



**DIE
HÖHLE
BEIM
SPANNAGELHAUS**

DIE HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS

Wissenschaftliche Beihefte zur Zeitschrift "Die Höhle"

26

**DIE
HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS
UND IHRE UMGEBUNG**
Tuxer Alpen (Tirol)

von
Ernest JACOBY und Günter KREJCI
mit Beiträgen der Redaktion

WIEN 1992



Herausgegeben vom Verband österreichischer Höhlenforscher

Die Herausgabe wurde gefördert durch den
Landesverein für Höhlenkunde in Tirol
der Karst- und höhlenkundlichen Abteilung des
Naturhistorischen Museums Wien
und den Pächtern des Spannagelhauses

Titelbild:

Höhle beim Spannagelhaus (2411/1)

Foto: W. Hartmann

Redaktionsteam:

**Karl MAIS, Rudolf PAVUZA,
Günter STUMMER und Hubert TRIMMEL**

Eigentümer, Herausgeber und Verleger
Verband österreichischer Höhlenforscher
A-1020 Wien, Obere Donaustraße 97/1/8/61



Für Verdienste um die
Mitwirkung und Förderung
der Erforschung der
Höhle beim Spannagelhaus

Herrn

Univ. Doz. Prof. Dr. Georg MUTSCHLECHNER

Mentor der Höhlenforschung Tirols
Ehrenobmann und Gründungsmitglied des
Landesvereins für Höhlenkunde in Tirol
aus Anlaß der Verleihung des Ehrenzeichens
"Für Verdienste um Österreichs Höhlenforschung"

und

Herrn

Mag. Heinz ILMING

Präsident des Verbandes österreichischer Höhlenforscher
aus Anlaß seines 60. Geburtstages

in aufrichtiger Freundschaft und dankbarer Wertschätzung
gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

A.	VORWORT zum Beiheft 26	1
B.	ZUR GEOLOGIE DES SPANNAGELHÖHLENSYSTEMS UND DESSEN NÄHERER UMGEBUNG (Zillertal, Tirol) von Ernest Jacoby (Dissertation Universität Innsbruck 1977)	3
	Zusammenfassung Summary Résumé	3
	Vorwort	4
	Einleitung	5
	Erforschungsgeschichte der Höhlen vom Spannagelhaus bis Hintertux	6
1.	Geologie	9
	1.1 Allgemeine geologische Situation	9
	1.2 Geologie der näheren Umgebung	10
	1.3 Der Hochstegenkalkmarmor	15
2.	Karsthydrogeologie	18
	2.1 Hydrologie	18
	2.2 Wasseruntersuchungen	19
	2.3 Gesteinschemismus und Korrosion	22
	2.4 Das Klima	23
	2.5 Die Färbeversuche	26
	2.5.1 Färbung I Höhle beim Spannagelhaus	27
	2.5.2 Färbung II Sisyphosloch	30
	2.5.3 Färbung III Ramsen	31
	2.5.4 Die Färbung innerhalb der Höhle beim Spannagelhaus	32
	2.5.5 Die Färbung Facettenspalte	32
	2.6 Die Nachtsitz Karstquellen	33
3.	Höhle beim Spannagelhaus	35
	3.1 Beschreibung der Höhle	35
	3.2 Speläogenese der Höhle	44

4.	Die nähere Umgebung des Spannagelhöhlensystems	49
4.1	Karsthydrogeologie der Umgebung der Höhle beim Spannagelhaus	49
4.1.1	Die Schneefleckhöhle (Kat.Nr. 2411/10)	52
4.1.2	Die Fensterhöhle (Kat.Nr. 2411/11)	58
4.1.3	Das Windloch (Kat.Nr. 2411/2)	60
4.1.4	Die Sandeckhöhle (2411/3)	61
4.1.5	Die Schrägplattenhöhle (2411/4)	62
4.2	Der Graben	63
4.2.1	Die Grabenhöhle (Kat.Nr. 2411/12)	65
4.2.2	Die Murmeltierhöhlen (Kat.Nr. 2411/16)	67
4.2.3	Die Zerfallshöhle (Kat.Nr. 2411/13)	67
4.2.4	Die Klee gruben höhle (Kat.Nr. 2411/14)	68
4.3	Die Dolinen und Karren der Klee grub e	71
4.3.1	Das Sisyphosloch (Kat.Nr. 2411/15)	72
4.4	Die Umgebung der Spannagelmündungshöhle	73
4.4.1	Die Spannagelmündungshöhle (Kat.Nr. 2411/9)	74
5.	Die Tuxbach-Klamm	82
5.1	Geologie der Tuxbach-Klamm	82
5.2	Die Facettenspalte	86
5.3	Die Bergsturzhöhle	87
5.4	Die Schraubenfallhöhle	87
6.	Die Thermalquellen von Hintertux	89
7	Schlußfolgerungen	91
7.1	Das Spannagelhöhlensystem	91
7.2	Die nähere Umgebung	94
8.	Literaturübersicht	97
9.	Beilagen	99
9.1	Tafeln	.100
9.2	Tabellen	.104
9.3	Fotos	.105

C. ZUM AKTUELLEN STAND	. 110
1. Ergänzungen zur Erforschungsgeschichte sowie eine Zusammenfassung der Arbeiten in der "Höhle beim Spannagelhaus seit dem Abschluß der Dissertation von Ernest Jacoby (Günter Krejci)	. 110
2. Nachträge der Redaktion	. 116
2.1 Namen verschiedener Teile der Höhle beim Spannagelhaus Gründe für Benennung und Lage auf den Blättern des Höhlenplanes	. 116
2.2 Verkleinerte Originalliste des Österreichischen Höhlenverzeichnisses	. 121
2.3 Literaturnachtrag	. 122
D. ATLAS DES SPANNAGELHÖLENSYSTEMS	126

ÖSTERREICH



LAGE DER HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (bei Hintertux)

A. VORWORT ZUM BEIHEFT 26

Die Höhle beim Spannagelhaus ist eine der bedeutendsten Höhlen Tirols und verdient besondere Beachtung. Sie ist nicht nur in der Liste der "Längsten und tiefsten Höhlen" Österreichs enthalten (PFARR & STUMMER 1989), sondern bietet vor allem einen Einblick in die hochalpine Verkarstung der Gletscherregion. Dadurch stellt sie ein bemerkenswertes Objekt für die speläologische Forschung dar für Morphologie, Speläogenese und die Karsthydrogeologie mit besonderer Berücksichtigung der Karsthygiene.

Die Höhle liegt bemerkenswerterweise im zentralalpinen Kamm der Tuxer Alpen, in dem man keine derartige Höhle erwartet hätte. Ungewöhnlich ist auch der späte Zeitpunkt der "Entdeckung", da der Eingang nur etwa 10 m unterhalb des "Spannagelhauses" liegt. Der erste höhlenkundliche Bericht liegt aus dem Jahr 1960 vor, in dem der niederösterreichische ÖTK-Bergsteiger und Höhlenforscher Rudolf RADISLOVICH nachgewiesen hat, daß der Höhleneingang Bergsteigern und Hüttenbetreuern schon lange bekannt war und bereits "gute Dienste" geleistet hat, da "man über Konservendosen, Flaschen und Knochen in das Innere der Höhle" absteigen mußte.

Diese Zeugen der modernen Zeit hinderten Neugierige vor dem Betreten der Höhle, nicht jedoch den von RADISLOVICH entfachten Forschergeist. Bereits 1960 waren 350m Höhlenstrecken begangen, vermessen und beschrieben (FINK 1961). Die Fachleute des Bundesdenkmalamtes haben bald darauf die Unterschutzstellung dieser Entdeckungen wegen der naturwissenschaftlichen Bedeutung eingeleitet, die Erklärung zum Naturdenkmal erwuchs 1964 in Rechtskraft (TRIMMEL 1965). Dadurch und mit der weiteren Erforschung, speziell durch die intensive Bearbeitung des neuen Höhlengebietes durch Ernest JACOBY, wurde auch ein Umdenken hinsichtlich der Nutzung der Höhle eingeleitet. Heute sind die Abfallberge im Eingangsbereich beseitigt und weder Abfall noch Abwässer kommen in die Höhle hinein, deren Wasser jetzt zur Wasserversorgung des ÖTK-Hauses herangezogen werden. Die Entsorgung erfolgt nunmehr ohne Belastung der Hochlagen talwärts.

War es von der "Abfallhöhle" bis zum sauberen Naturdenkmal ein langer und aufwendiger Weg, so war es auch die Herausgabe dieses Beiheftes. Der Landesverein für Höhlenkunde in Tirol hat sich nach der ersten Entdeckungsphase der Höhle intensiv mit der weiteren Erforschung

befaßt und war nach der Fertigstellung der geospeleologischen Dissertation von Ernest JACOBY sehr um die rasche Drucklegung dieser Arbeit als "Wissenschaftliches Beiheft zur Zeitschrift DIE HÖHLE" bemüht. Da der Verband österreichischer Höhlenforscher hierfür weder über entsprechende Mittel noch personelle Ressourcen verfügte und ausschließlich auf die außerberufliche Arbeitsleistung seiner Mitarbeiter angewiesen war und ist, kam es bei der Herausgabe dieser Arbeit bedauerlicherweise immer wieder zu peinlichen Verzögerungen, die von fehlenden Manuskriptseiten bis zu personellen Interpausen reichten.

Die Karst- und Höhlenabteilung des Naturhistorischen Museums Wien hat sich zu Beginn der 90er Jahre u.a. in seiner Funktion als "Speleologisches Dokumentationszentrum" zur Betreuung der Drucklegung eingeschaltet und einen ergänzenden Abschnitt über den aktuellen Stand der Forschungen für erforderlich erachtet. Dies vor allem, da die Arbeit von Ernest JACOBY seit 1977 das fachliche Interesse keineswegs verloren hat, jedoch verschiedene Angaben durch die neuere Höhlenforschung überholt sind. Um diese Ergänzungen haben sich Günter KREJCI aus Wörgl und das Redaktionsteam bemüht. Da die Mitglieder des Landesvereins für Höhlenkunde in Tirol den Höhlenplan im Teilblattsystem angelegt haben und laufend nachführen, ist dieser als sinnvolle Ergänzung dem Beiheft beigelegt.

Wer aller im Laufe der Jahre an diesem Beiheft in irgendeiner Form mitgearbeitet hat, ist kaum mehr zu sagen. Bereits vor Jahren konnte Dr. Hubert TRIMMEL den Hauptteil des JACOBY-Textes schreiben und die Abbildungsvorlagen überarbeiten. Letzthin setzten sich ein: Dr. Petra CECH (Schreiben von Manuskripten, Korrekturen), Günter STUMMER (Montage der Druckvorlagen, Korrekturen und Druck) und Josef WIRTH (Montagen, Bearbeitung der Druckfolien). Die Umsetzung der verschiedenen Unterlagen in schließlich montierbare Druckvorlagen haben Dr. Rudolf PAVUZA und der Referent redaktionell verfolgt, wobei klar wurde, wie verzögernd sich die extensive Arbeit an diesem Beiheft ausgewirkt hat und welches schwerwiegendes Problem die Sanierung von "Altlasten" tatsächlich ist.

Aus diesem Grunde ist weder das Schriftbild der Veröffentlichung einheitlich, noch sind redaktionelle Konsequenzen durchgezogen. Es ist zu beachten, daß die wissenschaftliche Arbeit von JACOBY mit STAND ALLER ANGABEN aus dem Jahr 1977 !!! den ergänzenden Teilen über die weiteren Forschungsergebnisse mit aktuellem Stand gegenübersteht.

Dr. Karl MAIS (für das Redaktionsteam)

B. ZUR GEOLOGIE DES SPANNAGELHÖHLENSYSTEMS UND DESSEN NÄHERER UMGEBUNG (Zillertal, Tirol)

Ernest JACOBY

ZUSAMMENFASSUNG

Das Spannagelhöhhlensystem befindet sich im jurassischen Hochstegenkalkmarmor der Schieferhülle des westlichen Tauernfensters (westlicher Tuxerhauptkamm, Tirol). Es besteht aus der "Höhle beim Spannagelhaus" (2.521m Seehöhe) und der Spannagelmündungshöhle (1.980m Seehöhe) und erstreckt sich südlich von Hintertux (1.500m Seehöhe) im Tuxertal, einem Seitental des Zillertales, unterhalb des vom Olperer (3.476m Seehöhe) kommenden Gletschers (Gefrorne-Wand-Kees). Das gesamte Gebiet südlich von Hintertux bis zum Gefrorenen-Wand-Kees ist zur Zeit mit 16 katastermäßig erfaßten Objekten Tirols höhlenreichstes Gebiet, und die Höhle beim Spannagelhaus ist mit einer derzeitigen Gesamtlänge von rund 2.000 m und einem derzeitigen Gesamthöhenunterschied von etwa 240 m die längste und tiefste Höhle von Tirol. /Stand 1977/

Die Hauptursache, daß sich hier Höhlen sowie weitere Karsterscheinungen (Karren, Dolinen und unterirdische Entwässerung) im Hochstegenkalkmarmor (mit über 90 % Gesamtkarbonatgehalt) finden, ist auf die spezielle Tektonik des Gebietes zurückzuführen. Das Ausmaß der Höhlen ist hauptsächlich durch Gletscherschmelzwässer bedingt, wobei jedoch eine primäre Korrosion die Klüfte und Fugen zu Spalten erweitert hat. Die für das Gebiet mit hochalpinem Klima relativ intensive Sinterbildung ist höchstwahrscheinlich während der postglazialen Warmzeit entstanden und ist auch zur Zeit noch teilweise aktiv.

Das Spannagelhöhhlensystem ist geologisch sehr jung kaum älter als präwürm und höchstwahrscheinlich erst sub- bis postglazial nach der Würmvereisung entstanden. Die Tuxbach-Klamm sowie die Schraubenfallhöhle, die nicht in genetischem Zusammenhang mit dem Spannagelhöhhlensystem stehen, sind ziemlich sicher nach der Würmvereisung entstanden. Der Hochstegenkalkmarmor ist über das kartierte Gebiet hinaus als sehr verkarstungsfähiges Gestein zu berücksichtigen.

SUMMARY

The paper presents the cave system near the Spannagelhaus ("Tuxer" main crest; Tyrol, Austria). This greatest cave system of Tyrol consists mainly of the "Höhle beim Spannagelhaus". Until now the cave is 2000m long and 240m deep and lies at 2.521m above sea level. The cave water reappears in the "Spannagelmündungshöhle" at 1.980 m. This cave system is situated in the jurassic "Hochstegenkalkmarmor", a limestone-marble of the "Schieferhülle Series" at the western edge of the "Tauern-Window". The 16 caves altogether and other karst phenomena like Karren (Lapies), dolines and subterranean drainage are closely related to special regional tectonic features and sub- to postglacial melting waters of the Würm glaciation.

RÉSUMÉ

Dans cet ouvrage le réseau souterrain aux alentours du Spannagelhaus ("Tuxer" crête principale; Tirol, Autriche) est exposé. Il s'agit du plus grand réseau souterrain du Tirol dont la caverne "Höhle beim Spannagelhaus" est à ce moment longue 2000 m et profonde de 240 m à 2.521m d'altitude. La rivière souterraine réapparaît dans la "Spannagelmündungshöhle" à 1.980 m. Ce réseau souterrain se trouve dans le "Hochstegenkalkmarmor", du calcaire métamorphique jurassique, une série faisant partie de la "Schieferhülle" de l'extrême ouest du Tauernfenetre". 16 cavernes en tout et d'autres phénomènes karstiques comme des lapiés, des dolines et du drainage souterrain sont étroitement liés à la tectonique de la région et aux eaux de glaces soint pendant ou après l'époque glaciaire "Würm".

VORWORT

Die vorliegende Arbeit stellt den wesentlichsten Teil meiner Dissertation dar, die im Dezember 1977 am Geologischen Institut der Universität Innsbruck zum Abschluß gelangt ist.

Dem Vorstand des Institutes, Herrn Univ. Prof. Dr. W. HEISSEL, sowie den Herren Univ.Prof. Dr. H.MOSTLER, Univ.Doz.Dr.G.MUTSCHLECHNER, Prof.Dr.R.WEISS (Administrateur des Cours Universitaires, Département des Sciences; Gr. D. de Luxembourg) und Univ. Doz. Dr. H. TRIMMEL (Wien) sei für Ratschläge, Anregungen und Unterstützung herzlichst gedankt. Ferner gilt mein Dank all jenen Höhlenforschern, insbesondere meiner Gattin Dorothea, die mich durch ihren persönlichen Einsatz bei zahlreichen Höhlenbefahrungen begleitet haben.

Für das notwendige finanzielle und materielle Entgegenkommen sei dem Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, dem Landesverein für Höhlenkunde in Tirol, dem Österreichischen Touristenklub und dem Österreichischen Alpenverein gedankt.

EINLEITUNG

Das von mir karsthydrogeologisch kartierte Gebiet wird im N von der Linie Hintertux (Tuxer Tal; Tirol) Tuxer Joch-Haus begrenzt, im E verläuft die Grenze vom Schmittenberg über Rauheck bis zum Fuße des Hohen Rifflers, biegt über das Spannagelhaus und das Gefrorne Wand-Kees nach W um und zieht von der Lärmstange über Ramsen bis zum Tuxer Joch-Haus. Die Kartierung ist im Maßstab 1:10.000 auf der Grundlage der Alpenvereinskarte 1: 25.000 Zillertaler Alpen - Westliches Blatt, Ausgabe 1975, erfolgt.

Ausgangspunkt meiner Arbeit sind die Höhle beim Spannagelhaus, sowie weitere Höhlen und Karsterscheinungen in der Umgebung. In letzter Zeit haben V. HÖCK (1969, 1970), W. FRISCH (1968, 1974, 1975) und O. THIELE (1963,1967,1969,1970), geologische Arbeiten u.a. im erwähnten Gebiet durchgeführt, und in diesen Veröffentlichungen wird auch auf ältere Arbeiten eingegangen: STACHE (1870 1874), F. BECKE (1895 1899), B. SANDER (1909 1947), H. DÜNNER (1934), P.BLESER (1934), R. v. KLEBELSBERG (1940) und G. MUTSCHLECHNER (1956. Außer daß Doz Dr. G. MUTSCHLECHNER bereits anfang der sechziger Jahre auf die geologische Besonderheit dieses Hochkarstes aufmerksam gemacht hat (Höhlenkundliche Mitteilungen des Landesvereins für Höhlenkunde in Tirol), und daß verschiedene Bereiche des Gebietes 1964 zum Naturdenkmal erklärt worden sind, ist nie eine karsthydrogeologische Arbeit zustandegekommen. Diese

Umstände haben Univ.Prof. HEISSEL veranlaßt, mir Ende 1975 diese überaus interessante Aufgabe als Dissertation zuzuweisen. In den Jahren 1976 und 1977 unterzog ich mich dieser Arbeit.

Der Höhlenplan 1:200 der "Höhle beim Spannagelhaus" (G. KREJCI) und die von mir erhobenen Meßdaten sowie Befahrungsberichte sind im Landesverein für Höhlenkunde in Tirol vorhanden oder in dessen Höhlenkundlichen Mitteilungen der Jahre 1976 - 1977 erschienen.

Sämtliche geologischen und topographischen Messungen im Rahmen dieser Arbeit sind mit einem Geologenkompaß erfolgt.

Morphologische Richtungen werden mit R, die Schieferung mit S, sedimentäre Schichtung mit ss, Klüfte mit k und Achsen (B-Achse) mit a bezeichnet. An erster Stelle steht immer der Wert der Streichrichtung in Grad (0° 180°) und an zweiter Stelle der Einfallswinkel, sowie die Richtung (z.B. ss $45^{\circ}/20^{\circ}$ NW).

ERFORSCHUNGSGESCHICHTE DER HÖHLEN VOM SPANNAGELHAUS BIS HINTERTUX

Daß die Höhle beim Spannagelhaus bereits Knappen während der mittelalterlichen Bergbautätigkeiten bekannt war, ist nicht erwiesen. Der späteste Termin der Entdeckung ist sicherlich zur Zeit der Erbauung der Weryhütte, jetzt Spannagelhaus, erfolgt. Ob während dieser Zeit eine Begehung unternommen wurde, ist nicht bekannt. Der langjährige Pächter des Spannagelhauses, A. OTTER, hat jedenfalls nach dem ersten Weltkrieg Begehungen der Höhle durchgeführt.

Die erste informative Befahrung der tagnahen Höhlenteile, über die ein Bericht vorliegt, dürfte jene von R. RADISLOVICH (1960) gewesen sein. Im Sommer 1960 ist es erstmals zur Bearbeitung und Vermessung der Höhle gekommen und 1962 sind in der Umgebung des Spannagelhauses kleinere Höhlen befahren worden (Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich). Zu jener Zeit hat bereits G. MUTSCHLECHNER bekanntgegeben, daß sich die Höhlen im Hochstegenkalk befinden (Höhlenkundliche Mitteilungen des Landesvereins für Höhlenkunde in Tirol).

Die Tatsache, daß in der Unteren Schieferhülle der Hohen Tauern in einem schmalen Zug Hochstegenkalk eine derart geräumige Höhle entstand, ist an sich bereits ungewöhnlich. Nur wenige Naturhöhlen ähnlichen

geologischen Charakters sind in den österreichischen Alpen bekannt. Für die Beurteilung der Schutzwürdigkeit der Höhle beim Spannagelhaus waren folgende Kriterien maßgebend:

1. Die Höhle ist in allen wesentlichen Teilen so geräumig, daß ihre Begehung ohne Hilfsmittel möglich ist (damals war die Höhle erst bis zum "Postkastl" bekannt !).
2. Die Höhle liegt im hochalpinen Bereich und zählt zu den höchstgelegenen Höhlen Österreichs (Eingang 2521 m ü. M.).
3. Die Höhle gehört einer deutlich begrenzten Karstinsel an, deren Existenz durch das Vorhandensein echter obertägiger Karsterscheinungen bewiesen wird. Daraus ergibt sich ein besonderes geologisches, geomorphologisches und hydrogeologisches Interesse.

Auf Grund der festgestellten Schutzwürdigkeit ist die Höhle beim Spannagelhaus und gleichzeitig die Umgebung des Höhleneinganges zum Naturdenkmal erklärt worden (Bescheid vom 24. Juni 1964, Zl.4514/64 des Bundesdenkmalamtes). Zur Umgebung gehören folgende Höhlen: Windloch, Sandeckhöhle, Schrägplattenhöhle sowie die Naturbrücke.

Am westlichen Ende der Höhle beim Spannagelhaus ist im Jahre 1970 ein enger Durchstieg, das "Postkastl" entdeckt worden. Von hier aus wurden weitere, bis dahin unbekannte Höhlenteile bis zum "Gneisbach" befahren und vermessen. In den Jahren 1972 bis 1975 sind insgesamt 4 Vermessungsfahrten für jene neuen Höhlenteile notwendig gewesen (Landesverein für Höhlenkunde in Tirol). Während einer Forschungswoche im September 1975 (Groupe Spéléologique Luxembourgeoise; sowie E. JACOBY, M. MÖLLER, G. MUTSCHLECHNER und B. SCHMITZ), ist es durch eine Wasserfärbung gelungen nachzuweisen, daß der Höhlenbach auf ca. 1980 m ü.M. mitten in einer Felswand südlich von Waldeben aus einer Höhle zu Tage tritt. Diese ist demnach als "Spannagelmündungshöhle" bezeichnet worden. Zur gleichen Zeit wurde die "Schneefleckhöhle", die parallel zur Höhle beim Spannagelhaus verläuft, entdeckt und vermessen. In der Nähe dieser Höhle beim Spannagelhaus mußte wegen der immer komplizierter werdenden Höhlenbefahrung im April 1976 in der Umkehrhalle durch den Landesverein für Höhlenkunde in Tirol ein Biwak errichtet werden. Weitere Forschungs-

und Vermessungsfahrten erfolgten in den Jahren 1976 und 1977 unter der Leitung des Verfassers. Um Zeitpunkt der Vollendung dieser Dissertationsarbeit fand eine 50-stündige Expedition (22. bis 24. November 1977) in die Höhle beim Spannagelhaus statt (R. ABERHAM, E. JACOBY, A. MAHLER, M. MÖLLER, A. NIEMAYER, B. SCHMITZ und J. SCHMOLIN). Bei diesem Vorstoß wurden folgende neue Höhlenteile erforscht und vermessen: Spinnengang Mutschlechner-Dom - Schatzkammer.

Im Dezember 1977 lagen schließlich folgende Meßdaten über die Höhle beim Spannagelhaus vor: Gesamtlänge der Höhle inklusive Schneefleckhöhle ca. 2000 m, Höhendifferenz zwischen Eingang und G. Mutschlechner-Dom ca. 240 Meter.

Im Winter 1976/1977 ist es gelungen, den Siphon 1 der Spannagelmündungshöhle zu bezwingen (R. Aberham, E. Jacoby, A. Mahler), wobei neue Höhlenteile erforscht und vermessen worden sind. Im August 1977 ist die vom Verfasser entdeckte Klee grubenhöhle erforscht und vermessen worden (D. und E. Jacoby, M. Möller, A. Niemeyer und B. Schmitz).

Südwestlich von Hintertux liegt die "Schraubenfallhöhle", die in ihrer Gesamtlänge von 105 m vom Tuxbach durchflossen wird. Diese Durchgangshöhle ist erst 1960 in der höhlenkundlichen Literatur erwähnt, obwohl sie eine der interessantesten Karsterscheinungen Tirols ist. Die erste durchgehende Befahrung und Vermessung, unter Verwendung eines Schlauchbootes, ist im August 1963 durchgeführt worden (TRIMMEL 1963).

Gleichzeitig mit der Schraubenfallhöhle ist auch die Umgebung dieser Höhle, mit Karsterscheinungen, die mit der Schraubenfallhöhle in genetischem Zusammenhang stehen, zum Naturdenkmal erklärt worden (Bescheid vom 4. Februar 1964, Zl. 869/64 des Bundesdenkmalamtes). Zur Umgebung zählen folgende unter Schutz gestellte Objekte: der Wasserfall am nördlichen Eingang der Schraubenfallhöhle, die Naturbrücke nahe der Ansatzstelle des Wasserfalles, der Kessel am südlichen Eingang der Schraubenfallhöhle, der Schraubenfall und die Klamm oberhalb der Höhle. Im südlichen Teil der Klamm befindet sich eine Höhle, die sogenannte "Facettenspalte". In deren Nähe wurde 1964 die "Bergsturzhöhle" entdeckt und vermessen.

1. GEOLOGIE

1.1. ALLGEMEINE GEOLOGISCHE SITUATION

Der Zentralgneiskomplex bildet die tiefste tektonische Einheit und baut im bearbeiteten Gebiet am Westende des Tauernfensters den Ahornkern und den Tuxerkern auf. Der Ahornkern erstreckt sich von der Realspitze ostwärts und besteht aus Porphyrgranitgneis (W. FRISCH 1968). Der Tuxerkern erstreckt sich vom Spannagelhaus nach SW und besteht vorwiegend aus Quarz-Biotitschiefern, sowie aus Quarz-Hornblende-Biotitschiefern, z. T. mit Feldspatäugen, aus Biotitaugengneisen, Apliten und Metagraniten (V. HÖCK 1969). Die ältere Metamorphose (Tauernkristallisation) hat sich auf die mesozoische Schieferhülle ausgewirkt und hat den Mineralbestand der älteren Kristallisation der Grünschieferfazies angepaßt (V. HÖCK 1970). Nach W. FRISCH (1974) trennen grobklastische Serien und Glimmerschiefer Ahorn- und Tuxer-Kern im Gebiet der Realspitze, und mit diesem Geröllgneis ist der phyllonitische "Knollengneis" des Höllensteins verbunden. Die westliche Fortsetzung dieses Höllensteingneises wird von V. HÖCK (1969) als Phengit-Arkose-Gneis bezeichnet, der das Liegende des Hochstegenkalkmarmors in der Umgebung des Spannagelhauses bildet.

Im Gebiet Höllenstein - Schmittenberg taucht der Ahornkern nach WSW ab. Daß der Ahornkern gegenüber dem Tuxerkern um geringe Beträge verschoben ist, erwähnt bereits W. FRISCH (1974). Beim Spannagelhaus ist dies folgendermaßen zu erkennen: Der Knollengneis, bzw. Phengit-Arkose-Gneis ist mit seiner geringmächtigen Auflagerung Hochstegenkalkmarmor vom Zentralgneis des Tuxerkerns überschoben worden. Innerhalb dieses Hochstegen-Kalkmarmorzuges, der von der Kalkmarmorserie des Schmittenberges vom Zentralgneis abgespalten worden ist, befinden sich die Höhlen und Karsterscheinungen, die in dieser Arbeit näher behandelt werden. Der Hochstegenkalkmarmor gehört bereits der unteren Schieferhülle des Tauernfensters an (Abb. 1).

Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, auf die Problematik der verschiedenen stratigraphischen und tektonischen Interpretation einzugehen. Der Verfasser verweist auf die neuere Arbeit von W. FRISCH (1974), um die allgemeine geologische Situation zu veranschaulichen.

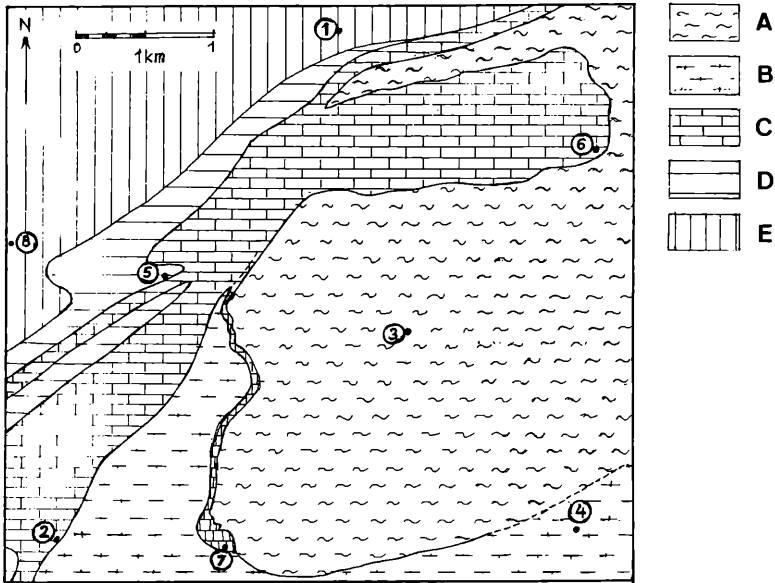
Drei tektonische Einheiten können innerhalb der Schieferhülle unterschieden werden. Die Hochstegenzone (posttriadisch) liegt dem Zentralgneiskomplex parautochthon auf. Die nächsthöhere Einheit wird als Wolfenhorndecke bezeichnet (altpaläozoische Porphyrmaterialschiefer, z.T. schwächliche Trias, Jura in Hochstegenfazies und kalkarme Bündnerschiefer der Unterkreide). Die Glocknerdecke (= Obere Schieferhülle) umfaßt Permotrias und mächtige Bündner Schiefer. Die kalkreichen Bündner Schiefer sind die fazielle Vertretung des Hochstegenkalkmarmors. Der Hochstegenkalkmarmor der Hochstegenzone läßt sich im Bereich der Lärmstange nicht von jenem der Wolfendorndecke auseinanderhalten (W. FRISCH, 1974); hierfür sind die Aufschlußverhältnisse und die Gleichartigkeit des Gesteins maßgebend.

Erwähnenswert ist weiterhin, daß sich B. SANDER in zahlreichen Arbeiten mit dem Gefüge des Tauernwestendes beschäftigt hat, aus denen dann die Gefügekunde hervorging. Aus den Tuxer Grauwacken beschreibt B. SANDER (1940) folgende Achsenrichtungen: W - E, WSW - ENE, WNW - ESE, NW - SE und NNW - SSE. Im Bereich zwischen Hintertux und Spannagelhaus hat sich erwiesen, daß die Achsenrichtung WSW - ENE einen wesentlichen Faktor in Bezug auf die Problemstellung meiner Arbeit darstellt. Diese Achsenrichtung wird in meiner Arbeit als B-Achse (= a) bezeichnet.

1.2. GEOLOGIE DER NÄHEREN UMGEBUNG

Wie bereits oben erwähnt, zweigt ein schmaler Kalkmarmorzug vom mächtigen Hochstegenkalkmarmor des Schmittenerberges ab und zieht von Waldeben nach Süden über die Kleegrube zum Spannagelhaus. Dieses "Aufspalten" ist durch den Zentralgneis bedingt, der sich als Lamelle im Bereich Lärmstange - Waldeben - Spannagelhaus in den Hochstegenkalkmarmor eingeschoben hat. Im Gegensatz zu V. HÖCK (1969) konnte das Auskeilen nicht festgestellt, sondern diese Lamelle vom Verfasser weiter verfolgt werden. Zunächst liegen die Kalkmarmore unter dem Moränenmaterial und den Schuttmassen von Waldeben verborgen. Im Bereich des südlichen Endes der Tuxbach-Klamm jedoch (bei der Staumauer des E-Werks), wo sich die Grenze Kalkmarmor - Phengit-Arkose-Gneis befindet, ist nach der üblichen Schichtabfolge und einer Mächtigkeit des Kalkmarmorzuges Waldeben - Spannagelhaus von 25 Metern eine Störung innerhalb der graphitischen Kalkmarmore zu erkennen. Der Zentralgneis ist hier bereits vollkommen ausgekeilt, doch ist die durch das Aufspalten bedingte Störung im Gelände deutlich zu verfolgen.

Abb.1



Geologisch-tektonische Übersicht des Gebietes Hintertux - Spannagelhaus

Von E. JACOBY unter Mitverwendung der Arbeiten von W. FRISCH (1968, 1974) und V. HÖCK (1969). Es bedeuten:

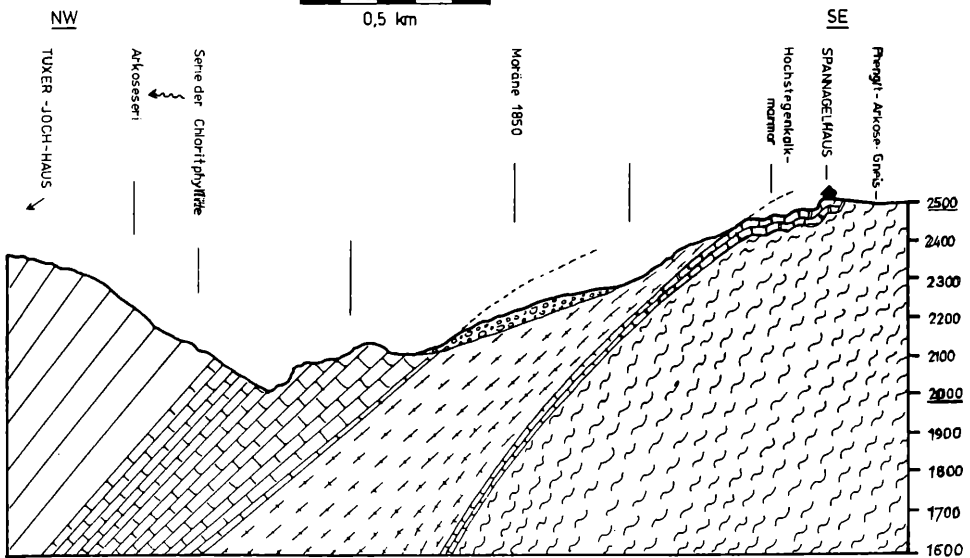
- | | |
|---|-----------------------|
| A ... Phengit-Arkose-Gneis (= Knollengneis) | 1 ... Hintertux |
| B ... Zentralgneis | 2 ... Lärmstange |
| C ... Hochstegenkalkmarmore | 3 ... Rauheck |
| D ... Chloritphyllitserie und Arkoseserie
(kalkarme Bündnerschiefer) | 4 ... Hoher Riffler |
| E ... Obere Schieferhülle (= Glocknerdecke) | 5 ... Sommerbergalpe |
| | 6 ... Schmitzenberg |
| | 7 ... Spannagelhaus |
| | 8 ... Tuxer Joch-Haus |

Einerseits zieht ein morphologischer Graben von der Tuxbach-Klamm nach SW in Richtung Waldeben, wo graphitische Kalkmarmore anstehen. Diese stellen nun möglicherweise eine Schwächezone innerhalb der Hochstegenserie dar, entlang welcher die liegende Einheit des Kalkmarmorzuges Waldeben - Spannagelhaus von den hangenden Kalkmarmoren der Lärmstange, bzw. des Schmitzenberges abgetrennt worden ist. Andererseits läßt sich die Störung nach NE in Richtung zu

der Facettenspalte verfolgen, bis sie unter den Bergsturzböcken unterhalb des Schmittenberges begraben ist. Die Facettenspalte selbst befindet sich in diesem Störungsbereich. Während die Streichrichtung des Kalkmarmors in der Umgebung dieser Höhle durchwegs an die 60° beträgt, weist sie innerhalb der Facettenspalte 0° auf. Diese Störung beweist demnach, daß der Kalkmarmorzug Waldeben - Spannagelhaus, in welchem sich das Spannagelhöhhlensystem und weitere Höhlen erstrecken, tatsächlich von der Basis der mächtigen Hochstegenserie des Schmittenberges abgeschert worden ist. Dieser Kalkmarmorzug weist eine ziemlich einheitliche Schichtabfolge auf (Tabelle 1). Die B-Achsen fallen mit ca. 20° nach WSW hin ein. Südlich des Spannagelhauses hört diese Gesteinsserie abrupt auf, und der Phengit-Arkose-Gneis bildet das Liegende des oben erwähnten Kalkmarmorzuges. Er erstreckt sich östlich der Linie Spannagelhaus - Kleegrube - Tuxer Klamm und zieht weiter nach E zwischen Schmittenberg und Hohem Riffler. Nach SW streicht der Kalkmarmorzug unter den auf-, bzw. eingeschobenen Zentralgneis. Das Spannagelhöhhlensystem gibt die Möglichkeit einer direkten "Einsicht" in diese Aufschichtung, die eine relative Bewegung von mindestens 500 Metern aufweist; soweit erstreckt sich nämlich der bisher bekannte Teil der Höhle beim Spannagelhaus unter den Zentralgneis. Wie weit sich dieser Kalkmarmorzug nach W erstreckt, ist nicht direkt nachweisbar; es dürfte aber sichergestellt sein, daß dieser abgescherte Gesteinszug mit den Hochstegenkalkmarmoren der Lärmstange nicht mehr in Zusammenhang ist. Die Entwässerung nach NNE (Spannagelmündungshöhle) läßt hingegen indirekt die Vermutung zu, daß der Kalkmarmorzug nicht mehr allzuweit nach Westen zieht.

Verfolgt man den Karbonatgesteinszug Spannagelhaus - Waldeben an Hand von Einzelprofilen, so fällt auf, daß das im S noch ziemlich flache Einfallen des Gesteins nach N hin immer steiler wird, je tiefer die Struktur hinunterzieht. Am Fuße des Schmittenberges zwischen Hintertux und der Tuxer Klamm fällt der Hochstegenkalkmarmor mit nahezu 70° nach NW ein. Diese Tatsache kommt im Profil C (Abb. 2) zum Ausdruck. Dieses Profil läßt zusammen mit der geologisch-tektonischen Übersicht (Abb. 1) erkennen, daß das steile Einfallen des Hochstegenkalkmarmors am Fuße des Schmittenberges auf das Abtauchen der Kuppel des Ahornkernes unter den Tuxerkern zurückzuführen ist. Weiterhin ist zu erkennen, daß diese relative Bewegung zwischen Tuxerkern und Ahornkern bedingt hat, daß sich der Zentralgneis von NW her in die normale Abfolge der Hochstegenserie eingeschoben hat. Die Lärmstange und der im N vorgelagerte Ramsen bestehen vorwiegend aus den gleichen Hochstegenkalkmarmoren, die vom Schmittenberg über die Tuxbachklamm, die Geierwände und die Berger Seite von NE nach SW hinüberstreichen. Die Kalkmarmore der Lärmstange lassen sich ihrer Unzugänglichkeit wegen kaum

Abb.2



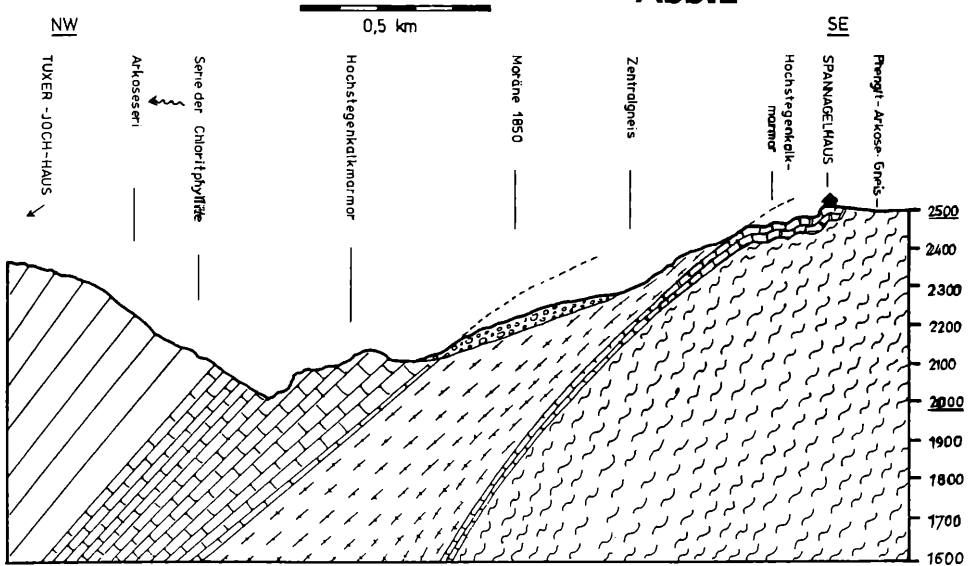
Profil C - Spannagelhaus - Tuxer Joch-Haus (Signaturen wie in Abb.1

gliedern. Zwischen den rostbraun anwitternden Basismarmoren (1,5 - 2 m) und dem liegenden Zentralgneis befindet sich an mehreren Stellen ein weißer Quarzit mit nur wenigen Zentimetern Mächtigkeit. Zum Hangenden hin wird der Kalkmarmor reiner und ist teilweise gebändert. Der Quarzgehalt nimmt ab und der Kalkmarmor wird massiger. Er bildet nun nahezu die Hauptmasse der gesamten Karbonatgesteinsabfolge der Lärmstange. In den stratigraphisch höchsten Teilen gehen die Kalkmarmore durch Zunahme des Tongehaltes in grüne Chloritphyllite über, die ihrerseits wieder in die hangende Arkoseserie übergehen. V. HÖCK (1969) scheidet innerhalb der Chloritphyllit-Serie Chloritphyllite, Chlorit-Quarzite, graue Quarzphyllite, Kalkphyllite (Dolomite, Kalke und Rauhacken) und Schwarzphyllite aus. Innerhalb der Arkoseserie unterscheidet er Arkosen, quarzreiche Phyllite, Schwarzphyllite, Kalkphyllite, Karbonatquarzite, Dolomitbreccien, Radiolarite und Prasinite. Die hangende Grenze des verkarstungsfähigen Hochstegenkalkmarmores zu nicht verkarstungsfähigem Gestein ist bereits beim ersten Auftreten der Chloritphyllite zu ziehen, nördlich der Linie Frauenwand - Sommerbergalpe. Höhlen und Karsterscheinungen sind ab dieser Grenze zu den hangenden

der Facettenspalte verfolgen, bis sie unter den Bergsturzböcken unterhalb des Schmittenberges begraben ist. Die Facettenspalte selbst befindet sich in diesem Störungsbereich. Während die Streichrichtung des Kalkmarmors in der Umgebung dieser Höhle durchwegs an die 60° beträgt, weist sie innerhalb der Facettenspalte 0° auf. Diese Störung beweist demnach, daß der Kalkmarmorzug Waldeben - Spannagelhaus, in welchem sich das Spannagelhöhhlensystem und weitere Höhlen erstrecken, tatsächlich von der Basis der mächtigen Hochstegenserie des Schmittenberges abgesichert worden ist. Dieser Kalkmarmorzug weist eine ziemlich einheitliche Schichtabfolge auf (Tabelle 1). Die B-Achsen fallen mit ca. 20° nach WSW hin ein. Südlich des Spannagelhauses hört diese Gesteinsserie abrupt auf, und der Phengit-Arkose-Gneis bildet das Liegende des oben erwähnten Kalkmarmorzuges. Er erstreckt sich östlich der Linie Spannagelhaus - Kleegrube - Tuxer Klamm und zieht weiter nach E zwischen Schmittenberg und Hohem Riffler. Nach SW streicht der Kalkmarmorzug unter den auf-, bzw. eingeschobenen Zentralgneis. Das Spannagelhöhhlensystem gibt die Möglichkeit einer direkten "Einsicht" in diese Aufschichtung, die eine relative Bewegung von mindestens 500 Metern aufweist; soweit erstreckt sich nämlich der bisher bekannte Teil der Höhle beim Spannagelhaus unter den Zentralgneis. Wie weit sich dieser Kalkmarmorzug nach W erstreckt, ist nicht direkt nachweisbar; es dürfte aber sichergestellt sein, daß dieser abgesicherte Gesteinszug mit den Hochstegenkalkmarmoren der Lärmstange nicht mehr in Zusammenhang ist. Die Entwässerung nach NNE (Spannagelmündungshöhle) läßt hingegen indirekt die Vermutung zu, daß der Kalkmarmorzug nicht mehr allzuweit nach Westen zieht.

Verfolgt man den Karbonatgesteinszug Spannagelhaus - Waldeben an Hand von Einzelprofilen, so fällt auf, daß das im S noch ziemlich flache Einfallen des Gesteins nach N hin immer steiler wird, je tiefer die Struktur hinunterzieht. Am Fuße des Schmittenberges zwischen Hintertux und der Tuxer Klamm fällt der Hochstegenkalkmarmor mit nahezu 70° nach NW ein. Diese Tatsache kommt im Profil C (Abb. 2) zum Ausdruck. Dieses Profil läßt zusammen mit der geologisch-tektonischen Übersicht (Abb. 1) erkennen, daß das steile Einfallen des Hochstegenkalkmarmors am Fuße des Schmittenberges auf das Abtauchen der Kuppel des Ahornkernes unter den Tuxerkern zurückzuführen ist. Weiterhin ist zu erkennen, daß diese relative Bewegung zwischen Tuxerkern und Ahornkern bedingt hat, daß sich der Zentralgneis von NW her in die normale Abfolge der Hochstegenserie eingeschoben hat. Die Lärmstange und der im N vorgelagerte Ramsen bestehen vorwiegend aus den gleichen Hochstegenkalkmarmoren, die vom Schmittenberg über die Tuxbachklamm, die Geierwände und die Berger Seite von NE nach SW hinüberstreichen. Die Kalkmarmore der Lärmstange lassen sich ihrer Unzugänglichkeit wegen kaum

Abb.2



Profil C - Spannagelhaus - Tuxer Joch-Haus (Signaturen wie in Abb.1)

gliedern. Zwischen den rostbraun anwitternden Basismarmoren (1, 5 - 2 m) und dem liegenden Zentralgneis befindet sich an mehreren Stellen ein weißer Quarzit mit nur wenigen Zentimetern Mächtigkeit. Zum Hangenden hin wird der Kalkmarmor reiner und ist teilweise gebändert. Der Quarzgehalt nimmt ab und der Kalkmarmor wird massiger. Er bildet nun nahezu die Hauptmasse der gesamten Karbonatgesteinsabfolge der Lärmstange. In den stratigraphisch höchsten Teilen gehen die Kalkmarmore durch Zunahme des Tongehaltes in grüne Chloritphyllite über, die ihrerseits wieder in die hangende Arkoseserie übergehen. V. HÖCK (1969) scheidet innerhalb der Chloritphyllit-Serie Chloritphyllite, Chlorit-Quarzite, graue Quarzphyllite, Kalkphyllite (Dolomite, Kalke und Rauwacken) und Schwarzphyllite aus. Innerhalb der Arkoseserie unterscheidet er Arkosen, quarzreiche Phyllite, Schwarzphyllite, Kalkphyllite, Karbonatquarzite, Dolomitbreccien, Radolarite und Prasinite. Die hangende Grenze des verkarstungsfähigen Hochstegenkalkmarmores zu nicht verkarstungsfähigem Gestein ist bereits beim ersten Auftreten der Chloritphyllite zu ziehen, nördlich der Linie Frauenwand - Sommerbergalpe. Höhlen und Karsterscheinungen sind ab dieser Grenze zu den hangenden

Serien der Chloritphyl-lite und den Arkosen nicht nur wegen des geringeren Karbonatgehaltes und der Zunahme an silikatischen Mineralien, sondern auch durch den oben erwähnten raschen Gesteinswechsel nicht mehr möglich.

Demnach läßt sich die Ausdehnung des verkarstungsfähigen Hochstegenkalkmarmor leicht begrenzen. Die liegende Grenze wird im allgemeinen von Phengit-Arkose-Gneis, bzw. vom Zentralgneis gebildet, die hangende Grenze von den Chloritphyl-liten.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß über der Arkoseserie die obere Schieferhülle (= Glocknerdecke) als nächste Einheit liegt. Diese beginnt mit der Wustkogelserie und dolomitischer Trias nördlich der Linie Tuxer Joch-Haus - Hintertux.

Zur Quartärgeologie ist zu sagen, daß das ganze Gebiet glazial sehr stark überformt ist. Dies ist nicht nur durch Formen der Glazialerosion - wie Rundbuckel oder Gletscherschliffe - zu erkennen, sondern auch durch die häufig auftretenden Moränenwälle verschiedensten Alters. Östlich der Gletscherschliffe des Gefrorene Wand Keeses ist die vom Spannagelhaus nach NW ziehende Moräne aus 1850 an ihrer ausgeprägten Form und Größe leicht zu erkennen. V. HÖCK (1969) rechnet die beiden Seitenmoränen der östlichen Nebenzungen des Gefrorene Wand-Keeses, die östlich des Spannagelhauses in Richtung Kleegrube ziehen, wegen des Fehlens von jeglichem Bewuchs und wegen ihrer geringen Ausdehnung dem Vorstoß von 1920 zu. Der Felsvorsprung, auf dem das Spannagelhaus steht, und in dem sich der Eingang der Höhle beim Spannagelhaus befindet, ist von der südwestlich gelegenen Moräne aus 1850 beim Vorstoß des Gefrorene Wand-Keeses abgeschirmt worden. Betrachtet man die 1850er Moränenwälle östlich des Spannagelhauses, so fällt auf, daß diese niveaumäßig etwas tiefer talabwärts ziehen. Eine geometrische Konstruktion an Hand der Moränenwälle beweist, daß der östliche Gletschervorstoß den oberen Rand des erwähnten Felsriegels nicht mehr erreicht hat.

Eine sehr bewachsene Seitenmoräne, die nördlich des Spannagelhauses von etwa 2300 bis 2100 m ü. d. M. nach N zieht, sowie eine Scharung von Ufermoränen, die vereint den steilen Talschluß hinabziehen, entsprechen höchstwahrscheinlich dem Daunstadium. Zu dieser Schlußfolgerung gelangt H. BOBEK (1932). Sie setzt eine beträchtlich größere Ausdehnung der Gletscherzunge voraus; die notwendige Eismächtigkeit für das Gefrorene Wand-Kees läßt sich dabei auf 120 Meter berechnen. Konstruktiv kann ermittelt werden, daß bei einer derartigen Eismächtigkeit der oben erwähnte Felsriegel vom Eis überfahren worden ist. Somit ist Gletscherwasser das letzte Mal während der Daunzeit in den Eingang der Höhle beim Spannagel-

haus gelangt. Ebenso gehören die Moränen westlich von Ramsen dem Daunstadium an. H. BOBEK (1932) stellt weiterhin die Moränen - soweit sie noch als solche zu erkennen sind - der Umgebung von Hintertux in rund 1700 m ü.d.M. ins Gschnitzstadium.

Außer dem von V. HÖCK (1969) erwähnten Bergsturz südwestlich von Hintertux (Pfanneck - Tuxer Joch-Haus) ist noch jener des Hohen Riffler erwähnenswert. Von der Nordwand des Hohen Riffler sind im Laufe der Zeit mächtige Blöcke von Phengit-Arkose-Gneis abgestürzt, die den ganzen Bereich zwischen Rauheck und Kleegrube auffüllen. Weiteres Blockwerk liegt zwischen der Waldeben und dem orographisch rechten Rand der Tuxbachklamm. Der Absturzbereich dieser Blöcke befindet sich oberhalb des Kares zwischen Rauheck und Schmittenberg. Ein Bergrutsch, bei dem der Hochstegenkalkmarmor noch nahezu im Gesteinsverband liegt, befindet sich im Bereich der Berger Seite. Inwiefern es sich bei den Höhlen und Karsterscheinungen um quartärgeologische Erscheinungen handelt, wird in den nächsten Kapiteln näher beschrieben.

1.3. DER HOCHSTEGENKALKMARMOR

Bekanntlich ist 1939 in einem Dolomitmarmorblock, der nachweislich aus dem Steinbruch bei Hochstegen westlich von Mayrhofen im Zillertal stammt, ein Ammonit der Gattung *Perisphinctes* gefunden worden, der die Altersbestimmung dieses Kalkes als Malm, bzw. Untermalm (Oxford) gestattet (R. v. KLEBELSBERG 1940; MUTSCHLECHNER 1957).

W. FRISCH (1968) hat nachgewiesen, daß der Schmittenbergmarmor echter Hochstegenkalkmarmor ist. Somit handelt es sich bei den Kalkmarmoren der Lärmstange und des Kalkmarmorzuges Waldeben - Spannagelhaus ebenfalls um Hochstegenkalkmarmore, da diese ohne Unterbrechung vom Schmittenberg nach SW in das erwähnte Gebiet streichen.

Da die markantesten Höhlen und Karsterscheinungen innerhalb des Kalkmarmorzuges Waldeben - Spannagelhaus liegen, sei dessen Schichtfolge an dieser Stelle näher beschrieben. Ein "Typusprofil" dieses Zuges (Tab. 1) wird aus einem Profil in ca. 2500 m Höhe nördlich unterhalb des Spannagelhauses, aus einem Profil in dem weiter nördlich liegenden morphologischen Graben in ca. 2400 m Höhe und aus den Beobachtungen an Aufschlüssen im Spannagelhöhhlensystem - das sich in dieser Schichtfolge erstreckt - zusammengefaßt.

Die Gesamtmächtigkeit dieses Kalkmarmorzuges übersteigt nirgends 25 Meter und beträgt im Durchschnitt 20 Meter. In Ausnahmefällen kann durch tektonische Ver-

HANGEND	Zentralgneis	
	1 - 2 m	schwarzer graphitreicher Kalkmarmor
	10 m	eher massiger Kalkmarmor
	6 - 10 m	Plattenkalkmarmor, bzw. Bändermarmor
	2 m	Übergang von Basismarmor zu Plattenkalkmarmor, bzw. Bändermarmor
	1,5 m	rostbraun bis gelbbraun anwitternder Basismarmor
LIEGEND	Phengit - Arkose - Gneis	

Tabelle 1

faltungen eine größere Mächtigkeit vorgetäuscht werden. Der rostbraun bis gelbbraun anwitternde Basismarmor kann petrographisch als Glimmermarmor angesehen werden; bei den Glimmern handelt es sich vorwiegend um Hellglimmer (Serizite), die parallel den s-Flächen liegen. Dieser Basismarmor geht allmählich in einen blaugrauen Plattenkalkmarmor, bzw. in einen hellgrün bis dunkelgrau gebänderten, fein- bis mittelkristallinen Bändermarmor über. Die Bänderung erfolgt dabei im Millimeterbereich. Diese Kalkmarmore riechen beim Anschlag stellenweise nach Schwefelwasserstoff. Wie bereits W. FRISCH (1968) erwähnt hat, richtet sich der H₂S-Gehalt nicht nach den lithologisch-sedimentären Grenzen, sondern greift quer über sie hinweg. Er hält sich jedoch nicht an die Nähe des Hochstegendolomits, der ja innerhalb des Kalkmarmorzuges Waldeben - Spannagelhaus nirgends nachweisbar ist.

Innerhalb der Plattenkalkmarmore und der Bändermarmore treten die Hornsteine auf, die für das Spannagelhöhhlensystem und die weiteren Höhlen charakteristisch sind. Durch die Schieferung sind zu Quarz umkristallisierte Hornsteine zu Stengeln und schwertförmigen Gebilden ausgewalzt, die im Durchschnitt zwischen 0,5 und 1,5 m Länge und bis zu 4 cm Dicke aufweisen. Die knollige Gestalt ist nur selten erhalten geblieben. Schätzungsweise 95% dieser Hornsteinlinsen liegen schichtparallel; nur in Ausnahmefällen findet man sie im Kluffstreichen. Die meist weißlichen Hornsteine sind mit einem rauhen, dunkelbraunen, opaken Belag überzogen. W. FRISCH (1968) vermutet eine kohlenstoffreiche Substanz, die am Rande des Hornsteins gegen den Kalk hin angereichert ist. Die Gebilde sind auch von anderen Autoren als Hornsteine angesprochen worden; so bezeichnet sie B. SANDER (1920) als Hornsteinspindel und O. THIELE (1970) als Hornsteinschnüre.

Zum Hangenden hin werden die erwähnten Kalkmarmore immer massiger. An den Grenzen zum hangenden Zentralgneis treten an mehreren Stellen schwarze, grauphitreiche Kalkmarmore auf.

Die Schieferung innerhalb dieser Kalkmarmorabfolge hält sich in der Regel an die sedimentären Schichtungen.

2. KARSTHYDROGEOLOGIE

2. 1. HYDROLOGIE.

Eine Pegelstelle der Tauernkraftwerke AG. befindet sich südlich von Hintertux innerhalb des Tuxbaches am Fuße, des Wasserfalles. Aus den spärlichen Daten dieses Pegels ist die Schüttungskurve dargestellt worden (Abb. 3). Das gesamte Einzugsgebiet des Tuxbaches umfaßt 17, 1 km²; der Tuxbach wird von den Gletscherwässern des Gefrorenen Wand-Keeses, des Schwarzbrunnerkeeses und des Bodenkärkeeses (von W nach E) gespeist. Durch die Inbetriebnahme des Überleitungsstollens auf 1800 m ü. M. zum Schlegeisspeicher hin sind seit dem 8. Juli 1971 der Große Kunerbach, der Kleine Kunerbach und der Schwarzbrunnerbach fast gänzlich abgeleitet worden (Tauernkraftwerke AG.). Die Schüttungskurve des Restwassers innerhalb des Tuxbaches ist ebenfalls dargestellt worden (Abb. 3). In den Monaten Juni, Juli, August und September darf zwischen 8. 00 und 20. 00 Uhr nur soviel Betriebswasser entnommen werden, daß eine Restwassermenge von 400 l/s im Tuxbach verbleibt (Bezirkshauptmannschaft Schwaz, gemäß Art. II, § 3 Abs. 1 des Naturhöhlengesetzes, BGBl. Nr. 169/1928, in Verbindung mit Art. XI der Bundesverfassungsgesetz-Novelle 1974, BGBl. Nr. 444/1974). Der Tuxbach wird diesen Umständen entsprechend hauptsächlich vom Einzugsgebiet Bodenkär (zwischen Schmittenberg und Rauheck) gespeist. Die natürlichen Wassermengen innerhalb der Tuxbach-Klamm würden zur Zeit nahezu das Sechsfache der Restwassermenge betragen.

Was die Quellen innerhalb des Gebietes (Tab. 2) anbelangt, so ist zwischen Karstquellen und Nichtkarstquellen zu unterscheiden. Für diese Einteilung sind sowohl die geologischen Tatsachen als auch der Chemismus des Wassers maßgebend. Der Erläuterung dienen eine hydrologische Übersichtskarte (Abb. 4) und die Übersichtstabelle (Tabelle 2). Eindeutige Karstquellen sind die Quellen der Spannagelmündungshöhle (1), die Quellen Nachtsitz (3, 4) und die Quellen nordöstlich von Ramsen (9, 10, 11). Als eindeutige Nichtkarstquellen sind die Quelle südlich der Talstation (6) und die Quelle südlich der Sommerbergalpe anzusehen, da diese sich bereits innerhalb der Übergangszone Kalkmarmor - Chloritphyllit befinden. Die Quelle (7) orographisch links der Tuxbach-Klamm in der Nähe des Staudammes ist nicht eindeutig als Karstquelle zu bezeichnen, da sie als Naßgalle innerhalb des Hangschuttes unterhalb von anstehendem Hochstegenkalkmarmor entspringt. Als eindeutige Wasserschwinde ist das Sisyplosloch (2, 5. 2.; 4. 3. 1.) anzusehen.

Die Schüttung des Großen Kunerbaches, des Kleinen Kunerbaches und des Schwarzbrunnerbaches sind jeweils stark von den Gletscherschmelzwässern abhängig. Bei der Schüttung der Karstquellen konnte jedoch nirgends beobachtet werden, daß die Schüttung im Hochsommer nach der Mittagszeit stark zunimmt, daß also ein eventueller direkter unterirdischer Zufluß von Gletscherwässern besteht. Auf die Eigenart der wichtigsten Karstquellen wird in den jeweiligen Kapiteln näher eingegangen. Der Einfluß des Niederschlags, der Verdunstung und der Lufttemperatur auf die Hydrologie wird im Abschnitt über das Klima (2. 4.) dargestellt.

2. 2. DIE WASSERUNTERSUCHUNGEN.

Die chemischen Untersuchungen der Wässer innerhalb des Spannagelhöhleysystems (Höhle beim Spannagelhaus und Spannagelmündungshöhle), sowie der Quellen und Bäche zwischen Hintertux und dem Spannagelhaus sollen zur Klärung der Speläogenese und der Verkarstung im erwähnten Gebiet beitragen. Die Durchführung der Messungen konnte wegen der extremen Schneelage nur in den Sommermonaten (Juni bis September) der Jahre 1976 und 1977 durchgeführt werden. Die Resultate der geschätzten Quellschüttungen werden bei der Beschreibung der Quellen in den jeweiligen Kapiteln näher erläutert. In der "Übersichtstabelle der Wasseranalysen (Tabelle 2) sind die Ortsangabe der Probenentnahme, die Seehöhe der Entnahmestellen in Metern über dem Meeresspiegel, die Temperatur in Celsiusgraden, der pH-Wert, die Karbonathärte und die Gesamthärte zusammengefaßt. Die Genauigkeit der Temperaturmessungen der Wässer beträgt $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, da nur eine langjährige Serie von Messungen zu allen Jahreszeiten eventuelle Temperaturunterschiede von Zehntel-Graden erwiesen hätte, und da wegen der komplizierten Höhlenbefahrungen der Verschleiß von präzisen Wasserthermometern im Rahmen dieser Arbeit zu kostspielig gewesen wäre. Die pH-Werte sind an Ort und Stelle mit Spezial-Indikatorpapier (pH-Papier 5,4 - 7,0) und pH-Papier 5,5 - 9,0) bestimmt worden. Die Karbonathärte (KH) und die Gesamthärte (GH) werden in Deutschen Härtegraden ($^{\circ}\text{dH}$) ausgedrückt und sind an Hand der Titrationsmethode errechnet worden. Die einzelnen Ergebnisse werden bei der speziellen Beschreibung der Höhlen und Quellen in den jeweiligen Kapiteln näher erläutert.

Am Beispiel des Spannagelhöhleysystems soll theoretisch vom Wassereismismus her die Frage der Korrosion als raumerweiterndem Faktor gestellt werden. Innerhalb des Spannagelhöhleysystems beträgt der pH-Wert 6,3, die Karbonathärte $3,8^{\circ}\text{dH}$ und die Gesamthärte im Durchschnitt $7,8^{\circ}\text{dH}$. Dieses als "sehr weich bis weich" zu bezeichnende Wasser ist als typisches Karstwasser anzusehen,

Entnahmestelle	Seehöhe	Datum	Temperatur (°C)	pH-Wert	Karbonathärte (°dH)	Gesamthärte (°dH)
Höhle beim Spannagelhaus:						
Gneisbach	2420	2. III. 77	-	6,2	4,5	7,6
Gneisbach	2420	14. V. 77	2,5	6,3	4,3	8,1
Gneisbach-Kolk	2420	14. V. 77	2,5	6,3	4,3	8,1
"Biwak"-Sickerwasser	2425	14. V. 77			5,6	11,1
Kolkgang-Bach	2480	4. VII. 77	2,5	6,4	3,1	8,0
Kolkgang-Sickerwasser	2480	4. VII. 77	2,5	6,2	1,7	4,1
Gneisbach	2420	23. VII. 77	2,0		3,4	8,2
Gneisbach	2420	11. VIII. 77			3,4	8,0
Spannagelmündungshöhle:						
(Siphon 1)	1980	3. X. 76		6,5	4,8	
	1980	12. VII. 77	4,0	6,0	3,0	7,0
Bach-Facettenspalte						
Quelle südlich der Talstation	1700	24. VI. 77	9	7,0	7,8	18,5
Bach unterhalb der Seilbahn	1540	24. VI. 77	8	7,2	5,6	9,7
Bach von Waldeben kommend	1540	24. VI. 77	8	7,2	7,0	13,4
Tuxbach-Wasserfall	1540	24. VI. 77	6	6,2	2,2	3,4
Quellen-Nachtsitz	1960	24. VI. 77	3,5	6,2	2,5	3,6
Quellen-Nachtsitz	1960	18. VIII. 77			2,2	4,9
Quelle südlich der Sommerbergalm (Almhütten)	1980	24. VI. 77	5	7,0	7,3	15,2
Quelle links der Tuxbach - Klamm - Staumauer	1710	2. VII. 77	6	6,7	9,8	18,7
Quelle-Ramsen	2200	19. VII. 77	3	6,2	5,6	9,9
Gletscherwasser - Gefrorene-Wand-Kees	2650	30. VIII. 77	1,0	5,2	0,2	1,1

Tabelle 2: Übersicht über die Wasseranalysen

weil das schnell durchfließende Wasser innerhalb der zu offenen Spalten, bzw. Höhlengängen ausgeweiteten Klüfte und Schichtfugen im reinen Karbonatgestein nicht genügend Zeit zur Verfügung hat, größere Mengen an CaCO_3 in Lösung aufzunehmen. Es ist bereits länger bekannt, daß reine Kalklandschaften infolge des schnellen Wasserdurchflusses eher kalkarmes Wasser liefern (A.BÖGLI 1960). So wurden z. B. im Toten Gebirge 4,3 - 5,5 °dH (J. ZÖTL 1961), im Steirner Meer 3,3 - 5,5 °dH (H. BRANDECKER, V. MAURIN und J. ZÖTL 1965) und im Tennengebirge 3,3 - 5,5 °dH (B. TOUSSAINT 1971) gemessen. Im allgemeinen entspricht bei typischen Karstwässern der Gehalt an Erdalkalien (Gesamthärte) dem Hydrogenkarbonatgehalt (Karbonatgehalt) (J. ZÖTL 1974). Dies ist jedoch innerhalb des Spannagelhöhlensystems nicht der Fall, was eventuell durch die zur Zeit der Befahrungen dem Höhlenbach zufließenden Abwässer des Spannagelhauses bedingt ist.

Hinsichtlich der Korrosionstätigkeit der Höhlenwässer ist festzustellen, daß Schmelzwässer von Schnee und vom ehemaligen Gletschereis direkt an der primären korrosiven Erweiterung der Klüfte und Schichtfugen der Höhle beim Spannagelhaus beteiligt gewesen sind. Zur Zeit wird der Höhlenbach fast ausschließlich von Sickerwässern gespeist, die von der Schneeschmelze und vom Regen stammen. J. CORBEL (1960) ist der Meinung, daß Schneeschmelzwässer bis zu 20 Mal aggressiver sein können als normales Regenwasser, und daß weiterhin "durch die Langsamkeit der chemischen Reaktionen in kalten Regionen" eine weitere Menge an CaCO_3 in Lösung gebracht wird. P. SCHMIDT-THOME erwähnt in seinem geologischen Bericht über das Hölloch im Kleinen Walsertal (Allgäu) die Möglichkeit einer "subglazialen Wasserzirkulation und Korrosion" (1961). Es sei dahingestellt, um wieviel aggressiver Schnee- und Gletscherschmelzwässer sind; wesentlich für die Speläogenese des Spannagelhöhlensystems ist, daß Korrosion unter den erwähnten Bedingungen extrem sein kann.

Bestätigend ist, daß zur Zeit die Karbonathärte des Höhlenbaches 3,8° dH besträgt, jene des sehr aggressiven Gletscherwassers (pH = 5,2) jedoch 0,2° dH, so daß eine geringe Korrosionstätigkeit stattfindet, da - wie schon erwähnt - die Schmelzwässer direkt der Höhle zufließen und zugeflossen sind. Die Differenz der Karbonathärte beträgt demnach 3,6 °dH. Berücksichtigt man, daß ein Härtegrad einer Menge von 10 mg CaO oder 17,8 mg/l CaCO_3 entspricht, und daß die Höhle ganzjährig mindestens von einer Wassermenge zwischen 2 und 15 l/s (als Mittelwert sind 5 l/s angenommen) durchflossen wird, so führt der Höhlenbach durchschnittlich etwa 19,2 g CaCO_3 pro Minute gelöst mit sich. Damit wird klar, daß im Laufe der Zeit recht große Mengen des Gesteins herausgelöst und wegtransportiert werden. Rein theoretisch würden demnach in 1000 Jahren 3700 m³

CaCO_3 abtransportiert werden. Stellt man sich die Tuxbach-Klamm (Länge ca. 700 m, Tiefe ca. 15 m, Breite ca. 5 m) mit einer Fehlmasse von ca. 52 500 m³ Gestein oder den bisher erforschten Hohlraum der Höhle beim Spannagelhaus mit etwa 40 000 m³ vor, so würden bei gleichbleibenden Verhältnissen 10000 bis 14000 Jahre genügen, um einen solchen Hohlraum allein durch die Korrosions-tätigkeit des Wassers herauszubilden. Diese Hypothese ist selbstverständlich ein Trugschluß, da zu bedenken ist, daß nach der primären korrosiven Raum-erweiterung für das tatsächliche Ausmaß des Spannagelhöhlensystems auch eine sehr beachtliche mechanische Erosion der Gletscherwässer verantwortlich ge-wesen ist. Das ergibt sich auch aus den geologischen Befunden, die später noch eingehend behandelt werden. Es ist damit zu rechnen, daß die Schüttung der Höhlenbäche in früheren Epochen die derzeitige um mindestens das Zehnfache übertroffen hat. Das erhärtet die Vermutung, daß das Spannagelhöhlensystem kaum älter als 10000 Jahre sein kann.

Die wenigen Wasseranalysen der Sommermonate 1976 und 1977 reichen allerdings bei weitem nicht aus, um eine solche Hypothese zu untermauern. An erster Stelle sollen jedoch die geologischen Befunde zu einer derartigen Schluß-folgerung beitragen, da der derzeitige Wasserchemismus ja nur einen unter den vielen Faktoren darstellt, von denen die Entwicklungsgeschichte des Spannagel-höhlensystems abhängt. Die oben erwähnten Resultate sowie der Wasserchemismus überhaupt sollen eher die geologischen Vorgänge veranschaulichen, als zu vorei-ligen Schlüssen führen, zu denen mehrjährige Serien von Vollanalysen zu jeder Jahreszeit notwendig wären.

2. 3. GESTEINSCHEMISMUS UND KORROSION

Als verkarstungsfähiges, d. h. korrodierbares Gestein kommen im bear-beiteten Gebiet nur die Hochstegenkalkmarmore in Frage. Bei diesen Kalkmarmo-ren kann die primäre Porosität vernachlässigt werden, da sie in kristallinen Kal-ken unter 1% beträgt. Der Gesamtkarbonatgehalt ist gasvolumetrisch mit dem Calcimeter nach SCHEIBLER an 150 Proben aus dem Bereich Tuxerkamm - Waldeben - Spannagelhaus - Nachtsitz - Lärmstange bestimmt worden. Die Ba-sismarmore (Glimmermarmore) sind sehr uneinheitlich zusammengesetzt. Die extremen Werte liegen bei 29,3% und 96,1%; durchschnittlich beträgt der Gesamt-karbonatgehalt innerhalb der Basismarmore 72,3%. Die weitere Abfolge der Hoch-stegenkalkmarmore (Tabelle 1) weist konstantere Gehalte auf: der Plattenkalk-marmor 97,6%, der Bändermarmor 96,5% und der massige Kalkmarmor 95,8%.

Wird die Ungenauigkeit der Meßmethode berücksichtigt, so sind innerhalb dieser Abfolge keine Unterschiede vorhanden. Weitere Werte in speziellen Bereichen wurden in graphitischen Kalkmarmoren mit 71,9%, an Karren auf der Waldeben mit 94,5%, bei der Schraubenfallhöhle mit 97,1%, bei der Facettenspalte mit 95,4%, bei den Geierwänden mit 95%, bei Ramsen mit 90,9% und beim Nachtsitz (Berger Seite) mit 92,3% gemessen.

Das arithmetische Mittel sämtlicher Proben ergibt für den untersuchten Bereich der Hochstegenkalkmarmore 90,15% Gesamtkarbonatgehalt. Sieht man von den Basismarmoren und sonstigen Einschaltungen ab, so liegt der Wert für die reinen Kalkmarmore, die die Hauptgesteinsmasse ausmachen, über 95%. Die restlichen 5 bis 10% bestehen hauptsächlich aus den silikatischen Mineralien Quarz und Glimmer (Hellglimmer). Die angeführten Ergebnisse beweisen, daß vom Chemismus her der Hochstegenkalkmarmor für die Verkarstung im allgemeinen prädestiniert ist.

Vergleichsproben ergaben für den nicht verkarstungsfähigen Phengit-Arkose-Gneis 4,2%, für den Zentralgneis 3,8%, für den Übergang Kalkmarmor 68,8% und für die Hornsteine (Quarz) \pm 0% Gesamtkarbonatgehalt.

2.4. DAS KLIMA.

Im Hochgebirge entziehen sich Temperaturen, Niederschlag und Verdunstung im allgemeinen einer hinreichend sicheren Beobachtung, da die Zahl der Beobachtungsstationen äußerst gering ist. Im Bereich Hintertux - Spannagelhaus konnten klimatische Daten nur geschätzt werden.

Für die Schätzung der Lufttemperaturen konnten folgende Stationen der Umgebung herangezogen werden (Periode 1931-1960): Mayrhofen (640 m), Brenner (1371 m) und Steinach (1070 m). Weiters konnten die von F. FLIRI (1975) veröffentlichten Tabellen über "Mittlere tägliche Lufttemperatur (C°) im Querschnitt der Alpen in der Periode 1931 - 1960" und über "Mittlere Änderung der Lufttemperatur in C° je 100 m Höhenzunahme im Bereich zwischen 500 m und 2000 m Seehöhe im Querprofil der Alpen in Tirol (1931-1960)" berücksichtigt werden.

Für die mittlere jährliche Niederschlagsmenge liegen die Werte folgender Stationen der Umgebung vor: Mayrhofen (640 m), Vordertux-Lanersbach (1290 m), Dominikushütte (1690 m), Brenner (1371 m), Steinach (1070 m) und Magnesitwerk Lanersbach (1680 m). Überdies konnte die Tabelle von F. FLIRI (1975) über "Mittlere Niederschlagsmengen im Jahr (cm) im Querprofil der Alpen in Tirol in der Periode 1931-1960" berücksichtigt werden.

Die Verdunstung ist auf Grund der Tabelle "Schätzung der mittleren jährlichen Gebietsverdunstung der Alpen in Tirol in der Periode 1931-1960" geschätzt worden.

Aus der Zusammenstellung der Klimadaten (Tabelle 3) geht hervor, daß die Niederschlagsmenge mit zunehmender Höhe zunimmt und die Verdunstung abnimmt. Im Bereich des Spannagelhauses kann mit einer Jahresniederschlagssumme von mehr als 2000 mm gerechnet werden. Die Verdunstung dürfte auf 2500 m ü. M. weniger als 1/4 des Niederschlages und auf 1500 m ü. M. etwas mehr als 1/4 ausmachen (F. FLIRI 1975). Um den Abfluß genau zu berechnen, müssen Niederschlag und Verdunstung vollständig erfaßt werden, vorausgesetzt, daß weder Wasser in Form von Eis in größerem Umfang über längere Zeit zurückgehalten wird, noch der Abfluß aus solchen Reserven gespeist wird. Da diese Bedingungen nicht vorliegen, wäre es sinnlos, das genaue Ausmaß der Verkarstung an Hand des Abflusses zu berechnen. Sicher ist, daß die Verkarstung auf alle Fälle durch die extreme Höhenlage begünstigt wird, da wegen einer geringen Pflanzendecke die Korrosion von den Schmelzwässern sowohl von Schnee als auch von Gletschereis besonders auffallende

		Hintertux	Spannagelmündungshöhle	Höhle beim Spannagelhaus
Seehöhe		1500 m	2000 m	2500 m
Temperatur	T °C	(±) 3,5°	(±) 1,5°	(±) - 1°
Niederschlag	N cm/Jahr	140 cm	170 cm	200 cm
Verdunstung	V cm/Jahr	(±) 40 cm	(±) 35 cm	(±) 27 cm
Abfluß N - V	A cm/Jahr	(±) 100 cm	(±) 135 cm	(±) 173 cm

Tabelle 3 Klimadaten

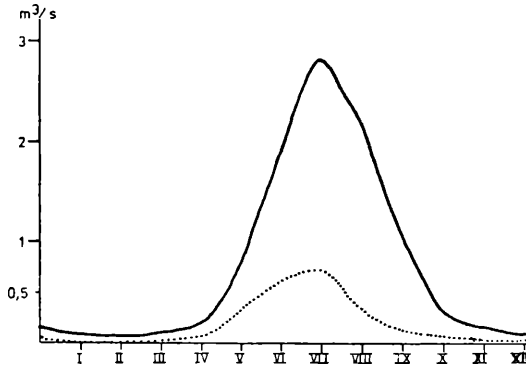
Karren und Dolinen entstehen lassen. Bereits E. A. MARTEL (M. HERAK 1972) hat zu Anfang des 20. Jahrhunderts den hochalpinen Karst als "Karren-Landschaft" bezeichnet. Daß dies im bearbeiteten Gebiet nur in bescheidenem Maße der Fall ist, muß auf die geologischen Verhältnisse zurückgeführt werden.

Aus der Kurve der durchschnittlichen monatlichen Niederschlagsmengen (Abb. 3) geht ein Maximum in den Monaten Juni, Juli und August hervor. Damit stimmt auch die Schüttungskurve des Tuxbaches (Abb. 3) überein. Das zeigt, daß der Tuxbach in den Sommermonaten nicht nur von den Gletscherschmelzwässern gespeist wird, sondern auch durch die höheren Niederschläge. Dies steht im Gegensatz zu einer gewissen hydrologischen Passivität in den Wintermonaten.

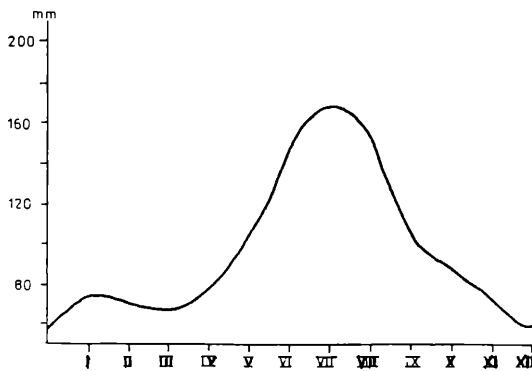
Die Temperaturwerte lassen die morphogenetische Rolle der Frostsprennung deutlich erkennen. Messungen von H. AULITZKY (1961) veranschaulichen, daß die Extreme im Hochgebirge Temperaturen zwischen jenen der Wüste und der pola-

Abb.3

TUXBACH BEIM WASSERFALL: SCHÜTTUNG (1967-1970) m³/s: —
 RESTWASSER (1971-1975) m³/s: ····



DURCHSCHNITTLICHE MONATLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE
 (1931-1960) - HINTERTUX (geschätzt)



ren Gebiete umfassen. In Verbindung mit der intensiven Frostsprengung ist so der charakteristische plattige Zerfall verschiedener Hochstegenkalkmarmore zu erklären, sodaß in Zusammenhang mit der Verkarstung stellenweise ein regelrechter Scherbenkarst (H. TRIMMEL 1965) gegeben ist.

Das zentrale Problem, das in Zusammenhang mit den klimatischen Verhältnissen zu sehen ist, ist jedoch das Alter des Spannagelhöhlensystems. Wie bereits im Kapitel über die Geologie erwähnt wurde, ist beim letzten größeren Gletschervorstoß von 1850 kein Gletscherwasser mehr in die Höhle beim Spannagelhaus gelangt, was durch die Lage der Moränenwälle belegt ist.

Im geschichtlichen Mittelalter scheinen mehrere Gletschervorstöße erfolgt zu sein, die im allgemeinen kleiner waren als heute (F. FLIRI 1975). Falls dies zutrifft ist auch während dieser Zeit kein Gletscherwasser an der Entwicklung des Spannagelhöhlensystems beteiligt gewesen. Bis zurück in die postglaziale Wärmezeit zwischen dem 8. und dem 2. Jahrtausend vor Chr. sind ebenfalls nur kleine Vorstöße bekannt. Diese Wärmezeit spielt sicherlich eine Rolle für die Sinterbildung, die durch ein wärmeres Klima begünstigt wird. Das nacheiszeitliche Klimaoptimum gilt für den Ostalpenraum allgemein als Sinterbildungsphase (H. TRIMMEL 1968).

Mit Sicherheit ist Gletscherwasser während des Daun-Stadiums in die Höhle beim Spannagelhaus gelangt (vgl. 1. 2.). Das Daun-, bzw. Egessen-Stadium wird von R. v. KLEBELSBERG (1935) in die Zeit von 7000 bis 7500 v. Chr. gestellt, das Gschnitz-Stadium in jene von 8500 bis 7500 v. Chr. Während des Daun-Stadiums soll die Schneegrenze 300 bis 400 m, während des Gschnitz-Stadiums 600 m unter der heutigen gelegen sein. Das Juli-Mittel der Temperatur soll in der Daun-Zeit etwa 4° C unter der heutigen gelegen sein (F. FLIRI 1975). Weiter zurück nimmt die Klimaverschlechterung rasch zu und es ist wohl kaum denkbar, daß das Gebiet um das Spannagelhaus vor dem Gschnitzstadium eisfrei gewesen ist. Es muß auch offen bleiben, ob das Eis zwischen Gschnitz- und Daun-Stadium so weit zurückgegangen ist, daß das Schmelzwasser in den Höhleneingang gelangen konnte. Nimmt man an, daß auch die Schmelzwässer unterhalb des Gletschereises bis zu einer gewissen Tiefe zirkulieren können, so ist diese Möglichkeit in einem geschätzten Zeitraum von mindestens ($\frac{1}{2}$) 4000 Jahren (Gschnitz- bis Daunstadium) gegeben. Ob diese Zeit für die primäre korrosive Bildung des Spannagelhöhlensystems ausreichen könnte, kann nicht allein an Hand der fragwürdigen Klimaverhältnisse jener Zeit in der Umgebung des Spannagelhauses geklärt werden. In diesem Falle einer subglazialen bis postglazialen Entstehung wäre das Spannagelhöhlensystem maximal 12 000 Jahre alt.

Bei palynologischen Untersuchungen mehrerer Proben des Höhlenlehms, die freundlicherweise von S. BORTENSCHLAGER (Institut für Botanische Systematik und Geobotanik) durchgeführt worden sind, um auf diese Art eine Aussage zur Altersbestimmung zu erhalten, konnten keinerlei Pollen nachgewiesen werden.

2. 5. DIE FÄRBEVERSUCHE.

Die Färbeversuche sollten in erster Linie dazu beitragen, die Größenordnung der unterirdischen Entwässerung im bearbeiteten Gebiet zu erfassen. Als Tracer für alle Markierungsversuche wurde Uranin verwendet. Bequeme Einspeisung, guter Nachweis auch bei geringsten Konzentrationen und Umweltfreundlichkeit sprechen für diesen Farbstoff. Bei den Versuchen wurde bis zu 1, 5 kg Uranin eingespeist

Diese Menge erwies sich als ausreichend, um das gefärbte Wasser an den Austrittsstellen mit freiem Auge zu erkennen. Zusätzlich wurden in Anlehnung an F. BAUER (1967) Säckchen mit Aktivkohle in bestimmten Bächen und Quellen eingehängt. Damit sollte eventuell austretendes Uranin absorbiert werden. In der Praxis kann so die Farbe bis zu einer Verdünnung von 1 mg Uranin pro Kubikmeter Wasser nachgewiesen werden ($1 \cdot 10^9$).

Einspeisungsstellen, Beobachtungsstellen und Austrittsstellen sämtlicher Färbeversuche befinden sich im Raum Hintertux - Spannagelhaus - Ramsen und sind auf der Hydrologischen Übersichtskarte (Abb. 4) eingetragen. Bei der Einzelbesprechung der Färbeversuche wurden berücksichtigt: Höhe der Eingabestelle über NN, Höhe der Austrittsstelle über NN, Entfernung zwischen Eingabe- und Austrittsstelle (Luftlinie), Schüttung zur Zeit der Färbung, Gefälle zwischen Eingabe- und Austrittsstelle, Zeit zwischen Farbeingabe und Beginn des Farbaustritts, minimale Fließgeschwindigkeit und Dauer des Farbaustritts. Auf der hydrologischen Karte sind auch die Abflußrichtungen der Färbeversuche dargestellt.

2. 5. 1. Färbung I- Höhle beim Spannagelhaus.

Zur Erfassung der Wiederaustrittsstellen der Höhlenbäche der Höhle beim Spannagelhaus sind insgesamt drei Färbungen durchgeführt worden.

a) Färbeversuche vom 31. August 1975 bis zum 6. September 1975.

Am 1. September 1975 sind an folgenden Stellen Säckchen mit Aktivkohle eingehängt worden: Kleiner Kunerbach im Bereich Kleegrube auf 2100 m Seehöhe zur Erfassung des Einzugsgebietes orographisch rechts vom Spannagelhaus (Beobachtungsstelle 2); zwei Quellen unterhalb der Seilbahn im Bereich Nachtsitz auf 1960 m Seehöhe zur Erfassung des Einzugsgebietes orographisch links vom Spannagelhaus (Beobachtungsstelle 4). Im Gelände sind diese Stellen bis 15 Uhr beobachtet worden. Wegen unvorhergesehener Befahrungsschwierigkeiten ist erst zwischen 15.40 h und 16.10 h ein Kilogramm Uranin im Gneisbach (2420 m ü. M.) bei einer Schüttung von ca. 2 l/s eingespeist worden.

Am 2. September 1975 sind die Säckchen mit Aktivkohle gegen neue ausgetauscht worden (Beobachtungsstellen 2, 3, 4). Im Gelände sind diese Stellen bis 13 Uhr beobachtet worden. Zwischen 11.30 h und 12 h wurde in der Höhle beim Spannagelhaus unterhalb des ÖTK-Schachtes (2440 m ü. M.) ein Kilogramm Uranin in den Kolkgang-Bach eingespeist, bei einer Schüttung von ca. 1 l/s.

Am 3. September 1975 wurde gegen 16 Uhr eine Grünfärbung der Quellen an der Beobachtungsstelle 1 festgestellt. An dieser Stelle befindet sich demnach die Spannagelmündungshöhle.

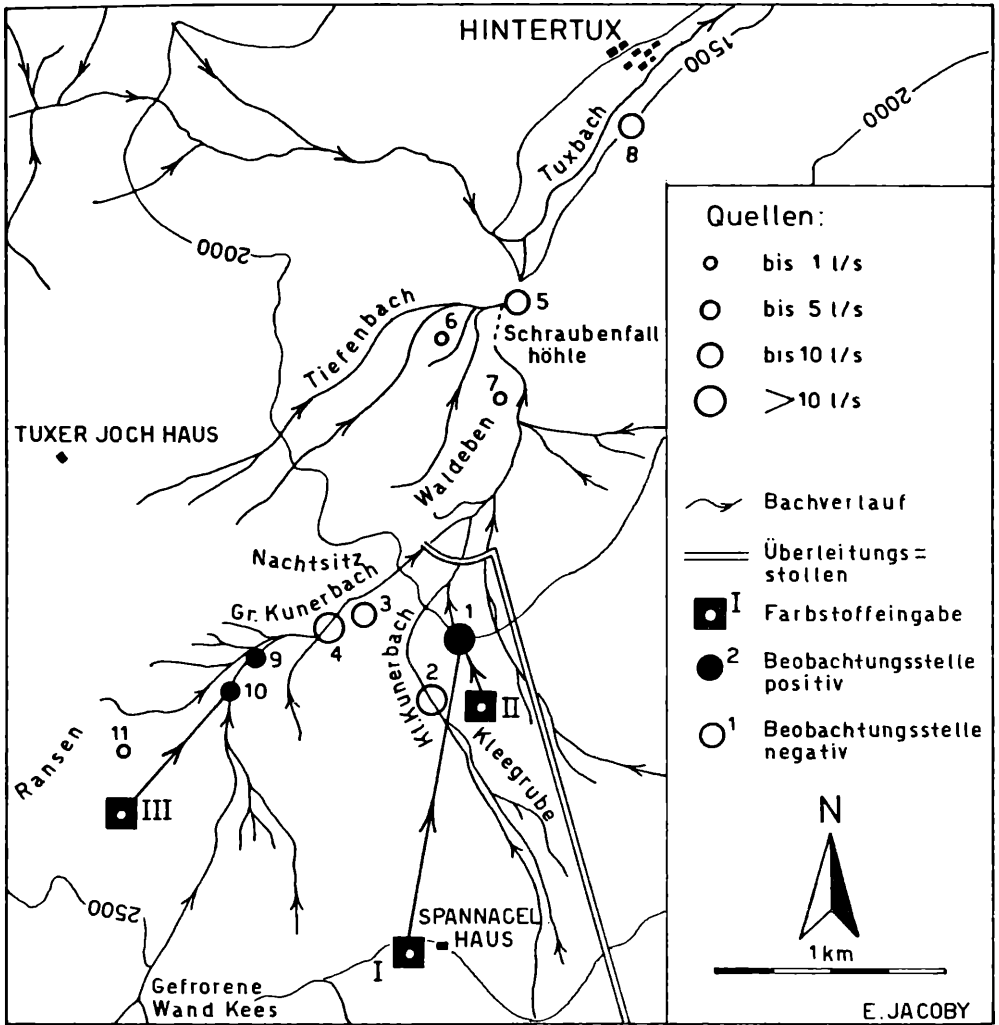


Abb.4

Hydrologische Übersichtskarte und Färbeversuche

- I: Färbung Höhle beim Spannagelhaus
- II: Färbung Sisyphosloch
- III: Färbung Ramsen

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1 Spannagelmündungshöhle | 6 Quelle neben Gletscherbahn |
| 2 Kleiner Kunerbach | 7 Quelle unterhalb von Waldeben |
| 3 Nachtsitz-Karstquellen | 8 Thermalquellen |
| 4 Großer Kunerbach | 9 und 10 Quellaustritte im Bachbett des Großen Kunerbaches |
| 5 Tuxbach unterhalb des Wasserfalles | 11 Quelle unterhalb von Ramsen |

Am 5. September 1975 sind die Säckchen an den Beobachtungsstellen 2, 3 und 4 entnommen worden. In der Zeit vom 31. August 1975 bis zum 6. September 1975 ist das gesamte Einzugsgebiet durch zwei Säckchen mit Aktivkohle unterhalb des Wasserfalles südlich von Hintertux im Tuxbach abgesichert worden (5).

In sämtlichen Säckchen mit Aktivkohle der Beobachtungsstellen 2, 3, 4 und 5 war kein Uranin nachzuweisen. Die Probe 5 hätte im Gegensatz zu den Proben 2, 3 und 4 allerdings positiv sein müssen. Daß sie dennoch negativ war, ist darauf zurückzuführen, daß das gesamte, den Farbstoff enthaltende Wasser unterhalb der Spannagelmündungshöhle in den Überleitungsstollen gelangt, und daß zur Zeit des Markierungsversuches kein Restwasser durch die Klamm des Tuxbaches abgeflossen ist. Dies war allerdings nicht vorauszusehen, da nach den bei der wasserrechtlichen Zustimmung zum Betrieb des Überleitungsstollen erteilten Auflagen eine festgelegte Restwassermenge die Klamm hätte durchfließen müssen.

Die Markierungsversuche vom 31. August bis 6. September 1975 haben die Abflußrichtung und die Wiederaustrittsstelle der beiden Höhlenbäche in der Höhle beim Spannagelhaus ergeben. Um die genaue Durchfließzeit zwischen Farbeingabe und Farbaustritt zu wissen, war eine weitere Markierung notwendig.

b) Färbeversuch vom 6. bis 7. August 1977

Bei diesem Versuch ist am 6. August 1977 um 13 Uhr in der Halle der Vereinigung der Höhle beim Spannagelhaus 1, 5 kg Uranin eingespeist worden; Aktivkohle wurde bei diesem Versuch nicht eingesetzt. Die Schüttung des Kolkbaches betrug zum Zeitpunkt der Einspeisung weniger als 1 l/s. Die Eingabestelle befindet sich in 2490 m Seehöhe. Ab 15 Uhr ist der Höhlenbach der Spannagelmündungshöhle stündlich beobachtet worden. Am 7. August 1977 wurde gegen 4 Uhr früh eine leichte Grünfärbung des Höhlenbaches festgestellt. Gegen 5 Uhr erreichte die Farbkonzentration das Maximum. Auch bei diesem Versuch ist übrigens kein Restwasser in die Klamm des Tuxbaches gelangt. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Einspeisungsstelle: 2490 m Seehöhe - Austrittsstelle: 1980 m Seehöhe
Entfernung Einspeisungsstelle - Austrittsstelle (Luftlinie): 1400 Meter
Schüttung an der Einspeisungsstelle: unter 1 l/s
Schüttung an der Austrittsstelle: über 10 l/s
Gefälle zwischen Einspeisungsstelle und Austrittsstelle: ca. 20°
Durchlaufzeit: 15 Stunden. Minimale Fließgeschwindigkeit: ca. 100 m/h

Die Fließgeschwindigkeit ist nur als theoretisches Minimum zu betrachten, da die tatsächlich zurückgelegte Laufstrecke länger ist als die Luftlinie. Nimmt

man an, daß (im Extremfall) die tatsächliche Laufstrecke des Höhlenbaches das Fünffache der Luftlinie aufweist, so ergäbe sich für die dann 7 Kilometer lange Strecke eine Fließgeschwindigkeit von ca. 470 m/h. Auf diese Hypothese wird später (vgl. 7.1.) näher eingegangen.

2.5.2. Färbung II - Sisypusloch.

Im Bereich der Klee-grube befinden sich mehrere Dolinen. Eine dieser Dolinen erwies sich als günstige Einspeisungsstelle, da dort zeitweise ein oberirdisches Rinnsal zwischen Moränenblockwerk und anstehendem Hochstegenkalkmarmor versickert. Auf Grund der Färbung und einer teilweise erfolgte Freilegung konnte festgestellt werden, daß es sich um einen ehemaligen Höhleneingang handeln muß, der nun als Sisypusloch bezeichnet wird.

Am 21. September 1976 wurden um 12.40 Uhr dem schwindenden Sickerwasser 100 g Uranin beigemischt. Von 12.55 Uhr bis 16.45 Uhr wurde der Wasseraustritt der Spannagelmündungshöhle direkt beobachtet, ohne daß eine Grünfärbung festgestellt werden konnte. Am 22. September 1976 konnte um 8.20 Uhr eine sehr schwache, unsichere Grünfärbung in Kolken des Bachbettes in der Nähe der Stollenfassung des Kleinen Kunerbaches beobachtet werden. Wegen der Unsicherheit der Ergebnisse mußte diese Färbung daher wiederholt werden.

Die neuerliche Einspeisung erfolgte am 12. Juli 1977 zwischen 9 Uhr und 9.45 Uhr. Innerhalb dieser Zeitspanne wurden 500 g Uranin unter Beimischung von 200 l Wasser eingespeist. Das Wasser mußte vom Kleinen Kunerbach in Kanistern herbeigeschleppt werden, da das in der Doline versickernde Rinnsal praktisch ausgetrocknet war. Von 9.15 Uhr bis 15 Uhr wurde der Wasseraustritt der Spannagelmündungshöhle direkt, aber ergebnislos beobachtet. Dann wurde ein Aktivkohle-Säckchen im Bach eingehängt. Dieses wurde am 13. Juli 1977 um 10 Uhr entnommen. Dabei konnte an mehreren Stellen im Bachbett eine intensive Grünfärbung erkannt werden. Der Farbstoffdurchtritt mußte also schon einige Zeit vorher erfolgt sein. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Einspeisungsstelle: 2100 m Seehöhe - Austrittsstelle: 1980 m Seehöhe

Entfernung Einspeisungsstelle - Austrittsstelle (Luftlinie): 320 m

Schüttung an der Einspeisungsstelle: insgesamt 200 l Wasser

Schüttung an der Austrittsstelle: über 10 l/s

Gefälle zwischen Einspeisungsstelle und Austrittsstelle: ca. 20°

Durchlaufzeit: 6 - 25 Stunden

Das Errechnen einer Fließgeschwindigkeit wäre unter den gegebenen Umständen sinnlos; der rein theoretische Wert würde zwischen 13 m/h und 53 m/h

liegen. Wesentliches Ergebnis dieser Färbung ist jedenfalls der Nachweis eines hydrographischen Zusammenhanges zwischen Sisypusloch und Spannagelmündungshöhle, bzw. Spannagelhöhle.

2.5.3. Färbung III - Ramsen.

In der Umgebung von Ramsen befinden sich in 2300 m ü.d.M. mehrere episodische Ponore. Im Hochsommer ist allerdings in ihrem Bereich kaum ein Gerinne anzutreffen, da das Niederschlagswasser direkt versickert. Um eine optimale Schüttung anzutreffen, wurde der Färbeversuch daher während der Schneeschmelze angesetzt.

Am 19. Juli 1977 wurden um 10 Uhr dem Sickerwasser eines Schneeflekens innerhalb eines Ponors 500 g Uranin beigemischt. Obwohl während der vorangegangenen Nacht ein heftiger Gewitterregen niedergegangen war, betrug die Schüttung des Rinnsals zum Ponor weniger als 1 dl/s (ein weiterer Beweis dafür, daß das Niederschlagswasser direkt an den Untergrund abgegeben wird).

In Abständen von jeweils einer halben Stunde wurden sodann abwechselnd die Quelle unterhalb der Felsstufe nördlich von Ramsen in 2200 m ü.d.M. einerseits und der Große Kunderbach nordöstlich von Ramsen direkt beobachtet. Gegen 14.15 Uhr verfärbte sich der Große Kunderbach rasch zu einem intensiven Grün. An mehreren Stellen quoll das gefärbte Wasser im Bachbett des Großen Kunderbaches zwischen Schottern hervor. Vor dem nördlichen Ende der Klamm des Großen Kunderbaches südwestlich von Mitterling wurden mehrere derartige Quellaustritte beobachtet. Ein weiterer wichtiger Quellaustritt direkt im Bachbett befindet sich westlich von Mitterling, etwa 150 Meter von den erstgenannten Stellen entfernt. Sämtliche Wiederaustritte liegen in ca. 2000 m ü.d.M. Die intensive Grünfärbung des Großen Kunderbaches wurde bis gegen 16 Uhr direkt beobachtet, hielt also mindestens zwei Stunden an. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Einspeisungsstelle: 2300 m Seehöhe - Austrittsstellen: 2000 m Seehöhe

Entfernung Einspeisungsstelle - Austrittsstelle (Luftlinie): 800 m

Schüttung an der Einspeisungsstelle: unter 1 l/s

Schüttung an den Austrittsstellen: nicht meßbar

Gefälle zwischen Einspeisungsstelle und Austrittsstellen: ca. 20°

Durchlaufzeit: $4\frac{1}{4}$ Stunden. Minimale Fließgeschwindigkeit: ca. 188 m/h

Bemerkenswert ist, daß das Wasser im Einzugsgebiet zwischen der nordöstlichen Felsstufe unterhalb von Ramsen und der Moräne von 1850 westlich vom Weg 326 an der Oberfläche dem Großen Kunderbach zufließt, während das Wasser

vom Einzugsgebiet im Bereich Ramsen unterirdisch das zuerst erwähnte kreuzt und innerhalb des Bachbettes im Großen Kunerbach austritt.

Die Anzahl der Ponore in einem Bereich von etwa 1 Hektar, die Entfernung der verschiedenen Austrittsstellen gefärbten Wassers untereinander sowie das Vorkommen einer weiteren Quelle direkt unterhalb des Versickerungsbereichs beweisen, daß sich im Raum vom Ramsen bis Nachtsitz ein ausgedehntes Netz von hydrographisch wegsamen und karsthydrographisch wirksamen Fugen befindet.

2.5.4. Die Färbung innerhalb der Höhle beim Spannagelhaus.

In der Halle der Vereinigung verschwindet der aus dem Wassergang kommende Höhlenbach in einer unbefahrbaren Spalte. Um diesen Höhlenbach im weiteren Höhlenverlauf wieder aufzufinden, wurden am 5. August 1976 an dieser Stelle 100 g Uranin eingespeist. Nach genau 15 Minuten begann sich der orographisch rechte Bachzutritt im Kolkgang 15 Meter vor dem Hannes-Jodl-Dom grün zu färben. Nach weiteren 5 Minuten erreichte die Färbung ihr Maximum, um nach insgesamt 60 Minuten wieder deutlich abzunehmen. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Einspeisungsstelle: 2495 m Seehöhe - Austrittsstelle: 2478 m Seehöhe

Entfernung Einspeisungsstelle - Austrittsstelle (Luftlinie): 80 m

Schüttung an der Einspeisungsstelle: 1 l/s

Schüttung an der Austrittsstelle: 1 l/s

Gefälle zwischen Einspeisungsstelle und Austrittsstellen: ca. 12°

Durchlaufzeit: 15 Minuten. Minimale Fließgeschwindigkeit: 320 m/h

Die tatsächliche Fließgeschwindigkeit weicht von diesem Wert zweifellos nicht sehr ab, da die Höhle aus geologischen Gründen ziemlich geradlinig verlaufen muß. Gefälle und Schüttung entsprechen den Verhältnissen, die auch in den anderen Teilen der Höhle beim Spannagelhaus herrschen. Da im weiteren Höhlenverlauf die Schüttung eher zunimmt und auch das Gefälle etwas größer wird, kann eine weitere Zunahme der ermittelten Mindestfließgeschwindigkeit innerhalb des Spannagelhöhlensystems erwartet werden.

2.5.5. Die Färbung Facettenspalte.

Durch wiederholte Beobachtungen konnte vom Verfasser festgestellt werden, daß der Bach ca. 30 m östlich der Facettenspalte in einer mit Geröllen verfüllten Mulde innerhalb des Bachbettes versickert. Liegt die Schüttung des Baches

unter 5 l/s, so versickert der Bach an dieser Stelle vollständig und das weitere Bachbett liegt trocken. Weist der Bach eine Schüttung von mehr als 5 l/s auf, so ist die Schwinde nicht imstande, das gesamte Wasser aufzunehmen. Der Überschuß fließt dann durch das Bachbett ab. In diesem Fall gibt der Bach einen weiten Teil seines Wassers durch das undichte Bachbett direkt an die Facettenspalte ab. Daß der Bach bereits an der ersten Stelle vollständig versickert, ist eher selten der Fall. Da er direkt vom Niederschlagswasser abhängig ist, führt er meist entweder mehr als 5 l/s oder überhaupt kein Wasser.

Am 31. August 1977 waren die Bedingungen für eine Färbung direkt in der ersten Schwinde ideal, wo der Bach zu diesem Zeitpunkt vollständig versickerte. Um 10.30 Uhr wurden 500 g Uranin eingespeist. Bis 11.30 Uhr wurde der direkte Bereich um die Facettenspalte innerhalb der Klamm des Tuxbaches beobachtet, ab 11.45 Uhr der Wasserfall östlich der Talstation der Gletscherbahn. Um 12.05 Uhr war die erste Grünfärbung erkennbar, um 12.15 Uhr war das Maximum erreicht. Gegen 14 Uhr ließ die intensive Grünfärbung des Tuxbaches nach, da die Tauernkraftwerke plötzlich das für den Überleitungsstollen zum Speicher Schlegeis gefaßte Wasser aus dem Sandfang durch die Klamm des Tuxbaches rinnen ließen.

Das gefärbte Wasser floß dem Tuxbach innerhalb der Klamm etwas unterhalb der Facettenspalte zu. Die untersuchte Schwinde innerhalb des Bachbettes ist daher ein Beispiel für einen rezenten Beginn der unterirdischen Entwässerung, um die lokale Erosionsbasis des Tuxbaches innerhalb der Klamm zu erreichen. Daß es sich um ein sehr frühes - und damit rezentes - Entwicklungsstadium handelt, geht daraus hervor, daß das Wasser mindestens eine Stunde braucht, um etwa 100 Meter Luftlinie zurückzulegen; die Feststellung wird überdies dadurch untermauert, daß die Spalten, bzw. Schichtfugen noch nicht so stark erweitert sind, daß der neu entstandene unterirdische Wasserweg fähig ist, den ganzen Bach aufzunehmen.

2.6. DIE NACHTSITZ-KARSTQUELLEN.

Im Bereich Nachtsitz - zwischen Sommerbergalm und Berger Seite - befinden sich in ca. 2000 m ü. d. M. zwei Quellen mit der auffälligen Schüttung von zusammen 25 bis 40 Sekundenliter. Beide Quellen sind nur wenige Meter voneinander entfernt und entströmen Klüften in Karbonatgesteinen nahe den Basiskalken. Sie fließen dem Großen Kunerbach zu und wurden bei der Färbung im September 1975 mit Aktivkohlesäckchen kontrolliert, wobei kein Uranin nachgewiesen werden konnte. Die Wassertemperatur beträgt in den Sommermonaten um 5° C und die Schüttung ist ziemlich konstant; im Winter sind die Quellen und ihre Abflüsse der Beob-

achtung nicht zugänglich. Das Einsetzen der Gletscherschmelzwässer hat auf die Schüttung keinen Einfluß. Als oberirdisches Einzugsgebiet kommen das Sandeck mit ca. 0,32 km² und die Moräne von 1850 mit ca. 0,22 km² Fläche in Frage. Das Sandeck und die Moräne würden bei 2000 mm Niederschlag pro Jahr eine Schüttung von ca. 35 l/s liefern können. Das entspricht ziemlich genau den tatsächlichen (allerdings nur geschätzten) Werten. Man darf daraus schließen, daß die für die Umgebung relativ große Quellschüttung doch nicht auf eine tiefgreifende Verkarstung zurückzuführen ist, deren Einzugsgebiet im Bereich der Lärmstange sein könnte. Diese Schlußfolgerung wird auch durch die mit 5° C im Vergleich zur Wassertemperatur im Spannagel-Höhlensystem von 3° C. doch deutlich höhere Quelltemperatur der Nachtsitz-Karstquellen erhärtet.

Daß die Nachtsitz-Quellen demnach als "untergeordnete" Karstquellen gelten können, ist durch die lokale Tektonik bedingt. Das Wasser des Sandeck und der Moräne aus 1850 fließt zunächst oberirdisch über den nicht verkarstungsfähigen Zentralgneis ab, wird dann aber an der Kante des darüber liegenden Karbonatgesteines oberhalb der Berger Seite am freien Abfluß gehindert und fließt vermutlich entlang von Klüften, die an der Gesteinsgrenze infolge einer Bergzerreißenung sehr zahlreich sind, unterirdisch ab. Wegen der geringen Mächtigkeit der hangenden Hochstegenkalke reicht diese Verkarstung jedoch kaum tiefer als 5 Meter unter die Oberfläche.

3. HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS

3. 1. BESCHREIBUNG DER HÖHLE.

Die gesamte Höhle beim Spannagelhaus (Tafel 3) liegt im Hochstegenkalkmarmor, meist entlang der Gesteinsgrenze zum liegenden Phengit-Arkose-Gneis (siehe Abschnitt 1. 3.). Der Eingang der Höhle befindet sich 7 Meter vom Spannagelhaus entfernt.

Eingang - Labyrinth:

Der Eingang (2521 m ü. M.) liegt ca. 2 m über den Basismarmoren (Tab. 1) und zieht entlang einer EW-Kluft mit einer leichten Neigung nach W höhleneinwärts. Grobgebankte Bändermarmore und die an dieser Stelle relativ flach einfallende Gesteinsschichtung bedingen ein sogenanntes Kastenprofil des Eingangsbereiches (Abb. 11). Dieser Hauptgang ist ein fossiler Höhlengang, der jedoch eindeutige Erosionsformen aufweist (Kolke und Gerölle). Da sich dieser nach NE offene Eingang am oberen Rand einer Felswand in ca. 15 m Höhe befindet, ist anzunehmen, daß Gletscherschmelzwässer, als einzige in Frage kommend, an dieser Stelle in die Höhle gelangt sind. Der bereits erwähnte Hauptgang trifft in der Halle der Vereinigung auf den Wassergang. Dieser letztgenannte soll genauer beschrieben werden, da es sich um einen wasserführenden, relativ aktiven Höhlengang handelt. Der Eingang des Wasserganges befindet sich auf dem gleichen Niveau wie der oben erwähnte Eingang, oberhalb der Felswand. Er ist jedoch auf einer Länge von mehreren Metern verstürzt und unbefahrbar. Direkt daneben befindet sich die Mülldeponie des Spannagelhauses, durch die zur Zeit der Begehungen des Verfassers (1975 - 1977) die Abwässer der Hütte durchgesickert und in den Wassergang gelangt sind. Im Wassergang besteht der Höhlenbach zur Zeit aus einem Rinnsal mit einer Schüttung von nur wenigen dl/s. Sehr deutlich ist zu erkennen, daß in vergangenen Zeiten intensive Wasserführung herrschte. Der Wassergang zieht parallel zum Hauptgang entlang einer EW-Kluft.

Entlang des Wasserganges sind Kolke zu beobachten. Die Durchmesser der Kolke sind in der Größenordnung von 0,5 bis 2 m am häufigsten, nur untergeordnet bis 4 m. Die Kolke befinden sich teils im gegenwärtigen Erosionsbereich des Baches an der Grenze vom Kalkmarmor zum liegenden Gneis, teils bis zu 3 Me-

ter oberhalb des jetzigen Bachbettes. Diese letztgenannten sind fossile Kolke, die öfters mit Feinmaterial (Sand bis Kies) aufgefüllt sind. Im allgemeinen handelt es sich um Erosionskolke, da die Morphologie des Wasserganges erosiv überformt ist. Häufig kommen innerhalb von Kolken und im Bachbett Anhäufungen von ortsfremden Geröllen vor. Dabei handelt es sich um regelrechte Erratica, meist aus Zentralgneis bestehend, die durch Gletscherwässer eingeschwemmt worden sind. Der hangende Zentralgneis steht in der bisher erforschten Höhle beim Spannagelhaus nirgends an. Die kleinsten Durchmesser dieser Erratica betragen in der Regel bis zu 25 cm, untergeordnet auch bis zu 40 cm. Die geamte Anzahl ist schwer abzuschätzen; kopfgroße Gerölle sind jedenfalls in den Hauptgängen zu Dutzenden anzutreffen. Die Gerölle sind im allgemeinen gut gerundet (E. J. PETTIJOHN 1975).

Knöpfchensinter sind an Deckenpartien sowie überhängenden Wänden vorhanden. Was das Gestein innerhalb dieses Höhlenteiles anlangt, so befindet sich das Bachbett an der Gesteinsgrenze zum liegenden Gneis. Der darüber liegende Basismarmor verwittert sehr schnell und nimmt dann eine rostbraune Farbe an. Verwitterungsrückstände in Form von Sand sind auf den hohen Glimmer- und Quarzgehalt des Basismarmors zurückzuführen. Die Mächtigkeit des Basismarmors in diesem so wie zumeist auch in den weiteren Bereichen der Höhle beträgt 1,5 Meter. Darüber folgen nach einer etwa 1 bis 2 Meter mächtigen Übergangszone die Bändermarmore, die etwa 5 Meter mächtig sind. Sie gehen dann in grobkristalline bläuliche Kalkmarmore über (Tab. 1). Zwischen Hauptgang und Wassergang befindet sich ein labyrinthischer Höhlenteil, der sich von der Decke des Hauptganges bis an die Sohle des Wasserganges erstreckt. Dieser Umstand sowie die Tatsache, daß die Kolke im Wassergang größer sind, lassen die Vermutung zu, daß der Höhlenbach, vom Hauptgang kommend, sich zuerst einen Weg zum bereits größeren Wassergang gesucht hat, bevor der Hauptgang entstanden ist.

Elchschädelgang - Postkastl:

Im Elchschädelgang ist eine relativ massige Sinterbildung vorhanden. Eine Sintersäule ist bei einem Durchmesser von ca. 10 bis 20 cm etwa 50 cm hoch. Der Gang selbst, der ein Kastenprofil aufweist, ist sehr klein (50 x 50 cm, vgl. Abb. 5). Der Boden ist zum Teil mit Lehm bedeckt. Korrosionsformen an der Decke - Deckenkarren und -rinnen - zeugen eindeutig von einer primären korrosiven Genese des Ganges entlang der Schichtfugen. Erst nach dieser Phase primärer Raumerweiterung hat die dominante Rolle der Erosion eingesetzt.

Im Abschnitt Elchschädelgang - Postkastl - Halle der Vereinigung dürften nur wenige Meter anstehendes Gestein zwischen dem Höhlendach und der Moräne aus 1850 an der Oberfläche vorhanden sein. Dies ist auch die Ursache, daß an mehreren Stellen lehmige Sedimente anzutreffen sind. Weiterhin zeugen Wasserdruckgänge sowie Facetten in diesem Höhlenteil von korrosiver primärer Raumerweiterung. Anschließend müssen auch hier gewaltige Wassermassen am Werk gewesen sein: in einer auf maximal 45 cm Breite erweiterten Spalte steckt ein Erraticum von 30 cm Durchmesser !

Halle der Vereinigung:

Die Ausmaße der Halle der Vereinigung (ca. 40 m lang und bis zu 8 m breit) sind auf Mischungskorrosion zurückzuführen, da hier der Hauptgang und der Wassergang, beide ehemals stark wasserführend, zusammentreffen (A. BÖGLI, 1964). An der Decke deuten sehr wirre Formen darauf hin: Kolke, Rinnen und Deckenkarren. Mehrere Erratica bis zu 30 cm Durchmesser liegen 3 bis 4 Meter oberhalb des jetzigen Bachbettes, das sich auch hier bereits bis auf den liegenden Gneis eingeschnitten hat.

Postkastl - Hannes Jodl-Dom:

Beim Höhlenabschnitt zwischen Postkastl und Hannes Jodl-Dom handelt es sich mit Ausnahme der letzten 20 Meter um einen fossilen Wassergang, in dem nur noch gelegentlich etwas Sickerwasser auftritt. Durch eine Färbung (vgl. Abschnitt 2.5.4.) ist nachgewiesen worden, daß der Höhlenbach, vom Wassergang kommend, westlich der Halle der Vereinigung durch eine unbefahrbare Spalte fließt und nach etwa 80 Metern kurz vor dem Hannes Jodl-Dom wieder in den Kolkgang mündet (orographisch rechts des Höhlenbaches, 3 m oberhalb des fossilen Bachbettes). Es ist anzunehmen, daß der abgeleitete Höhlenbach mehr oder weniger parallel zum bereits erwähnten fossilen Wassergang zwischen Postkastl und Hannes Jodl-Dom fließt. An der gleichen Stelle, jedoch orographisch links, fällt aus 6 Meter Höhe ein Rinnsal mit maximal 0,5 l/s aus einer nach S verlaufenden Kluft. Hier handelt es sich sicherlich um Sickerwasser, das aus der überlagernden Moräne von 1850 stammt.

Der Name Kolkgang für den etwa 200 Meter langen, richtungskonstanten Höhlengang vom Postkastl bis zum OeTK-Schacht deutet bereits darauf hin, daß größere Erosionskräfte tätig gewesen sind. Gleich hinter dem Postkastl sind mehrere Kolke von 2 bis 3 Meter Durchmesser stufenförmig übereinander angeordnet.

Gangquerschnitte (Profile) der Höhle beim Spannagelhaus

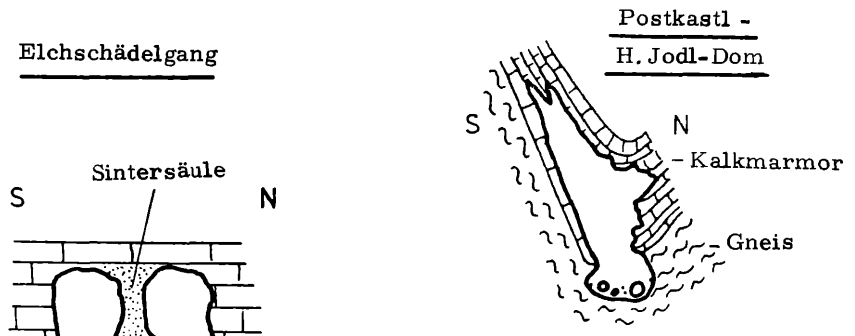
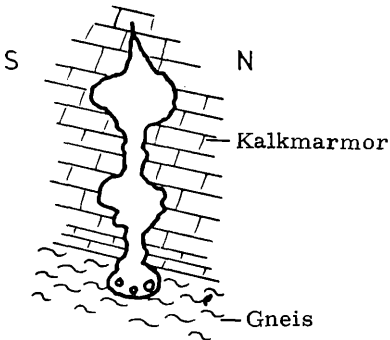
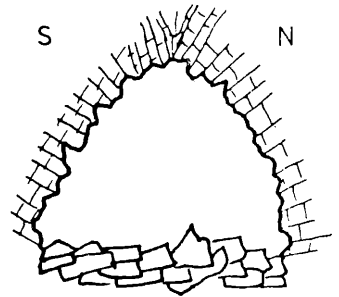


Abb.5

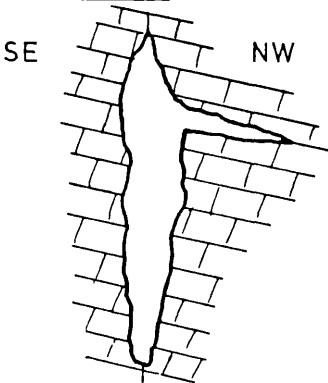
H. Jodl-Dom - OeTK-Schacht



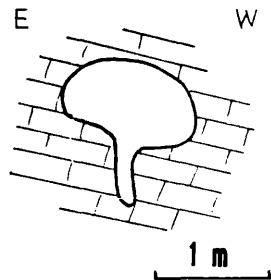
Umkehrhalle (Biwak)



Plattengang



Spinnengang



Sie befinden sich bereits im liegenden Gneis und können daher nur auf Erosions-
tätigkeit zurückzuführen sein (Abb. 5). Weiterhin deuten ortsfremde Gerölle bis
zu 30 cm Durchmesser auf ehemalige gewaltige Wassermassen hin. Innerhalb
des gesamten Kolkanges hat die Erosion die Korrosionsmorphologie so weitge-
hend überprägt, daß die ursprüngliche Korrosionstätigkeit nur mehr andeutungs-
weise erkennbar ist. Entlang des gesamten Kolkanges befindet sich die lokale
Erosionsbasis fast ausschließlich an der Grenze zum liegenden Gneis; dieser
wird jedoch nie tiefer als 1,5 m angeschnitten. Die Geradlinigkeit des Kolkgan-
ges, die nur durch nachträgliche Verstürze unterbrochen wird, hält sich meist
an die Richtung der nach W einfallenden B-Achse und die dadurch bedingte Haupt-
kluftrichtung sowie das Schichtstreichen des Kalkmarmors. Diese Richtung ver-
läuft nahezu von E nach W (R 80° - 85°). Aus den statistischen Diagrammen der
Richtungen der Höhlengänge und der Tektonik wird dies veranschaulicht (Abb. 6).

Da sich der Kolkgang hauptsächlich an diese oben erwähnte bevorzugte
Kluftrichtung hält, hat sich der ehemals um ein Vielfaches aktivere Höhlenbach
klammartig eingearbeitet. Mehrfach sind an Hand der Gangquerschnitte alter-
nierend breitere (bis zu 4 Meter) und engere (etwa 1 Meter) Partien der Höhlen-
wand vorhanden, die erkennen lassen, daß der Bach periodisch mit intensiverer
Erosionskraft tätig gewesen ist (Abb. 5).

Hannes Jodl-Dom:

Der Hannes Jodl-Dom ist über 15 m hoch und erweitert sich von oben nach
unten von 4 auf 8 Meter Durchmesser. Der Moränenkamm von 1850 liegt genau
oberhalb des Domes. Es dürften kaum Zweifel daran bestehen, daß Ausmaße und
Form des Domes auf Mischungskorrosion zurückzuführen sind, bedingt durch das
Zusammentreffen des Höhlenbaches mit von der Oberfläche kommendem Wasser.
Außer Tropfwasser ist gegenwärtig keine Wasserzufuhr mehr vorhanden, da die
Moräne diese ehemalige "Schwinde" abgedichtet hat. An der Basis des Domes
führt ein nur wenige Meter weit verfolgbarer fossiler Gang nach NE, der durch
gut ausgebildete Deckenkarren charakterisiert ist.

Hannes Jodl-Dom - OeTK-Schacht:

Auf dieser Strecke des Kolkanges führt der Höhlenbach bis zu 1,5 l/s Was-
ser, und der liegende Gneis ist an mehreren Stellen bis zu 1 Meter Tiefe erosiv
angeschnitten. Oberhalb eines Kolkes von 4 Meter Durchmesser, der mit Sand
und Kies aufgefüllt ist, befinden sich neben den häufigeren Knöpfchensintern auch

Stalaktiten an der Höhlendecke. Sie sind bis zu 15 cm lang und bis zu 2 cm "dünn". Nicht nur das an dieser Stelle vorhandene Tropfwasser deutet auf ein eher rezentes Alter hin, sondern auch der Umstand, daß diese Sinterbildung erst nach der Erosionstätigkeit innerhalb des Kolkes hat einsetzen können. Im allgemeinen kommen derartige Stalaktiten in der Höhle beim Spannagelhaus selten vor.

Der Kolkgang hält sich auch in diesem Abschnitt immer noch an die Hauptklufttrichtung (ca. 85°), an das Schichtstreichen, sowie an die nach W meist um 20° einfallende B-Achse. Mehrere Nebenklüfte (NS) sind bereits korrosiv erweitert worden, was durch Korrosionsnäpfchen und Deckenkarren gut zur Geltung kommt. Diese Karren sind viel breiter als tief. Bei diesen Karsterscheinungen handelt es sich um das Anfangsstadium der Kluft- und Fugenerweiterung durch Korrosion.

OeTK-Schacht - Umkehrhalle:

Der OeTK-Schacht führt 22 Meter nahezu senkrecht in die Tiefe. Die Anlage dieses bisher einzigen Schachtes in der Höhle beim Spannagelhaus ist durch das Umbiegen der Schichten in Saigerstellung bedingt. Dieses ist tektonisch auf eine Flexur entlang der B-Achse zurückzuführen (Profil A; Tafel 2). Der Höhlenbach hat sich hier entlang der Gesteinsgrenze zwischen Kalkmarmor und liegendem Gneis eingeschnitten. Durch Nachbrechen einzelner Schichtglieder, bedingt durch die Saigerstellung, ist hier ein größerer Hohlraum gebildet worden, da das nachbrechende Gestein durch den ehemals viel stärker wasserführenden Höhlenbach abtransportiert worden ist (ca. 3000 m³). Der jetzige Höhlenbach bildet im Schacht einen Wasserfall und versickert anschließend in einen tieferen, verschütteten Gang. An Hand einer Färbung des Wassers im September 1975 ist nachgewiesen worden, daß dieser Höhlenbach in der Hermann Gaun-Halle nach NE weiterfließt. Diese ist eine langgestreckte Halle, ca. 60 m lang, bis zu 9 m breit und über 10 m hoch (ca. 4500 m³).

In der Hermann Gaun-Halle sind die meisten Sinterbildungen der gesamten Höhle vorhanden. Stalaktiten sind bis zu 20 Zentimeter lang und haben Durchmesser bis zu mehreren Zentimetern. Knöpfchensinter sind in mannigfaltigen Formen ausgebildet. Zentimeterdicke Wandsinterüberzüge, sowie mehrere Excentriques sind auffallend.

Da es sich nach mündlicher Mitteilung von H. TRIMMEL höchstwahrscheinlich um den bisher einzigen Fund von Excentriques der Ostalpen in derart hochalpiner Lage - 2420 m ü. d. M. - handelt, sei das bestausgebildete Exemplar kurz

beschrieben. Es befindet sich in einer ca. 20 cm langen, 15 cm breiten und 15 cm tiefen Nische der Höhlenwand. Diese Hohlform ist mit einem Sinterüberzug von mehreren Zentimetern Dicke ausgekleidet. Das Excentrique hängt hakenförmig von der "Decke" dieser Nische. Es ist zuerst 8 Zentimeter lotrecht nach unten gewachsen; dann erfolgt ein Umbiegen in die Horizontale und gleich anschließend ein Weiterwachsen schräg nach oben mit weiteren 4 Zentimeter Länge. Der Durchmesser dieses "wulstigen Hakens" variiert kaum und beträgt durchgehend etwa 1 Zentimeter. Dem derzeitigen Wachstumsende sitzen zwei Verästelungen im Millimeterbereich auf. Da sich das Excentrique innerhalb einer kleinen Nische am Rande einer großen Halle befindet, ist die Beteiligung von Zugluft an der Genese nahezu ausgeschlossen.

Auch die übrigen Excentriques, die bis zu 5 cm lang sind und geringere Durchmesser aufweisen, entsprechen der Definition, daß es sich um "vielfältig gekrümmte, in ihrem Wachstum nicht schwerkraftorientierte Calcitbildungen handelt, die dem Formenkreis der Sinterbildungen angehören" (H. TRIMMEL 1965). Die vorgefundenen Excentriques sind sogenannte "Vermiformes" (wurm förmige Gebilde). Für die Entstehung derartiger Excentriques werden die verschiedensten Einflüsse angenommen, über deren Wirksamkeit und Bedeutung noch keine volle Klarheit besteht (H. TRIMMEL 1968). An der erwähnten Stelle sind sämtliche Sinterbildungen noch im Wachstum begriffen, da ihnen durchwegs Tropfwasser aufsitzt und Korrosionserscheinungen auf dem Sinter nicht auftreten. Das ist recht beachtenswert.

Zwischen Hermann Gaun-Halle und Umkehrhalle fallen die Schichten relativ flach gegen NW ein. Dadurch ergibt sich besonders in der Hermann Gaun-Halle Gelegenheit, die Schichtung des Bändermarmors im Profil angeschnitten zu sehen. So sind zahlreiche Hornsteinlinsen gut zu studieren, die bis zu 30 Zentimeter aus der Höhlenwand hervorstehen. Die nicht korrodierbaren Hornsteine (Quarz) sind durch die Korrosion des umgebenden Karbonatgesteins "herausgearbeitet" worden. Die Linsen geben damit einen ausgezeichneten Einblick in den absoluten Kalkabtrag durch Korrosion der kalkaggressiven Sickerwässer entlang der Höhlenwand. An den Stellen mit intensivsten Tropfwässern (auch in der Winterzeit) sind die aus der Wand herausragenden Hornsteinlinsen entsprechend kürzer. Als Mittelwert können 5 bis 10 Zentimeter gelten (Vgl. auch 3.2.).

Von der Hermann Gaun-Halle fließt der Höhlenbach, jetzt mit einer Schüttung bis zu 2 l/s, nach W in Richtung zum Damoklesschluf, wo er in einer unbefahrbaren Spalte verschwindet. Auch in diesem Abschnitt sind wieder schöne Erosionskolke im liegenden Gneis ausgebildet. Vor der Spreizschlucht ist eine massive Wandversinterung mit Stalaktiten entstanden.

Im Bereich Schläferhalle - Blinddarm - Schwarzer Gang (bis kurz vor die Umkehrhalle) sind Höhlensedimente sehr häufig. Es handelt sich hauptsächlich um sandigen Lehm mit eingelagerten Erratica (bis zu 20 cm Durchmesser). Größere und auch bedeutend mehr Erratica sind an den Verlauf des Höhlenbaches gebunden, der in dem eben erwähnten Bereich nicht mehr vorhanden ist. Aus dem vorgefundenen Lehm sind Proben zur Pollenanalyse entnommen worden; sie haben sich jedoch als "leer" erwiesen. Sinterbildungen sind in diesem Bereich nur in untergeordnetem Maße vorhanden. An der Stelle, an der sich die mächtigste Lehmanhäufung befindet, sind Calcitdrusen mit nadelförmigen, bis zu 3,5 cm langen Kristallen entstanden, die sicherlich unter Wasser gebildet worden sind. Im ganzen deutet dieser labyrinthisch ausgebildete Höhlenteil an Hand der Höhlensedimente darauf hin, daß hier gewaltige Wassermassen ihren Weg in die Tiefe gesucht haben. Der höchstgelegene Teil, der Schwarze Gang, befindet sich bereits in den hangenden graphitischen Kalkmarmoren.

Umkehrhalle:

Die Umkehrhalle (Abb. 5) ist eine größere, längliche Halle mit ca. 40 Meter Länge, bis zu 9 Meter Breite und mit mehreren Meter Höhe (ca. 800 m³). Sie ist genau entlang einer Faltenachse (B-Achse) entstanden und befindet sich im Kern einer Mulde, die in der Fortsetzung der im E anschließenden Schneefleckhöhle (vgl. 4.1.1.) liegt. An der Decke ist die Schichtung saiger, was zum Eintritt von Tropfwasser führt. Genau an dieser Stelle steht das im April 1976 errichtete Biwak; bis zum März 1977 haben sich in dem aus Plastikfoile gespannten Dach von ca. 8 m² Fläche ca. 50 Liter Wasser angesammelt. Daraus können für die dort herrschenden Bedingungen ca. 6 Liter Tropfwasser pro Quadratmeter und Jahr errechnet werden, was einer Niederschlagsmenge von etwa 6 mm pro Jahr entspricht.

Umkehrhalle - Spinnengang:

Der Höhlenteil von der Umkehrhalle bis vor den Spinnengang befindet sich infolge der gegebenen tektonischen Verhältnisse und des plattigen Nachbruches des Gesteins bereits im Stadium des Raumverfalls (H. TRIMMEL 1968). Die mit der Umkehrhalle in Verbindung stehende Schneefleckhöhle, die sich maximal etwa 80 Meter östlich der Umkehrhalle und des Schwarzen Ganges befindet, ist von der Höhle beim Spannagelhaus durch einen Verstoß getrennt. Der Gneisbach, der maximal 2 l/s Wasser führt, kommt aus der Schneefleckhöhle und fließt unter-

halb der Verstürze der Umkehrhalle durch; er verschwindet weiter westlich, nachdem er etwa 60 Meter im Gneisbach-Gang zurückgelegt hat, in einer nur schwer befahrbaren Spalte. Diese Stelle dürfte die einzige Möglichkeit bieten, entlang der Fortsetzung des Gneisbaches eine eventuelle Befahrung in Richtung zur Spannagelmündungshöhle durchzuführen. Der bisher bekannte Teil des Gneisbaches hat sich bereits in den liegenden Gneis eingeschnitten.

Der Christine Kapfinger-Dom ist abermals durch eine Flexur des Gesteinskomplexes entlang des steileren Einfallens der Schichten bedingt (ca. $50^{\circ}/45^{\circ}$ NW), ähnlich wie die Struktur des OeTK-Schachtes (vgl. Profil A und B, Tafel 2). Entlang der die Höhlensohle bildenden Schichtfläche sind Erosionskolke mit Erratica ausgebildet, die darauf hinweisen, daß der Gneisbach früher in diese Richtung gegen Westen entwässert hat. Es wäre denkbar, daß der Gneisbach dieses Bachbett bei Hochwasser noch oder wieder benützt, was jedoch bisher bei keiner Befahrung dieser tieferen Höhlenteile nachgewiesen werden konnte.

An der Basis des Christine Kapfinger-Domes beginnt der Plattengang. Dieser zieht entlang einer EW-Kluft ca. 150 Meter gegen W abwärts, bedingt durch die B-Achse. Entlang von Schichtflächen bricht immer wieder das plattige Gestein nach, so daß der Gang auf längeren Strecken bereits bis über 6 m hoch und breit ist. Unter den Versturzsplatten befindet sich das fossile Bachbett. Die Befahrung des Plattengangs erfolgt über diesem sehr labilen Versturz. Am Ende des Ganges ist die Höhle nicht mehr verstürzt und die Höhlengänge sind dem Gebirgsdruck gegenüber optimal ausgebildet: nicht allzu großräumig und mit zugerundetem Profil.

Spinnengang - Schatzkammer:

Der expeditionsmäßige Vorstoß in diesen Höhlenteil hat erwiesen, daß es sich um einen fossilen Höhlenteil handelt. Erratica deuten darauf hin, daß die Ausmaße dieses Höhlenteils ebenfalls durch Gletscherschmelzwässer bedingt sind. Die Gesteinsschichten fallen immer noch gegen NW ein.

Der Spinnengang besteht aus einem Hauptgang mit durchgehendem, typischem Schlüssellochprofil und aufwärts führenden Ellipsengängen. Diese Nebengänge verengen sich nach hinten und Gesteinsplatten deuten darauf hin, daß sie teilweise mit dem Plattengang in Verbindung stehen. Sämtliche Gänge brechen kaum nach. Die Wände sind relativ glatt und teilweise mit Facetten überzogen. Dem Muttergestein - massiger, bezw. graphitischer Kalkmarmor - sitzen vielfach Knöpfchensinter auf. Der Spinnengang geht in einen labyrinthischen Teil über, in dem sich der 16 Meter hohe Georg Mutschlechner-Dom befindet. Dieser Dom

ist durch Mischungskorrosion bedingt, da mehrere geröllführende Nebengänge in diesen Dom einmünden. Von der Sohle des Domes zieht das fossile Bachbett zwischen Versturzböcken unbefahrbar weiter in die Tiefe. Es ist dies der tiefste bisher erreichte Punkt in der Höhle beim Spannagelhaus, etwa 240 Meter unterhalb des Einganges. Der auf ca. 2280 Meter Seehöhe gelegene Georg Mutschlechner-Dom wird von etwa 100 Meter Zentralgneis überlagert; an seiner Sohle hat man etwa die Hälfte des Höhenunterschiedes zwischen dem Eingang in die Höhle beim Spannagelhaus (2521 m ü. d. M.) und jenem der Spannagelmündungshöhle (1980 m ü. d. M.) überwunden. Noch trennen aber etwa 1,5 Kilometer Abstand (Luftlinie) die genetisch zusammenhängenden Höhlen, die das Spannagelhöhhlensystem bilden.

Oberhalb des Georg Mutschlechner-Domes ist der nach W führende Hauptgang ebenfalls verstimmt. Am Ende dieses Ganges ist die bisher einzige bekannte Stelle, an der der hangende Zentralgneis die Höhlendecke bildet. Ein fossiler Höhlengang zieht hier nach einem schwer befahrbaren Verstimz schlangenförmig nach S aufwärts. Er weist ein Schlüssellochprofil auf. Sein Ende besteht aus der sogenannten Schatzkammer, deren Fortsetzung verstimmt ist. Die Sohle dieser Kammer ist mit Erratica bis zu 15 cm Durchmesser bedeckt. Etwas Sickerwasser ist vorhanden. Wände und Decke sind zum Teil mit sehr reinen Calcitkristallen und mit verschiedenen Sinterbildungen überzogen. Knöpfchensinter, Sintervorhänge, bis zu 30 cm lange Tropfröhrchen, kleinere Stalagmiten und Excentriques sind vorhanden. Die Schatzkammer befindet sich auf ca. 2310 Meter Seehöhe.

3.2. SPELÄOGENESE DER HÖHLE.

Die speziellen geologisch-tektonischen Verhältnisse und der verkarstungsfähige Hochstegegn-Kalkmarmor haben die primäre Korrosion innerhalb des Gesteines begünstigt. Diese Korrosion hat der Erosion die Wege vorbereitet, indem die Klüfte und Schichtfugen zu offenen Spalten erweitert worden sind.

In der Höhle beim Spannagelhaus ist die primäre Korrosionsphase durch Korrosionsnäpfchen, Deckenkarren, Ellipsengänge und Sackgänge belegt. Die Entstehung der Ellipsengänge entlang von Schichtfugen sowie der anschließenden Sackgänge im Spinnengang ist am ehesten bei Füllung mit Wasser denkbar; dies deutet auf phreatische Bedingungen sowie auf Mischungskorrosion hin (A. BÖGLI 1970). Daß die tief im Höhleninneren liegenden Ellipsengänge innerhalb der gesamten Höhle eher eine Ausnahmserscheinung darstellen, ist auf die Erosionsleistung der nachträglich in die Höhle eingetretenen Gletscherschmelzwässer zurück-

zuführen, die die Korrosionsmorphologie überprägt haben. Daher ist die Korrosionsphase nur noch in Spuren zu erkennen. Den Übergang vom korrosiven zum erosiven Abschnitt der Raumerweiterung belegen die Fließfacetten. Sie treten am ehesten dort auf, wo ruhiges Wasser flächenhaft abgeflossen ist, und fehlen dort, wo geröllführendes Gletscherwasser innerhalb der Höhle allmählich wirksam geworden ist.

Die Erratica können nur durch Gletscherwässer in die Höhle beim Spannagelhaus gelangt sein. Sie sind in nahezu sämtlichen Höhlengängen anzutreffen und sowohl vom Kolkgang-Bach als auch vom Gneisbach in die Höhle gebracht worden. Von der gewaltigen Erosionsleistung der Gletscherwässer zeugen neben den Erratica auch die Erosionskolke, die meist bereits innerhalb des liegenden Gneises liegen. Höher gelegene fossile Kolke deuten auf das allmähliche Einschneiden des ehemaligen Höhlenbaches hin. Der konglomeratisch zusedimentierte fossile Höhlengang im Bereich des Wasserganges, sowie sandige und lehmige Höhlensedimente in den verschiedensten Höhlenteilen sind ebenfalls auf die Wirksamkeit der Gletscherschmelzwässer zurückzuführen, vielleicht in einer Phase des Eisrückzuges.

Mit dem Nachlassen der Schmelzwasserzufuhr und damit der Wasserführung der Höhlenbäche, denen die Erweiterung der Höhlenräume zu verdanken ist, ist eine vergleichsweise passivere Phase der Höhlenentwicklung eingetreten. Diese relative Passivität dürfte bis heute andauern. Der hangende Zentralgneis schirmt die Höhle von Oberflächenwässern zur Gänze ab. Nur in den höher gelegenen Höhlenteilen, über denen die Moräne von 1850 das Hangende bildet, treten Sickerwässer auf. Die beiden Höhlenbäche führen in den Sommermonaten maximal je 2 l/s Wasser. Im Winter liegt die Schüttung des Kolkgang-Baches um 1 l/s, jene des Gneisbaches um 0,1 bis 0,2 l/s. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der Kolkgang-Bach hauptsächlich von Sickerwässern gespeist wird und eine weite Strecke innerhalb der Höhle zurücklegt, während der Gneisbach fast zur Gänze vom Schneefleck im Eingangsbereich der Schneefleckhöhle gespeist wird. Die Erosionsleistung dieser Höhlenbäche, die nicht geröllführend sind, kann gegenüber der Tätigkeit der früheren Gletscherschmelzwässer vernachlässigt werden. Das ist auch der Grund, warum die bis zur Gegenwart andauernde letzte Phase der Höhlenentwicklung im Vergleich zur vorangegangenen als passiv bezeichnet wird.

Als fossil werden jene Höhlengänge bezeichnet, in denen überhaupt kein Wasser mehr auftritt, sowie solche, die mit Sedimenten aufgefüllt sind.

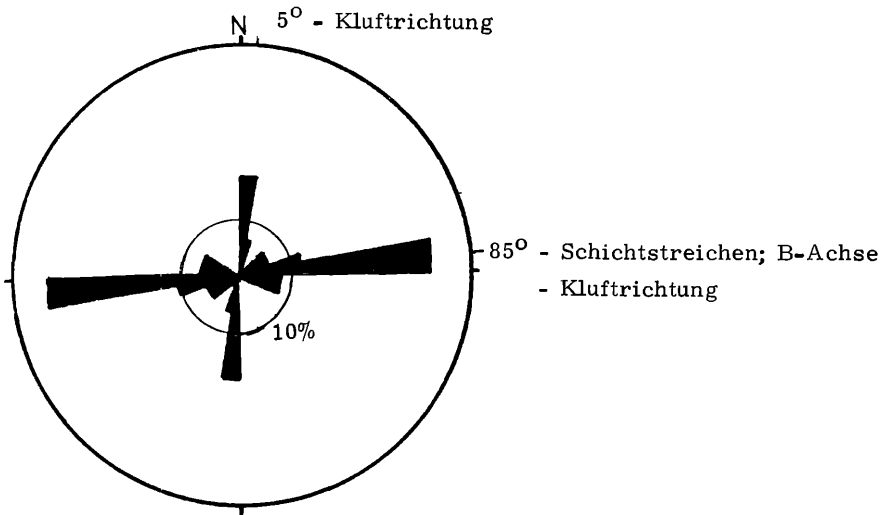
Die derzeitigen Höhlenbäche entfalten wohl eine gewisse Korrosionstätigkeit. Durch das langsame Fließen dieses Wassers ist wieder Korrosion auch in kaum geneigten Höhlengängen möglich, was auch auf Grund der Wasseranalysen (Tab. 2)

ziemlich wahrscheinlich ist. Der Verfasser neigt dazu, das Verschwinden der beiden Höhlenbäche in unbefahrbare Spalten und das Verlassen der früheren Abflußwege durch die befahrbaren Höhlengänge dieser rezenten passiven Phase zuzuordnen.

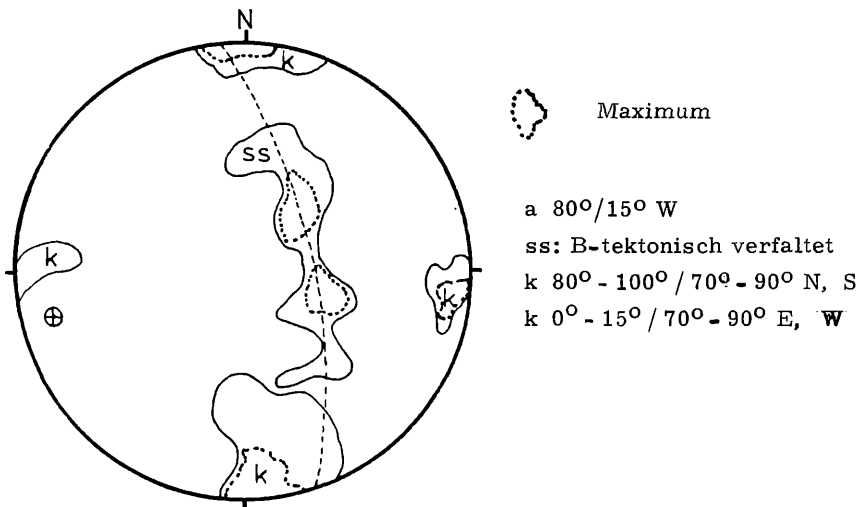
Während dieser passiven Phase sind auch die Sinterbildungen entstanden. Diese müssen nach dem Aufhören der Erosionstätigkeit der Gletscherschmelzwässer gebildet worden sein, da sie sich an Stellen befinden, wo sie dieser Erosion zum Opfer gefallen wären. Zwei Arten von Sinterbildungen kommen vor: solche, die durch das Fehlen, bzw. solche, die durch das Auftreten von Sickerwässern als fossil, bzw. als aktiv zu bezeichnen sind. So ist beispielsweise die Sintersäule im Elchschädelgang, in dem kein Sickerwasser (mehr) auftritt, als fossile Sinterbildung anzusehen, die wegen ihrer Mächtigkeit während des nacheiszeitlichen Klimaoptimums (8. bis 2. Jahrtausend vor Christi Geburt) entstanden sein muß. Die aktiven Sinterbildungen, wie etwa die Excentriques und Tropfsteine in der Hermann Gaun-Halle, sind seit jener Warmzeit bis auf den heutigen Tag im Wachstum begriffen, da ständig Sickerwässer auftreten.

Eine Korrosion an den Höhlenwänden an jenen Stellen, wo Sickerwässer auftreten, ist ebenfalls erst in der passiven Entwicklungsphase der Höhle möglich; in der vorangegangenen aktiven Erosionsphase wären die hervorgewitterten Hornsteine abgebrochen worden. Diese Hornsteine erlauben es, den absoluten korrosiven Kalkabtrag an der Höhlenwand seit dem Rückzug der Gletscherwässer zu ermitteln. Da es ziemlich gewiß ist, daß seit dem Daunstadium keine Gletscherwässer mehr in die Höhle gelangt sind (vgl. 1. 2.), hat die passive Phase damals, d. h. vor etwa 9000 Jahren, eingesetzt. Unter der Annahme, daß die Zufuhr von Sickerwässern seither konstant geblieben ist - was kaum der Fall ist - wird rein theoretisch im Bereich der hervorstehenden Hornsteinlinsen in 100 Jahren etwa 1 Millimeter Kalkmarmor durch flächenhafte Korrosion der Höhlenwand abgetragen. Dies gilt natürlich nur für Stellen, an denen reichlich Sickerwasser auftritt. Es wäre sinnlos, diesen theoretischen Wert für die gesamte Höhle beim Spannagelhaus zu verallgemeinern.

In gewissen Höhlenteilen hat bereits das Verfallsstadium eingesetzt. Das ist vor allem in jenen Bereichen der Fall, wo Großräumigkeit und plattiger Zerfall von Kalkmarmor tektonisch vorgegeben sind, so daß kaum befahrbare Verfallstürze auftreten, deren Gesteinsschutt vom jetzigen Höhlenbach nicht mehr aufgearbeitet werden kann. Schneefleckhöhle, Umkehrhalle, Gneisbach und Plattengang befinden sich bereits in diesem Verfallsstadium. In diesen Höhlengängen ist bei Befahrungen besondere Vorsicht geboten.



Richtungsrose der Höhlengänge innerhalb der Höhle beim Spannagelhaus
Richtungen in % ; Spannweite der Größenklassen 10°



Flächentreue Azimutalprojektion, Schmidtsches Netz (360°)
Polpunktdarstellung der ss- und k-Flächen, ca. 150 Messungen
Konstruktion der B-Achse (a) mit Durchstoßpunkt \oplus

Auf die Rolle der B-Tektonik für die Richtungen der Höhlengänge ist bereits bei der Beschreibung der Höhle beim Spannagelhaus näher eingegangen worden. Die statistischen Diagramme (Abb. 6) sind eindeutig. Der Grundriß der Höhle (Tafel 3) läßt deutlich zwei Gruppen von Höhlenteilen erkennen. Zum ersten Typus gehören der Kolkgang, der Plattengang und die Schneefleckhöhle. Diese richtungskonstanten Gänge halten sich vorwiegend an die bereits mehrfach erwähnte B-Achse, die der Höhle die Längserstreckung von E nach W sowie das westliche Einfallen aufzwingt. Zum zweiten Typus gehören die labyrinthischen Bereiche zwischen Eingang und Postkastl und zwischen Hermann Gaun-Halle und Umkehrhalle. Diese Labyrinth sind durch eine sehr flache Lagerung der Gesteinsschichten bedingt, so daß das Wasser sich seinen Weg regelrecht suchen müssen, um die allgemeine westliche Neigung des Schichteinfallens zu finden. Dabei kommen nicht nur die EW-Klüfte, sondern auch die NS-Richtung zur Geltung, wodurch der labyrinthische Charakter der Räume zustande gekommen ist.

Aus dem komplizierten Verlauf des Labyrinthes zwischen Hermann Gaun-Halle und Umkehrhalle läßt sich nicht mehr rekonstruieren, ob die beiderzeit unabhängig voneinander nach W abfließenden Höhlenbäche - Kolkgangbach und Gneisbach - in diesem Höhlenteil ursprünglich aufeinandergetroffen sind. Sicher ist, daß nach dem Rückzug der Gletscherschmelzwässer dort die mächtigste Anhäufung von sandigem Lehm mit Erratica der gesamten Höhle abgelagert worden ist, wobei anschließend die Calcitdrusen innerhalb von stehenden Gewässern entstanden sind. Die unbefahrbaren Stellen, an denen die Höhlenbäche jeweils verschwinden, befinden sich ungefähr in der gleichen Seehöhe und liegen in Luftlinie nur etwa 30 Meter voneinander entfernt. Demnach ist es gut vorstellbar, daß sich die beiden Höhlenbäche in einem noch unbekanntem aktiven Höhlenteil treffen, der erst - wie bereits weiter oben erwähnt - während der passiven Entwicklungsphase entstanden ist.

Bei der Vorstoß-Expedition im November 1977 hat sich erwiesen, daß es sich bei der Raumfolge Plattengang - Spinnengang - Georg Mutschlechner-Dom Schatzkammer jedenfalls um einen fossilen Höhlenteil handelt.

I. DIE NÄHERE UMGEBUNG DES SPANNAGEL = HÖHLENSYSTEMS

4. 1. KARSTHYDROGEOLOGIE DER UMGEBUNG DER HÖHLE BEIM SPANNAGEL= HAUS

Das als Umgebung der Höhle beim Spannagelhaus bezeichnete Gebiet umfaßt zunächst das unter Schutz gestellte Gebiet (Bescheid des Bundesdenkmalamtes vom 24. April 1964, Zl. 4514/64), das als "Umgebung des Einganges der Höhle beim Spannagelhaus" bezeichnet wird, reicht aber - da sich die Höhle weiter gegen Westen erstreckt, darüber hinaus (vgl. Abb. 7). In der Umgebung der Höhle beim Spannagelhaus sind folgende Höhlen katastermäßig erfaßt:

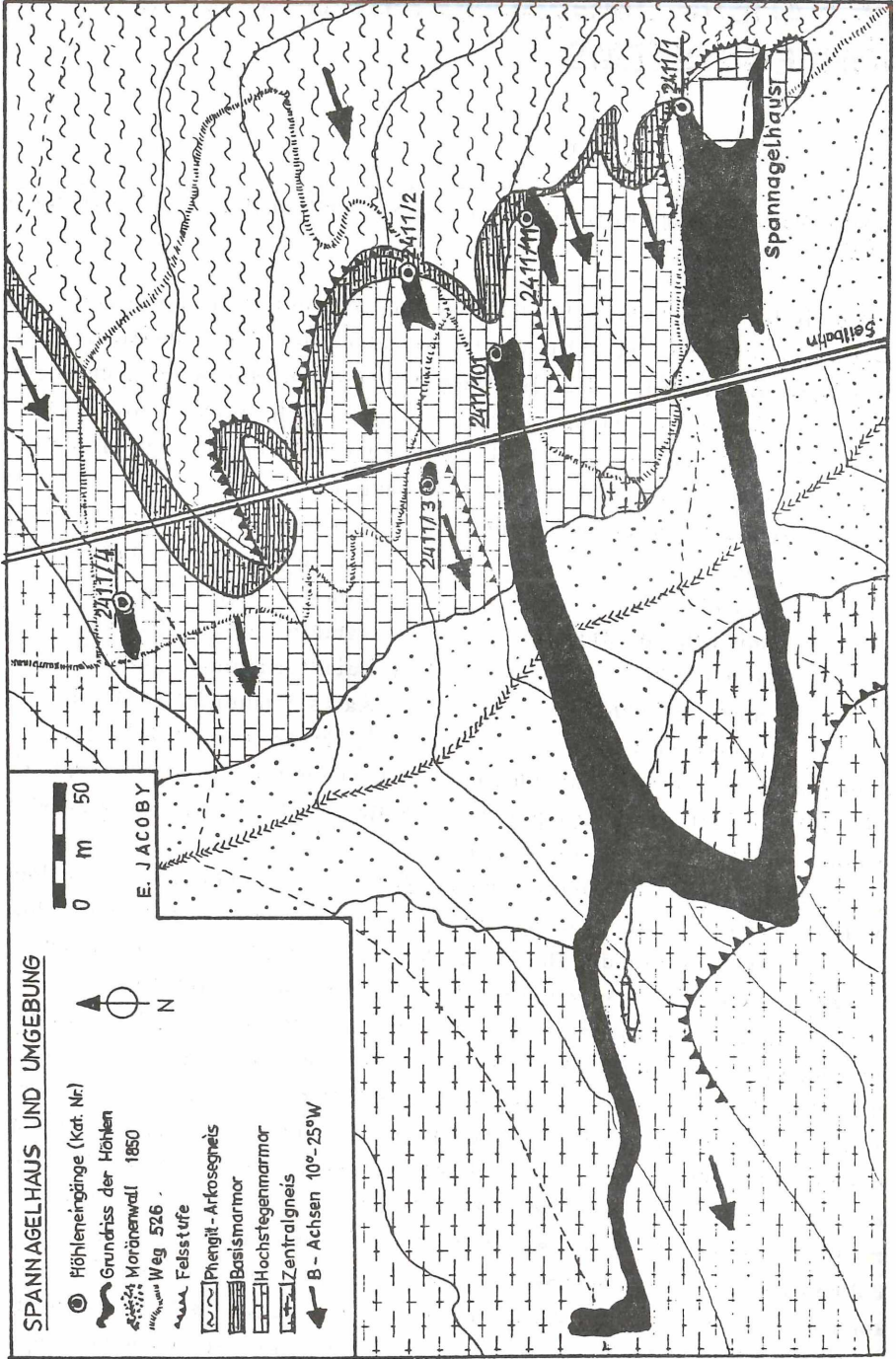
Höhle beim Spannagelhaus	Katasternummer 2411/1
Windloch	Katasternummer 2411/2
Sandekhöhle	Katasternummer 2411/3
Schrägplattenhöhle	Katasternummer 2411/4
Naturbrücke	Katasternummer 2411/5
Schneefleckhöhle	Katasternummer 2411/10
Fensterhöhle	Katasternummer 2411/11.

Durch den Skipistenbau der Hintertuxer Gletscherbahn Ges. m. b. H. & Co. K. G. sind im Frühsommer 1976 die Eingänge der Schneefleckhöhle und des Windloches sowie die gesamte Naturbrücke zerstört worden.

Im beschriebenen Bereich ist der hangende Zentralgneis über dem Hochstegenkalkmarmor wegerodiert worden; erst westlich der Moräne von 1850 bildet er wieder das Hangende. Der den Hochstegenkalkmarmor unterlagernde Phengit-Arko-se-Gneis bildet nach Nordosten hin markante Felsstufen im Gelände.

Im hangenden Zentralgneis westlich der Moräne von 1850 gibt es deutliche Gletscherschliffe; die Kluftsysteme sind gut erkennbar. An einer Stelle ist eine etwa 20 m lange und 5 m breite Linse von Bändermarmor aufgeschlossen, der tektonisch stark zerquetscht ist, was auf ein Heraufschuppen des liegenden Hochstegenkalkmarmors hinweist. Diese Bändermarmor-Schuppe weist Karren bis zu 1 Meter Tiefe - teilweise mitscharfkantigen Zwischengraten - sowie Fließfacetten auf. Ihr Alter kann, da die Gletschererosion noch um 1850 wirksam war, kaum mehr als 120 Jahre betragen. Da innerhalb des Zentralgneises kein weiteres Kalkmarmor-Vorkommen nachgewiesen werden konnte und da der hangende Gneis 40 bis 100 Meter mächtig ist, kann ein weiterer Zugang zur Höhle beim Spannagelhaus westlich

Abb.7



und oberhalb des bekannten Höhleneinganges nicht gefunden werden. Östlich der Moräne von 1850 dagegen ist der dort aufgeschlossene Hochstegenkalkmarmor zur Gänze verkarstet. Die geringmächtige Kalkmarmorabfolge ist entlang der nach Westen einfallenden B-Achse gefaltet, wobei die "Wellen" in ihrer Gesamtheit dem liegenden Phengit-Arkose-Gneis ziemlich flach aufliegen (Abb. 2 und 8).

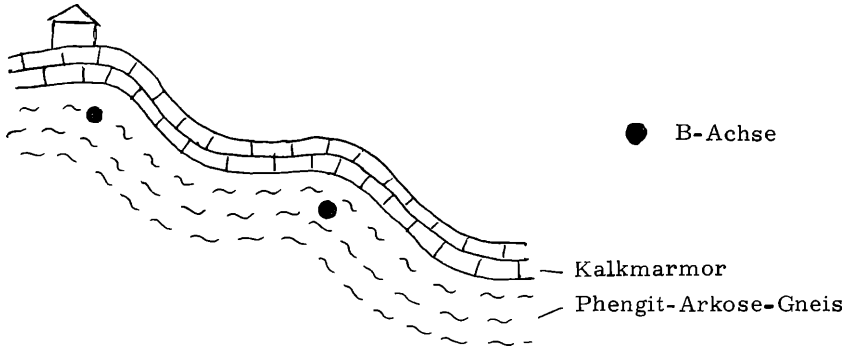


Abb.8

Die Amplitude der Verfaltung übersteigt kaum einige Zehner von Metern; sie liegt öfter im Meterbereich oder im Dezimeterbereich. Wie an anderer Stelle bereits nachgewiesen wurde, sind die Höhlen in der Umgebung des Spannagelhauses durch Gletscher-(Schmelz-)wässer entstanden, die einen Schwächepunkt entlang der Gesteinsgrenze Basismarmor/liegender Gneis gefunden haben. Für die Entwicklung der Höhlen ist überdies die tektonisch bedingte Klüftung des Gesteins (hauptsächlich bc- und ac-Klüfte) maßgebend, ferner das Verlaufen dieser Schwächezone an einer ac-Felsstufe, die durch Glazialerosion entstanden ist. Nahezu alle Höhleneingänge liegen an der Gesteinsgrenze und liegen sowohl im Mulden- als auch im Sattelbereich der gefalteten Gesteinsserie. Sämtliche Höhlen verlaufen parallel zu der nach Westen einfallenden B-Achse, das heißt mit einer Neigung um 20° nach Westsüdwest (Abb. 10).

Alle Höhlen mit Ausnahme der Höhle beim Spannagelhaus und der Schneefleckhöhle sind bereits nach wenigen Metern zusammengestürzt oder mit Erratica und Blockwerk verschüttet. Trotzdem kann im Inneren sämtlicher Höhlen die Erosions- bzw. Korrosionstätigkeit der Gletscherwässer nachgewiesen werden. Die Parallelität der Höhlengänge zueinander läßt überdies die Vermutung zu, daß die oben aufgezählten Höhlen zumindest zum Teil untereinander in Verbindung gestanden sind. Bei diesen Resthöhlen handelt es sich demnach um ein fossiles Höhlensystem. Zusammengestürzte Höhlen sind im Gelände mehrfach an der Anhäufung von Plattenkalk-

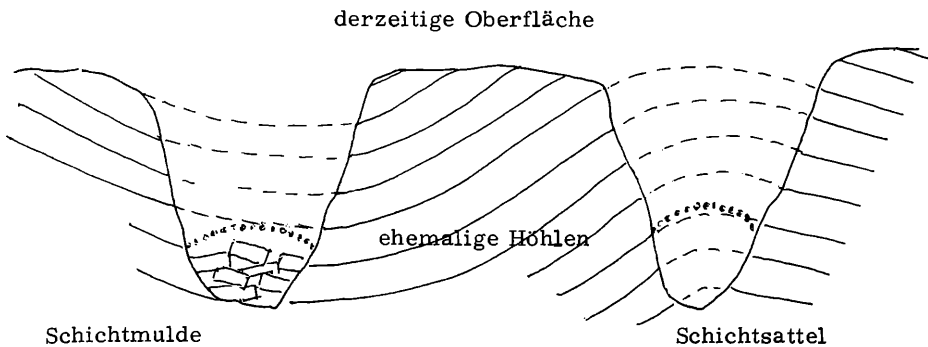
marmoren innerhalb von Gräben (wieder im Achsenstreichen) zu erkennen. Durch solche Strukturen werden die tektonischen Mulden übertieft und die tektonischen Sättel werden zu Gräben. Diese meist scharfkantigen Strukturen sind sicherlich nach der letzten Eisüberdeckung entstanden, da sie sonst der Glazialerosion zum Opfer gefallen wären, und sind auf das Nachbrechen der Höhlengänge zurückzuführen. Auf diese Weise sind auch dolinenähnliche Formen zu erklären. Vor dem Eingang in die Schneefleckhöhle ist eine solche "Wanne" mit einigen Zehnern von Meter im Durchmesser, in der sich über den Hochsommer hinweg Firnschnee hält. Das Schmelzwasser dieses Schneeflecks speist den Gneisbach in der Höhle beim Spannagelhaus. Eine ähnliche Doline, die jedoch nur 15 Meter Durchmesser aufweist, befindet sich vor der Schrägplattenhöhle.

Weitere Karsterscheinungen im bearbeiteten Gebiet sind Karren, die genetisch sehr unterschiedlich sein können. Da Humuspolster kaum vorhanden sind, handelt es sich in dieser Seehöhe fast ausschließlich um "freie Karren" (A. BÖGLI 1960). Sämtliche Karren sind durch flächenhafte Benetzung entstanden. Rinnenkarren treten bevorzugt an mittelsteil geneigten Schichtflächen auf. Kluftkarren sind ebenfalls sehr häufig und verlaufen entweder parallel zum Schichtstreichen oder parallel zur Einfallrichtung. Trittkarren konnten nur ausnahmsweise festgestellt werden. Von Gletscherschliffflächen gekappte Karren konnten nicht beobachtet werden; es handelt sich demnach um nachwürmzeitliche Korrosionsformen. Sobald die Karren ein gewisses Ausmaß erreicht haben, werden sie zumeist durch intensive Frostsprengung wieder zerstört.

4.1.1. Die Schneefleckhöhle (Kat. Nr. 2411/10).

Die Schneefleckhöhle ist während der Forschungswoche im September 1976 entdeckt, erkundet und vermessen worden (G. MUTSCHLECHNER, E. JACOBY). Im Frühsommer 1976 wurde der Höhleneingang bis zur Unkenntlichkeit zugeschüttet und teilweise zerstört, als die Hintertuxer Gletscherbahn Ges. m. b. H. & Co. K. G. ein Skipiste baute. Da sich die Schneefleckhöhle in dem zum Naturdenkmal erklärten Bereich der Umgebung der Höhle beim Spannagelhaus befindet, mußte der Eingang jedoch über Anordnung der Bezirkshauptmannschaft Schwaz wieder freigelegt werden. Im September 1976 kam es dann zu einer genauen Höhlenvermessung (G. MUTSCHLECHNER, D. und E. JACOBY).

Der Höhleneingang befindet sich rund 150 Meter nordwestlich des Spannagelhauses nahe oberhalb des Weges 526 in 2470 m Seehöhe. Von der Sesselliftstütze Nr. 27 ist er 34 m in östlicher Richtung entfernt. Im Sommer 1975 lag der Eingang am Rande eines Schneeflecks; 1976 war der Schnee zur Gänze geschmolzen und 1977 blieb die Höhle unter der Schneedecke verborgen und unzugänglich.

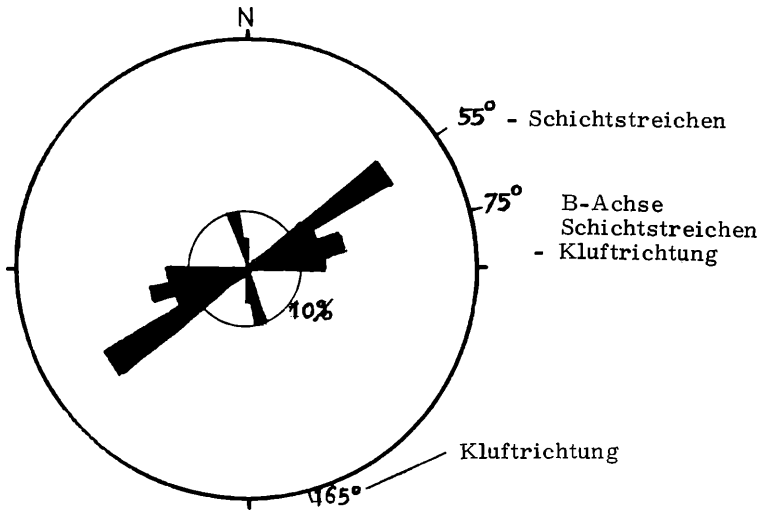


Die Gesamtlänge der Schneefleckhöhle beträgt etwa 170 Meter, der Gesamthöhenunterschied -52 Meter. Nach dem etwas verstürzten Eingang erweitert sich die Höhle auf eine Breite von 8 Metern und eine Höhe von 6 Metern. An manchen Stellen erreicht der Höhlengang, der sich tunnelartig mehr oder weniger geradlinig gegen WSW absenkt, sogar je 10 Meter Breite und Höhe. Die ganze Höhle ist in einem sehr plattigen Hochstegen-Bändermarmor entwickelt, der Hornsteinlinsen enthält, die ähnlich wie in der Höhle beim Spannagelhaus infolge der Korrosion des sie umgebenden Karbonatgesteins aus der Wand herauswittern. Die gewaltigen Ausmaße der Höhle sind nicht nur durch das plattige Nachbrechen des Gesteins entlang der Schichtflächen zu erklären, sondern auch die Folge einer lokalen tektonischen Struktur. Die Höhle ist nämlich in der Streichungsrichtung einer B-tektonisch bedingten Muldenachse entstanden (Abb. 12; R 65-90; a 70-80/16 - 20 W). Die dadurch bedingten Längsklüfte streichen annähernd parallel zur Achsenrichtung (k 70/90; k 64/65 N; k 68/85 N; k 80/75 N; k 75/52 N; k 78/88 N; k 84/70 N). Entlang der Firstlinie ist das Umbiegen der Gesteinsserie an einigen Stellen direkt zu erkennen. Auf dem Plan der Schneefleckhöhle (Abb. 13) sind mehrere solcher typischer Profile eingetragen. Die immer wieder nachbrechenden Gesteinsplatten sind mehrere Meter hoch aufgehäuft und bilden die Höhlensohle.

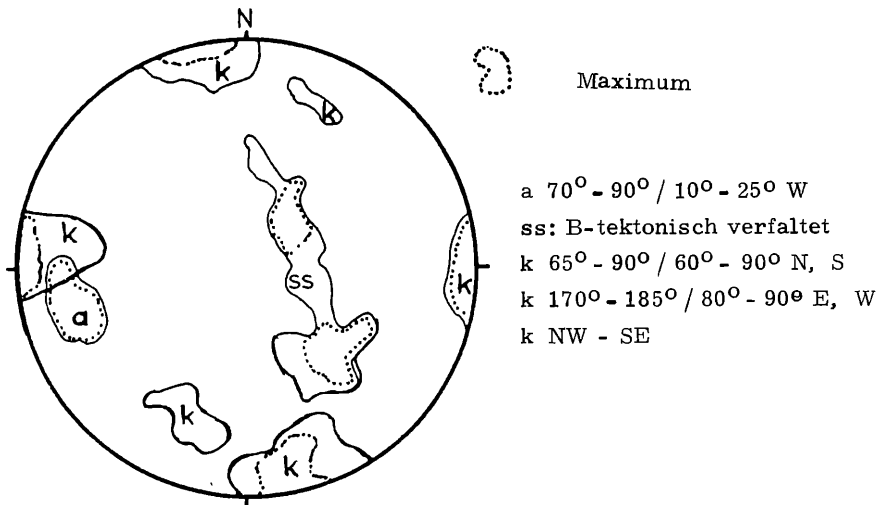
Etwa in der Mitte der Höhle tritt aus einem Nebengang von Süden kommend ein Gerinne mit einer Schüttung bis zu 1 l/sec ein, das zwischen und unter dem Versturzmateriale der Höhlensohle hörbar nach WSW abfließt. Der 3,5 m hohe und 0,5 m breite Nebengang ist entlang einer Kluft entstanden (k 170/90); er bildet die einzige Stelle, an der die eigentliche Höhlensohle der Schneefleckhöhle direkt zugänglich ist. Das Bachbett weist kleiner Kolke auf und befindet sich bereits in den Basismarmoren, nahe der Grenze zum liegenden Gneis.

Abb.10

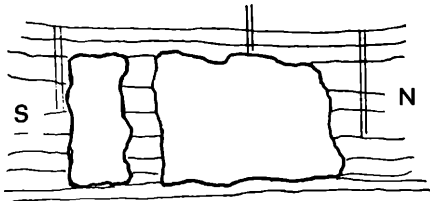
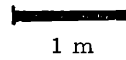
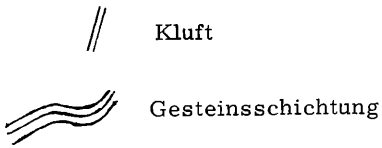
Statistische Diagramme: Umgebung des Spannagelhauses



Richtungsrose der morphologischen Richtungen in der Umgebung des Spannagelhauses; Richtungen in %; Spannweite der Größenklassen 10°

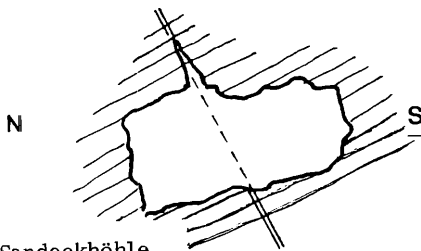


Flächentreue Azimutalprojektion, Schmidtsches Netz (360°)
 Polpunktdarstellung der ss- und k-Flächen, ca. 300 Messungen, Durchstoßpunkte der B-Achsen (a)



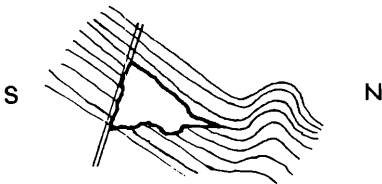
ss ± horizontal
k 85 / 90

Höhle beim Spannagelhaus



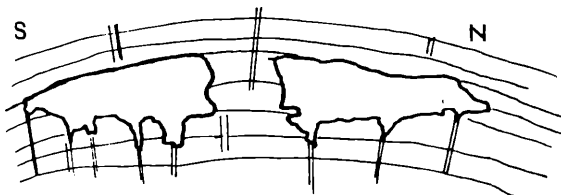
ss 70 / 38 N
k 100 / 62 S

Sandekkhöhle



ss 60 / 45 N
k 102 / 67 S
a 90 / 14 W

Windloch



a 80 / 20 W

Zerfallshöhle

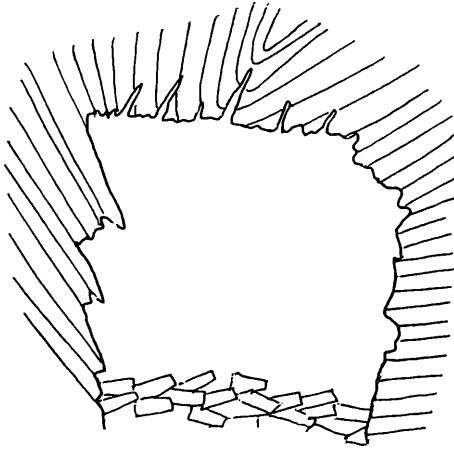


Abb.12

Schneefleckhöhle, Raum=
profil senkrecht zum Ver=
lauf des Ganges

Einige Meter neben diesem Höhlenast befindet sich an der Höhlenwand ein nahezu 3 m hoher Kolk mit 1,8 m Durchmesser. Er ist das erste Anzeichen dafür, daß an der Entwicklung der Höhle zeitweise gewaltige Wassermassen beteiligt gewesen sind. Etwa 30 Meter höhlenabwärts liegen zwischen dem Gesteinsschutt mehrere Erratica aus Zentralgneis mit 8 bis 25 cm Durchmesser; auf der gleichen Höhe befindet sich ein verstürzter Seitengang mit Deckenkarren. Die Lage des Eingangsbereiches dieses Seitenganges am Ende einer dolinenartigen Mulde deutet darauf hin, daß von diesem Einzugsgebiet ein Höhlenbach durch die Schneefleckhöhle nach WSW abgeflossen ist. Dieser Höhlenbach ist auch für die Ausräumung des erwähnten, stetig nachbrechenden Gesteines verantwortlich. Unter den gegenwärtigen Bedingungen wird das Versturzmateriale jedoch kaum mehr abtransportiert; die Höhle hat damit das Verfallsstadium (H. TRIMMEL, 1968) erreicht.

An Hand der zwei Höhlenvermessungen im Abstand von einem Jahr konnte das Nachbrechen einer ganzen Gesteinsbank mit mehreren Metern Mächtigkeit am derzeitigen Ende der Höhle nachgewiesen werden. Bei der zweiten Vermessung fehlt die letzte Meßstrecke der vorausgegangenen Vermessung mit fast 20 Meter Länge; andererseits bildet dort jetzt eine feste Gesteinswand das Höhlenende. Diese Gesteinswand ist demnach nichts anderes als die im Schichtverband herabgerutschte Gesteinsfolge von mehreren Meter Mächtigkeit. Daß ein so gewaltiger Verstoß zwischen dem Herbst 1975 und dem Herbst 1976 vor sich gegangen ist, kann im konkreten Fall mehrere Ursachen haben:

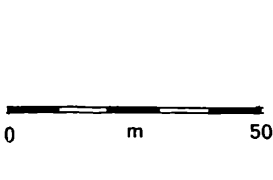
A) das (bzw. die) Erdbeben von Friaul, das nach Zeugenberichten auch in Hinter-
deutlich gespürt worden ist;

SCHNEEFLECKHÖHLE

(2411 / 10)

Abb.13

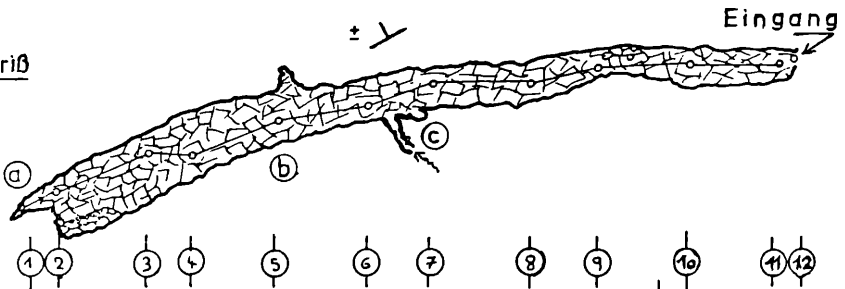
VERMESSUNG: Doz. Dr.G.Mutschlechner, D. Jacoby, E. Jacoby · 7.9.76
 PLAN : E. Jacoby



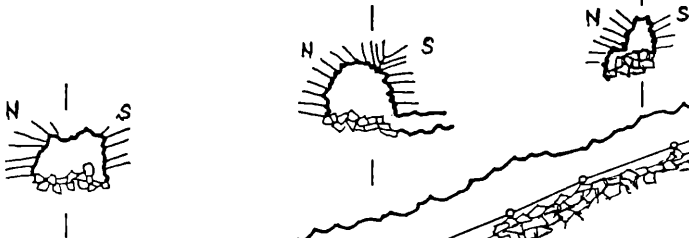
Gesamtlänge : 167,5 m.

2470 m.ü.M.

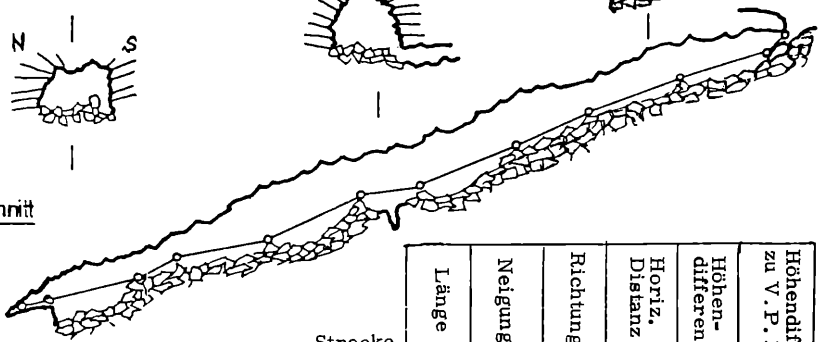
Grundriß



Profile



Längsschnitt



- Ⓐ Sinter
- Ⓑ ortsfremde Gerölle
- Ⓒ Kalk Wassergang

Strecke	Länge	Neigung	Richtung	Horiz. Distanz	Höhen-differenz	Höhendiff. zu V. P. 1
1 - 2	7,0	+ 5°	60°	7,0	0,6	0,6
2 - 3	20,0	+14°	68°	19,5	4,9	5,5
3 - 4	9,3	+26°	90°	8,4	4,2	9,7
4 - 5	18,8	+10°	70°	18,6	3,2	12,9
5 - 6	20,0	+25°	80°	18,1	8,5	21,4
6 - 7	13,5	+10°	70°	13,6	2,4	23,8
7 - 8	20,0	+24°	90°	18,4	8,1	31,9
8 - 9	16,0	+25°	75°	14,5	6,8	38,7
9 - 10	20,0	+20°	90°	18,8	6,8	45,5
10 - 11	17,8	+12°	90°	17,3	4,0	49,5
11 - 12	4,8	+36°	70°	3,8	2,8	52,3

- B) die von der Sesselliftstütze Nr. 27 erzeugte ständige Vibration des Untergrundes. Die Stütze steht zwar 120 Meter östlich der Versturzstelle, jedoch nur etwa 10 Meter vom bekannten Teil der Schneefleckhöhle entfernt. Durch den allgemeinen Höhlenverfall gerät übrigens auch die Stütze selbst in Gefahr, da bisher nicht bekannt ist, ob in ihrer unmittelbaren Nähe weitere Hohlräume anzutreffen sind;
- C) die Planierung der Moräne von 1850 beim Skipistenbau im Sommer 1976 im unmittelbaren Bereich des beobachteten Versturzes. Bei den Bauarbeiten wurden auch weitere bedeutende Gesteinsmassen über der Höhle bewegt, bzw. verschoben,
- D) ein natürlicher (unaufhaltsamer) Verfall der Höhle, der auch ohne besondere andere Einwirkungen eingetreten wäre.

Am wahrscheinlichsten ist, daß mehrere der angedeuteten Ursachen zusammengewirkt haben und daß der Höhlenverfall durch anthropogene Einflüsse auch weiterhin beschleunigt wird. "Tragisch" für die Höhlenforschung ist dieser rezente Versturz insofern, als sich das Ende der Schneefleckhöhle höchstens 20 bis 50 m von der Umkehrhalle der Höhle beim Spannagelhaus befindet. Die Entdeckung einer Verbindung zwischen den beiden Höhlen hätte weitere Forschungen wesentlich erleichtert. Das derzeitige Ende der Schneefleckhöhle liegt in ca. 2420 m Seehöhe; der Anfang des Gneisbaches in der Höhle beim Spannagelhaus, der direkt aus der Schneefleckhöhle zufließt, liegt in der gleichen Höhe. Ein weiterer Hinweis auf die geringe Entfernung der beiden Höhlen voneinander ist darin zu sehen, daß die Umkehrhalle und der Endteil des Schwarzen Ganges in der Höhle beim Spannagelhaus die gleichen geologischen Strukturen aufweisen wie die Schneefleckhöhle.

4.1.2. Die Fensterhöhle (Kat. Nr. 2411/11).

Die Fensterhöhle (Abb. 14) ist im September 1975 entdeckt und vermessen worden (G. MUTSCHLECHNER, E. JACOBY). Die Höhle befindet sich in 2475 m ü. d. M. am Fuße einer Felsstufe etwa 140 Meter nördnordwestlich des Spannagelhauses, bzw. ostsüdöstlich des Weges 526 und der Schneefleckhöhle, die 50 Meter von der Fensterhöhle entfernt ist. Die Gesamtlänge der Höhle beträgt etwa 30 Meter, der Gesamthöhenunterschied 7 Meter.

Für die Namensgebung war das Vorhandensein von zwei Eingängen maßgebend. Der befahrbare dreieckige Haupteingang ist nach Norden gerichtet, 1,1 m breit und 0,5 m hoch. Über berglein geneigten Schutt gelangt man in einen größeren trockenen Hohlraum. Am östlichen Ende dieser Höhlung befindet sich der zweite, unbefahrbare Eingang. Dieses Fenster ist durch einige im Gesteinsverband befind-

Fensterhöhle

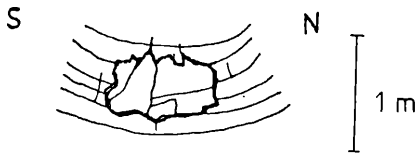
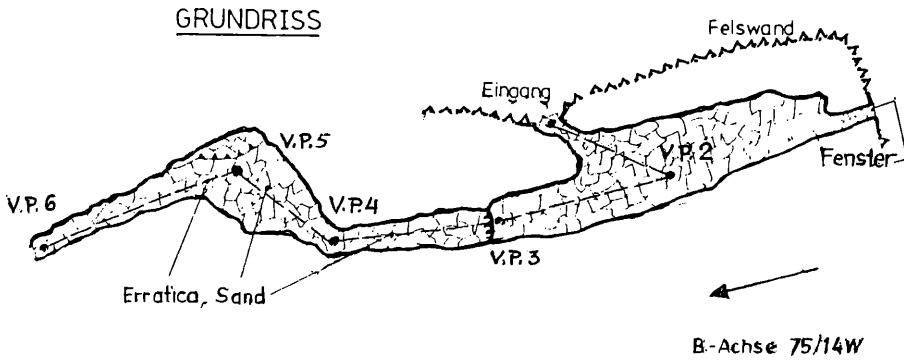
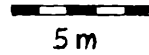
(KAT. NR. 2411/11)

Abb. 14

2475 m ü. M.

Gesamtlänge ca. 30 m

Plan: E. Jacoby X.1975



PROFIL FENSTER

Strecke	Länge	Neigung	Richtung	Horiz. Distanz	Höhen-differenz	Höhendiff. zu V. P. 1
1 - 2	4,5	-20°	110°	4,2	1,5	-1,5
2 - 3	6,6	-50°	255°	6,4	0,6	-2,1
3 - 4	5,5	-30°	260°	4,8	2,8	-4,9
4 - 5	4,2	-25°	305°	3,8	1,8	-6,7
5 - 6	7,7	0	250°	7,7	0,0	-6,7

liche waagrechte Platten geschlossen. Bei Betrachtung dieser eigenartigen Fensterbildung von außen ist zu erkennen, daß sich die Höhle in Richtung einer B-tektonisch bedingten Muldenachse (a 75/14 W) durch das plattige Nachbrechen des Gesteins herausgebildet hat. Die Richtung der Höhle (R 75) ist dementsprechend an das Gesteinsstreichen (ss 70 /) und an die Klüftung (k 65/72 N) gebunden. Die Höhle zieht abwärts nach Westen und ist am Ende wegen des plattigen Zerfalls unbefahrbar.

Erwähnenswert ist eine geringe Eisbildung an der Höhlendecke. An der Sohle wurden im mittleren Abschnitt eingeschwemmte Erratica mit 5 cm Durchmesser und Sand gefunden, was auf den Einfluß eines ehemaligen Höhlenbaches zurückzuführen ist. Eine eventuell zerfallene Höhlenverbindung nach Westen mit der Schneefleckhöhle ist nicht auszuschließen.

4. 1. 3. Das Windloch (Kat. Nr. 2411/2).

Das Windloch (Abb. 11) wurde 1964 zum Naturdenkmal erklärt und 1972 vermessen (H. u. W. HARTMANN, H. ILMING, N. TITSCH u. H. TRIMMEL, 1972). 1976 wurde der Höhleneingang durch den Skipistenbau der Hintertuxer Gletscherbahn Gesellschaft m. b. H. & Co. K. G. teilweise zerstört und verschüttet.

Der Eingang befindet sich unweit des Aufstiegsweges 526 auf 2460 m ü. M. und ist nach Osten gerichtet. Das Windloch weist eine Gesamtlänge von 36 m und einen Gesamthöhenunterschied von 11 m auf. Die Höhle liegt im Hochstegenkalkmarmor an der Grenze zum liegenden Gneis. Nach oben hin herrschen dunkle bis schwarze Endermarmore vor. Hornsteinlinsen sind nicht festzustellen. Der Gesamtbereich der befahrbaren Höhle ist durch das Zusammentreffen der Gesteinsschichtung (ss 60/45 N) mit einer Kluft (k 102/67 S) entstanden. Diese Strukturen sind direkt auf eine B-tektonische Muldenachse zurückzuführen, die 1,5 m nördlich des Höhleneinganges auf der A-C-Fläche deutlich zu erkennen ist (A 90/14 W). Diese Achse ist ein wesentlicher Faktor für die Genese der Höhle gewesen; sowohl Achse wie Höhle fallen nach Westen. Die Höhlenrichtung liegt zwischen der Streichrichtung des Gesteins (60°) und der Achsenrichtung (90°).

Ein ehemaliger weiterer Höhleneingang nach Süden ist verstürzt. Die Höhlendecke besteht im wesentlichen aus einer durchgehenden Schichtfläche, die Höhlensohle hauptsächlich aus Versturzmateriale. Die durch intensive Frostverwitterung bedingten Verstürze erfolgten vor allem entlang der Schichtfugen und nur untergeordnet entlang der Klüftung. An einer Stelle kann man zwischen den Versturzblöcken bis zu einem fossilen Höhlenbachbett durchkriechen. Mehrere Kolke mit einem Durchmesser bis zu einem Meter und faustgroße Erratica lassen auf eine ehemalige starke Wasserführung schließen. Das Gefälle des Bachbettes, das sich bereits im liegenden Gneis be-

findet, ist nach WNW gerichtet. Eine weitere Befahrung ist durch einen Versturz innerhalb des Bachbettes nicht mehr möglich. Außer Tropfwasser gibt es in der Höhle kein Wasservorkommen.

Die für die Höhlengeneese primär verantwortlichen Korrosionserscheinungen bestehen aus einigen ellipsenförmigen Gängen entlang der Schichtfugen mit einem Durchmesser bis zu 20 cm. Diese Gänge befinden sich immer im Niveau der Höhlendecke, die zudem Deckenkarren aufweist. Dies beweist, daß sich das Wasser von diesen korrosionsbedingten Gängen in die Tiefe eingeschnitten hat. Ein solcher Ellipsengang mit Fließfacetten befindet sich einige Dezimeter neben dem Höhleneingang.

Für den Eingangsbereich der Höhle, aber auch für die Felswand bis zu 2 Meter außerhalb der Höhle ist ein 2 mm mächtiger Sinterüberzug charakteristisch. Dieser läßt auf eine frühere Fortsetzung der Höhle gegen Osten hin schließen, die durch Frostsprengung abgetragen worden ist. Weitere Kalkablagerungen innerhalb der Höhle sind Bergmilch, Knöpfchensinter, Sinterwülste und einige Stalaktiten bis zu 8 cm Länge. Auffallend ist, daß die Bergmilch ziemlich trocken ist und daß die Knöpfchensinter oft direkt auf dieser Bergmilchablagerung aufsitzen; dies läßt die Frage aufkommen, ob Knöpfchensinter teilweise aus Bergmilch entstehen könnten. Die Sinterbildung ist derzeit aktiv, die Knöpfchensinter sind noch mit Wasser übersättigt und nicht vollständig verfestigt. Ob die Bildung der Knöpfchensinter auf eine Korrosion der Bergmilch zurückgeht, muß angesichts des sehr begrenzten lokalen Vorkommens offen bleiben; eine Korrosion wäre jedenfalls denkbar, da die Höhle nur wenige Meter Gesteinsüberlagerung aufweist und so aggressive Sickerwässer - meist Schneeschmelzwässer - in die Höhle eintreten können. Dazu kommt, daß die Höhle ihrer geringen Ausdehnung wegen kaum einen Unterschied zur Außentemperatur aufweist, was ebenfalls für Korrosion spricht.

Für das Windloch ist auch ein "Rasen" aus sehr feinen, nadeligen Calcitkriställchen kennzeichnend, die nur wenige Millimeter lang sind und an der Unterseite einer Gesteinsplatte auftreten. Sie zerbrechen bei Berührung sofort. Eine Stelle dieses hell erscheinenden Rasens ist rötlich gefärbt, was auf eisenhaltiges Sickerwasser zurückzuführen ist.

4. 1. 4. Die Sandeckhöhle (Kat. Nr. 2411/3).

Diese Höhle (Abb. 11) befindet sich nahezu unterhalb des Sesselliftes westlich des Windloches und nordwestlich der Schneefleckhöhle; sie wurde 1964 erkundet und zum Naturdenkmal erklärt.

Der Eingang öffnet sich nach Westen und liegt in 2440 m ü. M. Die Höhle befindet sich in sehr plattig zerfallendem Hochstegen-Bändermarmor; ihre derzeitige Länge beträgt nur noch 10 Meter. Der Höhlengang zieht nahezu horizontal nach Osten (R 100°). Der Eingang ist 2 m breit und 1 m hoch. Schon im Eingangsbereich ist zu erkennen, daß die Höhle entlang des Gesteinsstreichens (ss 70/38 W) und an einer Hauptkluft (k 100/62 S) entstanden ist. Die Höhlensohle ist zur Gänze mit plattigem Versturzmateriale bedeckt; das durch Frostsprengung bedingte plattige Nachbrechen des Gesteins macht eine weitere Befahrung der Höhle unmöglich. Ein schichtengebundener Ellipsengang mit 30 cm Durchmesser mündet an der Höhlendecke und ist die einzige Form, die auf ursprüngliche Korrosion als Entstehungsursache der Höhle hindeutet.

Etwa 30 Meter östlich des Höhleneinganges liegt in 2450 m ü. M. ein verschütteter Höhleneingang. Beide Eingänge bildeten früher eine Durchgangshöhle, bzw. eine Naturbrücke, ehe diese durch die Verstürze unbefahrbar wurde.

Die Sandeckhöhle befindet sich in einer Felsrippe, die sich am Rande eines morphologischen Grabens erhebt. Daraus läßt sich im Gelände leicht rekonstruieren, daß sich die Höhle früher nach Westen abwärts erstreckte. Derzeit ist die Sandeckhöhle nur noch eine Höhlenruine in einem fortgeschrittenen Stadium des Verfalles.

4.1.5. Die Schrägplattenhöhle (Kat. Nr. 2411/4).

Die in 2390 m ü. M. neben dem Weg 526, westlich des Sesselliftes, liegende Höhle wurde 1964 zum Naturdenkmal erklärt und vermessen (V. BÜCHEL und H. TRIMMEL, 1964). Ihr dreieckiger Eingang (4,7 m breit und 2,5 m hoch) ist nach Osten exponiert. Ihre Gesamtlänge beträgt etwa 18 Meter. Die im Hochstegen-Bändermarmor liegende Höhle erstreckt sich von Osten nach Westen. Die Höhlendecke wird von einer einzigen, 5 Meter breiten Schichtfläche gebildet; in ihr befinden sich Deckenkarren, die bis zu 10 cm breit und bis zu 3 cm tief sind. Der Bändermarmor ist in dieser Höhle weniger plattig; die Gesteinsüberlagerung beträgt kaum mehr als zwei Meter.

Die Höhle (R 260°) ist entlang der Schichtfugen (ss 55/32 N) entstanden; für ihre Richtung ist eine Hauptkluft (k 80/75 N) maßgebend. Eine Nebenkluft folgt ein zwei Meter hinter dem Eingang ansetzender, 4 Meter langer Gang, durch den von Süden her Sickerwasser eintritt (K 170/70 E). In diesem Gang befindet sich ein gut ausgebildeter Kolk mit 1,5 m Durchmesser. Der Boden ist mit Kies aufgefüllt; an den Höhlenwänden sind Fließfacetten zu beobachten.

Die Sohle des Hauptganges ist mit Moränenblöcken und Gesteinsschutt übersät. Dieses Material verstopft auch die weitere Höhlenfortsetzung gegen Westen. J.

Eingangsbereich befinden sich mehrere Erratica mit Durchmessern bis über einen Meter. Diese Blöcke sind nicht durch einen ehemaligen Höhlenbach herangeschafft worden, sondern stammen von der 1850er Moräne, die nur 70 Meter westlich des Höhleneinganges verläuft. Das ehemalige Vorhandensein eines Höhlengerinnes ist jedoch indirekt zu vermuten, da sich der Höhleneingang am Ende einer dolinenartigen Mulde befindet, die als Einzugsgebiet der Höhle anzusehen ist.

4. 2. DER GRABEN

Als "Graben" ist eine deutlich hervortretende Einsenkung zu verstehen, die von der Umgebung der Höhle beim Spannagelhaus im Süden in 2400 m ü. M. zur Kleegrube im Norden in 2100 m ü. M. hinunterzieht. Innerhalb dieses Grabens ist der Hochstegenkalk zwischen dem liegenden Phengit-Arkose-Gneis und dem hangenden Zentralgneis regelrecht eingekleilt. (Abb. 15). Die Mächtigkeit des Kalkmarmors

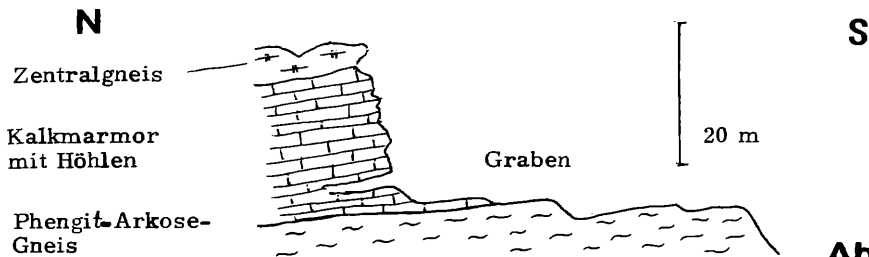


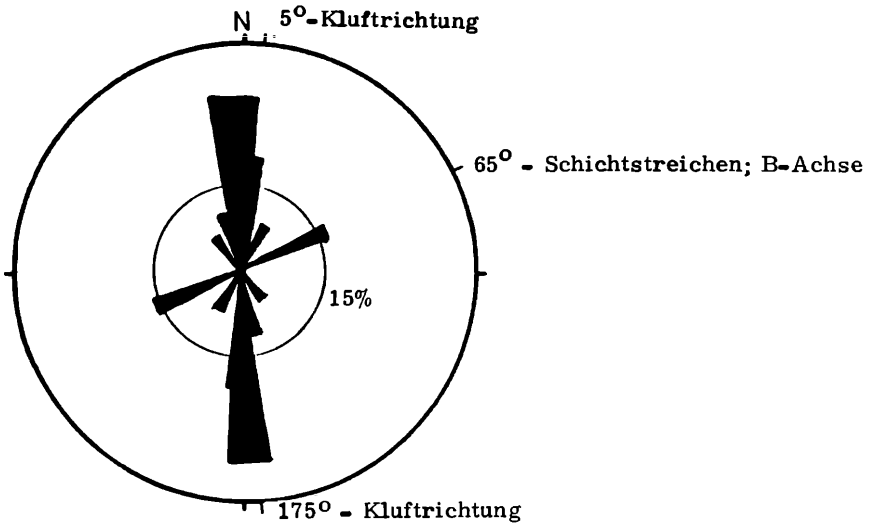
Abb. 15

übersteigt kaum 20 Meter (Tab. 1). An der Grenze zum Zentralgneis tritt stellenweise der schwarze graphitische Kalkmarmor auf; ansonsten ist diese tektonische Gesteinsgrenze bis zu einem Meter sehr zerquetscht und mylonitisiert. Die Kalkmarmore streichen zwischen 40° und 75° und fallen mit 20° bis 55° nach Nordwesten ein. Innerhalb des Grabens ist der B-tektonische Faltenbau nur noch in Ausnahmefällen vorhanden - im Gegensatz zur direkten Umgebung der Höhle beim Spannagelhaus. Die statistischen Diagramme (Abb. 16) zeigen die Übereinstimmung zwischen Tektonik und Morphologie. In diesem Bereich kommt die Nord-Süd-Richtung sehr zum Ausdruck. Dies ist dadurch bedingt, daß durch Glazialerosion eine ac-Fläche angeschnitten worden ist, in der sich die Gesteinsgrenze Kalkmarmor/liegender, bzw. hangender Gneis befindet.

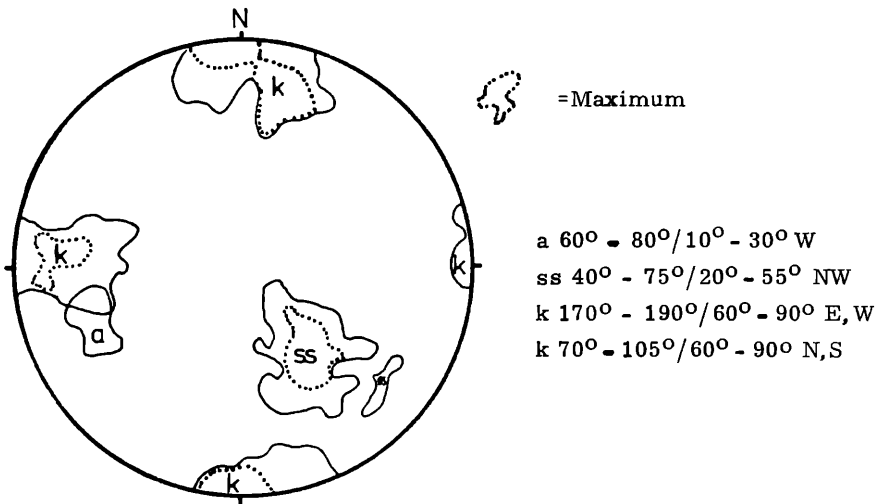
Der nur wenige Meter mächtige Zentralgneis ist wegerodiert worden und der die Unterlage bildende Hochstegenkalkmarmor ist freigelegt und weist sowohl Karst- als auch Erosionsformen auf. Zu den Karstformen gehören folgende kata-

Abb.16

Statistische Diagramme: "Graben"



Richtungsrose der morphologischen Richtungen im Bereich des "Grabens"
Richtungen in %; Spannweite der Größenklassen 10°



Flächentreue Azimutalprojektion, Schmidtsches Netz (360°)
Polpunkt darstellung der ss- und k-Flächen, ca. 200 Messungen

Durchstoßpunkte der B-Achsen: (a)

stermäßig erfaßte Höhlen: Grabenhöhle (2411/12), Murmeltierhöhlen (2411/16), Zerfallshöhle (2411/13) und Klee grubenhöhle (2411/14). Entlang des nach Norden hinunterführenden Grabens ist an Hand von Erosionsformen (Kolke und Gletscherschliffe) ein fossiles Bachbett nachweisbar. Die Höhleneingänge liegen im allgemeinen zwei bis drei Meter über dem Niveau des fossilen Bachbettes, sind alle an der orographisch linken Seite des Grabens und alle nach Osten hin offen.

Über die relative Altersabfolge der Entstehungsvorgänge kann folgende Aussage gemacht werden: zuerst erfolgte durch Korrosion die Ausbildung von Karsthöhlen, die nach Westen entwässert haben. Zu einem späteren Zeitpunkt sind der hangende Zentralgneis und der freigelegte Hochstegenkalkmarmor der Erosion von Gletscherschmelzwässern zum Opfer gefallen. Die Höhlen sind dabei angeschnitten worden, wobei die Schmelzwässer sie auch erosiv erweitert haben. Durch die Bildung des jetzigen Grabens hat sich das Wasser einen neuen Lauf nach Norden geschaffen. Seitlich dieses neuen Bachbettes sind sowohl Gerölle als auch Blockwerk in die Höhlen gepreßt worden. Durch das weitere Einschneiden des Baches entlang des Grabens sind die ohnedies bereits verstopften Höhlen nicht mehr als Entwässerungssystem benutzt worden. Deshalb sind bis heute die meisten dieser Höhlen bereits nach wenigen Metern nicht mehr befahrbar. Nach dem endgültigen Rückzug des Gletschers ist ein fossiler "Wassergraben" erhalten geblieben, der seither nicht mehr von einem Bach benutzt worden ist. Dadurch konnten auch innerhalb des Bachbettes durch das flächenhaft wirkende Regen- und Schneeschmelzwasser Karstformen entstehen.

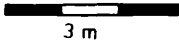
Wie bereits im Abschnitt über die Geologie (1. 2.) erwähnt wurde, ist in dem beschriebenen Bereich höchstwahrscheinlich seit dem Daun-Stadium kein Eis mehr vorhanden. Demnach ist die Höhlenbildung zumindest Prä-Daun-zeitlich; die oberirdischen Karsterscheinungen sind erst nach dem Daun-Stadium entstanden.

4. 2. 1. Die Grabenhöhle (Kat. Nr. 2411/12).

Die in dem oben beschriebenen Graben in 2380 m ü. M. liegende Grabenhöhle (Abb. 17) zieht mit einer Gesamtlänge von etwa 15 Metern horizontal gegen Süden berg einwärts. Der nordschauende Eingang ist 3 m breit und 1,5 m hoch. Die Höhlensohle ist überall mit plattigem Gesteinsschutt bedeckt. Ein Seitengang (R 140) führt 1,5 m gegen Nordwesten; leichter Luftzug weist auf eine mögliche Höhlenfortsetzung hin, die freigelegt werden müßte. In der Mitte der Höhle führt ein weiterer Seitengang 3 Meter aufwärts gegen Osten in Richtung zu einer Felswand; er ist ebenfalls verschüttet. Das Profil in einem Teil dieses Ganges läßt vermuten, daß durch ihn der Höhle früher Wasser dem Hauptgang zugeführt worden ist. In diesem

Abb.17

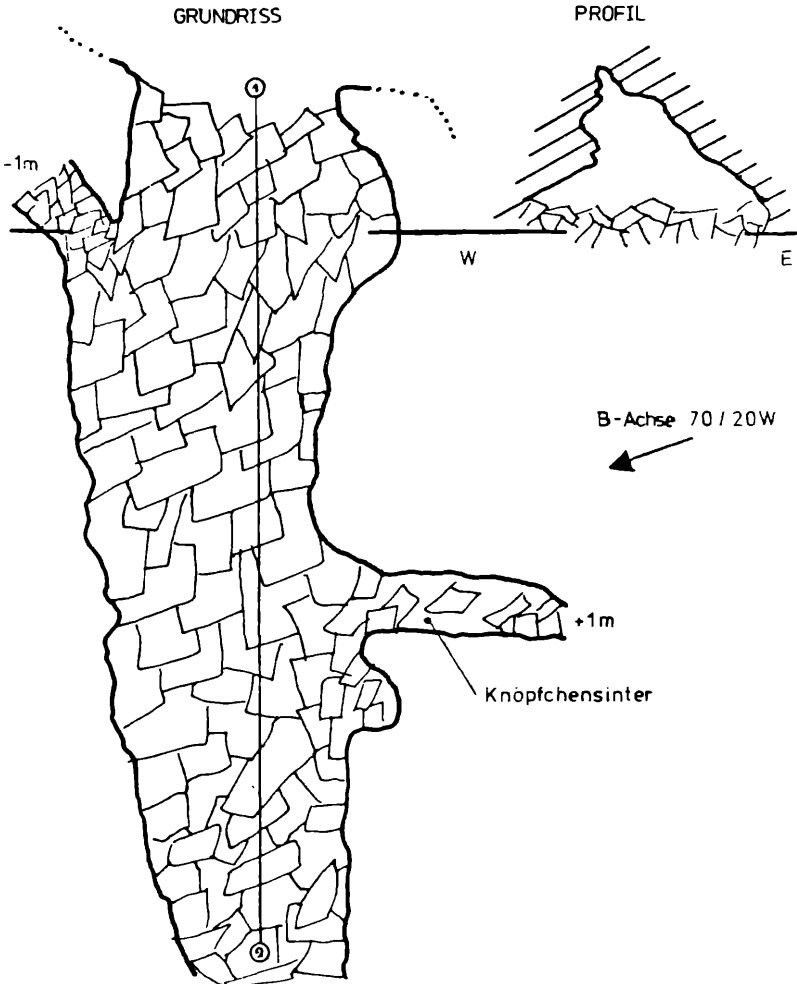
Grabenhöhle (KAT. NR.2411/12)



2380 m ü.M.

Vermessungspunkt 1-2 = N-S ; horizontal

E. Jacoby 1977



Gang sind auch Knöpfchensinter vorhanden; am 8. Juli 1976 wurden überdies geringmächtige Eisüberzüge auf Gesteinsplatten angetroffen. Mehrere Erratica bis zu 15 cm Durchmesser deuten auf die Mitwirkung von Gletscherwässern bei der Ablagerung des Höhleninhaltes hin.

Die Höhle (R 180) entstand entlang mehrerer paralleler Hauptklüfte (k 0-10/60-80 E); die Seitengänge sind an Nebenkluft (k 86/80 S; k 150/60 E) angelegt. Die Gesteinsserie ist in diesem Bereich tektonisch stark zerquetscht und fällt im allgemeinen nach Westen ein; in diese Richtung muß auch ein ehemaliger Höhlenbach abgeflossen sein.

4. 2. 2. Die Murmeltierhöhlen (Kat. Nr. 2411/16)

Die Murmeltierhöhlen liegen etwa 300 Meter nördlich der Grabenhöhle. Es handelt sich um insgesamt drei benachbarte, nach Osten offene Halbhöhlen in Höhen zwischen 2280 und 2260 m ü. M., die von Süden nach Norden fortlaufend mit I bis III bezeichnet worden sind.

I: Diese Halbhöhle ist 4 m lang und 3 m hoch. Sie ist verstürzt, starker Luftzug deutet auf eine mögliche Fortsetzung gegen Westen hin. Die kluftgebundene Höhle, die mit der Gesteinsschichtung nach Westen einfällt (k 135/90; k 75/70 E; ss 35/30 W), liegt in Hochstegen-Plattenmarmor mit Hornsteinlinsen.

II: Diese 3 m lange, 1 m breite und 1 m hohe Halbhöhle ist eher schichtgebunden (R 65; ss 60/44 W). Charakteristisch sind Fließfacetten an den Wänden.

III: Diese Höhle ist eine typische Klufthöhle, die nach 6 Metern verstürzt ist; ihre Breite beträgt 1 m, die Höhe 5 m (R 80; k 80/90; ss 20/25 W). Fließfacetten und kolkartige Korrosionsformen sind zu beobachten.

Die Genese der drei Murmeltierhöhlen entspricht jener der übrigen beschriebenen Höhlen: auf eine Phase der korrosiven Gestaltung folgte eine Phase der Erosion durch Gletscherschmelzwässer.

4. 2. 3. Die Zerfallshöhle (Kat. Nr. 2411/13)

Diese Höhle (Abb. 11) liegt in 2220 m ü. M. zwischen Murmeltierhöhlen und Klee grubenhöhle in einem Bereich, in dem der tektonisch stark beanspruchte Hochstegenkalkmarmor einen flachen Sattel bildet. Die Zerfallshöhle ist an die Schichtfugen (ss 30/25 W) gebunden.

Eine Gesteinssäule inmitten der Höhle bewahrt die aus einer einheitlichen Schichtfläche bestehende Höhlendecke vor dem Niederbruch. Die bis zu 3 m breite und 0,7 m hohe Höhle ist nur 5 Meter weit gegen Westen befahrbar; sie befindet sich in einem fortgeschrittenen Stadium des Höhlenverfalls.

4. 2. 4. Die Klee gruben höhle (Kat. Nr. 2411/14).

Die Klee gruben höhle (Abb. 18) liegt über dem orographisch linken Ufer des Kleinen Kunerbaches etwa 150 m südlich der Brücke des Weges 526 im Bereich der Klee gruben. Der Eingang befindet sich am oberen Rand einer 15 m hohen Felswand in ca. 2180 m ü. M. Die Felswand besteht im Liegenden aus dem Phengit-Arkose-Gneis; auf diesen folgt der Hochstegenkalkmarmor, in dem die Klee gruben höhle liegt, und im Hangenden schließlich der Zentralgneis. Der Hochstegenmarmor ist an dieser Stelle zum letzten Mal anstehend aufgeschlossen, bevor er unter Hangschutt, Moränenmaterial und Bachschottern des Kleinen Kunerbaches durchstreicht (ss 40/30 W), um dann orographisch rechts des Baches mit gleichem Streichen und Fallen wieder aufzutauchen.

Der Eingang in die Klee gruben höhle ist etwa 6 m breit und 2 m hoch. Nach 4 Metern laufen zwei Gänge nahezu parallel bergwärts. Obwohl der Eingangsbereich durch Frostsprengung mit Gesteinsplatten übersät ist, deuten Facetten, Deckenkarren und Kolke auf ehemalige Wasserwirkung hin. Erratica und die Lage des Einganges lassen keinen Zweifel daran, daß für die Gestaltung dieser Höhle ebenfalls Gletscherwässer maßgebend waren. Im Höhleninneren werden die Kolke ausgeprägter und die niedergebrochenen Gesteinsplatten seltener als im Eingangsbereich. Von der Kolkhalle führt ein Gang in Richtung zur Felswand; auf gleicher Höhe liegt außen ein verschütteter Höhleneingang. Die Kolkhalle scheint ihre Ausbildung der Mischungskorrosion beim Zusammentreffen zweier Höhlengerinne zu verdanken.

Kurz nach der Kolkhalle häufen sich die Erratica derart, daß ein Geröllsiphon die weitere Befahrung unmöglich macht. Der Höhenunterschied zwischen dem Höhleneingang und dem Geröllsiphon beträgt 22 Meter. Ein aufwärtsführender Gang von der Kolkhalle aus weist mehrere Kolke auf.

Die Schiff-Halle hat ihren Namen von einer markanten schiffsähnlichen Felsrippe in der Hallenmitte. Von dieser Halle führt der oben erwähnte Gang zur Kolkhalle, ein zweiter aufwärts in Richtung zum Eingang, ein dritter aufwärts zum Schacht und ein vierter schließlich abwärts zur Bergmilchhalle. Der letztere, der Excentriquesgang, weist an der Höhlenwand mannigfaltig ausgebildete Excentriques auf; etwa 50 "Filiformes" (fadenförmige Excentriques) weisen bei 3 mm Durchmesser bis zu 6 cm Länge auf. Daneben gibt es eine Vielzahl weiterer Formen; intensive Knöpfchensinterbildung steht in direktem Zusammenhang mit knöpfchenartigen Excentriques, die bis zu 2 cm Durchmesser und 5 cm Länge aufweisen. Das Vorkommen von Excentriques ist insofern ungewöhnlich, als für ihre Bildung zumeist warmes Klima vorausgesetzt wird, die Lufttemperatur in der Klee gruben höhle aber nur $\pm 4^{\circ}$ C beträgt. Die Knöpfchensinter treten am häufigsten entlang von Schichtfugen auf

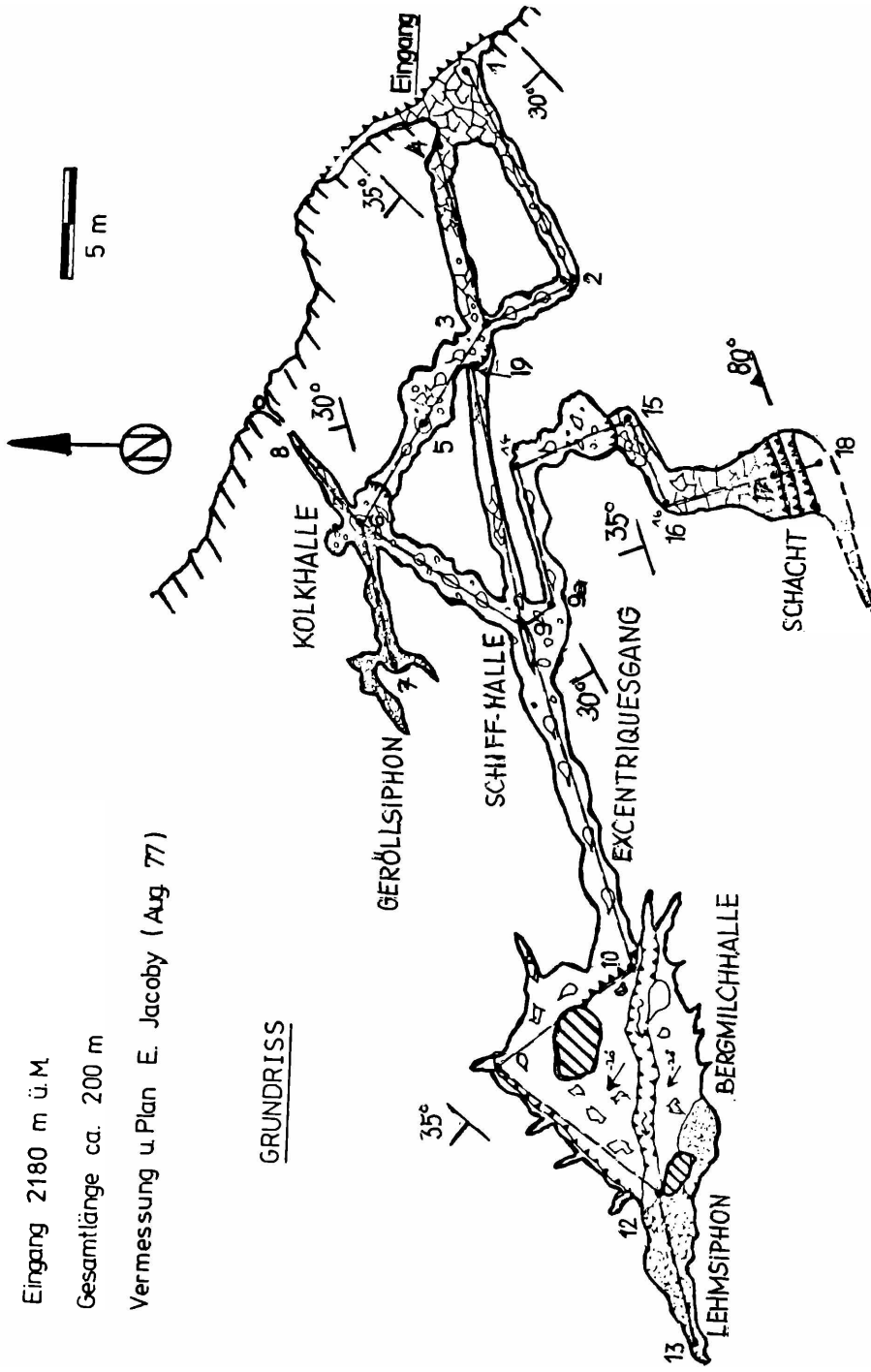
KLEEGRUBENHÖHLE

(2411 / 14)

Eingang 2180 m ü. M.

Gesamtlänge ca. 200 m

Vermessung u. Plan E. Jacoby (Aug. 77)



der Höhlenwand auf; an diesen treten offenbar die für ihren Absatz maßgebenden Sickerwässer in den Höhlenraum ein. Da an den Sinterabsätzen keine Korrosionsspuren zu beobachten sind, und da an ihnen Tropf- und Sickerwässer zu erkennen sind, ist sichergestellt, daß die Bildung sowohl der Sinter als auch der Excentriques zur Zeit im Gange ist. Demnach ist Excentriquesbildung im jetzigen alpinen Klima durchaus möglich; dies wird ja auch durch die Vorkommen in der Höhle beim Spannagelhaus bis in 2500 m ü. M. bestätigt. Da weder eine bevorzugte Wachstumsrichtung der Excentriques noch ein Höhlenwind feststellbar sind, kann die Entstehung eher durch Kristallisationskräfte im weiteren Sinne bedingt sein. Im Excentriquesgang und in der Bergmilchhalle sind auch mehrere, an der Basis bis zu 15 cm breite, und bis zu 30 cm hohe Stalagmiten vorhanden.

Die Bergmilchhalle ist im Schichtstreichen ausgebildet (ss 40/30 W). Das Bild dieser Halle wird durch eine etwa 5 m² große, 10 cm mächtige Bergmilchlage geprägt. Das Liegende dieser Ablagerung bildet Höhlenlehm; zwischen beiden gibt es einen allmählichen Übergang. Die Bergmilch ist trocken und zum Teil bereits verfestigt, was auf ihre derzeitige Inaktivität hinweist. Am westlichen Ende der Bergmilchhalle taucht die Höhlendecke in einen Lehmsiphon ein, der unbefahrbar ist und 35 Höhenmeter unter dem Höhleneingang liegt. Die Möglichkeit der Existenz einer Höhlenfortsetzung ist an dieser Stelle gegeben. In einer kleinen Lacke im Lehmsiphon sammelt sich Sickerwasser. Ein Zusammenhang der Kleegrubenhöhle mit dem Spannagelhöhle system, das in der Nähe unter dem Kleinen Kunerbach durchziehen muß, ist durchaus denkbar. Die Spannagel-Mündungshöhle liegt höhenmäßig rund 200 Meter tiefer; die Kleegrubenhöhle liegt damit zwischen dieser und der Höhle beim Spannagelhaus, deren Zusammenhang in karsthydrologischer Hinsicht erwiesen ist.

Besondere Beachtung verdienen die nach oben auskeilenden "Wasserdruckgänge in der Bergmilchhalle, das Ellipsenprofil in Teilen des Excentriquesganges, Deckenkarren und Kolke im gesamten Höhlenbereich.

Von der Schiff-Halle führt ein aufsteigender Gang zu einem rund 10 Meter hohen Schacht. Dieser ist durch das Umbiegen des Schichtfallens in nahezu vertikale Lage bedingt (ss 60/80°). Der liegende Gneis bildet die südliche Schachtwand; dies ist die einzige Stelle der Höhle, wo sich das Wasser seinen Weg entlang der Gesteinsgrenze Gneis - Karbonat gesucht hat; die Sohle des Schachtes liegt etwa in der gleichen Höhe wie der Höhleneingang.

Oberhalb des Schachtes ist die Höhle mit Lehm verschwemmt und dadurch unbefahrbar. Da die Zerfallshöhle nur etwa 100 Meter entfernt ist, wäre es möglich, daß diese mit der Kleegrubenhöhle ein zusammenhängendes System bildet.

Die Speläogenese der Klee gruben höhle gleicht jener des Spannagelhöhlensystems; auch die Hauptrichtung der Gänge erinnert an die Höhle beim Spannagelhaus. Der vorherrschende Gangverlauf ist ENE - WSW; dies ist durch das Zusammenwirken von Schichtstreichen (NE - SW) und Klüftstreichen E - W B-tektonisch bedingt. Die Gesamtlänge der Klee gruben höhle beträgt etwa 200 Meter.

4.3. DIE DOLINEN UND KARREN DER KLEEGRUBE

Die Klee grube befindet sich auf ca. 2100 m ü. d. M. Orographisch links vom Kleinen Kunerbach streicht der Hochstegenmarmor, von SW kommend, unterhalb der Schotter des Bachbettes durch und steht rechts als Felsriegel wieder an. Dieser Felsbuckel von etwa 100 x 100 Meter Fläche weist mehrere Karstformen auf. Der Hochstegenkalkmarmor besteht an dieser Stelle aus der 20 Meter mächtigen, typischen Schichtfolge zwischen liegendem Phengit-Arkose-Gneis und hangendem Zentralgneis; der letztere ist im Bereich des Felsbuckels erosiv entfernt worden. Die Basismarmore sind größtenteils mit Moränenmaterial bedeckt. Die Platten- bis Bändermarmore mit Hornsteinlinsen sind von verschiedenartigen Karren durchzogen. Die Gesteinsschichten streichen im allgemeinen unter 30° bis 45° und sind mit 35° bis 45° nach NW geneigt. Die höchste Erhebung des Gesteinsrückens ist tektonisch etwas gestört; die Klüftung ist dort ausgeprägter (ss 12 - 20/24 - 36 W). Die für die Entwicklung der Karstformen ausschlaggebenden Kluftrichtungen sind 85° und 160°.

Bei den Karren handelt es sich hauptsächlich um Klüftkarren, die nur wenige Zentimeter breit sind, aber bis zu 50 cm tief werden können. Untergeordnet kommen auch Karren entlang der Schichtflächen parallel zur Fallrichtung vor. Einige Karren sind parallel zu den Schichtfugen entwickelt und weisen scharfe Zwischengrate auf; daraus ist auf ein rezentes Alter zu schließen. Humuspolster sind sehr ungleich verteilt.

Genau an der Schichtgrenze zwischen Karbonatgesteinen und liegendem Gneis befindet sich eine Dolinenreihe (H. TRIMMEL 1965). In unmittelbarer Nähe, orographisch rechts vom Kleinen Kunerbach, befindet sich eine weitere kleine Doline innerhalb der Bachschotter (2 m Durchmesser, 0,5 m Tiefe). Gleich daneben sind zwei Dolinen im Moränenmaterial ausgebildet; eine davon ist mit dem Moränenmaterial abgedichtet und mit Wasser gefüllt (Durchmesser des Dolinentümpels 3 m, Wassertiefe 1 m; Gesamtdurchmesser der Doline 4 m, Gesamttiefe 2 m). Daß der verkarstete Hochstegenmarmor unmittelbar unter diesen Dolinen durchzieht, beweist, daß es sich nicht um Gletschersölle handelt, die durch Toteis entstanden sind. Auf die Möglichkeit, daß "Trichter" auch auf diese Weise entstanden sein können, hat mich H. HEISSEL schon zu Beginn meiner Arbeiten aufmerksam gemacht. Ich habe daher in

jenen Bereichen, in denen Karstformen bei Moränenablagerungen vorkommen, Dolinen nur dort als solche kartiert, wo verkarstungsfähiges Gestein mit Sicherheit unmittelbar darunter hindurchzieht.

Neben Trichterdolinen (H. TRIMMEL 1965) in lockeren Sedimenten an der Gesteinsgrenze kommen im Karbonatgestein auch Einsturztrichter mit Durchmessern zwischen 1,5 und 3 Metern und Tiefen bis zu 1,5 Metern vor. Eine Doline ist - wie das anschließend beschriebene Sisypusloch - eine episodische Schwinde.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß der beschriebene Felsbuckel aus Hochstegenkalkmarmor im Bereich der Kleegrube die verschiedensten Karstformen aufweist; ihre Anlage ist im wesentlichen im tektonischen Bau vorgezeichnet. Die etwa 10 Dolinen gehören zu den typischsten und bestausgebildeten, die zwischen Hintertux und dem Spannagelhaus anzutreffen sind.

4.3.1. Das Sisypusloch (Katasternummer 2411/15).

Diese Höhle befindet sich auf der Kleegrube, etwa 100 Meter östlich der Brücke des Weges 526 über den Kleinen Kunerbach. Das nach S exponierte Schluckloch liegt in 2140 m Höhe. In seiner Umgebung befinden sich mehrere Dolinen und Karrenfelder. Im Norden steht an dieser Stelle Hochstegen-Platten- bis Bändermarmor mit Hornsteinlinsen an (ss 34 - 48/35 - 45 W); die mehrere Meter mächtige Gesteinsbank erstreckt sich von E nach W und bildet einen Felsriegel, an den von S her Moränenmaterial angepreßt ist. Das Sisypusloch bildet eine dolinenartige Senke mit ca. 2 m Durchmesser zwischen anstehendem Fels und Moränenblöcken. Nach Niederschlägen, bzw. bei der Schneeschmelze versinkt in dieser episodischen Schwinde ein Rinnsal mit maximal 0,1 l/s Wasserführung. Ein Markierungsversuch, der als "Färbung Sisypusloch" beschrieben wird, hat den Zusammenhang mit der Spannagelmündungshöhle bewiesen. Das Ergebnis dieses Versuches, das Vorhandensein von Facetten und Korrosionsnäpfchen am anstehenden Kalk, sowie die Erweiterung der Klüfte zu Spalten mit einer Breite im Dezimeterbereich beweisen, daß es sich um einen verschütteten Höhleneingang handelt. Die Verschüttung mit Moränenblöcken (mit Durchmessern bis zu 50 cm) ist während des letzten Gletschervorstoßes (vermutlich im 19. Jahrhundert) erfolgt. Ein Versuch (am 17. August 1977), den möglicherweise befahrbaren Höhlengang freizulegen, bei dem allerdings nur ein Teil des Blockwerkes heraufgezogen werden konnte, hat Anlaß für die Namensgebung gegeben.

4.4. DIE UMGEBUNG DER SPANNAGELMÜNDUNGSHÖHLE.

Die Spannagelmündungshöhle befindet sich innerhalb einer Felsstufe, die von 2100 m im S (Kleegrube) auf 1800 m im N (Waldeben) hinunterzieht. An dieser hauptsächlich aus Hochstegenkalkmarmor aufgebauten Felswand wird durch tektonische Verfaltungen eine größere Mächtigkeit der Gesteinsserie vorgetäuscht; sie liegt normalerweise bei 20 Meter (Tab. 1). Die Kalkmarmore streichen im allgemeinen von NE nach SW und fallen nach NW ein; wieder bildet der Zentralgneis das Hangende. Der liegende Phengit-Arkose-Gneis bildet die lokale Erosionsbasis des Spannagelhöhle systems, dessen Höhlenbach beim Eingang II (des Höhlenplans) der Spannagelmündungshöhle zutage tritt. Insgesamt weist die Höhle drei, nach NE gerichtete Eingänge (I, II, III) auf.

In der erwähnten Felsstufe befindet sich etwa 8 m schräg oberhalb des Einganges II eine weitere Höhle; vom dreieckigen Höhleneingang kann man ca. 60 m weit nach Westen aufsteigend vordringen. Die Höhle ist eng und stellenweise verstäürzt; sie enthält Knöpfchensinter. Eine Verbindung zur Spannagelmündungshöhle ist bisher nicht nachgewiesen worden.

Ein weiterer, nach SE schauender Höhleneingang befindet sich etwa 40 m nördlich des Einganges II der Spannagelmündungshöhle inmitten einer Felswand. Ein Gang mit Schlüssellochprofil und Fließfacetten führt etwa 10 Meter nach Norden und mündet in eine nach Nordosten schauende, größere Tagöffnung. Die von dort aus weiter nach Westen führende Höhle ist gleich nach ihrem Eingang verstäürzt und unbefahrbar.

Die erwähnten Höhlen sind fossile Gänge, die im Bereich der Felswand teilweise der Frostverwitterung zum Opfer gefallen sind ("Höhlenruinen"); sie sind wohl als frühere Ausgänge eines höheren Stockwerks im Spannagelhöhle system zu betrachten.

An der erwähnten Felswand sind an mehreren Stellen Klüfte durch Korrosion zu breiteren Spalten erweitert. Der hangende Zentralgneis schirmt den verkarstungsfähigen Hochstegenkalk von Oberflächenwässern weitgehend ab; nur etwas Sickerwasser gelangt entlang von Klüften in den Höhlenbereich und wird korrosiv tätig.

Etwa 100 Meter nördlich der Spannagelmündungshöhle hat sich der Kleine Kunerbach bereits durch den Zentralgneis bis zum Kalkmarmor erosiv eingeschnitten. Es ist bei der andauernden Erosionstätigkeit des Baches nur eine Frage der Zeit, bis die vermutete Fortsetzung der Spannagelmündungshöhle gegen Westen vom Kleinen Kunerbach angeschnitten wird.

Die Spannagelmündungshöhle selbst ist auf Grund der Markierungsversuche mit Uranin im Jahre 1975 (vgl. 2.5.1.) vom Verfasser am 19. Mai 1976 entdeckt worden.

4.4.1. Die Spannagelmündungshöhle (Katasternummer 2411/9).

Diese Höhle liegt in ca. 1980 m Seehöhe oberhalb von Waldeben, ungefähr 100 Meter westlich des Weges 526, in der gleichen Felswand, in der die Wasserfälle des Kleinen Kunerbaches sich befinden. Der Austritt des Höhlenbaches ist durch vier kleine Wasserfälle gekennzeichnet, die der Felswand entspringen. Etwa 5 Meter oberhalb dieser Stelle liegt der Eingang II der Höhle, der zwar von Waldeben aus gut zu erkennen, von unten her aber schwer erreichbar ist. Der leichter zugängliche Eingang I liegt 35 m südlich von Eingang II und 14 m höher als dieser. Die Spannagelmündungshöhle ist mehr oder weniger horizontal entwickelt; ihre Gesamtlänge beträgt zur Zeit etwa 350 Meter. Den höchsten Punkt bildet das Ende eines aufwärtsführenden Seitenganges, 32 Meter über dem Eingang I. Alle Höhlengänge erstrecken sich im gleichen Hochstegenkalkmarmor-Zug wie die Höhle beim Spannagelhäus.

Der Eingang I ist nach E geöffnet und weist nur einen Durchmesser von 40 cm auf. Durch einen durch Frostverwitterung bedingten Versturz gelangt man in eine Spalte, die in eine geräumige Halle führt. Fließfacetten an Höhlenwand und Höhlensohle, karrenähnliche Strukturen und ein schichtfugengebundener Ellipsengang von 1 m Durchmesser weisen auf die Gestaltung dieser Spalte durch fließen des Wasser hin.

In der erwähnten Halle fließt ein aus dem Höhleninneren kommender Bach in Richtung zum Eingang II; der Höhlenbach hat bei seinem Einschneiden bereits die Basis der Bändermarmore erreicht und sich in dieser Halle schon in den liegenden Gneis eingeschnitten. Das Gestein ist gegen den Eingang II hin intensiv verfaltet; die Schichten stehen teilweise saiger. Dadurch wird der Höhlenbach zu einem kleinen See (2,5 m lang, 1,5 m breit) aufgestaut. Das Wasser versickert an dieser Stelle in Klüften und in den nahezu senkrecht aufgestellten Schichtfugen und tritt in den oben erwähnten vier Wasserfällen zu Tage.

Der Eingang II liegt in einer tektonischen Schwächezone. In der gleichen Höhe wie das derzeitige Bachbett liegen auch ein fossiler Kolk (Durchmesser ca. 80 cm) und ein fossiler Höhlengang. Frostverwitterung hat den Eingang II zu einer Felsnische von 8 m Breite und 5 m Höhe erweitert.

Zwischen der Halle, in der sich die Zugänge von den Eingängen I und II vereinigen, einerseits und dem Siphon I andererseits ist der Höhlengang klammähnlich ausgebildet; er weist bei 1 bis 2 m Breite etwa 10 bis 15 m Höhe auf. Der Bach hat sich bei seiner, durch die Raumhöhe belegten raschen Tefenerosion abwechselnd an das Schichtstreichen und an verschiedene Kluftsysteme gehalten, so daß die Gangrichtung in diesem Höhlenteil häufig wechselt. In diesem Gang sind

die Hornsteinlinsen durch den korrosiven Abtrag des umgebenden Karbonatgesteins am stärksten herauspräpariert. Die für das gesamte Spannagelhöhhlensystem typischen Quarzlinzen stehen oft schwertähnlich bis zu 2 Dezimeter aus der Höhlenwand hervor.

An einigen Stellen des Ganges gibt es größere Verstürze. Winterbefahrungen haben gezeigt, daß auf diesen Verstürzen massige Eiskeulen stehen und daß bis zum Siphon I auch andere Eisbildungen vorhanden sind (Beobachtungen im Dezember 1976 und im Februar 1977; im Sommer wurde die Lufttemperatur in der Höhle mit $5,5^{\circ}$ C gemessen). Daraus ergibt sich, daß die Frostsprengung als raum=erweiternder Faktor bis zum Siphon I eine Rolle spielt. Dieser Siphon befindet sich etwa 80 Meter bergewärts; die Gesteinsüberlagerung dürfte sich dort auf rund 70 Meter belaufen. Gesteinsplatten mit einer Fläche bis zu 3 Quadratmetern brechen aus dem Gesteinsverband heraus. An mehreren Stellen sind zwischen überhängenden Gesteinsbänken bis zu 5 cm breite, offene Schichtfugen beobachtet worden. An jenen Stellen, an denen sich solche Nachbrüche zu Verstürzen anhäufen, läßt sich an Hand der bereits erwähnten Eisbildungen der Nachweis erbringen, daß die an der Höhlendecke eintretenden Sickerwässer direkt für die lokale Intensität von Frostsprengungen verantwortlich sind. Die herabgefallenen Gesteinsplatten werden andererseits vom Höhlenbach erosiv entfernt, was zur Großräumigkeit der Höhle geführt hat. Beim Eingang I, wo außer dem Sickerwasser kein Wasser in Erscheinung tritt, ist der Gang fast vollständig verstürzt, da keine Ausräumung erfolgt.

Der Siphon I wird dadurch gebildet, daß sich die Höhlendecke auf einer Länge von 2 Metern bis auf 0,3 m über die Sohle mit dem Bachbett herabsenkt. Sie taucht unter den Wasserspiegel ein. Durch einen vorgelagerten Versturzt werden Sand, Kies und Gerölle außerhalb und innerhalb des Siphons zurückgestaut und verengen zusätzlich das Bachbett. Nachdem dieses Sediment etwas ausgegraben war, fiel der Wasserspiegel (im Oktober 1976) um 15 Zentimeter. Im Winter 1976/77 gelang es bei geringer Wasserführung des Höhlenbaches, hinter dem Siphon weitere Höhlenteile zu erforschen.

Gleich hinter dem Siphon I zieht die Höhlendecke wieder in die Höhe und der klammartige Gang nimmt ähnliche Ausmaße an wie vor dem Hindernis. Ein trocken liegender Höhlengang zweigt nach NW ab, ist aber am Ende durch sandigen Lehm und Gerölle zugeschwemmt. Der vom Höhlenbach durchflossene Gang verläuft schnurgerade und nahezu horizontal bis zu einer Gabelung. Dort tritt der Bach von SW her durch den Siphon II, das vorläufige Ende der Spannagelmündungshöhle, in den Höhlengang ein. Im Gegensatz zu Siphon I herrscht an dieser Stelle überhaupt kein Luftzug; das Wasser ist vor dem Siphon zu einem See mit 2,5 m Durchmesser mit noch unbekannter Tiefe aufgestaut und das Bachbett befindet sich teilweise im

anstehenden Gestein. Die Aussicht, eine befahrbare Fortsetzung der Höhle zu finden, erscheint auf Grund dieser Beobachtungen beim Siphon II wesentlich geringer, als es beim Siphon I der Fall war.

Von der vorhin erwähnten Gabelung zieht ein kleinerer Nebengang nach E aufwärts. Es handelt sich um einen überwiegend kluftgebundenen Höhlenteil; die Höhlensohle weist einige Kolke mit Durchmessern von wenigen Dezimetern auf. Etwas Sickerwasser deutet auf das Vorhandensein eines episodischen Bächleins hin. Das Ende dieses Nebenastes wird durch einen Versturz gebildet; Lehm, Humus und ein rezentes Schneckengehäuse lassen auf die Nähe eines weiteren, unbefahrbaren Einganges hin. Dieser vermutete Eingang, als Eingang III bezeichnet, ist im Sommer 1977 in der Felswand tatsächlich aufgefunden worden. Er öffnet sich gegen E, ist dreieckig, an der Basis 6 m breit, und 2,5 m hoch.

Der Eingang III liegt etwa 100 Meter südöstlich von Eingang I in ca. 2040 m Seehöhe an einer Schichtfuge (ss 50/40 N) und einer Kluft (k 90/65 S). Die anschließende Höhle befindet sich in den oberen, schwarzen, graphitischen Marmoren, bereits nahe des hangenden Zentralgneises. Sie führt ca. 20 Meter nach Westen (R 90) und ist dann durch einen Versturz auf 2030 m Seehöhe kaum noch befahrbar. Am Ende des befahrbaren Höhlenganges tritt Tropfwasser auf; in der Tiefe ist ein Rinnsal hörbar. Facetten und Korrosionsnäpfchen an der Höhlenwand deuten darauf hin, daß die Ausbildung des Ganges durch hydrische Formung erfolgte. Für diese Höhle sind auch Sinterbildung, Knöpfchensintervorkommen und herauspräparierte Hornsteinlinsen charakteristisch.

Wie bereits erwähnt, sind die klammartig ausgebildeten Höhlengänge der Spannagelmündungshöhle der raschen Tiefenerosion des Höhlenbaches zu verdanken. Zur Zeit der Begehungen (1976, 1977) hat die Schüttung des Baches im Sommer mindestens 10 - 15 l/s, im Winter ca. 5 l/s betragen. Die Wassertemperatur ist im Sommer bei 4° C, im Winter bei 3° C gemessen worden. Die Färbungen haben erwiesen, daß zumindest ein Teil des Wassers aus der Höhle beim Spannagelhaus kommt. Von dort sind sicher auch die bis kopfgroßen, gut gerundeten, ortsfremden Gneisgerölle hertransportiert worden, von denen Hunderte in der Spannagelmündungshöhle anzutreffen sind. Die gleichen Erratica sind in der Höhle beim Spannagelhaus anzutreffen. Für die Spannagelmündungshöhle sind auch zahlreiche Erosionskolke innerhalb und oberhalb des jetzigen Bachbettes kennzeichnend. Anhäufungen von Sand und Kies - wie beispielsweise beim Siphon I - sind auch in den fossilen Kolken vorhanden, die an der Höhlenwand bis in einige Meter Höhe über dem jetzigen Bachbett erhalten geblieben sind. Die Feinmaterialanlieferung des jetzigen Baches ist zu vernachlässigen, da der ausgegrabene Siphon I innerhalb eines Jahres nicht wieder aufgefüllt worden ist; bei der jetzigen Wasserführung dürfte auch der Gerölltransport

auch weitgehend zum Stillstand gekommen sein. Demnach ist die raumerweiternde Phase innerhalb der Spannagelmündungshöhle ebenfalls hauptsächlich Gletscherwässern zuzuschreiben.

Stellt man sich diese gewaltigen Wassermassen vor und bedenkt man, daß der nur wenige Meter lange Siphon I innerhalb der klammähnlich ausgebildeten Höhlengänge beiderseits des Siphons ein gewaltiges Hindernis gewesen ist, so stellt sich die Frage, warum die abtauchende Höhlendecke nicht auch wegerodiert worden ist. Eine kleine Halle sowie der bereits erwähnte zugeschwemmte Nebengang direkt hinter dem Siphon I deuten darauf hin, daß dort Wasser zurückgestaut worden ist. Um diese Situation zu erklären, erscheinen zwei Hypothesen möglich:

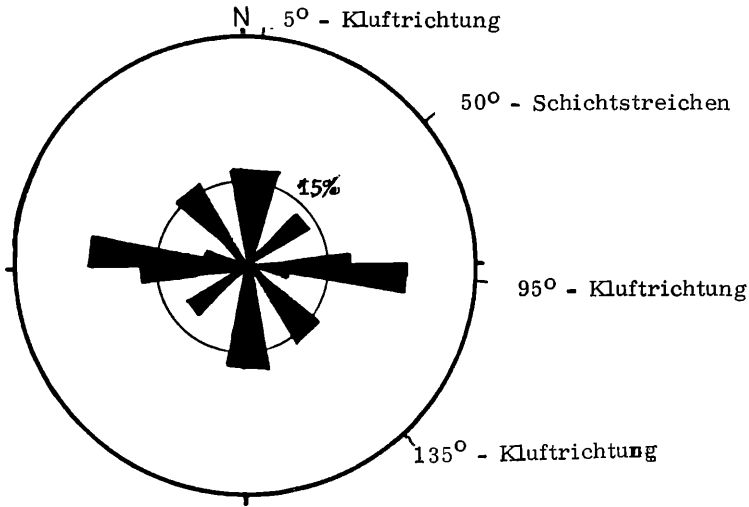
a) Das Bachbett innerhalb des Siphons ist mehrere Meter mit den erwähnten Sedimenten aufgefüllt, bedingt durch den vorhandenen Versturz. In diesem Falle würde es sich um einen regelrechten "Sandsiphon" handeln (H.TRIMMEL, 1968). Dieser Fall scheint aber eher unwahrscheinlich, da der Versturz sicher rezent und die Geröllanhäufung sicher älter ist. Weiterhin ist zu bedenken: wenn das anstehende Gestein auch nur wenige Meter tiefer läge, so wäre bereits hier die Grenze zum liegenden Gneis freigelegt worden und nicht erst in der Halle zwischen Eingang I und II.

b) Es gibt oberhalb des bekannten Höhlenteils einen fossilen Höhlenteil - etwa 10 bis 15 Meter höher -, der sich über den Siphon I hinzieht und vielleicht auch hinter den Siphon II führt. Bisher ist es noch nicht möglich gewesen, die vertikalen Höhlenwände nach oben hin abzuklettern. Die Möglichkeit, derartige fossile Gänge aufzuspüren, erscheint dem Verfasser durchaus wahrscheinlich, da die Hauptgänge öfter den Anschein erwecken, sich im oberen Teil auszuweiten. Dies könnte allerdings auch als Überrest des ursprünglich korrosiv bedingten Ellipsenprofils angesehen werden.

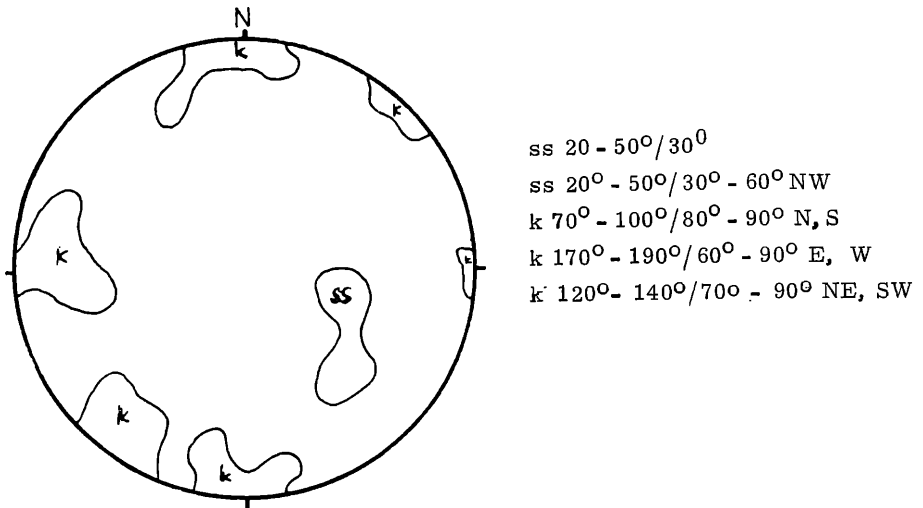
Was die primäre Korrosionstätigkeit als Voraussetzung einer Erosionstätigkeit entlang der erweiterten Klüfte und Schichtfugen anlangt, so sind neben seitwärts abzweigenden, schichtfugengebundenen Ellipsengängen (mit nur wenigen Dezimetern Durchmesser und aufwärts auskeilend) auch Mischungskorrosionskolke zu erkennen. Gleich anschließend an die Halle zwischen Eingang I und II befindet sich an der orographisch linken Bachseite ein Mischungskorrosionskolk nahezu im Niveau des jetzigen Bachbettes; er hat einen Durchmesser von 3,5 Meter. Die Decke dieses Kolkes verläuft etwas schräg entlang der Gesteinsschichtung. Vom Eingang I her ist - wie bereits weiter oben erwähnt - sicherlich aggressives Gletscherwasser direkt in die Höhle gelangt. Dieses Wasser ist auf den Höhlenbach getroffen, der bereits mehrere Kilometer innerhalb des Spannagelhöhlensystems zurückgelegt hatte. Das Zusammentreffen beider, chemisch sicherlich verschiedenen Wässer hat zweifellos zu einer Mischungskorrosion geführt (A. BÖGLI, 1964).

Abb.19

Statistische Diagramme: Spannagelmündungshöhle



Richtungsrose der Höhlengänge innerhalb der Spannagelmündungshöhle
Richtungen in %; Spannweite der Größenklassen 10°



Flächentreue Azimutalprojektion, Schmidtsches Netz (360°)
Polpunktdarstellung der ss- und k-Flächen; ca. 100 Messungen

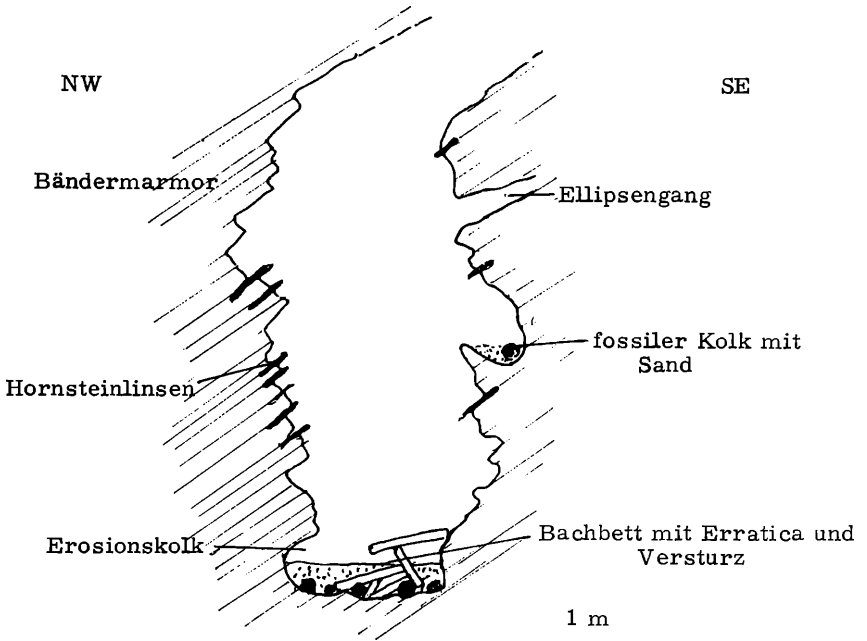
Die Spannagelmündungshöhle weist aber nicht nur eindeutige Korrosions- und Erosionsformen auf, sondern auch Kalkausscheidungen. Oberhalb von Siphon I befinden sich gut ausgebildete Knöpfchen- und Traubensinter an der schräg abwärts ziehenden Höhlendecke. Die Knöpfchensinter sind am Ende oft fein verästelt. An der gleichen Stelle befinden sich auch wurmförmige Excentriques (Vermiformes) mit 1 bis 2,5 cm Durchmesser und Längen bis zu 3 Zentimetern. Ihre Entstehung könnte unter Umständen auf die an dieser Stelle herrschende Zugluft zurückgeführt werden. Der Siphon I befindet sich etwa 70 Meter unter der Oberfläche, die stark humusführend und mit Moränenmaterial bedeckt ist. Die infolgedessen an biogener Kohlensäure reichen Niederschlagswässer können sich so an gelöstem Kalk anreichern, bis sie als Tropf- und Sickerwässer durch die Fugen im Gestein den Höhlenraum erreichen. Dort wird Kalk in Form von Sinterbildungen abgeschieden.

Die Kluft, an der die genannten Sickerwässer eintreten, ist ellipsenartig erweitert, was darauf hinweist, daß die Raumformen auch an dieser Stelle in einer Phase aktiverer Höhlenentwicklung durch Mischungskorrosion geprägt worden sind. Zieht man den erhöhten Kalkgehalt des dem Höhlenbach zusickernden Wassers in Betracht, so ist die Gesetzmäßigkeit des Zusammentreffens von Korrosion und Tropfsteinbildung klar zu erkennen (A. BÖGLI, 1964).

Weitere Knöpfchensinter und Excentriques kommen in dem zuge-schwemmten Nebengang hinter dem Siphon I vor. Eine Bergmilchablagerung befindet sich im aufwärtsführenden Seitengang kurz vor dem verstürzten Ende in Richtung Eingang III.

Was die sehr unterschiedlichen Richtungen der Höhlengänge innerhalb der Spannagelmündungshöhle anlangt, so geht aus den statistischen Diagrammen (vgl. Abb. 19) hervor, daß sich nur ein Sechstel der Gänge an das Gesteinsstreichen hält (NE - SW, nach NW einfallend). Daneben sind die Hauptkluftrichtungen (N - S und E - W) häufig, daneben aber auch eine weitere Kluftrichtung, nämlich NW - SE, die nur in der Spannagelmündungshöhle auffällig nachgewiesen werden konnte. Wesentlich ist, daß die Gangrichtungen häufig an Kluftkreuzungen scharf abknicken, was darauf zurückzuführen ist, daß sich das Wasser einen Weg entlang von vier verschiedenen, vorgegebenen Strukturen gesucht hat. Erstaunlicherweise verlaufen die Hauptgänge nahezu horizontal, unabhängig davon, welche tektonische Struktur bevorzugt wird.

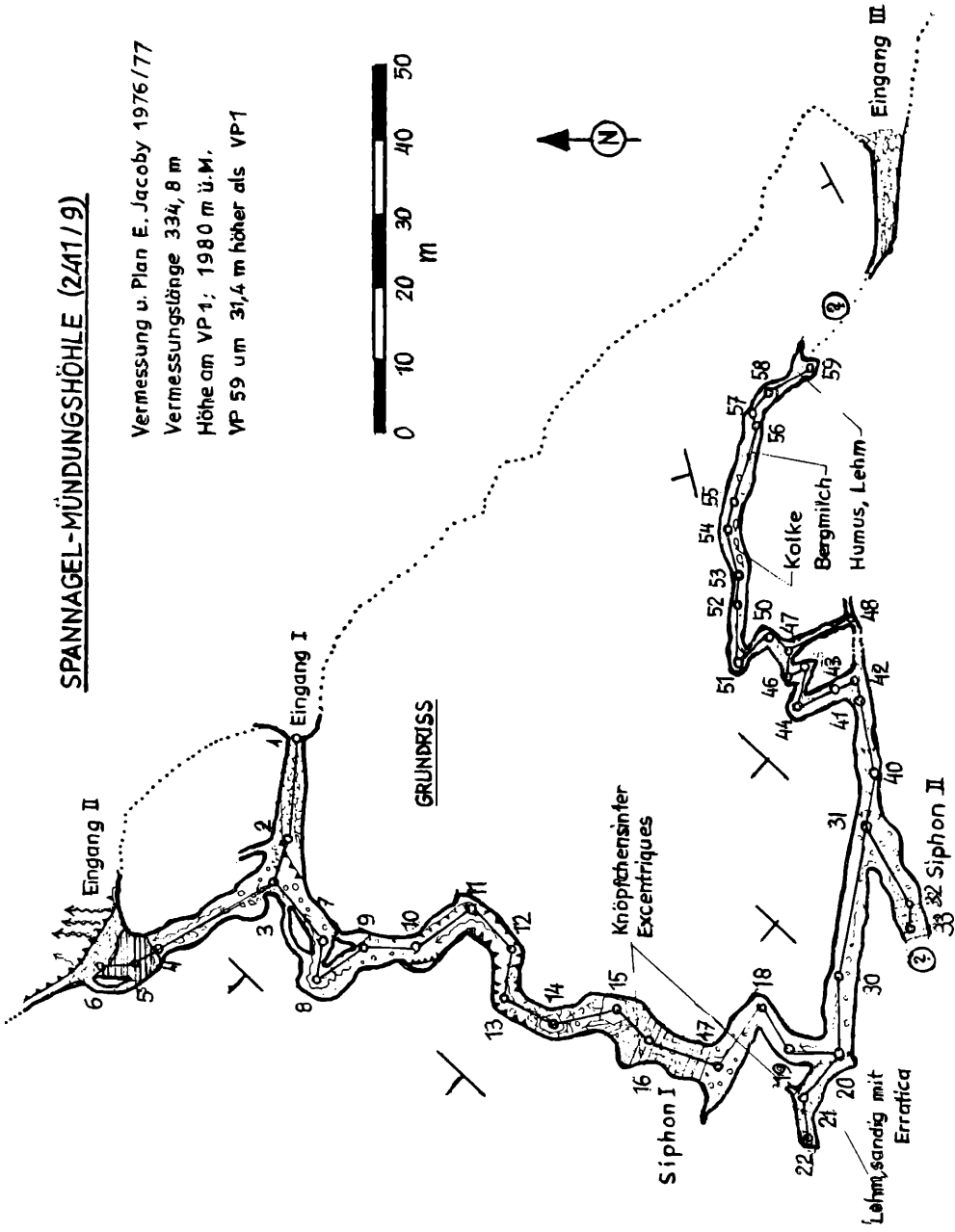
Abb.20



Spannagelmündungshöhle, Gangprofil zwischen Ver= messungspunkt 11 und 12

SPANNAGEL-MÜNDUNGSHÖHLE (2411/9)

Vermessung v. Plan E. Jacoby 1976/77
 Vermessungslänge 334,8 m
 Höhe am VP 1; 1980 m ü.M.
 VP 59 um 31,4 m höher als VP 1



5. DIE TUXBACH - KLAMM

5.1. GEOLOGIE DER TUXBACHKLAMM.

Die Tuxbachklamm erstreckt sich südlich von Hintertux ab dem Wasserfall (1500 m ü. d. M.) von N nach SSE bis zur Gesteinsgrenze Kalkmarmor/Phengit-Arkose-Gneis in 1700 m ü. d. M. Die Klamm durchschneidet den Hochstegenkalkmarmor auf einer Länge von 700 Metern. Von Süden nach Norden folgt auf den Schraubenfall (1660 m ü. d. M.), einer Gruppe von Wasserfällen, die Schraubenfallhöhle (1578 - 1570 m ü. d. M.), die der Tuxbach von SSW nach NNE auf einer Länge von 105 Metern durchfließt, und schließlich der Wasserfall südlich von Hintertux.

Die Schichtfolge des Hochstegenkalkmarmors beginnt im Süden der Klamm mit Basismarmoren, auf die Bändermarmore folgen, die ihrerseits weiter nordwestlich allmählich in massigen Kalkmarmor übergehen. Eine Störung, die von SW (Waldeben) über die Klamm nach NE zieht, ist bereits im Kapitel über die Geologie der näheren Umgebung (des Spannagelhöhlensystems, vgl. 1.2.) eingehend beschrieben worden. Diese Störung, an der der Kalkmarmorzug Waldeben - Spannagelhaus von jenem vom Schmittenberg über die Klamm streichenden Kalkmarmorzug abzweigt, ist zwar für die Tuxbachklamm ohne genetische Bedeutung, doch befindet sich die Facettenspalte genau im Störungsbereich. Der Hochstegenkalkmarmor streicht im allgemeinen von NE nach SW (35° - 70°) und fällt mit 30° bis 65° nach NW ein. Die Klamm durchzieht die gesamte Schichtfolge des Kalkmarmors. Auf den statistischen Diagrammen (Abb. 22) ist die Tektonik in Zusammenhang mit der Morphologie veranschaulicht.

Die Tuxbachklamm weist ganz unterschiedliche Richtungen auf; überwiegend verläuft sie entweder parallel zum Schichtstreichen (Schraubenfallhöhle und Klamm im Bereich der Facettenspalte) oder normal zum Schichtstreichen (Beginn der Strecke im S und Schraubenfall bis zum Eingang in die Schraubenfallhöhle). Verläuft die Klamm quer zum Schichtstreichen, so schneidet sich der Bach rasch in die Tiefe ein; wo der Bachlauf in der Klamm parallel zum Schichtstreichen verläuft, sind Gefälle und Tiefenerosion geringer. Dies kommt am besten in der Schraubenfallhöhle zum Ausdruck, die parallel zum Schichtstreichen verläuft und trotz des Wildbachcharakters des Tuxbaches verhältnismäßig horizontal angelegt ist. Innerhalb des Schraubenfalls, wo der Tuxbach quer zum Schichtstreichen fließt, stürzt er regelrecht in die Tiefe, wobei attraktive Erosionskolke und Wasserfälle gebildet werden. In diesem

Fall schreitet die Erosion so schnell fort, daß oft ganze Schichtbänke untergraben werden und als Naturbrücke erhalten bleiben (Schraubenfall und vor dem nördlichen Ausgang der Schraubenfallhöhle). Dies führte auch zur Genese der Schraubenfallhöhle, die dadurch entstanden ist, daß die Erosion unterhalb des Schraubenfalles so schnell fortgeschritten ist, daß der Tuxbach sein ehemaliges Bachbett verlassen hat und entlang von Schichtfugen einen neuen Weg parallel zum Schichtstreichen gefunden hat.

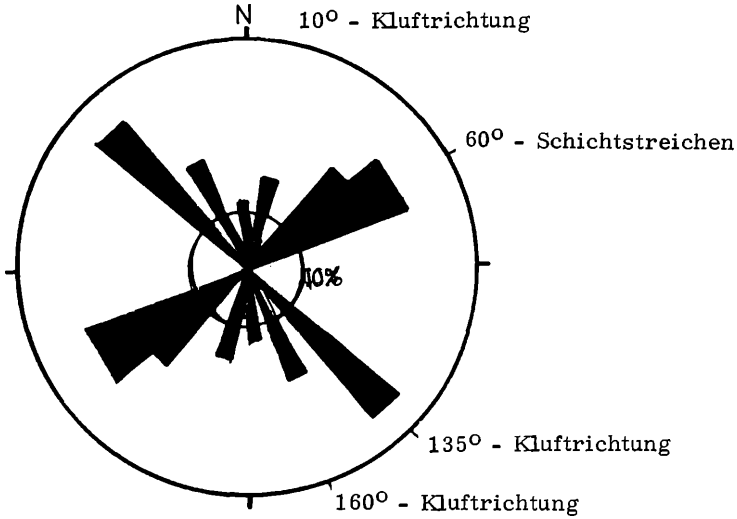
Das fossile Bachbett befindet sich orographisch links des Einganges der Schraubenfallhöhle und zieht quer zum Schichtstreichen zum Talboden hin. Größere Kolke mit mehreren Metern Durchmesser deuten auf den ehemaligen Lauf des Tuxbaches hin. Diese Stelle um den Eingang der Schraubenfallhöhle hat H. TRIMMEL bereits 1967 veranlaßt, auf ein postwürmes Alter der Klamm und der Schraubenfallhöhle zu schließen. Er schrieb damals:

"Nimmt man an, daß seit dem Rückzug der Gletscher aus dem Klammbereich rund 10000 Jahre verstrichen sind, so entspricht dieser Zeit ein Einschneiden des Baches in die überschiffene Felsoberfläche im Ausmaß von 27 Metern (Oberkante 1605 m, Aussichtsplattform beim First des Höhlenportals 1596 m, Wasserspiegel beim Eintritt in die Höhle 1578 m). Bei Annahme einer annähernd gleichmäßigen Erosionstätigkeit war zum Zeitpunkt der Trockenlegung des oberirdischen Taleinschnittes im untersten Teil der Klamm und der ersten Entstehung der Schraubenfallhöhle, bei einem bis dahin erfolgten Einschneiden um 9 Meter, rund ein Drittel der zur Verfügung stehenden Zeit abgelaufen. Für die gesamte Entwicklung der Schraubenfallhöhle von ihrer Entstehung bis zum gegenwärtigen Zustand steht somit ein Zeitraum von 6000 bis 7000 Jahren zur Verfügung."

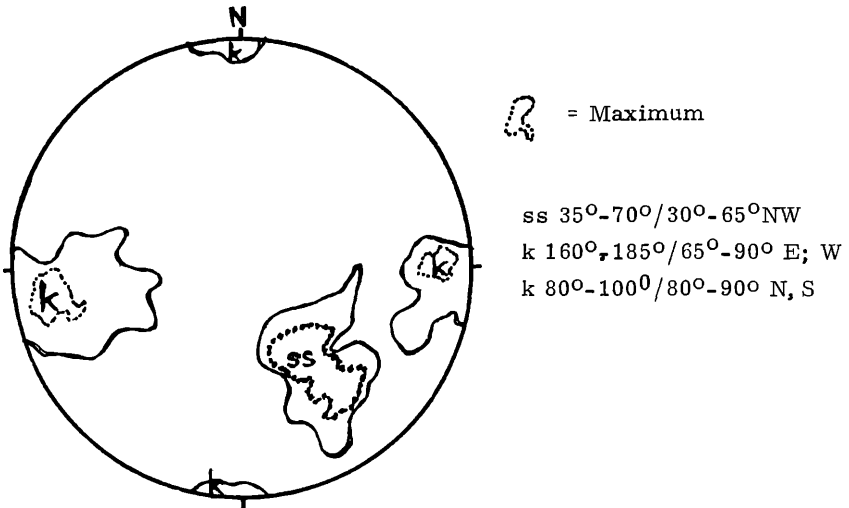
Diese Alterseinstufung von H. TRIMMEL auf Grund des geomorphologischen Befundes kann ich durch weitere Beweise untermauern; innerhalb der Klamm sind nirgends eiszeitliche Ablagerungen, wie z. B. Moränenmaterial nachzuweisen, abgesehen von einem Gneisblock mit 4 m Durchmesser, der innerhalb der Klamm im Bereich der Facettenspalte eingeklemmt ist. Dieser Block ist sicherlich als Bergsturzblock erst rezent hineingerutscht (oder er lag bereits bei der Klammmentstehung an Ort und Stelle), denn solche Bergsturzböcke und Erratica liegen auf der orographisch rechten Klammseite am Fuße des Schmittenberges verstreut herum. Das oben erwähnte Bachbett ist über den Klammbereich in Richtung Walfischmaul (orographisch rechte Klammseite, 1640 m ü. M.) aufwärts weiter zu verfolgen. Der Tuxbach hat also auf alle Fälle seinen Lauf mindestens ein Mal verlegt. Weiterhin ist klar, daß, wenn die Klamm bereits während der Vergletscherung bestanden hätte, zumindest die Ränder glazialerosiv abgerundet worden wären. Dies ist jedoch nirgends der Fall. Die Felskante am oberen Rande der Klamm setzt nämlich überall sehr abrupt und kantig ein. Es handelt sich demnach bei der Tuxbach-Klamm um eine geologisch außerordentlich junge Erosionserscheinung, die - bedingt durch die besonderen geologischen Verhältnisse, erst vor rund 10000 Jahren (postwürm) eingesetzt hat.

Abb.22

Statistische Diagramme: "Tuxbach-Klamm"



Richtungsrose der morphologischen Richtungen im Bereich der Tuxbach-Klamm und der Schraubenfallhöhle, Richtungen in %; Spannweite der Größenklassen: 10°



Flächentreue Azimutalprojektion, Schmidtsches Netz (360°)
 Polpunktdarstellung der ss- und k-Flächen, ca. 200 Messungen

Daß die Tiefenerosion äußerst wirksam ist, wird auch am Wildbachcharakter des Tuxbaches offensichtlich, der die Gletscherschmelzwässer des Grefrorene Wand-Keeses und des Schwarzbrunnerkeeses mit sich führt. Die Korrosion hat insoferne Bedeutung, als sie für das primäre Erweitern der Schichtfugen verantwortlich ist, entlang derer dann die Schraubenfallhöhle ausgebildet worden ist. Für die Tiefe des Klammeschnittes und für das räumliche Ausmaß der Schraubenfallhöhle ist nahezu ausschließlich Erosion in Betracht zu ziehen.

Außer der Schraubenfallhöhle, der Facettenspalte und der Bergsturzhöhle kommen im unmittelbaren Klammbereich weitere eindeutige Karsterscheinungen vor, vorwiegend Karren. Die am besten ausgebildeten Karren befinden sich unmittelbar neben dem Weg 526 in der Nähe der Facettenspalte. Dieses Karrensystem bestimmt derzeit weitgehend den Verlauf des Baches, der je nach Schüttung entweder weiter bachaufwärts versickert (vgl. Färbung 2. 5. 5.) und erst innerhalb der Klamm wieder zum Vorschein kommt, teilweise über der Höhle versickert, oder direkt der Höhle zufließt. Ein Teil der bis zu 50 cm tiefen Karren verläuft entlang der Schichtfugen. Bleibt der Bach bei normaler Schüttung innerhalb dieser zum Bachbett umfunktionierten Karren, so wird er abgeleitet und fließt an der Facettenspalte vorbei. Ein anderes Karrensystem liegt etwas höher und verläuft normal zur Schichtoberfläche. Bei großer Schüttung überläuft der Bach die zuerst genannten Karren und fließt teilweise entlang des zuletzt genannten Karrensystems direkt der Facettenspalte zu. Alle Karren weisen an der Felsoberfläche Facetten auf, was in diesem speziellen Fall auf einen flächenhaften Abfluß des Wassers hindeutet. Die Karren sind nicht mit Humuspolstern bedeckt.

Ein regelrechtes Karrenfeld befindet sich auf der orographisch linken Klammseite auf 1600 m ü. M. Außer normalen Rinnenkarren befinden sich dort bis zu mehreren Dezimetern tiefe Karren innerhalb von Gletscherschliffen, bzw. Rundhöckern. Diese Karren verlaufen in den humusreichen Boden; eine in mehreren Fällen vorgenommene Ausgrabung zeigt, daß die Karren im Untergrund öfters mit kleinen Erratica und Gesteinsbruchstücken aufgefüllt sind. Diese Karren sind sicherlich präwürm entstanden, und während der Würmeiszeit gekappt worden, also ältere Dokumente der Verkarstung. Neben diesen teilweise verfüllten präwürmzeitlichen Karren befinden sich jüngere (postwürmzeitliche) Rinnenkarren, sowie reaktivierte ältere (fossile) Karren.

Rund um die Tuxbachklamm sind weitere rezente Karren zu sehen, die genetisch sehr unterschiedlich sind; so gibt es freie und halbfreie Karren, Rinnenkarren und Rillenkarren (BÖGLI, 1960) teils entlang der Schichtflächen parallel zur Klüftung oder parallel zu den Schichtfugen. Derartige Karren kommen auch im Gebiet zwischen Waldeben und Tuxbach-Klamm vor. Direkt auf Waldeben (1799 m) sind

einige Dolinen mit Durchmessern bis zu 5 Meter innerhalb des humusbedeckten Moränenmaterials, das dem Kalkmarmor aufliegt. Unterhalb der Felsstufe nord-östlich von Waldeben tritt Wasser aus dem verkarsteten Kalkmarmor zwischen dem Hangschutt in Form von Naßgallen zutage.

Eine abgerutschte Baumwurzel ca. 150 m unterhalb der Facettenspalte hat einige Quadratmeter der Oberfläche der anstehenden Kalkmarmore freigegeben. Dieser einmalige Aufschluß zeigt, daß unter der Humusdecke unregelmäßige Korrosionsnäpfchen und Rillen entstanden sind, was auf den starken Gehalt an biogenem Kohlendioxid, bzw. Wurzelsäuren zurückzuführen ist.

5.2. DIE FACETTENSPALTE

Anmerkung zur Katasternummer siehe Seite 121

Die Facettenspalte (Katasternummer 2411/7) liegt in 1690 m Seehöhe an der orographisch rechten Seite der Tuxbachklamm. Die Höhle ist 1963 vermessen und von H. TRIMMEL (1967) als "anschauliches Modell für den allmählichen Übergang der oberirdischen Entwässerung, ähnlich der Situation bei der Schraubenfallhöhle", zum unterirdischen Abfluß beschrieben worden. Die 30 Meter lange Facettenspalte wird episodisch von einem kleinen Bach durchflossen und mündet mit einer Neigung von 55° gegen NW innerhalb der Klamm. Bei niedrigerer Wasserführung fließt der Bach oberirdisch quer über den Höhlenbereich, wobei bereits Wasser entlang einer NW-SE-Kluft in die Höhle sickert. Bei starker Wasserführung fließt der Bach zum Eingang der Höhle, wobei er entlang seines ehemaligen Bachbettes verläuft, was durch Kolke dokumentiert ist. Der Bach hat sich als Folge des raschen Einschneidens des Tuxbaches im Zuge der rückschreitenden Erosion entlang einer Schichtfuge - der nunmehrigen Facettenspalte - dem weiter absinkenden Mündungsniveau anzupassen versucht. Hierbei sind ähnlich wie bei der Schraubenfallhöhle ganze Gesteinsplatten untergraben worden, wobei es zur Höhlenbildung kam. Rezent hat sich der Bach karrenähnlich parallel zum Schichtstreichen korrosiv eingetieft; das führte zu einer Richtungsänderung des Bachverlaufes und hatte zur Folge, daß der Bach derzeit normalerweise wieder oberirdisch abfließt und die Höhle nur bei starker Wasserführung als Schwinde funktioniert. Der Name der Höhle nimmt auf die zahlreichen, deutlich ausgeprägten Fließfacetten Bezug, die nicht nur an der Höhlensohle, sondern auch außerhalb der Höhle im Bachbett und auf Karren zu finden sind.

Die Facetten weisen bis zu 5 cm Durchmesser auf, sind deutlich gestuft und sind am häufigsten dort anzutreffen, wo die Neigung gering ist und das Wasser vorzugsweise flächenhaft abfließt.

Die Facettenspalte liegt in den mit Hornsteinflatschen durchsetzten Kalkmarmoren nahe den Basismarmoren.

Die Bergsturzhöhle (Katasternummer 2411/8) ist 1964 erkundet und von V. BÜCHEL und H. MASING vermessen worden. Ihr Eingang liegt in 1710 m Seehöhe etwa 80 Meter nordöstlich der Facettenspalte. Ihre Gesamtlänge beträgt etwa 30 Meter.

Der Eingang öffnet sich zwischen zwei Felssturzböcken und ist gegen Südwesten exponiert; die gesamte Höhle liegt im Hochstegen-Bändermarmor mit "herausgewitterten" Hornsteinlinsen. Charakteristisch ist, daß die Höhlendecke hauptsächlich von Erratica und Felssturzböcken mit mehreren Metern Durchmesser gebildet wird. Entlang einer erweiterten Schichtfuge gelangt man vom Eingang zu einem Schacht, der mit Geröllen, Sand und Lehm so verfüllt ist, daß zwar Wasser versickern kann, jedes weitere Vordringen aber unmöglich ist. Die hervorragenden Hornsteinlinsen und Korrosionsnäpfchen deuten auf rege Lösungstätigkeit hin. Außer Knöpfchensintern sind keine Kalkablagerungen vorhanden.

Die auch im befahrbaren Höhlenraum auftretende teilweise Erfüllung mit Gesteinsschutt, Geröllen, Sand und Lehm hängt mit der aus Gesteinsblöcken bestehenden Höhlendecke zusammen, die nach außen hin nicht ganz abdichtet. Dies läßt auf folgenden Ablauf der Höhlengenese schließen: Eine ursprüngliche, im Gelände morphologisch hervortretende Karbonatgesteinslinse hat den Bergsturzböcken und den Gletscher-Erratica, die vom Hohen Riffler kamen, Halt geboten. Entlang dieser anstehenden Gesteinslinse hat auch das abfließende Niederschlagswasser seinen Weg genommen und Klüfte und Schichtfugen korrosiv erweitert. So ist schließlich unter dem aus Gneisen bestehenden Blockwerk eine Höhle entstanden. Die Bergsturzhöhle ist demnach keine Höhle zwischen Bergsturzböcken (vom Typus "Überdeckungshöhle"), sondern eine Karsthöhle mit einer Decke aus Bergsturzböcken. Der Name ist jedoch insofern berechtigt, als die Deckblöcke Anlaß für den Verlauf der Korrosionstätigkeit im unterlagernden anstehenden Kalkmarmor gewesen sind. Der Verlauf der Bergsturzhöhle orientiert sich auch hauptsächlich an den Kluft- und Schichtflächen (R 70; ss 55/45 N; k 75/65 S).

5.4. DIE SCHRAUBENFALLHÖHLE

Die Schraubenfallhöhle (Katasternummer 2411/6) ist 1963 erkundet und von G. und V. BÜCHEL, H. ILMING, E. KIESLING und H. TRIMMEL vermessen worden. 1964 wurde die Höhle zum Naturdenkmal erklärt. Sie wird an dieser Stelle nur kurz erwähnt, da sie von H. TRIMMEL (1963, 1967) bereits eingehend beschrieben worden ist.

Die Gesamtlänge der Höhle beträgt 105 Meter, die Raumhöhe bis zu 6 Meter. Die Höhle wird in ihrer Längserstreckung von SSW nach NNE vom Tuxbach durchflossen. Die Höhlensohle beim Südwestportal (Wasserspiegel) ist mit 1578 m ü. M. bestimmt worden, beim Nordostportal mit 1570 m ü. M. Obwohl der Tuxbach seinen Wildbachcharakter innerhalb der Höhle nicht verliert, ist sein Gefälle als gering anzusehen. Das ist dadurch zu erklären, daß der Bach parallel zum Schichtstreichen des Hochstegenmarmors fließt (R 40; ss 45 - 60/30 - 65 N). Das Kluftsystem spielt für die Höhlengeneese nur eine sehr untergeordnete Rolle. Die Schraubenfallhöhle ist demnach eine schichtfugengebundene Durchgangshöhle.

Wesentlich ist, daß die Großräumigkeit der Höhle auf die Erosionsleistung des Wassers zurückzuführen ist; markante Korrosionskolke oder andere Korrosionsformen fehlen, dagegen sind typische kreisrunde Erosionskolke vorhanden. Die rasche Tiefenerosion des Tuxbaches innerhalb der Höhle wurde nicht nur durch die zeitweise gewaltigen Wassermassen des Flusses begünstigt, sondern auch durch das plattige Nachbrechen des Hochstegenkalkmarmores entlang der Gesteinsschichtung. Ein derartiger raumerweiternder Nachbruch von etwa 15 Kubikmetern Gestein ist 1964 am Nordostportal der Schraubenfallhöhle beobachtet worden. Auf Grund dieser Umstände und der von H. TRIMMEL erhobenen geomorphologischen Befunde ist das nacheiszeitliche Entstehungsalter der Höhle offensichtlich. H. TRIMMEL (1967) schreibt dazu:

"Da der Tuxbach noch am Anfang der Nacheiszeit oberirdisch zum Talboden nach Hintertux entwässerte und nachweislich erst später entlang der Schichtflächen einen unterirdischen Abfluß erhielt, handelt es sich bei der Schraubenfallhöhle um eine erst in der Nacheiszeit entstandene und damit altersmäßig datierbare Erosionshöhle bedeutenden Ausmaßes. Gleichartige Erscheinungen, die derart instruktiv Einblick in einen im alpinen Gebiete äußerst seltenen Höhlentyp gewährleisten, sind bisher in Österreich nicht bekannt worden".

6. DIE THERMALQUELLEN VON HINTERTUX

Südöstlich von Hintertux befinden sich auf 1500 m ü. M. mindestens 22 laue bis warme Quellen etwa 5 Meter über dem Niveau des Tuxbaches (F. SCHEMINZKY, 1959). Nur wenige dieser Quellen weisen ganzjährig eine Temperatur von knapp über 20° C auf und können daher als echte Thermalquellen bezeichnet werden. Die Gesamtschüttung aller lauen bis warmen Quallen zusammen hat im Februar 1969 nur 6,3 l/s, im Juli 1969 dagegen aber 34,4 l/s betragen (F. SCHEMINZKY, 1970). Die Menge der gelösten Stoffe wurde auf Grund mehrerer Untersuchungen mit 200 mg/kg im Mittel bestimmt (F. SCHEMINZKY, 1959). Sowohl bei diesen als auch bei älteren Untersuchungen hat sich die Konzentration radioaktiver Spurenelemente als balneologisch bedeutungslos erwiesen. Kontrollanalysen im Jahre 1969 zur Feststellung einer eventuellen Änderung der Thermalquellen durch den Bau des Überleitungsstollens auf 1800 m ü. M. oberhalb von Waldeben haben keine Veränderungen ergeben. Anlässlich dieser Untersuchungen sind F. SCHEMINZKY (1970) und E. KOMMA zu folgenden Schlüssen gelangt:

"Mit natürlichen Schwankungen von 10% und mehr muß stets bei Unterschieden in der Mineralisierung gerechnet werden. Beeinflussungen von Quellen durch Einwirkung verschiedener Art lassen sich demnach erst dann ableiten, wenn die Unterschiede zwischen 20% und 30% liegen, was im vorliegenden Fall nicht festgestellt worden ist. Das gleiche gilt auch für leichte Verschiebungen im Chemismus, die noch im Bereich der natürlich vorkommenden Streuung liegen. Alle die festgestellten kleinen Unterschiede lassen sich zwanglos auf die Zunahme der Wasserspende zur Zeit der Schneeschmelze zurückführen".

Im "Amtlichen österreichischen Bäderbuch" hat G. MUTSCHLECHNER bereits 1959 darauf hingewiesen, daß der anstehende Fels oberhalb der Wasseraustritte aus steil in die Tiefe abtauchendem "grünlich-grauem Serizitphyllit" besteht. Bei einer Geländebegehung des Schmitt enberges hat der Verfasser dieses steile Einfallen gegen Nordwesten (s 62/65 N) bestätigen können. Dieses Gestein, das von V. HÖCK (1969) als "Phengit-Arkose-Gneis" bezeichnet wird, streicht am Fuße des Schmitt enberges nach NE und wird dort in der Kartierung von W. FRISCH (1967) als "Knollengneis des Höllensteins" ausgedeutet.

Wesentlicher jedoch ist, daß die Quallen nicht direkt aus diesem anstehenden "Gneis" entspringen, sondern innerhalb einer blockreichen Schuttmasse. Dies ist auch der Grund, warum die Quellen so verstreut auseinanderliegen und unterschiedliche Temperaturen aufweisen, da die Aufstiegsbedingungen des Wassers verschieden sind. Hierauf sind auch die von F. SCHEMINZKY (1969) festgestellten

geringen Temperaturänderungen bei verschiedenen Quellen zurückzuführen, die im Zusammenhang mit der Zunahme der Wasserspende zwischen März und Juli zu erwarten sind. Die Zunahme der Wasserspende in Abhängigkeit von der Schneeschmelze ist durchaus möglich, da die Schuttmassen das am Schmittenberg oberirdisch abfließende Niederschlagswasser direkt aufnehmen.

Bedenkt man, daß die Oberfläche des Schmittenberges fast zur Gänze aus Hochstegenmarmor aufgebaut ist, so stellt sich die Frage, inwiefern unterirdisch abfließendes Wasser, bzw. Karstwasser an den Thermalquellen beteiligt ist. Die Mineralisierung und der Chemismus der Quellen lassen kaum Rückschlüsse zu, da das Wasser einen nicht zu unterschätzenden Weg innerhalb der Schuttmassen zurücklegt. Der Tiefgang des Schutts ist aus folgenden Gründen als ziemlich extrem anzusehen: im Bereich von Hintertux verläuft das Tal parallel zur Grenze zwischen Oberer und Unterer Schieferhülle. Diese Grenze ist in der Literatur über die Hohen Tauern schon lange als Deckengrenze anerkannt (A. TOLLMANN, 1963; Ch. EXNER, 1971). Durch diese steil nach Nordwesten einfallende Deckengrenze wird nicht nur das Empordringen des Thermalwassers aus größerer Tiefe begünstigt, sondern es ist auch anzunehmen, daß die Glazialerosion entlang dieser vorgegebenen Struktur wesentlich unter das derzeitige Talbodenniveau vorstieß. Das Talbecken im Bereich von Hintertux ist offensichtlich postglazial mit Bergsturzmassen sowohl von Norden als auch von Süden her aufgefüllt worden.

Die Temperatur der Quellen deutet darauf hin, daß das Wasser aus einer Tiefe von mehreren hundert Metern kommen muß. Trotzdem ist es möglich, daß sich das Einzugsgebiet nicht allzuweit entfernt befindet, da auch der verkarstungsfähige Hochstegenmarmor im allgemeinen steil in die Tiefe eintaucht. Markierungsversuche scheinen wenig erfolgversprechend zu sein, wenn man bedenkt, daß etwa T. FLORKOWSKI und G. JOB (1969) die Verweildauer des Gasteiner Thermalwassers mit der Radiokarbonmethode mit 3600 bis 3800 Jahren bestimmt zu haben glauben. Diese Werte sollen an dieser Stelle nicht zur Diskussion gestellt werden; es soll damit lediglich auf die Problematik hingewiesen werden, die sich aus dem Zusammenspiel von Verkarstung und Thermalquellen ergeben kann. An Hand der beschriebenen Karstformen und karsthydrologischen Erscheinungen im Bereich zwischen Hintertux und dem Spannagelhaus und unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse ist die Möglichkeit einer zumindest teilweisen Beimengung von Karstwässern zu den Thermalquellaustritten von Hintertux durchaus gegeben.

7. SCHLUSSFOLGERUNGEN

7.1. DAS SPANNAGELHÖHLENSYSTEM

Im Laufe der Geländearbeiten von 1975 bis 1977 hat sich herausgestellt, daß die Höhle beim Spannagelhaus einem regelrechten System von Karsthohlraumnetzen angehört. Markierungsversuche (2.5.) und Höhlenbefahrungen bestätigen eindeutig, daß dieses System auch Schneefleckhöhle, Sisiphosloch und Spannagelmündungshöhle umfaßt.

Die Höhle beim Spannagelhaus und die Spannagelmündungshöhle liegen ca. 1,5 Kilometer (Luftlinie) voneinander entfernt; der relative Höhenunterschied zwischen den beiden Höhleneingängen beträgt etwa 540 Meter. Die bisher erforschten Teile der Höhle beim Spannagelhaus erstrecken sich vom Eingang etwa 0,5 Kilometer gegen Westen; dadurch wird die Horizontaldistanz des tagfernten Punktes zur Spannagelmündungshöhle gegenüber dem Abstand der beiden Höhleneingänge kaum verringert. Der Höhenunterschied zwischen dem tagfernten Punkt der Höhle beim Spannagelhaus und der Spannagelmündungshöhle beträgt allerdings nur mehr etwa 300 Meter. Die Gesamtlänge der Höhle beim Spannagelhaus beträgt übrigens etwa das Vierfache der Ost-West-Horizontalerstreckung.

Auf Grund der Färbeversuche sind folgende Hypothesen möglich; wobei die Durchgangszeit des Höhlenbaches von 15 Stunden der einzige sichere Faktor ist: Bei einer angenommenen minimalen Längserstreckung (=die vom Höhlenbach zurückgelegte Strecke) von 3 km beträgt die Fließgeschwindigkeit ca. 200 m/h, und bei einer angenommenen maximalen Längserstreckung von 7 km ca. 47 m/h. Die Teststrecke innerhalb der Höhle beim Spannagelhaus (2.5.4.) ergibt 320 m/h, und diesem Ergebnis würden 4,8 km Längserstreckung entsprechen. Die tektonischen Gegebenheiten (Profile A, B, Tafel 2; C, Abb. 2) sind dadurch gekennzeichnet, daß der Hochstegen-Kalkmarmorzug unter dem Zentralgneis gegen Westen hin immer steiler einfällt, wobei er fast Nord-Süd streicht (wie etwa schon im Spinnengang der Höhle beim Spannagelhaus), und daß er gegen Nordosten allmählich auf Nordost-Südwest-Streichen umbiegt. Es ist anzunehmen, daß der Kalkmarmorzug in der Tiefe auskeilt, und daß sich der Höhlenbach entlang der Grenze dieses Zuges zum Zentralgneis, bzw. zum Phengit-Arkose-Gneis seinen Weg nach NNE sucht, bis er innerhalb der Spannagelmündungshöhle zutage fließt.

Entlang der Gesteinsgrenze zum Gneis bewirkt die Transportkraft des Höhlenbaches, dessen Schüttung bis zu 15 l/s beträgt, daß viel sandiger Rückstand des Gneises innerhalb der Siphone der Mündungshöhle abgelagert wird, die nur ein geringes Gefälle aufweist. Möglicherweise ist mit weiteren Siphonstrecken in den tieferen Teilen des Karsthohlraumnetzes zu rechnen. Markierungsversuche, Tektonik und Geomorphologie der erforschten Höhlengänge lassen erahnen, daß sich das Spannagel-Höhlensystem auf mehr als 5 Kilometer Ganglänge erstrecken könnte.

Die im Gelände klar hervortretende, von Norden nach Süden verlaufende Felsstufe Kleegrube - Graben - Spannagelhaus verdankt ihre Entstehung der Glazialerosion. Entlang dieser Felsstufe, die eine ac-Fläche in Bezug auf die B-Achse darstellt, sind die bc-Klüfte (E-W) und die nach Westen abtauchenden Faltenachsen (B-Achse) den an die Felswand angepreßten Gletscherschmelzwässern ausgesetzt gewesen. Klüfte und Schichtfugen sind zunächst durch Korrosion zu Spalten erweitert worden und haben dadurch den Eintritt der Gletscherschmelzwässer in den Gesteinskörper ermöglicht. Diese Wässer haben die Höhlen durch Erosion ausgebildet. Es ist ohne weiteres vorstellbar, daß weitere Höhlen, die durch Abtragungs- oder Zerfallsvorgänge oder durch Zuschüttung unbefahrbar geworden sind, während ihrer aktiven Phase als Entwässerungssystem miteinander und mit dem Spannagel-Höhlensystem verbunden gewesen sind. Dies könnte für Fensterhöhle, Windloch, Sandeckhöhle, Schrägplattenhöhle, Grabenhöhle, Murmeltierhöhlen, Zerfallshöhle oder Kleegrubenhöhle gelten.

Wesentlich ist, daß der verkarstungsfähige Hochstegenkalkmarmor, in dem sich alle oben erwähnten Höhlen befinden, zwischen hangendem Zentralgneis und liegendem Phengit-Arkose-Gneis - beides nicht verkarstungsfähige Gesteine - eingekleilt ist. Die so tektonisch vorgegebene Gesteinsgrenze bildet innerhalb des gesamten Spannagelhöhlensystems die lokale Erosionsbasis; an dieser Gesteinsgrenze tritt auch der Höhlenbach der Spannagelmündungshöhle zutage. Die Tatsache, daß der Eingang dieser Höhle inmitten einer Felswand liegt, ist nicht auf eine Hebung in Bezug zu der tiefer liegenden, älteren Landoberfläche (Waldeben) zurückzuführen, sondern auf die Grenze zum Gneis. Dennoch soll die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden, daß der Höhlenbach ursprünglich innerhalb der Spannagelmündungshöhle durch den zugeschütteten Gang hinter dem Siphon I weiter in die Tiefe abgeflossen sein könnte (Abb. 21).

Die Genese der Spannagelmündungshöhle weist ähnliche Entwicklungsphasen auf wie jene der Höhle beim Spannagelhaus (vgl. 3. 2.). Die Höhlenbildung, die erst nach den letzten Gebirgsbildungsphasen im Jungtertiär eingesetzt haben kann, ist auf alle Fälle im Quartär erfolgt. Als ziemlich sicher gilt, daß die we-

sentlichste Erosionstätigkeit durch Gletscherschmelzwässer erst während der Rückzugsphasen der Würmgletscher erfolgt ist. Erst anschließend sind Sinterbildung und korrosive Herauspräparation der Hornsteinlinsen im Gestein vor sich gegangen. Derzeit ist insbesondere in der Höhle beim Spannagelhaus die Erosionstätigkeit des Höhlenbaches nahezu zu vernachlässigen, während die Korrosion weiter wirksam ist. In den tieferen Teilen des Karsthohlraumnetzes ist noch mit einer bescheidenen Erösionstätigkeit zu rechnen. Jedenfalls ist die Wasserführung derzeit gegenüber jener in der Zeit des Abschmelzens der Gletscher recht bescheiden.

Folgende Entwicklungsphasen des Höhlensystems können unterschieden werden:

- a) Initialphase. Korrosion erweitert hydrographisch wegsame Haarrisse, Klüfte und Fugen zu Spalten und Hohlräumen. Je nach der Möglichkeit und Intensität einer subglazialen Karstwasserzirkulation ist diese Entwicklungsphase kaum älter als prä-würmzeitlich. Die Korrosion hat jedoch spätestens subglazial bis früh-postglazial eingesetzt. Die Entstehung des Spannagelhöhlensystems ist demnach sehr eng an den Rückzug der Würmvereisung gebunden.
- b) Aktivphase. Sub- und postglaziale Gletscherschmelzwässer sind am Ende der Würmeiszeit und im anschließenden frühen Holozän durch das Karsthohlraumnetz abgeflossen. Diese größeren Wassermengen sind zwar nur zeitweise, aber in Übereinstimmung mit kurzzeitigen Klimaschwankungen mehrmals zur Verfügung gestanden. Neuvorstöße und Rückzüge des Gletschereises waren gerade im Höhlengebiet in dieser Zeit zu verzeichnen. In dieser Zeit kam es zu einer erhöhten Intensität der Hohlraumerweiterung, überwiegend durch Erosion. Diese Gletscherschmelzwässer blieben mit hoher Wahrscheinlichkeit ab dem Daun-Stadium aus (vgl. 1.2., 2.4.).
- c) Passivphase. Diese vor etwa 9000 Jahren einsetzende Phase dauert bis heute an. Die Höhlenbäche werden hauptsächlich von Sickerwässern gespeist. Geringe Schüttung - 2 bis 15 l/s in den Sommermonaten und 1 bis 7 l/s in den Wintermonaten - und langsamer unterirdischer Abfluß ermöglichen in bestimmten Bereichen eine Korrosionstätigkeit des Höhlenbaches (vgl. die Wasseruntersuchungen, Tabelle 2).

Die Lufttemperatur in der Höhle beim Spannagelhaus liegt im Jahresdurchschnitt bei etwa 3^o C. Vergleicht man damit Lufttemperatur und Wassertemperaturen in der Spannagelmündungshöhle, so wird die Regel von J. ZÖTL (1961) mehr oder weniger bestätigt, daß "die Wässer aus großen Karstwasserkörpern bei freiem (unverhülltem) Austritt mit ihren Sommertemperaturen in den Kalkbereichen um 1,5^o bis 2,0^o über dem Jahresmittel der Lufttemperatur der mittleren Höhe des Einzugsgebietes liegen".

Während der Passivphase sind die Sinterbildungen entstanden, hauptsächlich wohl während des postglazialen Klimaoptimums (8. bis 2. Jahrtausend v. Chr. Geb.). Einige Sinterbildungen sind zur Zeit noch im Wachstum begriffen; dazu gehören anscheinend die für die Höhenlage außergewöhnlichen Excentriques. Die hervorgewitterten Hornsteine deuten auf Korrosion der Sickerwässer an der Höhlenwand hin. Neu entstandene, kaum noch befahrbare Wasserwege (nachweisbar durch das Verschwinden der Höhlenbäche innerhalb der Höhle beim Spannagelhaus und im Eingangsbereich der Spannagelmündungshöhle entlang von Spalten, wobei fossile Bachbetten zurückgeblieben sind) alternieren mit Höhlenräumen im Stadium des Raumverfalls (Schneefleckhöhle, Umkehrhalle, Gneisbach, Plattengang). Die Eingangsbereiche der Höhlen werden überdies durch Frostsprengung erweitert. Durch Frostsprengung und Verstopfung durch Erratica und Gesteinsschutt werden viele Höhlen bereits nach wenigen Metern unbefahrbar, obwohl sie genetisch mit dem Spannagelhöhhlensystem verbunden sind.

Das Spannagelhöhhlensystem gibt die einmalige Möglichkeit, Einblick in die Tektonik und die tektonischen Bewegungen im Gebirge zu gewinnen. Es zeigt sich dabei deutlich, daß sich der Tuxer Kern gegenüber dem Ahorn-Kern verschoben hat, wobei sich der Zentralgneis um mindestens 500 Meter auf den abgescherten Hochstegen-Kalkmarmorzug aufgeschoben hat.

7.2. DIE NÄHERE UMGEBUNG

Karsterscheinungen wie Karren, Dolinen und unterirdische Entwässerung kommen im kartierten Gebiet innerhalb der gesamten Hochstegen-Kalkmarmorabfolge vor. Die Höhlen beschränken sich auf die Tuxbach-Klamm und auf den schmalen Kalkmarmorzug Waldeben - Kleegrube - Spannagelhaus. Karsthydrologisch gesehen ist an zwei Beispielen (Spannagelhöhhlensystem und Ramsen) erwiesen, daß die unterirdische Entwässerung richtungsmäßig unabhängig von der obertägigen Abflußrichtung erfolgt, und daß beide einander sogar kreuzen. Außerhalb des Spannagelhöhhlensystems konzentrieren sich Karsterscheinungen auf folgende Bereiche:

- a) Ramsen. Dieser Bereich befindet sich auf 2300 m ü. M. und stellt eine dolinenartige Mulde mit ca. 1 Hektar Größe dar, in der sich mehrere episodisch aktive Schwinden befinden. Die Entwässerung erfolgt nach Nordosten, wo das Wasser innerhalb des Bachbettes des Großen Kunerbaches aus dem Gesteinskörper austritt (vgl. 2.5.3.).
- b) Berger Seite. Dort liegen nur einige Meter stark zerklüfteten Basismarmors auf dem Zentralgneis. Die Korrosion hat die Klüfte zu Spalten erweitert, in denen

an mehreren Stellen Gerinne zirkulieren. Diese Kalkmarmore sind bereits so weit aufgelöst, daß öfters ganze Gesteinsbänke abgerutscht sind. An dem von Nordost nach Südwest verlaufenden Rand dieses Bereiches befinden sich an der Gesteinsgrenze zwischen Kalkmarmor und Gneis mehrere Dolinen. Ähnliche Dolinen sind auch auf der Kleegrube vorhanden; derartige Dolinen sind (nach mündlicher Mitteilung von H. TRIMMEL) am ehesten als Strukturdolinen zu bezeichnen (Abb. 23); sie weisen maximal 5 m Durchmesser und 1,5 m Tiefe auf.

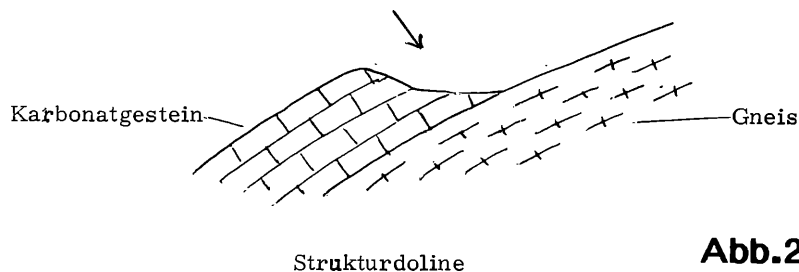


Abb.23

Die meisten Karsterscheinungen einschließlich der Höhlen der Tuxbachklamm sind postglazial, das gesamte Gebiet ist glazial überformt worden. Nur einige präwürmzeitlich entstandene Karren im Bereich der Tuxbach-Klamm und die Höhlen im Karbonatgesteinszug Waldeben - Kiesgrube - Spannagelhaus sind als Zeugen einer älteren Phase der Verkarstung erhalten geblieben.

Ein Vergleich der Formen der Schraubenfallhöhle mit jenen der Höhle beim Spannagelhaus läßt erkennen, daß die größenordnungsmäßig vergleichbaren Räume in beiden Fällen durch Tiefenerosion sub- bis post glazialer Gletscherschmelzwässer in Verbindung mit einem raschen Nachbruch der plattigen Gesteinsschichten der Höhlendecke entstanden sind.

Am südwestlichen Rand des bearbeiteten Gebietes liegt die Lärmstange, an deren nordöstlichem Ende inmitten der Felswand eine rundliche Höhlenöffnung mit etwa 2 m Durchmesser liegt. Dieser vermutete Höhleneingang ist bis zur Hälfte mit Sedimenten verfüllt, die seitlich vom seinerzeitigen Gletscher hineinge-
preßt worden sind. Leider war es infolge der ausgesetzten Lage in der senkrechten Felswand nicht möglich, eine nähere Untersuchung vorzunehmen. Jedenfalls aber deutet diese Beobachtung darauf hin, daß auch das Gebiet westlich der Lärmstange Höhlen und Karsterscheinungen aufzuweisen hat.

Nordöstlich des kartierten Gebietes befindet sich der Schmittenberg, dessen Hochstegenkalkmarmor auf dem Phengit-Arkose-Gneis, bzw. Knollengneis aufliegt. Allein vom Gestein und von der Tektonik her wäre es ohne weiteres möglich, daß sich auch dort Höhlen und Karsterscheinungen vorfinden. Eine systematische Suche ist bisher nicht erfolgt.

An Hand dieser Arbeit hat sich innerhalb eines kleinen Gebietes erwiesen, daß der Hochstegenkalkmarmor als stark verkarstungsfähiges Gestein zu betrachten ist, in dem Karren, Dolinen und unterirdische Entwässerung überall auftreten. Höhlen treten vor allem an der Gesteinsgrenze zum liegenden Gneis hin und dort auf, wo Gletscherschmelzwässer die Möglichkeit unterirdischen Abflusses gehabt haben.

8 LITERATURÜBERSICHT

- AULITZKY, H., Bodentemperaturverhältnisse an einer zentralalpiner Hanglage beiderseits der Waldgrenze. 1. Teil. Die Bodentemperaturverhältnisse oberhalb der Waldgrenze. - Archiv f. Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B, 10.4.1961.
- BAUER, F., Erfahrungen beim Uraninnachweis mit Aktivkohle. - Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, 18/19, Graz 1967.
- BOBEK, H., Alte Gletscherstände im Gebiet der Zillertaler und Tuxer Alpen. - Zeitschrift für Gletscherkunde, Bd. 2, Innsbruck 1932.
- BÖGLI, A., Kalklösung und Karrenbildung. - Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 2, Frankfurt/Main 1960.
- BÖGLI, A., Die Kalkkorrosion, das zentrale Problem der unterirdischen Verkarstung. Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Jahrgang 1963/64, Graz 1964.
- BÖGLI, A., La corrosion par mélange des eaux. International Journal of Speleology, vol. 1, Weinheim 1964.
- BÖGLI, A., Das Hölloch und sein Karst. - A la Baconnière, Schweiz 1970.
- BRANDECKER, H., MAURIN, V., ZÖTL, J., Hydrogeologische Untersuchungen und baugewerbliche Erfahrungen beim Bau des Dießbach-Speichers (Steirernes Meer). - Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Bd. 17, Graz 1965.
- CASTANY, G., Traité pratique des eaux souterraines, - Paris 1963.
- CORBEL, J., Erosion en terrain calcaire. - Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 2 (Internationale Beiträge zur Karstmorphologie), Frankfurt/Main 1960.
- EXNER, Ch., Geologie der peripheren Hafnergruppe (Hohe Tauern). - Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Band 114, Wien 1971.
- FLIRI, F., Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. - Innsbruck-München 1975.
- FLORKOWSKI, T., JOB, C., Origin and underground flow time of thermal waters in crystalline basement complexes. - Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Graz 1969.
- FRISCH, W., Zur Geologie des Gebietes zwischen Tuxbach und Tuxer Hauptkamm bei Lanersbach (Zillertal, Tirol). Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten, Bd. 18, Wien 1968.
- FRISCH, W., Die stratigraphisch-tektonische Gliederung der Schieferhülle und die Entwicklung des penninischen Raumes im westlichen Tauernfenster (Gebiet Brenner - Gerlospaß). - Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft, Bd. 66/67, Wien 1973/74.
- FRISCH, W., Ein Typ-Profil durch die Schieferhülle des Tauernfensters: Das Profil am Wolfendorn (Westlicher Tuxer Hauptkamm, Tirol). - Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Heft 2-3, Wien 1975.
- HERAK, M., STRINGFIELD, V. T., Karst. - Elsevier 1972.

- HOECK, V., Zur Geologie des Gebietes zwischen Tuxer Joch und Olperer (Zillertal, Tirol). - Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Band 112, Wien 1969.
- HOECK, V., Zur Kristallisationsgeschichte des penninischen Altkristallins beim Spannagelhaus (Tuxer Hauptkamm, Tirol). - Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Heft 2, Wien 1970.
- KLEBELSBERG, R.v., Geologie von Tirol. - Berlin 1935.
- KLEBELSBERG, R.v., Ein Ammonit aus dem Hochstegenkalk des Zillertals (Tirol). - Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bd. 92, Berlin 1940.
- MUTSCHLECHNER, G., Über das Alter des Hochstegenkalkes bei Mayrhofen (Zillertal). Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft, Bd. 48, Wien 1956.
- PETTIJOHN, E. J., Sedimentary Rocks. 3rd edition. - Harper 1975.
- RADISLOVICH, R., Eine Naturhöhle im Tuxer Hauptkamm der Zillertaler Alpen. - Österreichische Touristenzeitung, Jg. 73, H. 1, Wien 1960.
- SANDER, B., Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern. - Jahrbuch der Geologischen Staatsanstalt, Bd. 70, H. 3 und 4, Wien 1920.
- SANDER, B., Untersuchungen am tektonischen Gefüge des Tauernwestendes. - Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bd. 91, Stuttgart 1940.
- SCHAUBERGER, O., TRIMMEL, H., Das österreichische Höhlenverzeichnis. - Die Höhle, 3. Jg., H. 3/4, Wien 1952.
- SCHEMINZKY, F., Thermalbad Hintertux. Manuskript, Forschungsinstitut Gastein, Badgastein 1970.
- SCHEMINZKY, F., Amtliches österreichisches Bäderbuch. Bundesministerium für soziale Verwaltung, Wien 1959.
- SCHMIDT-THOME, P., Das Hölloch bei Riezlern im Kleinen Walsertal (Allgäu - Vorarlberg). - Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Bd. 18, Innsbruck 1961.
- THIELE, O., Bericht (1962, 1966 und 1968) über geologische Aufnahmen auf Blatt Lanersbach (149). - Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1963, 1967 und 1969.
- THIELE, O., Zur Stratigraphie und Tektonik der Schieferhülle der westlichen Hohen Tauern. - Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1970.
- TOLLMANN, A., Ostalpensynthese. - Verlag F. Deuticke, Wien 1963.
- TOUSSAINT, B., Hydrogeologie und Karstgenese des Tennengebirges (Salzburger Kalkalpen). - Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Bd. 23, Graz 1971.
- TRIMMEL, H., Die Schraubenfallhöhle bei Hintertux (Tirol). Höhlenkundliche Mitteilungen, 19. Jg., H. 4, Wien 1963.
- TRIMMEL, H., Speläologisches Fachwörterbuch. - Wien 1965.
- TRIMMEL, H., Die Klamm des Tuxbaches bei Hintertux (Tirol) und das Alter der Schraubenfallhöhle. Die Höhle, 18. Jg., H. 2, Wien 1967.
- TRIMMEL, H., Höhlenkunde. - Verlag Vieweg, Braunschweig 1968.

ZÖTL, J., Die Hydrographie des nordalpinen Karstes. - Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Graz 1961.

ZÖTL, J., Karsthydrogeologie. - Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1974.

9 BEILAGEN

9.1 Tafeln (Seite 100-103)

9.2 Tabellen (Seite 104)














9.3 Fotos (Seite 105-109)

KARSTHYDROGEOLOGISCHE KARTE
SPANNAGELHÖHLENSYSTEM UND UMGEBUNG

(ZILLERTAL, TIROL)

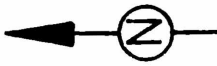
E. JACOBY , 1977

LEGENDE:

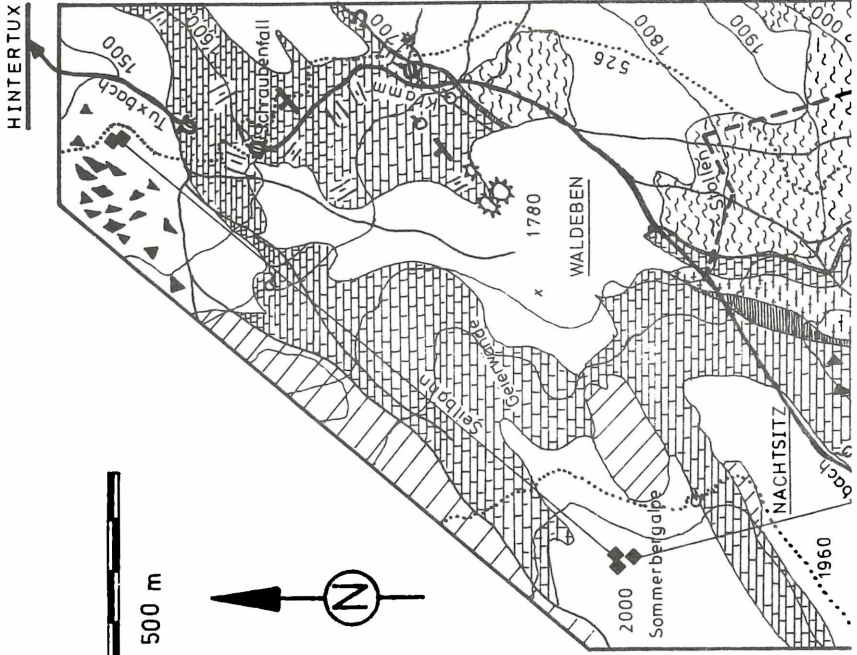
-  TALALLUVIONEN U. HANGSCHUTT
-  MORÄNEN (WÄLLE)
-  BERGSTURZBLOCKWERK
-  PHENGIT- ARKOSE- GNEIS
-  BASISMARMOR
-  HOCHSTEGENKALKMARMOR
-  ZENTRALGNEIS
-  CHLORITPHYLLIT- U. ARKOSE SERIE
-  s (bzw. ss) FLÄCHEN
-  B- ACHSE
-  HÖHLENEINGÄNGE
-  DOLINEN
-  SCHWINDEN

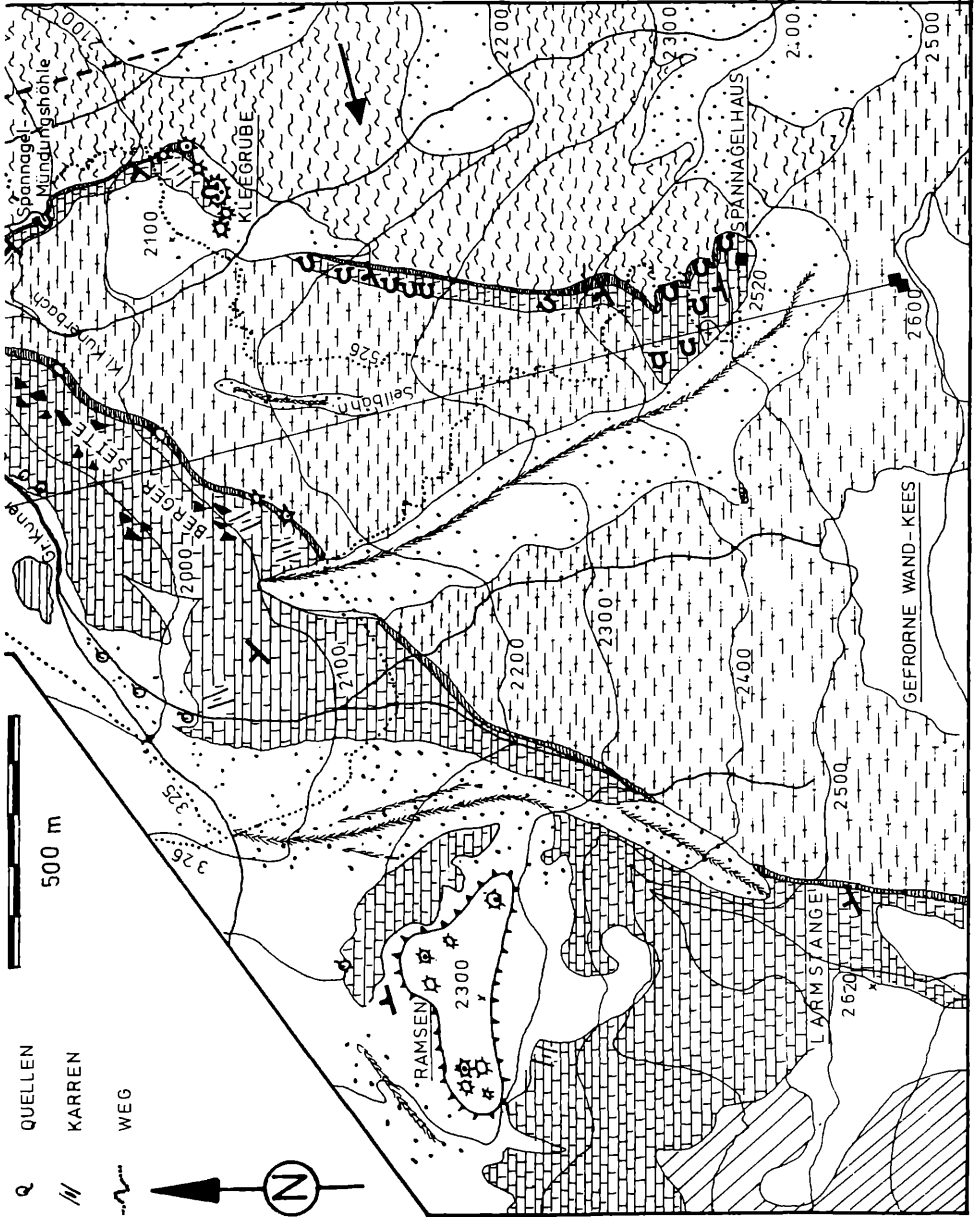


500 m



Tafel 1/1



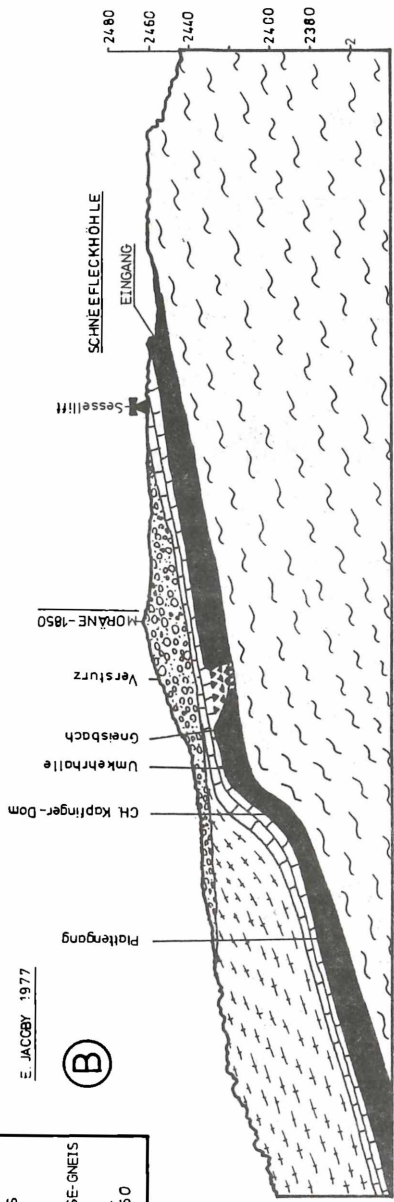


HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (A,B) SNIEEFLECKHÖHLE (B)

GEOLOGISCHE PROFILE A.B. ENTLANG DER HAUPTGÄNGE DES HÖHLENSYSTEMS

E. JACOBY 1977

(B)

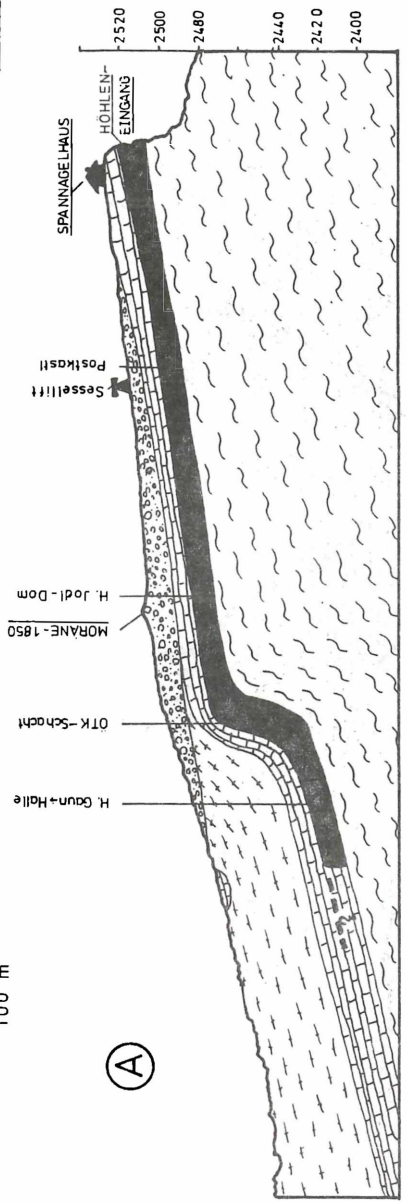


WSW



ENE

(A)



	HÖHLENSYSTEM
	HOCHSTEGENKALK- MARMOR; 2x überhöht
	ZENTRALGNEIS
	PHENGIT-ARKTOSE-GNEIS
	MORÄNE - 1850

Tafel 2

HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

(Zürietal, Tirol)

SEEHÖHE - EINGANG: 2521 m

GESAMTLÄNGE: ca. 2.000 m

(inkl. SCHNEEFLECKHÖHLE)

HÖHENDIFFERENZ: 240 m

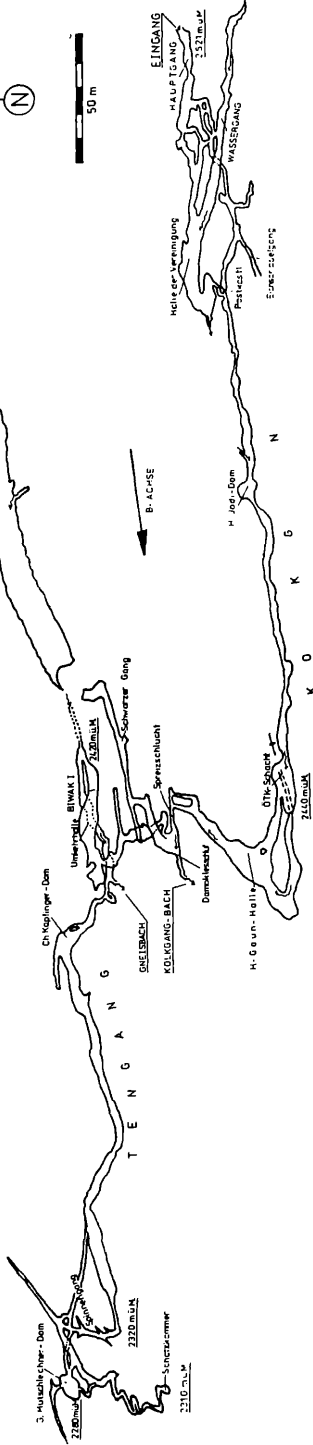
Eingang G. Mutschlechner-Dom

Ernestl. Jacoby, Nov. 1977



SCHNEEFLECKHÖHLE (2411/10)

EINGANG
2521 m u. M



9.2 TABELLEN

Tabelle 1	im Textteil	auf Seite	16
Tabelle 2	im Textteil	auf Seite	20
Tabelle 3	im Textteil	auf Seite	24

Tabelle 4.

ÜBERSICHT DER HÖHLEN ZWISCHEN SPANNAGELHAUS UND HINTERTUX

Kat.Nr.	Namen	Seehöhe	Größe	Art	Stand
2411/01	Höhle beim Spannagelhaus	2.521 m	3	W	x(-)
2411/02	Windloch	2.460 m	1	T	+
2411/03	Sandeckhöhle	2.440 m	1	T	+
2411/04	Schrägplattenhöhle	2.390 m	1	T	+
2411/05	Naturbrücke	2.400 m	1	H	+
2411/06	Schraubenfallhöhle	1.570 m	2	W	+
2411/07	Facettenspalte	1.690 m	1	(W)	+
2411/08	Bergsturzhöhle	1.710 m	1	T	+
2411/09	Spannagelmündungshöhle	1.980 m	2	W	x(-)
2411/10	Schneefleckhöhle	2.470 m	2	(W)	+
2411/11	Fensterhöhle	2.475 m	1	T	+
2411/12	Grabenhöhle	2.380 m	1	T	+
2411/13	Zerfallshöhle	2.220 m	1	T	+
2411/14	Klee grubenloch	2.180 m	2	(W)	+
2411/15	Sisyphosloch	2.140 m	0	(W)	-
2411/16	Murmeiltierhöhlen	2.270 m	1	H	+

Kat.Nr. = Katasternummer /nach dem Österreichischen Höhlenverzeichnis/

Name = Name der Höhle

Seehöhe = Seehöhe des Höhleneinganges

Größe = Größenordnung auf Grund der Gesamtlänge:

0 = Gesamtlänge noch unbekannt 2 = 50 bis 500 m (Mittelhöhle)

1 = unter 50 m (Kleinhöhle) 3 = 500 bis 5000 m (Großhöhle)

Art = Art der Höhle:

T = Trockenhöhle, W = Wasserhöhle, ständig wasserführend

H = Halbhöhle (W) = Wasserhöhle, zeitweise wasserführend

Stand = Stand der Erforschung:

- = unerforscht,

x = zum größten Teil erforscht, teilweise vermessen

+ = vollständig erforscht und vermessen.

Diese Übersicht ist im wesentlichen nach den Grundsätzen des Verbandes österreichischen Höhlenforscher für das Österreichische Höhlenverzeichnis (SCHAUBERGER & TRIMMEL 1952) und nach dem Forschungsstande von Ende 1977 im Gebiet zwischen Spannagelhaus und Hintertux zusammengestellt.

Redaktioneller Hinweis: diese Übersicht hat Ernest JACOBY für seine Dissertation nach dem Stand des Jahres 1977 zusammengestellt. Aktueller Stand (Beginn 1992) des Österreichischen Höhlenverzeichnisses siehe im Abschnitt C !!!

9.3. FOTOS

Die Fotos befinden sich auf den Seiten 106 bis 109.

Foto 1.: Excentrique in der Hermann-Gaun-Halle; Höhle beim Spannagelhaus;
Seite 106.

Foto 2.: Excentriques im Excentriques-Gang; Klee grubenhöhle; Seite 106.

Foto 3.: Knöpfchensinter entlang von Schichtfugen im Excentriques-Gang;
Klee grubenhöhle; Seite 106.

Foto 4.: Eingang der Schrägplattenhöhle; Seite 107.

Foto 5.: Eingang der Sandeckhöhle; Seite 107.

Foto 6.: Bergmilchabsonderung auf Höhlenlehm in der Bergmilchhalle;
Klee grubenhöhle; Seite 108.

Foto 7.: Hervorgewitterte Hornsteinlinsen im Bändermarmor der Hermann-
Gaun-Halle; Höhle beim Spannagelhaus; Seite 108.

Foto 8.: Karren und Facetten oberhalb der Facettenspalte; Seite 109.

Foto 9.: Gesteinsgrenze Basismarmor / Phengit-Arkose-Gneis; Seite 109.



Foto 1.



Foto 2.



Foto 3.

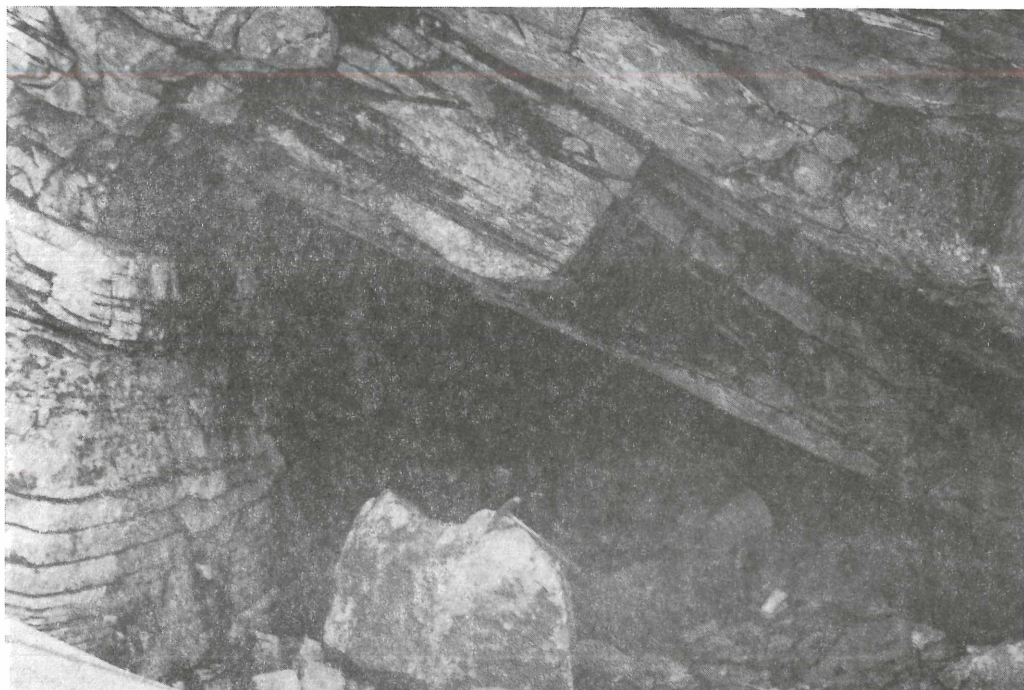


Foto 4.

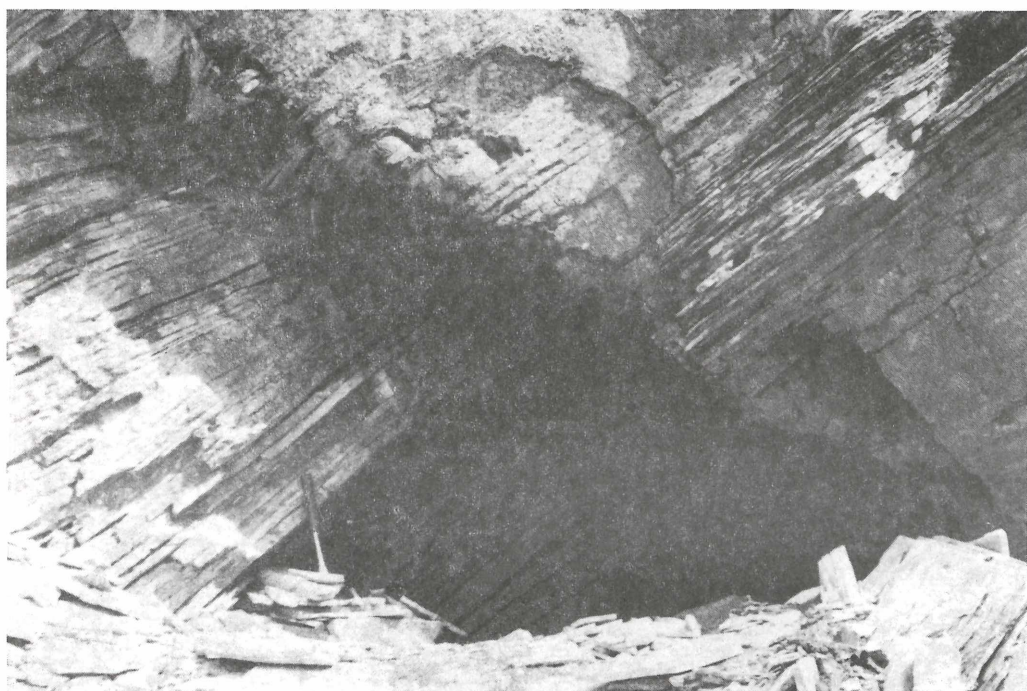


Foto 5.

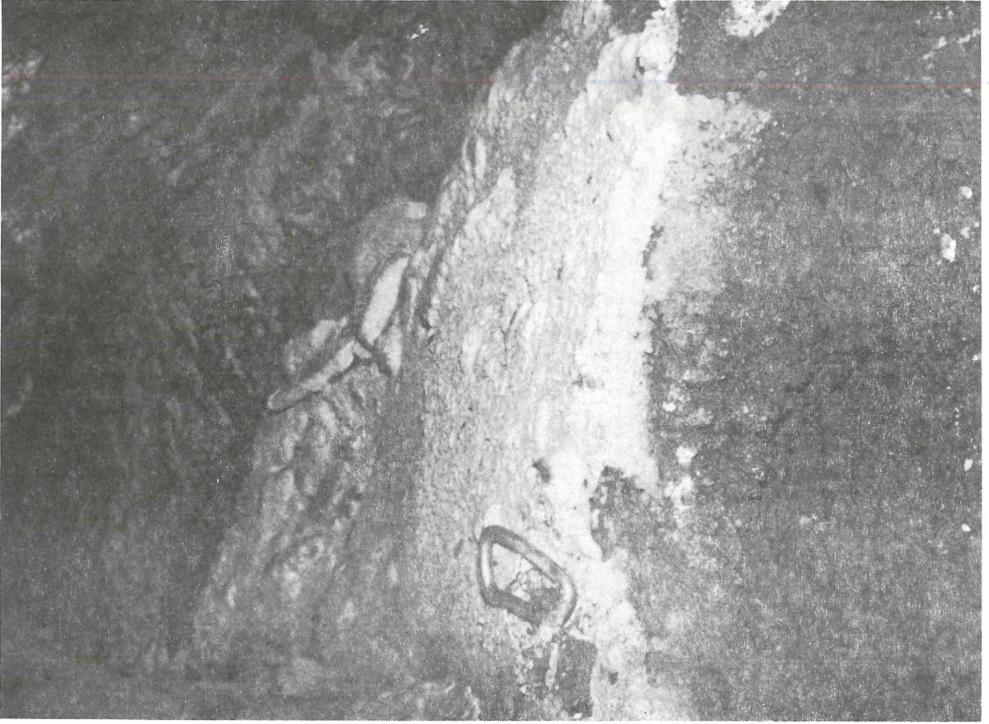


Foto 6.

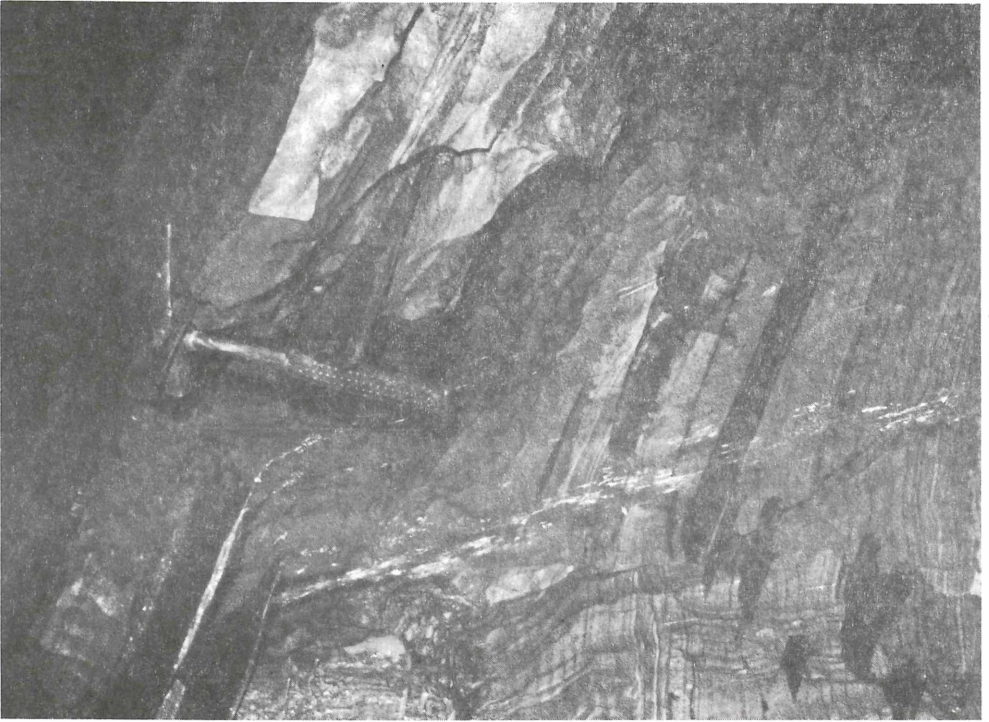


Foto 7.



Foto 9.



Foto 8.

C. ZUM AKTUELLEN STAND

1. Ergänzungen zur Erforschungsgeschichte sowie eine Zusammenfassung der Arbeiten in der "Höhle beim Spannagelhaus" seit dem Abschluß der Dissertation von Ernest Jacoby

Günter KREJCI

Die Dissertation von Dr. Ernest JACOBY ist leider über 10 Jahre lang ungedruckt geblieben. Sie beschäftigte sich hauptsächlich mit den hydrogeologischen Verhältnissen der Höhle beim Spannagelhaus und deren Umgebung und ist keineswegs veraltet oder überholt. Angeregt durch diese Arbeit erfolgten seither zahlreiche Befahrungen und Vermessungen, wobei sich herausstellte, daß dieses Höhlensystem viel größer ist als ursprünglich angenommen. Es ist nach wie vor die größte Höhle Tirols und zugleich die größte in den Zentralalpen.

Als in den Jahren 1904 bis 1909 das Spannagelhaus erbaut wurde, wußte man möglicherweise noch nichts von der Existenz der darunter liegenden Höhle. Dem damaligen Usus entsprechend wurde der Hüttenmüll östlich des Hauses über eine Felskante gekippt, bis man eines Tages den Höhleneingang entdeckte und diesen fortan als Müllschlucker benutzte. Diese Misere dauerte zum Teil bis 1977 an, bezüglich der Abwässer sogar noch länger, bis 1986 ein Kanalsystem gebaut wurde. Trotz der gegenwärtigen befriedigenden Lösung werden die Nachwirkungen der fast 80 Jahre währenden kontinuierlichen Kontaminierung der Hüttenumgebung noch lange zu spüren sein.

Wann die Höhle erstmals befahren wurde, ist unbekannt. In der Österreichischen Touristenzeitung finden sich immer wieder Hinweise auf die Höhle. Den Hüttenpächtern und Einheimischen war sie ebenfalls bekannt, ihre Attraktivität war aufgrund der Müllberge und sonstiger Befahrungerschwernisse jedoch gering. Die ersten 330 m wurden im August 1960 von Max H. FINK und Heinz ILMING vermessen (Plan: Ing. O. ENGEL-BRECHT). Dies hatte zur Folge, daß mit Bescheid des Bundesdenkmalamtes vom 24. Juni 1964, Zl.4514/64, diese Höhle unter dem Namen "Höhle beim Spannagelhaus" einschließlich ihrer Umgebung zum Naturdenkmal erklärt

wurde. Maßgeblicher Initiator war dabei Prof. Dr. Hubert TRIMMEL. Die in die Unterschutzstellung einbezogene Umgebung der Höhle wurde in einer Begehung Anfang August 1964 als Schutzgebiet mittels Pflöcken und Markierungen kenntlich gemacht. Die Grenzen verlaufen im Süden vom Steilabfall südöstlich des Spannagelhauses nach Westen bis zum Moränenwall des Gefrorne- Wand-Kees, weiter im Westen entlang des Moränenfirstes (entspricht teilweise der Wegführung Spannagelhaus Tuxerjoch), im Norden am Höhenrücken des Sandecks und im Osten entlang des Felsabsturzes zum Höhleneingang und zur Moräne zurück; das Spannagelhaus liegt somit innerhalb des unter Schutz gestellten Gebietes, ebenso Schrägplattenhöhle, Sandeckhöhle, Naturbrücke und Windloch. Die Teilnehmer der Begehung hatten den Eindruck, daß die Müllablagerung zu diesem Zeitpunkt bereits aufgehört hatte, Aufräumarbeiten der Altlast standen jedoch noch aus.

1966 drohte der Höhle eine schwere Gefahr durch den Plan der Tauernkraftwerke AG für eine Anlage (Zemmkraftwerk), die die Ableitung des Tuxerbach-Wassers erforderte und dem Schraubenfall im geschützten Gebiet nur eine minimale Restwassermenge gelassen hätte. Die Beauftragten des Bundesdenkmalamtes standen diesem Vorhaben jedoch ablehnend gegenüber.

Abgesehen von einigen informativen Befahrungen war es danach jahrelang recht still um die Höhle, bis eines Tages im Jahre 1971 ein Bericht in einem ÖTK-Heft für Aufregung sorgte: Ein Eiskurs des Österreichischen Touristenklubs war wegen Schlechtwetters im Spannagelhaus festgehalten. Als Ersatzprogramm wurde von acht Kursteilnehmern die Spannagelhöhle besucht. Hannes JODL entdeckte in der "Halle der Vereinigung", dem damaligen Endpunkt, einen schmalen Durchschlupf, das "Postkastl". Im neu entdeckten Gang bewegten sich die Forscher zuerst Richtung Eingangsbereich weiter, bis sie nach einem schmalen Raum, den sie "Dirndlkammer" nannten, wieder auf den Hauptgang stießen. Nun wandten sie sich beim "Postkastl" nach Westen und verfolgten den Hauptgang weiter, entdeckten einen Dom, eine Halle, zwängten sich durch eine Engstelle und erreichten einen weiteren Dom riesigen Ausmaßes, wo die Entdeckungstour vorläufig endete. Die Namen "Hannes JODL-Dom", "Dr.Klaus KARGER- Halle", "Knappenschluf" und "ÖTK-Schacht" stammen von dieser Erstbefahrung.

Als im Februar 1972 diese neu entdeckten Höhlenteile vom Tiroler Höhlenverein vermessen wurden, begann eine intensive Forschungs- und

Vermessungsaktivität, die bis in die Gegenwart andauert.

Noch im Februar 1972 wurden durch J.OSL, J.KRUCKENHAUSER, F.KAPFINGER, J. GAUN und G.KREJCI vom "Postkastl" aus "Kolkgang", Hannes JODL-Dom" und "ÖTK-Schacht" bis in die "Hermann GAUN-Halle" vermessen. Hermann GAUN hatte gemeinsam mit Josef OSL die Erstbefahrung der Halle durchgeführt und erlitt kurz darauf einen schweren Arbeitsunfall, der zu einer lebenslangen Querschnittslähmung führte. Diesem traurigen Vorfall verdankt die Halle ihren Namen.

2 Monate später vermaßen H.FELDKIRCHNER, J.LECHNER und G.KREJCI von der "Hermann GAUN-Halle" über die "Spreizschlucht" in die "Schläferhalle" und weiter über den "Blinddarm" in den "Schwarzen Gang", ein Seitengang, der nordöstlich in Richtung Eingang zieht (Plan Blatt -1/0, -2/0, -2/-1, -3/0, -3/-1, -3/+1).

Nach mehr als zwei Jahren Pause widmeten sich J.GAUN, J.KOGLER, H. MASING und R.+G. KREJCI der Vermessung eines Höhlenteils nördlich des "Blinddarmes", nämlich der "Umkehrhalle" und "Gneisbaches", einem schwierig zu begehenden Gang, der unter der "Umkehrhalle" durchzieht (Blatt -3/0, -3/+1). Im Eingangsbereich fiel den Forschern auf, daß der Dosenmüllberg wieder gewachsen war.

Im März 1975 erfolgte die Vermessung eingangsnaher Teile wie der bei der Erstbefahrung entdeckten "Dirndlkammer" und des "Elchschädelganges" (Blatt 0/0 und -1/0). Im Vermessungsteam wirkte diesmal auch Dorothea URBAN, die spätere Gattin Ernest JACOBYs, mit.

1976 war die Höhle weit über den "Gneisbach" hinaus bereits vermessen, nämlich durch die "Schnecke" bis zum "Christine-KAPFINGER-Dom", dessen Name wiederum auf die Verunglückung eines jungen, aktiven Vereinsmitgliedes zurückgeht, und ein Stück weiter im "Plattengang" (Blatt -3/+1, -4/+1), dessen Ende noch nicht abzusehen war. In diesem Jahr wurde in mühevoller Arbeit der Eingangsbereich durch Mitglieder des Tiroler Höhlenvereines vom Müll gesäubert und mit einem Eisengitter verschlossen. Nun endlich wurde der Müll tatsächlich ins Tal entsorgt. Die Abwässer des Spannagelhauses hingegen wurden weiterhin durch eine Rohrleitung/Holzrinne über die Felskante geleitet und drangen in die Höhle ein. Dies änderte sich erst mit dem Bau eines Ableitungskanals ins Tal.

1977 wurde der Abschnitt "Plattengang" "Spinnengang" "Tuxergang" "Georg MUTSCHLECHNER-Dom" "Schlangengang" bis "Schatzkammer" von R.ABERHAM, B.SCHMITZ und E. JACOBY vermessen (Blatt -4/+1, -5/0, -5/+1).

Zwischen 1977 und 1982 führten deutsche Höhlenforscher, die jedoch Mitglieder des Tiroler Landesvereines sind, mehrere informative Befahrungen durch und entdeckten bei dieser Gelegenheit ein Südsystem, das nach der "Spreizschlucht" in der "Schläferhalle" ansetzt und nach Westen zieht. Der erste Abschnitt dieses neu entdeckten Teils wurde im Dezember 1983 von W.MAYR und W.KAMPFINGER vermessen, beginnend am Vermessungspunkt 83 in der "Spreizschlucht", endend bei VP 227a (Blatt 3/0, -4/0, -5/0, -6/0).

Das folgende Jahr war eines der forschungsintensivsten seit dem Beginn der Vermessungstätigkeiten. Im März erreichten F.MAIBERGER und W.MAYR mit der Vermessung den bisher westlichsten Punkt der Höhle, das "Bauchbad" (Blatt -6/0, -7/0, -8/0), einen Sandsiphon, der die Wässer des "Kolkgang"-Baches und des "Gneisbaches" aufnimmt. Die Ost-West-Ausdehnung der Höhle beträgt somit in der Luftlinie rund 860m. Weiters wurde im Jahr 1984 das Südsystem weitervermessen, wobei die deutschen Höhlenforscher des Tiroler Landesvereines unter der Führung von C. CAVELIUS besonders aktiv waren. Im Dezember 1985 schließlich gelang es, das Südsystem sowie eine nördliche Parallele und etliche Über- und Unterlagerungslabyrinthe fertigzuvermessen. Hinter dem Plattengang, wo Nordsystem und Südsystem aufeinandertreffen (VP 252), ergab sich in der Vermessung eine Differenz in der Y-Richtung von nur 0.17 m und eine Höhendifferenz von 0.1 m.

In den folgenden Jahren wurden keine großen Systeme mehr entdeckt, wohl aber etliche Verbindungsgänge und -labyrinthe zwischen den Nord- und Südteilen, deren Vermessung sehr viel Zeit und Mühe in Anspruch nahm. So etwa ein äußerst unübersichtliches Überlagerungsgewirr im Bereich des "ÖTK-Schachtes" (Blatt 3/0, -3/-1, vermessen durch W.MAYR und G. VÖLKL), oder ein Verbindungsgang zwischen "Trümmerhalle" und "Gneisbach", der im Juli 1988 entdeckt und vermessen wurde.

1987 wurde das Spannagelhaus an der Südseite vergrößert. Schon ein Jahr vorher war das leidige Problem der Wasserverschmutzung durch die Hüttenabwässer wie bereits erwähnt dadurch gelöst worden, daß diese gemeinsam mit den Abwässern des Tuxerfernerhauses, der Sommerbergalm und des Tuxerjochhauses in einem sehr aufwendig gebauten Kanalsystem gesammelt und zum Teil bis Hintertux bzw. Straß bei Jenbach abgeleitet werden. Durch eine naturschutzrechtliche Bewilligung der BH Schwaz vom 23.9.86, Zl.7859/1a 1986 wurde weiters ermöglicht, aus der Höhle im Bereich "Hannes JODL-Dom" Wasser für das Spannagelhaus zu entnehmen. Die Entnahmestelle befindet sich bei VP 56, das ist jener Punkt 15 m östlich

des "Hannes JODL-Domes", an dem E.JACOBY in Kapitel 2.5.4 den Farbaustritt nach Einspeisung in der "Halle der Vereinigung" beschreibt. Die Leitung wurde jedoch nicht entlang des Hauptganges verlegt, da dies mit erheblichen Eingriffen und Veränderungen in der Höhle verbunden gewesen wäre, sondern durch "Kolkgang", "Dirndlkammer" und über den "Wassergang" ins Freie. Dies erforderte zwar nur geringe Adaptationsarbeiten, dafür aber die Schaffung eines zweiten, kleinen Ausganges. Nicht zuletzt aufgrund der früheren Verschmutzung der Höhlensedimente ist eine Keimtötung im entnommenen Wasser durch UV-Licht vorgeschrieben.

Auch das Tuxerfernerhaus nutzt seit einigen Jahren die örtlichen Wasservorkommen als Trinkwasser. So wurde in die Moräne von 1880 eine Leitung von der Nachtsitzquelle zum Haus verlegt.

1988 wurde, ausgehend vom Südgang, ein Seitengang entdeckt, der noch Neuland erwarten läßt. Dieser "Kaninchenbau" genannte Abschnitt wurde im Juli von B.SCHMITZ, J.SCHIRRA, M.PITZER sowie L. und C. CAVELIUS vermessen (Blatt 3/+1, -4/0, -4/+1, -6/0).

1989 schließlich wurde eine nördliche Parallele zum "Kolkgang" zwischen "Halle der Vereinigung" und "Hannes JODL-Dom" durch E.TÜRKE und R.TOBITSCH vermessen (Blatt -1/0). Eine Erkundungsbefahrung durch F.DRUCKMÜLLER 1984 hatte E.JACOBYs Vermutung dieses Parallelganges bereits bestätigt. Er wird "Schraubencanyon" genannt und ist stellenweise äußerst eng und verlehmt. Weitere Vermessungen umfaßten, mit nunmehr insgesamt 600 Meßpunkten, einen nach Süden verlaufenden Höhlenteil zwischen "Hexenküche" und "Maiberger Rutsche" mit den Namen "SCHMITZ-Röhre", "AKH-Halle" und "Sandschlauch". Bei VP 592 vermutet CAVELIUS ein Wiederantreffen des "Kolkbaches". Ebenfalls im letzten Jahr vermaßen B. u. U. SCHMITZ, J.SCHMITT und J.SCHIRRA die südliche Umgehung des Schuttstollens (Blatt -7/0, -7/-1, -6/0). Erwähnenswert ist noch der "Überraschungsgang", der von der "Hexenküche" in östlicher Richtung abzweigt und als "Gang der lauernden Gefahren" die Verbindung "Hasenfuß Schlangengang" fast deckend sowie auch den "Schlangengang" selbst unterläuft; weiter nach Osten unterquert er "Spinnen-" und "Plattengang", zieht weiter in südlicher Richtung durch die "Trümmerhalle" und erreicht 120 m westlich der "Schläferhalle" den Hauptgang des Südsystems.

Im Sandsiphon des "Bauchbades" wiederum läßt eine Sondierung einen dahinterliegenden Hohlraum vermuten; eine Ausräumung des Siphons ist daher geplant.

Diese Vielzahl von Vermessungen wurde in Meßprotokollen und einem Grundrißplan 1:200 zusammengefaßt. Der Plan besteht zur Zeit aus 18 Blättern zu je 100 x 50 m, die einander überlappen. Ein Übersichtsplan im Maßstab 1:1000 soll das Auffinden der Einzelblätter erleichtern. Im Atlas (Abschnitt D) liegen die Blätter im Maßstab 1:500 vor.

Mit Ende der Vermessungsarbeiten durch E.JACOBY im November 1977 betrug die Gesamtvermessungslänge ca. 2000 m, der Höhenunterschied rund 240 m. 1990 liegen diese Werte bei 4192 m und -324 m (im "Bauchbad"); letzterer Wert entspricht einer Seehöhe von 2197 m.

Von einem Abschluß der Forschungen kann wie auch in anderen Höhlen keine Rede sein, da bereits bekannte Höhlenteile zur Vermessung anstehen und immer wieder neue Strecken entdeckt oder, wie etwa hinter dem "Bauchbad", vermutet werden. Im "Blinden Gang" entdeckte M.KAHLEN Mücken, die er als Hinweis auf eine Oberflächennähe wertet. Nach einem Vergleich mit der topographischen Karte beträgt die Überdeckung am Ende des "Schwarzen Ganges" nur etwa 7 m; dieser Höhlenteil dürfte eine Verbindung zur benachbarten "Schneefleckhöhle" haben, von der aus nachweislich der Zufluß des "Gneisbaches" erfolgt.

An Forschungsmöglichkeiten besteht in diesem Höhlensystem auch nach 30 Jahren intensiver Befahrungstätigkeit kein Mangel, und es ist sicher noch mit so mancher Überraschung zu rechnen.

2. Nachträge der Redaktion

2.1 Namen verschiedener Teile der Höhle beim Spannagelhaus - Gründe für Benennung und Lage auf den Blättern des Höhlenplanes

AKH-Gang (entdeckt 1989): die deutsche Forschergruppe, deren Motor CAVELIUS ist, nennt sich Arbeitskreis Höhlenkunde (AKH).

Aldo Schlot (entdeckt 1984): benannt nach einem nicht weiter in Erscheinung getretenen italienischen Kameraden von MEIBERGER und MAYR. Siehe Planblatt -8/ 0.

Bauchbad (entdeckt 1984): der Namen spricht für die dort herrschenden Verhältnisse. Siehe Planblatt -8/ 0.

Blinddarm (entdeckt 1972): diese westliche Fortsetzung des Schwarzen Ganges endet blind. Siehe Planblatt -3/ 0.

Blinder Gang Blinder Auslauf des Christine-Kapfing-Domes. Siehe Planblatt -4/+1.

Christine-Kapfing-Dom (entdeckt 1976): Nach Christine bzw. Christl KAPFINGER benannt, bereits im vorhergegangenen Text behandelt. Siehe Planblatt -3/+1, -4/+1.

Damoklesschluf (entdeckt 1972): scheinbar frei hängende Kalkplatten von etwa 20cm Dicke befinden sich über dieser Kriechstrecke. Siehe Planblatt -3/0.

Dirndlkammer (entdeckt 1972): vom Wassergang kann man zu einem Fenster der Dirndlkammer hinaufsehen, bei dem man "fensterln" könnte. Siehe Planblatt 0/0.

Dr.-Klaus-Karger-Halle (entdeckt 1972): Dr. Klaus KARGER ist ein Mitglied des ÖTK, er war an der Entdeckung dieses Ganges beteiligt. Siehe Planblatt -2/ 0.

Elchschädelgang (entdeckt 1975): im westlichen Teil dieses Ganges befindet sich eine Sintersäule, die an einen Elchschädel erinnert. Siehe Planblatt 0/0, -1/ 0.

Gang der lauernden Gefahren (entdeckt 1985): durch die hängenden Blöcke fühlte sich die Forschungsgruppe CAVELIUS ständig gefährdet. Siehe Planblatt -5/+1, -6/ 0.

Georg-Mutschlechner-Dom (entdeckt 1977): diesen Raum benannte Ernest JACOBY nach seinem Gönner und Lehrer Georg MUTSCHLECHNER. Siehe Planblatt -5/+1.

Gneisbach (entdeckt 1974): in diesem Gangteil hat sich der Höhlenbach bis auf den liegenden Gneis durchgearbeitet. Siehe Planblatt -3/+1.

Halle der Vereinigung (entdeckt 1960): in dieser Halle vereinigen sich Hauptgang und Wassergang. Von hier aus wurden später Fortsetzungen in den Schrauben-Canyon und durch das Postkastl gefunden. Siehe Planblatt 0/0, 1/ 0.

Hannes-Jodl-Dom (entdeckt 1972): der Dom ist nach Hannes JODL, Mitglied des ÖTK, der bei der Entdeckung dieses Teiles beteiligt war, benannt. Siehe Planblatt -1/ 0, -2/ 0.

Hasenfuß (entdeckt 1984): da der Grundriß dieses Gangabschnittes einem Hasenfuß ähnelt, wurde der Name gewählt. Siehe Planblatt -6/ 0.

Hauptgang (entdeckt 1960): erster großer Gang nach dem Eingang, mit Abzweigungen gegen Süden. Siehe Planblatt 0/ 0.

Hermann-Gaun-Halle (entdeckt 1972): nach Hermann GAUN benannt, siehe im vorhergegangenen Text. Siehe Planblatt -3/ 0, -3/-1.

Hexenküche (entdeckt 1984): die wirr herumliegenden Gesteinstrümmer und Blöcke machten auf F. MEIBERGER und Wulf MAYR den Eindruck, als wären sie von Hexen durcheinander geschleudert worden. Siehe Planblatt -7/ 0.

Kaninchenbau (entdeckt 1989): der dort herrschende Raumcharakter hat den Namen nahegelegt. Siehe Planblatt -6/ 0.

Knappenschluf (entdeckt 1972): der Schluf sollte eigentlich "Knapper Schluf" heißen, da die Bezeichnung von der Knappheit bzw. Enge des Schlufes herkommt, hat mit Bergleuten nichts zu tun. Siehe Planblatt -2/-1.

Kolkgang: der Namen wurde nach den Kolkungen gegeben. Siehe Planblatt 1/ 0.

Luckner-Halle (entdeckt 1984): die Benennung erfolgte nach einem uns nicht näher bekannten Teilnehmer an der Entdeckungsfahrt. Siehe Planblatt -3/0.

Marterschluf: nach der Befahrungsqualität benannt. Siehe Planblatt -4/ 0.

Meiberger-Rutsche (entdeckt 1984): es war wohl MEIBERGER der erste, der hier heruntergerutscht ist. Siehe Planblatt -7/ 0.

ÖTK-Schacht (entdeckt 1972): an diesem Schacht endete die Entdeckungsfahrt durch die ÖTK-Mitglieder im Jahre 1972, denen die Entdeckung aller westlich gelegener Höhlenteile, ab Blatt -1/0, sowie der Elchschädelgang bis zur Dirndlkammer zu danken ist. Aus diesem Grunde wurde der Schacht nach dem ÖTK benannt. Siehe Planblatt -3/-1.

Pfingsthalle Hinweis auf den Zeitraum der Entdeckung. Siehe Planblatt 5/0.

Plattengang (entdeckt 1976): der Boden dieses Ganges ist mit Kalkplatten bedeckt, die beim Darübergehen unentwegt klappern. Siehe Planblatt -4/+1, -5/+1.

Postkastl (entdeckt 1972): eine schmale und längliche Öffnung in der Halle der Vereinigung, die den Eindruck vermittelt, als handle es sich um den Einwurfschlitz eines Postkastens. Siehe Planblatt -1/ 0.

Sandschlauch (entdeckt 1989): enger und niederer, schlauchförmiger Gang, dessen Boden mit Sand bedeckt ist.

Schatzkammer (entdeckt 1977): das südliche Ende des Schlangenganges wies einige Kristalle auf. Siehe Planblatt -5/ 0.

Schlangengang (entdeckt 1977): der gewundene, zickzackförmige Verlauf dieses Ganges legte diesen Namen nahe. Siehe Planblatt -5/ 0, -5/+1.

Schläferhalle (entdeckt 1972): während einer Vermessungsfahrt wurde dort eine Ruhepause eingeschaltet, kalter Luftzug setzte den "Schläfern" aber arg zu. Siehe Planblatt -3/ 0.

Schnecke (entdeckt 1976): der Gang windet sich schneckenförmig nach oben. Siehe Planblatt -3/+1.

Schrauben-Canyon (entdeckt 1989): dieser Abschnitt der Höhle windet sich fast schraubenförmig und besitzt ein meist canyonartiges Gangprofil.

Schuttstollen (entdeckt 1984): das Gangprofil dieses Teiles ist stollenförmig und der Boden mit Schutt bedeckt.

Schwarzer Gang (entdeckt 1972): die Wände sind stellenweise dunkel, offenbar durch Staubablagerungen, die Gangfortsetzung ist der Blinddarm. Siehe Planblatt -3/+1.

Spinnengang (entdeckt 1976): von diesem Gang gehen mehrere Gangstummel wie Spinnenbeine ab. Siehe Planblatt -5/+1.

Spreizerschlucht (entdeckt 1972): diese Schlucht muß man mit den Beinen an der nördlichen und den Händen an der südlichen Wand überspreizen. Dabei liegt man ziemlich schräg über dem 6m tiefer dahinfließenden Höhlenbach. "Liegestützschlucht" wäre eine andere gute Bezeichnung gewesen. Siehe Planblatt -3/ 0.

Trümmerhalle (entdeckt 1984): Gesteinstrümmer bedecken die Hallensole und prägen den Charakter der Halle. Siehe Planblatt -4/ 0, -4/+1, -5/+1.

Tunnel der Hoffnung (entdeckt 1984): der Erkundungstrupp hatte beim Betreten dieses Tunnel Hoffnung auf weitere Fortsetzungen. Siehe Planblatt -6/ 0, -7/0.

Tuxerschluft (entdeckt 1977): dieser Gang führt gegen das Tuxertal, der Name soll eine Referenz an dieses sein. Siehe Planblatt -5/+1.

Umkehrhalle (entdeckt 1974): diese Halle markiert den Umkehrpunkt einer Vermessungsfahrt im Jahre 1974. Siehe Planblatt -3/+1.

Überraschungsgang (entdeckt 1985): die Vermessungsgruppe CAVELIUS war vom schönen Sinterschmuck dieses Ganges überrascht, ebenso wie von dem der Überraschungshalle. Siehe Planblatt -6/ 0, -7/ 0.

Versturzgang Versturzböcke prägen den Gang. Siehe Planblatt -3/-1.

Wassergang (entdeckt 1960): den Anschein nach ist hier noch vor relativ kurzer Zeit ständig Wasser geflossen, derzeit ist der Gang meist trocken. Siehe Planblatt 0/ 0.

2.2 Verkleinerte Originalliste des Österreichischen Höhlenverzeichnisses

2411 - OLPERER

ÖK 148, 149, 175, 176

Politische Bezirke und Gemeinden: 0 3 . . INNSBRUCK (Land)
1 3 Gries am
Brenner
0 9 . . SCHWAZ
3 4 Tux

Kf63

Umgrenzung:

Zollamt Brennerpaß - Sillbis Stafflach - Valserbach aufwärts
Schmirnbach aufwärts - Kluppenbach aufwärts - Kasererbach aufwärts
bis 1770m - rechter Zufluß aufwärts bis Quelle auf 2280m - Steig und
Fußweg über Tuxer Joch bis Tuxerjochhaus - geradlinig 500m west-
nordwestlich bis Bachgabel auf 2180m - Weidentalbach - Tuxbach
aufwärts - Schwarzbrunnerbach aufwärts bis südwestlicher Beginn auf
2600m, 950m westlich Hoher Riffler - geradlinig 950m südlich bis
Friesenbergsscharte (2919m) - Steig südöstlich bis Friesenbergsee -
Lappenkarbach - Zamserbach aufwärts bis Staumauermitte des Schleg-
eisspeichers - Speichermitte gegen Südwest - Zamserbach aufwärts bis
Bachgabel und Fußwegquerung des rechten Zuflusses 100m westlich
Lavitzalm - Fußweg bis Fitscherjoch - Staatsgrenze westlich über
Hohe Wand, Kraxenträger und Wolfendorn bis Zollamt Brennerpaß.

*** Speldok-Austria ***

Speldok-Austria, ausgedruckt 14.05.1992

2411-Olperer

L	BHGEM	Kat.Nr.	E	N	Name	GT	Typ	s	ÖK	RW	HW	SH
7	0934	2411/001		*	HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS	34	WST	x	149	251650	216550	2521
7	0934	2411/002			WINDLOCH	11	T	+	149	251550	216650	2460
7	0934	2411/003			SANDECKHÖHLE	11	T	+	149	251500	216600	2440
7	0934	2411/004			SCHRÄGPLATTENHÖHLE	11	T	+	149	251400	216700	2390
7	0934	2411/005			NATURBRÜCKE (1976 gesprengt)		H	+	149	251450	216750	2400
7	0934	2411/006			SCHRAUBENFALLHÖHLE	21	W	+	149	251800	219250	1570
		2411/007			siehe jetzt 2412/002							
		2411/008			siehe jetzt 2412/003							
7	0934	2411/009			SPANNAGELMÜNDUNGSHÖHLE	21	W		149	251700	217950	1980
7	0934	2411/010			SCHNEEFLECKHÖHLE	21	(W)		149	251600	216600	2470
7	0934	2411/011			FENSTERHÖHLE	11	T		149	251650	216600	2475
7	0934	2411/012			GRABENHÖHLE	11	T		149	251700	217000	2380
7	0934	2411/013			ZERFALLSHÖHLE	11	T		149	251700	217250	2220
7	0934	2411/014			KLEEGRUBENHÖHLE	21	(W)		149	251850	217500	2180
7	0934	2411/015			SISYPHOSLOCH	11	(W)		149	251650	217350	2140
7		2411/016		a-c	MURMELTIERHÖHLEN	11	H		149			2270
7		2411/016		a	MURMELTIERHÖHLE I				149	251700	217300	
7		2411/016		b	MURMELTIERHÖHLE II				149	251700	217350	
7		2411/016		c	MURMELTIERHÖHLE III				149	251700	217400	
7	0313	2411/017			GRIESENBERGHÖHLE	11	(W)		148	240400	207850	1630
7	0934	2412/001			ELSBACHKLUFTHÖHLE	11	S	=	149	258575	224100	1640
7	0934	2412/002			FACETTENSALTE (früher 2411/007)	11	(W)	+	149	251960	218975	1690
7	0934	2412/003			BERGSTURZHÖHLE (früher 2411/008)	11	T	+	149	252050	219000	1710

Gegenüber der in Tabelle 4 (Seite 104) mit Stand 1977 veröffentlichten Liste ist bis 1992 nur eine Höhle hinzugekommen. Aufgrund exakter Abgrenzung der Teilgruppen werden je-
doch zwei Höhlen (2411/7 u. 8) nun in der Teilgruppe 2412 geführt. Über die in Tabelle 4
bereits erfolgten Erläuterungen bedeutet:

Kf63 = Katasterführung beim Landesverein für Höhlenkunde in Tirol, Feld L = Bundesland,
(7 = Tirol), Feld BHGEM = Politischer Bezirk und Gemeinde (siehe oben), Feld N Natur-
denkmal *, Feld Typ = Art der Höhle (S Schachthöhle), Feld T Tiefenkode (1 bis
49m, 4 = 200 490m Niveaudifferenz), Feld ÖK = Nummer der österreichischen Karte
1:50 000, Feld RW Rechtswert, Feld HW Hochwert (jeweils im Bundesmeldenetz),
Feld SH Seehöhe

2.3 LITERATURNACHTRAG

In der Literaturübersicht im Punkt B 8, Seite 97 - 99, sind jene Zitate enthalten, die Ernest JACOBY für seine Arbeit herangezogen hat. Einige ältere Angaben scheinen dort nicht auf und sind in dem hier von der Karst- und Höhlenabteilung des NHM zusammengestellten Nachtrag enthalten. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben und soll aber einen Überblick über Berichte und Arbeiten geben, die sich mit Höhlen des hier behandelten Gebietes befassen. Für diesen Literaturnachtrag wurde keine wertende Auswahl getroffen, die darf der Interessent für seine Zwecke selbst vornehmen.

ANONYM (1972):

Befahrung der "Höhle beim Spannagelhaus" (2411/1).- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 10(1): 2 Seiten.

Büchel, V. (1965):

Foto: Schraubenfallhöhle bei Hintertux (Tirol), Nordostportal mit Austritt des Tuxbaches.- Die Höhle (Wien) 14(1): Titelblatt.

CAVELIUS, C. (1984):

Befahrung der Spannagelhöhle durch Höhlenforscher aus Wallerfangen (BRD).- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 22(1): 3 Seiten.

CAVELIUS, C. (1987 a):

Vermessung und Neuentdeckung in der Höhle beim Spannagelhaus.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 25(1, F-38): 2 S.

CAVELIUS, C. (1987 b):

Befahrung der Spannagel-Mündungshöhle am 15.08.1987.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 26(F-39): 1 Seite.

CAVELIUS, C. (1987 c):

Befahrung der Spannagel-Mündungshöhle vom 6. bis 8.11.1987.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 26(1,F-39): 1 Seite.

CAVELIUS, C. (1988 a):

Befahrung der Höhle beim Spannagelhaus".- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 27(F-40): 1 Seite.

CAVELIUS, C. (1988 b):

Forschungswoche in der "Höhle beim Spannagelhaus".- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 27(F-40): 4 S.

CAVELIUS, C. (1989):

Neue Forschungen in der "Höhle beim Spannagelhaus".- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 28(F-41): 1 S.

CAVELIUS, C. (1990 a):

Höhlensuchtour zum Schnittenberg südlich Hintertux am 15.05.1990 von Laura und Clemens Cavellius.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 29(F-42): 1 Seite.

CAVELIUS, C. (1990 b):

Fahrt zur "Höhle beim Spannagelhaus".- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 29(F-42): 3 Seiten.

CAVELIUS, C. (1990 c):

Neue Forschungsergebnisse aus der "Spannagel-Mündungshöhle".- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 29(1,F-42): 4 Seiten.

FINK, M. H. (1961):

Die Höhle unter dem Spannagelhaus (Zillertaler Alpen).- Österr. Touristenzeitung (Wien) 74(6): 70.

GAUN, J. (1976):

Höhle beim Spannagelhaus (2411/1) - Befahrung vom 2.-4. 1. 76.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 14(1): 1 Seiten.

- IBF (1972):
 "Wunderhöhle" in den Zillertalern. Höchstgelegenes Gangsystem Österreichs eine wissenschaftliche Fundgrube.- ibf-Nachrichten (Wien) Nr. 1784: 4, vom 18.9.1972.
- ILMING, H., MRKOS, H. (1979):
 Höhlenforschung in Österreich seit 1961.- Wiss. Beihefte zur Zeitschrift "Die Höhle" (Wien) 13: 67-81.
- JACOBY, E. (1977 a):
 Zur Geologie des Spannagelhöhlensystems und dessen näherer Umgebung.- Univ. Innsbruck, Phil. Fak, Dissertation, 148 Seiten.
- JACOBY, E. (1977 b):
 Die Hoehle /sic/ beim Spannagelhaus und die Spannagel-Mündungshöhle.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 15(Sonderheft): 5 Seiten.
- JACOBY, E. (1977 c):
 Spannagel-Mündungshöhle.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 15(Sonderh.): 2 Seiten (davon 1 Plan).
- JACOBY, E. (1978):
 Das Spannagelhöhlensystem.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 16(1): 2 Seiten.
- JACOBY, E., MUTSCHLECHNER, G. (1976):
 Forschungswoche in der Umgebung des Spannagel-Hauses (Olperer Gruppe).- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 14(1): 5 Seiten.
- KAPFINGER, W. (1983):
 Befahrung der Höhle beim Spannagelhaus.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 21(1): 1 Seite.
- KAPFINGER, W., MAYR, W. (1984):
 Berichte über Befahrungen der Spannagelhöhle.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 22(1): 5 Seiten.
- KREJCI, G. (1972):
 Befahrung der Höhle beim Spannagelhaus (2411/1).- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 10(1): 1 Seite. gezeichnet KRE.
- KREJCI, G. (1974):
 Befahrung der Höhle beim Spannagelhaus.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 12(2): 1 Seite.
- KREJCI, G. (1975):
 Befahrung der Höhle beim Spannagelhaus (2411/1).- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 13(1): 1 Seite; gezeichnet KRE.
- KREJCI, G. (1976):
 Befahrung der Höhle beim Spannagel-Haus 2411/1.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 14(2): 2 Seite; gezeichnet KRE.
- KREJCI, G. (1980a):
 Befahrung der Höhle beim Spannagelhaus (2411/1).- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 18(1): 1 Seite.
- KREJCI, G. (1980 b):
 Absperrung der Höhle beim Spannagelhaus (2411/1).- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 18(1): 1 Seite.
- KREJCI, G. (1986):
 Landesverein für Höhlenkunde.- in: Tätigkeitsberichte 1985 der dem Verband österr. Höhlenforscher angeschlossenen höhlenkundl. Organisationen.- Die Höhle (Wien) 37(2): 130-131.
- KREJCI, G. (1987 a):
 Jahresbericht 1986.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 25(1): 2 Seiten.

- KREJCI, G. (1987 b):
Landesverein für Höhlenkunde.- in: Tätigkeitsberichte der dem
Verband österr. Höhlenforscher angeschlossenen höhlenkundl. Ver-
eine und Forschergruppen für das Jahr 1986.- Die Höhle (Wien)
38(2): 52.
- KUNTSCHER, H. (1986):
Höhlen Bergwerke Heilquellen in Tirol und Vorarlberg.- Steiger
Verlag (Berwang/T.) 362 Seiten, zahlr. Abb. u. Pläne.
- MAYR, S. (1986):
Spannagel live. Tatsachenbericht 30.-31.3.86.- Höhlenkundl.
Mitt. - Informationen (Wörgl) 24(1): 2 Seiten.
- MAYR, S. (1989):
Spannageltour 24.6. - 25.6.1989.- Höhlenkundl.Mitt.- Informati-
onen (Wörgl) 28(F-41): 1 Seite.
- MUTSCHLECHNER, G. (1965):
Bericht zu den Bildern der letzten Seite: Höhle beim Spannagel-
haus (Olperer-Gruppe, westliche Zillertaler Alpen) Tiroler
Höhlenkataster 2411/1.- Höhlenkundl. Mitt. (Wörgl) 3(1): 3 S.
- OBITZHOFER, E. (1982):
Befahrung der Spannagelhöhle (2411/1).- Höhlenkundl. Mitt.- In-
formationen (Wörgl) 20(1): 2 Seiten.
- PFARR, T., STUMMER, G. (1989):
Die längsten und tiefsten Höhlen Österreichs.- Wissensch. Bei-
heft zur Zeitschrift "Die Höhle" (Wien) 35: 248 S.
- PLANK, W. (1987):
Arbeitswochenende in der Spannagelhöhle vom 30. 08. bis 31.08.
1986.- Höhlenkundl.Mitt.-Informationen (Wörgl) 25(1): 2 Seiten.
- REICH, H. (1962):
Die Höhle unter dem Spannagelhaus in den Zillertaler Alpen (Tux-
er Hauptkamm). Bericht über eine Befahrung am 18. Juli 1962.-
österr. Touristenzeitung (Wien) 75(9): 95-96.
- SCHIRMER, G. (1976):
Die Höhle beim Spannagelhaus.- österr. Touristenzeitung (Wien)
89(9): 109-111.
- SCHIRRA, J. (1986):
Befahrung der Höhle beim Spannagelhaus durch den "Arbeitskreis
Höhlenforschung Wallerfangen".- Höhlenkundl.Mitt.- Informationen
(Wörgl) 24(1): 4 Seiten.
- SCHIRRA, J. (1989):
Forschungswoche in der "Höhle beim Spannagelhaus".- Höhlenkundl.
Mitt.- Informationen (Wörgl) 28(F-41): 7 S.
- STEINER, H., FANKHAUSER, M. (1989):
Spannageltour 2.-3.12.1989.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen
(Wörgl) 28(F-41): 1 Seite.
- TOBITSCH, E. (1990 a):
Spannagel und Umgebung.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wör-
gl) 29(F-42): 1 Seite.
- TOBITSCH, E. (1990 b):
Spannageltour vom 27.12.1990.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen
(Wörgl) 29(F-42): 1 Seite.
- TOBITSCH, E., TÜRKE, E. (1990):
Spannagel-Tour am 19.5.1990.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen
(Wörgl) 29(F-42): 2 Seiten, gez. "Renate und Edi"
- TOBITSCH, R. (1989 a):
Spannagelhöhle - Einbau der Leiter im öTK-Schacht.- Höhlenkundl.
Mitt.- Informationen (Wörgl) 28(F-41): 1 Seite.

- TOBITSCH, R. (1989 b):
Spannagelhöhle.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 28(1, F-41): 1 Seite.
- TRIMMEL, H. (1965):
Im Jahre 1964 in Österreich unter Schutz gestellte Höhlen.- Die Höhle (Wien) 14(1): 16-18.
- TRIMMEL, H. (1973 a):
The cave development in the Tyrolian Alps (Austria).- Internat. Speleology 1973, Abstracts of papers (Olomouc) Seite 89.
- TÜRKE, E. (1989 a):
Befahrung der "Höhle beim Spannagelhaus"(2411/1).- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 28(F-41): 1 Seite.
- TÜRKE, E. TOBITSCH, R. (1989):
Spannageltour 2.-3.12.1989.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl) 28(F-41): 2 Seiten.
- WOLF, G. J. (1971):
Bergfahrt in die Unterwelt.- österr. Touristenzeitung (Wien) 84(2): 24-25.
- WOLF, G. J. (1976):
Naturhöhlen in Tirol. Die Spannagelhöhle.- österr. Touristenzeitung (Wien) 89(11): 143; gezeichnet GJW.

Im wahrsten Sinne des Wortes in letzter Minute langte noch das aktuelle Heft der Höhlenkundlichen Mitteilungen des Landesvereines für Höhlenkunde in Tirol in der Redaktion ein. Die einschlägigen Zitate finden sich als nunmehr endgültig letzter Nachtrag nachfolgend:

- PLANK, W. (1991):
Spannagelhöhle am 5./6.1.1991.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl), 30(F-43):8-9.
- TOBITSCH, R. (1991):
Spannageltour 11.-12.1.1991.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl), 30(F-43):9-10.
- TOBITSCH, R. (1991):
Spannagel-Fototour am 3.8.1991.-Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl), 30(F-43):24.
- TOBITSCH, R., TÜRKE, E., & UNTERPERTINGER, E. (1991):
Befahrung der Spannagelhöhle, 30.3.- 31.3.1991.- Höhlenkundl. Mitt.- Informationen (Wörgl), 30 (F-43):20-21.

D. ATLAS DES SPANNAGELHÖHLENSYSTEMS (2411/1) 1:500

Stand Jänner 1990

gezeichnet von

Günter KREJCI und Eduard TÜRKE

unter Benützung einer Grundlage
der vordersten Höhlenteile von
Otto ENGELBRECHT

und der Vermessungen von

R. ABERHAM, M. BURSTIN, C. CAVELIUS, L. CAVELIUS,
H. FELDKIRCHER, M. FINK, W. GADERMAYR, J. GAUN,
S. HAFNER, C. HARTMANN, H. ILMING, E. JACOBY,
F. KAPFINGER, W. KAPFINGER, J. KOGLER, G. KREJCI,
R. KREJCI, J. KRUCKENHAUSER, J. LECHNER, A. LIESSEN,
P. LIND, A. MAHLER, H. MASING, S. MAYR, W. MAYR,
W. MAYR, F. MEIBERGER, M. MÖLLER, G. MUTSCHLECHNER,
S. MÜLLER, A. NIEMAYER, J. OSL, M. PITZER, J. SCHIRRA,
B. SCHMITZ, U. SCHMITZ, J. SCHMOLIN, W. SCHNEIDER,
R. TOBITSCH, E. TÜRKE, D. URBAN (später D. JACOBY)
und G. VÖLKL

Das Atlaswerk der Höhle beim Spannagelhaus besteht derzeit (mit Unterlagerungsblättern) aus 19 Teilblättern, die jeweils eine Fläche von 100 x 50 Meter abdecken. Im Original weisen diese Blätter einen Maßstab von 1:200 (25 x 50cm) und eine gewisse Überlappung auf. Dem Atlaswerk sind im Archiv sämtliche Meßdaten auf Protokollblättern beigegeben.

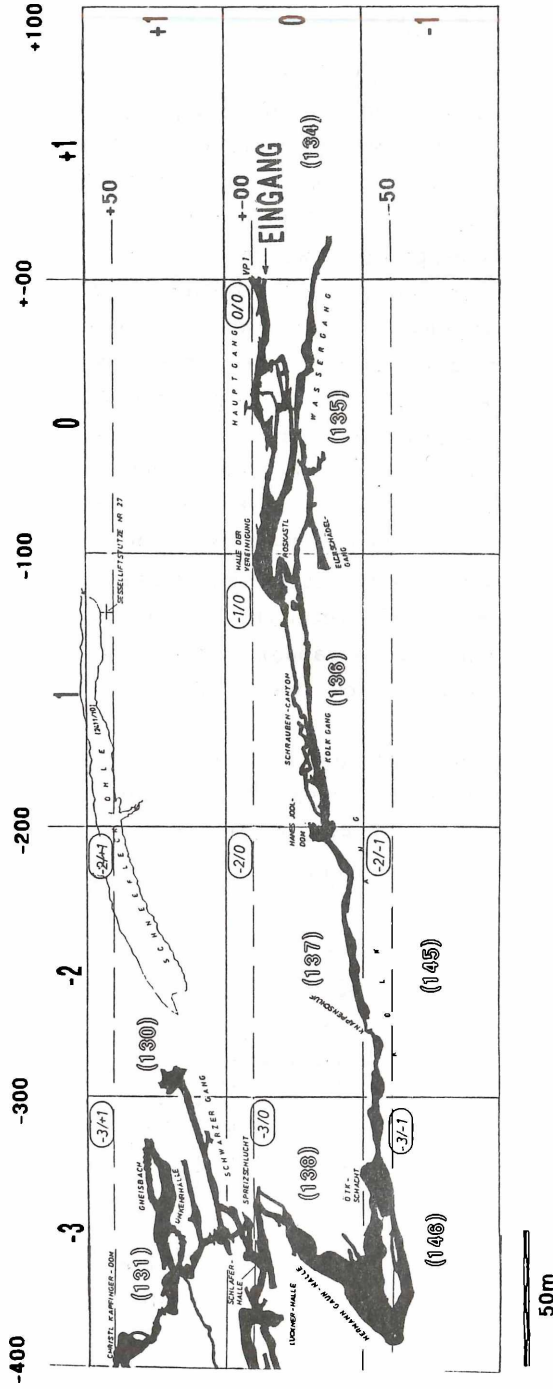
In der vorliegenden Veröffentlichung sind die Atlasblätter auf den Maßstab 1:500 verkleinert worden. Dabei mußten die Überlappungen aus Gründen des Satzspiegels weggelassen werden.

Das Atlaswerk ist in Zonen (horizontale Reihen) und Kolonnen (vertikale Spalten) gegliedert. Aufgrund der vorwiegenden West-Ost-Erstreckung der Höhle sind bisher nur drei Zonen ausgewiesen (+1, 0, -1), wobei die Zone, auf der der Eingang liegt, mit Null, nördlich davon liegende Zonen positiv, südlich gelegene Zonen negativ bezeichnet sind. Die Kolonnen sind, auf den Eingang bezogen, nach Westen mit negativen Ziffern bezeichnet (derzeit 0 bis -8), nach Osten mit positiven Ziffern (derzeit +1). Damit kann jedes Teilblatt durch die Kombination Kolonne/Zone (z.B. -8/0) eindeutig festgelegt werden, wobei der Eingang am Teilblatt 0/0 zu liegen kommt. Sämtliche Teilblätter sind am Blattrand mit Koordinaten versehen (Meterangaben), die sich auf den Höhleneingang beziehen und westlich und südlich davon negativ, östlich und nördlich positiv sind.

Zur besseren Orientierung zu den auf den Seiten 130 bis 148 veröffentlichten Teilblättern 1:500 ist der Blattspiegel (mit Höhlenverlauf), in zwei Teile geteilt (Blattschnitt West und Ost), auf den Seiten 128 und 129 wiedergegeben.

Kolonnen										
-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	
			-5/+1	-4/+1	-3/+1	-2/+1				Zone +1
-8/0	-7/0	-6/0	-5/0	-4/0	-3/0	-2/0	-1/0	0/0	+1/0	Zone 0
	-7/-1				-3/-1	-2/-1				Zone -1

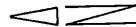
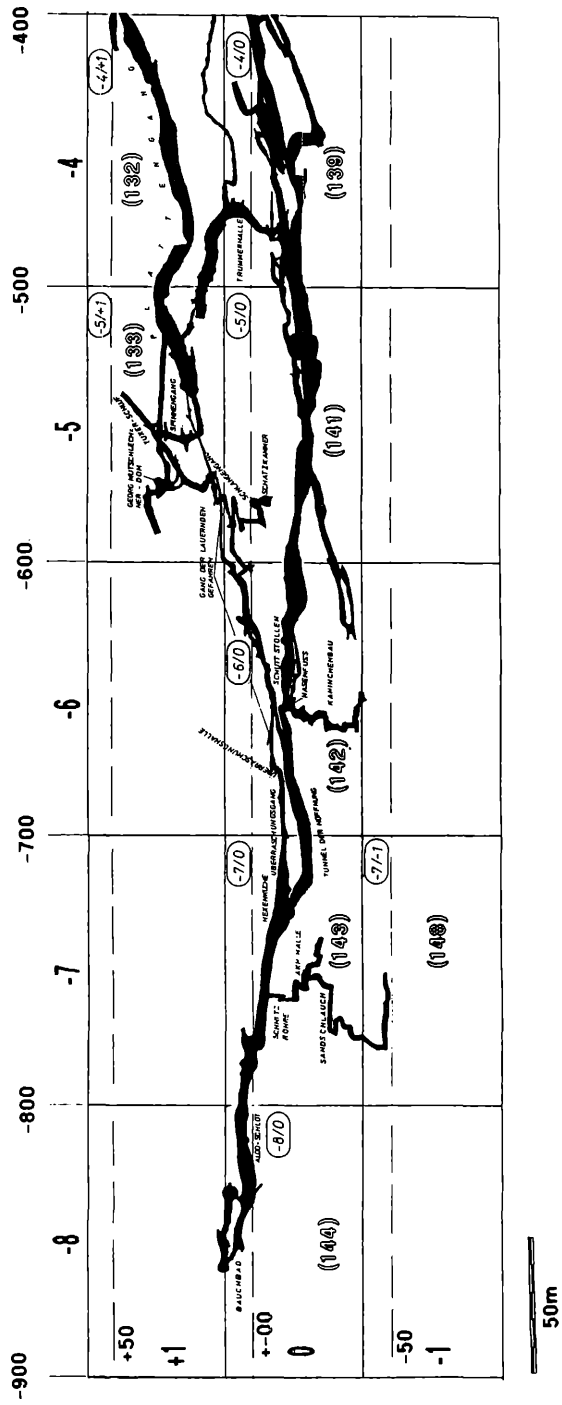
BLATTSCHNITT WEST Seite 129	BLATTSCHNITT OST Seite 128
---------------------------------------	--------------------------------------



Die in Ellipsen gesetzten Zahlenkombinationen (Kolonne/Zone) stellen die Kennzeichnung jedes Teilblattes dar. Zur besseren Auffindbarkeit der Teilblätter ist in Klammern jeweils jene Seite angegeben, auf der das Teilblatt zu finden ist.

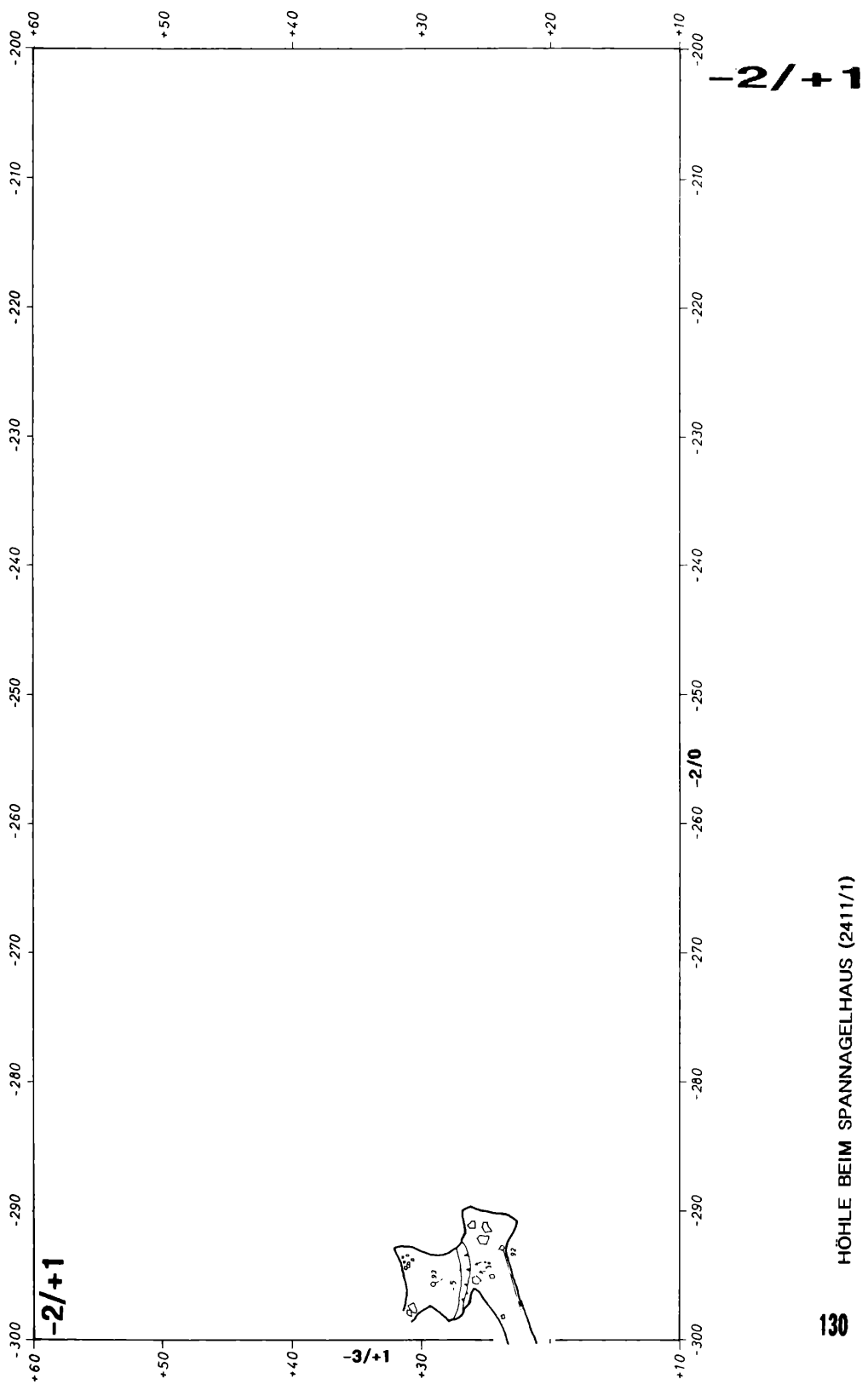
HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

BLATTSCHNITT WEST

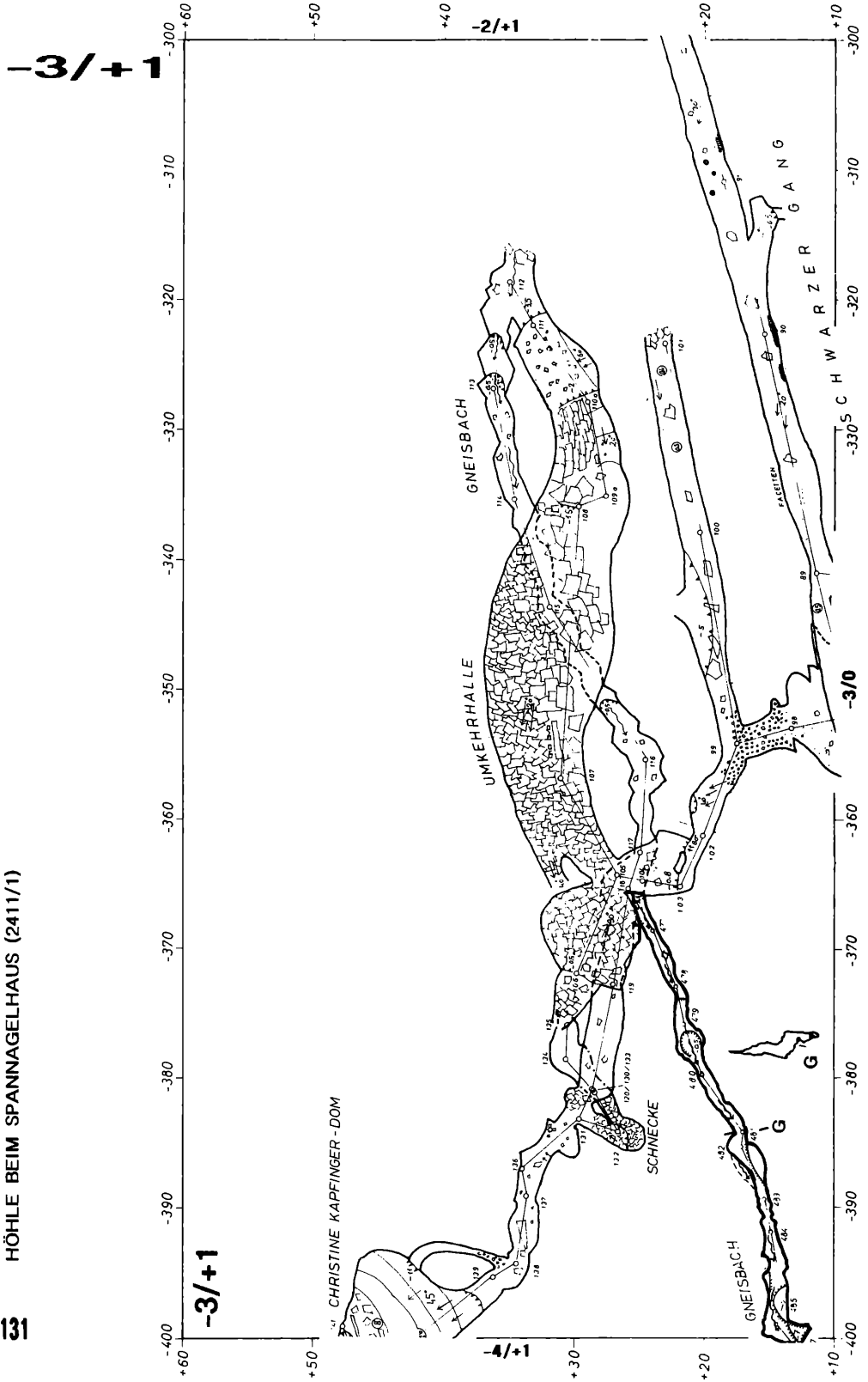


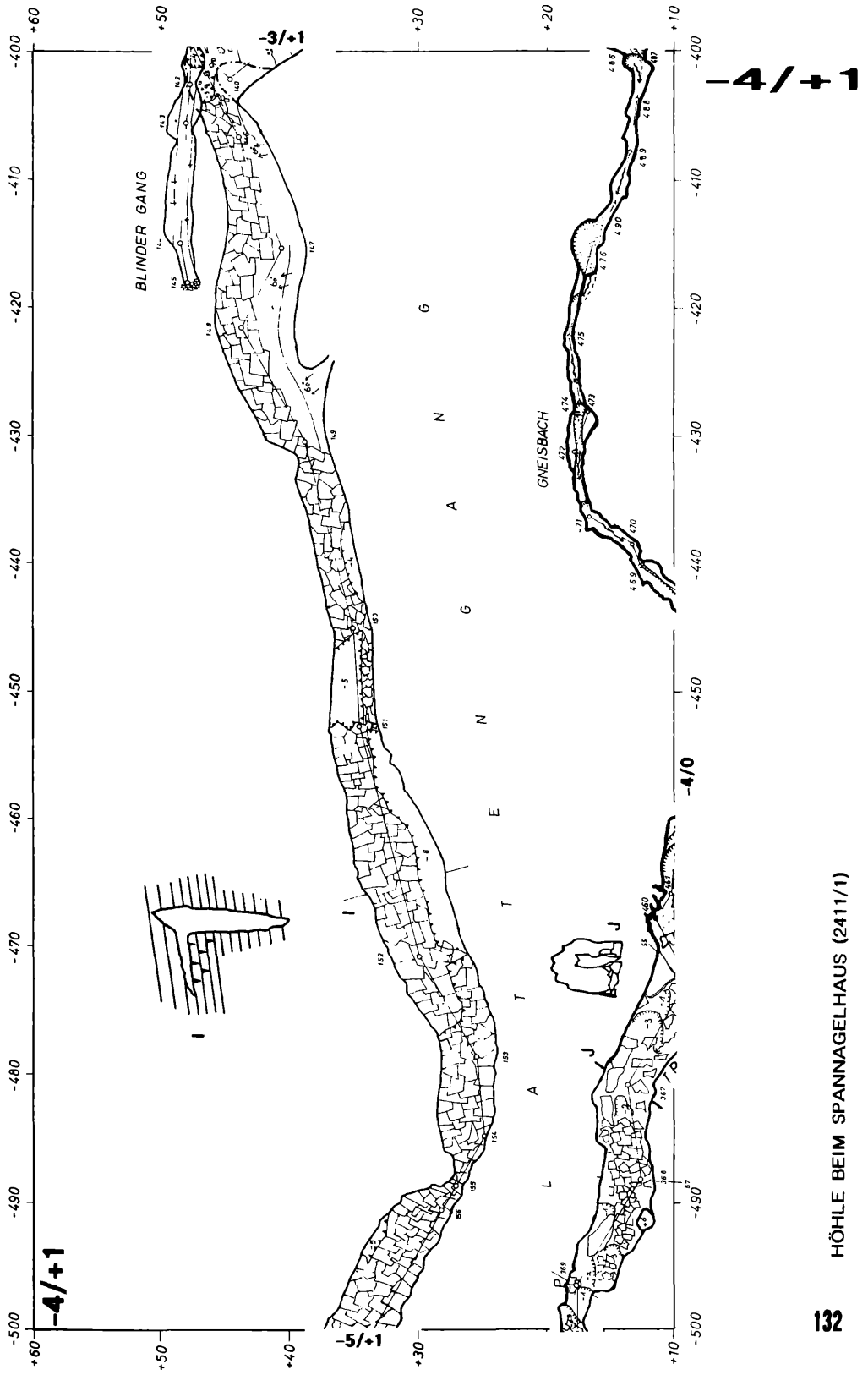
Die in Ellipsen gesetzten Zahlenkombinationen (Kolonne/Zone) stellen die Kennzeichnung jedes Teilblattes dar. Zur besseren Auffindbarkeit der Teilblätter ist in Klammern jeweils jene Seite angegeben, auf der das Teilblatt zu finden ist.

STAND JÄNNER 1990

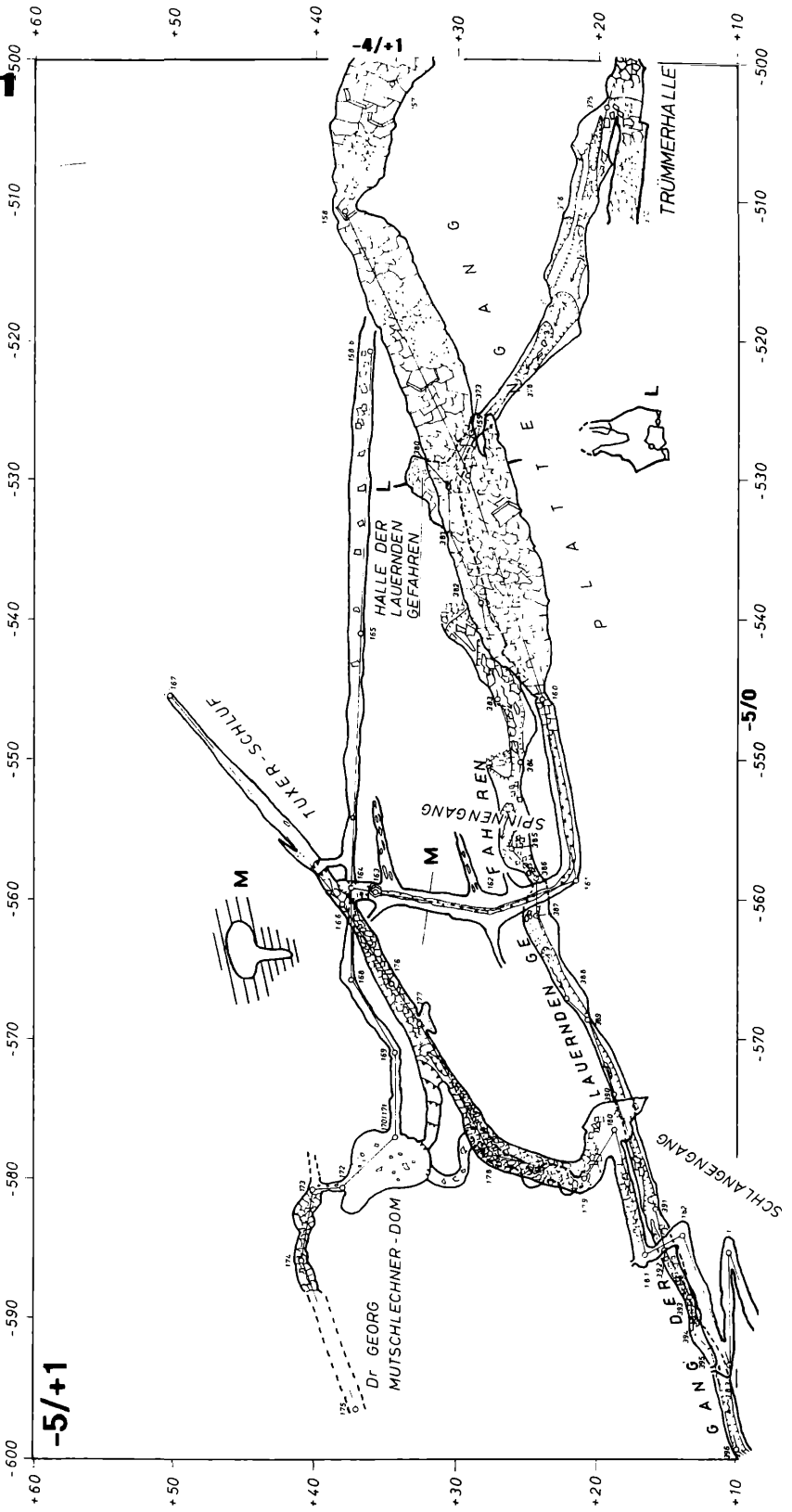


HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

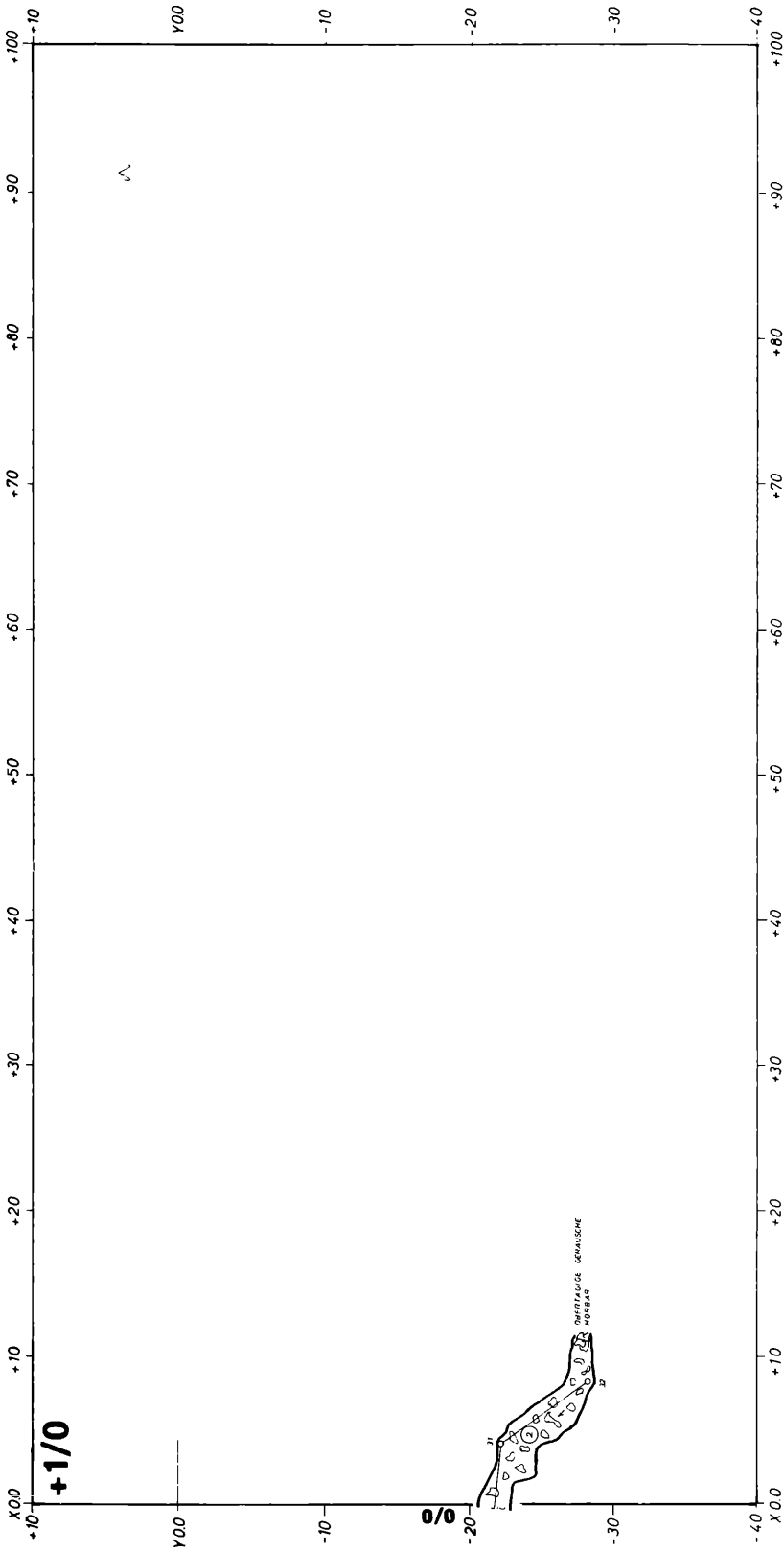




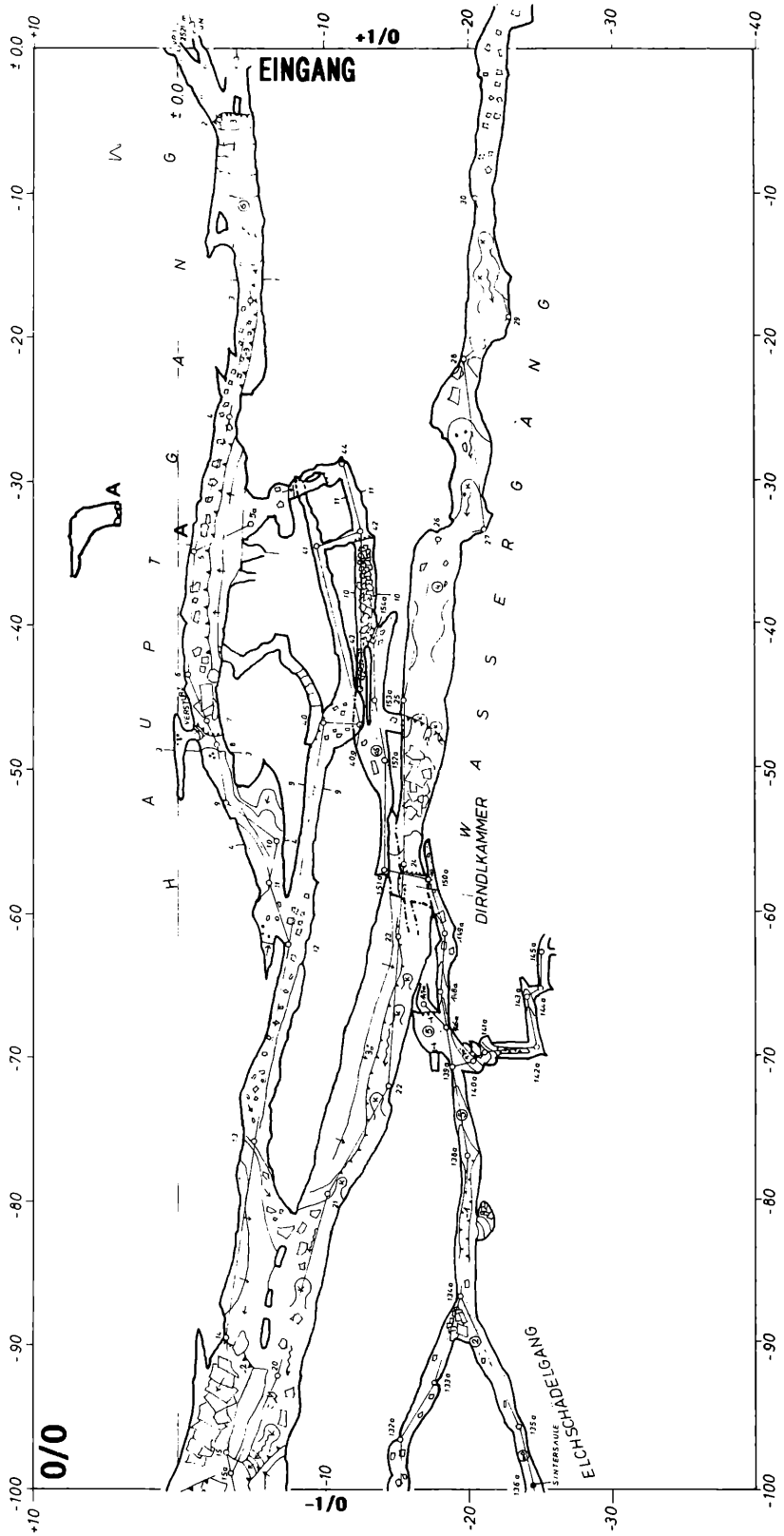
-5/+1

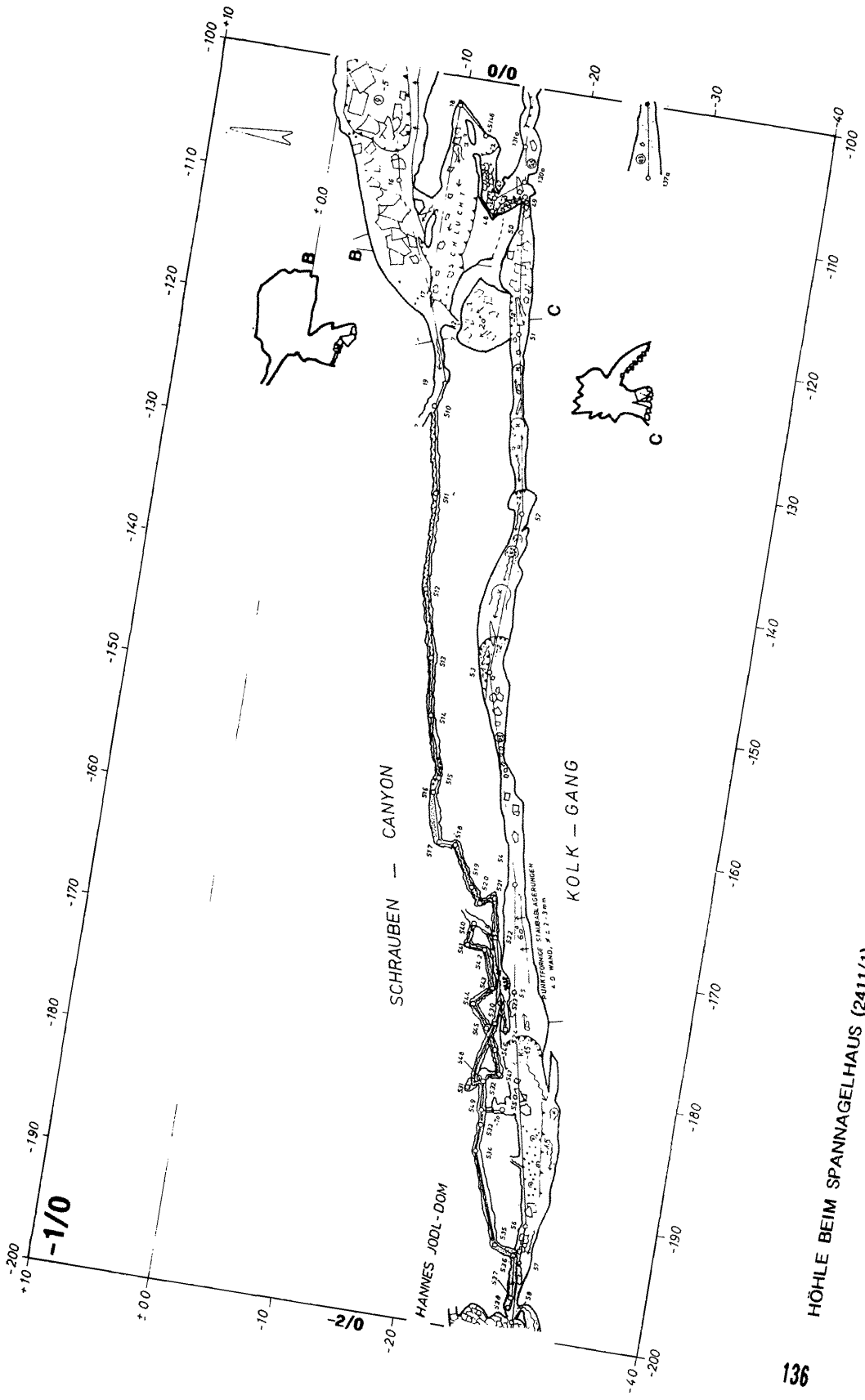


-5/+1



+1/0

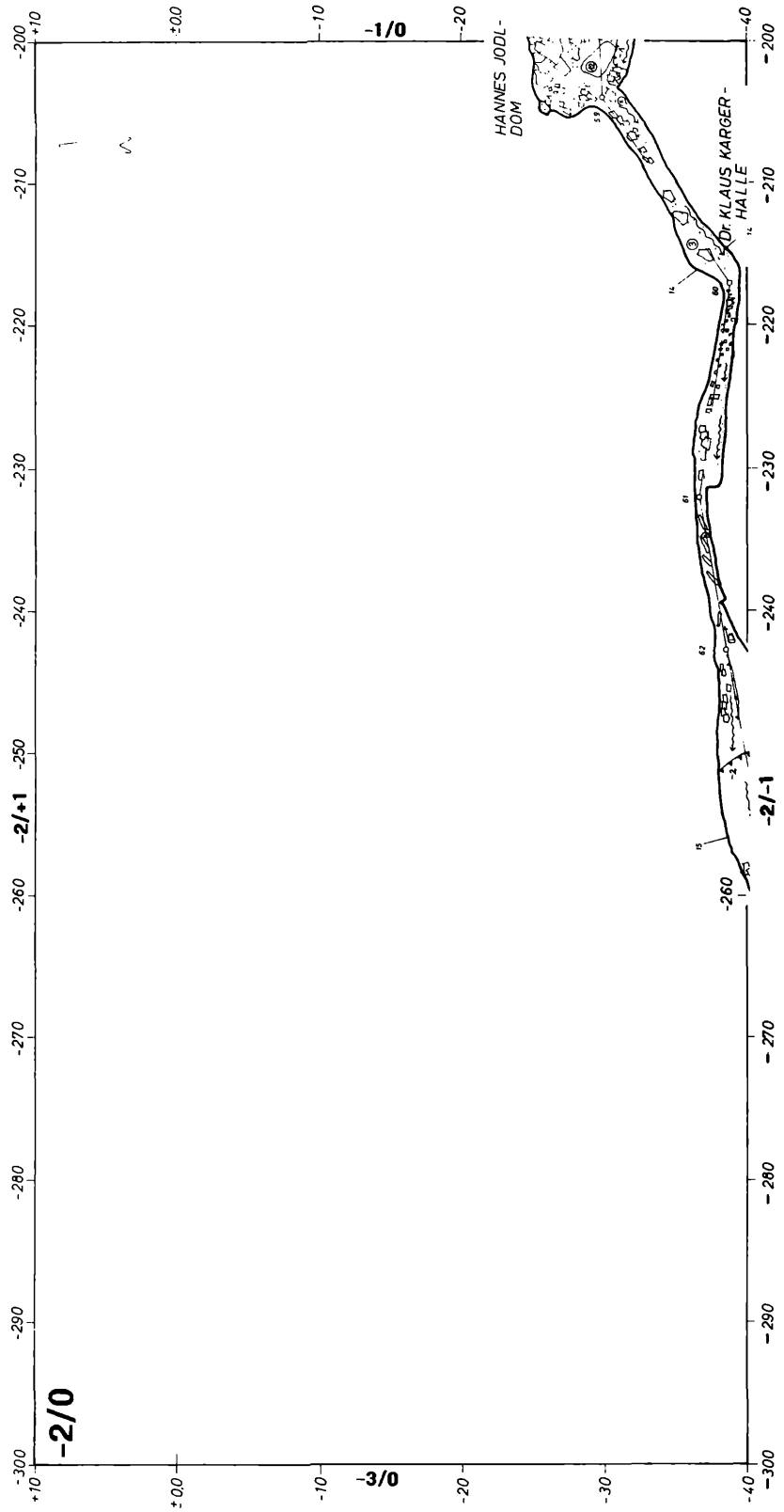




-1/0

HÖHLE BEIM SPANNELHAUS (2411/1)

-2/0



-2/0

+10

-290

-280

-270

-260

-2/+1

-250

-240

-230

-220

-210

-200

+10

±00

-10

-20

-30

-1/0

-10

±00

-20

-30

-40

-200

-3/0

-20

-30

-40

-270

-280

-2/-1

-260

-240

-230

-220

-210

-200

HANNES JODL -
DOM

DR. KLAUS KARGER -
H. HALLE

-300

-290

-280

-270

-260

-2/-1

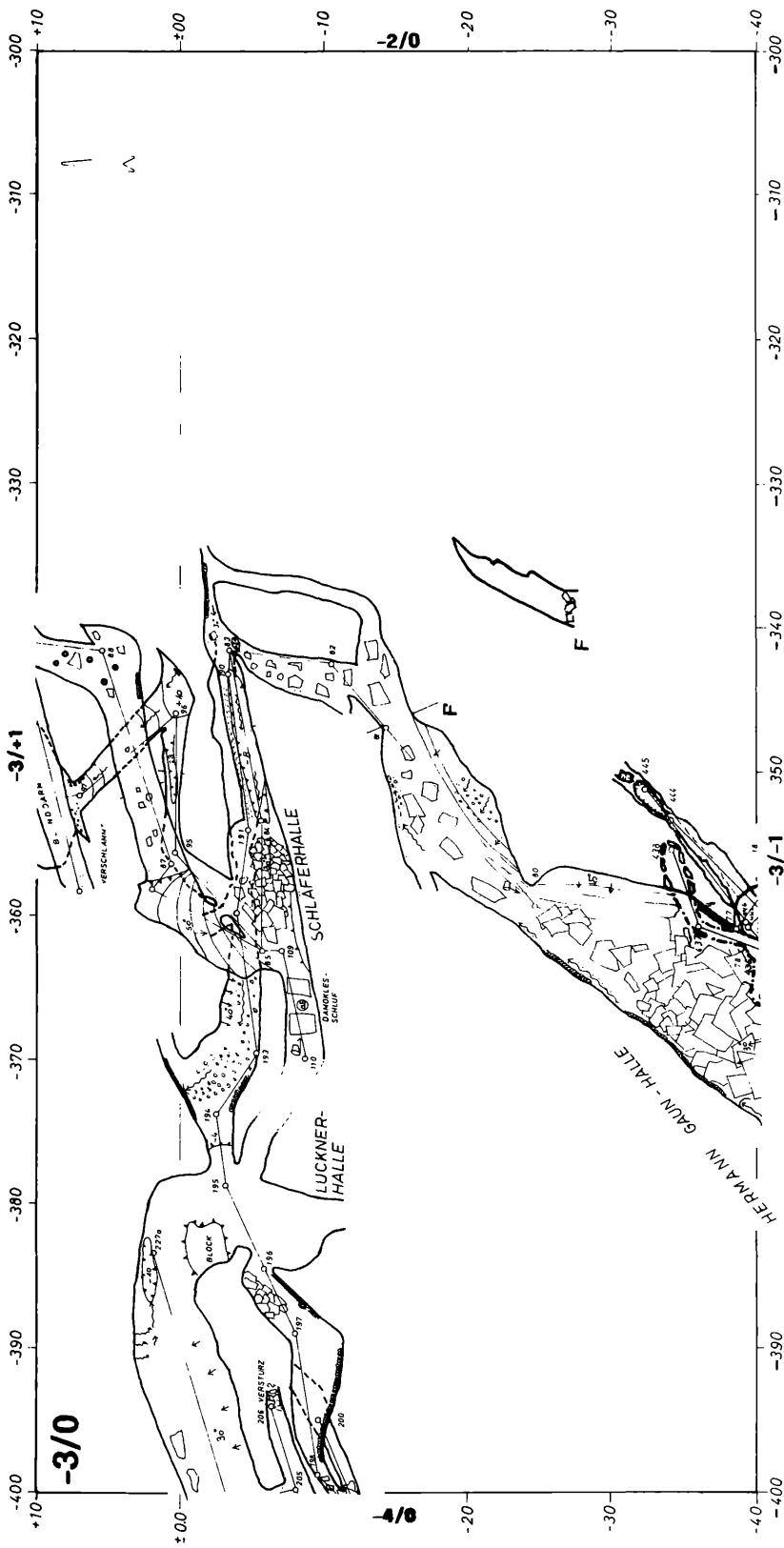
-240

-230

-220

-210

-200

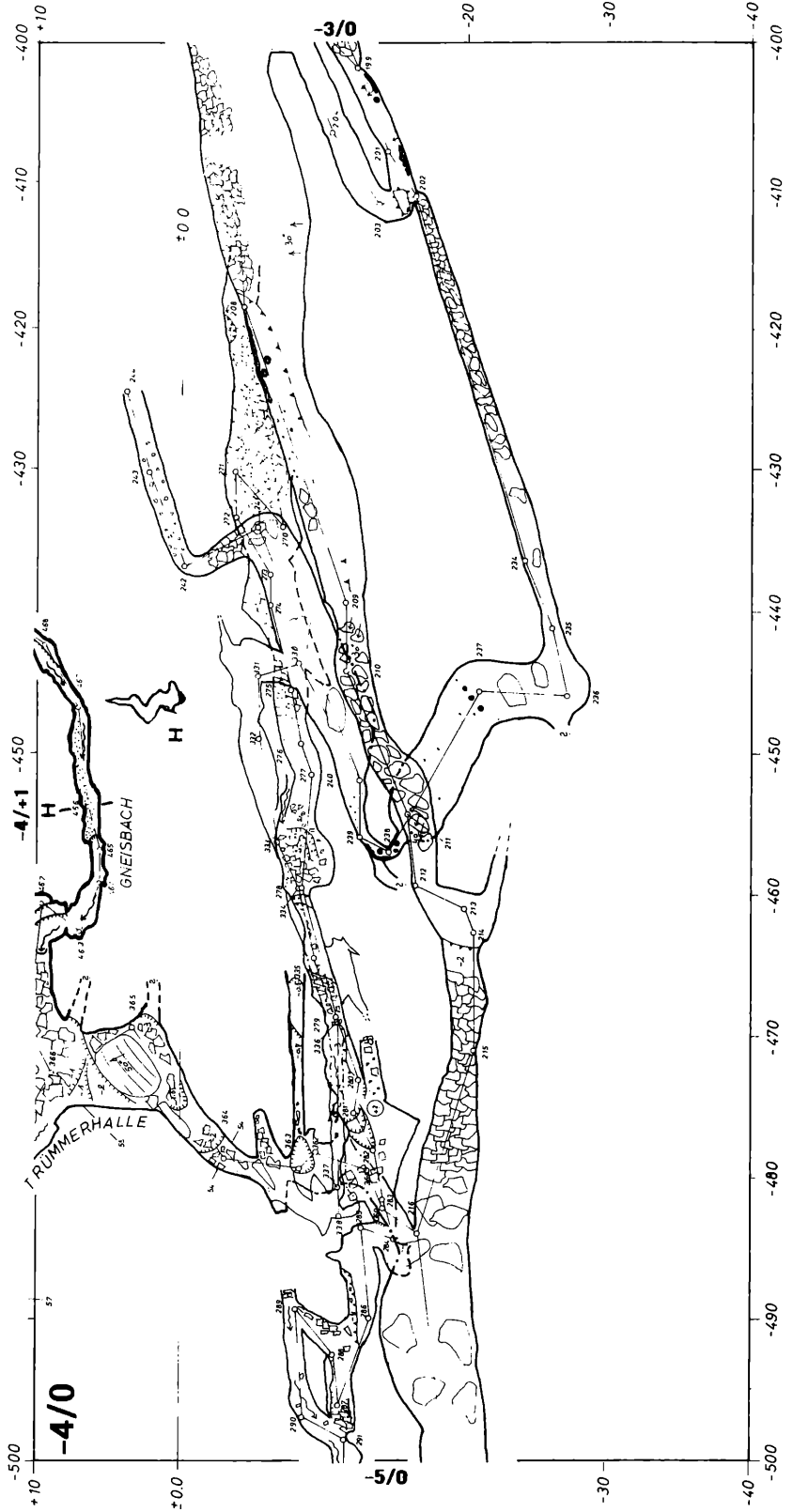


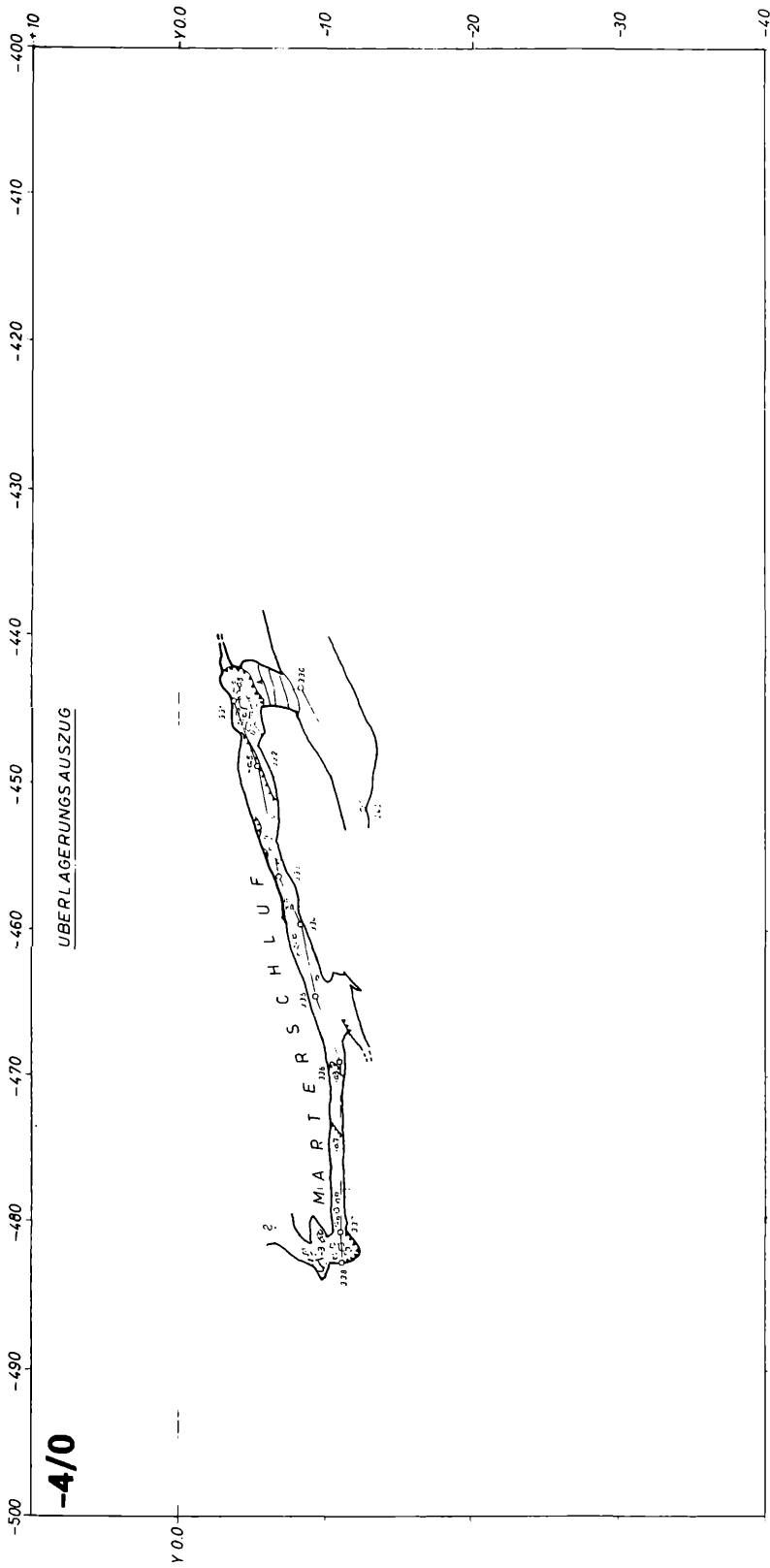
-3/0

HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

-4/0

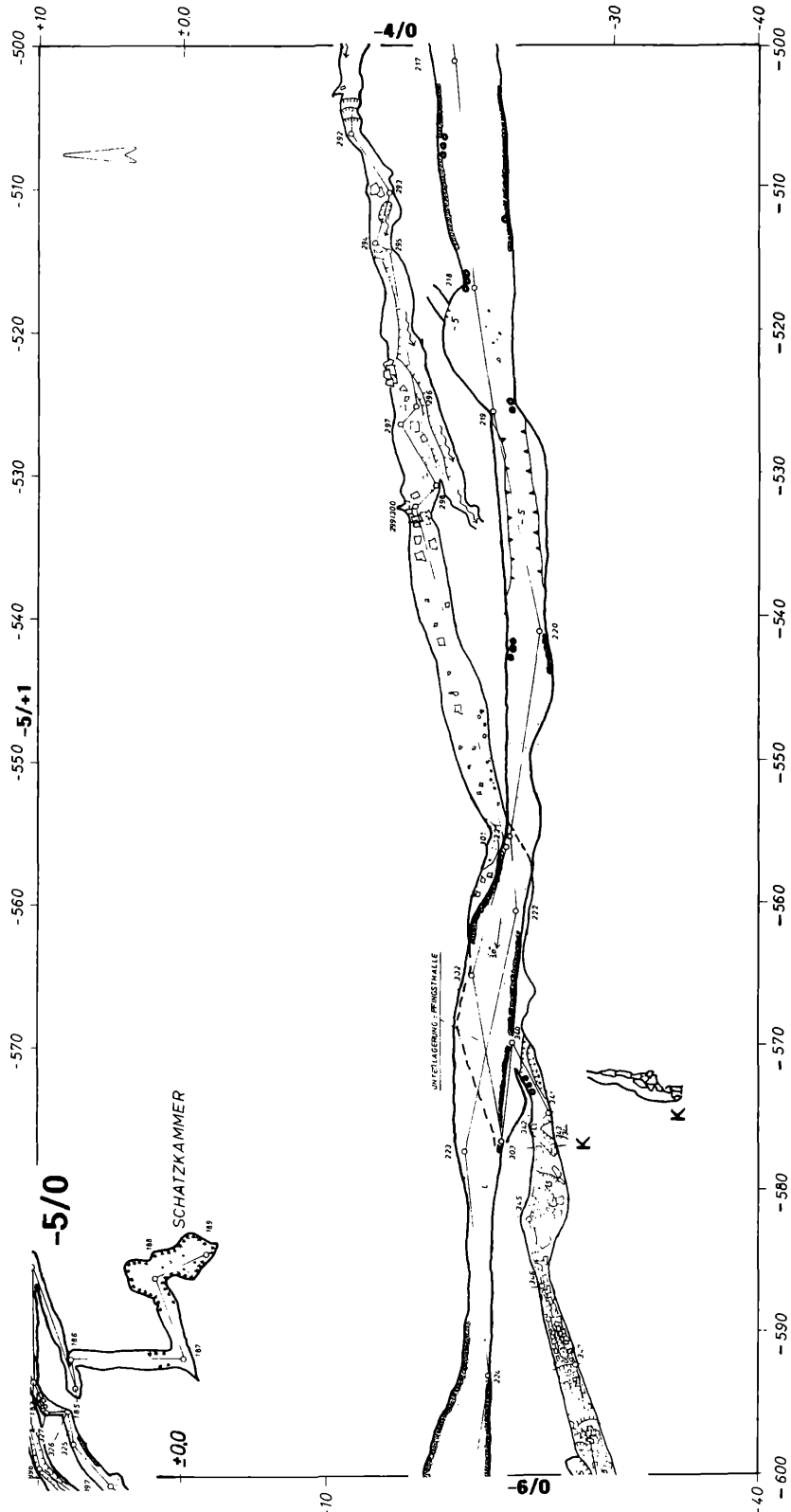


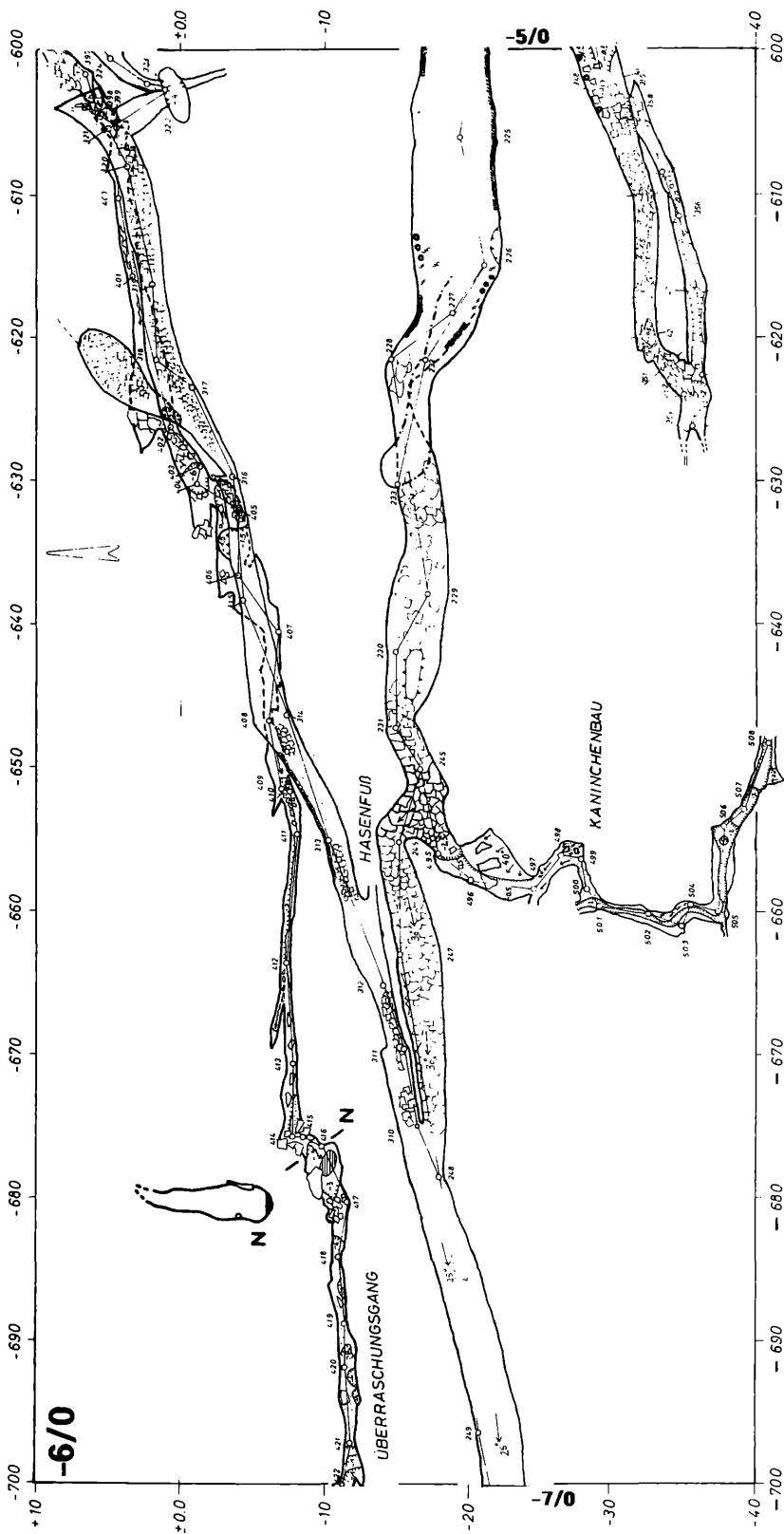


-4/0

HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

-5/0



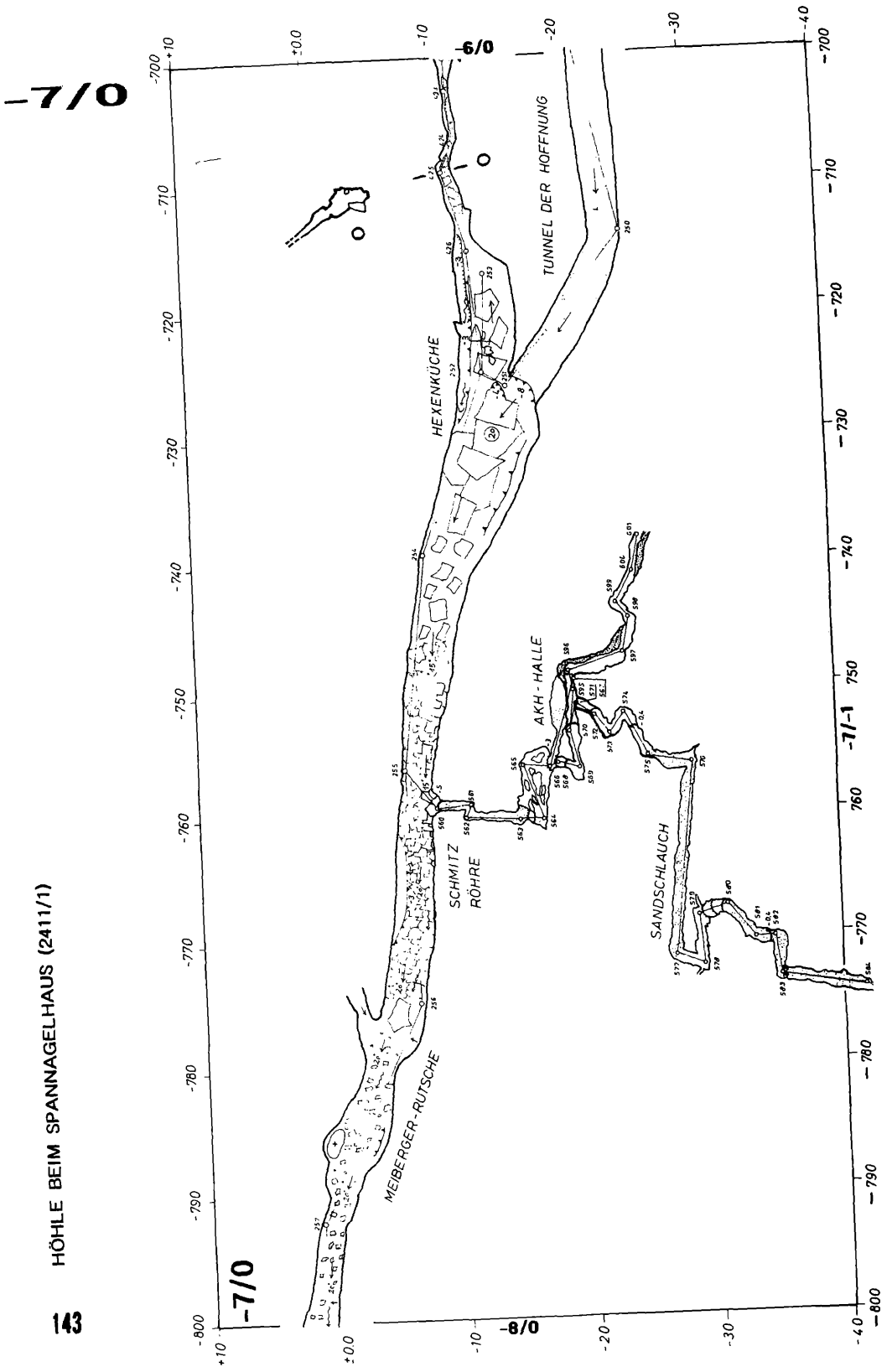


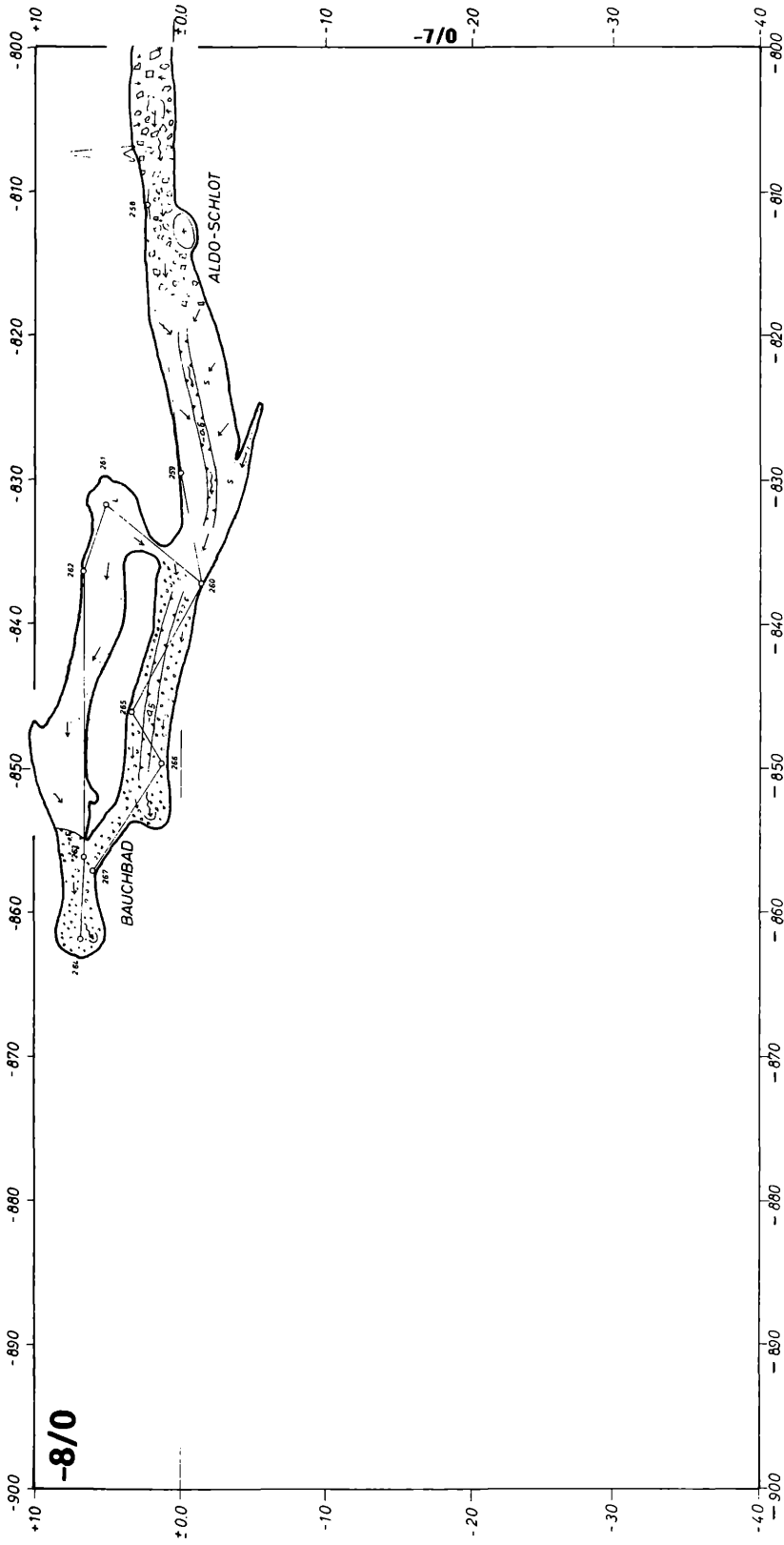
-6/0

HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

143





-8/0

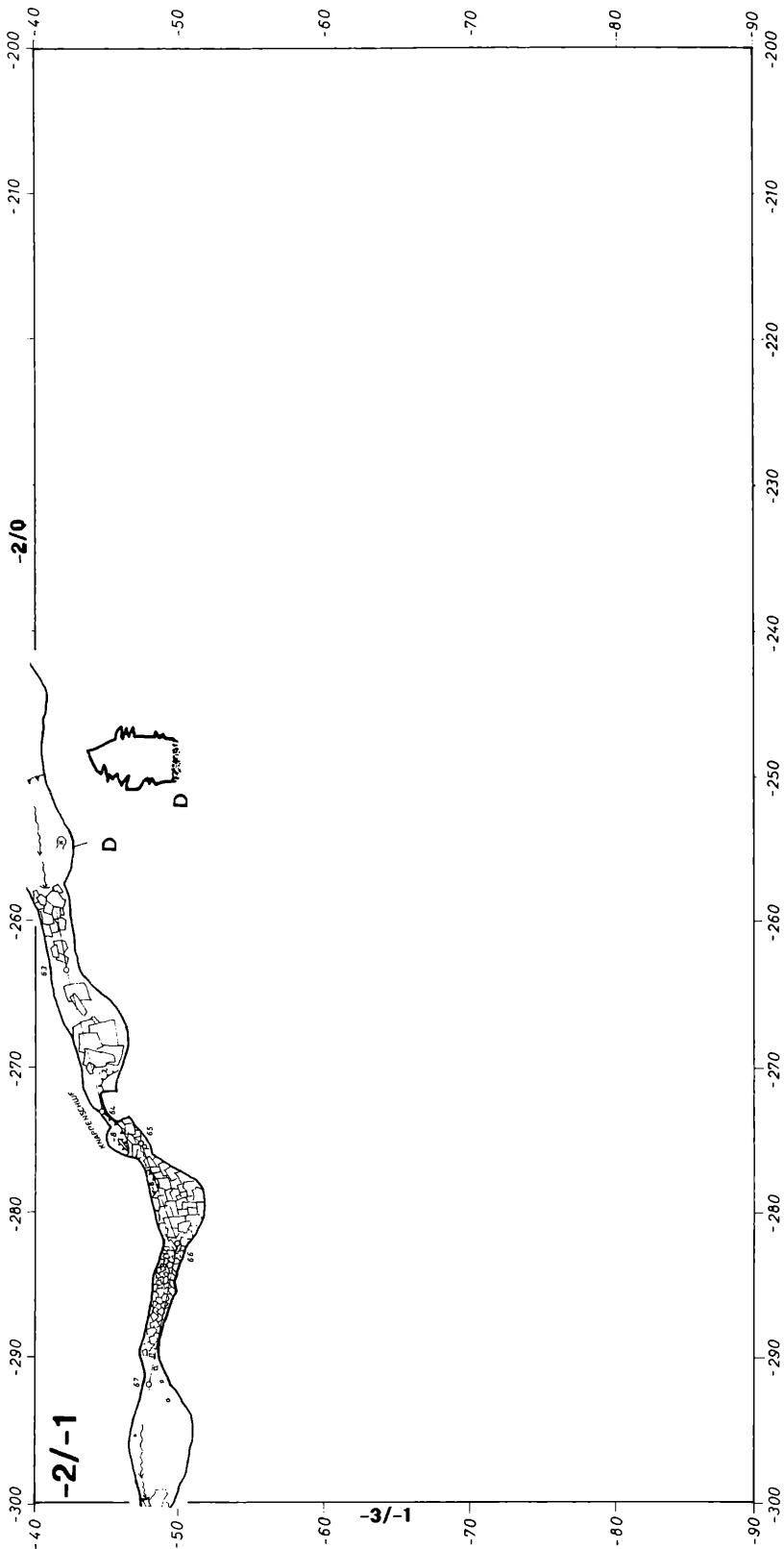
-8/0

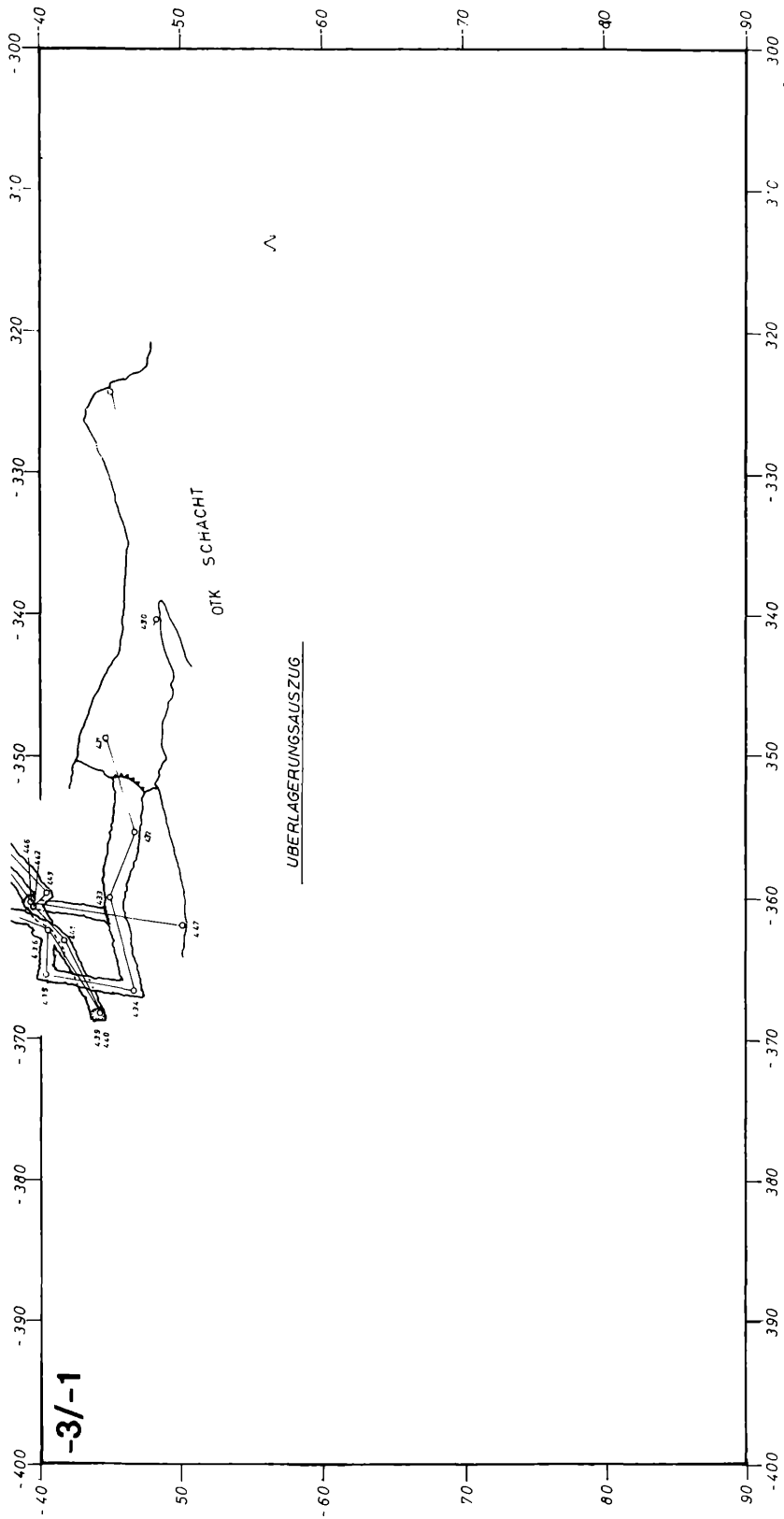
144 HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

145

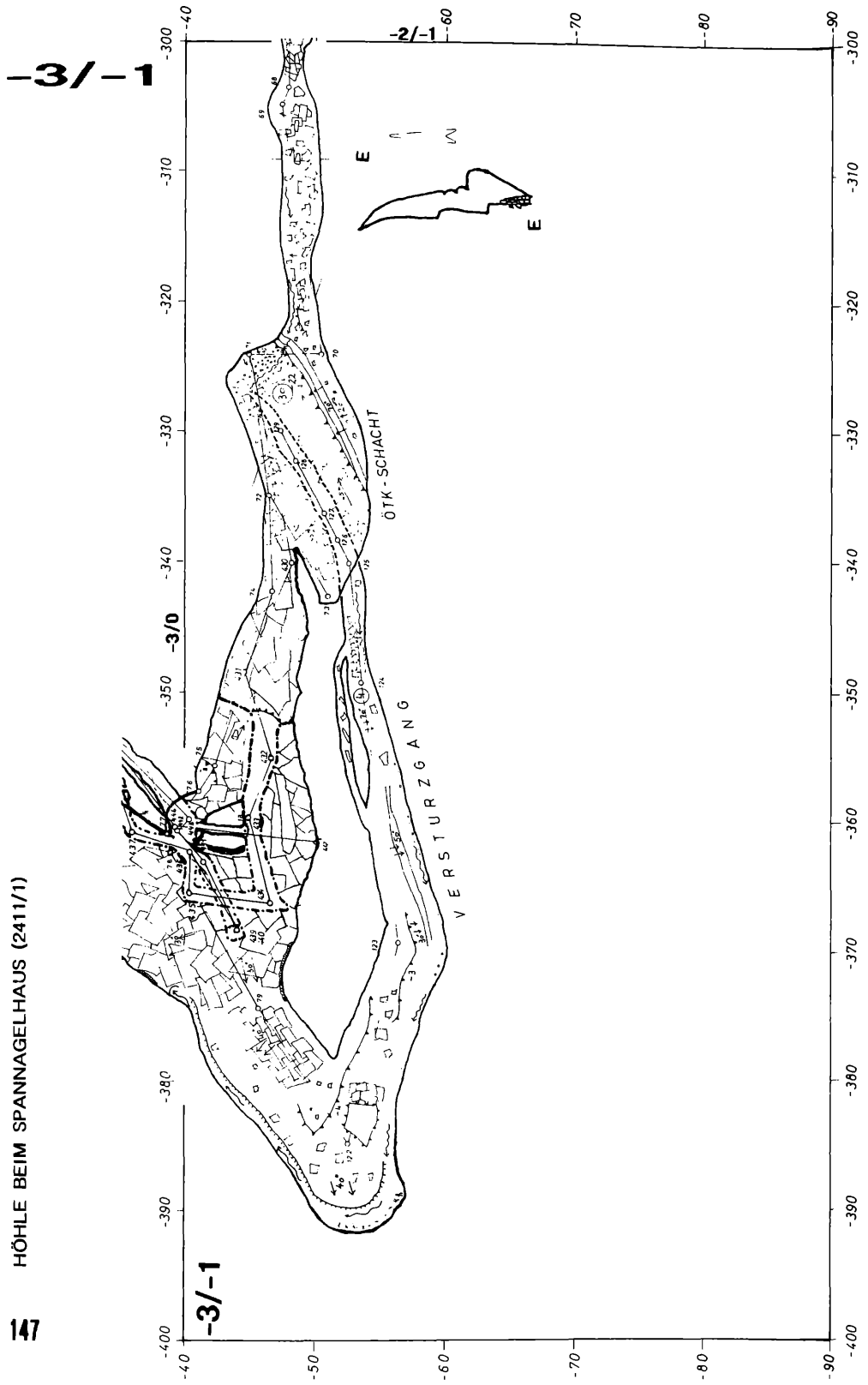
-2/-1

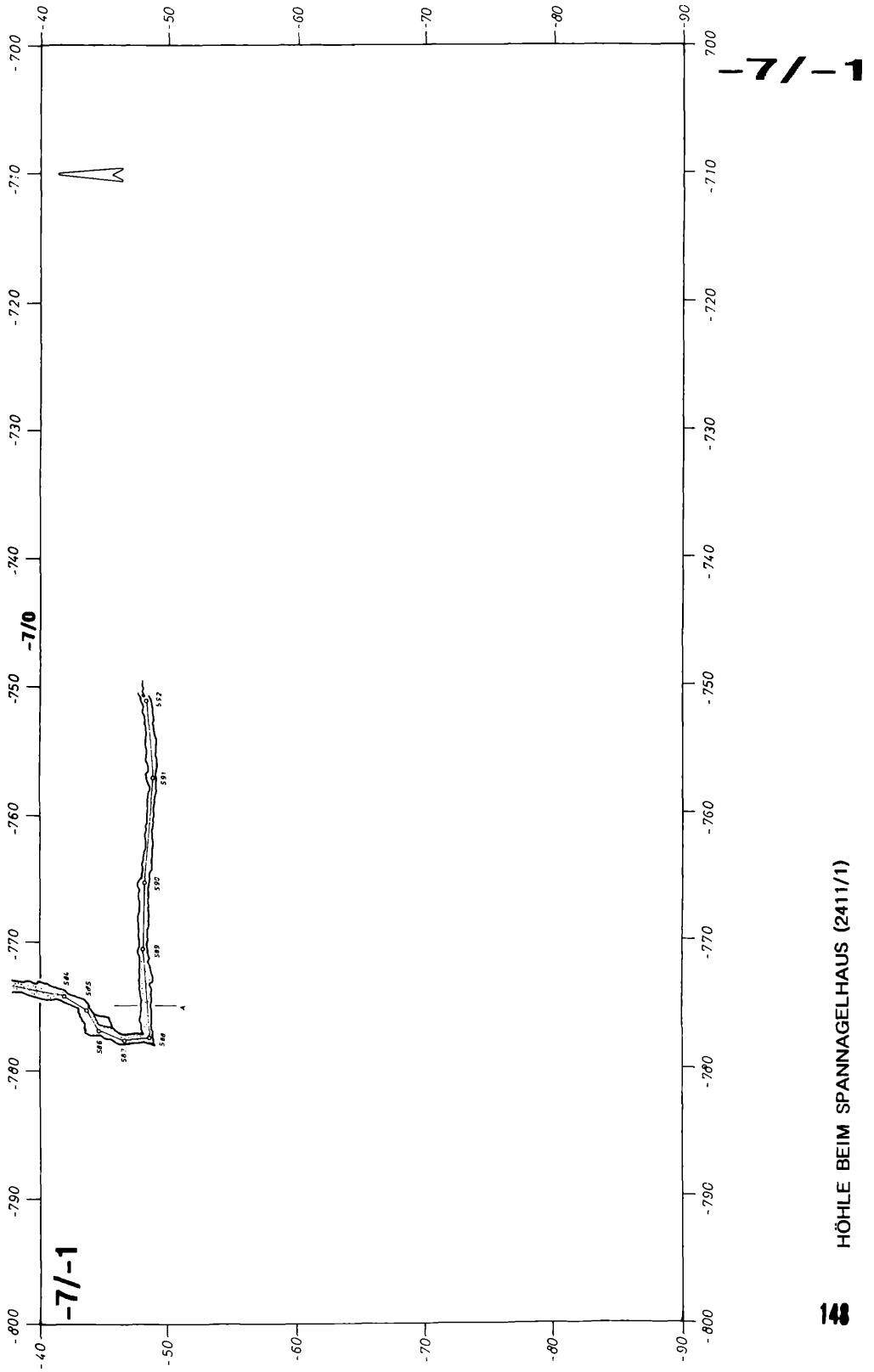




-3/-1

-3/-1





HÖHLE BEIM SPANNAGELHAUS (2411/1)

VERBAND ÖSTERREICHISCHER HÖHLENFORSCHER

Veröffentlichungen

1. FACHZEITSCHRIFT „DIE HÖHLE“

Von den Jahrgängen 1950 bis 1976 sind vielfach nur mehr einzelne Hefte vorrätig, die zum einheitlichen Preis von S 10,— (DM 1,50, sfr 1,30) abgegeben werden.

Jahrgänge von 1977 bis 1980, je	S 60,— (DM 10,—, sfr. 10,—)
Jahrgänge von 1981 bis 1983; 1985, je	S 80,— (DM 12,50, sfr. 12,—)
Jahrgang 1984	S 180,— (DM 30,—, sfr. 29,—)
Jahrgänge von 1986 bis 1991, je	S 100,— (DM 16,—, sfr. 14,—)

2. AKTEN DES DRITTEN INTERNATIONALEN KONGRESSES FÜR SPELÄOLOGIE (1961)

Band I, Ablauf der Kongreßveranstaltungen, 119 Seiten, 4 Taf., 3 Höhlenpläne, Wien 1963	S 50,— (DM 9,—, sfr. 9,—)
Band II, Geospeläologie, 292 S., 14 Taf., 3 Faltpläne, 1 Planbeilage, Wien 1963	S 140,— (DM 25,—, sfr. 25,—)
Band III, Biospeläologie, 148 S., Taf., Wien 1964	S 90,— (DM 15,—, sfr. 15,—)
Band IV, Speläopaläontologie, Anthrospeläologie, Technische Speläologie, 118 S., 7 Taf., Wien 1965	S 90,— (DM 15,—, sfr. 15,—)
Band V, Karsthydrographie, Speläomorphologie, Wien 1966	S 140,— (DM 25,—, sfr. 25,—)
Band A, Zusammenfassung der Vorträge, 88 S., Wien 1961	S 20,— (DM 3,50, sfr. 3,50)
Band B, Programm des Kongresses, Exkursionsführer, 96 S., Wien 1961	S 20,— (DM 3,50, sfr. 3,50)
Band C, Speläologisches Fachwörterbuch, 112 S., Wien 1965	vergriffen

3. WISSENSCHAFTLICHE BEIHEFTE ZU „DIE HÖHLE“

Heft 1: G. Kyrle, Die Höhlen der Insel Capri, 48 S., Wien 1953.	S 10,— (DM 2,30, sfr. 2,30)
Heft 2: H. Trimmel, Internationale Bibliographie für Speläologie, Jahr 1950, 62 S., Wien 1955	S 25,— (DM 5,—, sfr. 5,—)
Heft 3: do., Jahr 1951, 72 S., Wien 1956.	S 25,— (DM 5,—, sfr. 5,—)
Heft 4: do., Jahr 1952, 72 S., Wien 1958	S 30,— (DM 6,—, sfr. 6,—)
Heft 5: do., Jahr 1953, 80 S., Wien 1958	S 30,— (DM 6,—, sfr. 6,—)
Heft 6: do., Jahr 1954, 96 S., Wien 1960	S 30,— (DM 6,—, sfr. 6,—)
Heft 7: do., Jahr 1955, 92 S., Wien 1962	S 30,— (DM 6,—, sfr. 6,—)
Heft 8: do., Jahr 1956, 126 S., Wien 1963	S 50,— (DM 8,50, sfr. 8,50)
Heft 9: do., Jahr 1957, 112 S., Wien 1963	S 50,— (DM 8,50, sfr. 8,50)
Heft 10: do., Jahr 1958, 128 S., Wien 1964	S 50,— (DM 8,50, sfr. 8,50)
Heft 11: M. H. Fink, Tektonik und Höhlenbildung in den niederösterreichischen Voralpen, Wien 1967	S 60,— (DM 10,—, sfr. 10,50)
Heft 12: H. Fielhauer, Sagengebundene Höhlennamen in Österreich, Wien 1968	S 60,— (DM 10,—, sfr. 10,50)
Heft 13: R. Saar - R. Pirker, Geschichte der Höhlenforschung in Österreich, 120 S., Wien 1979	S 130,— (DM 20,—, sfr. 18,—)

VERBAND ÖSTERREICHISCHER HÖHLENFORSCHER

- Heft 15: H. Trimmel, Internationale Bibliographie für Speläologie, Jahr 1959, 148 S., Wien 1967 S 50,— (DM 8,50, sfr. 8,50)
- Heft 16: do., Jahr 1960, 132 S., Wien 1970 S 80,— (DM 12,50, sfr. 14,—)
- Heft 17 bis 20
in Vorbereitung
- Heft 24: H. Strouhal † und J. Vornatscher, Katalog der rezenten Höhlentiere Österreichs, 142 S., Wien 1975 S 120,— (DM 18,—, sfr. 22,—)
- Heft 26: Die Höhle beim Spannagelhaus und ihre Umgebung (Tuxer Alpen, Tirol), Wien S 180,— (DM 26,—, sfr. 24,—)
- Heft 27: G. Bardolf, M. H. Fink, G. Stummer und Hubert Trimmel, Die Karstverbreitungs- und Karstgefährdungskarten Österreichs im Maßstab 1 : 50.000, Wien 1978 S 100,— (DM 15,—, sfr. 15,—)
- Heft 28: M. H. Fink, H. und W. Hartmann (Redaktion), Die Höhlen Niederösterreichs, Band 1, 320 S. + 16 S. Bildteil, Wien 1979 S 290,— (DM 42,—, sfr. 38,—)
- Heft 29: H. und W. Hartmann (Redaktion), Die Höhlen Niederösterreichs, Band II, 368 S. + 24 S. Bildteil, 2 Faltpläne, Wien 1982 S 350,— (DM 50,—, sfr. 44,—)
- Heft 30: H. und W. Hartmann (Redaktion), Die Höhlen Niederösterreichs, Band 3, 432 S. + 32 S. Bildteil, 3 Faltpläne, Wien 1985 S 390,— (DM 56,—, sfr. 50,—)
- Heft 31: K. Mais, H. Mrkos und R. Seemann (Redaktion), Akten des Internationalen Symposiums zur Geschichte der Höhlenforschung Wien 1979. — Wien 1983 S 100,— (DM 15,—, sfr. 12,—)
- Heft 32: G. Stummer, Atlas der Dachstein-Mammuthöhle, 100 S., Wien 1980 S 130,— (DM 20,—, sfr. 18,—)
- Heft 34: K. Mais und R. Schaudy (Redaktion), Höhlen in Baden und Umgebung, 135 S., Seibersdorf 1985 S 130,— (DM 20,—, sfr. 18,—)
- Heft 35: Th. Pfarr und G. Stummer, Die längsten und tiefsten Höhlen Österreichs, ca. 248 Seiten, zahlreiche Pläne, Wien 1988 S 280,— (DM 42,—, sfr. 38,—)
- Heft 36: G. Stummer und H. Trimmel, Höhlenführerskriptum. 186 Seiten, zahlreiche Abbildungen, Wien 1990 S 180,— (DM 26,—, sfr. 24,—)
- Heft 37: H. und W. Hartmann (Red.), Die Höhlen Niederösterreichs, Band 4, 624 Seiten, 32 Bildtafeln, Planbeilagen, Wien 1990 S 450,— (DM 65,—, sfr. 56,—)
- Heft 38: H. Holzmann (Red.), Höhlengedichte, 123 Seiten, Federzeichnungen, Wien 1990. S 130,— (DM 19,—, sfr. 17,—)
- Heft 39: R. Pavuza (Red.), Akten des Symposiums über Ökologie und Schutz alpiner Karstlandschaften Bad Mitterndorf 1988, Wien 1991 S 180,— (DM 26,—, sfr. 24,—)

Die Hefte 14, 21, 22, 23, 25 und 33 sind vergriffen.

Bestellungen sind zu richten an den Verband österreichischer Höhlenforscher, A-1020 Wien, Obere Donaustraße 97/1/61, Österreich, aus der Bundesrepublik Deutschland an die Fr. Mangold'sche Buchhandlung, D-7902 Blaubeuren, Karlstraße 6.

