwar so lange, bis andere Gesteinsfugen günstigere Voraussetzungen für den Abfluß bieten. In den Höhlen des Dürrensteingebietes finden sich Reliktformen solcher Canyons an den Deckenpartien kluftgebundener Großräume und weisen so auf ihr relativ hohes Alter hin. In der Lechnerweidhöhle konnte nachgewiesen werden, daß die Canyons älter sind als die großen, tektonisch bedingten Hallen (Harnischhalle, Einsturzhalle). Ohne an dieser Stelle näher auf das Problem der Canyonbildung eingehen zu wollen, erscheint mir im Zusammenhang mit der Frage der Querschnittsgestaltung wesentlich, festzustellen, daß es Querschnitte gibt, die in ihrer Physiognomie kluftgebundenen Formen ähneln, jedoch bezüglich ihrer Primäranlage und Raumentwicklung auf gänzlich andere Faktoren zurückzuführen sind (vgl. Abb. 31 l).

Wie bereits eingangs festgestellt, sind die meisten in alpinen Höhlen auftretenden Raumquerschnitte durch die Kombination von tektonischen und stratigraphischen Flächen bestimmt. Aus der Fülle von Querschnitten dieser Art sollen aus dem Untersuchungsgebiet einige besonders charakteristische herausgegriffen werden.

Durch die Verschneidung eines kluftgebundenen Spitzbogenprofils mit bestimmten Schichtflächen kommt es zur Bildung von beidseitigen Leisten wie in Abb. 31 m, in einigen Fällen aber auch zu der eines Schlüssellochprofiles (Abb. 31 n). Kastenförmige oder trapezförmige Querschnitte setzen das Vorhandensein flachgelagerter Schichten und steilstehender tektonischer Flächen voraus, wobei die tektonischen Flächen zumeist die seitliche Raumbegrenzung bilden (Abb. 31 o). Bemerkenswerte Formen des Querschnitts entstehen an Schichtgrenzen, wo sich in vielen Fällen die verschiedene morphologische Wertigkeit der beiden aneinandergrenzenden Gesteine auswirkt. Im Trockenen Loch bei Schwarzenbach sind in den aktiven Höhlenteilen kluftgebundene Linsenprofile vorhanden, die an der Schichtgrenze zwischen dem hangenden Wettersteinkalk und dem liegenden Reiflinger Kalk eine Mo-

difizierung erhalten (abb. 31 p). Der dünnplattige, Hornstein führende Reiflinger Kalk bewirkt eine klammartige Vertiefung des unteren Teiles des Querschnittes. Das kluftgebundene Dreiecksprofil der Sinterqueilhöhle bei Frankenfels im Aptychenkalk erfährt durch die weichen Mergel der Oberkreide eine Ausweitung seiner Basis (Abb. 31 f) Schließlich sei noch ein Querschnitt aus der Paulinenhöhle bei Tünnitz angeführt (Abb. 31 q), der durch das Zusammentreffen eines gegensinnig zum Schichtfallen gelagerten Kalkes entstanden ist. Sehr steil einfallende Schichtfugen können - wie u.a. das Beispiel der Durchgangshöhle beim Wastl am Wald zeigt - Raumquerschnitte verursachen, die den kluftgebundenen sehr ähnlich sein können.

Bezüglich der Raumhöhen kann in den untersuchten Höhlen festgestellt werden, daß kluftgebundene Höhlenräume fast immer höher sind als schichtgebundene. Diese Erscheinung kann besonders gut im Trocken Loch beobachtet werden, wo durch einen Wechsel der genetischen Raumfolgen stets eine beträchtliche Änderung der Raumhöhen verursacht wird.

Decken - und Wandkolke lassen sich häufig auf das Vorhandensein tektonischer Flächen zurückführen. Für ihre Entstehung wurde in der älteren Literatur zumeist ein erosives Kräftespiel herangezogen. Die Formen an der Höhlendecke wurden als "Druckkolke" gedeutet und diese den "Gravitationskolken" gegenübergestellt, die sich nach G.KYRLE "gewöhnlich leicht durch ihre Lage an den Evakuationsgrenzflächen unterscheiden". Neuere Untersuchungen haben zur Auffassung geführt, daß die Mehrzahl der Kolke in Höhlen ihre Entstehung der Korrosion verdanken. Gleichzeitig setzte sich die Erkenntnis durch, daß sich sämtliche Kolke an tektonische, seltener an stratigraphische Inhomogenitäten des Gesteins knüpfen. Wasserwegsame Gesteinsfugen sind die Grundvoraussetzungen für die Bildung der meisten Kolke. Infolge des Wechsels von stärkerer zu schwächerer Wasserzufuhr (H.W.FRANKE 1962) an diesen Fugen ergibt sich häufig eine Stufung der Kolkröhre; Erweiterungen entsprechen einer stärkeren, Verengungen einer schwächeren Wasserzufuhr. Häufig können Überschneidungen benachbarter Kolke festgestellt werden. (Abb.32), die sowohl an einer einzigen gemeinsamen Primärfuge, als auch an einer Scharung verschiedener wasserwegsamere tektonischer Flächen angelegt sein können.

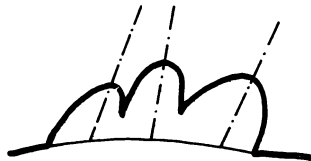


Abb. 32 Deckenpartie mit einander anschneidenden Laugungskolken (nach H.W.FRANKE, 1962).

H. TRIMMEL (1950) hat auf kolkähnliche Formen im Geldloch im Ötscher, sowie in den Tropfsteinhöhlen der Unterschäftleralpe (Kärnten) hingewiesen, die durch schalige Ausbrüche von Gesteinspartien der Höhlenwand (Druckausgleichsvorgänge) verursacht wurden. Korrosionskolke (Laugungskolke) sind besonders in Höhlen des voralpinen Karstes nicht selten. Gut ausgeprägte Formen sind in der Nixhöhle bei Frankenfels, in der Mariannenhöhle, im Trockenen Loch und in der Paulinenhöhle zu beobachten.

Wenn der Druck der auflastenden Massen auf einen Hohlraum ein festes Widerlager findet, so kommt es zum Verbruch. W.BIESE (1933) wies darauf hin, daß an Kreuzungsstellen tektonischer Flächen die Gebirgsfestigkeit offenbar geringer ist als in den benachbarten Gesteinspartien; dies führt daher an diesen Stellen bevorzugt zu Verbruchvorgängen. Die geringere Gebirgsfestigkeit und die verstärkte Zufuhr kalkaggressiven Wassers - beides in kausalem Zusammenhang mit dem primären Vorhandensein einer Kreuzung tektonischer Flächen - bedingt das Auftreten großer Hohlräume. An Raumfolgen, die nur an eine einzige mehr oder weniger saigere tektonische Fläche gebunden sind und die verhältnismäßig schmale und hohe Raumquerschnitte aufweisen, wird zumeist der Druck der auflastenden Massen direkt von den Seitenwänden getragen; es treten nach W.BIESE innerhalb der Wände im allgemeinen keine Spannungen auf, die die Entstehung von gewölbten Ablösungsklüften verursachen. In diesem Falle kommt es zu keinen Verbruchsvorgängen. Erst wenn die Basis der Wände stark unterschritten wird oder es sich um eine Raumfolge an einer geneigten tektonischen Fläche handelt, wird der Druck der auflastenden Massen nicht mehr annähernd senkrecht übertragen und es kommt zu Gewölbespannungen, die den Verbruch verursachen. W.BIESE hat auf Grund seiner Untersuchungen in der Eisriesenwelt im Tennengebirge (Salzburg) angenommen, daß auch großvolumige gewölbeförmige Profile ("Tonnenprofile") durch Verbruch entstehen können. Allerdings setzen Querschnittformen, die ihre Entstehung Verbruchsvorgängen verdanken, die Existenz eines Hohlraumes bereits voraus. Die Eingangshalle des Trockenen Loches bei Schwarzenbach a.d.P. - in ihrer Primäranlage an geneigte Schichten gebunden - weist in ihrem tagnahen Teil bereits Gewölbeformen auf, die eindeutig durch Verbruch entstanden sind. An der Decke sind vielfach gewölbte Harnischflächen zu beobachten, deren Genese wohl auf ganz lokale Bewegungen zurückgeführt werden kann. An den teilweise großen Versturzböcken können die Äquivalente zu den Harnischflächen an der Decke erkannt werden. Es handelt sich hier um schalige Ablösungsflächen, die dem schichtgebundenen Lumen annähernd parallel verlaufen.

Das Vorhandensein von Bruchschutt in den oberflächennahen Teilen einer alpinen Höhle, hauptsächlich im Eingangsbereich, wird durch ein dichtes Kluftnetz bedingt, da dieses erst dem Wasser das Eindringen in den Gesteinskörper ermöglicht und so die Voraussetzung für die rezenten Frostsprengung bietet. Auf die Wirkung der Außenverwitterung

besonders des Spaltenfrostes, ist es auch zurückzuführen, daß viele Höhlen verhältnismäßig große Portale und Eingangshallen besitzen. Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß auch zahlreiche Verstürze im Inneren von alpinen Höhlen durch die Frostsprengung in den Kaltzeiten des Pleistozäns ausgelöst wurden.

Wenn, durch Spaltenfrost bedingt, Gesteinstrümmer niederbrechen, so wird der Gleichgewichtszustand im angrenzenden Gebirgskörper gestört, wodurch es so lange zu weiteren Nachbrüchen kommt, bis dieser Gleichgewichtszustand wieder hergestellt ist. Die statisch stabile Endform des Höhlenraumes wird von zwei Faktoren abhängig gemacht: erstens von der Gesteinsfestigkeit (Schichtung, petrographische Festigkeit, Porosität, Elastizität u.a.m.), zweitens von der Gebirgsfestigkeit (das ist die tektonische Festigkeit des Gesteinsverbandes, bestimmt durch Faltung, Klüftung u.a.). W. BIESE faßt die Mehrzahl der Raumformen in alpinen Höhlen als stabil auf, da "...Erosion nicht mehr stattfindet und die statischen Verhältnisse dadurch auch nicht mehr verändert werden" (S. 104). Alle latenten Spannungen seien nach BIESE längst ausgelöst, eine erneute Belebung der Verbrauchsvorgänge kann nur dann eintreten, wenn das statische Gleichgewicht der Raumformen erneut gestört wird.

Daß jedoch - im Gegensatz dazu - solche raumverändernden Verbrauchsvorgänge auch in historischer Zeit stattfanden und bis in die Gegenwart fort dauern, beweisen einige Höhlen am Alpenostrand südlich von Wien, in denen sogar in jüngster Zeit Verstürze beobachtet wurden. In hochalpinen Großhöhlen (z.B. Eisriesenwelt im Tennengebirge, Dachstein-Mammuthöhle) kommt es zur Anordnung von Versturzzonen an großen Verwerfungssystemen. Diese orientierten Versturzzonen bedingen vielfach den sekundären Abschluß verzweigter Gangsysteme, und lassen sich im Grundriß durch Lineare verbinden.

Tektonische Flächen haben auch für den Verbrauch von schichtgebundenen Räumen größte Bedeutung. Das Kluftnetz zerteilt die einzelnen Schichtpakete und führt das Niederbrechen einzelner Teile davon herbei.

Die verschieden starke Durchsetzung der Gesteinspartien mit tektonischen Flächen kommt dabei auch in vorwiegend schichtgebundenen Höhlen(-teilen) in der Anordnung der verschiedenen Raumtypen zum Ausdruck. In der Schoberberghöhle westlich Türnitz (Abb. 15) ist die über 400 m² große und bis zu 15 m hohe Halle in einer Zone intensiver Durchsetzung des Gesteins (Gutensteiner Kalk) mit Verwerfungen angelegt. Dieses engmaschige Netz tektonischer Flächen führt zum Verbrauch der einzelnen Schichten, deren losgelöste Teile als verschieden große Versturztrümmer die Konvakuatation der Halle bilden. Der im SW anschließende Schichtfugenraum wird hingegen von wenigen tektonischen Flächen durchzogen; die dem engmaschigen Kluftnetz entsprechende Auflösung in kleinere Teile tritt demnach zurück und der Verbrauch findet im großflächigen Niederbruch ganzer Schichtpakete seinen Ausdruck. Die westlich anschließende kleinere Halle mit größerer Raumhöhe zeigt wieder das

Bild der Auflösung in Bruchschutt. Der Versturz der großen schichtengebundenen Halle in der Kohlerhöhle bei Erlaufboden ist ebenfalls ein Beispiel für die Ablösung von Gesteinspartien, die von Klüften oder Verwerfungen begrenzt werden. Ein orthogonales Kluftnetz 2. Ordnung bewirkt die Lockerung und den Abbruch einzelner Schichtbänke des Gutensteiner Kalkes an der Decke der Halle.

In manchen Höhlen können tektonische Breccien (Reibungsbreccien) raumformend, bzw. raumerfüllend auftreten. Solche Breccien, die stets an Verwerfungen gebunden sind und sich daher vom üblichen Bruchschutt durch die andersgeartete Genese und durch die häufige Verfestigung mittels toniger Sedimente (sog. "Kluftletten") unterscheiden, sind in voralpinen Höhlen seltener (z.B. Fledermausloch bei Schwarzenbach a.d. P., Walterschacht auf der Hohen Wand, Dreidärrischen Höhle u.s.w.), in subhochalpinen und hochalpinen Höhlen häufiger.

Die Sohle von Schächten wird fast immer von Blockwerk und Bruchschutt gebildet. Vergleichende Untersuchungen an der Physiognomie vieler Schächte, sowie die richtungsweisenden Arbeiten von H.W. FRANKE (1962) und A. BÖGLI (1963) über die korrosiven Bildungsbedingungen von Karsthöhlenräumen führten zu der Vorstellung, daß die Entwicklung vertikal verlaufender Höhlenräume (Schächte, Schlote) sich von unten nach oben vollzieht.

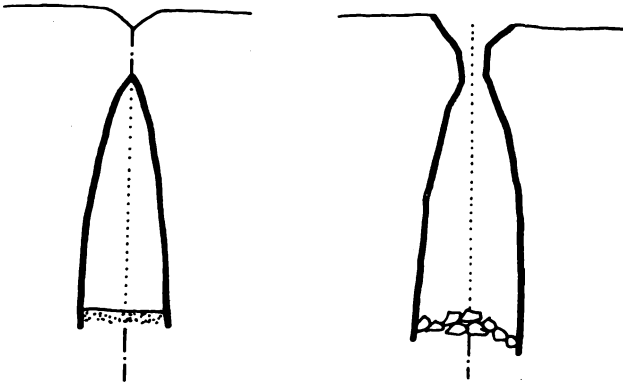


Abb. 33

Die endgültige großräumige (befahrbare) Verbindung zur Oberfläche oder zu einem höher gelegenen Höhlenteil wird in den meisten Fällen durch Verbruch, der durch Störung der Statik der überlagernden Gesteinsschichten entsteht, hergestellt (Abb.33).

Schließlich sei auf die großräumigen Veränderungen einer Höhle durch den Verbruch hingewiesen, der zur weitgehenden Umgestaltung von Höhlenräumen, in extremen Fällen bis zur ganzen oder teilweisen Zerstörung der Höhle führen kann (z.B. Einsturzhalle in der Lechnerweidhöhle). Der Rieseneinbruch am Schwarzenberg bei Tünnitz, vielleicht auch der Gamsecker Rieseneinbruch am westlichen Dürrensteinplateau sind wahrscheinlich durch Verbruch zu Höhlenruinen geworden.

Ob jedoch die Entstehung jeder "Schachtdoline", bzw. "Kesseldoline" auf den Einsturz der Deckenpartie zurückzuführen ist, wie dies in der älteren Literatur behauptet wird, kann nur durch eine detaillierte Untersuchung jeder einzelnen Hohlform geklärt werden.

VI. DIE HÖHLEN UND IHRE BEZIEHUNGEN ZUM TEKTONISCHEN BAUPLAN DER NIEDERÖSTERREI- CHISCHEN KALKALPEN .

Die Gebirgsbildung der Ostalpen mit ihren weiträumigen Deckenschüben spielte sich als phasenhaftes Geschehen in Zeitabschnitten der relativen Ruhe und solchem intensiver Bewegung ab. Die Großformung der Alpen, die Ausbildung von verschiedenen hohen und verschiedenen alten Flächensystemen läßt sich nur durch eine phasenhafte Gebirgsbildung erklären. So deutet beispielsweise die Entstehung der Augensteinlandschaft, eines von den Zentralalpen über die nördlichen Kalkalpen zur Molasse reichenden Flachreliefs, auf eine Ruheperiode im Oligozän, die darauffolgende Savische Phase an der Wende Oligozän / Miozän auf kräftige Bewegung hin, die unter anderem zur Zerstörung der Augensteinlandschafteführten.

Die Vorgosauischen Gebirgsbildungsphasen beginnen nach A. TOLLMANN (1963) mit der Austroalpinen Phase (Oberhauertive - Barrême) mit dem Einsetzen des weiträumigen Deckenvorstoßes in den Ostalpen. Sie bedeutet zugleich den Übergang von dergeosynklinal-sedimentären Entwicklung zur orogenetischen. In der Austrischen Phase (Alb/Cenoman) kommt es zur Fortdauer des Deckenschubes und der Faltenbildung; so zur ersten Faltung in der späteren Frankenfelder und in der Lunzer Decke. Die wichtigsten Deckenüberschiebungen in den gesamten Kalkvorpalen fanden in der turonen Mediterranen Phase A. TOLLMANN's statt, die noch bei G. HERT - WECK (1961) der Subherzynischen Phase zugerechnet wurde. Dieser Zeitabschnitt stellt die Hauptdeckenbauphase der Kalkvorpalen dar.

Die Nachgosauischen Gebirgsbildungsphasen setzen mit der Laramischen Phase (Oberkreide/Eozän) ein, die jedoch bezüglich des Deckenbaues unbedeutend ist. In der darauffolgenden Illyrisch - Pyrenäischen Phase (Mittelozeän - Eozän/Oligozän) kommt es zu einem kräftigen "nachgosauischen" Deckenschub in den Kalkalpen, der Überschiebung über Flyschzone und Helvetikum, sowie zur Bildung des Großfaltenknotens der Weyrer Bögen, wo die Schichten von Osten her in Form eines Bogens nach Süden umschwenken. Nach der in den Ostalpen wenig wirksamen Helvetischen Phase folgen die Savischen Phasen (Chatt - Unter Burdigal) die eine erneute Schuppung bewirkten und die Zerstörung der oligozänen Augensteinlandschaft herbeiführten.

Das jüngste Stadium der alpinen Gebirgsbildung, das mit den Steirischen Phasen (Helvet/Torton) beginnt, ist durch das Vorherrschen von Vertikalbewegungen bestimmt. Diese Vertikalbewegungen äußern sich einerseits in der phasenhaften Hebung des Alpenkörpers, andererseits durch den Einbruch der inneralpinen Tertiärbecken.

Der nach Norden gerichtete Zusammenschub prägte den nördlichen Kalkalpen samt Flysch und Helvetikum eine einheitliche Hauptstreichungsrichtung auf. Diese Hauptstreichungsrichtung, die sich auch in den Großfaltenstrukturen und Deckengrenzen ausprägt, verläuft im westlichen Teil der Ostalpen generell West - Ost. Etwa ab dem mittleren Ennstal - bei Weyer in Oberösterreich - geht diese W-E gerichtete alpidische Streichungsrichtung allmählich in die karpatische Streichungsrichtung über. Die Kalkalpen beschreiben in Niederösterreich den großen ostalpin-westkarpatischen Bogen, der sich mit kontinuierlich zunehmender Nordwendung um den Südteil des Kristallins der Böhmisches Masse legt, die sich als starres variszisches Widerlager gegenüber der weit aus jüngeren alpidischen Orogenese erwiesen hat. Bereits E. SPENGLER (1959) wies darauf hin, daß das Umschwenken der Kalkalpen in die westkarpatische SW-NE Streichungsrichtung an mehreren Gelenken erfolgt, die als Biegungsstellen im Streichen aufzufassen sind und die in jeder Decke an einer anderen Stelle liegen. Das westlichste befindet sich im "Wirbelzentrum von St. Gallen" (Südende der Weyerer Bögen), ein anderes nahe dem Wiener Becken. Nach G. HERTWECK (1961) gibt es kein unvermitteltes Umknicken von der ostalpinen in die westkarpatische Richtung. Die Ötscher Decke weist im Bereich des Hochkars, Dürrensteins und Ötschers ein SW-NO gerichtetes Hauptstreichen auf, das annähernd parallel zum Streichen der nördlich angrenzenden Falten der Lunzer Decke verläuft. Dies hat A. RUTTNER (1948) mit dem Auf- bzw. Anschub der Ötscher Decke auf die Lunzer Decke in Zusammenhang gebracht, wobei die Falten der Lunzer Decke zum Zeitpunkt des Aufschubes der Ötscher Decke bereits vorhanden und teilweise abgetragen waren. Im Westen weist das Faltenstreichen in der Lunzer Decke deutliche Südwest - Nordostvergenz auf, die zwischen Pielach und Traisental lokal in die W-E bis ESE-Richtung abschwengt, um bei Altenmarkt an der Triesting wieder in die ursprüngliche NE-Richtung überzugehen.

Die eingeeengte Gebirgsmasse der Nördlichen Kalkalpen wurde an Nord-Süd-streichenden Blattverschiebungen zerbrochen. Dieser Vorgang führte gelegentlich zur Auflösung in einzelne Schollen.

Die jüngste tektonische Phase in den Kalkalpen führte im Jungtertiär zu den Hebungsvorgängen und zur Ausbildung bestimmter Kluftsysteme. Der Begriff "Kluftsystem" wird nach P. SCHMIDT - THOMÉ (1953) am besten so angewandt, daß nicht allein Klüfte gleicher Lage, Richtung und Entstehung, sondern auch solche von entgegengesetzt gleicher Richtung, wie die Diagonalkluftpaare, als ein genetisch eng verbundenes "gekreuztes System" zusammengefaßt werden. F. LOTZE (1933) hat diese Kluftpaare als X-System bezeichnet, wobei immer zwei Scharen von Klufttrichtungen auftreten, die einen Winkel von annähernd 90° einschließen und miteinander kombiniert sind.

Die bisher durchgeführten Kluftuntersuchungen haben gezeigt, daß die tektonischen Flächen eines alpidisch geformten Gebietes stets symmetrisch zu dessen Hauptachsen angeordnet sind. P. SCHMIDT-THOME (1953) hat dargelegt, daß die Anlage der Kluftsysteme zu den jüngsten tektonischen Akten der nördlichen Ostalpen gehört und daß deren Entwicklung oder Orientierung weder von Faltenstrukturen, noch von Gesteinswechsel oder Deckengrenzen merklich beeinflußt wird. Die tektonischen Flächen bleiben bezüglich ihrer Orientierung stets auf die Hauptachse der Nördlichen Kalkalpen bezogen; hingegen weisen die Faltenstrukturen im einzelnen oft eine erhebliche Abweichung davon auf.

Im westlichen Teil der Nördlichen Kalkalpen konnte an künstlichen Aufschlüssen ein zusammengehöriges Diagonalkluftpaar mit einem NE- und NW-Maximum, sowie ein E-W-Maximum festgestellt werden, wobei das letztere als ein eigenes Kluftsystem ausgewiesen werden konnte.

Bei der Betrachtung, in welcher Weise die Klufttektonik einen Einfluß auf die Speläogenese ausübt und ob - daraus resultierend - ein großtektonischer Zusammenhang gegeben ist, darf die speläogenetische Wertigkeit der tektonischen Flächen keineswegs außer Acht gelassen werden.

In den Höhlen der Lunzer Decke können folgende raumbestimmende Kluftrichtungen festgestellt werden: Mit auffallender Dominanz gegenüber allen anderen die SW-NE orientierten Klüfte und Verwerfungen, die besonders deutlich in den Höhlen der Stirnregion auftreten. Daneben die NW-SO orientierten Klüfte und Verwerfungen, die stets mit den NE-Flächen eng verknüpft sind und mit diesen ein orthogonales Kluftsystem bilden. Gelegentlich können auch WSW-ENE verlaufende tektonische Flächen 1. Ordnung festgestellt werden; diese treten jedoch gegenüber der Nordost-Gruppe deutlich zurück.

Die Dominanz der Nordostklüfte kommt hauptsächlich in größeren und verzweigten Höhlen in Erscheinung, so z.B. in der Nixhöhle bei Frankenfels, wo die schichtgebundenen Höhlentelle von diesen tektonischen Flächen überprägt und verbunden werden (vgl. Abb.5). Aber auch in den weniger ausgedehnten Höhlen der Stirnregion, wie Haussteinschacht, Gaiskirche, Rabenmauerhöhle und der Wasserhöhle Klafflingbrunnen sind die NE-verlaufenden Flächen vorherrschend.

Es herrscht hier ein deutliches Parallelstreichen zu den Großfaltenachsen und zur Deckenstirn. Messungen in den jurassischen Hornsteinkalken der Pielachklamm nahe der Vereinigung mit dem Nattersbach haben ergeben, daß die durch eine lokale Nordverschiebung der Lunzer Decken-Stirn verursachte intensive Kleinfaltung mit flach gegen E-SE eintauchenden Achsen keinerlei Auswirkungen auf die Orientierung der Kluftsysteme aufweist.

Ähnliche Verhältnisse können in den Höhlen der Annaberger Decke konstatiert werden. Der überwiegende Teil der kluftgebundenen Höhlenräume ist an SW-NE streichende tektonische Flächen gebun-

den. Mit großer Deutlichkeit können wir diese Klufrichtung in den größeren Höhlen dieser Schubmasse erkennen. Besonders eindrucksvoll beweisen dies die verzweigte Ötschertropfsteinhöhle im Westen, die Trobachhöhle bei Gösing, das labyrinthische Gangsystem des Trockenlen Loches, sowie eine Reihe weiterer Höhlen im Gebiet Großer Kögelberg-Schwarzenberg bis zur Paulinenhöhle am östlichen Ende der Annaberger Decke. Gelegentlich tritt die diagonale NW-SE-Richtung auch in Höhlen in Erscheinung, so z.B. im Hennesteckschacht, in der Schafmauernkluft, im Nassen Loch und in den tieferen Teilen des Hundsloches. Die bereits weiter oben bezüglich der Höhlen der Lunzer Decke erwähnte WSW-ENE Richtung kommt auch im Bereich der Annaberger Decke raumbestimmend vor. Im Trockenlen Loch (vgl. Abb.13) weist sich diese Richtungsgruppe als eigenes Kluftsystem aus, bleibt jedoch in ihrer Häufigkeit weit hinter den NE-verlaufenden Klüften und Verwerfungen. Darüber hinaus ist die ENE-Gruppe im Fledermausloch, Blockschacht, in der Eisgrube und Schorberberghöhle, sowie in der Paulinenhöhle an der Anlage einzelner Höhlenräume beteiligt.

Bezüglich der Einordnung der raumbestimmenden Kluftsysteme in den Höhlen der Annaberger Decke sind die Messungen A.RUTTNER's (1962) von Interesse. Westlich des Poljes "Auf den Böden" ist an der Poljenumrandung der Kontakt zwischen dem stark gefalteten Gutensteiner Kalk, der zur Annaberger Decke gehörigen Deckscholle und dem ebenfalls gefalteten Hauptdolomit der unterlagerten Lunzer Decke aufgeschlossen. Nach A.RUTTNER tauchen die Faltenachsen des Gutensteiner Kalkes mit $30 - 40^\circ$ gegen WSW (245°) ein. Im Hauptdolomit sind die Achsen mit $0 - 30^\circ$ gegen W bis WNW geneigt und tauchen teilweise auch mit 15° gegen ENE (80°) ein. Weiter im Westen, nahe Gösing, haben Kartierungen ergeben, daß "...die Achsenlagen im Gutensteiner Kalk der Deckenscholle mit starker Streuung um die Richtung SW-NE bis WSW - ENE bei Neigungen von $0 - 25^\circ$ gegen NE und SW und einer allgemeinen Westvergenz der Falten pendeln" (A.RUTTNER 1962, S. A 59). Die starken Differenzen der Achsenlagen der Annaberger Decke und denen in der Lunzer Decke führten zu der Vorstellung, daß hier die Faltung vor dem Aufschub der Annaberger Decke erfolgt ist. Das generelle Streichen der Schichten der Annaberger Decke sowie ihrer gut erhaltenen Deckenstirn verläuft in SW-NE Richtung. Die Mehrzahl der für die Speläogenese bedeutsamen tektonischen Flächen streicht hier parallel dazu.

Die Auswertung der Höhlensysteme in der Ötscher Decke zeigt, daß auch hier der überwiegende Teil der raumbestimmenden tektonischen Flächen SW-NE orientiert ist. Im Geldloch im Ötscher ist die große Schachtzone an einer nordoststreichenden Störung angelegt. Im Dürrensteingebiet sind unter anderen die Hackermauern-eishöhle, der Schermofen, der Obere Reitsteigschacht und vor allem die Lechnerweidhöhle als eindrucksvolle Beispiele für die Anla-

ge an SW-NE-verlaufenden tektonischen Flächen zu nennen. Daß die Dominanz der NE orientierten Klüfte und Verwerfungen nicht nur lokal auf die Höhlen des Dürrensteingebietes beschränkt ist, sondern eine allgemeine Erscheinung in der Ötscherdecke unseres Gebietes darstellt, beweisen auch die Höhlen in deren östlichem Bereich. Es sei in diesem Zusammenhang lediglich auf die Schachernhöhle bei Furthof, sowie weiter im Osten auf die NE streichenden Bodenberglüfte bei Heiligenkreuz und auf den Walterschacht an der Hohen Wand verwiesen.

Es ist bemerkenswert, daß die im Bereich der Lunzer Decke und Annaberger Decke in den Höhlen auftretende ENE-Richtung im Dürrensteingebiet fast gänzlich zurücktritt.

Bereits A. RUTTNER (1948) konnte feststellen, daß die Verwerfungen und Kluftsysteme parallel zur antiklinalen Stirn der Ötscher Decke verlaufen, die im Gebiet des Dürrensteins ein tektonischer und kein zufälliger Erosionsrand ist. Nach seiner Auffassung hängt die Entwicklung der tektonischen Trennflächen hier mit dem postgosauischen Deckenschub ursächlich zusammen. Im regionalen Teil wurde bereits ausgeführt, daß die Verwerfungen, Zertrümmerungszonen und Kluftsysteme, die parallel zum Nordrand der Ötscher Decke verlaufen, auch den Querfaltenbau rechtwinkelig durchsetzen. Die Bauelemente des südlichen Teiles der Lunzer Decke weisen ebenfalls ein mit dem Nordrand der Ötscher Decke paralleles Streichen auf. Diese Erscheinung läßt sich auf die Überschiebung der Ötscher Decke auf die Lunzer Decke zurückführen. Die Achsen der stellenweise intensiven Kleinfaltung des Gutensteiner Kalkes der Lunzer Decke, unmittelbar vor der Stirn der Ötscher Decke sind sowohl im Südwesten (Goldaugraben), wie im Nordosten (Maiszinken) in den Großfaltenbau eingeregelt, wodurch der Vergleich mit den Kluftsystemen der Ötscher Decke gerechtfertigt ist (Abb. 34).

Bezüglich des Diagrammes Goldaugraben ist zu bemerken, daß ein $N60^{\circ}E$ Streichen der Faltenachsen bei einer flachen Neigung gegen ENE festzustellen ist, was dem Streichen und Fallen des Großfaltenbaues entspricht. Das Diagramm Maiszinken zeigt $N43^{\circ}E$ Streichen der Achsen und deren horizontale Lagerung bis flaches SW-Fallen.

Gelegentlich auftretendes Querstreichen der Schichten und verdrehte Achsenlagen führt A. RUTTNER (1948) auf Schleppungserscheinungen und auf die Ausbildung weiterer Kleinfalten in Folge der damit verbundenen Pressung zurück. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß die Achsen der Lunzer "Musterfalte", die aus einer nordwestlichen Antiklinale und aus einer südöstlichen Synklinale besteht, streng dem Nordrand der Ötscher Decke parallel verläuft, d.h. $N50^{\circ}E$ bis $N60^{\circ}E$ streicht und dabei geringfügig gegen NE geneigt ist. Es konnte einwandfrei festgestellt werden, daß die Hauptachsenrichtung SW-NE ist, wobei eine durchschnittliche Neigung von 25° gegen NE zu erkennen ist. Diese Achsenlagen sind auch im Inneren der Öt-

scher Decke anzutreffen, so z.B. im Lias der Herrenalm, nordöstlich des Dürrensteingipfels.

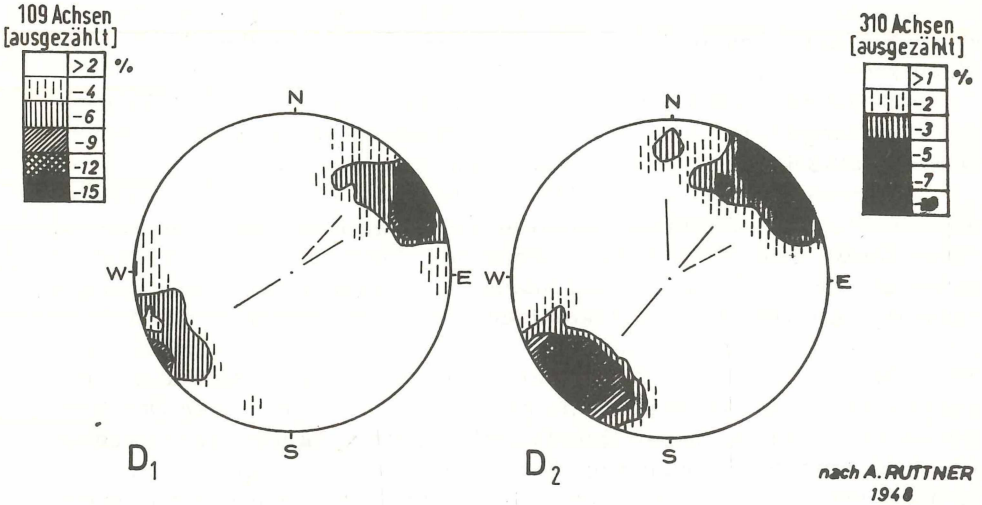


Abb. 34: Diagramm von Fältelungsachsen aus dem Gutensteiner Kalk nördlich der Stirn der Ötscher Decke.
D₁ Goldaugraben D₂ Maiszinken.

In den meisten Höhlen des Untersuchungsgebietes kann ein gekreuztes Kluftsystem beobachtet werden, welches SW-NE und SE-NW orientiert ist, wobei die NE gerichteten Trennflächen gegenüber den anders gerichteten eine auffallende Dominanz aufweisen. Die Existenz der ENE-Klüfte hingegen in einigen wenigen Höhlen der Lunzer- und Annaberger Decke scheint hier bereits mit einer lokalen Änderung der Streichungsrichtung der kalkalpinen Randdecken in Zusammenhang zu stehen.

Der Vergleich der für die Speläogenese bedeutsamen tektonischen Flächen mit dem Bauplan der Kalkalpen läßt erkennen, daß diese hauptsächlich parallel zu den b-Achsen der Großfalten verlaufen und als Längsklüfte somit deutlich auf die Hauptachse der Nördlichen Kalkalpen in unserem Gebiet bezogen sind. Die Nordost-, vermutlich aber auch die Ostnordost gerichteten Klüfte und Verwerfungen entsprechen hier dem westkarpatischen Streichen, da sie sich in die bereits weiter oben beschriebene allgemeine geologi-

sche und morphologische Streichungsrichtung einfügen.

Die Lage der Gesteinsschichten läßt nirgends einen Einfluß auf die Richtung der Kluftsysteme erkennen; diese sind- wie an Hand von Beispielen gezeigt werden konnte- unabhängig von lokalen Faltenstrukturen oder Gesteinswechsel. Es ist bemerkenswert, daß die dominanten NE gerichteten tektonischen Flächen 1. Ordnung in allen drei Decken in gleicher Weise für die Höhlenbildung bedeutsam sind. In den untersuchten Höhlen konnte festgestellt werden, daß die raumbestimmenden Klüfte und Verwerfungen meist sehr steil stehen, im allgemeinen mit $70 - 85^{\circ}$ gegen SE einfallen, vielfach jedoch saiger ausgebildet sind.

Aus verständlichen Gründen ist in großräumigen und verzweigten Höhlen das tatsächliche Kluftnetz, vor allem jedoch die Anordnung der Flächen 1. Ordnung besser erkennbar als in Kleinhöhlen, bei deren Genese sich vielfach lokale Gegebenheiten bemerkbar machen, die von den allgemeinen Erscheinungen abweichen. Man gelangt zur Vorstellung, daß die ENE bis NE verlaufenden Längsklüfte und -verwerfungen bei den jüngsten Phasen der Gebirgsbildung, wie der Hebung der Alpen, mechanisch stärker beansprucht wurden als anders orientierte Klüfte. Dadurch wurde ihre hydrographische Wegsamkeit in weitaus größerem Maße begünstigt und sie wurden demnach zur Hauptgrundlage der Verkarstung in den Niederösterreichischen Kalkalpen. Dies wird nicht nur durch die Hauptklüfte in den Höhlen bewiesen, sondern auch durch die Formen oberirdischer Verkarstung. Aus dem Gebiet des Dürrensteins seien SW-NE streichende Dolinenreihen und Kluftkarren angeführt. Die im allgemeinen größere Wasserwegsamkeit der NE streichenden tektonischen Flächen macht sich auch in der Raumentwicklung bemerkbar, wo Höhlenstrecken mit vorwiegend vertikaler Erstreckung - Schächte und Schlotte - hauptsächlich an solche gebunden sind.

Im Gegensatz zur germanotypen Tektonik ist die Mehrzahl der tektonischen Flächen in den Nördlichen Kalkalpen nicht am Beginn, sondern erst am Schluß der Faltungs- (und Überschiebungs-) phasen entstanden. Die Genese der tektonischen Flächen ist in einem bereits gefalteten und in einzelne Schubmassen (Decken) aufgegliederten Alpenkörper erfolgt, wobei vielfach ein eigener und ursächlicher Zusammenhang mit den Deckenschüben vorhanden ist. Die Kenntnis des Alters der Primäranlage von Höhlenräumen ist für die Frage der Speläochronologie von eminenter Wichtigkeit. H. RIEDL (1961) hat auf den bedenklichen methodischen Dualismus zwischen Altersstellung im Sinne der Höhlentektonik und Altersstellung im Sinne der Großraumformung hingewiesen. Er fordert die Festlegung der tektonischen Primärzustände durch Kartierung des tektonischen Netzes, um dadurch die bestehende enge großtektonische Funktion darzulegen und zu deuten. Eine Altersbestimmung der Klüfte kann nach H. RIEDL hauptsächlich nur durch die Analyse des Höhlenkluftnetzes und die Herstellung der Relation zur Großtektonik erreicht werden.

H. TRIMMEL (1961) weist in einer grundlegenden Studie über die Höhlensedimente und Speläogenese darauf hin, daß sich in den Alpen bestimmte Zeitabschnitte besonders ausgeprägter Höhlenentwicklung feststellen lassen. Nach ihm scheinen im alpin-mitteleuropäischen Bereich drei Perioden speläogenetisch wirksam gewesen zu sein, die sich durch die ganz oder teilweise erhalten gebliebenen Sedimenterfüllung belegen lassen:

- a) um die Wende Trias /Jura, wo sich die Bildung von offenen Spalten und Klüften im obertriadischen Dachsteinkalk durch die teilweise erhalten gebliebene Konservierung mittels Jura-Crinoidenkalk nachweisen lässt,
- b) die Wende zwischen Oberkreide und Alttertiär, in dessen Zeitraum die Primärgenese der sogenannten "Augenstein-spalten" zu verlegen ist, deren Erfüllung mit Augenstein-sedimenten mit der Oligozän/Miozän-Grenze (Savische Phase) abgeschlossen sein muß, wodurch sich ein Anhaltspunkt für die Datierung der Höhlenentwicklung nach oben (bis Unter - Burdigal) ergibt.
- c) der Zeitraum des Jungtertiär bis zum Beginn des Altpleistozäns.

H. TRIMMEL hat verschiedentlich darauf hingewiesen, daß sich die überwiegende Mehrzahl der heute vorhandenen alpinen Karsthöhlen bezüglich ihrer kontinuierlichen Genese direkt nur bis auf das Jungtertiär zurückführen lassen. In den Höhlen der Nördlichen Kalkalpen wurden bisher noch keine Sedimente vorgefunden, die älter als das Mindel-Riß-Interglazial sind. Es ist daher die präzise altersmäßige Einstufung der Primärgenese mit Hilfe der Sedimentkartierung nach unseren derzeitigen Kenntnissen nicht durchführbar.

Der Zeitpunkt des Beginns der Höhlenentwicklung scheint sich demnach nur durch den Vergleich geologischer und geomorphologischer Gegebenheiten annähernd bestimmen zu lassen. Dabei muß betont werden, daß mittels geomorphologischer Methoden nur in wenigen Ausnahmefällen der Entstehungszeit der tektonischen Flächen selbst, sondern hauptsächlich der Beginn der karsthydrographischen Aktivität derselben feststellbar ist. Die dabei gewonnenen Daten sind durchwegs als Annäherungs- oder Mittelwerte zu betrachten, da einerseits die unterirdische Verkarstung nicht in allen Teilgebieten der Kalkalpen synchron einsetzt oder abläuft, andererseits bereits erkannt wurde, daß vielfach in großräumigen und verzweigten Höhlen die einzelnen Höhlenräume nicht das gleiche Alter aufweisen. Schichtengebundene Höhlen (-teile) können z.B. theoretisch wesentlich älter sein als kluftgebundene Höhlen (-teile). Allerdings ist hier in der Praxis eine bedeutende Altersdifferenz kaum zu erwarten, da auch zur Genese der meisten schichtengebundenen Höhlen tektonische Flächen im umgebenden Gestein notwendig sind, welche die Wässer von der Oberfläche in die Tiefe zu den Schichtfugen ableiten. (Eine Ausnahme können

jene Höhlen darstellen, die an steilgestellte Schichten geknüpft sind). Es wurde bereits an anderer Stelle angedeutet, daß sich zwischen hydrographischer Wegsamkeit und Raumentwicklung eine enge Beziehung feststellen lassen dürfte.

H. TRIMMEL (1950) hat - begründet auf die Theorie einer im wesentlichen einphasigen geomorphologischen Großformung der Ostalpen im Sinne N. LICHENECKER's ¹⁾ - versucht, die speläogenetisch wirksamen Klüfte und Verwerfungen einer altersmäßigen Bestimmung zuzuführen. Er stellte fest, daß diese Störungen erst nach der Ausbildung jener theoretisch angenommenen, einheitlichen Landoberfläche gebildet sein müßten, die als "Raxlandschaft" bezeichnet wurde und deren Ausbildung ins Miozän gestellt wurde. Für diese flachkuppige Landschaft wurde eine oberirdische Entwässerung und das Fehlen von Karsterscheinungen angenommen. Auf den Erkenntnissen im Rax-Schneeberg-Gebiet fußend, wurden in den gesamten nördlichen Kalkalpen großräumige Aufwölbungen und Verbiegungen vermutet, die zur "Zerstückelung" der ursprünglich einheitlichen Raxlandschaft führten und damit die verschiedenen Höhenlage der morphologischen Flächensysteme erklären sollten. Nach H. TRIMMEL (1950) wurden die tektonischen Voraussetzungen für die Höhlenbildung erst durch die erwähnten Verbiegungen geschaffen, wobei man "... kaum mit einem über das Pliozän hinausgehendes Alter hochalpiner Höhlen rechnen darf" (S. 46).

Die später gefestigte Vorstellung über ein mehrphasiges Geschehen in der alpinen Großformung beinhaltet den erosiv-denudativen Stufenbau der Alpen; d.h. die verschiedenen hoch gelegenen Verflachungen sind nicht aus einer einheitlichen Landschaft hervorgegangen, sondern sie haben sich zu verschiedenen Zeiten entwickelt. Die mehrzyklische Entstehung der alpinen Großformung wird im wesentlichen auf die in mehreren Phasen erfolgte Hebung des Alpenkörpers zurückgeführt. Von verschiedenen Hebungscentren aus griff die Hebung des Gebirges mit wachsender Phase immer weiter aus. Die Verbindung der jungtertiären Hebungs Vorgänge mit den für die Ausbildung der Flächensysteme erforderlichen klimatischen Gegebenheiten führten zur Erkenntnis, daß die Entstehung des Alpenkörpers in der heute erkennbaren Großform in die Zeit des Miozäns/Pliozäns einzuordnen ist.

H. SCHWENK (1949) konnte auf Grund von Kartierungen an der Grenzregion zwischen Lunzer und Frankenfelder Decke feststellen, daß es hier im Pliozän zu einer mehr oder minder starken Wiederbelebung der alten Bewegungsflächen kam.

Der einzige Hinweis auf das mögliche Alter einer Höhle in unserem Arbeitsgebiet wird von H. RIEDL (1960) auf Grund speläogenetischer Untersuchungen in der Nixhöhle bei Frankenfels gegeben. Er kommt dabei zur Schlußfolgerung, daß "... eine exakte Kluftdatierung nicht möglich ist," und führt weiter aus, daß "zufolge regionalmorphologischer Überlegungen

1) LICHENECKER N., Beiträge zur morphologischen Entwicklungsgeschichte der Ostalpen. I. Teil; Die nordöstl. Alpen, Geogr. Jber. aus Österreich, 1938.

die Kluftentstehung nicht vor dem Pliozän stattgefunden haben dürfte".

Auf Grund geomorphologischer Aufnahmearbeiten im Bereich des Pielachtales konnte der Verfasser einige Hinweise für den wahrscheinlichen Zeitpunkt des Einsetzens der unterirdischen Entwässerung gewinnen. Die Verfolgung der Terrassensysteme aus dem Alpenvorland und vom Rand der Voralpen bis in die obersten Teile des Flußsystems kann im Raum des Schlagerbodenpoljes unter Umständen die Datierung des Überganges von der oberirdischen zur unterirdischen Entwässerung, d. h. die hydrographische Wegsamwerdung der tektonischen Flächen ermöglichen.

Das kleine, heute aktive Polje befindet sich in der Lunzer Decke zwischen St. Anton a. d. Jessnitz und Frankenfels. Die Entwässerung erfolgt vollkommen unterirdisch durch zwei Ponore. Im der Umrandung des Poljes lassen sich drei verschieden hohe - in diesem Bereich talgebundene - Flächensysteme feststellen, die infolge ihrer Höhenlage und Verzahnung ein verschiedenes Alter aufweisen. Von besonderem Interesse erweist sich das untere System, das - sich deutlich vom tiefer gelegenen Poljeboden abhebend - sowohl im nördlichen Bereich, als auch im Süden, an der Poljenschwelle, sowie außerdem an einem unvollständig abgetrennten Karstrestberg erkennen läßt. Diese in einer Höhenlage von 680 bis 700 m gelegene Verflachungen stellen ohne Zweifel die bis heute erhalten gebliebenen Restformen des weit gespannten Bodens einer Talung dar, die noch oberirdisch entwässert war. Aus der Anordnung von korrespondierenden Terrassenresten läßt sich die alte Entwässerungsrichtung nach Südosten zum Nattersbach, eines Nebenflusses der Pielach, rekonstruieren. Zum Zeitpunkt der Ausbildung dieses Talbodens kann in diesem Bereich eine nennenswerte karsthydrographische Entwässerung nicht vorhanden gewesen sein; die Umwandlung der oberirdischen Entwässerung der Talung zur unterirdisch entwässerten Karstform eines Poljes muß demnach später erfolgt sein. Die Terrassen dieses Systems lassen sich im gesamten Flußgebiet der Pielach bis zum Rand der Voralpen gegen das nördlich anschließende Alpenvorland verfolgen, wo diese Flur im Flysch auf das tiefste und jüngste Stockwerk der flächenhaft ausgebildeten voralpinen Altlandschaft ausmündet. Dieses Flächensystem erhebt sich unmittelbar über den bezüglich der Altersstellung gesicherten, als ältestpleistozän eingestuftten Schotterterrassen des Alpenvorlandes. Das Alter des unverkarsteten Talbodens im Raum Schlagerboden läßt sich somit dem Pliozän zuordnen, wobei hier sogar ein oberpliozänes Alter sehr wahrscheinlich ist.

Daraus läßt sich mit ziemlicher Sicherheit ableiten, daß die karsthydrographische Wegsamkeit der tektonischen Flächen - zu meist in dem betrachteten Raum des Untersuchungsgebietes - erst ab dem Pliozän eingesetzt haben kann, wobei hier besonders die Wende Pliozän/Pleistozän für das Einsetzen der unterirdischen Verkarstung in Frage kommt.

Es ist bemerkenswert, daß bei allen bisher durchgeführten Untersuchungen über die Altersfrage alpiner Höhlen eine auffallende Übereinstimmung der Ergebnisse festzustellen ist; dies umso mehr, als die in Betracht gezogenen Untersuchungsobjekte den verschiedensten Räumen angehören und die Methoden der Datierungsversuche stark von einander abweichen. Die für die Verkarstung und damit auch für die Entstehung der meisten Karsthöhlen in Betracht kommenden tektonischen Flächen sind teils im Pliozän entstanden, teils erfuhren sie in dieser Zeit eine Wiederbelebung. Unter Bedachtnahme auf den derzeitigen Forschungsstand läßt sich für die Höhlen der niederösterreichischen Kalkalpen aussagen, daß bezüglich ihrer Primärgenese ein über das Pliozän hinausgehendes Alter kaum anzunehmen ist.

Untersuchungen über die Verbreitung von Höhlen versprechen vor allem dann interessante und brauchbare Ergebnisse, wenn, wie dies für die vorliegende Studie versucht wurde, eine möglichst große Anzahl von verschiedenen Höhlen bearbeitet werden konnte.

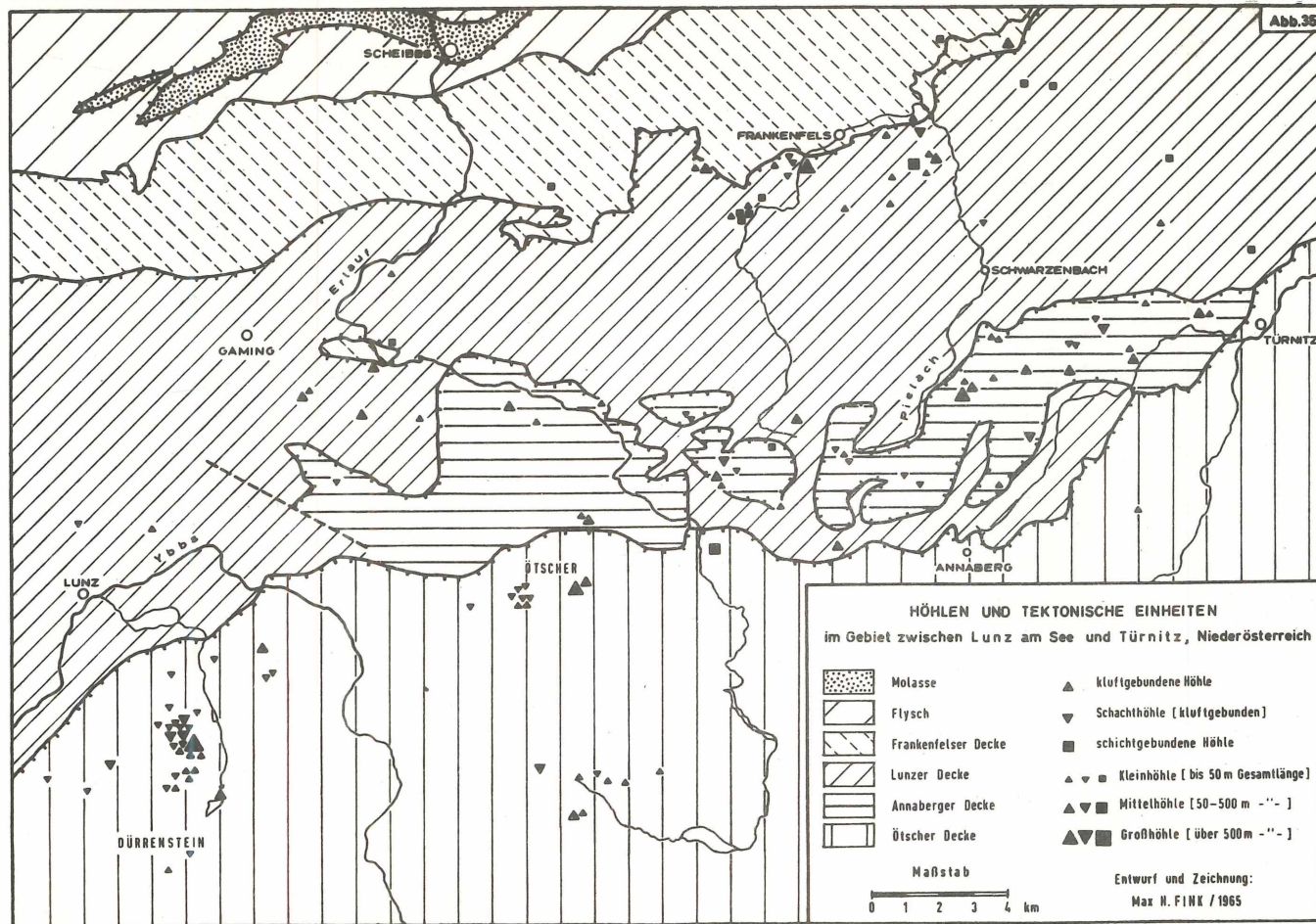
Grundsätzlich sei jedoch vorausgestellt, daß bei der Betrachtung über die Verbreitung von Höhlen in Karstgebieten Schwierigkeiten zu beachten sind, die wohl für alle derartigen Untersuchungen Gültigkeit haben. Es muß darauf hingewiesen werden, daß wir derzeit – trotz des erfreulich hohen Forschungsstandes – noch nicht über die Anzahl und Gesamtkonfiguration der tatsächlich existierenden Höhlen unterrichtet sind. Daneben bieten vielfach die bereits bekannten Höhlensysteme Möglichkeiten von Fortsetzungen, so daß wir auch über diese Höhlen kaum berechtigt sind, endgültige Aussagen zu treffen. Selbst wenn man annimmt, daß einmal zu einem späteren Zeitpunkt durch eine äußerst intensive Erkundungstätigkeit im Gelände sämtliche dem Menschen von der Oberfläche aus zugängliche Karsthöhlen erfaßt worden sind, bleibt bis auf weiteres die Frage nach der Anzahl und Lokalisierung der Höhlen ohne natürliche Eingänge offen. Wir können darunter alle jene Karsthohlräume verstehen, die in ihrer Gesamtausdehnung einen Massendefekt im Gesteinskörper darstellen, auf den die Definition "Höhle" zutrifft, und die keine befahrbare Verbindung zur Oberfläche aufweisen. Der Verfasser hat bereits 1965 darauf hingewiesen, daß in den Ostalpen bereits zahlreiche Höhlen ohne natürliche Tagöffnungen erfaßt worden sind. Im engeren Untersuchungsgebiet dieser Studie können u. a. die Ameiskogelhöhle und der Gösingschacht angeführt werden, die erst im Zuge der Trassierung der Bahnlinie St. Pölten – Mariazell künstlich aufgeschlossen wurden. Da die bisher bekannt gewordenen Höhlen dieser Art sich in keiner Weise von jenen unterscheiden, die natürliche Tagöffnungen aufweisen, kann mit Berechtigung angenommen werden, daß nur ein Bruchteil der tatsächlich vorhandenen Karsthöhlen der Forschung unmittelbar zugänglich ist. Dies wird durch die Untersuchungs-

ergebnisse von A.BÖGLI (1961, 1963) und H.W.FRANKE (1962, 1965) bestätigt, wonach für die Genese der meisten Karsthöhlen, teils durch Diffusion des Luft-CO₂ in das Wasser, teils durch Mischungskorrosion, das Vorhandensein größerer Öffnungen zur Oberfläche nicht notwendig ist.

Aus den bisher vorliegenden speläogenetischen Studien lassen sich für das Gebiet der niederösterreichischen Kalkalpen - unter Beachtnahme auf die angeführte Einschränkung - folgende Schlußfolgerungen ableiten:

Aus der beigefügten Übersichtskarte (Abb. 35) ist ersichtlich, daß die Mehrzahl der klufftgebundenen Höhlen in den Stirnregionen der Decken vorkommt. Die mechanische Beanspruchung der einzelnen Schubmassen ist im Bereich ihrer Deckenstirnen am stärksten gewesen. Dies führte dazu, daß in diesen Abschnitten die Spuren der "brechenden Tektonik" d.h. die Zerklüftung, weitaus häufiger sind oder besser wirksam gewesen sind als in den mittleren oder rückwärtigen Teilen einer Decke. Es ist von besonderer Bedeutung, daß sich vor allem die großräumigen und verzweigten Höhlen in den Stirnregionen der Decken befinden. Besonders deutlich ist diese Erscheinung in der Lunzer Decke im Raum Frankenfels sowie in der Ötscher Decke im Gebiet des Ötschers und des Dürrensteins ersichtlich, weniger deutlich in der Annaberger Decke, bedingt durch die erosive Abtragung des südlichen Teiles, die zur Einschaltung des "Annaberger Fensters" geführt hat. In der Stirn der Lunzer Decke finden wir die Mariannenhöhle und die Nixhöhle; am Nordrand der Annaberger Decke die Ötschertropfsteinhöhle, das große Höhlensystem des Trockenen Loches, das Hundsloch und die Paulinenhöhle; schließlich in der Ötscher Decke u.a. die Lechnerweidhöhle und Hackermauerneishöhle, das imposante Geldloch im Ötscher und - außerhalb des engeren Gebietes - das Schachtsystem des Kammschachtes im Unterberg.

Die voralpinen Decken haben auch den überfahrenen Untergrund, der eine tiefere tektonische Einheit ist, mechanisch sehr stark beansprucht. So konnte A.RUTTNER (1948) im Dürrensteingebiet nachweisen, daß hier die Ötscher Decke tief in ihr nördliches Vorland - die Lunzer Decke - eingesunken ist. G.HERTWECK (1961) hat betont, daß jede Decke infolge der gestaffelten Anordnung der ostalpinen Decken nur durch den Schub der jeweils höheren Decke bewegt oder deformiert werden kann. Aus diesem Grunde ist es auch verständlich, daß nicht nur die Deckenstirnen selbst, sondern auch die Anpressungszonen der nördlich anschließenden tieferen Decken günstige tektonische Voraussetzungen für die Höhlenentwicklung bieten. Als Beispiel dafür kann der Klafflingbrunnen bei Loich angeführt werden, der sich unmittelbar vor der Stirn der Lunzer Decke in der tieferen Frankenfelder Decke befindet.



Durch die Freilegung einer ursprünglich überfahrenen tektonischen Einheit, bzw. eines Teiles davon mittels erosiv-denutativer Abtragung der höheren Decke und deren Auflösung in Deckenschollen oder durch die Bildung geologischer Fenster, sind tektonisch stark beanspruchte Areale der Verkarstung und damit auch der Höhlenbildung zugänglich geworden. Dies kann besonders gut im westlichen Bereich der Annaberger Decke beobachtet werden, wo eine Reihe von bedeutenden Höhlen in jenem Teil der Lunzer Decke vorhanden sind, die ursprünglich von der höheren Annaberger Decke überlagert worden ist.

Zusammenfassend kann auf Grund der bisher durchgeführten Untersuchungen festgestellt werden, daß die starke tektonische Durchbewegung der Deckenstirnen zur bevorzugten Ausbildung von tektonischen Flächen in diesen Bereichen geführt hat, wobei diese Störungen, in engem Zusammenhang mit der jungtertiären Hebung der Kalkalpen, besonders gute Voraussetzungen für die ober- und unterirdische Verkarstung geboten haben.

LITERATURHINWEISE

- ADLER R., FENCHEL W. und PILGER A., Statistische Methoden in der Tektonik I. Clausthaler Tektonische Hefte Nr. 2, Clausthal-Zellerfeld 1959.
- ADLER R., FENCHEL W., MARTINI H.J. und PILGER A., Einige Grundlagen der Tektonik II. (Die tektonischen Trennflächen). Clausthaler Tektonische Hefte Nr. 3, Clausthal-Zellerfeld 1960.
- ARNBERGER E., Neue Ergebnisse morphotektonischer Untersuchungen in der Dachstein-Mammuthöhle. Mitt.Höhlenkomm., Jg.1953, H.1, S. 68 - 79, Wien 1954.
- ARNBERGER E., Die Dachstein-Mammuthöhle (Lage, Erforschung, Raumgestaltung und Entstehung). Jb.d.Österr.Alpenvereins, Bd.89, Innsbruck 1964.
- BIESE W., Über Höhlenbildung. II. Teil: Entstehung von Kalkhöhlen. Abh.Preuß.Geol.Landesanstalt, N. F., H.146, Berlin 1933.
- BÖGLI A., Beitrag zur Entstehung von Kalkhöhlen. Die Höhle, 14. Jg., H.3, Wien 1963.
- BÜTTNER R., Eine neue Schachthöhle am westlichen Dürrensteinplateau. Spel.Jb., Jg.X/XII, H.3/4, Wien 1929/31.
- CLOOS H., Einführung in die Geologie. Berlin 1936.
- ENGL W., Der Grenzschaft beim Wastl am Wald. Höhlenk. Mitt., 20. Jg., H.9, Wien 1964.
- FAHRNGRUBER H., Neues von der Mariannenhöhle (1836/18) bei Boding. Höhlenk. Mitt., 20. Jg., H.9, Wien 1964.
- FAHRNGRUBER H., Bericht über die Wiederauffindung der Nixlucke im Sonnberg (Frankenfels) und über die Entdeckung einer Fortsetzung in der Eisgrube südlich Schwarzenbach a.d. Pielach. Höhlenk. Mitt., 21. Jg., H.2, Wien 1965.
- FINK M.H., Höhlen im Gebiete nordwestlich von Tünnitz. Höhlenk. Mitt., 15. Jg., H.11, Wien 1959.
- FINK M.H., Das Hundsloch (960 m) bei Tünnitz (Niederösterreich). Die Höhle, 11. Jg., H.4, Wien 1960.
- FINK M.H., Der Haussteinschaft bei Frankenfels. Höhlenk. Mitt., 18. Jg., H.2, Wien 1962.
- FINK M.H., Die Sinterquellenhöhle im Nattersbachtal. Höhlenkdl. Mitt., 18. Jg., H.5, Wien 1962.
- FINK M.H., Staffmauernhöhle und Mäandergang südlich Schwarzenbach a.d. Pielach. Höhlenk. Mitt., 18. Jg., H.11, Wien 1962.
- FINK M.H., Das Teufelsloch (1837/13) bei Schwarzenbach a.d. Pielach. Höhlenk. Mitt., 19. Jg., H.3, Wien 1963.
- FINK M.H., ILMING H. und MRKOS H., Die Dürrensteinexpedition des Landesvereines vom 25.8. bis 2.9.1962. Höhlenkdl. Mitt., 19. Jg., H.5, Wien 1963.

- FINK M.H., Bericht über die Fortsetzung der geospeleologischen Bearbeitung des Dürrensteingebietes im Juni 1963. Höhlenk. Mitt., 19.Jg., H.9, Wien 1963.
- FINK M.H., Der Klafflingbrunnen (1837/18) bei Loich. Höhlenk. Mitt., 19.Jg., H.12, Wien 1963.
- FINK M.H., Das Trockene Loch bei Schwarzenbach an der Pielach (Niederösterreich). Die Höhle, 14.Jg., H.4, Wien 1963.
- FINK M.H., Die Gaiskirche bei Frankenfels (1836/45). Höhlenk. Mitt., 20.Jg., H.5, Wien 1964.
- FINK M.H. und ILMING H., Weitere Forschungen im Pielachgebiet. Höhlenk. Mitt., 20.Jg., H.8, Wien 1964.
- FINK M.H., Die Eisgrube südlich Schwarzenbach a.d. Pielach (1836/50) Höhlenk. Mitt., 20.Jg., H.9, Wien 1964.
- FINK M.H., Die Schoberberghöhle (1836/51) westlich Türnitz. Höhlenk. Mitt., 21.Jg., H.2, Wien 1965.
- FINK M.H., Hundsblüthhöhle (Frankenfels) und Mooskogelhöhle (Schwarzenbach). Höhlenk. Mitt., 21.Jg., H.3, Wien 1965.
- FINK M.H., Tektonik und Speleogenese in den niederösterreichischen Kalkalpen. Akten des 4. Internationalen Kongresses für Speleologie, Ljubljana 1965. Im Druck.
- FISCHAK W., Geologie der Kalkalpen und der Flyschzone östlich der Pielach. Diss. Univ. Wien 1949.
- FRANKE H.W., Formgesetze der Korrosion. Jahreshefte f. Karst- und Höhlenkunde, H. 3, S.207 ff., München 1962.
- HARTL H., Geologie der Kalkalpen und der Flyschzone im Raume Frankenfels und Plankenstein. Mitt. Ges. Geol.-u. Bergbaustud., Bd.2, H.1, Wien 1950.
- HERTWECK G., Die Geologie der Ötscherdecke im Gebiet der Triesting und der Piesting und die Frage der alpin-karpatischen Abbiegung in den niederösterreichischen Kalkalpen. Mitt. Geol.- u. Bergbaustud., Bd.12, Wien 1961.
- ILMING H. und MRKOS H., Befahrungsbericht über die Pfingstfahrt ins Hundsloch (Stadelbauerhöhle, 1837/12). Höhlenk. Mitt., 16.Jg., H.7, Wien 1960.
- ILMING H., Eine winterliche Höhlenerkundungsfahrt. Höhlenk. Mitt., 17.Jg., H.2, Wien 1961.
- ILMING H., Das Trockene Loch bei Schwarzenbach a.d. Pielach. Höhlenk. Mitt., 18.Jg., H.5, Wien 1962.
- ILMING H., Vorläufige Forschungsergebnisse aus der Lechnerweidhöhle (Niederösterreich). Die Höhle, 14.Jg., H.4, Wien 1963.
- ILMING H., Die Forschungen in der Lechnerweidhöhle 1964. Höhlenk. Mitt., 20.Jg., H.10, Wien 1964.
- ILMING H., Die Ergebnisse der Dürrenstein-Expedition 1965. Höhlenk. Mitt., 21.Jg., H.11, Wien 1965.
- KOBER L., Bau und Entstehung der Alpen. Wien 1955.
- LOTZE F., Zur Erklärung der tektonischen Klüfte. Zentralbl. f. Mineralogie usw., S.193-199, Stuttgart 1933.

- MATZ H., Wiederauffindung der Höllmauerhöhle (1836/14). Höhlenk. Mitt., 18. Jg., H. 5, Wien 1962.
- MATZ H., Ein Vorstoß im Nassen Loch. Höhlenk. Mitt., 18. Jg., H. 12, Wien 1962.
- METZ K., Lehrbuch der tektonischen Geologie. Stuttgart 1957.
- MRKOS H., Blockschacht und Rieseneinbruch auf dem Südteil des Schwarzenberges bei Türrnitz. Höhlenk. Mitt., 17. Jg., H. 9, Wien 1961.
- MRKOS H., Die Zufluchthöhlen I - IV auf dem Schwarzenberg. Höhlenk. Mitt., 18. Jg., H. 1, Wien 1962.
- MRKOS H., Höhle in den Sagamauern über dem Pielachsprung. Höhlenk. Mitt., 19. Jg., H. 12, Wien 1963.
- MRKOS H., Die Dürrensteinexpedition 1964. Höhlenk. Mitt., 20. Jg., H. 10, Wien 1964.
- MÜLLNER M., Die Nixhöhle und die Gredlhöhle bei Frankenfels. Natur- u. höhlenk. Führer der Bundeshöhlenkomm., H. 9, Wien 1926.
- MÜLLNER M., Karsterscheinungen in den Traisentaler Kalkalpen. Bl. f. Naturkunde u. Naturschutz, Bd. 14, S. 2-6, Wien 1927.
- MÜLLNER M., Die Paulinenhöhle bei Türrnitz. Natur- u. höhlenk. Führer d. Bundeshöhlenkomm., Bd. 10, Wien 1927.
- PIA J., Geologische Beobachtungen. In: Die große Elshöhle im Tennengebirge (Salzburg). Spel. Jb., IV. Jg., H. 1/2, S. 48 ff., Wien 1923.
- PLÖCHINGER B., Tektonische Gliederung der nördlichen Kalkalpen. Mitt. Geol. Ges., Wien 1962.
- POLZ E., Die Brandmauerhöhle bei Puchenstuben (1836/3), ein Schacht oberhalb der Brandmauerhöhle. Höhlenk. Mitt., 14. Jg., H. 1, Wien 1958.
- RENAULT P., La diacalse transversale - forme spéléologique. Ann. de Spél., vol. XVI, fasc. 3, p. 237-241, Moulis 1961.
- RIEDL H. und SOLAR E., Die Reißberghöhle bei Puchenstuben (Niederösterreich). Die Höhle, 7. Jg., H. 2, S. 37 ff., Wien 1956.
- RIEDL H., Die Paulinenhöhle im Klausberg bei Türrnitz. Höhlenk. Mitt., 15. Jg., H. 3, S. 25 f., Wien 1959.
- RIEDL H. und SOLAR E., Das Nasse Loch bei Schwarzenbach a. d. Pielach (Niederösterreich). Die Höhle, 10. Jg., H. 4, Wien 1959.
- RIEDL H., Formengebung und Sedimententstehung in der Nixhöhle bei Frankenfels (Niederösterreich). Die Höhle, 11. Jg., H. 2, Wien 1960.
- RIEDL H., Gedanken zur methodischen Intensivierung der speläogenetischen Forschung. Petermanns Geogr. Mitt., H. 4, S. 264 - 268, Gotha 1961.
- RUTTNER A., Quersfaltungen im Gebiet des oberen Ybbs- und Ennsaltales. Jb. d. Geol. Bundesanstalt, Wien 1948.
- RUTTNER A., Die Lunzer Seen und ihr Gebiet. Jb. d. Österr. Alpenvereins, Innsbruck 1950.

- RUTTNER A., Aufnahmen auf Blatt Ybbsitz (71) und Mariazell (72), sowie lagerstättenkundliche Arbeiten auf diesen Blättern und auf Blatt Reichraming (69). Verh.d.Geol.Bundesanstalt, Jg.1954, H.1, S. 69 ff., Wien 1954.
- RUTTNER A., Geologische Aufnahmen 1961 im Gebiet Vordere Tormäuer - Puchenstuben auf Blatt Mariazell (72). Verh. d.Geol.Bundesanstalt, Wien 1962.
- RUTTNER A., Das Fenster von Urmannsau und seine tektonische Stellung. Verh.d.Geol.Bundesanstalt, Wien 1963.
- SCHMIDT-THOME P., Kluftektonik und Großstrukturen in den nördlichen Kalkalpen. Geol.Rundschau, Bd.42, Stuttgart 1953.
- SCHWENK H., Geologie der Kalkalpen und der Klippenzone westlich der Pielach. Diss.Univ.Wien 1949.
- SERONIE VIVIEN M.R., Les diaclases, leur rôle dans la spéléogénèse. Ann.de Spél., XVI, fasc.1, p.93-111, Moulis 1961.
- SOLAR E., Die Rabenmauerhöhle (Niederösterreich). Höhlenkdl. Mitt., 11.Jg., H.12, Wien 1955.
- SOLAR E., Die Hackermauerneishöhle am Scheiblingstein bei Lunz am See (Niederösterreich). Die Höhle, 8.Jg., H. 1, Wien 1957.
- SOLAR E., Almschacht und Hennesteckschacht auf dem Hennesteck. Höhlenk. Mitt., 17.Jg., H. 7, Wien 1961.
- SPENGLER E., Der geologische Bau der Kalkalpen des Traisental und des oberen Pielachgebietes. Jb.d.Geol.Bundesanstalt, Wien 1928.
- SPENGLER E., Erläuterungen zu Blatt Schneeberg-St. Ägyd. Wien 1931.
- SPENGLER E., Die nördlichen Kalkalpen. In: F.X.SCHAFFER, Geologie von Österreich, Wien 1951.
- SPENGLER E., Versuch einer Rekonstruktion des Ablagerungsraumes der Decken der Nördlichen Kalkalpen. III. Teil: Der Ostabschnitt der Kalkalpen. Jb.d.Geol.Bundesanstalt, Bd.102, S. 193 - 312, Wien 1959.
- STINY J., Gesteinsklüfte und alpine Aufnahmsgeologie. Jb.d.Geol. Bundesanstalt, Wien 1925.
- STUMMER G., Das Fledermausloch (Schwarzenbach/Pielach). Kat. Nr.1836/56. Höhlenk. Mitt., 21.Jg., H.3, Wien 1965.
- TOLLMANN A., Die Rolle des Ost-West-Schubes im Ostalpenbau. Mitt.Geol.Ges.Wien, 54.Bd.(1961), S.229 ff., Wien 1962.
- TOLLMANN A., Übersicht über die alpidischen Gebirgsbildungsphasen in den Ostalpen und Westkarpaten. Mitt.Ges.d.Geol.-u.Bergbaustud., 14.Bd.,(1963), S. 81 - 88, Wien 1964.
- TRIMMEL H., Die Salzofenhöhle im Toten Gebirge. Ein Beitrag zur Frage der Entstehung und Entwicklung alpiner Karsthöhlen. Diss.Univ.Wien 1950.
- TRIMMEL H., Zur Frage des Alters alpiner Karsthöhlen. Die Höhle, 1.Jg., H.3, S. 45 f., Wien 1950.

- TRIMMEL H., Die Kohlerhöhle bei Erlaufboden. Die Höhle, 3.Jg., H. 3/4, S. 46 ff., Wien 1952.
- TRIMMEL H., Tektonik und Höhlenbildung. Resúmenes de los trabajos presentados XX Congreso Geológico Internacional, Mexico 1956.
- TRIMMEL H., Höhlenausfüllung, Höhlenentwicklung und die Frage der Höhlenbildungszyklen. Memoria V della Rassegna Speleologica Italiana, Como 1961.
- WALDNER F., Höhlen im westlichen Dürrensteinplateau. Natur und Land, 35.Jg., H. 6/7, Wien 1949.
- WILTHUM E., Die Stellung der Dachsteinhöhlen in der Morphotektonik ihrer Umgebung. Mitt.d.Höhlenkomm., Jg. 1953, H.1, Wien 1954.
- ZIRKL E.J., Zur Entstehung von Höhlenräumen mit Rechteck- oder Kastenprofil. Die Höhle, 6.Jg., H. 2, S. 21-25, Wien 1955.

HÖHLENVERZEICHNIS

	Kat.	Nr.	
Abbruchschacht (Dürrenstein)	1815/47		72, 76
Almschacht (Hennesteck)	1836/10	34	37, 38
Ameiskogelhöhle (Gösing)	1836/ 1		<u>32</u> , 117
Auf den Böden (Polje)			110
Baumgartenhöhle (Sonnberg)	1836/43		16, 24
Blaschhöhle (Schlagerboden)	1836/53		12
Blockschacht (Schwarzenberg b. Türnitz)	1837/21	<u>55</u> ,	95, 110
Bödenbergschächte (Heiligenkreuz)	1913/1, 2		111
Bodinghöhle (Boding)	1836/ 2		12
Brandlhöhle (Schlagerboden)	1836/52		12
Brandmüerhöhle (Puchenstuben)	1836/ 3		34
Brandmauerschacht (Puchenstuben)	1836/33		34
Dachsteinmammuthöhle (Obertraun)	1547/	7, 90,	94, 104
Dagllucke (Stainzenkogel)	1815/2		72, 77
Dagllucken (Scheiblingstein)	1815/3		68
Dreidärrische Höhle (Anninger)	1914/4		105
Durchgangshöhle beim Wastl am Wald	1836/4		102
Durchgangshöhle in der Staffmauer			50
Dürrensteinplateauschacht	1815/5		70
Eisgrube (Karnthal)	1836/50	34, <u>50</u> , 51(P),	52
			110
Eisriesenwelt (Tennengebirge)	1511/24	92, 103,	104
Fledermausloch (Schwarzenbach a. d. P.)	1836/56	34, <u>48</u> ,	105, 110
Gabauerhöhle (Laubenbachmühle)	1836/ 6		12
Gaiskirche (Angelbachgraben)	1936/45	16, <u>22</u> ,	23, 99
			109
Gamsecker Rieseneinbruch (Dürrenstein)	1815/36	72, 76,	105
Gamseckerschacht (Dürrenstein)	1815/42		72, 76
Geldloch (Ötscher)	1816/ 6	9, 63,	64, 110
			118
Gemsweideschacht (Dürrenstein)	1815/49		72, 77
Goldloch (Türnitzer Höger)	1835/ 2		34, 64
Gösingschacht (Gösing)	1836/ 8		117
Grabenschacht (Dürrenstein)	1815/46		72, 76
Gredlur (Sonnberg)	1836/ 9		16, 24
Grenzschacht (Hühnerkogel)	1836/48		34, 37
Grünloch (Dürrenstein) = Gstettneralmdoline			
Gstettneralmdoline (Dürrenstein)			65, 70
Guganederschacht (Schwarzenberg)	1837/ 7	34, <u>58</u> ,	99, 100

Hackermauerneishöhle (Dürrenstein)	1815/ 8	<u>68</u> , 69(P), 70, 110 118
Haussteinhöhle (Frankenfels)	1836/12	16, 90
Haussteinschacht (Frankenfels)	1836/16	<u>16</u> , 18(P), 19, 21 109
Hennesteckschacht (Hennesteck)	1836/37	<u>34</u> , 38, 110
Hetzkogelloch (Dürrenstein)	1815/40	<u>67</u> , 72, 76
Höhle im Bereich der Staffmauer		50
Höhle in den Sagamauern	1836/44	34, 37
Höllmauerhöhle (Schlagerboden)	1836/14	12
Höllquelle (Schlagerboden)		12
Hubertushöhle (Schwarzenberg)	1837/ 8	34, <u>58</u> , 59
Hühnerkogellucke (Dürrenstein)	1815/ 9	70
Hundsichlhöhle (Fischbachgraben)	1836/54	16, 22, 95
Hundsloch (Schwarzenberg, Türrnitz)	1837/12	34, <u>55</u> , 56(P), 57 58, 110, 118
Kammschacht (Unterberg)	1867/ 5	64, 118
Kegelberghöhle (Kegelberg)	1836/15	34, <u>39</u> , 40(P), 41
Klaflingbrunnen (Loich)	1837/18	<u>27</u> , <u>28</u> (P), 29, 109 118
Kluftschacht I (Gamseckgraben)	1815/43	72, 76
Kluftschacht II (Gamseckgraben)	1815/44	72, 76
Kluftschacht III (Gamseckgraben)	1815/45	72, 76
Kohlerhöhle (Erlaufboden)	1833/ 1	105
Labyrinthschacht (Stainzenkogel)	1815/37	72
Lechnerweidhöhle (Dürrenstein)	1815/32	67, 72, <u>79</u> , 80, 81 82, 83, <u>95</u> , 99, 100 101, 105, 110, 118
Lehenrotteschacht (Lehenrotte)	1837/20	99
Lochbach (Dürrenstein)	1815/12	68
Luckenbrunnengang (Dürrenstein)	1815/26	72
Luckenbrunnhöhle, Obere (Dürrenstein)	1815/27	72, <u>77</u> , 78(P), 79
Luckenbrunnhöhle, Untere	1815/25	
▪ Luckenbrunnenteil der Lechnerweidhöhle		
Luckenbrunnhüttenhöhle (Dürrenstein)	1815/24	72
Ludwig Schwab-Höhle (Dürrenstein) ▪ Dürrensteinplateauschacht		
Mäandergang (Staffmauer)	1836/40	34, <u>49</u> , 50
Mäanderkluft (Dürrenstein)	1815/33	72
Mariannenhöhle (Schlagerboden)	1836/18	<u>12</u> , 13(P), 14, 15 95, 103, 118
Nasses Loch (Schwarzenbach a.d.P.)	1836/19	<u>34</u> , <u>47</u> , 48, 110
Nattershoflucke ▪ Tiefenbachschacht		
Nestelgrundkluft (Sonnberg)	1836/47	16, <u>26</u> , 27
Nixhöhle (Klammberg)	1836/20	16, <u>19</u> , 20(P), 21 95, 103, 109, 115, 118
Nixlucke (Sonnberg)	1836/57	16, 24
Nordhangschacht (Dürrenstein)	1815/48	72, 77

	Ofenloch (Schwarzkogel)	1815/13	72, <u>74</u>
	Ötschertropfsteinhöhle (Kienberg)	1824/10	100, <u>110</u>
	Pascherhöhle (Laubenbachmühle)	1836/22	12
/	Paulinenhöhle (Klausberg, Türnitz)	1837/11	34, <u>59</u> , 60(P), 61
/		95, 100, 101, 102, <u>103</u> , 110, 118	
/	Rabenmäuerhöhle (Schwarzenbach/P.)	1836/17	16, <u>24</u> , 25(P), 26, 109
/	Rabenmäuerkluff (Schwarzenbach/P.)	1836/42	16, 26
I	Reithbauernlucke (Dürrenstein)	1815/16	70
I	Reithloch (Frankenfels)	1836/23	15, 16, 99
I	Reitsteigschacht, Oberer (Dürrenstein)	1815/30	72, <u>74</u> , <u>75</u> (P), 110
I	Reitsteigschacht, Unterer	1815/31	<u>72</u> , <u>75</u> , 76, 90
I	Rieseneinbruch (Schwarzenberg)	1837/22	55, 105
I	Rinnender Stein (Annaberg)	1836/36	<u>30</u> , <u>31</u> (P), 32
I	Rißberghöhle (Rißberg)	1836/24	<u>29</u> , 30
I	Sagamauernfenster (Pielachursprung)	1836/46	34
I	Schafmauernkluff (Gruberkogel)	1836/35	34, <u>39</u> , 110
I	Schachernhöhle (Furthof)	1866/ 9	<u>64</u> , 111
I	Scheiblingsteinschacht (Dürrenstein)	1815/14	68
I	Schermofen (Dürrenstein)	1815/15	<u>70</u> , 71(P), 110
I	Schlagerbodenpolje (Laubenbachmühle)		116
I	Schneeloch auf der Pauschenalm	1815/41	72
I	Schoberberghöhle (Schoberberg)	1836/51	34, <u>52</u> , 53(P), 54
I			<u>90</u> , 104, 110
I	Schwarzkogelbodenschacht	1815/35	74
I	Schwarzkogelloch (Dürrenstein)	1815/38	72, 74
I	Sinterquellenhöhle (Frankenfels)	1836/41	16, 23, 99, 102
I	Spalthöhle (Breitenstein, Kienberg)	1836/38	12
(	Staffmauernhöhle (Staffmauer)	1836/39	34, <u>49</u> , 50, 95
(	Stainzenkogelschacht (Dürrenstein)	1815/35	72, 77
(	Teufelsloch (Schwarzenbach a. d. P.)	1837/13	<u>27</u>
(	Tiefenbachschacht (Schwarzenbach)	1836/31	16, <u>27</u>
(	Trobachhöhle (Gösing)	1836/27	34, 36(P), 110
(	Trockenes Loch (Schwarzenbach/P.)	1836/34	34, <u>41</u> , 42(P), 43
(		44, 45, 46, 47, 90, 92, 95, 96, 97, 101, <u>102</u> , <u>103</u> , 110, 118	
(	Tropfsteinhöhle i. d. Unterschäffleralpe (Hochobir)		103
(	Urmannshöhle (Kienberg)	1836/32	12
(	U-Schacht (Dürrenstein)	1815/34	72, 77
(	Walterschacht (Scheuchenstein)	1863/25	105, 111
G	Wildfrauenhöhle (Klausberg, Türnitz)	1837/15	34, <u>61</u> , 62
(	Wurzenberger Höhlenquelle (Boding)	1836/28	12
(	Zufluthhöhlen (Schwarzenberg)	1837/23	34, <u>58</u> , 59

Das Zeichen (P) bedeutet, daß auf der betreffenden Seite eine Plan-
 skizze zu finden ist, eine Unterstreichung weist auf umfangreichere
 und genauere Angaben hin.

