

Bibliothek d. Geol. Bundesanstalt
1031 Wien, Rasumofskygasse 23

→ 15.6.1977
ARCHIV

A07818-R

Institut für Geothermie und Hydrogeologie

D
"Hydrogeologie der nördlichen
Kalkvoralpen
Höllengebirge-Abschluß" (T. VI)



Bibliothek der Geologischen Bundesanstalt Wissenschaftsbereich 10019	
Inv.-Nr.	A07818
Ständer	R
Gründungs-Nr.	/
	/
Vertrauenskart	A.Z. 7

D
0A86/88

Institut
Geothermie u
Hydrogeolo
Institute
Geothermics a
Hydrogeolo

Forschungsgesellsch
Joanne
Gesellschaft m.b.



Elisabethstraße
A-8010 G

Tel.: 0 316/33 6 87/73, 38 18 15
Telex-Nr. 75310224 = JOAN

ENDBERICHT

ÜBER DAS PROJEKT "HYDROGEOLOGIE DER NÖRDLICHEN KALKVORALPEN, HÖLLENGEBIRGE - ABSCHLUSS (Teil VI)"

BEARBEITUNG:
R. BENISCHKE

PROJEKTLEITUNG:
UDOZ. DR. H. ZOJER

GRAZ, IM JUNI 1988



ADV-Eingabe <i>max</i>	020 Eingabedatum	A 07818 - R	030 Archiv Inventar NR.	Standort	Ordnungszahl
040 Sprache GER	060 Auswerter G	065 Bearbeiter C	070 Empfänger LIT		
080 Dok.Type E	090 Berichtsart R	091 Projektcode O-A-008b/86	120 M 1519 -E		
Benischke, Ralf					
130 Verfasser					
Zojer, Hans (Projektl.)					
135 Verfasser mit Funktionen					
Forschungsgesellschaft Joanneum/Institut für Geothermie und Hydrogeologie					
140 Körperschaften					
Hydrogeologie der Nördlichen Kalkvoralpen, Höllengebirge - Abschluß: Teil VI					
160 Sachtitel					
170 Sachtitel Übersetzungen					
180 Fassung	190 Maßstab	200 Topographie			
210 Ort Graz					
225 Erstellungsdatum 1988-06					
240 41	Bl.	250 Illustr. 16 Abb.; 8 Tab.; 4 Beil.	260 Format 29,5 cm		
271 In:Gesamttitle					
290 Gesamttitle Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt O-A-008b/86					
291 Hochschulschrift					
292 Standortnachweis Bibl.Geol.Bundesanst./Wiss.Archiv Nr. A 07818-R					
293 Weitere Angaben					
300 Sprachen der Zusammenfassung					
Bearbeitungsvermerk <i>105</i>	BGLD <i>all</i>	GEOKART	Kopie an Redaktion <input checked="" type="checkbox"/>		
Katalog <i>o.h. G.</i>	Mikrofilm <i>Schnell</i>	Vertraulichkeit 3	Exemplare 1		

65;66

330 ÖK-Blätter

Salzkammergut; Voralpen (O.Ö., westl.); Höllengebirge

335 Geographika

Kalkalpen; Markierungsversuch; Flyschzone;
Karstwässer; Naturraumpotential; Quellen

340 Schlagworte

350 Koordinaten

351 Koordinaten

352 Koordinaten

353 Koordinaten

360 Bundesländer O

365 Staaten AUT

370 Sachgruppen GEOL; HYDL

380 Abstrakt

1. Einleitung.....	1
2. Rahmenbedingungen.....	2
2.1 Naturräumliche Grundlagen.....	2
2.2 Frühere Markierungsversuche	3
2.3 Ziele des Versuches.....	6
2.4 Organisation und Durchführung.....	6
3. Der Markierungsversuch 1986/87	8
3.1 Die Eingabestellen	8
3.1.1 Hochlecken-Großhöhle.....	8
3.1.2 Brennerin.....	9
3.1.3 Östlicher Brunnkogel.....	10
3.1.4 Karstschacht S' Riederhütte	11
3.1.5 Sattel N' Steinkogel.....	11
3.2 Die Entnahmestellen	14
3.2.1 Entnahmestellen Bereich 1 (Langbathtal - Trauntal - Wambachtal).....	14
3.2.2 Entnahmestellen Bereich 2 (Kienbachtal - Äußerer Weißenbach - Mitterweißenbach)	15
3.3 Ergebnisse des Markierungsversuches 1986/87	17
3.3.1 Probenübersicht und Entnahmeplan	17
3.3.2 Analytische Methoden.....	18
3.3.3 Ergebnisse mit EOSIN	18
3.3.4 Ergebnisse mit PYRANIN.....	20
3.3.5 Ergebnisse mit URANIN.....	21
3.3.6 Ergebnisse mit AMIDORHODAMIN BN	24
3.3.7 Ergebnisse mit Na-NAPHTHIONAT.....	25
3.4 Transportgeschwindigkeiten und Wiederausbringung.....	26
3.4.1 Allgemeines.....	27
3.4.2 Zusammenstellung der Berechnungen	29
4. Schlussfolgerungen.....	31
4.1 Einzugsbereiche und hydrogeologische Modellvorstellungen	31
4.1.1 Allgemeine Hinweise	31
4.1.2 Einzugsgebiet Ost.....	32
4.1.3 Einzugsgebiet Mitte	32
4.1.4 Einzugsgebiet Nordwest.....	34
4.1.5 Einzugsgebiet Südwest.....	35
4.1.6 Übrige Einzugsgebiete.....	36
4.2 Anmerkungen für ein Schutzzonen- und Nutzungskonzept	37
4.3 Vorschläge für weiterführende Untersuchungen.....	38
5. Literatur und Unterlagen	39
6. Liste der Beilagen, Figuren und Tabellen	39

1. Einleitung

Die Durchführung des Projektes "Hydrogeologie der nördlichen Kalkvoralpen, Höllengebirge - Abschluß (Teil VI)" erfolgte über Auftrag durch die nachstehend angeführten Institutionen:

- Amt der Oberösterreichischen Landesregierung mit Schreiben (GZ.: BauW-Pl-70/8-1986/Du/Hau) vom 21.5.1986.
- Österreichische Akademie der Wissenschaften mit Vertrag vom 2.6.1986.

Wir danken allen zuständigen Stellen der genannten Institutionen für die stetige Förderung des Projektes in finanzieller und materieller Hinsicht. Darüber hinaus danken wir auch dem Hydrographischen Dienst des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung und der OKA für die Einrichtung und den Betrieb des hydrographischen Meßstellennetzes, sowie allen Forstbehörden, den Grundbesitzern und der Marktgemeinde Ebensee für die vielfältigen Hilfen im Rahmen des Markierungsversuches 1986/87, sowie allen Mitarbeitern bei der Eingabe der Markierungsstoffe und bei der Probenahme.

Laut Rahmenprogramm dient das Projekt der Erfassung des hydrogeologischen Naturraumpotentials, wobei Möglichkeiten der Karstwassernutzung und des Karstwasserschutzes aufgezeigt werden sollen. Ziel des letzten Projektabschnittes ist die Auswertung des 1986 durchgeführten kombinierten Markierungsversuches im Großraum des Höllengebirges. Der Markierungsversuch sollte dabei eine Klärung über die Verteilung und die Abgrenzung von Quelleinzugsgebieten herbeiführen.

Methodisch erweist es sich als vorteilhaft, einen Markierungsversuch dieser Größenordnung an das Ende des Gesamtprojektes zu stellen, da eine sinnvolle Planung nur nach Einbeziehen aller bisherigen geologischen und hydrologischen Grundlagen und im Rahmen des Gesamtprojektes gewonnenen Erkenntnisse durchgeführt werden kann.

2. Rahmenbedingungen

2.1 Naturräumliche Grundlagen

In diesem Abschnitt soll keineswegs eine Wiederholung der in früheren Projektberichten behandelten Teilgebiete vorgenommen werden. Doch wird zur leichteren Orientierung auf die Endberichte zu den einzelnen Projektabschnitten verwiesen und, wo es notwendig ist, Ergänzungen angefügt.

Die Geologie des Gebietes mit eingehender Beschreibung der Deckenstruktur des Gebirgskörpers wurde im Endbericht zum Teil I (Kap. 1) und zum Teil II (Beil. 4) dargestellt. Eine geologische Neuaufnahme des Gebietes mit der Herausgabe einer neuen geologischen Karte ist durch die Geologische Bundesanstalt in Bearbeitung. Für den Markierungsversuch wesentlich sind im Höllengebirge Deckenüberschiebungen mit südvergenten Überschiebungsflächen und tiefreichende SW-NE verlaufende Bruchstrukturen, die im S ausstreichen und Grundlage der großen Karstquellen sind.

Eine geomorphologische Bearbeitung des Höllengebirges zumindest in einigen Teilaspekten stammt von K. WICHE (1949). Er nimmt dabei eine über den heute höchsten Kuppen des Zentralplateaus liegende Augensteinlandschaft aus dem Alttertiär an, die nicht mehr erhalten ist. Jedoch wurden Augensteinvorkommen als Zeugen einer über die Nördlichen Kalkalpen hinwegführenden ehemals konsequenten Entwässerung aus dem Höllengebirge bisher nicht beschrieben.

Die Zerschneidung und Abtragung dieser Augensteinlandschaft durch eine Aufwölbung, die die Hebung bei der Gebirgsbildung überlagerte nimmt K. WICHE (1949) im Miozän an, wobei dieser Vorgang vorerst ohne wesentliche Bruchbildung vor sich ging. Die danach folgende Altlandschaft (Kuppenlandschaft) wurde weiter verstellt, wobei am Plateau keine Bruchstufenlandschaft ausgebildet wurde. Jedenfalls dauerte die Ausformung zum heutigen Plateau abgesehen von der glazialen Modellierung vom unteren Miozän bis ins Pliozän. Selbst wenn die zeitliche Einordnung der Abtragsphasen nicht gesichert ist, so muß sie doch mit den übrigen Befunden aus den Nördlichen Kalkalpen parallelisiert werden und es bleibt als Tatsachenbefund, daß der ehemals vorhandene mächtige Hangendschenkel aus Hauptdolomit bis zum Kern aus Wettersteinkalk abgetragen wurde. Die mit der Heraushebung des Gebirges zweifellos einsetzende Verkarstung fand in den das Höllengebirge durchsetzenden Bruchstrukturen beste Voraussetzungen für eine rasche Tieferlegung, die parallel zur Tieferlegung der Vorflut im Mitterweißenbachtal und in weiterer Folge im Trauntal bzw. im Atterseegebiet erfolgte. Allerdings scheint die glaziale Ausformung der Weißenbach-Furche oder des Traunta-

les und die nachfolgende Wiederauffüllung mit Sedimenten (Moränen etc.) so rasch vor sich gegangen sein, daß die Verkarstung bzw. das Tiefergehen der Verkarstung nicht Schritt halten konnte und die Austritte meist über dem heutigen Talboden oder über der Moränenoberkante austreten. Dies ist besonders gut beim Gimbachursprung (H 65) zu beobachten, der aus einer Bruchfuge austritt, und erst ca. 30-50 m tiefer in den Moränenbereich eintritt.

Die hydrogeologischen Grundlagen zu diesem Versuch wurden ebenfalls in den früheren Projektabschnitten abgehandelt und erbrachten jene Information, derzufolge eine W-S gerichtete Karstentwässerung des Höllengebirges festgestellt werden konnte. Eine Berücksichtigung der Schüttung der großen Karstquellen zur quantitativen Auswertung (z.B. für die Berechnung von Wiederausbringungsraten) erschien nicht sinnvoll, da die Pegelanlagen z.T. mehrere km von den Quellaustritten entfernt liegen und dazwischen etliche Zubringer aus den anderen Einzugsgebieten hinzukommen, wie dies bei Höllbach-Ursprung (H 29) und Gimbach-Ursprung (H 65) der Fall ist. Bei Schwarzenbachquelle (H 73) wäre ein Einbeziehen der Schüttung möglich, jedoch nur zu Nieder oder Mittelwasser-Verhältnissen. Bei Hochwasserbedingungen wird der Quellaustritt durch ein oberhalb liegendes Gerinne überflutet. Der einzige Austritt, bei welchem eine Berücksichtigung der Schüttung sinnvoll ist, wäre die Miesenbachquelle (H 14). Durch den nur qualitativen Nachweis des Na-NAPHTIONATs vom Feuerkogelplateau kann diese Möglichkeit nicht weiter verfolgt werden.

2.2 Frühere Markierungsversuche

Bisher gab es, soweit bekannt ist, nur einen Markierungsversuch im Höllengebirge, wenn man von Versuchen, die angeblich im Langbathtal durchgeführt worden sein sollen, absieht, und über die auch keine näheren Unterlagen zu erhalten waren.

Durch die Aktion "Bergerlebnis" des Amtes d. Oberösterreichischen Landesregierung wurde im Sommer 1980 für das Hochleckenhaus im Westen des Höllengebirges einer bestehenden mechanischen Kläranlage eine Pflanzenkläranlage nachgeschaltet. Im wasserrechtlichen Bewilligungsverfahren wurde mit Bescheid vom 4.10.1980 (GZ.: Wa.687-1980) der Bezirkshauptmannschaft Vöcklabruck ein Markierungsversuch während der Schneeschmelze vorgeschrieben, um allfällige Beeinflussungen der Kaltwasserquelle (H 3), die als Wasserversorgung für die Gemeinde Steinbach a. Attersee dient, nachweisen zu können.

Mit der Durchführung dieses Versuches wurde die Hydrologische Untersuchungsstelle Salzburg (D.I. R. HAIDER) beauftragt. In der Folge ergab sich eine Zusammenarbeit mit dem Institut für

Geothermie & Hydrogeologie der Forschungsgesellschaft Joanneum, sodaß schließlich nach Erweiterung des Entnahmeprogrammes in der Zeit vom 28.4.1983 - 2.10.1983 dieser Versuch durchgeführt werden konnte. Die nachstehenden Ausführungen sind dem Gutachten der Hydrologischen Untersuchungsstelle Salzburg (R. HAIDER, 1983) entnommen und wurden durch die Ergebnisse der zusätzlichen Aktivkohleauswertungen durch das Institut für Geothermie und Hydrogeologie ergänzt.

Als Eingabestelle wurde die Verrieselungsfläche beim Hochleckenhaus gewählt und am 10.5.1983 6 kg URANIN AP konz. (Merck) in eine zu diesem Zweck ausgehobene 0.6 m tiefe Schürfrube eingebracht.

Als Vorspülung wurde 2 h lang Wasser mit 1 l/min eingeleitet und mit derselben Schüttung 7 Tage lang nachgespült. Dies entspricht 10 m^3 Wasser. Die Beobachtung erfolgte ausschließlich über Aktivkohle beginnend mit den Blindproben vom 23.4.1983 über 156 Tage bis zum 2.10.1983. Danach wurden Dauerkohlen in die Quellgerinne eingehängt, die bis zum 4.7.1984 dort belassen wurden. Die Untersuchung der Aktivkohlen erfolgte an der Bundesanstalt für Wasserhaushalt in Karstgebieten in Wien, die der Dauerkohlen im Labor des Institutes für Geothermie & Hydrogeologie.

Als Entnahmestellen wurden die in nachstehender Tab. 1 angeführten Quellen beprobt. Es wurden dabei alle bedeutenden Austritte rund um das Höllengebirge beobachtet, um auch allfällige Fernverbindungen feststellen zu können. Die weiteren Ergebnisse sind in Tab. 2 und Fig. 1 dargestellt.

Als Endresultat kann festgestellt werden, daß ausschließlich der Gimbach-Ursprung (H 65) positiv war und alle anderen Austritte negativ; auch die Aktivkohlen, die zur Dauerbeobachtung bis 4.7.1984 eingehängt waren, brachten nur für den Gimbach-Ursprung einen positiven Nachweis. Für die Planung des kombinierten Markierungsversuches 1986/87 war damit eine wichtige Vorinformation erhalten worden. Offensichtlich ist das Höllengebirge durch die tiefreichenden Bruchsysteme weitgehend in selbständige hydrologische Bereiche gegliedert, so daß auch bei einem höheren Wasserstand im Karstkörper wie zu Zeiten der Schneeschmelze kein Übergreifen auf andere Blöcke des Höllengebirges zu erwarten ist. Diese Hypothese galt es unter anderem auch zu überprüfen. Da beim Markierungsversuch 1983/84 schon die erste Aktivkohle im Gimbach Ursprung (mit Ausnahme der Blindkohle) die höchste Fluoreszenzintensität aufwies, kann über den Zeitpunkt des 1. Auftretens des Farbstoffes und über das Konzentrationsmaximum nicht mehr ausgesagt werden, als daß diese Zeitpunkte vor dem Zeitpunkt des Kohlewechsels liegen und daher die maximale Abstandsgeschwindigkeit (Zeit des 1. Auftretens) bzw. die Peakgeschwindigkeit (Zeit des Konzentrationsmaximums) größer als 460 m/Tag betragen hat. Zur Berechnung der Geschwindigkeiten

wurde als Entfernung zwischen Eingabepunkt und Austrittspunkt aus der topographischen Karte eine Horizontaldistanz von 3250 m entnommen.

Tab. 1: Übersicht über die Entnahmestellen für den Markierungsversuch 1983/84

Nr.	Entnahmestelle	Seehöhe (m)
H 1	Zwieselgrabenquelle	740
H 2	Kaltwasserquelle	820
H 3	Kremelbachquelle	680
H 3a	Viehholzleitenquelle	700
H 4	Aurach-Ursprung	960
H 7	Hirschbrunn	830
H 9	Kaltenbachquelle	810
H 14	Miesenbachquelle	455
H 29	Höllbach-Ursprung	600
H 65	Gimbach-Ursprung	650
H 73	Schwarzenbachquelle	520

Tab. 2: Ergebnisse des Markierungsversuches 1983/84
Uranin-Gehalte (mg/m^3) in Aktivkohleextrakten (nach R. HAIDER, 1983)
* Aktivkohlefilter zerstört oder nicht auffindbar, n.n. nicht nachweisbar
unterstrichen.....Relativintensität

Einhängedauer		Beobachtungsdauer		Kurzbezeichnung der Beobachtungsstellen											
von	bis	in	ab Ein-	H 1	H 2	H 3	H 3a	H 4	H 7	H 9	H 14	H 29	H 65	H 73	
		Tagen	spei-												
			sung												
28.4.	3.5.	5	-	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	-	
3.5.	9.5.	6	-	-	n.n.	n.n.	n.n.	-	-	-	-	n.n.	n.n.	n.n.	
9.5.	17.5.	8	7	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	38,9	n.n.	
17.5.	24.5.	7	14	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	31,6	n.n.	
24.5.	31.5.	7	21	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	31,1	n.n.	
31.5.	15.6.	15	36	- *	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	- *	n.n.	
15.6.	29.6.	14	50	- *	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	15,5	n.n.	
19.6.	15.7.	16	66	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4,05	n.n.	
15.7.	2.8.	18	84	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	3,09	n.n.	
2.8.	2.10.	61	145	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	- *	n.n.	2,51	n.n.	
17.5.	2.8.	77	77	- *	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	-	n.n.	
2.10.	4.7.			n.n.	-	-	-	n.n.	-	n.n.	n.n.	n.n.	<u>22700</u>	n.n.	
2.10.	27.7				-	n.n.	n.n.	n.n.	-	n.n.	-	-	-	-	

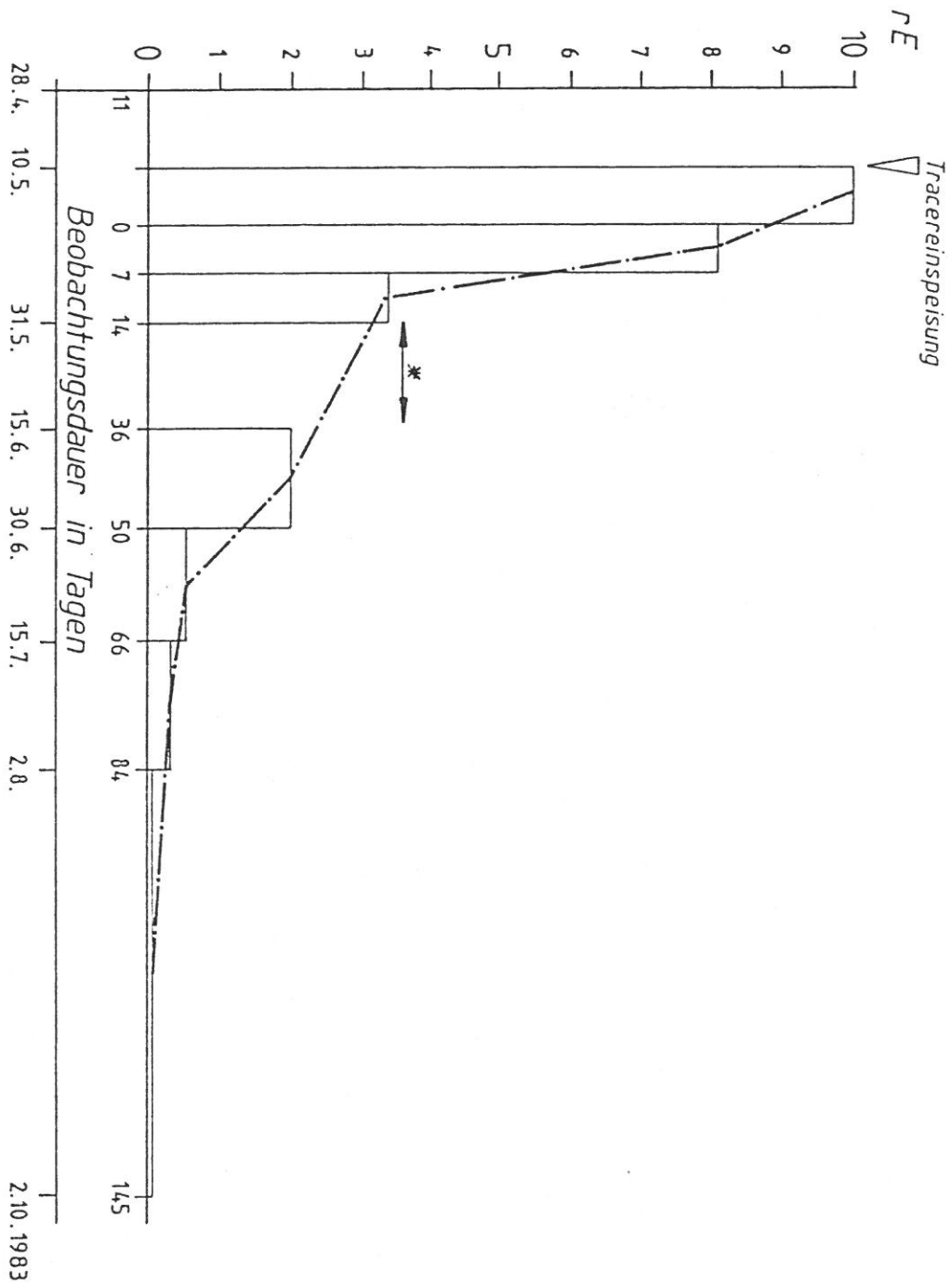


Fig. 1 : Ergebnisse des Markierungsversuches 1983/84
 Aktivkohleauswertung beim Gimbach-Ursprung (H 65)
 Normierte Darstellung in rE = relative Einheiten, bezogen auf
 Konzentrationsmaximum und 7 Tage Einhängedauer
 *31.5.15.6.1983 Aktivkohlefilter zerstört



2.3 Ziele des Versuches

Der Markierungsversuch 1986/87 wurde als Abschluß einer Reihe von Teilprojekten angesetzt, um die Modellvorstellungen, die sich aus den vorangegangenen Arbeiten ergeben hatten, zu verifizieren.

Grundlage waren die in Abschn. 2.1. angeführten naturräumlichen Gegebenheiten, die sehr deutlich zeigten, daß der geologische Bau maßgeblich die Art der Entwässerung beeinflusst und dies gerade beim Höllengebirge klar zum Ausdruck kommt: einerseits eine nach dem Süden zur Weißenbachfurche ausgerichtete Entwässerung, andererseits Bruchsysteme, die bestimmte konzentrierte Austrittspunkte bedingen.

Wie in den meisten Karstgebieten von Plateaucharakter lassen sich auch im Höllengebirge nur schwierig orographische und hydrologische Einzugsgebiete abgrenzen. Vielmehr ist zu erwarten, daß die Einzugsgebietsgrenzen je nach hydrologischer Situation schwanken, u.U. sogar einander in verschiedenen Höhenstufen überlagern können.

Neben dem rein wissenschaftlichen Interesse, einzelne große Karstquellen bestimmten Einzugsgebieten zuzuordnen, war es auch vordringliches Ziel, Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Planung zu schaffen, da das Höllengebirge - vornehmlich das Feuerkogelplateau - immer mehr touristisch erschlossen wird und die Entsorgungsproblematik die um den Gebirgsstock liegenden Wasserversorgungen berührt. Für den westlichen Teil um das Hochleckenhaus wurde dies durch den Markierungsversuch 1983/84 geklärt (Abschn. 2.2.). Nach diesem Versuch war bereits klar, daß im Höllengebirge unabhängige verkarstete Blöcke mit eigenständiger Entwässerung bestehen. Ein weiterer Punkt war eine Korrektur der dem hydrographischen Pegelnetz zugrundeliegenden Einzugsgebietsflächen. Wenn auch eine genaue Berechnung der Einzugsgebietsgröße unmöglich ist, so läßt sich doch die Größenordnung abschätzen, wie weit das tatsächliche über das orographische Einzugsgebiet hinausgreift. Bei der Berechnung von Abflußspenden hat dies weitreichende Konsequenzen .

2.4 Organisation und Durchführung

Für die Abdeckung des gesamten Höllengebirges kam nur ein kombinierter Markierungsversuch in Frage mit mehreren Eingabestellen für gut voneinander unterscheidbare Tracer.

Von den verschiedenen möglichen Tracern kamen aufgrund des geringeren Entnahme- und Auswertungsaufwandes nur Fluoreszenzfarben in Frage. Wegen der Lage der Eingabestellen am Hochplateau und der Unmöglichkeit dort ausreichende Wassermengen zum Vorlösen und Vor- bzw. Nachspülen zu haben, mußten die Tracer im Tal vorgelöst und entsprechende Spülwassermengen zur Verfügung gestellt werden. Ein Transport mit der Seilbahn auf das Plateau und schließlich zu Fuß zu den Eingabestellen schied aus Gewichtsgründen aus. Es wurde daher ein Hubschraubertransport organisiert zu 4 Eingabestellen am Plateau, während dies für die fünfte Eingabestelle in der Hochlecken-Großhöhle nicht notwendig war, da im eingangsnahen Bereich ein aktives Gerinne vorhanden war.

Vom 5.5. - 7.5.1986 fanden Vorbegehungen statt, wobei alle Entnahmestellen kontrolliert, Blindproben entnommen und Aktivkohlesäckchen exponiert wurden. Zusätzlich wurden am 6.5.1986 die geplanten Eingabestellen am Feuerkogel-Plateau kontrolliert. Bei einer weiteren Begehung am 21. und 26.5.1986 erfolgte die Kontrolle des Eingabebereiches Hochlecken und die Entnahme weiterer Blindproben. Am 9.6.1986 wurde mit dem Entnahmepersonal eine Begehung aller Probennahmestellen durchgeführt und vom 9.6. - 10.6.1986 eine Überquerung des Höllengebirges vom Feuerkogel bis zum Hochleckenhaus und zur Brennerin. Dabei wurden endgültig alle Eingabestellen fixiert.

Am 11.6.1986 traf die Eingabemannschaft ein und die Markierungsmittel wurden in Fässern am Sportplatz Ebensee vorgelöst und für den Hubschraubertransport vorbereitet (Fig. 2 - 4).

Am 12.6.1986 sollte dann die Eingabe erfolgen. Für die Hochlecken-Großhöhle war dies möglich, der Hubschraubertransport mußte jedoch wegen Nebel und Schlechtwetter abgesagt werden. Die Markierung der restlichen Eingabestellen konnte erst am 19.6.1986 erfolgreich abgeschlossen werden (Fig. 5 - 12).

Für den Hubschraubertransport waren aus Gewichtsgründen (Limit: 600 kg Nutzlast) und aus Kostengründen nur die notwendigsten Spülwassermengen eingeplant. Der Einsatz der Fluoreszenztracer erfolgte so, daß für die Analytik eine gegenseitige Beeinflussung weitgehend auszuschließen war oder in Gemischen nur leicht voneinander trennbare Tracer auftreten konnten.

Am Feuerkogel wurde Na-NAPHTIONAT eingesetzt, da erwartet wurde, daß positive Nachweise auch in den Wasserversorgungsanlagen von Ebensee und Langwies zu erhalten sein würden. Na-NAPHTIONAT ist ungiftig und auch in größeren Mengen farblos, allerdings ist auch die Nachweisempfindlichkeit nur ein Zehntel der von URANIN. Wie die Ergebnisse zeigen, scheint die Eingabemenge - deren richtige Bemessung immer der Erfahrung des Hydrogeologen überlassen bleibt



Fig. 2: Vorlösen von URANIN AP konz.



Fig. 3: Vorlösen von AMIDORHODAMIN BN



Fig. 4: Hubschraubertransport der vorgelösten Markierungsstoffe vom Sportplatz Ebensee auf das Höllengebirgsplateau am 19.6.1986.

- von 20 kg die unterste Grenze gewesen zu sein, sodaß keine quantitative, sondern nur noch eine qualitative Auswertung erfolgen konnte.

3. Der Markierungsversuch 1986/87

3.1 Die Eingabestellen

3.1.1 Hochlecken-Großhöhle

Lage und geologische Position

Die Eingabe erfolgte in einen Seitenschacht im Eingangsteil der Hochlecken-Großhöhle (Österr. Höhlenverzeichnis Nr. 1567/29). Die Höhle liegt auf der Nordseite des Hochleckenkogels (1691 m) in ca. 1520 m Seehöhe und ca. 900 m nordwestlich des Hochleckenhauses (1574 m) im Westteil des Höllengebirges (Beil. 1).

Das nach N in das Kar Richtung Taferlklausen schauende Portal der Höhle ist in der Deckenstirn des Wettersteinkalkes der Höllengebirgsdecke angelegt. Die dort steil bis vertikal stehenden ca. EW streichenden Schichten boten günstige Voraussetzungen für die Gangentwicklung. Zusammen mit tiefreichenden Brüchen werden Infiltrationswässer sehr rasch in die Tiefe geleitet, wie die Ergebnisse des Markierungsversuches 1983/84 und 1986/87 zeigen. Weiterführende Beschreibungen der Höhle sind bei E. FRITSCH (1976), E. FRITSCH & M. KASPAREK (1978) und M. KASPAREK (1979) enthalten.

Ablauf der Tracereingabe

Die Eingabe erfolgte am 12.6.1986. Da in dem oben erwähnten Seitenschacht ein aktives Gerinne zur Verfügung stand, war keine Vor- und Nachspülung notwendig. Der Fluoreszenztracer wurde an Ort und Stelle vorgelöst.

Hochlecken-Großhöhle (Seehöhe: 1520 m)

Tracer	Eingabemenge	Eingabezeit	Verantwortl.	Vorlösung
EOSIN gelbl. (Herst.: Merck, BRD)	9 kg	12.6.1987 10:45 - 11:05	H. KIRCHMAYR	in 60l Faß

3.1.2 Brennerin

Lage und geologische Position

Die Eingabestelle (Beil. 1, Fig. 5) befindet sich am SW-Sporn des Höllengebirges zwischen dem Gipfel der Brennerin (1559 m) und dem nordöstlich vorgelagerten Gipfel (1602 m) mit Trigonometer. Die Eingabestelle ist vom Hochleckenhaus über den markierten Steig Richtung Geißalm-Mahdlschneid-Weißenbach a. Attersee erreichbar und liegt nur ca. 60 m nordwestlich unterhalb des Weges.

Der Verbindungsgrat von der Brennerin nach SW zum Schoberstein (1037 m) markiert den westlichen Abschluß des Höllengebirgsplateaus und fällt mit sehr steilen Felswänden Richtung Attersee ab.

Von der Brennerin nach NE und E beginnt zuerst mit dolomitierten Partien dann zunehmend kalkiger werdend der durch Wettersteinkalk charakterisierte Plateaubereich mit seinen zahlreichen Karsterscheinungen.

Ablauf der Tracereingabe

Der Tracer wurde mittels Hubschrauber zum Eingabeort geflogen. Zuvor war in einer Doline etwas nachgegraben worden bis unter dem Humus ein größerer Spalt mit gutem Abzugsvermögen freigelegt werden konnte. Nach Einbringen des Farbstoffes wurden noch 240 l Wasser nachgespült (Fig. 5).

Doline N' Brennerin (Seehöhe: 1540 m)

Tracer	Eingabemenge	Eingabezeit	Verantwortl.	Vorlösung
PYRANIN 108% (Herst.:SIMON & WERNER, BRD)	12 kg	19.6.1986 9:55 - 10:00	F. GRAF P. RAMSPACHER	3x60l

3.1.3 Östlicher Brunnkogel

Lage und geologische Position

Die Eingabestelle liegt am markierten Steig, der von der Riederhütte um die Nordflanke des östlichen Brunnkogels (1779 m) Richtung Hochleckenhaus führt. Etwas unterhalb der dort befindlichen Quelle verschwindet das Gerinne in einer kleinen Doline (Beil. 1, Fig. 6 - 8).

Der Eingabebereich liegt vollständig im Wettersteinkalk im Bereich der Deckenstirn. Die Schichten fallen dort nach NW in Richtung einer 20 - 40 m tiefer gelegenen Dolinenreihe.

Ablauf der Tracereingabe

Da es sich um ein aktives Gerinne handelte, war keine Vorspülung notwendig. Nach der Eingabe (Fig. 7) trat der Tracer überraschend weiter unten am Hang wieder aus und verschwand einige Zehnermeter tiefer am Rande eines Schneefeldes in einer Doline (Fig. 8). Dies verzögerte die Eingabe und machte eine Nachspülung notwendig. Insgesamt wurden 500 l Wasser nachgespült.

Quelle E' Brunnkogel (Seehöhe: 1550 m)

Tracer	Eingabemenge	Eingabezeit	Verantwortl.	Vorlösung
URANIN AP konz. (Herst.: Merck, BRD)	9 kg	19.6.1986 9:25 - 9:50	F. RIEPLER D. SCHIRNIK	auf 2 x 50 l

3.1.4 Karstschacht S' Riederhütte

Lage und geologische Position

Ca. 150 - 200 m südwestlich der Riederhütte (1752 m) am Hang zur Kleinen Eiblgrube wurde ein Karstschacht für die Eingabe ausgewählt (Beil. 1, Fig. 9). Auch dieser Bereich liegt vollständig im Wettersteinkalk. Die Schichten fallen entsprechend der Lagerung der Höllengebirgsdecke nach S ein.

Ablauf der Tracereingabe

Der Karstschacht wurde nicht vorgespült, sondern der Tracer sofort eingebracht und danach mit 460 l Wasser nachgespült.

Karstschacht S' Riederhütte (Seehöhe: 1730 m)

Tracer	Eingabemenge	Eingabezeit	Verantwortl.	Vorlösung
AMIDO-	12 kg	19.6.1986	A. FASCHING	auf 110 l
RHODAMIN BN 350 PW (Herst.: HOECHST, BRD)		9:30-9:45	W. SCHILLER	

3.1.5 Sattel N' Steinkogel

Lage und geologische Position

Die Eingabestelle (Beil. 1, Fig. 10 - 12) ist die am weitesten östlich gelegene und befindet sich in einer Doline unmittelbar unterhalb des markierten Steiges vom Feuerkogel (1592 m) Richtung Edeltal und ca. 100 m westlich der Einsattelung zwischen Steinkogel (1644 m) und Heumahdgupf (1680 m).

Geologisch gesehen liegt das Gebiet ebenfalls vollständig im Wettersteinkalk.

Ablauf der Tracereingabe

Zum Versuchszeitpunkt war die Doline noch mit Schnee gefüllt. Es wurde daher am tiefsten Punkt ein Schacht in den Schnee gegraben und der vorgelöste dort Tracer eingebracht. Durch die

Fig. 5: Eingabe von PYRANIN bei der Brennerin am 19.6.1986.

Fig. 6: Hubschraubertransport der vorgelösten Markierungsstoffe zur Eingabestelle Östlicher Brunnkogel.

Fig. 7: Eingabe von URANIN in eine Spalte unterhalb der Quelle beim Östlichen Brunnkogel am 19.6.1986.

Fig. 8: Wiederaustritt des URANINs unterhalb der Eingabestelle und endgültiges Verschwinden am Rande eines Schneefeldes.

Fig. 9: Aufnahme vom Hubschrauber im Anflug auf die Eingabestelle südlich der Riederhütte (der Pfeil markiert die Position der Eingabestelle für AMIDORHODAMIN BN).

Fig. 10: Im Anflug auf den Sattel zwischen Steinkogel und Heumahdgupf. Im Hintergrund das touristisch erschlossene Feuerkogelgebiet (der Pfeil markiert die Position der Eingabestelle für Na-NAPHTHIONAT).

Fig. 11: Graben eines Schneeschachtes zur Eingabe von Na-NAPHTHIONAT am 19.6.1986.

Fig. 12: Gesamtansicht der Doline zur Eingabe von Na-NAPHTHIONAT.



Fig. 11



Fig. 8



Fig. 5



Fig. 6

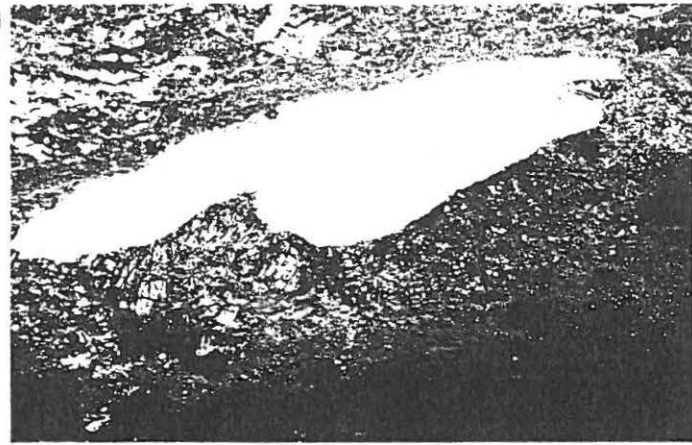


Fig. 9

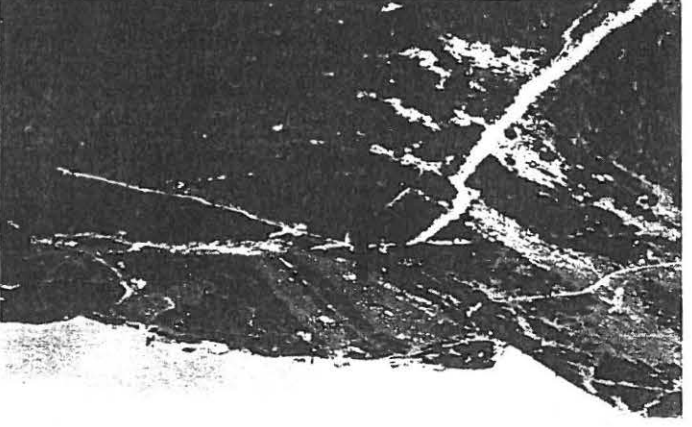


Fig. 1

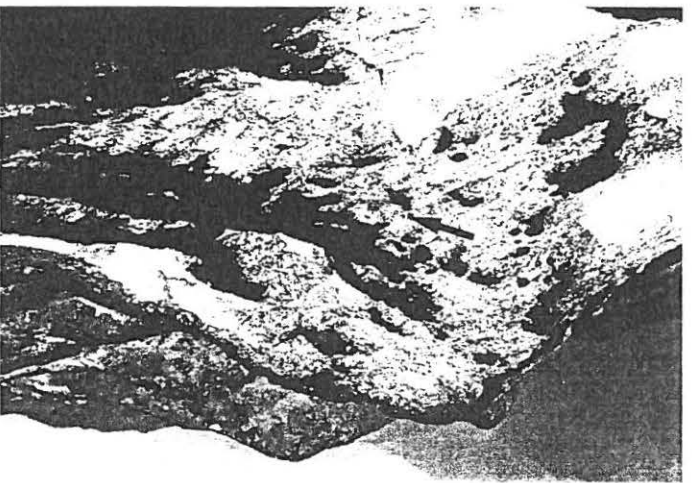


Fig. 7



Fig. 4

Schneebedeckung war ein kontinuierlicher Wassernachschub gewährleistet. Zusätzlich wurden jedoch 360 l Wasser nachgespült. Doline b. Steinkogel (Seehöhe: 1560 m)

Doline N° Steinkogel (Seehöhe: 1560 m)

Tracer	Eingabemenge	Eingabezeit	Verantwortl.	Vorlösung
NAPHTHION- SÄURE-Na ₃ -Salz pract. (Herst.: FLUKA A.G., Schweiz)	20 kg	19.6.1986	G. REITERER St. FÖLSER H. THOMANN	auf 160 l

3.2 Die Entnahmestellen

3.2.1 Entnahmestellen Bereich 1 (Langbathtal - Trauntal - Wambachtal)

Die geologische Position der nachstehend genannten Quellaustritte ist Beil. 1 zu entnehmen und wurde im Endbericht zum Teil I beschrieben. Für die hydrochemische Charakteristik und den Gehalt an Umweltisotopen (¹⁸H, ³H) sei auf den Endbericht zum Teil V des Projektes verwiesen. Einzelne Vorberichte über den Stand der Analysen sind den Endberichten zu den Teilen I bis IV zu entnehmen. Folgende Quellaustritte wurden beprobt:

Tab. 3: Übersicht über die während des Markierungsversuches 1986/87 beprobten Quellen des Bereiches 1;
WV = Wasserversorgung

Nr.	Entnahmestelle	Seehöhe (m)	Nutzung
H 7	Hirschbrunn	830	-
H 9	Kaltenbachquelle	810	-
H 14	Miesenbachquelle	455	WV (Langwies)
H 15	Schusterbachquelle	450	-
H 81	Langbathquelle	510	WV (Ebensee)
----	Kalkofenquelle	480	WV (Ebensee)
----	Aritzbach Brücke	470	-
----	Wambach Kote 533	530	-

Trotz des generellen Südfallens der Wettersteinkalke und des NE-SW-Streichens der Brüche mußten zur Absicherung auch die wichtigsten Austritte im Norden des Höllengebirges beprobt werden (Beil. 1). Von besonderer Wichtigkeit waren die Miesenbachquelle (H 14) und Langbathquelle (H 81), die beide zur Wasserversorgung dienen. Schon aus der Schreibpegelbeobachtung am Miesenbach war anzunehmen, daß H 14 und H 15 einen wesentlichen Teil des Feuerkogelplateaus entwässern und daß daher der nördlich des Steinkogels eingesetzte Tracer (Na-NAPHTIONAT) vor allem diese Quelle alimentieren mußte. Die Langbathquelle (H 81) liegt im Langbathtal in der Nähe der Mündung des Annerlgrabens, der von der Gsollstube am Wimmersberg herab zieht, und somit am Nordende des Gsollbruches, der den Wimmersberg (1243 m) von der Hauptmasse des Feuerkogelplateaus im Osten abtrennt. Über die Alimentation der Langbathquelle (H 81) gibt es keine gesicherten Erkenntnisse. Einerseits wurde wegen der Position am orographisch rechten Ufer und im oder fast im Niveau des Langbathbaches eine Anreicherung durch letzteren vermutet, andererseits liegt eine Anreicherung aus dem Feuerkogelplateau sehr nahe. Die Kalkofenquelle wurde, obwohl auf der Nordseite des Langbathbaches gelegen, zur Absicherung mit Aktivkohle beprobt. Sie diente früher ebenfalls zur Wasserversorgung von Ebensee.

Die Kaltenbachquelle (H 9) am Ausgang der Schiffau südlich des Vorderen Langbathsees stellt neben der Langbathquelle (H 81) den bedeutendsten Austritt im Norden des Höllengebirges dar, wobei es möglich erscheint, daß das Einzugsgebiet bis in den Westteil des Feuerkogelplateaus reicht. Wie im Abschnitt 4.1.3 noch gezeigt wird, scheint der Austritt der Kaltenbachquelle seine bergwärtige Fortsetzung im Karstsystem um die Totengrabenhöhle zu finden.

Der Hirschbrunn (H 7) oberhalb des Hinteren Langbathsees wurde gewählt, weil er von der geplanten Eingabe bei der Quelle am östlichen Brunnkogel betroffen sein könnte. Aritzbach und Wambach als Oberflächengerinne entwässern den südöstlichen Teil des Höllengebirges und zwar hauptsächlich den Hauptdolomitbereich, während die oberen Abschnitte der beiden Gerinne in den Wettersteindolomit und -kalk zurückreichen.

3.2.2 Entnahmestellen Bereich 2 (Kienbachtal - Äußerer Weißenbach - Mitterweißenbach)

Bezüglich geologischer Position und Charakteristik der Entnahmestellen sei auf die Ausführungen am Beginn des vorhergehenden Abschnittes verwiesen.

Tab. 4: Übersicht über die während des Markierungsversuches 1986/87 beprobten Quellen des Bereiches 2;
WV = Wasserversorgung.

Nr.	Entnahmestelle	Seehöhe (m)	Nutzung
H 4	Aurach-Ursprung	960	--
H 28	Höllgrabenbach	600	--
H 29	Höllbach-Ursprung	600	--
H 33/35	Brunnlahnganggraben	665	--
H 37	Rehstattgraben	760	--
H 51	Qu. NE' Jagdhaus Aufzug	620	--
H 64	Leberbrunngrabenbach	620	--
H 65	Gimbach-Ursprung	650	--
H 66	Quelle Saglstube	575	--
H 67	Graben N' Saglstube	575	--
H 68/69	Graben v. Fürstenbergstube	560	--
H 73	Schwarzenbachquelle	520	WV (aufgelassen)
H 77	Qu. b. Äuß. Weißenbach	485	--
----	In der Sag		--

Der Südbereich repräsentiert den Teil des Höllengebirges mit den größten Karstquellen, die bis auf die Schwarzenbachquelle (H 73) weitgehend an der Grenze Wettersteinkalk zu Wettersteindolomit austreten. Durch die NE-SW verlaufenden Bruchstrukturen, die in den Wettersteindolomit hineinreichen, sind die Austritte talauswärts verschleppt. Die kartenmäßige Darstellung der Grenze Wettersteinkalk zu -dolomit stellte sich bei zahlreichen Geländebegehungen als revisionsbedürftig heraus. Das Projekt konnte jedoch nicht den Rahmen für eine geologische Neukartierung bieten. So entspringt der Gimbach-Ursprung (H 65) an einer ausschließlich im Wettersteinkalk verlaufenden Bruchfuge. Der Höllbach-Ursprung (H 29) ist durch Schutt verdeckt, so daß weitergehende Aussagen nicht verifiziert werden können und die Schwarzenbachquelle (H 73) entspringt ebenfalls in einem Schuttkörper, der jedoch vollständig im Wettersteindolomit liegt. Der Austritt H 77 befindet sich unter der Straße Richtung Weißenbach a. Attersee und ist ebenfalls ein Schuttaustritt. Es ist dort nicht klar, ob es sich um einen verdeckten Austritt aus dem Wettersteindolomit des Höllengebirges handelt oder nur um einen am Talrand gelegenen Wiederaustritt des Äußeren Weißenbaches, der in diesem Bereich in einem z.T. verwilderten Bachbett fließt.

Die Meßstellen H 4, H 28, H 33-37, H 51, H 64, H 67-69 wurden zur Sicherheit ebenfalls mit Aktivkohle beprobt, die Wahrscheinlichkeit eines massiven Tracerdurchganges bzw. bei einigen die eines positiven Nachweises jedoch als gering bewertet.

Aufgrund der Ergebnisse des Markierungsversuches 1983/84 wurden besonders Nachweise in der Schwarzenbachquelle (H 73), im Gimbach-Ursprung (H 65) und im Höllbach-Ursprung (H 29) erwartet.

3.3 Ergebnisse des Markierungsversuches 1986/87

3.3.1 Probenübersicht und Entnahmeplan

Tab. 5: Übersicht über die entnommenen Direkt- und Aktivkohleproben

Nr.	Entnahmestelle	Direkt	Aktivkohle	
			Zeitraum	Anzahl
H 4	Aurach-Ursprung	keine	6.5.86 - 20.6.87	18
H 7	Hirschbrunn	1	5.5.86 - 20.6.87	24
H 9	Kaltenbachquelle	84	5.5.86 - 20.6.87	50
H 14	Miesenbachquelle	87	5.5.86 - 20.6.87	52
H 15	Schusterbachquelle	81	5.5.86 - 20.6.87	48
H 28	Höllgrabenbach	30	25.5.86 - 20.6.87	42
H 29	Höllbach-Ursprung	87	26.5.86 - 20.6.87	51
H 33/35	Brunnlahnganggraben	keine	26.5.86 - 21.6.87	24
H 37	Rehstattgrabenquelle	32	26.5.86 - 21.6.87	40
H 51	Qu. NE' Jagdhaus Aufzug	keine	7.5.86 - 21.6.87	16
H 64	Leberbrunngrabenbach	2	7.5.86 - 21.6.87	25
H 65	Gimbach-Ursprung	89	7.5.86 - 21.6.87	51
H 66	Quelle Saglstube	29	7.5.86 - 21.6.87	42
H 67	Graben N' Saglstube	keine	9.6.86 - 21.6.87	17
H 68/69	Graben v. Fürstenbergstube	1	12.6.86 - 21.6.87	14
H 73	Schwarzenbachquelle	85	7.5.86 - 21.6.87	52
H 77	Qu. b. Äuß. Weißenbach	keine	7.5.86 - 21.6.87	11
H 81	Langbathquelle	86	5.5.86 - 20.6.87	53
----	Kalkofenquelle	keine	9.6.86 - 20.6.87	10
----	Aritzbach Brücke	keine	5.5.86 - 20.6.87	25
----	Wambach Kote 533	keine	26.5.86 - 20.6.87	18
----	In der Sag	1	-----	--
----	Mündung Mitterweißenbach	1	-----	--
Gesamtprobenanzahl		696		683

Der Entnahmeplan sah vor, je nach Stand der Auswertung die Entnahmeintervalle zu verändern. Es wurde bis zum 4.8.1986 in kurzen Intervallen, bis 17.9.1986 und im Einzelfall bis Mitte Dezember 1986 in wöchentlichen, 14-tägigen und monatlichen Abständen beprobt und Quellen, die episodisch trocken fielen, mit Dauerkohlen bis Ende Juni 1987 beprobt. Die genauen Entnahmezeiten für Quellen mit Tracerdurchgängen sind den Beilagen 2 - 4 zu entnehmen.

3.3.2 Analytische Methoden

Zur Untersuchung auf Fluoreszenzfarben wurden die Proben mittels eines Spektrofluorometers der Type AMINCO SPF 500 Ratio in 10 x 10 mm Glasküvetten analysiert. Die Proben wurden nach dem Synchron-Scan-Verfahren gemessen und die daraus erhaltenen Spektren auf die typischen Fluoreszenzeigenschaften der eingesetzten Farbtracer untersucht. Während die Direktproben ohne vorbereitenden Aufschluß gemessen werden können, ist für die Aktivkohleproben zuerst eine Trocknung und danach eine Extraktion mit einem geeigneten Lösungsmittel notwendig. Der weitere Ablauf der Messung erfolgt dann wie bei den Direktproben. Je nach Fragestellung werden bei Direktproben und Aktivkohleproben insbesondere beim Auftreten von Tracergemischen durch Reagenzienzusätze (Ansäuern bzw. Alkalisieren) die für den jeweiligen Farbstoff typischen Fluoreszenzen im jeweiligen Lösungsmittel unterdrückt oder hervorgehoben. Eine eingehende Darstellung geben H. BEHRENS (1982) und F. BAUER (1967).

3.3.3 Ergebnisse mit EOSIN

Auswertung der Direktproben (Beil. 2 a-d)

Das im Eingangsteil der Hochlecken-Großhöhle in einen wasserführenden Schacht eingegebene EOSIN trat gleich wie beim Versuch 1983/84 fast ausschließlich im Gimbach-Ursprung (H 65) aus. Durch die großen Entfernungen, die während einer Probennahmetour zurückzulegen waren, konnten die Austritte nur zweimal am Tag beprobt werden, so daß für den sehr raschen Durchgang das Entnahmeintervall zu weit war. Dies drückte sich darin aus, daß die erste positive Probe auch das Konzentrationsmaximum darstellt. Die 4 Probennahmen vom 14.6.1986 erfaßten den steilen Abfall der Konzentration. Tatsächlich muß der Fluoreszenztracer zwischen dem 13.6.1986, 16:55 und 14.6.1986, 11:15 zuerst aufgetreten sein. Eine Woche nach dem Konzentrationsmaximum sank der Gehalt an EOSIN unter 1 mg/m^3 und konnte in den Direktproben durchgehend bis zum 28.7.1986 und danach bis um den 22.11.1986 nur mehr sporadisch nachgewiesen werden.

Bei keiner weiteren Entnahmestelle war EOSIN in den Direktproben nachzuweisen.

Auswertung der Aktivkohleproben

Gimbach-Ursprung (H 65)

Selbstverständlich war EOSIN auch in den Aktivkohleproben dieser Quelle nachzuweisen. Da jedoch durch die Direktproben der Durchgang ausreichend dokumentiert werden konnte, erübrigt sich eine weitere Darstellung der Aktivkohleauswertung.

Quelle b. d. Saglstube (H 66)

In Spuren konnte EOSIN in diesem Austritt nachgewiesen werden.

Tab. 6: Aktivkohleauswertung der Quelle H 66
Angabe in relativen Fluoreszenzintensitäten

Entnahmezeit	Aktivkohle	Intensität
22.6.1986	2683	75
23.6. - 25.6.1986	negativ	---
26.6.1986	3721	486
27.6. - 28.6.1986	negativ	---
30.6.1986	3851	160
1.7.1986	3859	225
1.7. - 2.7.1986	negativ	---
2.7.1986	3625	243
2.7. - 4.7.1986	negativ	---
5.7.1986	4112	100

Die obige Tabelle zeigt, daß EOSIN nur in geringen Gehalten auftrat und nur in einzelnen Aktivkohlen. Da die Quelle schon sehr weit im Dolomitsockel liegt, der Gimbach-Ursprung wie gezeigt den größten Teil der Wässer abzieht und somit die maßgebende Vorflut der Karstwässer in diesem Bereich darstellt, erscheint das nur spurenhafte Auftreten des Tracers in H 66 plausibel.

Mit Ausnahme von H 77 (2 positive Nachweise in Aktivkohlen) konnte EOSIN in keiner weiteren Entnahmestelle in den Aktivkohlen nachgewiesen werden. Die Quelle H 77 liegt in der Talaue des Äußeren Weißenbaches. Da der Gimbach in den Äußeren Weißenbach mündet, ist ein Auftreten von EOSIN in dieser Quelle leicht erklärlich. Dies bedeutet aber auch, daß H 77 nur Wasser des Äußeren Weißenbaches führt und als Grundwasserauftrieb oder -austritt bezeichnet werden kann. Die nachgewiesenen Verbindungen sind der Beilage 1 zu entnehmen.

3.3.4 Ergebnisse mit PYRANIN

Auswertung der Direktproben (Beil. 3 a-d)

PYRANIN wurde in eine aufgegrabene Doline auf der Brennerin eingegeben (Fig. 5) und konnte in der Schwarzenbach-Quelle (H 73) erst in einer Probe vom 5.7.1986 nachgewiesen werden. Das Konzentrationsmaximum folgte 4 Tage später am 9.7.1986. Am 12.7.1986 wurde zunächst die letzte positive Probe gezogen; nach einer Lücke bis zum 17.7.1986 erfolgte ein neuerlicher Konzentrationsanstieg bis zum 20.7.1986 und danach ein Rückgang bis zur letzten positiven Direktprobe am 21.7.1986. Die Gehalte sind sehr gering und bewegen sich meist knapp oberhalb der Nachweisgrenze. Da eine Entwässerung von der Brennerin wegen ihrer exponierten Lage am SW-Sporn des Höllengebirges nur mehr über den Dolomitsockel erfolgen kann, wurde ein sehr verzögerter Durchgang erwartet. Wegen des ausgeglicheneren Schüttungsverhaltens der Schwarzenbach-Quelle (H 73) ist bedingt durch den feinklüftigen Dolomitaquifer eine längere Verweilzeit des Wassers zu erwarten und damit verbunden eine größere Verdünnung des Tracers. In keiner weiteren Direktprobe einer anderen Entnahmestelle konnte PYRANIN nachgewiesen werden.

Auswertung der Aktivkohleproben

Die Aktivkohlen der Schwarzenbach-Quelle (H 73) zeigten ebenfalls PYRANIN und bestätigen somit den für die Direktproben erhaltenen Tracerdurchgang. Auf eine weitere Erörterung für die genannte Quelle kann daher verzichtet werden. Da der Quellbach in den Äußeren Weißenbach mündet, konnte PYRANIN auch in den Aktivkohlen der Entnahmestelle H 77 nachgewiesen werden, allerdings nur in einzelnen Proben, sodaß dieses Ergebnis nur qualitativen Wert hat. In keiner der Aktivkohlen einer anderen Entnahmestelle wurde PYRANIN nachgewiesen.

3.3.5 Ergebnisse mit URANIN

Auswertung der Direktproben (Beil. 4 a-e)

Das auf der Westseite des Östlichen Brunnkogels eingesetzte URANIN führte zu einigen Überraschungen, was die regionale Verteilung des Tracers anbelangt. Auf die sich daraus ergebenden hydrogeologischen Konsequenzen wird im Abschn. 4.1 eingegangen. Im folgenden die Besprechung für die Nachweise bei den einzelnen Quellaustritten.

Kaltenbachquelle (H 9)

Nicht erwartet wurde der Nachweis von URANIN in Direktproben nach dem 17.8.1986.

Tab 7: URANIN-Konzentrationen in Direktproben der Kaltenbachquelle (H 9).

Entnahme	Uraningehalt (mg/m ³)
18.08.1986/15:30	0.004
25.08.1986/14:00	0.002
01.09.1986/13:10	0.003
08.09.1986/15:30	0.005
15.09.1986/13:40	0.0
22.09.1986/15:10	0.0
06.10.1986/14:30	0.006
20.10.1986/16:10	0.0
03.11.1986/13:10	0.003
15.11.1986/15:30	0.007
28.11.1986/15:30	0.0
12.12.1986/-----	0.008
26.12.1986/11:00	0.049
27.03.1986/-----	0.0
20.06.1987/-----	0.004

Die schwankenden URANIN-Gehalte zeigen, daß das Auftreten des Tracers in der Quelle nur auf eine untergeordnete Nebenverbindung im Karstaquifer schließen läßt.

Entnahmestelle H 28

Die Entnahmestelle ist nicht mit der Quelle H 28 zu verwechseln. Aus organisatorischen Gründen wurde die Entnahmestelle knapp oberhalb der Mündung in den Quellbach des Höllbach-

Ursprunges (H 29) eingerichtet. In 3 Direktproben vom 30.6., 1.7. und 2.7.1986 wurde URANIN in einer Konzentration zwischen 0.004 und 0.008 mg/m³ nachgewiesen. Bis zum Ende der Direktprobenentnahme bei dieser Entnahmestelle (17.7.1986) konnte keine weitere positive Probe gezogen werden.

Höllbach-Ursprung (H 29)

Bei dieser Quelle trat der Hauptteil des URANINs aus und war durch eine intensive Grünfärbung des Quellgerinnes und in weiterer Folge des gesamten Höllbaches bis zur Mündung gekennzeichnet (Fig. 14). Nach der Eingabe am 19.6.1986 trat der Tracer in einer Direktprobe vom 24.6.1986 zum ersten Mal auf mit einem Konzentrationsmaximum am 30.6.1986 und war in den Direktproben mit abnehmenden Gehalten bis zum 25.1.1987 nachweisbar. In diesem Zusammenhang sei auch auf den nächsten Abschnitt 3.3.6 bzgl. des in der gleichen Quelle auftretenden AMIDORHODAMINs BN verwiesen.

Rehstattgraben-Quelle (H 37)

Bei diesem Austritt konnte nur eine positive Probe am 30.6.1986 mit einer Konzentration von 0.005 mg/m³ gezogen werden. Dieser Befund wurde durch die Ergebnisse der Aktivkohleauswertung bekräftigt.

Gimbach-Ursprung (H 65)

Der Nachweis des Tracers erfolgte in den Direktproben nach dem 23.7.1986. Die Darstellung der Ergebnisse ist der Beilage 2 zu entnehmen. Das Auftreten in den Direktproben zeigt, daß entlang der Leberbrunnstörung eine entsprechende Entwässerung erfolgen muß oder, falls diese Störung gequert werden muß, diese keine Barriere darstellt.

Sonstige Entnahmestellen

In den Austritten Miesenbachquelle (H 14), Schusterbachquelle (H 15) und Langbathquelle (H 81) traten ungefähr im gleichen Zeitraum wie bei der Kaltenbachquelle (H 9) Spuren von URANIN auf, die jedoch als fraglich eingestuft und daher nicht zur Beweisführung herangezogen werden. In der Beilage 1 unterblieb daher die Einzzeichnung der entsprechenden Verbindungen.

Auswertung der Aktivkohleproben

Hirschbrunn (H 7)

In einer Aktivkohle vom 26.12.1986 konnte eindeutig URANIN nachgewiesen werden. Da die Eingabestelle nahe des Nordabbruches des Höllengebirges in das Langbatthal liegt, erscheint für bestimmte hydrologische Situationen eine derartige Verbindung plausibel. Obwohl es sich hier nur um einen einzigen Nachweis handelte wurde diese Verbindung in der Beilage 1 eingezeichnet. Es kann sich dabei allerdings nur um einen Nebenast des Entwässerungssystems handeln.

Kaltenbachquelle (H 9)

Entsprechend dem Auftreten in den Direktproben ab Mitte August 1986 belegen auch die Aktivkohlen des gleichen Zeitraumes ein Auftreten von URANIN.

Höllbach-Ursprung (H 29)

Da für diesen Austritt durch die sichtbare Grünfärbung des Quellbaches und durch die Analyse der Direktproben der URANIN-Durchgang ausreichend dokumentiert ist, erübrigt sich eine weitere Erörterung über die Aktivkohleproben. Selbstverständlich war der Tracer auch in diesen Proben nachzuweisen.

Rehstattgraben-Quelle (H 37)

Wie schon bei der Direktprobenauswertung nachgewiesen wurde, trat der Tracer auch in der korrespondierenden Aktivkohle auf und in der folgenden, am 1.7.1986 entnommenen. In den weiteren Aktivkohleproben bis zum Beprobungsende wurde kein URANIN mehr nachgewiesen, was auch hier belegt, daß es sich nur um einen untergeordneten Entwässerungsstrang handeln kann.

Quelle NE' Jagdhaus Aufzug (H 51)

In der Aktivkohle vom 24.-27.6.1986 konnte eindeutig URANIN nachgewiesen werden. Dieser Nachweis erscheint sehr plausibel, da durch den entsprechenden Graben die Leberbrunnstörung zieht, die sich in Luftbildern bis an den Nordrand des Höllengebirges in die Nähe der Eingabestelle verfolgen läßt.

Leberbrunngrabenbach (H 64)

Die Entnahmestelle lag nicht bei der Quelle, sondern kurz vor der Mündung in den Gimbach und repräsentiert somit den Gesamtabfluß des dahinterliegenden Einzugsgebietes. URANIN konnte in mehreren Aktivkohlen vom 19.6.-23.6., vom 26.6.-30.6., vom 25.8.-8.9. und von 12.12.-27.12.1986 nachgewiesen werden. Auch hier kommt die Funktion der Leberbrunnstörung zum Ausdruck.

Gimbach-Ursprung (H 65)

Ein Nachweis in den entsprechenden Aktivkohlen des gleichen Zeitraumes bekräftigt das Auftreten von URANIN in den Direktproben.

Sonstige Entnahmestellen

In keiner weiteren Aktivkohle einer anderen Entnahmestelle wurde URANIN nachgewiesen, was auch die Begründung dafür ist, daß die fraglichen URANIN-Spuren in der Miesenbachquelle (H 14), der Schusterbachquelle (H 15) und in der Langbachquelle (H 81) nicht zum Beweis einer Karstwasserverbindung herangezogen wurden.

3.3.6 Ergebnisse mit AMIDORHODAMIN BN

Auswertung der Direktproben (Beil. 4 a-e)

Höllbach-Ursprung (H 29)

Der Hauptaustritt des südlich der Riederhütte am 19.6.1986 in einen Karstschacht eingegebenen Tracers erfolgte in dieser Quelle beginnend mit 21.6.1986 und dem Maximum am 21.6.1986. Vom 21.6.-24.6.1986 war durch den konzentrierten Austritt des Tracers der Höllbach rotgefärbt (Fig. 13). Der Nachweis in den Direktproben war bis zum Ende des Entnahmeprogrammes am 21.6.1987 möglich. Dieser langanhaltende Austritt des Tracers in Direktproben scheint u.a. in der chemischen Struktur des Tracers begründet zu sein (der Tracer ist ein kationischer Fluoreszenzfarbstoff, der durch Adsorption an Feinsedimenten zurückgehalten und verzögert abgegeben wird. Die genauen Daten sind der Beilage 4 zu entnehmen.

Auswertung der Aktivkohleproben

Kaltenbachquelle (H 9)

In dieser Quelle konnte in einzelnen Aktivkohleproben knapp über der Nachweisgrenze bis zum Ende des Beobachtungsprogrammes immer wieder der Tracer nachgewiesen werden. Eine tabellarische Auflistung der Aktivkohleergebnisse unterbleibt, da es sich nur um vereinzelte Nachweise handelt.

Höllbach-Ursprung (H 29)

Die Ergebnisse der Aktivkohleuntersuchungen, die während des Durchganges stichprobenartig durchgeführt worden waren, bestätigten die Resultate der Direktprobenauswertung.

Bei keiner anderen Entnahmestelle war der Tracer in Direktproben oder Aktivkohlen nachzuweisen, so daß gefolgert werden kann, daß der Tracer außer in besonderen hydrologischen Situationen ausschließlich dem Höllbach-Ursprung (H 29) zukommt.

3.3.7 Ergebnisse mit Na-NAPHTHIONAT

Wegen der möglichen Beeinflussung von Wasserversorgungsanlagen im Trauntal wurde dieser visuell auch in hohen Konzentrationen nicht erkennbare Tracer (Fluoreszenz nur im UV-Teil des Spektrums) eingesetzt und versucht, die Eingabemenge möglichst weit zu reduzieren. Darüber hinaus ist dieser Tracer um Größenordnungen schlechter nachweisbar als URANIN. Dies führte dazu, daß nur in vereinzelten Aktivkohleproben Spuren von NAPHTHIONAT zu erkennen waren und daher eine quantitative Auswertung unterbleiben mußte. Die aus diesen Auswertungen erhaltenen Ergebnisse sind in der Beilage 1 als Spurennachweise nur strichliert eingezeichnet. Auf die sich daraus ergebenden Folgerungen wird im Kap. 4 noch näher eingegangen.

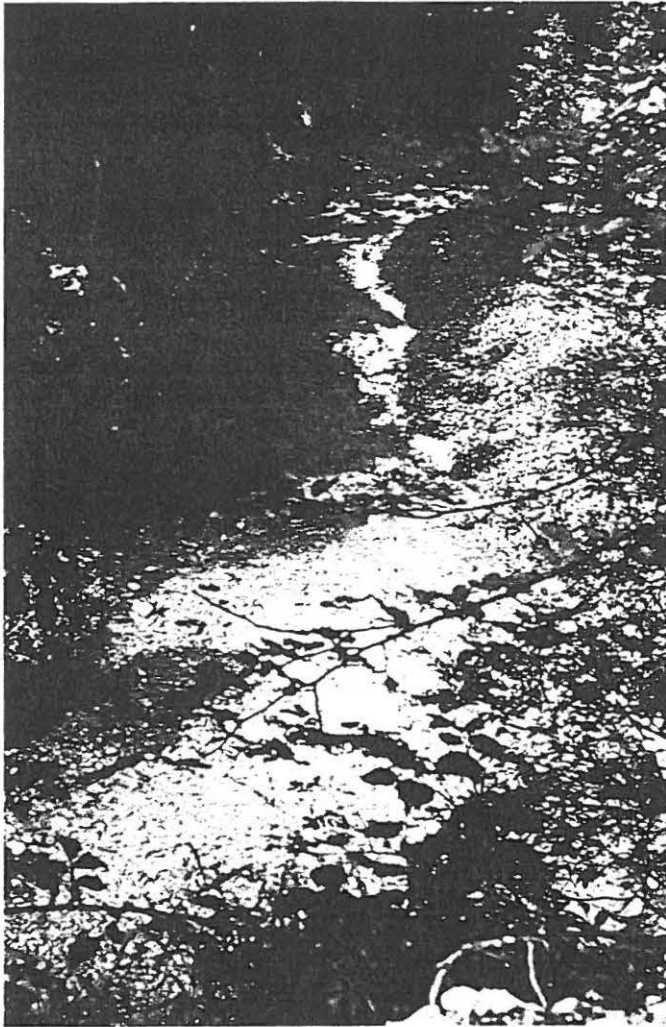


Fig. 13: Rotfärbung des Höllbaches beim Durchgang des Amidorhodamins BN ca. 1.5 km unterhalb der Quelle.



Fig. 14: Grünfärbung des Höllbach-Ursprunges (H 29) durch Uranin am 28.6.1986.

3.4 Transportgeschwindigkeiten und Wiederausbringung

3.4.1 Allgemeines

Für die weitere Beurteilung des Versuches wäre es interessant, über die Wiederausbringungsraten und Transportgeschwindigkeiten der eingegebenen Tracer Informationen zu erhalten. Denn dadurch läßt sich erkennen, wieviel Prozent der Eingabemenge in welcher Zeit einer bestimmten Entnahmestelle zugekommen sind, was einerseits Schlußfolgerungen auf den Aquifer zuläßt andererseits für die Abgrenzung von Schutz- und Schongebieten wichtig ist. Die Berechnung der Wiederausbringungsrate erfolgt auf der Grundlage von Konzentrations- und Abflußmessungen. Die Wiederausbringungsrate ist jene Menge an Tracer, die an einer bestimmten Entnahmestelle bis zu einem bestimmten Zeitpunkt erfaßt werden kann. Dieser Zeitfaktor ist sehr wichtig, da ein zu früh beendeter Versuch eine Verfälschung dieser Kennwerte bringt. Die gesamte Tracerwiederausbringung ist somit die Summe aller einzelnen Ausbringungsrate, gemessen an verschiedenen Entnahmestellen und immer bezogen auf einen bestimmten Zeitpunkt. Sie kann in absoluten Masseneinheiten (kg, g, mg) oder in % der Eingabemenge angegeben werden. Zur Berechnung sind die Konzentrationswerte und möglichst exakte Abflußwerte zum Zeitpunkt der Probennahme wichtig. Begonnen wird die Berechnung mit der ersten Tracer positiven Probe und endet mit der letzten gezogenen positiven Probe. Allerdings sind hier einige Einschränkungen anzuführen. Da die Art der Berechnung eine Integration über die Zeit darstellt, wird die Berechnung umso genauer, je kürzer die Entnahmeintervalle gewählt werden. In der Praxis hängen diese Intervalle von der Fragestellung und den erwarteten Durchgangszeiten und nicht zuletzt auch vom Arbeits- oder finanziellen Aufwand ab.

Für den vorliegenden Versuch konnten zwar die Hauptdurchgänge bei Höllbach-Ursprung (H 29), Gimbach-Ursprung (H 65) und Schwarzenbach-Quelle (H 73) quantitativ ausgewertet werden, doch zeigen die Beilagen 2-4, daß die errechneten Wiederausbringungsrate nicht reel sind. Dies ist darin begründet, daß die zu dieser Berechnung notwendigen Abflußwerte von Schreibpegelanlagen an der Mündung des Hauptgerinnes in das Mitterweißenbachtal oder in den Äußeren Weißenbach gewonnen wurden. Das bedeutet, daß durch seitliche Zubringer aus dem Dolomitvorland ein zu hoher Abflußwert in die Berechnungen eingeht und somit eine zu hohe Schüttung für den jeweiligen an Tracer positiven Quellaustritt. In den Tabellen der Beilage 2-4 ist dies daran zu erkennen, daß als Wiederausbringungsrate 99.999 % angegeben wird und trotzdem noch immer erhebliche Tracerkonzentrationen gemessen werden. Für EOSIN und den Gimbach-Ursprung (H 65) kommt noch hinzu, daß EOSIN sich unter dem Einfluß des Tageslichtes auf der langen Fließstrecke von der Quelle bis zur Schreibpegelanlage irreversibel zersetzt. Einzig für die Schwarzenbach-Quelle (H 73)

kann ein reeler Abflußwert auf die Quelle bezogen werden, sofern durch das dahinterliegende Oberflächengerinne keine Beeinflussung erfolgt. Wegen der schlechteren Nachweisgrenze sind auch die in der Tabelle angegebenen Wiederausbringungsraten zu gering.

Neben der Wiederausbringungsrate interessieren an einem Tracerdurchgang charakteristische Zeitpunkte, die wiederum die Grundlage zur Berechnung verschiedener Geschwindigkeitsausdrücke darstellen. Um Geschwindigkeiten berechnen zu können, sind natürlich auch die Weglängen zu berücksichtigen, d.h. die Länge der Strecke, die ein Tracermolekül von der Eingabestelle bis zum Wiederaustrittspunkt zurücklegt. Bei Versuchen im natürlichen Aquifer ist die wahre Weglänge praktisch immer unbekannt. Daher muß als Wegstrecke eine genau zu definierende Bezugsgröße gewählt werden. Im allgemeinen wird die aus einer topographischen Karte entnommene Länge der horizontalen Verbindungslinie zwischen Eingabepunkt und Entnahmepunkt herangezogen. Möglich aber unüblich ist auch die Länge dieser irgendwie im Raum liegenden Verbindungslinie, da Austrittspunkt und Eingabepunkt meist auch verschiedene Seehöhen haben. Folgende charakteristische Zeitpunkte sind in diesem Fall interessant:

t_0 Zeitpunkt des ersten Nachweises des Tracers
 t_{Peak} Zeitpunkt der Maximalkonzentration des Tracers

Diese Zeitpunkte lassen sich nicht nur für die Tracerkonzentrationen ableiten, sondern auch für die Tracerfracht. Wegen der oben angeführten Schwierigkeiten, reele Abflußwerte in die Berechnungen einzusetzen, war es nur möglich, auf Konzentrationswerte bezogene Transportgeschwindigkeiten zu berechnen. Ausgehend von diesen Zeitpunkten wurden daher folgende Geschwindigkeiten berechnet:

v_{max} Geschwindigkeit zum Zeitpunkt t_0 (maximale Abstandsgeschwindigkeit
in m/s, m/h oder m/d)
 v_{dom} oder v_{Peak} Geschwindigkeit zum Konzentrationsmaximum (dominante oder
Peak-Abstandsgeschwindigkeit, Einheit wie oben)

Fließt der Tracer nur einem einzigen Entnahmepunkt zu, so bereitet die Berechnung obiger Ausdrücke keinen Aufwand, teilt sich der Tracer aber auf mehrere Austritte auf, so kann die Berechnung für jeden Austrittspunkt extra durchgeführt werden und auch für den gesamten Markierungsversuch. Es gibt daher eine Vielzahl von Geschwindigkeitsbegriffen, die vor der Berechnung genau zu definieren sind. So geben die Geschwindigkeiten im allgemeinen Minimalwerte an, da die wahren Weglängen im natürlichen Aquifer größer sind als die durch den Horizontalabstand

zwischen Eingabe- und Austrittspunkt definierten. Wenn der Tracernachweis nur mehr mittels Aktivkohle gelingt, können keine definierten Zeitpunkte und Konzentrationen mehr zugrundegelegt werden, da die Aktivkohle während ihrer Expositionsdauer den Tracer im Rahmen ihrer Adsorptionskapazität nach einer nicht-linearen Funktion adsorbiert und in den meisten Fällen dann auch die Variation der Abflüsse nicht bekannt ist.

Beachtenswert ist auch die Tatsache, daß der Zeitpunkt des ersten Auftretens sehr stark von der Nachweisempfindlichkeit des gewählten Analyseverfahrens abhängt, so daß auch hier je nach Wahl des Verfahrens und des eingesetzten Gerätes Verschiebungen auftreten können.

Für den vorliegenden Markierungsversuch wurden die Abflüsse durch den hydrographischen Dienst des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung mit dem hydrometrischen Flügel gemessen und aus Wasserstandsaufzeichnungen über Pegelschlüssel berechnet. Die Messung der analytischen Parameter erfolgte nach den im Abschn. 3.3.2 beschriebenen Methoden. Die weitere Auswertung erfolgte mit eigens dafür am Institut f. Geothermie & Hydrogeologie entwickelten Computerprogrammen (DYE1 v. F. GRAF).

3.4.2 Zusammenstellung der Berechnungen

Eine quantitative Auswertung war nur bei den Entnahmestellen möglich, bei denen Direktproben in einer kontinuierlichen Reihe entnommen werden konnten. Dies war nur bei den in den Beilagen 2-4 dargestellten Entnahmestellen der Fall. Im folgenden werden einige Tabellen mit den charakteristischen Zeitpunkten und Geschwindigkeiten der Tracerdurchgänge angegeben. Die Berechnungszeiträume beziehen sich dabei auf den Zeitraum zwischen der ersten und der letzten positiven Probe. Dies verursacht besonders dann Ungenauigkeiten, wenn gegen Ende des Tracerdurchganges die Entnahmeintervalle vergrößert werden und dann z.B. durch Regenfälle die Schüttung oder die Konzentration stärker schwankt und diese Schwankungen nicht mehr erfaßt werden können. Für das Verständnis der nachfolgenden Tabelle sind daher untenstehende Angaben wichtig:

t_0	Zeitpunkt des ersten Auftretens nach der Eingabe (h)
t_{Peak}	Zeitpunkt des Konzentrationsmaximums nach der Eingabe (h)
v_0	Geschwindigkeit des ersten Auftretens (m/h)
v_{Peak}	Peakgeschwindigkeit (m/h)
Distanz	Aus der topographischen Karte entnommene Horizontaldistanz zwischen Eingabepunkt und Entnahmestelle (m)

Tab. 8: Charakteristische Zeitpunkte und Abstandsgeschwindigkeiten für die Durchgänge am Höllbach-Ursprung (H 29), am Gimbach-Ursprung (H 65) und an der Schwarzenbach-Quelle (H 73).

Tracer	t_0	t_{Peak}	v_0	v_{Peak}	Distanz
Höllbach-Ursprung (H 29)					
URANIN	128	273	24.6	11.5	3150
AMIDORHODAMIN BN	48	56	62.5	53.6	3000
Gimbach-Ursprung (H 65)					
EOSIN	50	50	64.7	64.7	3250
Schwarzenbach-Quelle (H 73)					
PYRANIN	385	475	6.8	5.5	2600

Die Tab. 8 weist deutliche Unterschiede im Abflußverhalten aus. Die schnellsten Abflußgeschwindigkeiten zeigt EOSIN, welches in die Hochlecken-Großhöhle eingespeist wurde. Da durch das vergrößerte Entnahmintervall das erste Auftreten nicht erfaßt werden konnte und das Konzentrationsmaximum schon am Beginn auftrat, fallen notwendigerweise auch die daraus berechneten Geschwindigkeiten zusammen. Vergleichbare Resultate erbrachte der AMIDORHODAMIN-BN-Durchgang am Höllbach-Ursprung (H 29). Obwohl URANIN ebenfalls in einem stark verkarsteten Bereich eingegeben worden war, betrug die Abstandsgeschwindigkeiten nur ein Fünftel bis ein Drittel der vorhin genannten, was damit zusammenhängen mag, daß das damit verbundene Entwässerungssystem durch ein komplexes Netzwerk von Klüften und Störungen und sonstigen Karsthohlräumen repräsentiert wird. Die langsamen Geschwindigkeiten für PYRANIN lassen sich erklären durch die schlechtere Nachweiseempfindlichkeit im Vergleich zu URANIN oder EOSIN und was in diesem Fall noch wichtiger ist, durch die Entwässerung in den Dolomitsockel des Höllengebirges.

4. Schlussfolgerungen

4.1 Einzugsbereiche und hydrogeologische Modellvorstellungen

4.1.1 Allgemeine Hinweise

Aus den bisherigen Markierungsversuchen und den in den vorangegangenen Projektabschnitten erhaltenen Ergebnissen lassen sich einige Vorstellungen über die Entwässerung des Höllengebirges und damit verbunden über die Einzugsbereiche einzelner Austritte gewinnen. Schon in der Anfangsphase des Projektes wurde erkannt, daß die Hauptentwässerung des Höllengebirges hauptsächlich nach Süden mit einigen Großaustritten auch nach Osten ausgerichtet ist, während nach Westen und nach Norden nur untergeordnete Entwässerungssysteme zu erkennen waren. Diese Entwässerungsrichtungen und die Konzentration der größten Austritte im Süden sind im wesentlichen durch den geologischen Bau des Höllengebirges bedingt, während die Karstentwicklung im einzelnen den unterschiedlichen Vorflutbedingungen gehorcht. So können tiefgreifende Störungen zu einem vom generellen geologischen Bau abweichenden Entwässerungssystem führen, wie dies z.B. für die Miesenbachquelle (H 14) und die Schusterbachquelle (H 15) im Trauntal der Fall sein könnte, wo parallel zur Entwicklung des Trauntales und der Schaffung eines ausreichend großen hydraulischen Potentials im Zuge der glazialen und postglazialen Ereignisse diese Quellaustritte entstehen konnten. Bezüglich der hydrogeologischen Details für die beiden letztgenannten Quellen sei auf den Endbericht zum Teil V des Projektes (S.6, Fig. 1) und die dortigen hydrochemischen und isotopehydrologischen Ergebnisse verwiesen. Für den mittleren und zentralen Teil des Höllengebirges ergaben sich unterschiedliche Entwässerungsrichtungen, wobei auch hier die Südrichtung überwiegt und die Tracernachweise zu Austritten im Norden nur von untergeordneter Bedeutung sind. Im Westteil des Höllengebirges kommt es zu einer Südentwässerung in zwei unterschiedlichen Systemen, wie die Ergebnisse des Markierungsversuches beim Gimbach-Ursprung (H 65) und bei der Schwarzenbachquelle (H 73) gezeigt haben. Der Nordwestteil des Höllengebirges mit den Abhängen in das Kienbachtal brachte nur sehr lokale Entwässerungssysteme, die aus mächtigen Hangschuttkörpern gespeist werden. Auf Grund des geologischen Baues mit der Hochlage der Flyschzone im Norden und dem generellen Schichtfallen im Karststock nach S waren dort auch keine großen Austritte zu erwarten. Dies betrifft nur die Quantität der verfügbaren Wassermengen nicht jedoch die Beurteilung ihrer Qualität.

Im folgenden werden die einzelnen Einzugsbereiche nochmals aufgelistet und im Anschluß nochmals zusammenfassend dargestellt:

- Einzugsgebiet Ost: Feuerkogelplateau; Miesenbachquelle (H 14), Schusterbachquelle (H 15), Langbathquelle (H 81)
- Einzugsgebiet Mitte: Gr. Höllkogel, Östl. Brunnkogel, Totengraben, Franzental; Kaltenbachquelle (H 9), Höllbach-Ursprung (H 29)
- Einzugsgebiet Nordwest: Hochlecken, Pfaffengraben; Gimbach-Ursprung (H 65)
- Einzugsgebiet Südwest: Brennerin, Salzberg, Schoberstein; Schwarzenbachquelle (H 73)
- Übrige Einzugsgebiete: Kienbachtal, Aurachtal, Südliche Vorbergzone

Die bei den Einzugsgebieten angeführten Quellen repräsentieren nur die Hauptaustritte. Selbstverständlich gehören dazu noch eine Reihe kleinerer Quellen, die jedoch im Rahmen der Untersuchungen nicht gesondert berücksichtigt wurden

4.1.2 Einzugsgebiet Ost

Obwohl die Ergebnisse des Markierungsversuches 1986/87 mit Na-NAPHTHIONAT nur qualitativer Natur sind, liegt die vermutliche Westgrenze des Einzugsgebietes ca. auf der Linie Heumahdgupf, Ofental und Spitzalpe und entwässert im wesentlichen zu den großen Austritten im Trauntal, Miesenbachquelle(H 14) und Schusterbach-quelle (H 15). Eine geringere Beeinflussung scheinen die Langbathquelle (H 81) und die Kaltenbachquelle (H 9) zu zeigen. Am Südostsporn des Höllengebirges waren die Oberflächengerinne Wambach und Aritzbach unter Beobachtung, brachten jedoch keine Hinweise auf Na-NAPHTHIONAT oder einen anderen der eingesetzten Tracer. Auf Grund der in der Geologischen Karte (Beil. 1) eingezeichneten Störungen im Ostteil des Höllengebirges, die im wesentlichen NW-SE streichen, erscheint diese Entwässerungsrichtung und die Lage der großen Quellen plausibel.

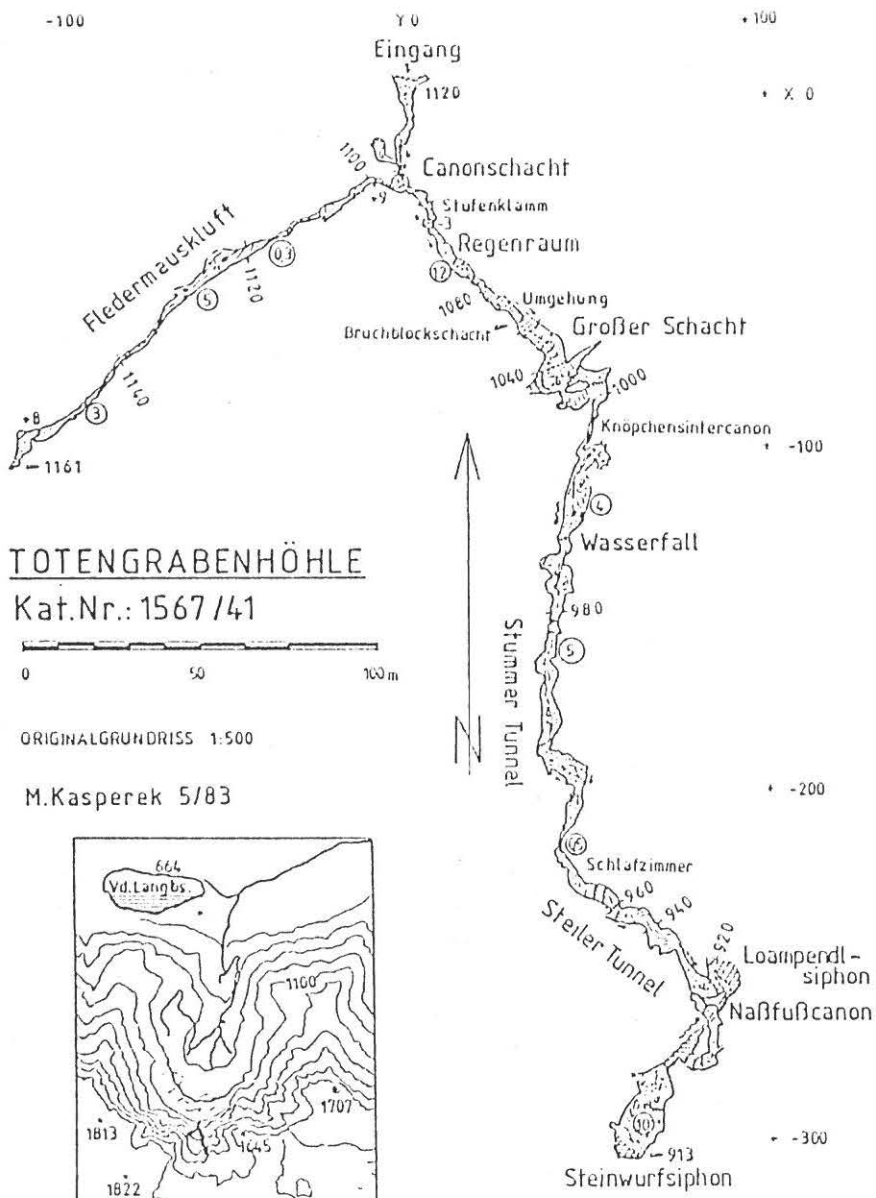
4.1.3 Einzugsgebiet Mitte

Dieses Einzugsgebiet repräsentiert den orographisch höchstliegenden Teil des Höllengebirges und nach den Ergebnissen des Markierungsversuches 1986/87 offensichtlich einen Bereich mit zwei unterschiedlich wirksamen karsthydrographisch wirksamen Zonen. Einerseits folgt die Hauptentwässerung entsprechend dem Schichtfallen und dem Streichen der Störungen nach Süden

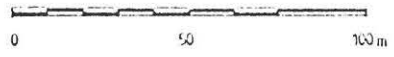
zum Höllbach-Ursprung (H 29) und zwar mit relativ hohen Fließgeschwindigkeiten von bis zu 1.5 km/Tag andererseits treten Spuren des Markierungsmittels URANIN mit einmonatiger Verspätung in den Direkt- und Aktivkohleproben der Kaltenbachquelle (H 9) auf. Dies kann damit erklärt werden, daß der Tracer nicht nur den Störungen nach S folgt, sondern auch offensichtlich dem EW-Streichen der Faltenachse der Höllengebirgsdecke. Darüber hinaus dürfte die Kaltenbachquelle (H 9) auch ein Einzugsgebiet repräsentieren, wo durch rückschreitende unterirdische Verkarstung eine langsame Anzapfung des Südbereiches erfolgt und nicht nur ein Einzugsgebiet, das im wesentlichen auf den Bereich der Hangschuttmassen der Schiffau begrenzt ist, wie dies im Endbericht zum Teil V des Berichtes noch angenommen worden ist. Aus der besonderen Verteilung und dem Richtungsmuster der das Plateau durchziehenden Störungen und der lokalen Morphogenese im Bereich der Schiffau oberhalb der Kaltenbachquelle (H 9) wird das Auftreten des URANINs verständlich. Bei entsprechenden hydrologischen Bedingungen kann es dann zu einem Überfließen in dieses System kommen. Unter anderen Bedingungen wird wahrscheinlich nur nach S entwässert. Diese Anzapfung kann am besten durch den speziellen Verlauf und die Lage der Totengrabenhöhle (Österr. Höhlenverz. Nr. 1567/41) mit ihrem Eingang in 1120 m Seehöhe im unteren Teil des Großen Totengrabens dargestellt werden. Fig. 15 sind Grundriß und Längsschnitt der Totengrabenhöhle zu entnehmen.

Beim Grundriß fällt auf, daß die Höhle im wesentlichen den Hauptrichtungen der Störungen folgt, einerseits einem SW-NE und andererseits einem SE-NW-System. Bemerkenswerter jedoch ist die Tatsache, daß nur ein Seitengang ("Fledermauskluft") aufsteigend nach SW verläuft, der weitaus größte Teil der Höhle jedoch ca. 200 Höhenmeter steil bergwärts nach S einfällt und in Siphonen endet, von denen auf Grund der dort festgestellten Fließrichtung des Wassers vermutet wird, daß sie zur Kaltenbachquelle (H 9) entwässern. M. KASPAREK (1984) vermutet auf Grund eigener Begehungen in den tiefsten Teilen der Höhle Hauptdolomit, was jedoch an Ort und Stelle verifiziert werden müßte. Ähnlich wie die Hochlecken-Großhöhle öffnet sich diese Höhle ebenfalls in den Nordabstürzen des Höllengebirges und fällt mit ihren Gängen großteils nach Süden ein. Erst das im tiefsten Teil auftretende nach Norden gerichtete Gerinne (nach obigem Autor im Mai 1983 während einer Befahrung mit ca. 100 l/s Schüttung) offenbart abweichende Verhältnisse, die die Annahme einer nach Norden gerichteten unterirdischen Anzapfung des ansonsten nach Süden ausgerichteten karsthydrologischen Systems rechtfertigen.

Die Hauptentwässerung des Bereiches Mitte ist sowohl aus dem Gebiet um den Großen Höllkogel mit der Riederhütte als auch aus dem Gebiet am Nordrand des Plateaus nach Süden zum Höllbach-Ursprung (H 29) ausgerichtet. Nebenverbindungen führen jedoch entlang oder parallel der

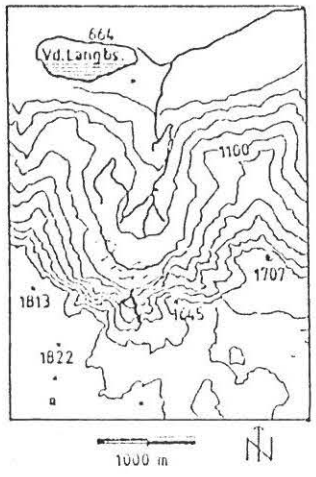


TOTENGRABENHÖHLE
Kat.Nr.: 1567/41

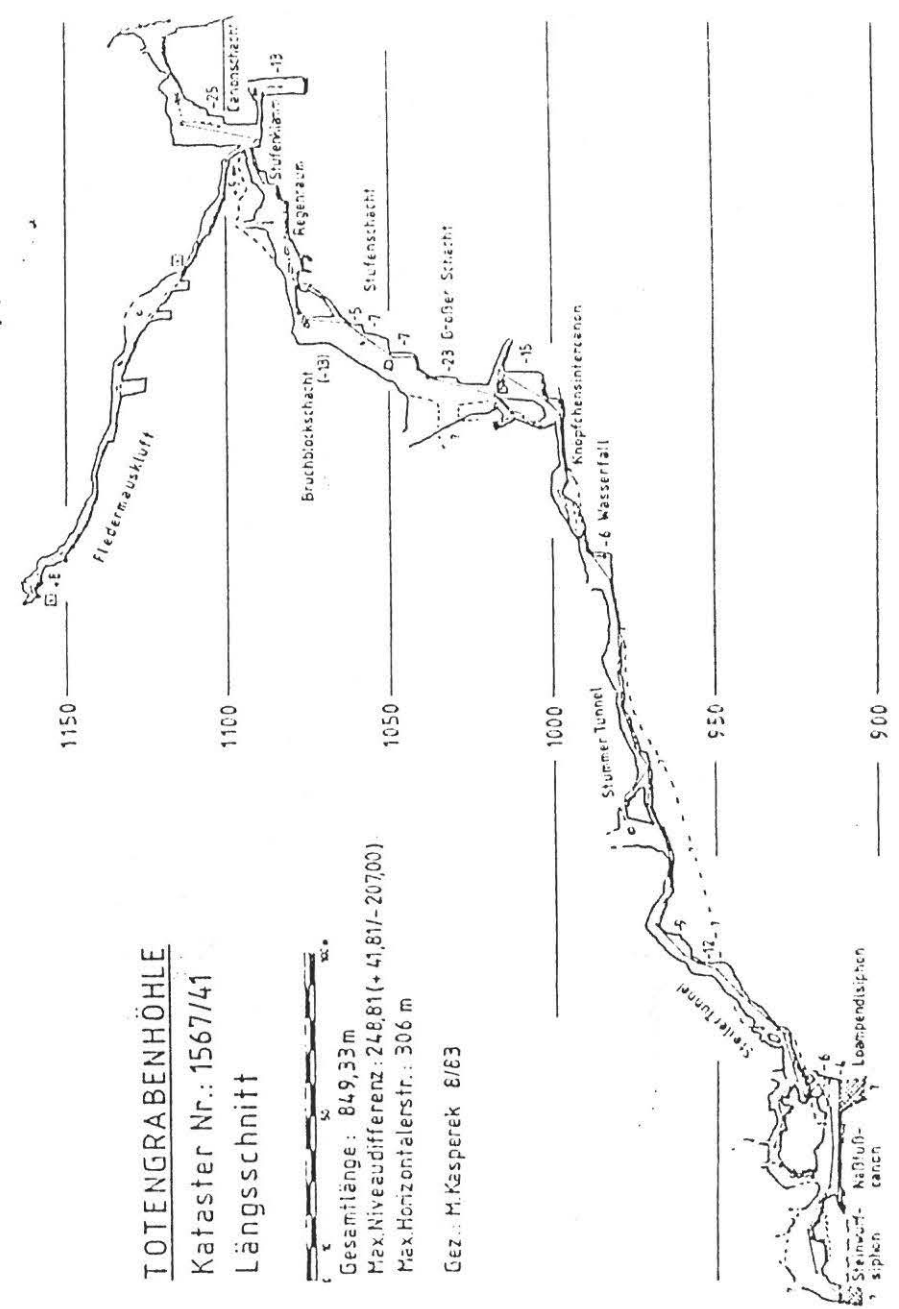


ORIGINALGRUNDRISS 1:500

M.Kasperek 5/83



Gesamtlänge 849,33m
Max.Niveaudiff.: 248,81(+41,81/-207,00)
Max.Horizontalerstr.: 306m



TOTENGRABENHÖHLE

Kataster Nr.: 1567/41

Längsschnitt



Gesamtlänge : 849,33m
Max.Niveaudifferenz: 248,81(+41,81/-207,00)
Max.Horizontalerstr.: 306 m

Gez.: M.Kasperek 8/83

Fig. 15

Leberbrunnstörung nach Süden und überschreiten diese sogar. Wegen des Nachweises von URANIN im Gimbach-Ursprung (H 65) bedeutet dies, daß diese Störung für Wasser aus dem Bereich Mitte keine Barriere darstellt in umgekehrter Richtung aus dem Einzugsgebiet Nordwest jedoch schon. Diese Funktion als Barriere könnte jedoch auch nur das äußere Erscheinungsbild sein, nämlich dann, wenn man annimmt, daß im Einzugsgebiet Nordwest durch besondere geologische und karstmorphogenetische Voraussetzungen die Verkarstung ein tieferes Niveau erreicht hat als im Bereich Mitte. Bei der Erörterung dieses Einzugsgebietes wird darauf noch zurückgekommen. Weitere Nebenverbindungen wie z.B. zum Hirschbrunn (H 7) zeigen ebenfalls, daß zu bestimmten hydrologischen Situationen entlang der Plateaurandstörungen Übertritte von Markierungsmitteln stattfinden können.

4.1.4 Einzugsgebiet Nordwest

Die Verhältnisse in diesem Einzugsgebiet sind durch die Ergebnisse der Markierungsversuche 1983/84 und 1986/87 gut dokumentiert und zeigen, daß der gesamte Plateauteil und sogar die Nordwände im Bereich des Hochlecken nach Süden entwässern. Die Pfaffengrabenstörung spielt dabei die Rolle der raschen Tieferleitung der Wässer. Über die heutigen unterirdischen Karstverhältnisse ist durch die zahlreichen Vorstöße in die Hochlecken-Großhöhle ausreichend Information über die extreme Tieflage der phreatischen Zone vorhanden (E. FRITSCH, 1976; T. PFARR, 1978; E. FRITSCH & M. KASPAREK, 1978; M. KASPAREK, 1979; E. FRITSCH, 1979). In Anlehnung an die genannten Literaturzitate wurde versucht, die Verhältnisse in der Höhle mit den Ergebnissen des Markierungsversuches zu kombinieren und daraus eine karsthydrogeologische Modellvorstellung zu entwickeln (Fig. 16). Die Höhle liegt in den im Norden fast vertikal bis sehr steil nach S einfallenden Wettersteinkalken. Aus dem bekannten "Stierwascherschacht", der in einem Zug senkrecht 326 m in die Tiefe führt und damit zu den tiefsten Höhlenschächten der Welt gehört, wurden sowohl zum Schacht hin gerichtete als auch davon weggerichtete labile Gesteinsplatten gemeldet. Dies würde bedeuten, daß durch die große Vertikalerstreckung des Schachtes die Faltenstruktur gequert wird. In den tiefsten Teilen werden dann wasserführende Abschnitte angetroffen, die generell nach Süden einfallen. Vom Endsiphon in 726 m Seehöhe bis zum Gimbach-Ursprung (H 65) beträgt die Höhendifferenz auf ca. 3.5 km Horizontalabstand nur mehr im Minimum 26 m und im Maximum ca. 80 m in Abhängigkeit von der Schwankung der Oberfläche der phreatischen Zone (in Fig. 16 vereinfacht als Schwankungsintervall dieser Zone dargestellt), was einem theoretischen Gefälle von 0.8 % entspricht. Durch die Hochlage der Raibler Schichten und des Hauptdolomits auf der Nordseite des Höllengebirges und der besonderen Ausbildung der Hochlecken-Großhöhle kann ähnlich wie bei der Totengrabenhöhle im Einzugsgebiet Mitte vermutet werden, daß die Verkarstung auch hier praktisch



Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87 Karsthydrogeologisches Profil

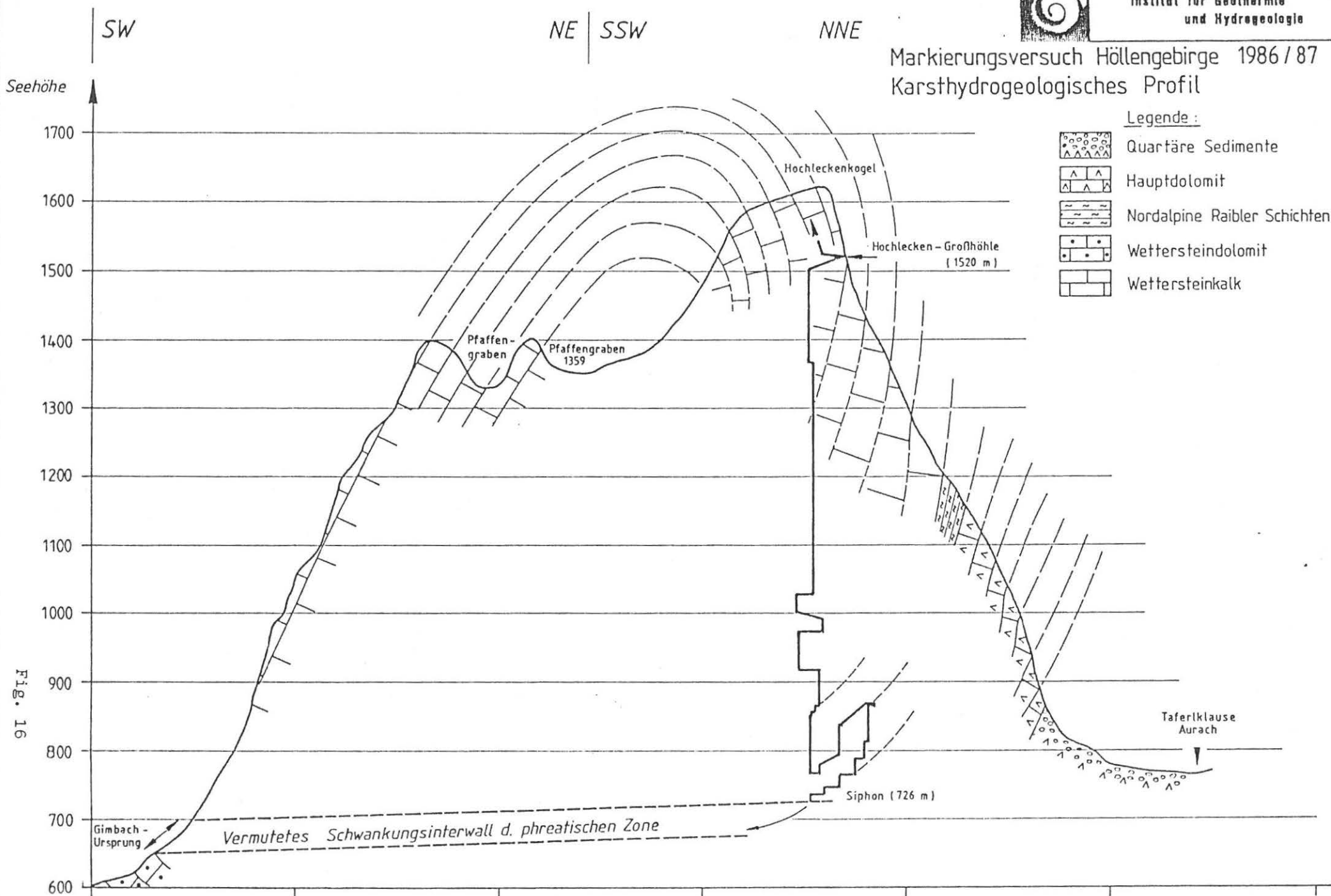


Fig. 16

das unterste mögliche Niveau erreicht hat, wenn man die Möglichkeit der Verkarstung der letztgenannten Schichtglieder außer acht läßt. Inwieweit die in Fig. 16 skizzierte phreatische Zone nicht nur auf die Störungen als lokale, unterirdische Vorfluter beschränkt ist sondern auch größere laterale Verbreitung hat läßt sich weder abschätzen noch vermuten. Gerade in den Nördlichen Kalkalpen wurde immer wieder beobachtet, daß durch die Zergliederung mit tektonischen Flächen karsthydrologisch selbständige Blöcke ausgebildet werden, die entlang dieser Flächen je nach Wasserwegigkeit in bestimmten Höhenlagen entwässert werden. Die Zahl derartiger Beobachtungen (Tennengebirge, Höllengebirge, Totes Gebirge) nimmt zu und wird zumindest für die Nördlichen Kalkalpen und Kalkvoralpen darauf hinauslaufen, daß die klassischen Vorstellungen von großräumig verbreiteten, von den Rändern der Karstplateaus nach innen, kalottenförmig ansteigenden Oberflächen der Karstwasserkörper modifiziert werden müssen. Dabei wird es nicht um die Entscheidung gehen, ein nur lithologisch-tektonisches oder ein Modell nach der oben genannten klassischen Vorstellung als einzig richtig anzunehmen, sondern eine auf den Einzelfall abgestimmte möglichst sinnvolle Kombination beider.

4.1.5 Einzugsgebiet Südwest

Der Südwestsporn des Höllengebirges mit der Schwarzenbachquelle (H 73) wird im wesentlichen durch Wettersteindolomit aufgebaut und nur in den höchsten Anteilen am Plateau (Salzberg) gibt es Übergänge zum Wettersteinkalk. Die lange Zeitdauer bis zum Auftreten des Tracers PYRANIN in der genannten Quelle zeigt im Verein mit den lithologischen und tektonischen Verhältnissen, daß hier eine etwas größere Verweildauer der Wässer zu erwarten ist. Durch die Feinklütigkeit des Dolomits wird daher eine erhöhte Speicherfähigkeit verursacht. Diese Befunde werden jedoch durch die Ergebnisse der Isotopenuntersuchungen nicht erhärtet, im Gegenteil, die Schwarzenbachquelle (H 73) wird im Endbericht zum Teil V des Projektes als Austritt aus einem Aquifer mit extrem geringer Speicherung ausgewiesen. Da der Quellaustritt im Einflußbereich eines episodischen Oberflächengerinnes liegt, kann hier leicht ein methodischer Artefakt vorliegen. Darüber hinaus scheint auch die Beobachtungszeit für die Isotopenuntersuchungen zu kurz gewesen zu sein, sodaß die angegebenen Mittelwerte der Isotopengehalte durch die Schwankungen zu sehr verfälscht werden.

4.1.6 Übrige Einzugsgebiete

Durch den Markierungsversuch 1986/87 wurden einige Einzugsgebiete nicht beeinflusst. Für den Bereich des Kienbaches und der zum Plateaurand hinaufziehenden Hänge konnte schon beim Markierungsversuch 1983/84 nachgewiesen werden, daß aus dem Bereich des Hochleckenhauses und im Umkehrschluß auf Grund der Ergebnisse des Markierungsversuches 1986/87 aus dem gesamten Nordbereich des Plateau keinerlei Wasser die dortigen Wasserversorgungsanlagen negativ beeinflussen. Das Einzugsgebiet dieser Quellen liegt in den dortigen Hangschuttkörpern und sonstigen quartären Sedimenten.

Auch das Aurachtal wird nicht weiter beeinflusst. Talaustritts ist durch die Zwischenschaltung der Langbathzone auch aus geologischer Sicht keine weitere Beeinflussung aus dem Bereich des Höllengebirges zu erwarten.

In der südlichen Vorbergzone blieb der Bereich des Wambaches, Quellen im Bereich der Niederen Rehstatt und unterhalb der Fürstenbergstube unbeeinflusst. Hier sind nur lokale Einzugsgebiete im Dolomitsockel anzunehmen.

Während im Trauntal eine unterirdische Anreicherung aus dem Höllengebirge (W. LOHBERGER, 1983) angenommen wird, jedoch bisher nicht nachgewiesen wurde, gab es bisher nur eine einzige speziell darauf abgestimmte Untersuchung, nämlich die Frage der Karstwasserzutritte in den Attersee. Durch die Thermoscanner-Untersuchungen (Endbericht zum Teil III des Projektes) kann diese Möglichkeit weitgehend ausgeschlossen werden. Die Anreicherung aus dem Höllengebirge erfolgt praktisch nur über den Äußeren Weißenbach. Durch die starke Verschüttung dieses Tales vor allem von der Schafbergseite her konnte sich ein Porengrundwasserkörper ausbilden. Nach den Bohrergebnissen für den Tiefbrunnen der Gemeinde Weißenbach am Attersee beträgt die Lockersedimentmächtigkeit mindestens 70 m. Die Anreicherung dieser Zone erfolgt durch die Zubringer aus dem Höllengebirge und dem Schafberg-Leonsberg-Gebiet. Mit dem Eintritt in das Tal des Äußeren Weißenbaches kommt es immer wieder zu Versickerungen und Wiederaustritten (z.B. Quelle H 77).

Für das nach Osten hin anschließende Mitterweißenbachtal sind aus der Vorbergzone nur untergeordnete Austritte festzustellen, sodaß die Hauptanreicherung im wesentlichen nur über den Höllbach und die Dürre Pölitze erfolgt. Durch die rasche Tieferlegung des Trauntales im Zuge des

glazialen und postglazialen Geschehens erfolgte auch im Mitterweißenbachtal ein rasches Tiefereinschneiden, so daß der Bach heute im Anstehenden Hauptdolomit fließt.

4.2 Anmerkungen für ein Schutzzonen- und Nutzungskonzept

Die bisherigen Untersuchungen zeigen deutlich Schwerpunkte des Entwässerungsgeschehens. Die Kenntnis der vorhandenen Wasserversorgungsanlagen, die Kenntnis um die Lage der Siedlungsgebiete und ihre Entwicklungsaussichten (Fremdenverkehr etc.) haben es ratsam erscheinen lassen, die natürlichen Wasserressourcen des Gebietes zu erfassen. Dieses Ziel wurde mit diesem Projekt verfolgt. Obwohl das ursprüngliche Rahmenprogramm auch auf die Einbeziehung des Schafberg-Leonsberg-Gebietes ausgelegt war, war aus zeitlichen, organisatorischen, finanziellen und technischen Gründen eine Beschränkung auf einen engeren Raum oder nur ein Teilgebiet notwendig. Dies führte dazu, daß zwar im Schafberg-Leonsberg-Gebiet Grundlagen erhoben werden konnten, die Detailstudien jedoch auf das Höllengebirge beschränkt blieben.

Obwohl erhebliche Wasservorräte im Höllengebirge vorhanden sind, so ist doch die Speicherfähigkeit der Karstes als gering einzustufen. Diese Tatsache beeinflusst die Überlegungen hinsichtlich einer qualitativen Sicherung der Vorräte für größere Siedlungen. Eine direkte Nutzung der großen Karstquellen für Trinkwasserzwecke erscheint vor allem bei den großen Quellen auf der Südseite nicht zweckmäßig. Abgesehen von Überlegungen für den Bau von langen Transportleitungen, was einen erheblichen Aufwand verursacht, erscheint es vom hydrogeologischen Standpunkt aus sinnvoller, im Tal des Äußeren Weißenbaches den Porengrundwasserkörper zu nutzen und die großen Quellabflüsse zur Anreicherung des Grundwassers in Entnahmebereichen zu nutzen. Diese Anreicherung erfolgt jetzt auf natürlichem Wege, kann aber im Bedarfsfall gezielt eingesetzt werden. Zum Beispiel würde sich die Schwarzenbachquelle (H 73) dafür anbieten. Die gesamte Weißenbachfurche ist frei von Industrie. Es wird hauptsächlich Forstwirtschaft betrieben. Hier ist schon jetzt ein gewisser Grundschutz durch die Aufteilung des Gebietes auf wenige Eigentümer gegeben. Gleich verhält es sich mit den Bereichen der Vorbergzone und dem Höllengebirgsplateau. Eine entsprechende Rahmenverfügung oder Schongebietsverordnung könnte hier zu einer weiteren Absicherung beitragen.

Für den Bereich des Mitterweißenbachtals sind Überlegungen zur Anreicherung nicht sinnvoll, da kein nennenswerter Porengrundwasserkörper ausgebildet ist und auch ein Transport von Wässern aus dem Höllbachtal in das Trauntal und die gezielte Anreicherung für Entnahmebrunnen erscheint

derzeit nicht sinnvoll. Falls sich die Notwendigkeit ergibt, so wären für solche Zwecke in erster Linie die Miesenbachquelle (H 14) und die Schusterbachquelle (H 15) ins Auge zu fassen.

Da das Höllengebirgsplateau touristisch erschlossen ist und am Feuerkogel ein Schigebiet ausgebaut wurde, kommt einer ordnungsgemäßen Abwasser- und Müllentsorgung auf dem Plateau eine zentrale Rolle für die qualitative Sicherung der schon jetzt genutzten Quellen (Langbathquelle H 81) am Ostrand des Höllengebirges zu. Bei den schon anlässlich der hydrochemischen Untersuchungen festgestellten kurzen Verweilzeit des Wassers z.B. bei der Miesenbachquelle H 14) kann innerhalb weniger Stunden eine am Feuerkogelplateau verursachte Verschmutzung diesen Quellaustritt beeinflussen. Das gleiche gilt für die Langbathquelle (H 81). Eine stärkere Nutzung von Quellen im Langbathtal für Ebensee, erscheint wegen der untergeordneten Bedeutung des vorhandenen Dargebotes nicht sinnvoll. Diese Quellen sollten Nutzungen im Langbathtal vorbehalten werden.

4.3 Vorschläge für weiterführende Untersuchungen

Die Grundlagenerhebungen und die Detailuntersuchungen in den einzelnen Projektteilen bezogen sich auf ein flächenmäßig sehr großes Gebiet. Naturgemäß müssen unter diesen Umständen Schwerpunktsetzungen erfolgen, sodaß nicht alle hydrogeologischen Gesichtspunkte gleichmäßig behandelt werden konnten. Ein großer Teil der zur Verfügung gestellten Geldmittel mußte für die Errichtung und den Betrieb von Meßanlagen aufgewendet werden oder z.B. für die Durchführung eines Markierungsversuches. Daher waren trotz vieler interessanter Fragestellungen Einschränkungen in Kauf zu nehmen. Im folgenden werden daher Möglichkeiten für weiterführende Untersuchungen aufgezeigt:

- Ergänzende und detailliertere Markierungsversuche im Bereich des Feuerkogelplateaus und der Kaltenbachquelle zur Klärung von Fließgeschwindigkeiten und Retentionswirkungen im Karstaquifer.
- Untersuchungen des Porengrundwasserkörpers des Äußeren Weißenbachtals (Markierungsversuche, Sondierbohrungen, geophysikalische Messungen).
- Weiterer Betrieb eines hydrographischen Meßstellennetzes über einen längeren Zeitraum zur Verbesserung der Wasserbilanzdaten.

Karl Ludwig

h. J. F.

5. Literatur und Unterlagen

- BAUER, F. (1967): Erfahrungen beim Uraninnachweis mit Aktivkohle.-
Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, 18/19 (1966/67), 169-178, Graz.
- BEHRENS, H. (1982): Verfahren zum qualitativen und quantitativen Nachweis von nebeneinander
vorliegenden Fluoreszenztracern.-
Beitr. z. Geologie d. Schweiz - Hydrologie, 28/I, 39-50, Bern.
- FRITSCH, E. (1976): Die Forschungen im "Neuen Teil" der Hochlecken-Großhöhle (Kat.Nr. 1567/29).-
Mitt. Landesver. f. Höhlenkde. OÖ., 22 (1), 14-16, Linz.
- FRITSCH, E. (1979): Hochlecken-Großhöhle (1567/29)-Pläne.-
Mitt. Landesver. f. Höhlenkde. OÖ., 25 (2), Linz.
- FRITSCH, E. & M. KASPAREK (1978): Hochlecken-Großhöhle (1567/29).-
Mitt. Landesver. f. Höhlenkde. OÖ., 24 (2), 18-23, Linz.
- HAIDER, R. (1983): Gutachten über die Versuchskläranlage Hochleckenhaus (Sonderaktion
"Bergerlebnis" d. Amtes d. OÖ. Landesregierung) - Markierungsversuch 28.4.1983 - 2.10.1983.-
9 S., 1 Kte., Salzburg.
- KASPAREK, M. (1979): Hochlecken-Großhöhle. Expeditionsbericht.-
Mitt. Landesver. f. Höhlenkde. OÖ., 25 (1), 3-23, Linz
- KASPAREK, M. (1984): Die Totengrabenhöhle im Höllengebirge (Oberösterreich).-
Die Höhle, 35 (1), 10-16, Wien.
- LOHBERGER, W. (1983): Grundsatzkonzept Wasserreserven Oberes Trauntal (Ebensee - Bad Ischl).-
Unveröff. Gutachten, Pläne.
- PFARR, T. (1978): Die Anfänge der zweiten Phase in der Erforschungsgeschichte der Hochlecken-
Großhöhle (1567/29).-
Mitt. Landesver. f. Höhlenkde. OÖ., 24 (1), Linz.
- WICHE, K. (1949): Die Formenentwicklung des Höllengebirges.-
Jahrb. OÖ. Musealver., 94, 213-233, Linz.

6. Liste der Beilagen, Figuren und Tabellen

BEILAGEN

1. Geologische Karte des Höllengebirge, Markierungsversuch 1986/87 (Eingabe- und Entnahmestellen,
nachgewiesene Karstwasserverbindungen).
2. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Gimbach-Ursprung (H 65), Ergebnisse der
Direktprobenauswertung.

3. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Schwarzenbachquelle (H 73), Ergebnisse der Direktprobenauswertung.
4. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Höllbach-Ursprung (H 29), Ergebnisse der Direktprobenauswertung.

FIGUREN

1. Markierungsversuch Höllengebirge 1983/84. Gimbach-Ursprung (H 65), Ergebnisse der Aktivkohleauswertung.
2. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Vorlösen von URANIN AP konz.
3. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Vorlösen von AMIDORHODAMIN BN.
4. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Hubschraubertransport der vorgelösten Markierungsstoffe.
5. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Eingabe von PYRANIN bei der Brennerin.
6. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Hubschraubertransport der vorgelösten Markierungsstoffe zur Eingabestelle Östlicher Brunnkogel.
7. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Eingabe von URANIN AP in eine Spalte unterhalb der Quelle beim Östlichen Brunnkogel.
8. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Wiederaustritt von URANIN AP unterhalb der Eingabestelle.
9. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Aufnahme vom Hubschrauber im Anflug auf die Eingabestelle südlich der Riederhütte.
10. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Im Anflug auf den Sattel zwischen Steinkogel und Heumahdgupf (Eingabestelle für Na-NAPHTHIONAT).
11. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Graben eines Schneeschachtes zur Eingabe von Na-NAPHTHIONAT.
12. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Gesamtansicht der Doline zur Eingabe von Na-NAPHTHIONAT.
13. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Rotfärbung des Höllbaches (H 29) beim Durchgang des AMIDORHODAMIN BN.
14. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Grünfärbung des Höllbach-Ursprunges (H 29) beim Durchgang des URANIN AP.
15. Grundriß und Längsschnitt der Totengrabenhöhle.

16. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Karsthydrogeologisches Profil (Hochlecken-Großhöhle - Gimbach-Ursprung).

TABELLEN

1. Markierungsversuch Höllengebirge 1983/84. Übersicht über die Entnahmestellen.
2. Markierungsversuch Höllengebirge 1983/84. URANIN-Gehalte in Aktivkohleextrakten.
3. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Übersicht über die beprobten Quellen des Bereiches 1.
4. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Übersicht über die beprobten Quellen des Bereiches 2.
5. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Übersicht über die entnommenen Direkt- und Aktivkohleproben.
6. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Ergebnisse der Aktivkohleauswertung beim Gimbach-Ursprung (H 65).
7. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. URANIN-Konzentrationen in Direktproben der Kaltenbachquelle (H 9).
8. Markierungsversuch Höllengebirge 1986/87. Charakteristische Zeitpunkte und Abstandsgeschwindigkeiten für die Durchgänge am Höllbach-Ursprung (H 29), am Gimbach-Ursprung (H 65) und an der Schwarzenbachquelle (H 73).

FOTONACHWEIS

Fig. 2 - 5, 9 - 10: P. Ramspacher

Fig. 6 - 8: F. Riepler

Fig. 11 - 12: G. Reiterer

Fig. 13 - 14: H. Haseke

SAMPLE : GIMBACH-URSPR. (H65)

TRACER :
AMOUNT (kg) :EOSIN
9.000

NO	DATE yymmdd	TIME hhmm	DISCHARGE l/s	CONC ppb	SUM %
1	860609	1306	1410.0	.000	.000
2	860612	1030	599.0	.000	.000
3	860612	1620	599.0	.000	.000
4	860613	1110	1530.0	.000	.000
5	860613	1655	1410.0	.000	.000
6	860614	1115	1180.0	83.600	39.696
7	860614	1415	1410.0	82.870	52.631
8	860614	1715	1530.0	58.460	65.096
9	860614	2030	1410.0	45.650	75.044
10	860615	1030	1070.0	14.320	95.865
11	860615	1650	966.0	9.740	98.968
12	860616	1100	770.0	5.960	99.999
13	860616	1750	966.0	4.650	99.999
14	860617	1105	680.0	3.660	99.999
15	860617	1830	680.0	3.100	99.999
16	860618	1000	599.0	2.020	99.999
17	860618	1700	526.0	2.020	99.999
18	860619	1230	460.0	1.600	99.999
19	860619	1835	460.0	1.580	99.999
20	860620	1145	460.0	1.210	99.999
21	860620	1825	460.0	1.140	99.999
22	860621	1035	526.0	.930	99.999
23	860621	1800	1180.0	.790	99.999
24	860622	1130	599.0	.850	99.999
25	860622	1810	563.0	.750	99.999
26	860623	1155	400.0	.730	99.999
27	860623	1850	400.0	.730	99.999
28	860624	1015	347.0	.710	99.999
29	860624	1810	2820.0	.380	99.999
30	860625	1135	1070.0	.440	99.999
31	860625	1835	866.0	.440	99.999
32	860626	1150	599.0	.340	99.999
33	860626	1815	526.0	.110	99.999
34	860627	1200	460.0	.290	99.999
35	860627	1820	430.0	.260	99.999
36	860628	1120	347.0	.230	99.999
37	860628	1835	347.0	.210	99.999
38	860629	1040	324.0	.210	99.999
39	860629	1910	300.0	.210	99.999
40	860630	1010	257.0	.210	99.999
41	860630	1955	257.0	.220	99.999
42	860701	935	239.0	.210	99.999
43	860701	1840	203.0	.220	99.999
44	860702	930	186.0	.230	99.999
45	860702	1910	186.0	.220	99.999
46	860703	1020	186.0	.210	99.999
47	860703	1850	186.0	.210	99.999
48	860704	1015	186.0	.210	99.999
49	860704	1800	186.0	.170	99.999
50	860705	1005	186.0	.200	99.999

SAMPLE : GIMBACH-URSPR. (H65)

TRACER :
AMOUNT (kg) :EOSIN
9.000

NO	DATE yymmdd	TIME hhmm	DISCHARGE l/s	CONC ppb	SUM %
51	860705	1310	172.0	.140	99.999
52	860706	925	172.0	.200	99.999
53	860706	1300	172.0	.040	99.999
54	860707	1700	1180.0	.230	99.999
55	860708	1110	1660.0	.110	99.999
56	860709	1700	266.0	.140	99.999
57	860710	1400	770.0	.100	99.999
58	860711	1425	1180.0	.060	99.999
59	860712	1530	1410.0	.070	99.999
60	860713	910	680.0	.040	99.999
61	860714	1410	347.0	.040	99.999
62	860715	1345	324.0	.040	99.999
63	860716	1420	257.0	.000	99.999
64	860717	1500	220.0	.040	99.999
65	860718	1610	220.0	.040	99.999
66	860719	1150	1410.0	.040	99.999
67	860720	915	1180.0	.090	99.999
68	860721	1550	460.0	.070	99.999
69	860724	1130	2060.0	.030	99.999
70	860728	1720	347.0	.020	99.999
71	860804	1130	220.0	.000	99.999
72	860811	1155	460.0	.005	99.999
73	860818	1310	257.0	.000	99.999
74	860825	1640	1790.0	.025	99.999
75	860901	1040	526.0	.003	99.999
76	860908	1100	347.0	.011	99.999
77	860915	1110	257.0	.020	99.999
78	860922	1040	257.0	.020	99.999
79	861006	1100	91.0	.000	99.999
80	861020	1150	91.0	.000	99.999
81	861103	1020	1290.0	.011	99.999
82	861115	1100	257.0	.008	99.999
83	861128	1100	460.0	.000	99.999
84	861212	1620	109.0	.000	99.999
85	861227	1400	90.0	.000	99.999
86	870109	1400	74.0	.000	99.999
87	870125	1530	29.0	.000	99.999
88	870329	1400	960.0	.000	99.999
89	870621	1400	500.0	.000	99.999

SITE : GIMBACH-URSPRUNG

TRACER

□ EOSIN
△ URANIN

INJECTION

860612 900
860619 925

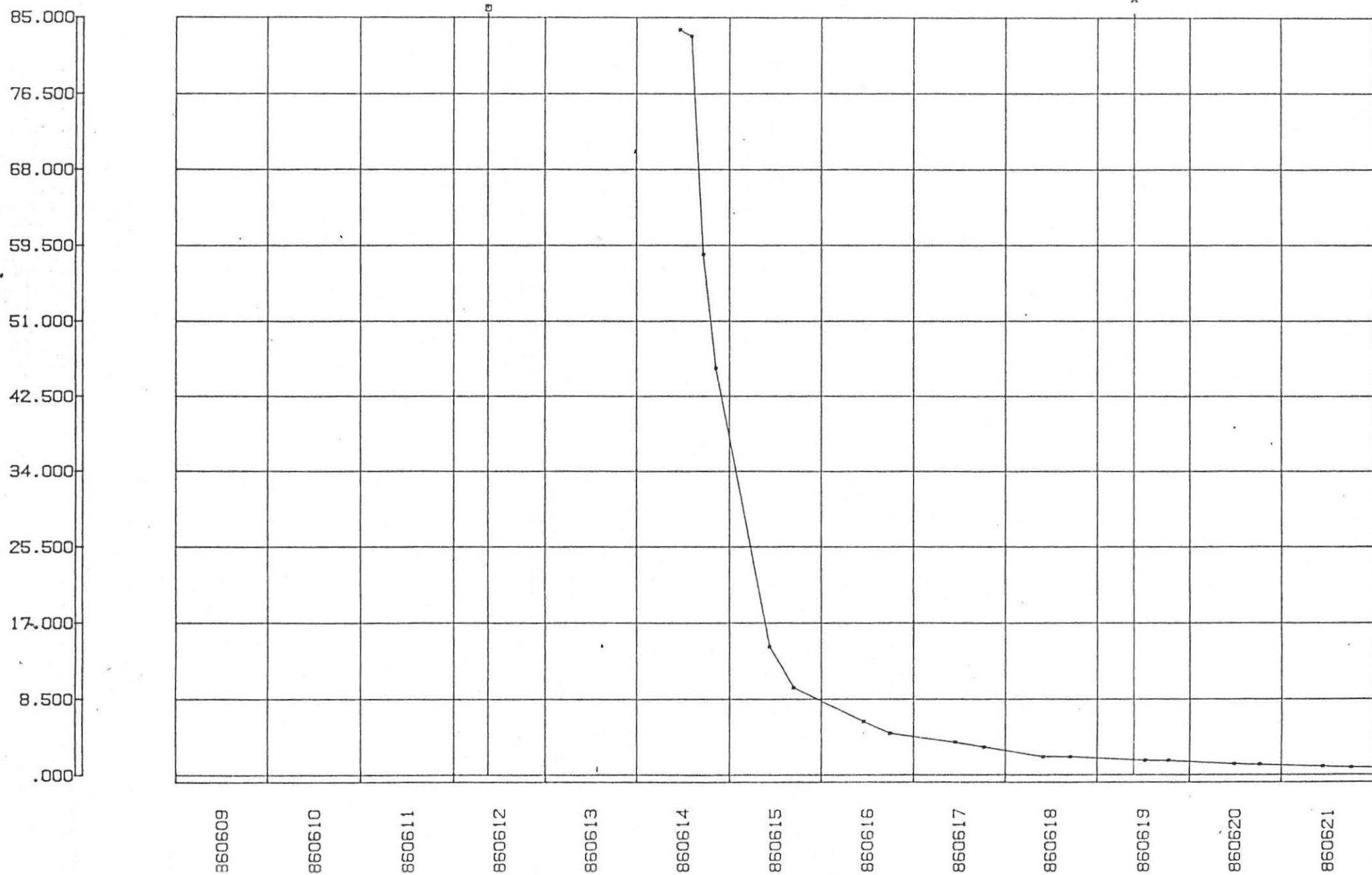
AMNT (kg)

9.000
9.000

BGR (ppb)

.000
.000

C
ppb

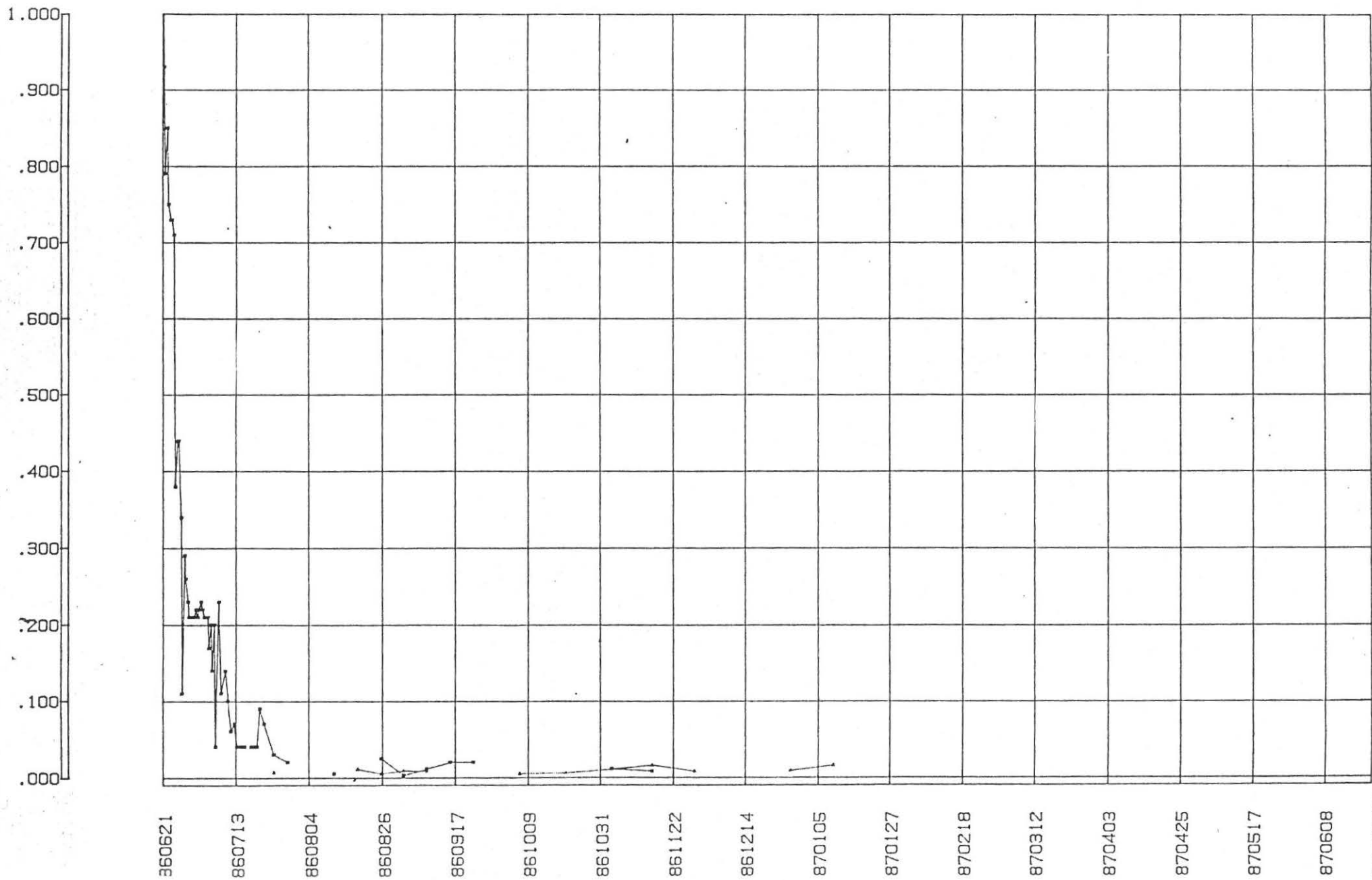


SITE : GIMBACH-URSPRUNG

TRACER
 □ EOSIN
 △ URANIN

INJECTION	AMNT (kg)	BGR (ppb)
860612 900	9.000	.000
860619 925	9.000	.000

C
ppb



SAMPLE : H 73

TRACER :
AMOUNT (kg) :PYRANIN
12.000

NO	DATE yymmdd	TIME hhmm	DISCHARGE l/s	CONC ppb	SUM %
1	860619	1310	464.0	.000	.000
2	860619	1920	464.0	.000	.000
3	860620	1220	414.0	.000	.000
4	860620	1840	414.0	.000	.000
5	860621	1115	464.0	.000	.000
6	860621	1900	635.0	.000	.000
7	860622	1220	491.0	.000	.000
8	860622	1830	464.0	.000	.000
9	860623	1230	414.0	.000	.000
10	860623	1910	414.0	.000	.000
11	860624	1040	391.0	.000	.000
12	860624	1840	1800.0	.000	.000
13	860625	1200	700.0	.000	.000
14	860625	1850	635.0	.000	.000
15	860626	1255	574.0	.000	.000
16	860626	1840	517.0	.000	.000
17	860627	1120	491.0	.000	.000
18	860627	1830	464.0	.000	.000
19	860628	1150	439.0	.000	.000
20	860628	1910	439.0	.000	.000
21	860629	1120	439.0	.000	.000
22	860629	1940	414.0	.000	.000
23	860630	1050	325.0	.000	.000
24	860630	1915	325.0	.000	.000
25	860701	1000	325.0	.000	.000
26	860701	1905	305.0	.000	.000
27	860702	1000	285.0	.000	.000
28	860702	1920	285.0	.000	.000
29	860703	1110	267.0	.000	.000
30	860703	1910	267.0	.000	.000
31	860704	1045	249.0	.000	.000
32	860704	1835	249.0	.000	.000
33	860705	1040	249.0	.050	.003
34	860705	1830	249.0	.050	.006
35	860706	955	249.0	.060	.012
36	860706	1820	249.0	.060	.016
37	860707	1740	517.0	.120	.040
38	860708	1040	635.0	.290	.100
39	860709	1730	574.0	.430	.302
40	860710	1415	464.0	.420	.439
41	860711	1450	919.0	.170	.589
42	860712	1800	919.0	.050	.672
43	860713	850	635.0	.000	.680
44	860714	1455	215.0	.000	.680
45	860715	1355	132.0	.000	.680
46	860716	1435	325.0	.000	.680
47	860717	1520	325.0	.060	.688
48	860718	1530	305.0	.050	.700
49	860719	1210	1690.0	.110	.750
50	860720	850	1470.0	.210	.906

SAMPLE : H 73

TRACER :
AMOUNT (kg) :PYRANIN
12.000

NO	DATE yymmdd	TIME hhmm	DISCHARGE l/s	CONC ppb	SUM %
51	860721	1625	769.0	.120	1.082
52	860724	1100	4320.0	.000	1.386
53	860728	1750	517.0	.000	1.386
54	860804	1100	368.0	.000	1.386
55	860811	1130	517.0	.000	1.386
56	860818	1240	368.0	.000	1.386
57	860825	1745	1470.0	.000	1.386
58	860901	1015	570.0	.000	1.386
59	860908	1030	355.0	.000	1.386
60	860915	1045	310.0	.000	1.386
61	860922	1010	310.0	.000	1.386
62	861006	1000	139.0	.000	1.386
63	861020	1110	153.0	.000	1.386
64	861103	1000	929.0	.000	1.386
65	861115	1030	310.0	.000	1.386
66	861128	1000	602.0	.000	1.386
67	861212	1710	153.0	.000	1.386
68	861227	950	232.0	.000	1.386
69	870125	1200	270.0	.000	1.386
70	870327	1200	1400.0	.000	1.386
71	870621	1200	500.0	.000	1.386

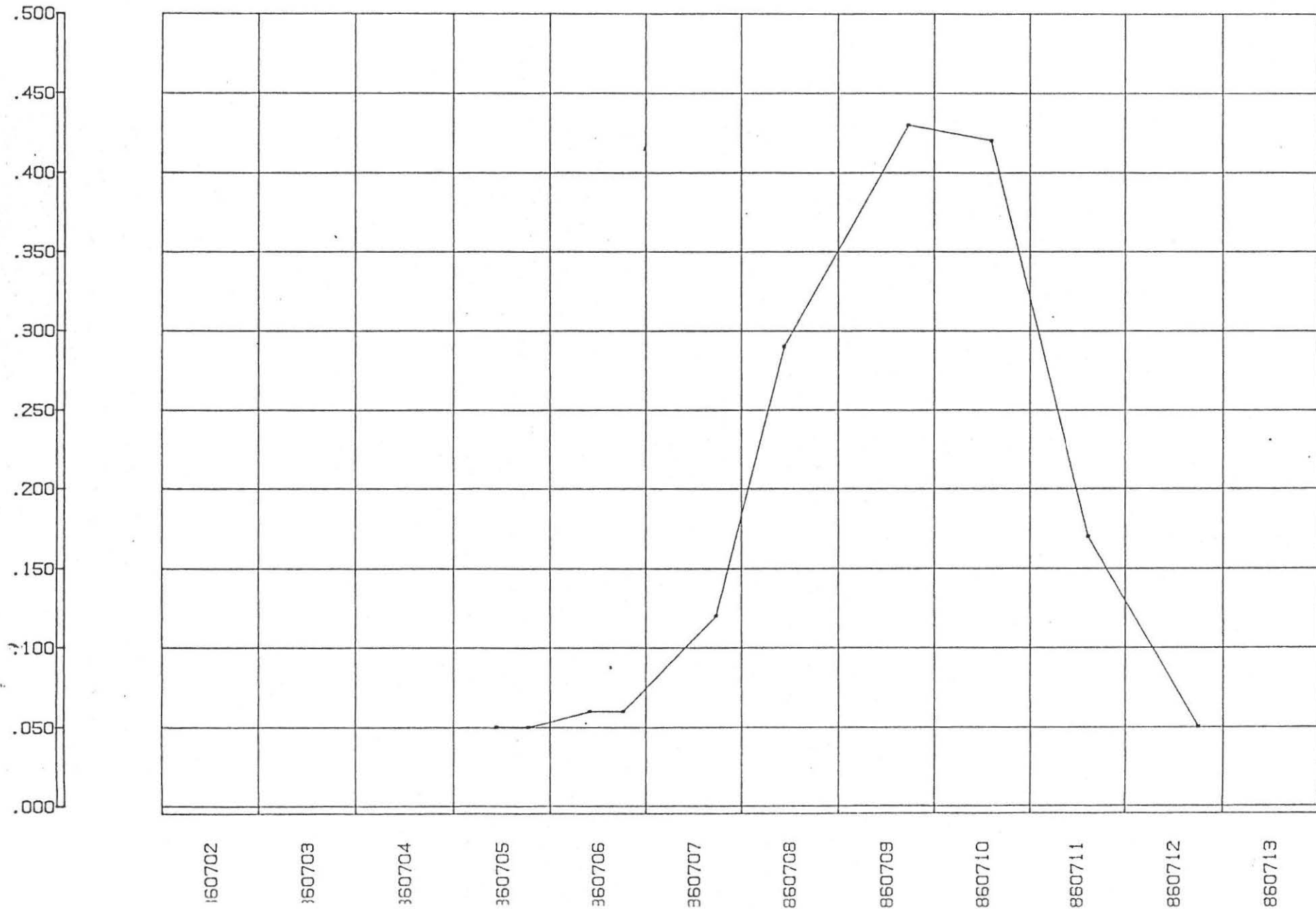
SITE :H 73

TRACER
□ PYRANIN

INJECTION
860619 954

AMNT (kg) BGR (ppb)
12.000 .000

C
ppb



SITE :H 73

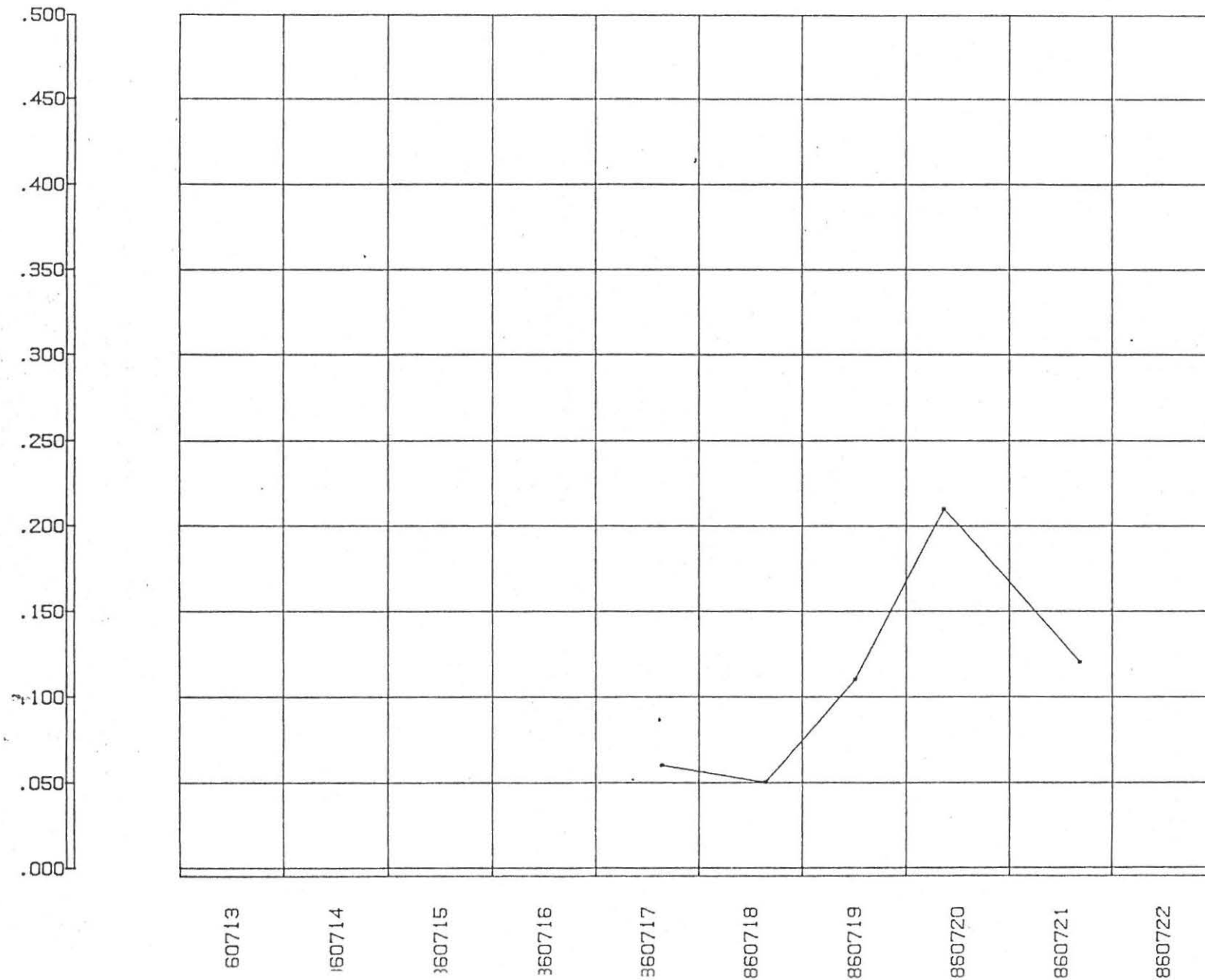
TRACER
□ PYRANIN

INJECTION
860619 954

AMNT (kg)
12.000

BGR (ppb)
.000

C
ppb



SAMPLE : HOELLBACH-URSP. (H29)

TRACER :
AMOUNT (kg) :URANIN
9.000AMIDORHODAMINBN
12.000

NO	DATE yymmdd	TIME hhmm	DISCHARGE l/s	CONC ppb	SUM %	CONC ppb	SUM %
1	860619	1115	469.0	.000	.000	.000	.000
2	860619	1810	469.0	.000	.000	.000	.000
3	860620	1020	469.0	.000	.000	.000	.000
4	860620	1800	469.0	.000	.000	.000	.000
5	860621	945	628.0	.000	.000	.560	.073
6	860621	1825	1100.0	.000	.000	9.400	1.191
7	860621	2300	1025.0	.000	.000	20.720	3.391
8	860622	1030	571.0	.000	.000	21.650	9.224
9	860622	1730	571.0	.000	.000	33.590	12.536
10	860623	1150	469.0	.000	.000	28.940	21.478
11	860623	1830	469.0	.000	.000	12.560	23.424
12	860624	915	469.0	.000	.000	10.270	25.793
13	860624	1720	3030.0	.075	.026	2.970	29.244
14	860625	1005	950.0	2.980	2.472	9.570	36.774
15	860625	1815	950.0	2.520	3.325	4.810	38.447
16	860626	1050	571.0	2.700	4.642	2.490	39.828
17	860626	1745	469.0	3.580	5.094	1.940	40.067
18	860627	1030	469.0	8.100	6.942	2.250	40.561
19	860627	1745	378.0	10.690	8.100	2.050	40.759
20	860628	1010	338.0	18.320	11.510	2.250	41.138
21	860628	1810	298.0	26.350	13.783	2.270	41.310
22	860629	940	298.0	39.990	19.911	2.040	41.609
23	860629	1830	298.0	46.760	24.479	2.040	41.770
24	860629	2140	298.0	42.500	25.597	2.120	41.829
25	860630	855	298.0	48.660	29.698	2.120	42.042
26	860630	1830	263.0	53.420	35.186	2.030	42.210
27	860701	835	263.0	46.330	42.575	1.450	42.403
28	860701	1825	228.0	40.960	46.790	1.540	42.511
29	860702	830	228.0	33.750	51.588	1.320	42.649
30	860702	1815	228.0	29.720	54.410	.980	42.726
31	860703	955	228.0	22.880	58.167	1.620	42.865
32	860703	1800	228.0	19.610	59.733	1.590	42.954
33	860704	945	228.0	15.310	62.241	1.610	43.126
34	860704	1845	228.0	16.130	63.532	1.570	43.224
35	860705	920	184.0	13.450	65.309	1.050	43.378
36	860705	1730	184.0	11.780	66.067	1.470	43.453
37	860706	845	184.0	11.160	67.355	1.020	43.558
38	860706	1730	184.0	10.020	68.037	1.630	43.622
39	860708	1140	2730.0	3.850	85.079	1.380	46.396
40	860709	1630	1260.0	2.910	92.856	1.130	48.561
41	860711	1400	2030.0	1.260	99.098	.920	50.863
42	860712	1500	2030.0	.770	99.999	.260	51.761
43	860713	1640	950.0	.930	99.999	.400	52.140
44	860714	1120	378.0	.880	99.999	.290	52.268
45	860715	1330	298.0	.860	99.999	.250	52.340
46	860716	1355	263.0	.650	99.999	.270	52.393
47	860717	1235	228.0	.720	99.999	.310	52.441
48	860719	1125	2980.0	.710	99.999	.500	53.354
49	860720	935	2730.0	.540	99.999	.450	54.256
50	860721	1435	950.0	.500	99.999	.280	54.840

SAMPLE : HOELLBACH-URSP. (H29)

BEILAGE 4 b

TRACER :
AMOUNT (kg) :

URANIN
9.000

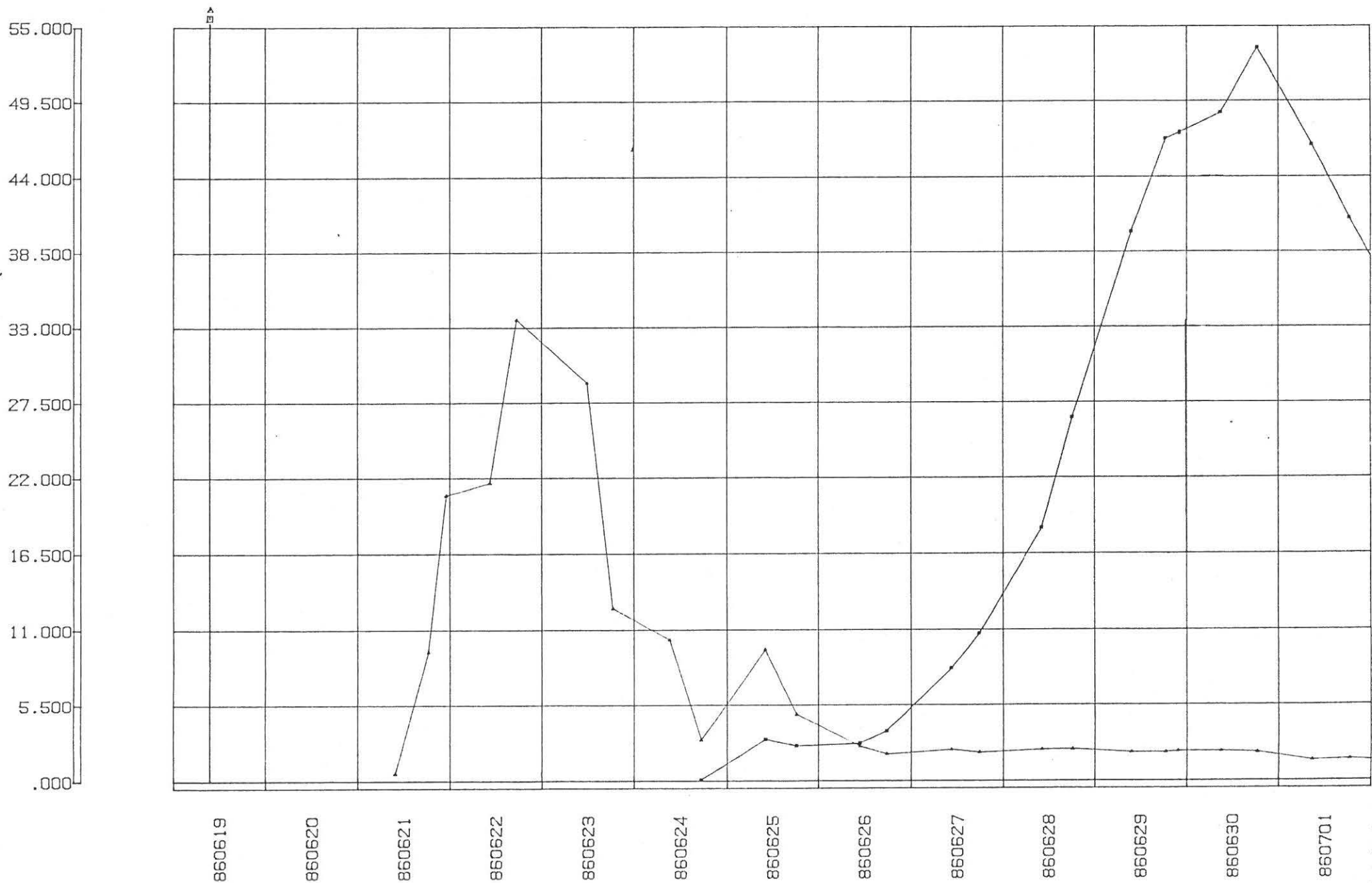
AMIDORHODAMINBN
12.000

NO	DATE yymmdd	TIME hhmm	DISCHARGE l/s	CONC ppb	SUM %	CONC ppb	SUM %
51	860724	1200	1440.0	.630	99.999	.150	55.375
52	860726	1540	571.0	.680	99.999	.310	55.734
53	860728	1630	298.0	.480	99.999	.130	55.874
54	860804	1205	228.0	.380	99.999	.150	56.055
55	860811	1235	571.0	.019	99.999	.125	56.332
56	860818	1345	298.0	.052	99.999	.070	56.547
57	860825	1540	3250.0	.032	99.999	.183	57.691
58	860901	1110	950.0	.014	99.999	.094	59.118
59	860908	1200	469.0	.010	99.999	.110	59.484
60	860915	1140	378.0	.010	99.999	.150	59.761
61	860922	1140	169.0	.010	99.999	.130	59.954
62	861006	1150	79.0	.010	99.999	.090	60.092
63	861020	1240	47.0	.006	99.999	.030	60.130
64	861103	1105	1620.0	.015	99.999	.060	60.506
65	861115	1200	685.0	.010	99.999	.065	61.131
66	861128	1215	378.0	.007	99.999	.070	61.467
67	861212	1520	228.0	.005	99.999	.054	61.658
68	861229	1330	1260.0	.000	99.999	.040	62.084
69	870110	1400	950.0	.005	99.999	.020	62.371
70	870125	1200	25.0	.008	99.999	.038	62.523
71	870328	1200	1620.0	.000	99.999	.013	63.459
72	870621	1200	500.0	.000	99.999	.012	64.270

SITE : HALLBACH-URSPR. (H29)

TRACER	INJECTION	AMNT (kg)	BGR (ppb)
□ URANIN	860619 925	9.000	.000
△ AMIDORHODAMINBN	860619 929	12.000	.000

C
ppb



SITE : HALLBACH-URSPR. (H29)

TRACER

INJECTION

AMNT (kg)

BGR (ppb)

□ URANIN

860619 925

9.000

.000

△ AMIDORHODAMINBN

860619 929

12.000

.000

C
ppb

