

Das Hamberger Hohlloch

Untersuchungen zu Gestalt, Formenschatz und Genese einer fränkischen Karsthöhle*

von

MAXIMILIANE WARRLICH und KARL ALBERT HABBE

mit 9 Abbildungen und 3 Beilagen

1 Einleitung

Obwohl die Höhlen zu den am frühesten untersuchten Karsterscheinungen überhaupt gehören und daher etwa in der angelsächsischen Literatur (SWEETING 1972, JENNINGS 1985) selbstverständlich als Glieder des Karstformenschatzes behandelt werden, finden sie in der klassischen deutschen Karstmorphologie – weil Formen des “Endokarstes” (BÖGLI 1978) und daher ohne Auswirkungen auf das Oberflächenrelief - keine (LOUIS/FISCHER 1979) oder nur am Rande Erwähnung (PFEFFER 1978). Tatsächlich haben sich Karstforschung und Höhlenforschung (“Speläologie”) in Deutschland nebeneinander entwickelt. Dabei spielte eine Rolle, daß Höhlen in der Regel schwer zugänglich sind und daher mit dem Handwerkszeug des klassischen Morphologen nicht erschlossen werden können. Auf der anderen Seite hat die Höhlenforschung in Deutschland die Fragestellungen und Erkenntnisse der Karstforschung oft nur randlich mitberücksichtigt, die Höhlen also eher als topographisches Phänomen behandelt.

Hier setzt die vorliegende Arbeit an. In einer Art “Spurensicherung” wurde versucht, am konkreten Beispiel des Hamberger Hohllochs sowohl einen Beitrag zur Höhlenkunde wie zur Genese der Höhle und damit zum Verständnis des Karstsystems der Fränkischen Alb zu leisten. Das erstere geschah durch eine Vermessung, das zweite im wesentlichen aufgrund von Untersuchungen zu Gestalt und Sedimenten der Höhle und zum Oberflächenrelief der Höhlenumgebung. Einige Ergebnisse der zusätzlich durchgeführten Wasseruntersuchungen sind über den Bereich der Wissenschaft hinaus von Interesse, weil sie das Problem der Wasserver- und entsorgung im Karstgebiet tangieren. Höhlenbefahrung und Höhlenvermessung wären nicht möglich gewesen ohne die tatkräftige Hilfe von Manfred Kanitz und Christian Pfaffenbach. Ihnen sei auch an dieser Stelle nochmals gedankt.

*) Überarbeitete Zusammenfassung einer Zulassungsarbeit zur 1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien mit gleichem Titel, die M. WARRLICH am Institut für Geographie der Universität Erlangen-Nürnberg erarbeitet und zur Frühjahrsprüfung 1991 vorgelegt hatte.



Abb. 1: Das Oberflächenrelief in der Umgebung des Hohlloches.

Ba = Bachhaupt, Br = Breitenbrunn, Bu = Buch, Eu = Eutenhofen, Fr = Froschau,
 Ha = Hamberg, He = Herrried, Ho = Hohlloch, Ke = Kennathen, Mü = Mühlbach,
 Pr = Predlfing, Th = Thonlohe, Wi = Willenhofen.

2 Der topographische Rahmen

Das Hohlloch liegt auf der Südlichen Frankenalb etwa 7 km südsüdwestlich von Parsberg bei der Ortschaft Hamberg (Gem. Breitenbrunn, TK 25 Blatt 6836 Parsberg, R 4477 625, H 5441 140). Der Höhleneingang findet sich in 515 m NN am orographisch linken Rand eines Trockentals niveaugleich mit dessen Füllung in dolomitisierten Massenkalken des Kimmeridge (Malm delta; M. MÜLLER 1961, SCHMIDT-KALER 1979). Das Hamberger Trockental gehört zu einem Talsystem, das sich weit nach Süden erstreckt und bei der Ortschaft Predlfing in 480 m NN - 100 m über dem nur 1 km entfernten Tal der Breitenbrunner (Wissinger) Laaber - in einem Dolinenfeld endet (Abb. 1). Von den Trockentälern, die zur Breitenbrunner Laaber, zur Schwarzen Laaber und zur Altmühl hinunterführen, ist es durch oberirdische Wasserscheiden getrennt. Das im Hohlloch versinkende Wasser folgt daher auch nicht dem Verlauf des Hamberger Trockentals (und auch nicht dem Schichtfallen), sondern tritt - wie radiohydrometrische Untersuchungen (APEL & WROBEL 1975) ergaben - in den Quellen der Froschau östlich Breitenbrunn bei 405 m NN wieder zutage.

3 Die Gestalt des Hohllochs

3.1 Vorarbeiten

Die bisher einzige veröffentlichte Darstellung des Hamberger Hohllochs findet sich in F. HERRMANN'S "Jurahöhlen der Oberpfalz" (1976). Sie zeigt den obersten Abschnitt der Höhle in einer (sehr ungenauen) Aufrißskizze und beschränkt sich auf nur wenige und recht allgemeine Angaben zur Höhle selbst, im übrigen wird kurz auf die Nutzung der Höhle als Abwassersammler und zur Tierkadaverbeseitigung verwiesen. Wesentlich mehr Informationen enthält der im Höhlenkataster der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg niedergelegte (unveröffentlichte) Höhlenplan, den F. LEJA und Mitglieder des Speläo-Clubs Sulzbach 1962 erstellt haben. Er umfaßt etwa ein Drittel der inzwischen bekanntgewordenen Höhlenteile. Weitere Vermessungen haben während der letzten fünf Jahre Manfred Kanitz und Ulrich Mayer begonnen. Ihre Ergebnisse und der LEJA-Plan bildeten die Grundlage der eigenen Vermessungen, an denen wiederum Manfred Kanitz und Christian Pfaffenbach beteiligt waren.

3.2 Aufnahmemethoden

Die Aufnahme der Höhle erfolgte mit den in der Höhlenkunde üblichen Methoden, d.h. durch Einmessung markierter und mit Dübeln und Haken versehener Meßpunkte mit Hilfe von Meßleine, Bandmaß und Zollstock, Kompaß und Neigungsmesser vom Höhleneingang her. Die Felddaten wurden auf Millimeterpapier

übertragen, wobei jeder Meßpunkt mit seinen - aufgrund der Meßdaten berechneten- Rechts-, Hoch- und Höhenwerten in ein vom Ausgangspunkt ausgehendes Koordinatennetz eingetragen wurde. Damit konnten die direkt gemessenen Werte auf Konsistenz überprüft werden. Dies hatte sich als nötig erwiesen, weil sich beim Vergleich der eigenen Messungen mit dem LEJA-Plan herausstellte, daß dieser zwar die physiognomisch faßbaren Details sehr zutreffend darstellt, jedoch hinsichtlich der absoluten Daten Meßfehler aufweist, die zu teilweise falschen Vorstellungen über die Lagebeziehungen der einzelnen Höhlenteile führen. Nach Erstellung des Rohplans wurden in einem zweiten Schritt die Umrißlinien der Hohlräume festgelegt und die physiognomischen Merkmale (Verbruch, Korrosionsformen, Sinter, Lehmvorkommen, Feuchtigkeit) aufgenommen. Hierzu waren - wie für die Vermessung auch - mehrere Befahrungen nötig.

3.3 Aufnahmeergebnisse

Die Ergebnisse der Aufnahmen wurden in zwei Karten und einem Aufriß niedergelegt. Karte I (Beilage 1) im Maßstab 1:100 gibt den detaillierten Höhlenplan, außerdem die Entnahmestellen von Höhlenlehmen, Karte II (Beilage 2) im Maßstab 1:200 die Wasserverhältnisse mit den Entnahmestellen der Wasserproben, der Aufriß (Beilage 3) im Maßstab 1:200 die Vertikalerstreckung der Höhle wieder.

Bei den Plänen wurde das Problem, daß die einzelnen Höhlenstockwerke teilweise übereinanderliegen, sich im Grundriß also überdecken, durch verschiedene Begrenzungs-signaturen zu lösen versucht. Das schwerwiegendere Problem der Aufrißdarstellung, daß die einzelnen Höhlenabschnitte nicht in einer (senkrechten) Ebene liegen, wurde so gelöst, daß jedes Höhlenteil mit gleichsinniger Ausrichtung auf eine entsprechende (längs der Meßzüge verlaufende) Schnittebene projiziert dargestellt wurde. Dadurch konnten auch die sonst unvermeidlichen Überschneidungen umgangen werden. Durch diese Art der Darstellung ist der Aufriß freilich nicht leicht lesbar. Grund- und Aufrißdarstellung, die sich gegenseitig ergänzen und erst zusammen ein zutreffendes Bild der dreidimensionalen Erstreckung der Höhle vermitteln, sollten daher stets zusammen betrachtet werden.

Hauptergebnisse der Höhlenaufnahme sind:

- Die Höhle erstreckt sich vom Höhleneingang abwärts und läßt sich gliedern in die leicht abfallende, etwa 60 m lange Eingangshöhle (bis zum "1. Dom"), das Höhlenhauptideau etwa 20 m unter dem Eingang mit rund 120 m Ganglänge, und die vom Hauptideau ausgehenden, bis auf fast 60 m unter Eingangsniveau hinabreichenden Höhlenschächte.

Das Hamberger Hohlloch

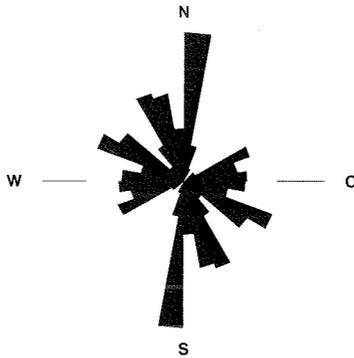


Abb. 2: Kluftrose für das Hohlloch

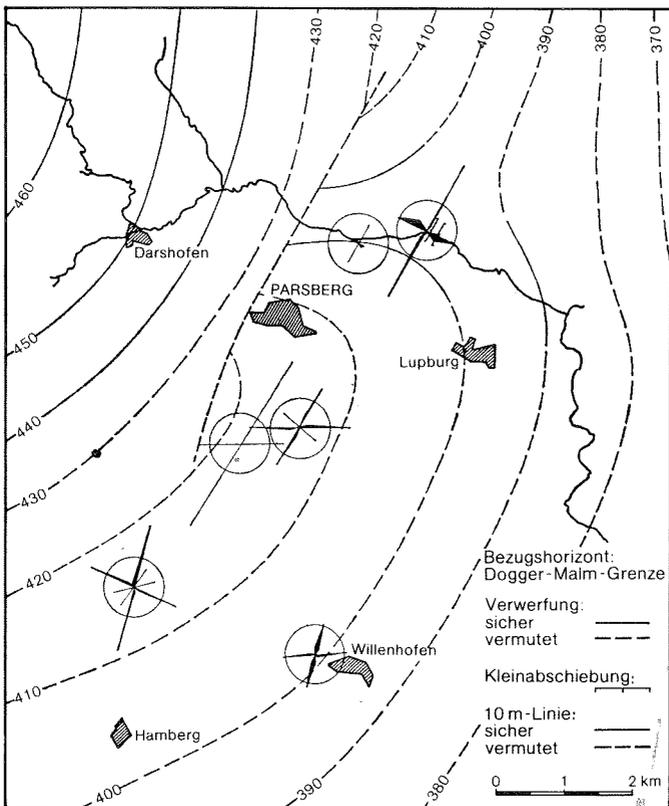


Abb. 3: Kluftrosen für die Umgebung von Parsberg (aus MÜLLER 1961: 38)

- Die horizontalen Abschnitte der Höhle sind aufgrund ihrer Querschnitte und ihres auffallend gestreckten Verlaufs als Klufthöhlen anzusprechen. Eine entsprechende Kluftröse (Abb. 2) zeigt ein Klufthmaximum in Nord-Süd-, und zwei sekundäre Maxima in Nordnordwest-Südsüdost- und Westnordwest-Ostsüdost-Richtung. Das entspricht nicht ganz den Kluftrichtungen, die M. MÜLLER (1961; Abb. 3) für das Gebiet nördlich Hambergs festgestellt hat, ließe sich aber dahingehend interpretieren, daß die Parsberger Störung, die das Klufthnetz um Parsberg bestimmt, im Gebiet von Hamberg - was sich auch bei MÜLLER andeutet - aus der Nordost-Südwest-Richtung über Nordnordost-Südsüdwest in die reine Nord-Süd-Richtung umschwenkt.
- Die Verfüllung der Höhle mit Sedimenten ist – insgesamt gesehen – gering. Sinter- und Tropfsteinbildungen kommen zwar verbreitet vor, erreichen jedoch nirgends auffällige Dimensionen. – Verbruch ist überall, vor allem in den höheren Höhlenteilen anzutreffen, hat jedoch die Höhlenquerschnitte nur an wenigen Stellen wesentlich eingeengt. Das bedeutet, daß die Höhlenerweiterungen, für die Inkasion als formenbildendes Agens vorausgesetzt werden muß, älter sein müssen als die geringmächtigen Schuttansammlungen auf der Höhlensohle: als sie entstanden, muß die Höhle durchströmendes Wasser noch in der Lage gewesen sein, die angefallenen Schuttmengen zu lösen und wegzuführen. – Feinsedimente (“Höhlenlehme”) finden sich verbreitet vor allem im Bereich des Hauptniveaus, verstopfen hier teilweise auch die Durchgänge. Sie fehlen auffälligerweise weitgehend am Grunde der großen Schächte. – Die Verfüllung mit Höhlenlehmen muß während früherer Entwicklungsstadien ein noch wesentlich höheres Ausmaß erreicht haben. Darauf weisen die Reste von Schuttbrekzien hin, die sich - vor allem in den tieferen Teilen der Höhle - teils als Wandvorsprünge, teils unter dem Höhlendach finden und nur über einer Unterlage aus Höhlenlehmen entstanden sein können, die später wieder ausgeräumt wurde. Besonders auffällig sind in dieser Hinsicht die “Brekzienplatten”, die in etwa 40 m Tiefe hoch über den Schachtgründen aus der Wand der Höhlen-schächte vorspringen. Das Vorkommen der Schuttbrekzien in verschiedenen Niveaus des Hohllochs beweist, daß zwischen Höhlenentstehung und heutigem Zustand mehrere Phasen der Höhlenverfüllung und Wiederausräumung liegen.
- Das Hohlloch ist verglichen mit den Oberflächenformen ein ausgesprochen filigranes morphologisches Phänomen. Das zeigt die Projektion des auf 1:1000 verkleinerten Höhlenplans in die auf 1:1000 vergrößerte Flurkarte (Abb. 4). Diese Dimensionsunterschiede sind bei der Diskussion von Höhlengenese, -verfüllung und -wiederausräumung zu berücksichtigen.

Das Hamberger Hohlloch

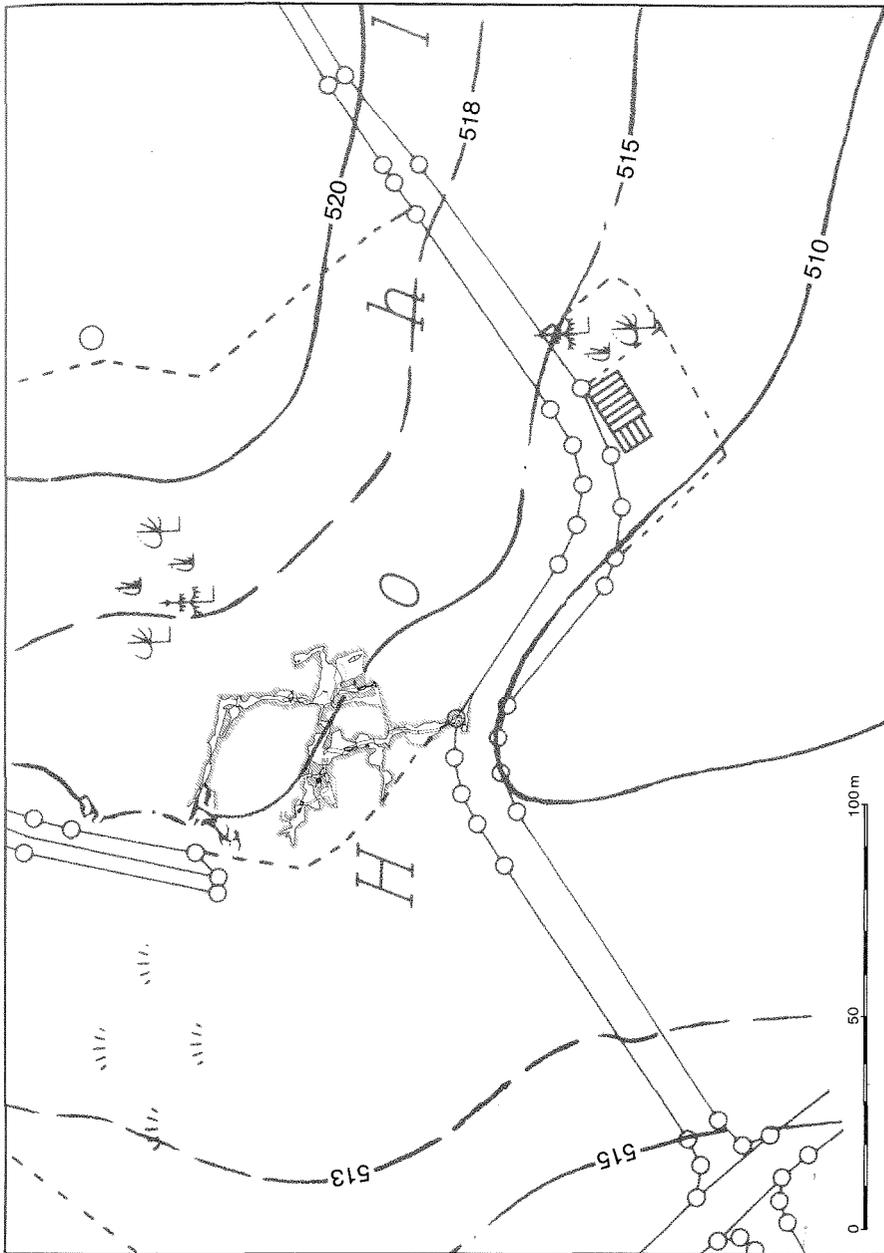


Abb. 4: Das Hohlloch und das Oberflächenrelief seiner unmittelbaren Umgebung

4 Höhlengese

4.1 Das Hamberger Hohlloch im Vergleich mit G. WAGNERS Höhlenmodell

Georg WAGNER (1960: 43; Abb. 5) hat in einer Blockbildfolge den "Werdegang der Albhöhlen" dargestellt. Die Darstellung trifft für die Höhlen der Schwäbischen Alb - und darüber hinaus für die meisten bekannten Höhlen der Welt - zweifellos zu: sie zeigt, daß Höhlen normalerweise als auf einen oberirdischen Vorfluter eingestellte unterirdische Abflüsse aus Karstgebieten entstehen und sich mit dem Tiefschneiden des Vorfluters von Wasserhöhlen zu Trockenhöhlen wandeln. Sie sind also an die Entwicklung des oberirdischen Gewässer - bzw. Talnetzes gebunden. Diesem Werdegang entspricht die Höhlengestalt: die Horizontalausdehnung überwiegt, der heutige Höhleneingang liegt nahe der ehemaligen Höhlenmündung, dementsprechend führt die Höhle im Berg - allmählich sich verengend - langsam aufwärts.

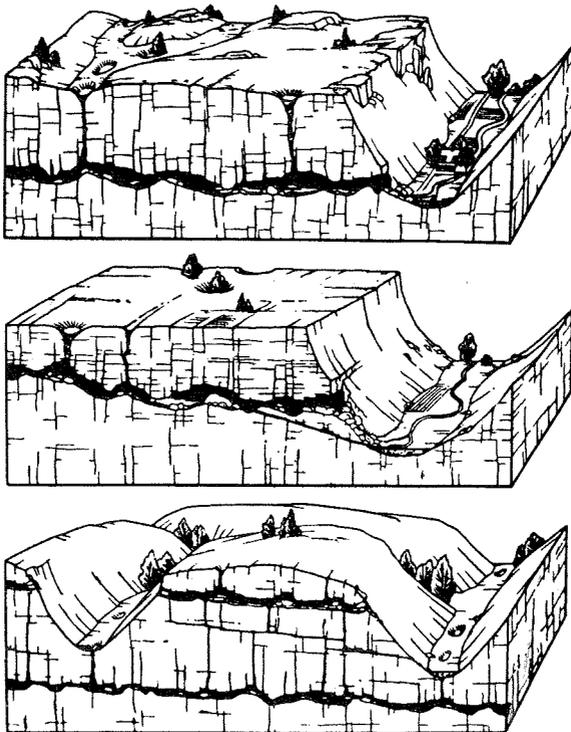


Abb. 5: Das WAGNERSche Modell der Höhlengese (aus WAGNER 1960: 43)

Das Hamberger Hohlloch entspricht dem WAGNERSchen Modell der Höhlengense ganz offensichtlich nicht: die Höhle führt vom Eingang abwärts, hat eine Vertikal-er Streckung, die ihrer Horizontaler Streckung nahezu gleichkommt, erweitert sich nach unten und zeigt nicht die zu erwartende Beziehung zum Oberflächenrelief. Das bedeutet, daß sie nicht - wie normal - von ihrer Mündung, sondern von oben her aufgeschlossen ist, damit aber auch, daß die Höhlenentwicklung nicht der des Oberflächenreliefs gefolgt ist, sondern älter ist als dieses, und daß sich das heutige Trockentalnetz erst später - trotz des bereits verkarsteten Untergrunds - durch subaerische fluviale Erosion gebildet haben muß.

4.2 Das Hamberger Hohlloch vor dem Hintergrund der geologisch-morphologischen Entwicklung der Frankenalb

Eine Höhlen- und Reliefgenese wie beim Hamberger Hohlloch findet sich nicht nur hier, sondern verbreitet auf der ganzen Fränkischen Alb. Sie beruht darauf, daß das Gebiet der Fränkischen Alb - anders als die Schwäbische Alb, anders auch als die Altmeister der Karst- und Höhlenforschung auf der Fränkischen Alb, A. NEISCHL (1904) und R.G. SPÖCKER (1952) vermuteten - bereits während der Unterkreide-Zeit einer intensiven und tiefreichenden Verkarstung unter feuchttropischen Klimaverhältnissen unterlag (CRAMER 1928, PFEFFER 1981, 1986, 1990), dann jedoch in der Oberkreide von mächtigen Sedimenten überdeckt wurde, die erst seit dem Alttertiär allmählich, rascher dann seit dem Jungtertiär wieder abgetragen wurden. Die Reliefformen des tropischen Unterkreidekarsts einschließlich der dazugehörigen Endokarstformen - also der für den Tropenkarst typischen mächtigen Hohlraumbildungen im Berg - lagen also während Zehner von Millionen Jahren unter jüngeren Sedimenten begraben und wurden erst seit dem Jungtertiär allmählich wieder exhumiert, zu einem guten Teil sogar erst während des Quartärs (HABBE 1989).

In diesem Zusammenhang ist auch die Entstehung des Hohllochs und des Oberflächenreliefs seiner Umgebung zu sehen: weil es einerseits vom Normaltyp der Karsthöhlen abweicht, andererseits diese abweichende Gestalt mit den meisten Höhlen der Frankenalb teilt, muß davon ausgegangen werden, daß es wie diese im wesentlichen bereits während der Verkarstungsperiode in der Unterkreide entstand. Ein positiver Beweis dafür anhand kreidezeitlicher Höhlensedimente, wie ihn W.B. MÜLLER (1980) mit Hilfe der Einlagerungen in die Karsthohlräume des Aufschlusses Jachenhausen (auf dem südlich benachbarten Blatt 6936 Hemau) führen konnte, ist freilich im Hohlloch nicht möglich, da die hier faßbaren Höhlenlehme offenbar wesentlich jünger sind (s.u.S. 71 ff.). Doch waren im Hohlloch "alte" Höhlenlehme auch nicht zu erwarten, da man sich hier in den obersten Abschnitten, in Jachenhausen dagegen an der Basis der Karsthohlräume befindet. Es scheint überdies, daß das Hohlloch erst in geologisch junger Zeit für die Einlagerung von außen zugeführter Sedimente zugänglich geworden ist, also wohl erst mit der Entstehung des Hamberger Trockentals, in dem der Höhleneingang liegt.

4.3 Höhlenniveaus und Entwicklungsstadien des Hohllochs

Obwohl also die Höhlensedimente nur über die jüngere Geschichte des Hohllochs etwas auszusagen vermögen, muß nicht ganz auf Aussagen über die ältere Höhlengeschichte verzichtet werden. Denn es fällt auf, daß die großen Hohlräume der Höhle einerseits im Hauptniveau 20-25 m unter Eingangsniveau liegen, andererseits im Bereich der Höhlenschächte, die bei 55-60 m unter Eingangsniveau abrupt enden. Hier bilden sich Phasen der Höhlenbildung ab, in denen der vados-phreatische Übergangsbereich (BÖGLI 1964) - also die Zone stärkster Hohlraumbildung im Berg - längere Zeit auf vergleichbarem Niveau lag, was wohl nur mit entsprechenden Stillstandsphasen bei der Eintiefung der oberirdischen Vorfluter erklärt werden kann. Dabei darf jedoch nicht (oder jedenfalls nicht in erster Linie) an die Eintiefung der Vorflut im älteren Quartär gedacht werden (TILLMANN'S 1977, 1980). Denn das im Hohlloch versinkende Oberflächenwasser tritt - wie APEL & WROBEL (1975) gezeigt haben - nicht an der nächstgelegenen Karstquelle - am Bachhaupt 2 km nord-östlich von Breitenbrunn - zutage, sondern erst in der Froschau (Abb. 1), während am Bachhaupt Wasser austritt, das weiter östlich bei Neukirchen (auf Blatt 6936 Hemau) in das Karstgefäß gelangt. Überdies fließt Karstwasser von dem nördlich von Hamberg (auf Blatt 6835 Wissing) gelegenen Daßwang zur Altmühl bei Gundlfing (auf Blatt 7036 Riedenburg), ohne daß die Karstquellen bei Bachhaupt oder in der Froschau darauf ansprechen. Die Karstwasserwege kreuzen sich also in diesem Gebiet, müssen demnach auf verschiedenen Niveaus liegen. Das heißt aber, daß sie unabhängig vom heutigen Vorflutersystem - also früher als dieses - entstanden sein müssen. Dies konnte nach Lage der Dinge nur in der Unterkreidezeit geschehen, die gesamte Hohlraumbildung im Bereich des Hohllochs - mit dem Höhlenhauptniveau und mit den großen Höhlenschächten - dürfte demnach im wesentlichen bereits damals abgeschlossen gewesen sein.

4.4 Phreatische Formen

Dem widerspricht nicht, daß sich im Hohlloch stellenweise Formen finden, die nicht - wie das Gros der Hohlräume - im phreatisch-vadosen Übergangsbereich entstanden sein können. Ein Kolk in der Decke des 2. Doms, die hydrisch geformte Decke des Kolkanges oder die Röhre mit elliptischem Querschnitt, die in der Nordwand des 10 m-Schachtes abgeht (alle genannten Formen an der westlichen Peripherie der Höhle unter dem Hamberger Trockental), können nur als Formen der Mischungskorrosion (BÖGLI 1964, 1978) unter phreatischen Bedingungen gedeutet werden. Das weist daraufhin, daß das in der Unterkreide entstandene Hohlraumsystem während und nach der Überdeckung des Unterkreide-Oberflächenreliefs durch die Oberkreide-Sedimente wieder geflutet worden sein muß und danach sehr lange Zeit - bis in die Spätphasen der Höhlengeschichte - unter phreatischen Bedingungen verblieb.

4.5 Die jüngere Geschichte des Hohllochs anhand der Sedimentfüllungen

4.5.1 Die Entwicklung des Oberflächenreliefs

Die Abräumung der Oberkreidesedimente erfolgte im jüngeren Tertiär im Zuge der Herausbildung des heutigen Tal- und Entwässerungsnetzes (TILLMANN 1977, 1980). Es schnitt sich dabei zunächst nur wenig, erst seit dem Älteren Quartär dann rascher ein. Zeugen dieser Entwicklung sind die heutigen Trockentäler. Hier sind (mindestens) zwei Talgenerationen zu unterscheiden: eine höhergelegene (ältere), zu der auch das Hamberger Trockental gehört, und die 100 m über den heutigen Flußläufen in die Luft ausstreicht (s.o.S. 63), und eine tiefergelegene (jüngere), die auf das heutige Entwässerungsnetz ausgerichtet ist. Das höhergelegene, ältere Talnetz endet in einem Niveau, das dem TILLMANNSSchen Hochschotter-Niveau (Abb. 6) entspricht. Seine Anlage muß also älter (kann jedenfalls nicht jünger) sein. TILLMANN setzt die Entstehung des Hochschotterniveaus ins Pliozän (neuer Definition: FAHLBUSCH 1981). Das schließt nicht aus, daß das ältere Trockentalnetz nicht auch noch später - d.h. vor allem während der Kaltzeiten des Pleistozäns, als die Karsthohlräume durch Permafrost plombiert waren - hätte weitergebildet werden können. Dafür sprechen seine teilweise recht engen Talquerschnitte (so z.B. im weiteren Verlauf des Hamberger Trockentals der des Herrrieder Grunds). Sicher erst im Pleistozän - und zwar im wesentlichen bereits im Älteren Pleistozän - ist dann die jüngere Trockentalgeneration entstanden.

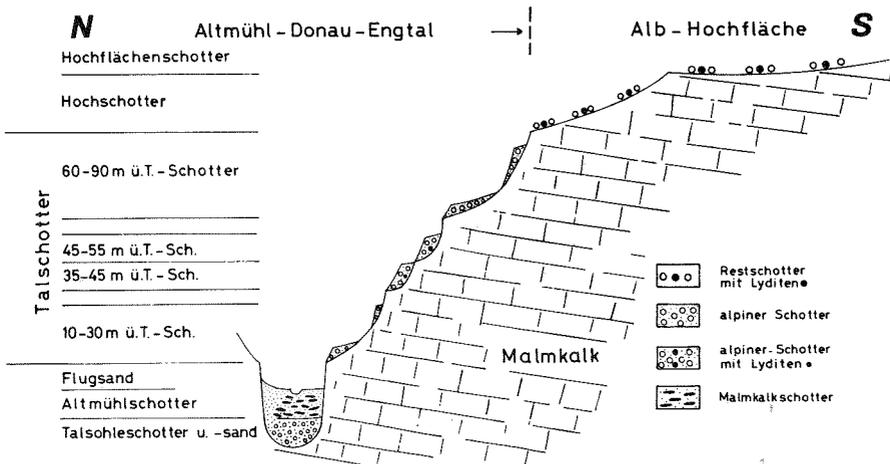


Abb. 6.: Querprofil (schematisch) durch das Altmühl - Donau - Tal (aus TILLMANN 1980).

4.5.2 *Trockentalgenese und Höhlenfüllung*

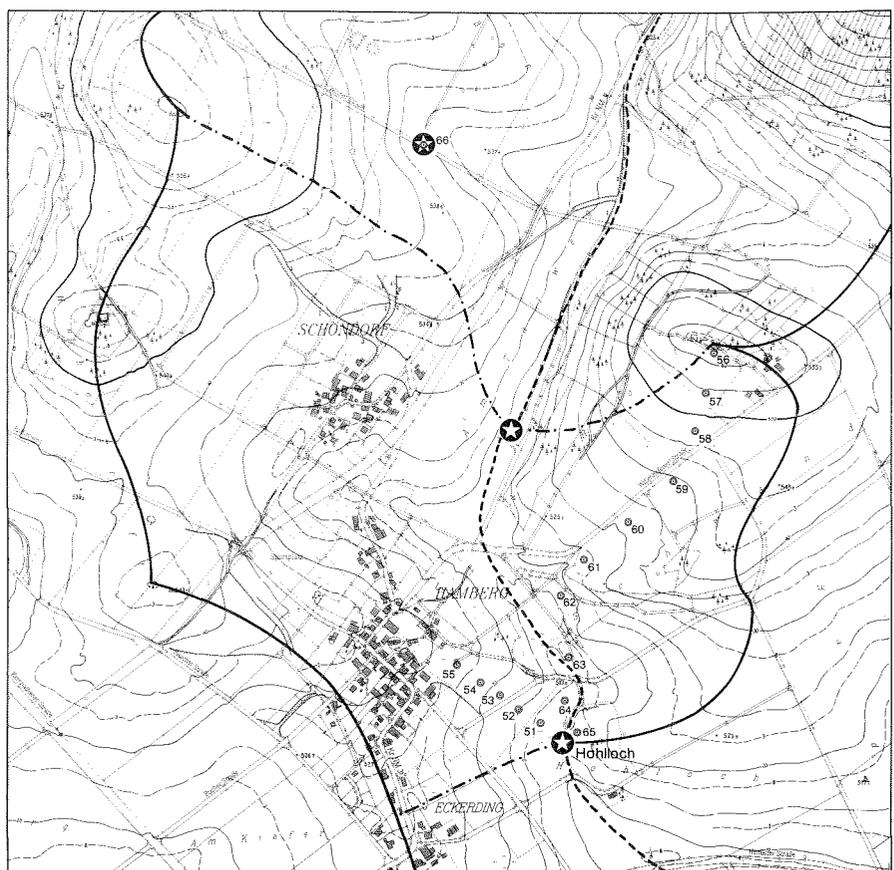
Mit der Entstehung der älteren Trockentalgeneration war zum ersten Mal die Möglichkeit gegeben, daß das Hohlloch von oben her geöffnet werden und damit eine Verfüllung des seit der Oberkreide-Überdeckung unverändert wassererfüllten Hohlraumsystems durch eingeschwemmte Feinsedimente einsetzen - und offenbar auch rasch vollendet werden - konnte. Die Entstehung des jüngeren Trockentalnetzes muß dann aber zu völlig veränderten Verhältnissen auch im Hohlloch geführt haben. Denn durch die Öffnung neuer Tagesausgänge wurde nun nicht nur der Karstwasserspiegel tiefergelegt, sondern offenbar auch die Feinsedimentfüllung. Damit konnte erstmals atmosphärische Luft in das Hohlraumsystem eindringen und trockener Schutt nicht nur gebildet, sondern auch abgelagert und schließlich zu Brekzien verfestigt werden. Die Brekzienvorkommen im Hohlloch zeichnen diesen Vorgang der Tieferlegung der Feinsedimentfüllung im Gleichtakt mit der Tieferlegung des oberirdischen Talnetzes nach. Besonders auffällig sind unter diesem Aspekt die Brekzienplatten 40 m unter Höhleneingang. Der Höhenlage nach könnten sie TILLMANNS' (1977, 1980) Altmühl-Donau-Schotter-Niveau bis 55 m über Talniveau entsprechen, das TILLMANNS ins Älteste Pleistozän stellt und mit dem die quartäre Taleintiefung beginnt. Dieser Taleintiefung und der entsprechenden Tieferlegung des Karstwasserspiegels wäre dann die Ausräumung der Feinsedimentfüllung zuzuschreiben, auf der sich die Brekzienplatten in den Höhlenschächten gebildet hatten.

4.5.3 *Die Entstehung der jüngeren Höhlenlehme*

Die skizzierte (hypothetische) Geschichte der älteren Höhlensedimente erklärt das Fehlen älterer Höhlenlehme, nicht aber das Vorhandensein der jüngeren Höhlenfeinsedimente. Daß die vorhandenen Höhlenlehme jüngeren Alters sein dürften, ist einerseits aus ihrer Lage zu schließen - sie treten vor allem im Bereich des Hauptniveaus auf, auffälligerweise dagegen nicht in den meisten Schachtgründen-, andererseits daraus, daß sie nach Korngröße und Kalkgehalt mit der "Lehmigen Albüberdeckung" des Oberflächenreliefs im wesentlichen übereinstimmen. Das ergab sich durch die Auswertung von 16 im engeren Einzugsbereich des Hohllochs (Abb. 7) in je 50-80 cm Bodentiefe entnommenen Bodenproben und 20 Proben von Höhlenlehmen aus dem Hohlloch (Karte I, Beilage 1). Alle Proben - mit Ausnahme zweier Oberflächenproben (60 und 61) mit Tonvormacht - zeigen ein Maximum der Korngrößenverteilung im Schluffbereich (Abb. 8).

Die Proben aus der Lehmigen Albüberdeckung weisen generell ein breiteres Korngrößenspektrum auf, d.h. einen höheren Anteil an Ton sowohl wie an Sanden sowie etwas Feinkies, doch läßt sich das aus der unterschiedlichen Art der Umlagerung - Solifluktion bei der Lehmigen Albüberdeckung, Verschwemmung bei den Höhlenlehmen - leicht erklären. Im übrigen weisen die Einzelproben beider Probenreihen größere Unterschiede untereinander auf als die beiden Probenreihen insgesamt. Manche Proben aus den Höhlensedimenten weisen im Histogramm die

Das Hamberger Hohlloch



- Oberflächenwasserscheide
- Talsole des Trockentales
- Grenzlinie des oberflächlichen Einzugsbereiches des Hohlloches
- ★ Doline
- ⊙ Entnahmestelle der Bodenproben

0 100 200 300 400 500 m

Kartengrundlage: Flurkarte 1:5000 NO XLVII.4

Abb. 7: Die Umgebung des Hohlloches mit den Entnahmestellen der Proben aus der Lehmigen Albüberdeckung

charakteristische Linkstreuung im Schluffbereich auf, wie sie für Lösses typisch ist (RÖSNER 1982, 1990). Vergleichbare Histogramme lieferten die Proben aus der Albüberdeckung nicht, obwohl Lößbeimengungen in der Albüberdeckung an anderer Stelle durchaus nachweisbar sind (W.B. MÜLLER 1980). Das ließe sich dahingehend interpretieren, daß die Albüberdeckung durch kaltzeitliche Solifluktionvorgänge stärker durchmischt ist als die Höhlenlehme, die danach also besser stratifiziert wären. Die Höhlenlehme des Hohlloches sind freilich nur ausnahmsweise so mächtig, daß sie ins Einzelne gehende stratigraphische Untersuchungen lohnend erscheinen ließen. Stichproben aus dem Lehmpaket von der Galerie über dem 1. Dom (Abb. 9), von denen die erste (Nr. 3) von dessen Oberfläche, die beiden anderen (19 und 20) aus einer 50 cm darunterliegenden dunkleren Strate entnommen wurden, zeigen

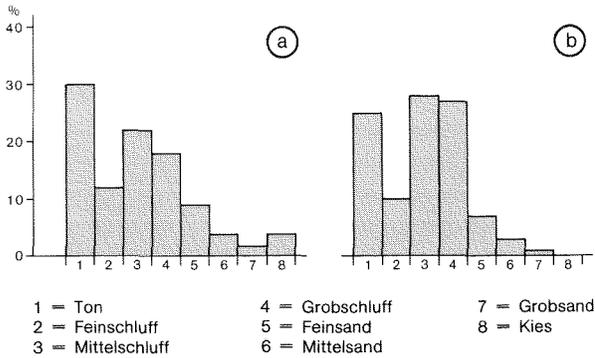


Abb. 8: Sammelhistogramme von 16 Proben aus der Lehmgigen Albüberdeckung (a) und 20 Proben von Höhlenlehmen aus dem Hohlloch (b)

jedoch den typischen Unterschied von reinem Löß (Nr. 3) und - charakterisiert durch den höheren Tongehalt - Lößlehm (19 und 20). Das ließe sich so deuten, daß hier - in entsprechend inverser Lagerung - das korrelierte Sediment eines Lößpaketes mit Verwitterungsboden vorliegt. Da intakte Lößablagerungen der letzten Kaltzeit an der Alboberfläche im Bereich des Hohllochs nicht (mehr) vorkommen, kann es sich bei den Höhlenlehmen über dem 1. Dom (in immerhin 18 m Tiefe) kaum um ein Umlagerungsprodukt des Holozäns handeln, sondern wohl nur um rißzeitlichen Löß und dessen letztinterglazialen Verwitterungsboden. Dann aber müßte der Umlagerungsvorgang bereits in (wahrscheinlich sogar schon zu Beginn) der letzten Kaltzeit vor sich gegangen sein.

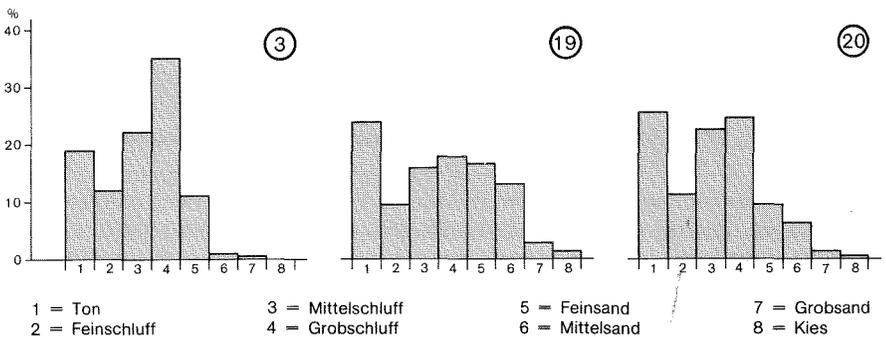


Abb. 9: Histogramme von drei Proben von Höhlenlehmen aus dem Hohlloch, vermutlich umgelagerter Löß (Nr. 3) bzw. Lößlehm (Nr. 19 und 20).

Das führt zu der Frage, wann überhaupt (und wie) die Einlagerung der jüngeren Höhlenlehme stattgefunden hat und weshalb sie überwiegend im Höhlenhauptniveau auftreten, nicht aber am Grunde der Höhlenschächte, wo sie sich eigentlich am ehesten hätten fangen müssen. Möglicherweise hängt das mit der Plombierung des Karstwasserwegenetzes während der pleistozänen Kaltzeiten durch Permafrost zusammen. Daß es die gegeben hat, darüber besteht Konsens: denn sonst hätte es die vielfach nachweisbare Überformung der Trockentäler durch solifluidale Vorgänge und phasenweise wohl auch durch fließendes Wasser nicht gegeben. Wie diese Plombierung aber in den Karsthohlräumen selbst wirkte, darüber gibt es bisher keine Belege. Nach den Befunden im Hohlloch könnte es so gewesen sein, daß der in den Untergrund eindringende Permafrost zunächst die oberflächennahen Teile der Karsthohlräume - vor allem auch deren enge Ausgänge - dauernd gefrieren, dadurch den Karstwasserspiegel im noch nicht dauernd gefrorenen Berginnern ansteigen ließ und damit Einschwemmungen durch den zunächst noch offenen Höhleneingang im oberen Teil des Karstgefäßes nur noch bis zum Karstwasserspiegel gelangen ließ. Dort verengten sie die Hohlraumquerschnitte und führten schließlich bei weiterem Vordringen des Permafrostes zum vollkommenen Verschluß der Hohlräume. Die jüngeren Höhlenfeinsedimente wären danach frühhochkaltzeitliche Ablagerungen, die wie ein Pfropf das Karstgefäß verschlossen hätten, ohne daß dieses ganz mit Sedimenten aufgefüllt werden mußte. Nach dem Verschwinden des Permafrostes im Spät- und Postglazial mußten daher auch keine großen Sedimentmengen beseitigt werden, um das Hohlraumssystem wieder wasserwegsam zu machen (was wegen der relativ geringen zur Verfügung stehenden Wassermengen auch kaum möglich gewesen wäre). Das vorhandene Wasser war jedoch imstande, kleinere Mengen von Höhlenfeinsedimenten in die nun wieder offenen tieferen Hohlräume hinunterzuspülen und so die Durchgänge in den lehmverfüllten Partien des Hauptniveaus ("Lehmtrichter") zu schaffen.

5 Die Wasserverhältnisse des Hamberger Hohllochs

5.1 Die karsthydrologische Situation

Das Gebiet um Hamberg liegt im nördlichen Teil des Tiefen Karstes der Frankenalb und zwar in der unmittelbar an den Seichten Karst angrenzenden "Äußeren Zone des Tiefen Karstes" (APEL 1971: 293). Der Karstwasserkörper ist in diesem Bereich zwar schon zusammenhängend ausgebildet, weist aber, da seine Sohlschicht noch nicht sehr tief unter dem Vorfluter liegt, nur eine geringe Vertikal- ausdehnung auf. Dies hat zur Folge, daß oberflächlich eindringendes Wasser vergleichsweise schnell in den Karstwasserspeicher gelangt, aber auch nach relativ kurzer Zeit schon wieder in Quellen ausgeschüttet werden kann.

Ein Markierungsversuch bei Niedrigwasserverhältnissen im Frühjahr 1971 (APEL & WROBEL 1975) bestätigte dies. Nach drei Tagen kam in der Quelle in der

Froschau (500 m östlich des Ortszentrums von Breitenbrunn) das in das Hohlloch eingegebene, mit radioaktivem Chrom 51 versetzte Wasser wieder zum Vorschein. Innerhalb weniger Tage wurden 34 % des eingegebenen Indikators nachgewiesen. Die Austrittsstelle bei Breitenbrunn entspricht einem unterirdischen Wasserweg, der ziemlich genau dem Karstwasserspiegelgefälle folgt (APEL 1971).

Ins Hohlloch einfließendes Wasser durchläuft dieses jedoch üblicherweise nicht dem Gangverlauf folgend, sondern versickert nach etwa 15 m Ganglänge zwischen Verbruchblöcken. Dies ist zunächst nur ein weiterer Hinweis darauf, daß die heute zugänglichen Teile der Höhle nicht durch die rezenten karsthydrologischen Verhältnisse erklärt werden können. Es zeigt aber außerdem, daß es im Berg enge Hohlräume gibt, die das Oberflächenwasser auch bei Niedrigwasserverhältnissen rasch - also ohne daß erst die großen Hohlräume aufgefüllt werden müßten - zum Vorfluter führen. Die Karte bei APEL & WROBEL (1975: 215) zeigt außerdem, daß sich dabei Karstwasserwege kreuzen können, ohne daß sich die Wässer vermischen. Daß bei den Markierungsversuchen von APEL & WROBEL in der Froschau auch Wässer austraten, die aus einer Eingabestelle bei Neukirchen stammten, während zugleich markierte Wässer von Daßwang quer durch das Einzugsgebiet der Breitenbrunner Quellen bis zur Altmühl bei Gundlfing gelangen konnten, ohne daß diese darauf ansprachen, beweist schließlich, daß es in diesem Gebiet eine Hohlraumvernetzung gibt, die die an unterschiedlichen Stellen versitzenden Oberflächenwässer zwar normalerweise getrennt hält, sie u.U. aber auch zusammenführen kann, ohne daß der Karstwasserspiegel erreicht wäre. Die insgesamt geringe Tracer-Rückgewinnung zeigt, daß ein Teil des markierten Wassers zu Zeiten niedrigen Karstwasserstandes im Hohlraumssystem - vor allem wohl in siphonartigen Ausbuchtungen - zurückbleibt und erst bei ansteigendem Karstwasserspiegel weitergeführt wird (APEL & WROBEL 1975: 214). Das heißt aber, daß im Einzugsgebiet der Breitenbrunner Quellen karsthydrologische Verhältnisse herrschen, die in vieler Hinsicht denen ähneln, die normalerweise nur im Seichten Karst auftreten.

5.2 Das Problem des Schadstoffeintrags

Bedeutsam sind diese Verhältnisse deswegen, weil ein Tracer-Versuch nur simuliert, was mit verunreinigten Wässern geschieht, die in den Karstwasserkörper eingeleitet werden. Es ist zu befürchten, daß sich Ausbreitungsfächer verschiedener Zuflüsse verschmutzten Wassers überlagern und - gerade weil das Wasser zum Teil sehr lange im Karstwasserkörper verbleibt - sich Schadstoffkonzentrationen ergeben, die eine Nutzung des austretenden Wassers für Trinkzwecke unmöglich machen. Im Falle des Hamberger Hohllochs und der Quellen in der Froschau ist diese problematische Situation schon deswegen gegeben, weil Hamberg weder über Kanalisation noch gar über eine Kläranlage verfügt, seine Abwässer also ungeklärt versickern. Daß mit dem Einfluß von Niederschlagswasser von der Oberfläche her auch Abwässer in das Hohlloch einfließen, konnte immer wieder beobachtet werden

und wird zudem durch den Brennesselbewuchs belegt, der den in der Talsohle verlaufenden Graben säumt. Da der größte Teil der das Hohlloch umgebenden Flur als Grünland genutzt wird, wird mehrfach im Jahr Odel ausgefahren. Dann fließt in kurzer Zeit hochkonzentriertes "Abwasser" in den Höhleneingang ein. An dieser Stelle erhebt sich die Frage, wie sich diese oberirdische Wasserverunreinigung unterirdisch fortsetzt.

5.3 Untersuchungen der Höhlenwässer des Hamberger Hohllochs

Hierzu ist zunächst nochmals festzuhalten (s.o.S. 76 vgl. auch Karte II, Beilage 2), daß in den Höhleneingang eintretendes Oberflächenwasser normalerweise nur bis zu einem flachen Tümpel etwa 15 m vom Eingang gelangt, wo es zwischen Verbruchblöcken versickert. Die anschließenden Höhlengänge werden allenfalls episodisch überflossen oder liegen ganzjährig trocken. Trotzdem gibt es auch in tieferen Abschnitten der Höhle mehr oder weniger feuchte Stellen, an manchen Punkten auch ständig stehendes Wasser.

Hier wurden bei je einer Befahrung im Herbst 1989 und im Frühjahr 1990 Wasserproben entnommen. Diese wurden im geologischen Labor auf ihren Nitratgehalt hin untersucht, außerdem wurden Gesamtcarbonat-, Kalzium- und Magnesiumgehalt bestimmt. Das bei allen Proben die "Gütelinie" für Nitratbelastung von 20 mg/l überschritten wird, verwundert nicht. Auch daß die dem Eingang nächstgelegene Entnahmestelle F den höchsten Wert (und die stärkste Schwankung zwischen Herbst- und Frühjahrswert) lieferte, war zu erwarten. Die Tatsache, daß die Nitratwerte keineswegs mit zunehmender Tiefe bzw. Entfernung vom Eingang kontinuierlich abnehmen, erklärt sich offenbar daraus, daß das eintretende Wasser die Höhle im Normalfall eben nicht entlang dem Gangverlauf durchfließt. In die tieferen Teile der Höhle gelangt das Wasser vielmehr über nicht zugängliche Klüfte. Ein langsames Zusickern des hier auftretenden Wassers ergibt sich auch schon aus den teilweise überraschend hohen Gesamtcarbonatwerten. Dadurch aber, daß die Höhle nicht als Ganzes durchspült wird, die Wasserbewegung in Teilbereichen sogar offenbar sehr langsam vor sich geht, können sich hohe Nitratwerte "nesterweise" langfristig halten.

Ein Vergleich der Nitratwerte von Frühjahr und Herbst zeigt allerdings, daß doch ein Austausch stattfindet. Der Frühjahrswert ist aber nur am Punkt F beträchtlich niedriger und wohl auf Verdünnung durch zugeführtes Schneeschmelzwasser zurückzuführen. Trotz der Schneeschmelze scheint die Wasserzufuhr in den tieferen Teilen der Höhle im Frühjahr 1990 sonst eher gering gewesen zu sein. Es darf also nicht damit gerechnet werden, daß das an das Hamberger Hohlloch anschließende Hohlraumssystem während der Schneeschmelze oder während der sommerlichen Niederschlagsspitzen regelmäßig durchgespült wird und die eingelagerten Schadstoffkonzentrationen stark verdünnt und damit einigermaßen unschädlich in den

Tabelle 1: Ergebnisse der Wasseranalysen. 1 = Herbstprobe, 2 = Frühjahrsprobe

Probennummer	Gesamtcarbonat mg/l	Ca-Anteil %	Mg-Anteil %	Nitrat ppm	(Unterschiede) %
A1	204	66,6	33,3	28,6	10,1
A2	179	67,3	32,7	25,7	
B1	157	81,5	18,5	55,5	
C1	185	86,8	13,2	50,0	2,2
D1	143	55,9	44,1	27,7	
D2	116	62,2	37,8	27,1	
E1	160	69,8	30,2	30,6	16,0
E2	136	70,6	29,4	25,7	
F1	157	50,7	49,3	82,0	
F2	148	54,0	46,0	30,6	62,7
G1	125	76,7	23,3	40,0	

oberflächlichen Abfluß gelangen. Die Verunreinigungen werden offensichtlich nicht nach einmaligen Belastungsspitzen rasch wieder verwunden. Sie können vielmehr übers ganze Jahr hinweg das Wasser belasten. Im "Badewannenschluf" etwa, der ständig Wasser führt, ist zu allen Jahreszeiten penetranter Odelgeruch wahrzunehmen. Man muß damit rechnen, daß es außer an den erfaßten Punkten noch zahlreiche andere Stellen gibt, an denen sich hohe Schadstoffkonzentrationen längerfristig halten und sich - wegen der im einzelnen unbekannteten Zu- und Abfuhrwege - zu nicht voraussehbaren Zeitpunkten an den Quellen in der Froschau bemerkbar machen können.

Literatur

- APEL, Rolf (1971): Hydrogeologische Untersuchungen im Malmkarst der Südlichen und Mittleren Frankenalb.- *Geologica Bavarica* 64: 268-355
- APEL, Rolf & Jan-Peter WROBEL (1975): Markierungsversuche im alpinen Karst des Krottenkopfgebietes und in der südlichen Fränkischen Alb.- *Geologica Bavarica* 74: 209-216.
- BÖGLI, Alfred (1964): Mischungskorrosion - Ein Beitrag zum Verkarstungsproblem.- *Erdkunde* 18: 83-92.
- BÖGLI, Alfred (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie.- Berlin/Heidelberg/New York.
- CRAMER, Helmuth (1928): Untersuchungen über die morphologische Entwicklung des Fränkischen Karstgebietes.- Nürnberg.
- FAHLBUSCH, Volker (1981): Miozän und Pliozän - Was ist was? - Zur Gliederung des Jungtertiärs in Süddeutschland.- *Mitteil. Bayer. Staatssamml. Paläontol. Histor. Geol.* 21: 121-127.

- HABBE, Karl Albert (1989): Der Karst der Fränkischen Alb - Formen, Prozesse, Datierungsprobleme.- In: Franz TICHY & Rainer GÖMMEL (Hg.): Die Fränkische Alb. Schriften des Zentralinstituts für Fränkische Landeskunde und Allgemeine Regionalforschung an der Universität Erlangen-Nürnberg 28: 35-76.
- HERRMANN, Friedrich (1976): Jurahöhlen der Oberpfalz.- Regensburg.
- JENNINGS, Joseph N. (1985): Karst Geomorphology.- Oxford.
- LOUIS, Herbert & Klaus FISCHER (1979): Allgemeine Geomorphologie.- Lehrbuch der Allgemeinen Geographie. 1. Berlin/New York.
- MÜLLER, Manfred (1961): Die Entwicklung von Malm und Kreide im Raum Parsberg-Kallmünz (Oberpfalz).- Erlanger Geolog. Abhandl. 40.
- MÜLLER, Willi B. (1980): Zur morphologischen Entwicklung der Fränkischen Alb im Bereich der Laaber-Flüsse.- Abhandl. zur Karst- und Höhlenkunde A 18.
- NEISCHL, Adalbert (1904): Die Höhlen der Fränkischen Schweiz und ihre Bedeutung für die Entstehung der dortigen Täler.- Nürnberg.
- PFEFFER, Karl-Heinz (1978): Karstmorphologie.- Erträge der Forschung 79. Darmstadt.
- PFEFFER, Karl-Heinz (1981): Relikte tropischer Karstformen auf der Fränkischen Alb im Pegnitzgebiet.- Sonderveröffentl. Geolog. Institut der Universität Köln 41: 155-172.
- PFEFFER, Karl-Heinz (1986): Das Karstgebiet der nördlichen Frankenalb zwischen Pegnitz und Vils.- Zeitschr. f. Geomorphol. NF. Suppl.-Bd. 59: 67-85.
- PFEFFER, Karl-Heinz (1990): Relief und Reliefigenese - wichtige Parameter im Geökosystem der Frankenalb.- Tübinger Geograph. Studien 105: 247-266.
- RÖSNER, Ulrike (1982): Das Profil Gaustadt II - Eine Schichtfolge mit Lössen und Lößderivaten aus dem Randgebiet der kaltzeitlichen Lößakkumulation in Oberfranken.- Mitteil. Fränk. Geograph. Gesellsch. 27/28: 287-350.
- RÖSNER, Ulrike (1990): Die Mainfränkische Lößprovinz - Sedimentologische, pedologische und morphodynamische Prozesse der Lößbildung während des Pleistozäns in Mainfranken.- Erlanger Geograph. Arbeiten 51.
- SPÖCKER, Richard G. (1952): Zur Landschafts-Entwicklung im Karst des oberen und mittleren Pegnitz-Gebietes.- Forsch. z. Dt. Landeskunde 58.
- SWEETING, Marjorie M. (1972): Karst Landforms.- London.
- TILLMANN, Wolfgang (1977): Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/Donau und Regensburg.- Sonderveröffentl. Geolog. Institut Universität Köln 30.
- TILLMANN, Wolfgang (1980): Zur plio-pleistozänen Flußgeschichte von Donau und Main in Nordostbayern.- Jahresber. Mitteil. Oberrhein. Geolog. Verein 62: 199-205.
- WAGNER, Georg (1960): Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte mit besonderer Berücksichtigung Süddeutschlands.- Öhringen.
- Topographische Karte 1:50.000, Blätter L 6934 Beilngries, L 6936 Parsberg.
- Topographische Karte 1:25.000, Blätter 6835 Wissing, 6836 Parsberg, 6935 Dietfurt, 6936 Hemau, 7036 Riedenburg.
- Flurkarte von Bayern 1:5.000, Blatt N.O. XLVII-4.

Höhlenplan des Hohlloches bei Hamberg des Speläo-Clubs Sulzbach, aufgenommen von Ferdinand LEJA u.a. 1962 (zitiert als "LEJA-Plan").

Geologische Karte des Naturparks Altmühltal/Südliche Frankenalb 1:100.000, zusammengestellt von Hermann SCHMIDT-KALER.- München 1979 (zitiert als "SCHMIDT-KALER 1979").