

Helmut HERLICKA

Gerhard HOBIGER (Kap. 5 & Analytik)

Reports

UBA-91-056

**Karsthydrologische Untersuchungen
im westlichen Dachsteinmassiv
in Hinblick auf die Erlassung einer
Wasserschongebietsverordnung**

Markierungsversuche Dachstein-West 1990

Wien, Dezember 1991

Chemische Analysen:

Christian Schütz
Renate Viktorik

EDV-Graphik (Intergraph):

Harald Mirth, Felix Lux, Elvira Frühauf

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

© Umweltbundesamt, Wien, Dezember 1991

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-073-2

Karsthydrologische Untersuchungen im westlichen Dachsteinmassiv in Hinblick auf die Erlassung einer Wasserschongebietsverordnung

(H. Herlicska, G. Hobiger, UBA-Report UBA-91-056)

Im Jahr 1990 hat das Umweltbundesamt im westlichen Dachsteingebiet zwei weitere Markierungsversuche durchgeführt.

Die Arbeiten erfolgten auf Anregung der Abt. Wasserbau des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung; die Ergebnisse sollen als Fachgrundlage für die Verordnung eines Wasserschongebietes dienen.

Ein wesentliches Ziel war die Untersuchung des Abflußverhaltens der Karstgrundwässer bei hohem, sowie bei niedrigem Bergwasserstand, um eine sinnvolle Abgrenzung für das zu erlassende Schongebiet zu ermöglichen.

Die Untersuchungsergebnisse weisen auf eine beträchtliche Änderung des Abflußverhaltens der Karstgrundwässer zu

den verschiedenen Jahreszeiten hin, und zeigen, daß sich die Einzugsgebiete der Quellen im Bereich Gosau mit jenen der Quellen in Hallstatt überschneiden.

Bei der Ausweisung eines Schongebietes zum Schutz der Karstgrundwässer der Gemeinden Gosau und Hallstatt muß daher dessen Ausdehnung über den gesamten westlichen Bereich des Dachsteinmassivs gefordert werden.

Die Versinkungsstellen von Wasser im Bereich des Untersuchungsgebietes (Dolinen, Schwinden etc.) sollten aufgrund ihrer besonders guten Wasserwegigkeiten zu den Quellbereichen einem besonderen Schutz, ähnlich dem der Fassungsgebiete genutzter Trinkwasserquellen, unterzogen werden.

Karsthydrological investigations in the western part of the Dachstein massif with regard to the delimitation of a water protection area

(H. Herlicska, G. Hobiger, UBA-Report UBA-91-056)

In 1990 the Austrian Federal Environmental Agency conducted two additional tracer experiments in the western part of the Dachstein region.

The investigations were made on account of a demand by the water planning department of the provincial government of Upper Austria. The results of the study are to provide a basis for the delimitation of a water protection area.

One of the main purposes was the investigation of the karst groundwater run-off at times of high resp. low water levels inside the Dachstein massif, in order to justify the necessary delimitation of a groundwater protection area.

The results of the investigations indicate a high variability of the karst groundwater run-off at different seasons; it has also been proven that the catchment areas of

the sources in the communities of Gosau and Hallstatt overlap each other.

For these reasons, a karst groundwater protection area for the communities of Gosau and Hallstatt must include the whole western part of the Dachstein massif.

Due to the possibility of a fast water run-off to source areas, dolines and sinkholes within the investigated area should – like catchment areas of drinking water sources – be made subject to special protection.

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung

Summary

1. Einleitung	6
2. Niederschlags- und Abflußverhältnisse im Untersuchungsgebiet	8
2.1 Die generellen Abflußverhältnisse	8
2.2 Witterungsverhältnisse im Winter und Frühjahr 1990	10
2.3 Abflußverlauf Waldbach 1990	11
2.4 Abflußverlauf Gosaubach 1990	12
2.5 Niederschläge und Abflüsse während der Durchführung des 1. Markierungsversuches im Juli 1990	13
2.6 Niederschläge und Abflüsse während der Durchführung des 2. Markierungsversuches im Oktober und November 1990	17
3. Durchführung des 1. Markierungsversuches (Einspeisung am 3. Juli 1990)	21
3.1 Einspeisung	21
3.2 Probenahme	23
3.3 Untersuchungsergebnisse	24
4. Durchführung des 2. Markierungsversuches (Einspeisung am 26. Oktober 1990)	32
4.1 Einspeisung	32
4.2 Probenahme	32
4.3 Untersuchungsergebnisse	34

5. Probenaufbereitung und Analytik	47
6. Einbeziehung von Isotopenuntersuchungen aus dem Jahre 1983	50
6.1 Tritium	51
6.2 Deuterium und Sauerstoff-18	55
7. Gesamtbewertung und Schlußfolgerungen	58
8. Literaturverzeichnis	61

1. EINLEITUNG

Die beiden oberösterreichischen Gemeinden Gosau und Hallstatt beziehen ihr Trinkwasser aus Karstquellen des Dachsteinmassivs. Diese Quellen sind durch die Wasserzufuhr aus den Hochbereichen des Dachsteins, welche touristisch stark erschlossen sind, und wo sich mehrere Bergrestaurants und Schutzhütten befinden, gefährdet. Wie konkret die Gefährdung ist, beweist ein Unfall bei der Simonyhütte im Frühjahr des Jahres 1990, bei dem 60 l Dieseltreibstoff in die Umgebung austraten. Ein Zusammenhang der in diesem Bereich versinkenden Wässer mit den Trinkwasserquellen von Hallstatt wurde bereits 1958 nachgewiesen (BAUER, ZÖTL, MAYR, 1958).

In Fortführung der im Dachsteingebiet zur Erlassung einer Schongebietsverordnung durchgeführten karsthydrologischen Untersuchungen (BAUER, 1989) wurden im Jahre 1990 auf Anregung der Abteilung Wasserbau des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung vom Umweltbundesamt Wien zwei weitere Markierungsversuche durchgeführt.

Zielsetzung der gegenständlichen Untersuchungen war es vor allem, das unterschiedliche unterirdische Abflußverhalten der Karstwässer bei hohem, sowie bei niedrigem Bergwasserstand zu untersuchen, um eine sinnvolle Abgrenzung für das zu erlassende Schongebiet zu ermöglichen. Weiters sollten Aussagen ermöglicht werden, zu welchen Zeitpunkten, in welchem Ausmaß und durch welche Kluftsysteme den Trinkwasserquellen der Gemeinden Gosau und Hallstatt Wasser aus den Hochbereichen des Dachsteins zugeführt wird.

Zu diesem Zweck wurden am 3. Juli (hoher Bergwasserstand), sowie am 26. Oktober 1990 (niedriger Bergwasserstand) an vier verschiedenen Stellen Einspeisungen mit unterschiedlichen Farbstoffen durchgeführt. Die Einspeisungen erfolgten bei der Seekarwand (1580 m), Beim Kreuz (1710 m), Radltal (1515 m), sowie Steirerloch (1930 m).

Im Rahmen des Versuches vom Juli wurden 26 Quellen auf Farbstoffaustritte untersucht. Bei Versuchsdurchführung im Oktober umfaßte die Beobachtung 25 Quellen. In Summe wurden rund 900 Proben im Zuge der Durchführung der beiden Markierungsversuche entnommen, und in den Labors des Umweltbundesamtes auf ihren Farbstoffgehalt untersucht.

Anmerkung:

Die Planung der Markierungsversuche, sowie eine vorläufige Auswertung des Markierungsversuches vom Juli 1990 erfolgten durch Dr. G. Völkl (siehe auch VÖLKL, 1990).

Teile dieser Auswertung wurden bei der Erstellung des vorliegenden Berichtes (im Kapitel 3) mitverwendet.

2. NIEDERSCHLAGS- UND ABFLUSSVERHÄLTNISSE IM UNTERSUCHUNGS- GEBIET

Die in diesem Kapitel verwendeten Niederschlags- und Abflußdaten entstammen dem Hydrographischen Jahrbuch 1983, sowie den freundlicherweise zur Verfügung gestellten Vorauswertungen des Hydrographischen Landesdienstes Oberösterreich.

2.1 Die generellen Abflußverhältnisse

Abbildung 1 zeigt die Monatsmittelwerte der wichtigsten Abflüsse im Dachsteinbereich im Zeitraum 1976 - 1980. In der Folge werden die beiden wichtigsten Bäche des Untersuchungsgebietes (Gosaubach und Waldbach), sowie die östlich des Untersuchungsgebietes gelegene Ödenseetraun miteinander verglichen.

Aus der Betrachtung der Kurvenverläufe wird ersichtlich, daß der Waldbach, dessen Quellen für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde Hallstatt genutzt werden, im Juni sein Abflußmaximum aufweist. Die Monatsmittel der Abflüsse differieren zwischen Februar und Juni etwa um den Faktor 43!

Hingegen erfolgt beim Gosaubach der maximale Abfluß im Monat Mai, und der Abflußverlauf ist wesentlich gedämpfter (Faktor 3,4). Einschränkend ist hierbei jedoch zu vermerken, daß sich die Abflußmeßstelle des Gosaubaches in einiger Entfernung unterhalb der Quellaustritte des Untersuchungsgebietes befindet, und dadurch auch Wässer aus weiter westlich (außerhalb des Dachsteinbereichs) gelegenen Einzugsgebieten miterfaßt werden.

Das dritte, lediglich zu Vergleichszwecken behandelte Fließgewässer, die Ödenseetraun, weist ebenso wie der Gosaubach ein Abflußmaximum im Mai auf. Der Faktor zwischen Minima und Maxima der durchschnittlichen Monatsabflüsse beträgt hier 7.

Bereits aus dem Vergleich der Abflußverläufe wird ersichtlich, daß der **Waldbach** einen sehr hohen Abflußanteil aus den Hochbereichen des Dachsteins erhält. Nur so ist das späte Abflußmaximum im Juni, welches durch die Schneeschmelze in den Gipfelbereichen bedingt ist, sowie der extreme Unterschied zwischen den Minima und Maxima erklärbar. Durch die bereits sehr weit fortgeschrittene Verkarstung dürfte es hier kaum zu einer längerfristigen Wasserspeicherung im Gebirge kommen.

Der **Gosaubach** erhält sein Wasser hingegen zu einem größeren Teil aus tiefer gelegenen Einzugsbereichen, wodurch auch das durchschnittliche Abflußmaximum bereits in den Mai fällt. Der eher ausgeglichene Abflußverlauf läßt weiters auf eine längere Wasserspeicherung in seinem Einzugsbereich schließen.

Interessant hinsichtlich der Wahl der Einspeisungszeitpunkte ist, daß im Juli der durchschnittliche Abfluß des Waldbaches weit über jenem des Gosaubaches liegt, während sich dies im Oktober und November genau gegensätzlich verhält. Dies ist als deutlicher Hinweis zu werten, daß sich die Abflußverhältnisse im Untersuchungsgebiet zu den verschiedenen Jahreszeiten beträchtlich verändern.

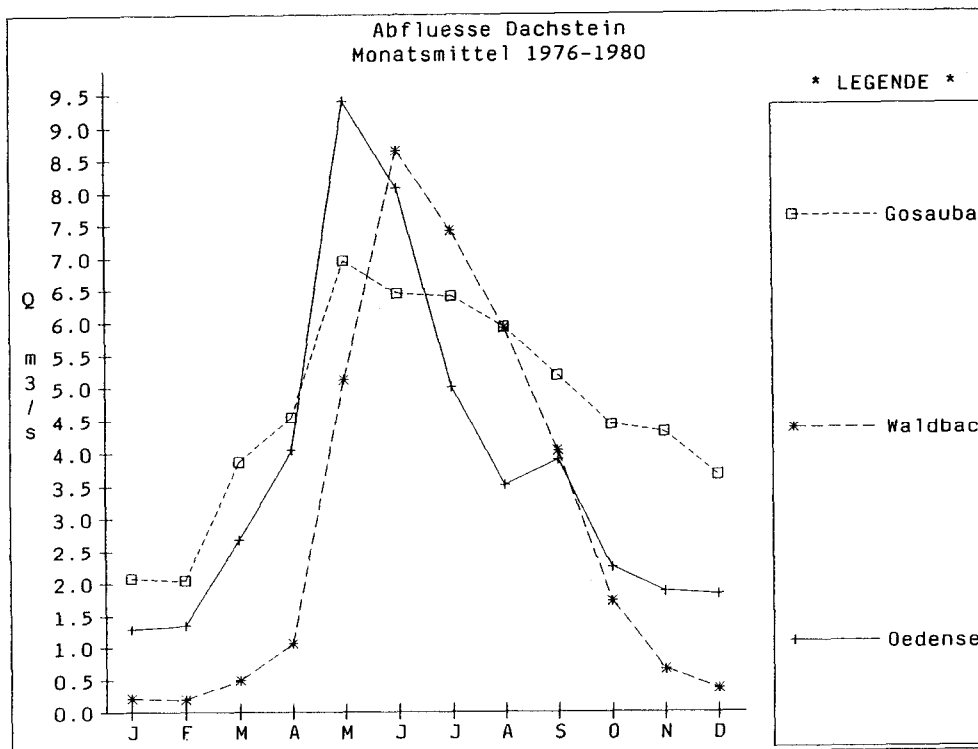


Abb.1: Abflüsse Dachstein - Monatsmittel 1976 - 1980

2.2 Witterungsverhältnisse im Winter und Frühjahr 1990

Der Winter 1989/90 ist als niederschlagsarm zu bezeichnen. Die Summe der Neuschneehöhen (Krippenstein) blieb mit 728 cm weit unter dem Mittelwert der Winter 1970/71 bis 1979/80 von 953 cm zurück. Die Schneeschmelze erfolgte im Monat Mai. Gegen Ende Mai war am Krippenstein (2050 m ü.A.) die Schneedecke bereits abgeschmolzen. Reichhaltige Niederschläge im gesamten Verlauf des Monats Juni führten zu einer Aufstockung der Wasservorräte im Berginneren des Dachsteinmassivs.

2.3 Abflußverlauf Waldbach 1990

Die **Abbildung 2** zeigt, daß im Jahr 1990 ein starker Abflußzuwachs erst im Monat Mai erfolgte, wonach im Juni das etwas über dem Durchschnitt (Vergleichszeitraum 1976 bis 1980) liegende Abflußmaximum auftrat (es handelt sich bei den Angaben durchwegs um Monatsmittelwerte).

Im Juli (Durchführung des 1. Markierungsversuches) lag der mittlere Abfluß des Waldbaches (8 m³/s) etwas über dem Monatsmittel des Vergleichszeitraumes 1976-1980 (7.3 m³/s).

Im Oktober und November (Durchführung des 2. Markierungsversuches) lagen die mittleren Abflüsse des Waldbaches (2.2 bzw. 0.95 m³/s) ebenfalls über den Monatsmitteln des Vergleichszeitraumes (1.7 bzw. 0.66 m³/s).

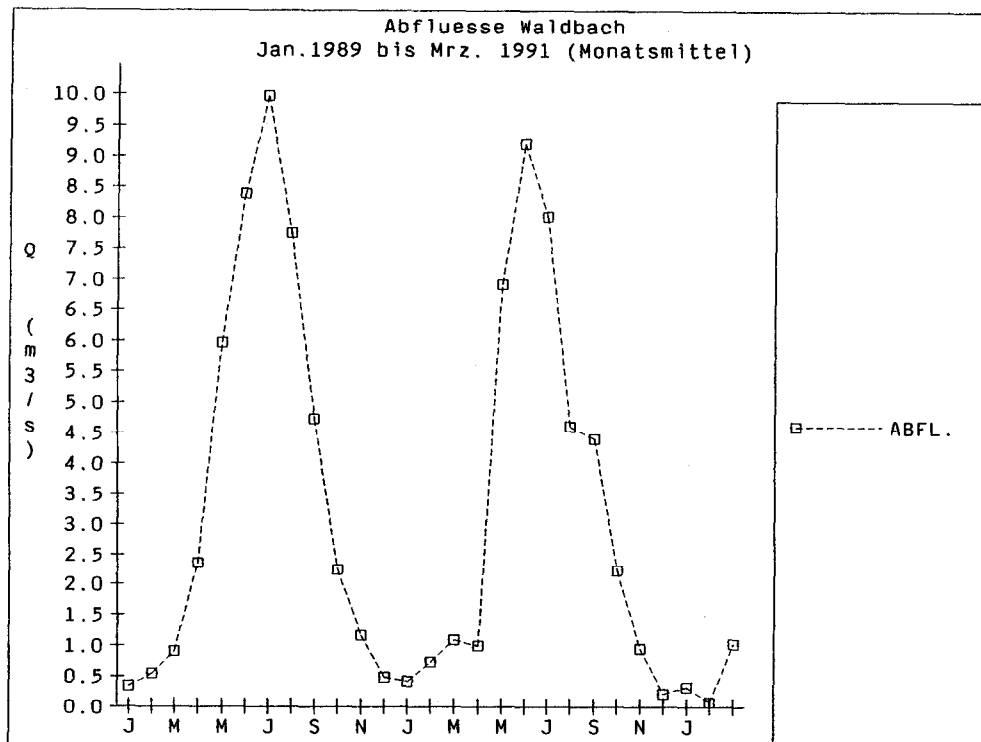


Abb.2: Abflüsse Waldbach Jänner 1989 bis März 1991

2.4 Abflußverlauf Gosaubach 1990

Der Gosaubach wies im Jahre 1990 einen im Vergleich zu den Monatsmittelwerten 1976 - 1980 eher untypischen und unregelmäßigen Abflußverlauf auf.

Die Frühjahrsabflüsse blieben durchwegs, auch noch im Monat Mai, sehr gering. Der Juliabfluß lag hingegen etwas über dem Fünfjahresmittel.

Der Monat August blieb weit unter dem Mittel, wonach der Oktober wieder einen vergleichsweise hohen Abfluß aufwies (siehe Abb.3:).

Im Juli (Durchführung des 1. Markierungsversuches) lag der mittlere Abfluß des Gosaubaches ($6.7 \text{ m}^3/\text{s}$) leicht über dem Monatsmittel des Vergleichszeitraumes ($6.4 \text{ m}^3/\text{s}$).

Im Oktober und November (Durchführung des 2. Markierungsversuches) lagen die mittleren Abflüsse des Gosaubaches (6.0 bzw. $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$) ebenfalls über den Monatsmitteln des Vergleichszeitraumes (4.4 bzw. $4.3 \text{ m}^3/\text{s}$).

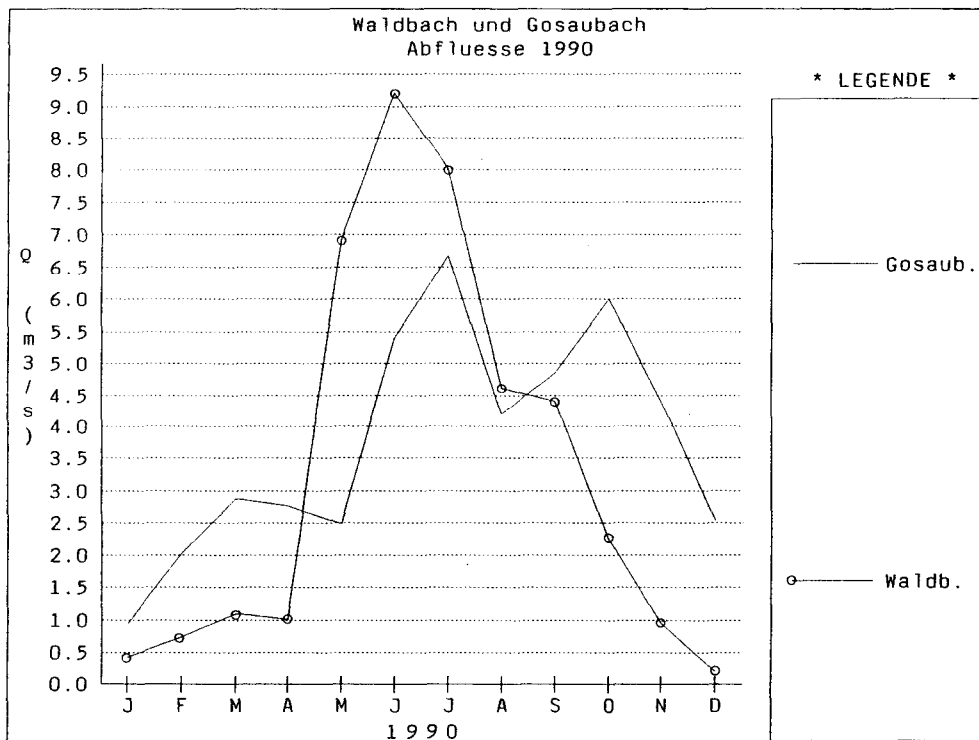


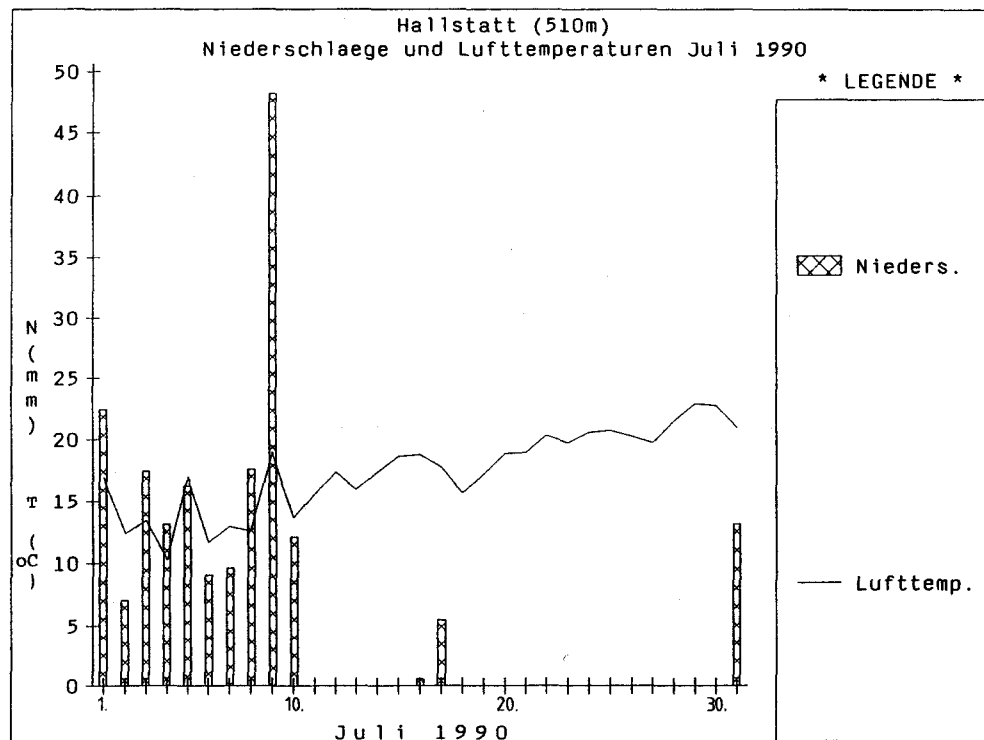
Abb.3: Waldbach und Gosaubach, Abflüsse 1990

2.5 Niederschläge und Abflüsse während der Durchführung des ersten Markierungsversuches im Juli 1990

Um einen Vergleich bezüglich der Niederschlagsverteilung in den verschiedenen Höhenlagen im Dachsteinbereich während der Versuchsdurchführung zu erhalten, werden die Meßwerte der Niederschlagsstationen Hallstatt (510 m ü.A.) und Krippenstein (2050 m ü.A.) gemeinsam betrachtet (siehe Abbildung 4).

Aus dieser Gegenüberstellung wird ersichtlich, daß die Niederschlagsverteilung bei beiden Stationen einen durchaus ähnlichen Verlauf aufwies. Die Niederschläge am Krippenstein lagen jedoch erwartungsgemäß zumeist über jenen bei der Station Hallstatt.

Beiden Niederschlagsstationen ist gemeinsam, daß eine Niederschlagshäufung zu Beginn des Monats Juli erfolgte, und das Niederschlagsmaximum am 9. Juli auftrat (jeweils etwa 50 mm).



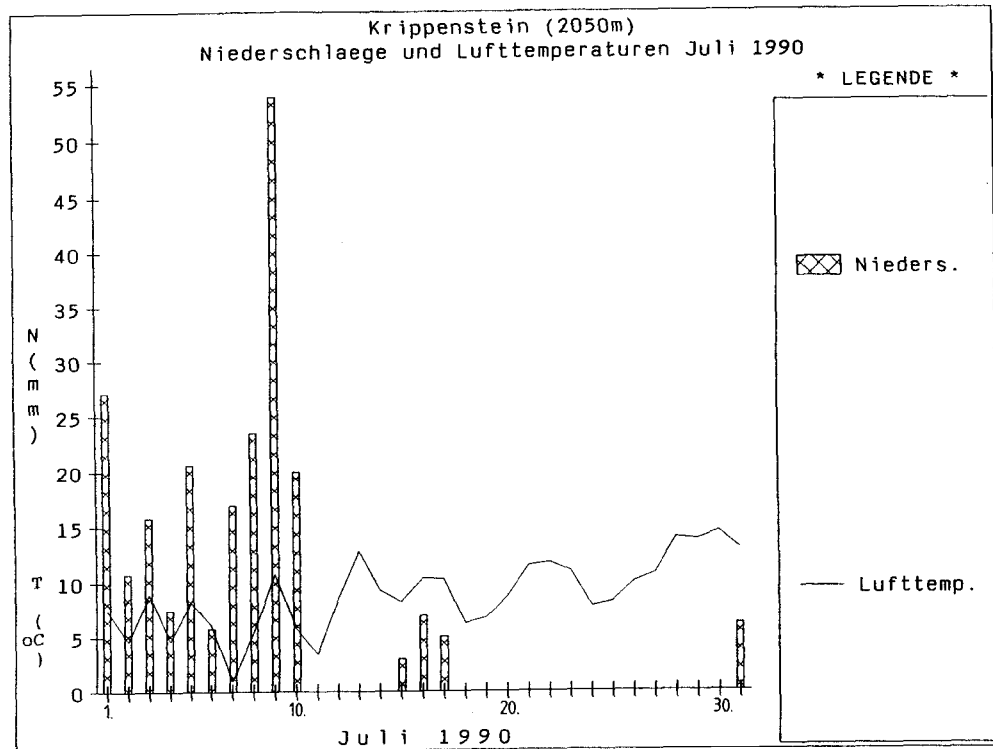


Abb.4: Verläufe der Niederschläge und Lufttemperaturen bei den Stationen Hallstatt und Krippenstein während der Durchführung des 1. Markierungsversuches im Juli 1990

Die Niederschlagsverhältnisse während des betrachteten Zeitraumes spiegeln sich in den Abflußverläufen des Waldbaches, sowie des Gosaubaches wieder.

Der **Waldbach** reagierte im Beobachtungszeitraum zeitverschoben um jeweils einen Tag auf die Niederschläge in seinem Einzugsgebiet (siehe **Abb.4** im Vergleich mit **Abb.5**). Dementsprechend kam es zu zwei Abflußspitzen am 2. und 6. Juli. Eine stark ausgeprägte Hochwasserspitze mit 28.7 m³/s trat am 10. Juli auf (um einen Tag verschoben, folgend auf den 50mm Tagesniederschlag).

Am 18. Juli kam es wieder zu einer kleinen Abflußspitze, welche durch die (eher geringen) Niederschläge der Vortage bedingt war.

Der erhöhte Abfluß am 22. und 23. Juli, sowie der geringe Abflußanstieg vom 29. und 30. Juli haben keine direkten Niederschlagsereignisse zur Ursache. Betrachtet man die Temperaturverläufe bei der Niederschlagsstation Krippenstein in diesem Zusammenhang, dann wird ersichtlich, daß es jeweils vor diesen Abflußanstiegen zu Temperaturanstiegen in den Hochbereichen des Einzugsgebietes gekommen war. Es kam hier offensichtlich zu einem Anfall von Schmelzwässern aus den Hochbereichen (Gletscherbereichen), die mit einer Zeitverzögerung zu Abflußanstiegen führten.

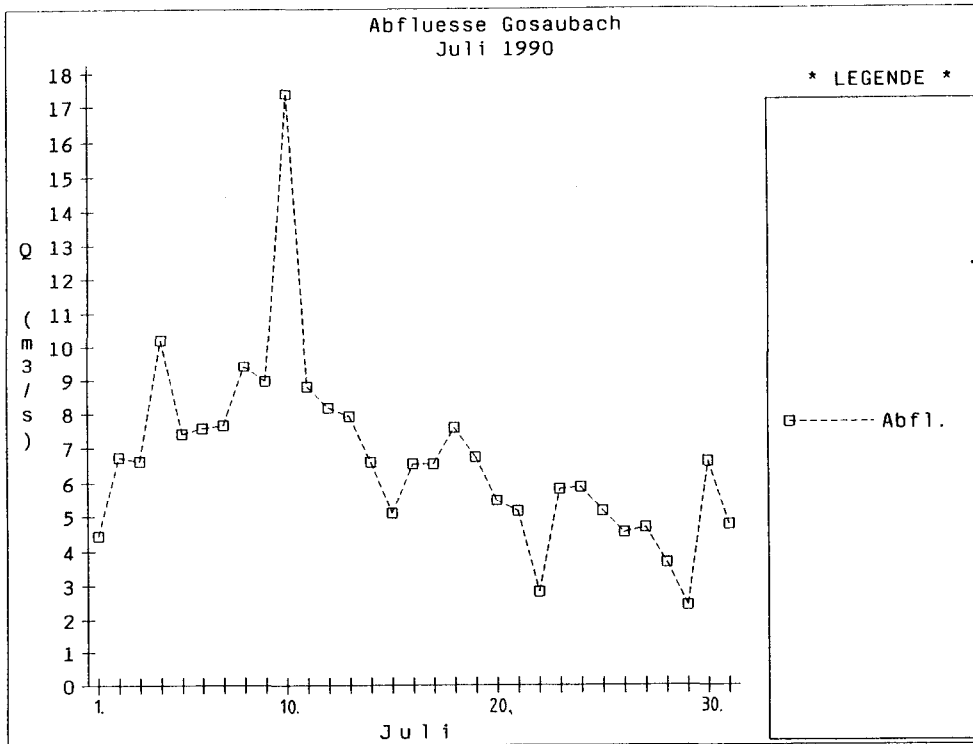
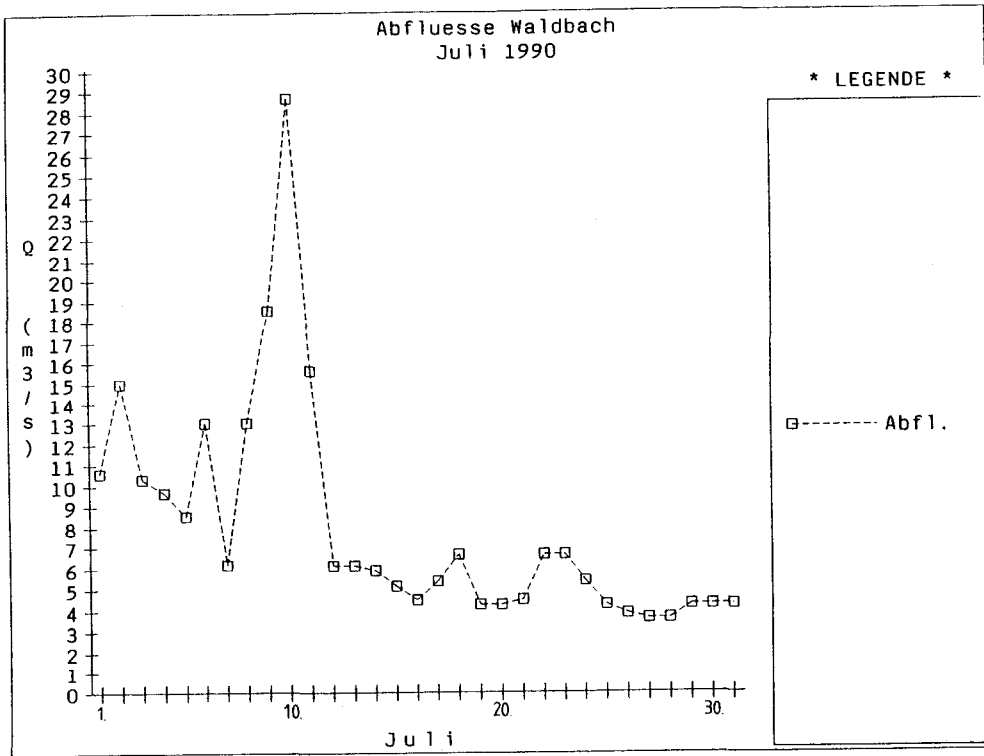


Abb.5: Abflüsse Waldbach und Gosaubach, im Juli 1990

Beim Gosaubach stehen die Tagesniederschläge (Krippenstein, bzw. Hallstatt) und Abflüsse nicht mehr in so eindeutiger Beziehung zueinander, wie das beim Waldbach der Fall ist. Die Abflußwerte weisen, wie bereits erwähnt, eine Überlagerung mit außerhalb des Untersuchungsgebietes (Dachsteinbereiches) gelegenen Einzugsgebieten auf.

Dennoch tritt auch hier das Abflußmaximum am 10. Juli in Abhängigkeit der Niederschläge vom 9. Juli stark in Erscheinung. Eine derart extreme Abflußerhöhung, wie dies beim Waldbach der Fall ist, tritt hier allerdings nicht auf.

2.6 Niederschläge und Abflüsse während der Durchführung des zweiten Markierungsversuches im Oktober und November 1990

Die Einspeisung der Markierungsstoffe erfolgte am 26. Oktober. Dementsprechend wird hier der Zeitraum vom 25. Oktober bis zum 25. November betrachtet.

Wie aus Abbildung 6 zu ersehen ist, kam es im Untersuchungszeitraum häufig zu Niederschlägen. Aufgrund der wechselnden Lufttemperaturen, welche laufend um den Gefrierpunkt schwankten, fiel ein Teil der Niederschläge als Schnee (vor allem in den Hochbereichen), der andere Teil als Regen. Die Niederschlagsereignisse wurden von einer Reihe von Schmelz- und Friervorgängen überlagert. Die Gesamtschneehöhen betragen im Untersuchungszeitraum bei der Station am Krippenstein (2050 m ü.A.) zwischen 0 und 92 cm.

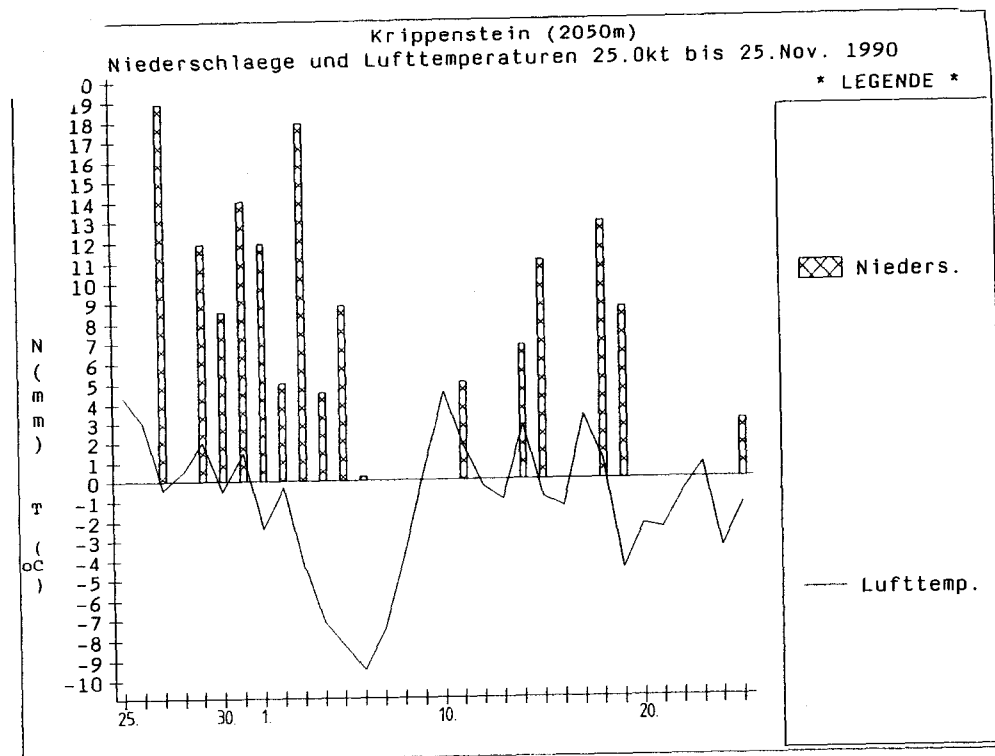
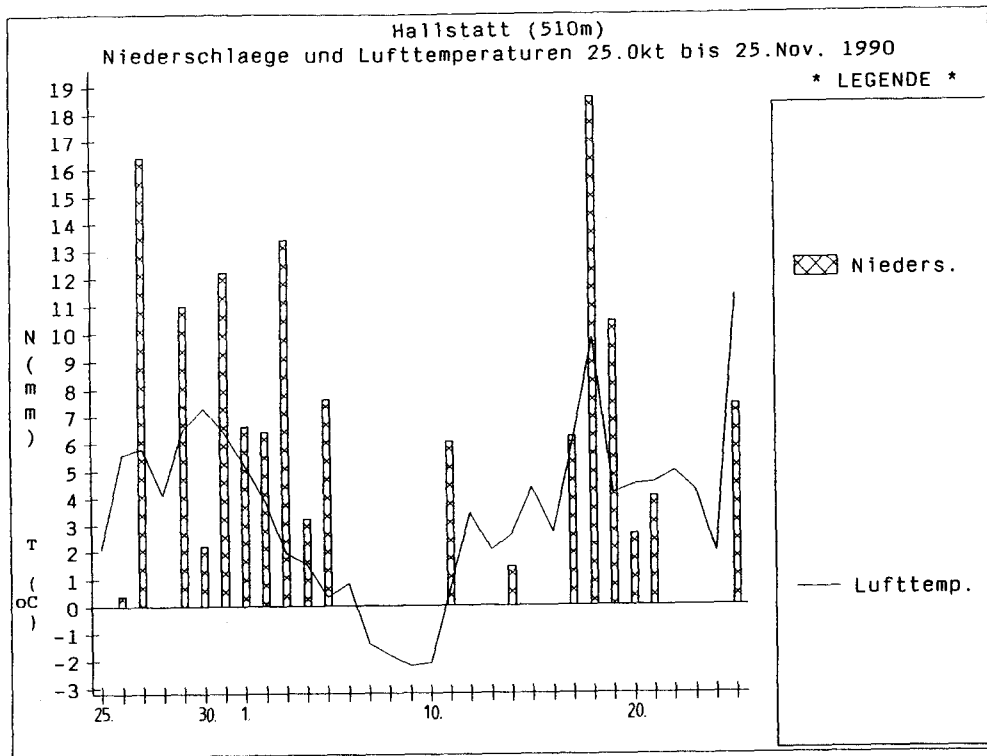


Abb.6: Verläufe der Niederschläge und Lufttemperaturen bei den Stationen Hallstatt und Krippenstein während der Durchführung des 2. Markierungsversuches im Oktober und November 1990

Entsprechend den zuvor erwähnten instabilen Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen im Untersuchungszeitraum sind die Zusammenhänge zwischen den Niederschlägen, bzw. Schneeverhältnissen und den Abflüssen komplex. Sie sind nicht mehr eindeutig zueinander in Beziehung zu setzen.

Der Abfluß des **Waldbaches** war zu Beginn des Beobachtungszeitraumes als gering zu bezeichnen (Herbst- Basisabfluß). Am 31. Oktober trat dann eine Abflußspitze auf. Der Abflußrückgang zwischen dem 3. und 11. November spiegelt den Temperaturrückgang in den Hochlagen wieder (siehe **Abb.6** in Verbindung mit **Abb.7**). Die stark ausgeprägte Abflußspitze am 17. November wurde durch Schneeschmelzwasser von den Hochlagen ausgelöst. (Bei der Station am Krippenstein kam es in diesem Zeitraum (16. bis 18.11) zum Abschmelzen von 26 cm Schnee).

Der **Gosaubach** zeigt im betrachteten Zeitraum zwar ein in Grundzügen ähnliches Abflußverhalten wie der Waldbach, allerdings mit starken Verzerrungen. Auffallend sind die starken Abflußrückgänge am 10. und 11., sowie am 17. und am 25. November.

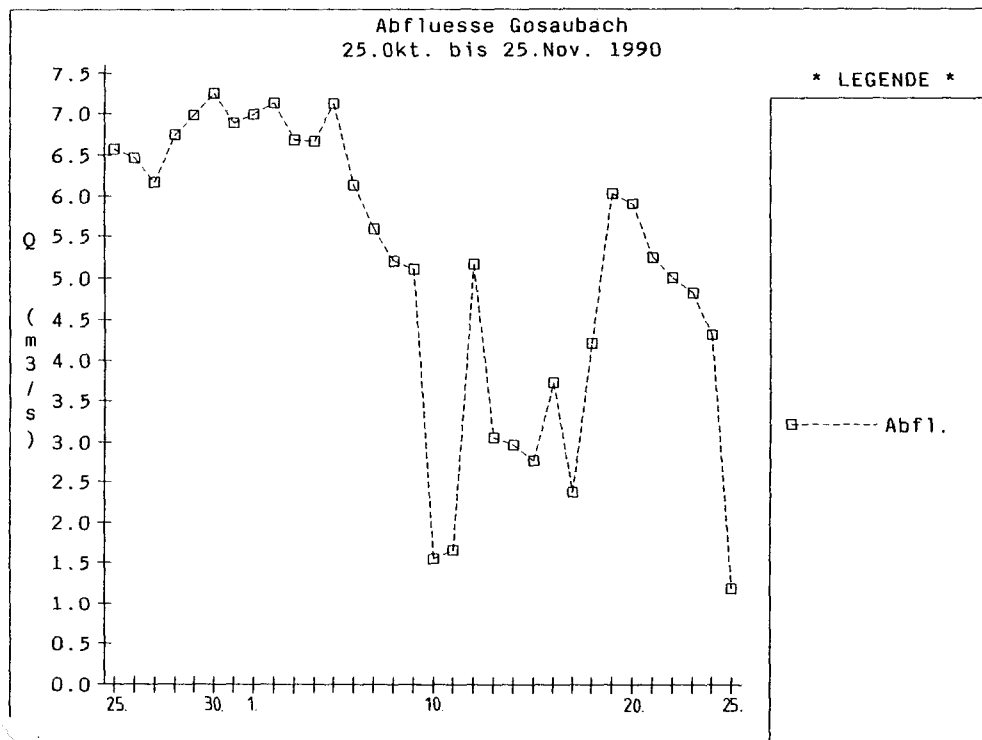
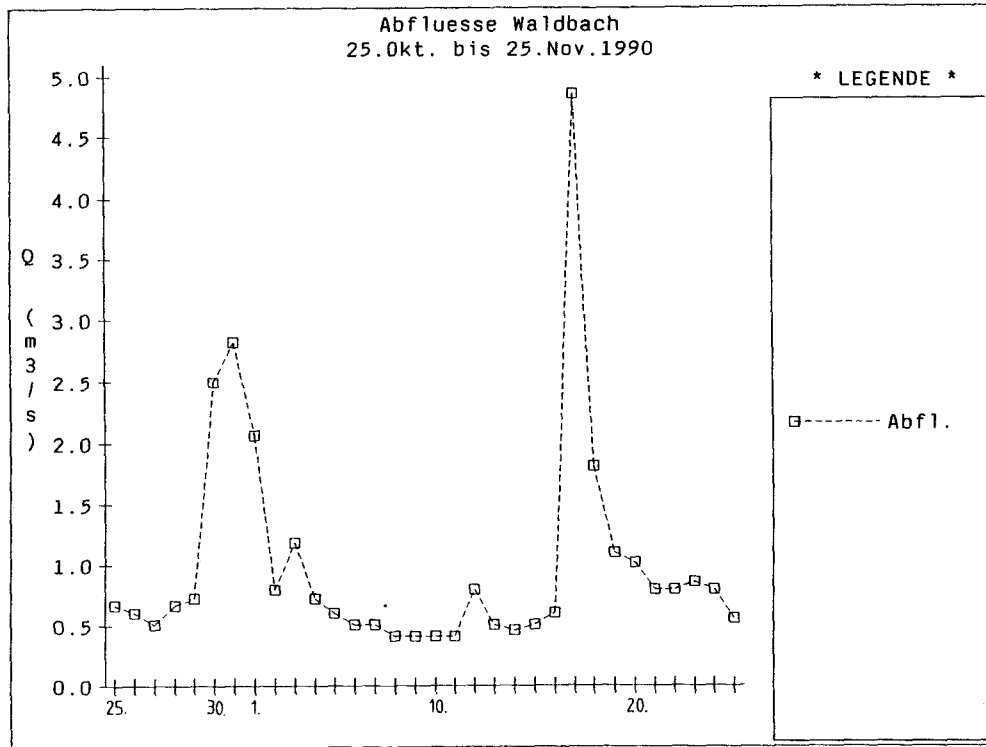


Abb.7: Abflüsse Waldbach und Gosaubach im Oktober und November 1990 (2. Markierungsversuch)

3. DURCHFÜHRUNG DES 1. MARKIERUNGSVERSUCHES (EINSPEISUNG AM 3. JULI 1990)

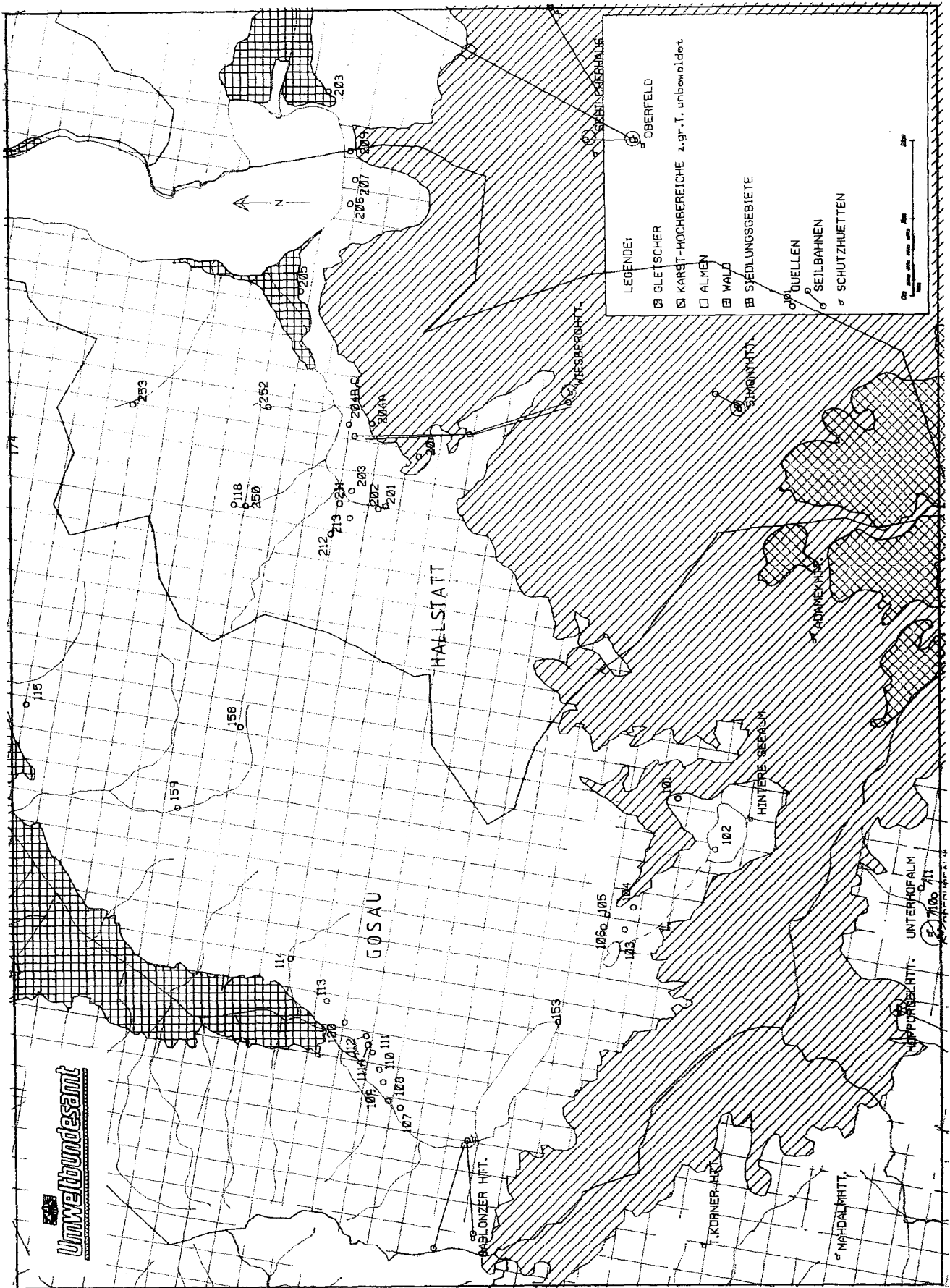
3.1 Einspeisung

Die Farbstoffeinspeisungen wurden am 3. Juli programmgemäß durchgeführt. Ergiebige Niederschläge im Juni (236 mm in Hallstatt) hatten den Karstwasserkörper aufgefüllt, und die eher schwache Schneeschmelze ausgeglichen (siehe auch 2.2). Der Wasserstand des Hinteren Gosausees zeigte einen Pegelstand von 1135 mü.A., was einem Wasserinhalt von ca. 4 Mio. m³ entspricht. Der Seespiegel zeigte stark steigende Tendenz. Die Bedingungen für die Einspeisung bei hohem Bergwasserstand waren somit günstig.

Die Einspeisungen erfolgten am 3.07.1990 um 12 Uhr mittags. Die Farbstofflösungen waren am Tag zuvor am Gelände des OKA-Kraftwerkes Steeg angerührt worden. Die Transporte des (für drei Einspeisungsstellen) benötigten Spülwassers, des sonstigen Materials, sowie des Personals zu den Einspeisungsstellen erfolgte per Hubschrauber.

Einspeisung:	Markierungsstoff:	Spülwasser:	
		natürlich	zusätzlich
U Seekarwand	Pyranin 1 kg	3.0 l/s	---
V Beim Kreuz	Tinopal 6 kg	0.2 l/s	200 l
W Radltal	Uranin 1 kg	---	1000 l
X Steirerloch	BR 540 1 kg	0.1 l/s	400 l

Abb.8: Lage des Untersuchungsgebietes



3.2 Probenahme

Alle für einen Austritt der Markierungsstoffe in Frage kommenden Quellen im Bereich des Untersuchungsgebietes (Gosau, Echerntal sowie Hirschbrunn) wurden im Zuge des Untersuchungsprogrammes beobachtet. Aufgrund des von vornherein hohen Bergwasserstandes, sowie der laufenden Niederschläge während der Versuchsdurchführung war mit kurzen Durchlaufzeiten der Markierungsstoffe zu rechnen, weshalb die Probenahmeintervalle bei den Quellen möglichst kurz gehalten wurden.

Automatische Probennehmer wurden bei den Quellen 203 (Quellfassung Waldbachursprung- Klausbrunn, Zwischenschacht der Wasserversorgung Hallstatt), 106 (Quelle Vorderer Launigfall, Gosaulacke), sowie bei der Quelle 112 (Große Brunnbachquelle) aufgestellt. Bei diesen automatischen Probennehmern betrug das Entnahmeintervall 2 Stunden.

Bei den folgenden Quellen wurden im Zeitraum 3. bis 10. Juli 1990 täglich 1 bis 2 Proben händisch entnommen (Zur Lage der Quellen siehe Abb.8:):

- 102 Quelle aus Felsspalte (Schlinger) - Hinterer Gosausee
- 104 Stierrinn- Quelle, südlich Gosaulacke
- 105 Hinterer Launigfall, Gosaulacke
- 108 Quelle unter Sohlstufe des Gosaubaches bei 200m Zielscheibe
- 110 Quellfassung der Gemeinde Gosau, bei OKA- Zentrale III
- 111 Quelltopf, südlichster Austritt der Brunnbäche
- 113 Geigerbach- Quelle
- 114 Beereiblbach- Quelle
- 115 Quelle südlich v. Klaushof
- 120 OKA- Quelle, Wasserversorgung Hintertal
- 131 Quellname nicht bekannt

- 158 (in früheren Untersuchungen auch mit 130 bezeichnet)
- 159 (in früheren Untersuchungen auch mit 121 bezeichnet)
- 163 (in früheren Untersuchungen auch mit 132 bezeichnet)
- 202 Quellfassung Waldbachursprung (ehemalige WV Hallstatt)
- 204 Dürrenbach- Quelle
- 204A Quelle nördlich Dürrenbach an Echerntalstraße
- 205 Quellen am Ausgang des Echerntales
- 206 Hirschbrunn- Quelle
- 207 Kessel- Quelle
- 211 Nebenquelle Waldbach
- 212 Nebenquelle Waldbach
- 213 Nebenquelle Waldbach

Während der Probenahme, sowie nach Beendigung derselben wurden in die 12 wichtigsten Quellen Aktivkohlesäckchen zur Farbstoffsummenbestimmung eingehängt, um Aussagen über die Wasserspeicherung im Untersuchungsgebiet zu erhalten, bzw. um auch sehr geringe Farbstoffspuren noch nachweisen zu können. Aufgrund einer herstellungsbedingten Verunreinigung des verwendeten Aktivkohlematerials konnten die Meßergebnisse für die Berichterstellung allerdings nicht verwertet werden.

3.3 Untersuchungsergebnisse

Der bei U- Seekarwand eingespeiste Farbstoff Pyranin konnte jeweils nach 24 Stunden bei der Quellgruppe Großer Brunnbach (112), der Quelle Geigerbach (113), der Beereiblbach- Quelle (114), sowie bei der OKA- Quelle, Wasserversorgung Hintertal (120) erstmals nachgewiesen werden. Die daraus errechneten maximalen Abstandsgeschwindigkeiten bewegen sich durchwegs in einer Größenordnung von 120 bis 130 m/h. Derart hohe Werte sind für stark verkarstete Gebirgsbereiche (bei hohem Bergwasserstand, bzw. starker Quellschüttung) typisch (siehe auch BÖGLI, 1978).

Die meisten Daten des Konzentrationsverlaufes liegen von der Quellgruppe Großer Brunnbach (112) vor (siehe Abb.9). Nach einem ersten abrupten Anstieg der Farbstoffkonzentrationen

kam es in der Folge zu einem Absinken und zwei weiteren nachfolgenden Maxima. Der deutliche Konzentrationsabfall war am Nachmittag und Abend des 4. Juli möglicherweise durch Schneeschmelzwasser aus dem Gletscherbereich und eine damit zusammenhängende Verdünnung bedingt. Am Abend des 5. Juli traten die höchsten Farbstoffkonzentrationen auf. Durch eine ausgeprägte Hochwassersituation am 8., 9. und 10. Juli (starke Verdünnung) war der Farbstoff nicht mehr nachweisbar, und wurde vermutlich auch völlig ausgewaschen.

Die Konzentrationsverläufe bei den Quellen des Geigerbaches (113) (siehe Abb.10:), sowie bei der OKA-Quelle, Wasserversorgung Hintertal (120) (siehe Abb.11:) sind jenen der Quellgruppe Großer Brunnbach (112) ähnlich. Lediglich die Dauer des Farbstoffdurchganges ist etwas verlängert. Bei den beiden genannten Quellen waren Nachweise von Farbstoffspuren noch am 8. Juli möglich.

Bei der Beereiblbach-Quelle (114) konnte lediglich in einer einzigen Probe Pyranin nachgewiesen werden.

Eine (aufgrund der nur zum Teil genauer bekannten Abflußdaten überschlägige) Berechnung der Menge des wiedergefundenen Pyranins über die Durchgangskurven und Abflüsse der einzelnen Quellen ergibt folgendes Bild: Im Zeitraum 4.07. bis 10.07.1990 konnten bei der Quellgruppe Großer Brunnbach (112) etwa 210 g wiedergefunden werden, beim Geigerbach (113) 13 g, sowie bei der OKA-Quelle, Hintertaler Wasserversorgung (120) ca. 3 g. Daher beträgt die Farbstoff-Wiederfindungsrate in der 1. Untersuchungswoche bei diesen 4 Quellen etwa 25 %. Pyranin konnte in keiner anderen Quellgruppe nachgewiesen werden.

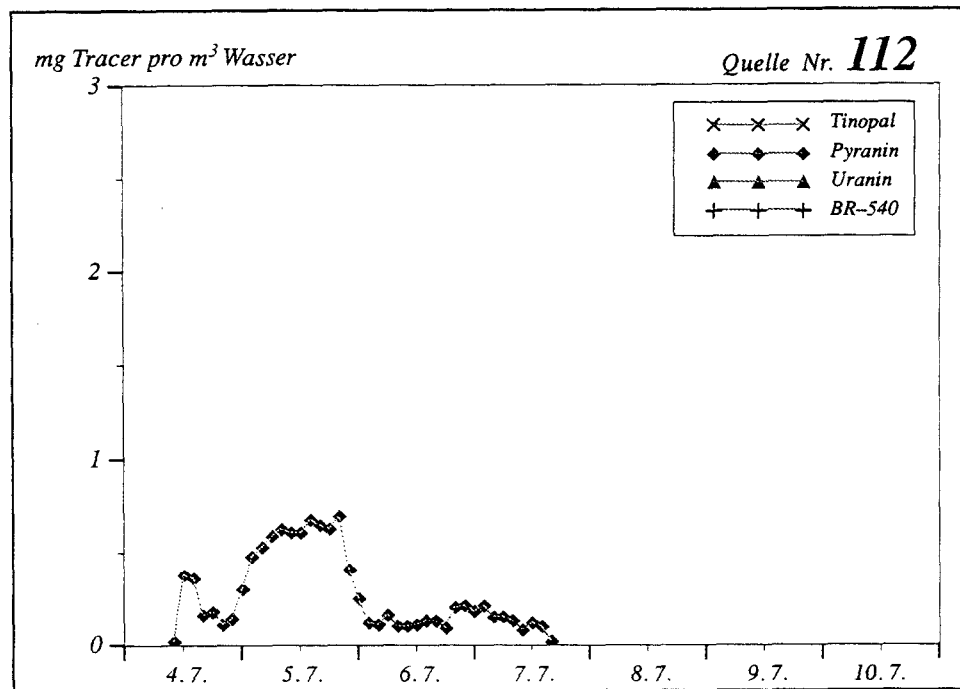


Abb.9: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der Quellgruppe Großer Brunnbach (112); Juli 1990

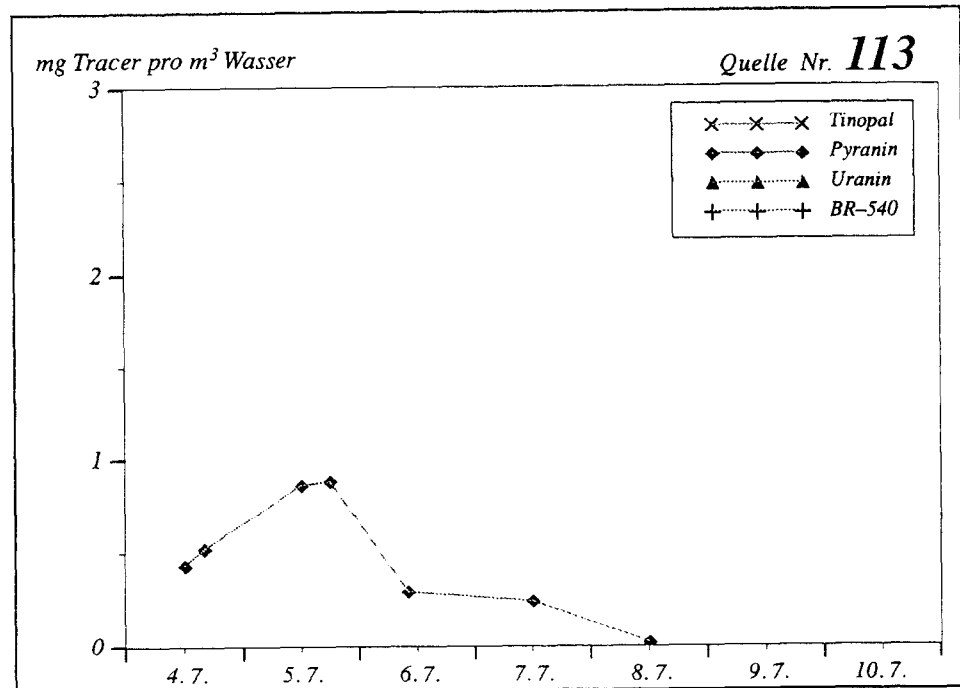


Abb.10: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der Geigerbach-Quelle (113); Juli 1990

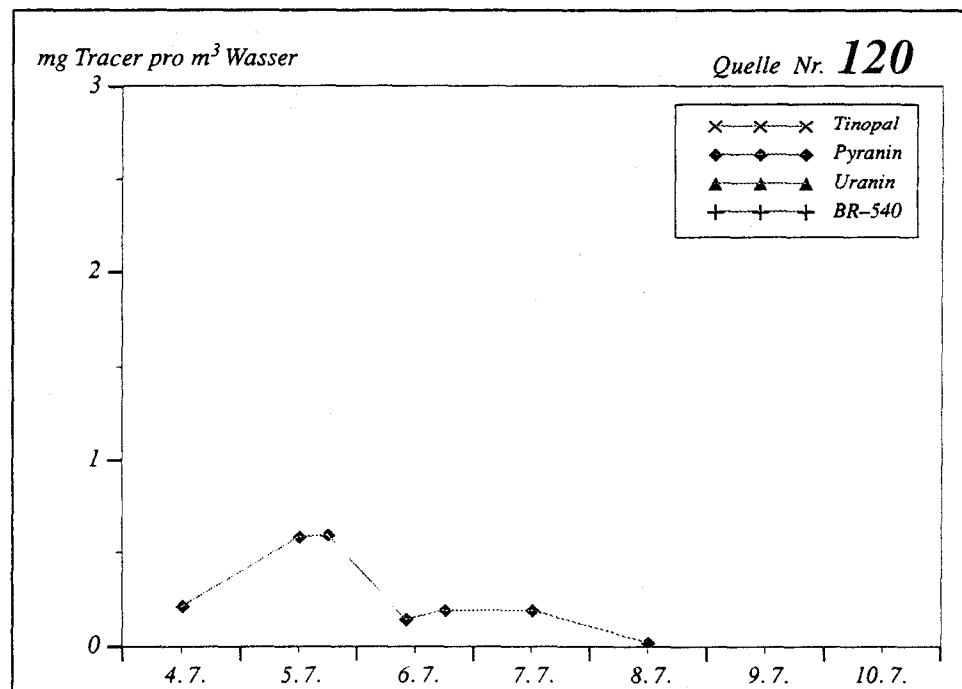


Abb.11: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der OKA-Quelle, Wasserversorgung Hintertal (120); Juli 1990

Ein Wiederaustritt des bei V- Beim Kreuz eingespeisten Tinopals konnte bei der Quellspalte am Hinteren Gosausee (102) nachgewiesen werden. Ein eindeutiger Nachweis war allerdings nur in den Wasserproben vom 6. Juli und 10. Juli möglich. Bei allen anderen Quellen fanden sich keine Spuren von Tinopal.

Das in die Einspeisestelle W- Radltal eingebrachte Uranin konnte bei der ehemaligen Quellfassung Hallstatt- Waldbachursprung (202), bei der derzeit von Hallstatt genutzten Quelle Waldbachursprung- Klausbrunn (203), sowie bei den beiden Nebenquellen des Waldbaches (212) und (213) nachgewiesen werden.

Die Durchgangszeiten bis zum ersten Uraninnachweis betragen bei der ehemaligen Quellfassung Waldbachursprung (202) und den beiden Nebenquellen des Waldbaches (212) und (213) zwischen 20 und 26 Stunden. Abstechend anders verhielt sich die derzeit von Hallstatt genutzte Quelle Waldbachursprung-Klausbrunn (203), welche sich auf der orographisch rechten Seite des Waldbaches befindet. Die Zeitdauer bis zum ersten Nachweis betrug dort 44 Stunden. Das selbe Bild ergaben die maximalen Abstandsgeschwindigkeiten, welche Werte von 73 m/h bei der Quellfassung Waldbachursprung-Klausbrunn (203), und bis zu 145 m/h bei der Nebenquelle Waldbach (212) aufwiesen (siehe auch Tab.1).

Die Durchgangskurven des Uranins bei der Quellfassung Waldbachursprung-Klausbrunn (203), sowie bei der ehemaligen Quellfassung des Waldbachursprungs (202), zeigen die Abbildungen 12 und 13.

Bei der ehemaligen Quellfassung des Waldbachursprungs (202) ist vorerst ein jäher Anstieg im Konzentrationsverlauf zu erkennen, wobei hier bereits zu Beginn der überhaupt höchste im Versuchsverlauf gemessene Uraninwert (2.4 mg/l) auftrat. Nach einem Konzentrationsrückgang ist ein weiterer kleiner Peak am 8. Juli ersichtlich (vermutlich durch Schüttungszuwachs bedingte endgültige Farbstoffauswaschung).

Hingegen erfolgte bei der derzeit von der WV Hallstatt genutzten Quelle Waldbachursprung-Klausbrunn (203) ein zeitlich verzögerter Farbstoffdurchtritt. Das Uranin war nur am 5. Juli mit wechselnden, aber stets geringen Konzentrationen nachweisbar.

Bei den Nebenquellen des Waldbaches (212) und (213) konnte Uranin jeweils nur in einer einzigen Probe nachgewiesen werden. Eine (überschlägige) Berechnung der Menge des wiedergefundenen Uranins über die Konzentrationsverläufe und

Abflußdaten der einzelnen Quellen ergibt folgendes Bild: Im Zeitraum vom 4. Juli bis 10. Juli 1990 konnten im Bereich der ehemaligen Quellfassung der WV Hallstatt (202) und beim Waldbachursprung (201) (diese beiden Quellen liegen in unmittelbarer Nähe zueinander, und aufgrund der gewählten Probenahme-stelle sind die bei 202 nachgewiesenen Farbstoffkonzentrationen für beide Quellen gültig) etwa 360 g wiedergefunden werden; bei der Quellfassung Waldbachursprung-Klausbrunn (203) ca. 0.1 g. Daher liegt die Uraninwiederfindungsrate in der 1. Untersuchungswoche bei diesen beiden Quellen bei ca. 36 %.

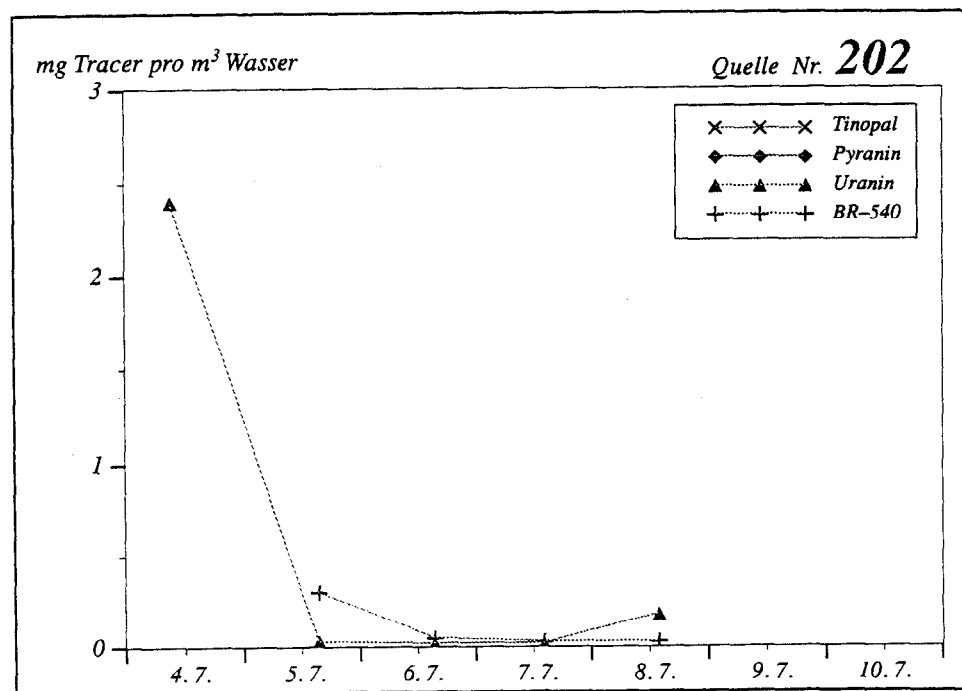


Abb.12: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der ehemaligen Quellfassung des Waldbachursprungs (202); Juli 1990

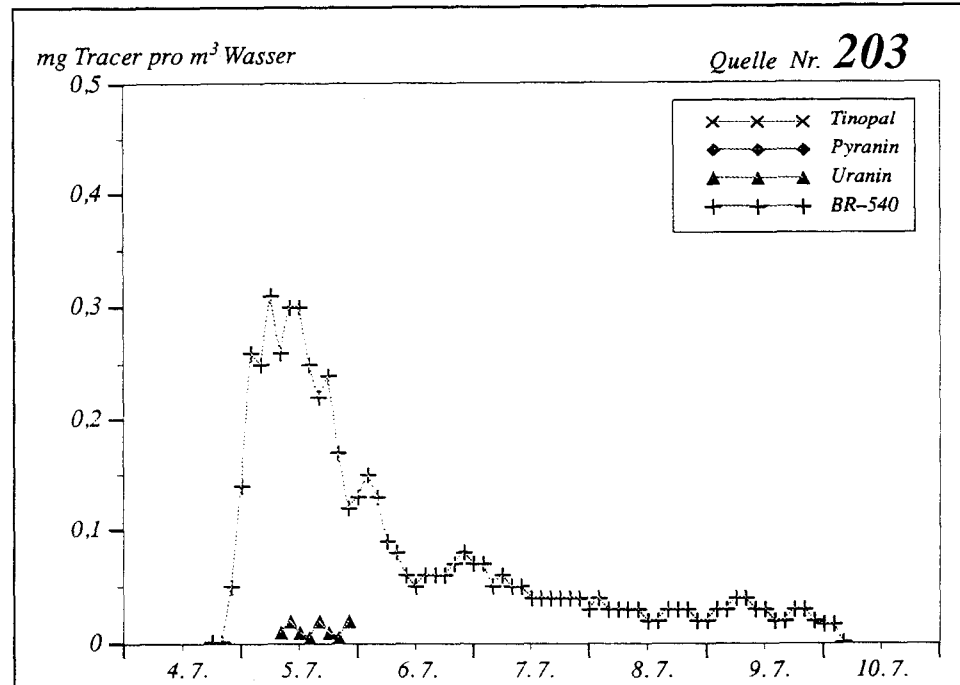


Abb.13: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der von der WV Hallstatt genutzten Quelle Waldbachursprung-Klausbrunn (203); Juli 1990

Der Farbstoff Basinylrot (BR-540), welcher bei X- Steirerloch eingespeist wurde, konnte nach 34 Stunden bei der Quellfassung Waldbachursprung-Klausbrunn (203) nachgewiesen werden. Bei der ehemaligen Quellfassung Waldbachursprung (202) erfolgte der erste Nachweis nach 50 Stunden, wobei hier allerdings die unterschiedlichen Zeiten mit großer Wahrscheinlichkeit durch die unterschiedlichen Probenahmeintervalle bedingt sind. Die errechneten maximalen Abstandsgeschwindigkeiten betragen 115 (bei Quelle 203) und 68 (bei Quelle 202) m/h.

Die Konzentrationsverläufe des bei den Quellen nachgewiesenen BR-540 sind aus den Abbildungen 14 und 15 ersichtlich.

Von der Quelle 203 liegt eine sehr dichte Meßwertreihe vor. Nach einem abrupten Anstieg kommt es zu einem eher langsamen Abfallen der Farbstoffkonzentration mit in den Tagesverläufen schwankenden Konzentrationen. Der Maximalwert von 0.31 mg/m³ wird bald nach Beginn erreicht, und die Farbstoffkonzentration fällt am 10. Juli aufgrund der Hochwasserspitze wieder unter die Nachweisgrenze. Der Konzentrationsverlauf bei Quelle 202 ist dem von Quelle 203 ähnlich. Das Maximum beträgt 0.30 mg/m³ und tritt am 5. Juli auf. Allerdings ist hier der Farbstoff bereits am 9. Juli nicht mehr nachweisbar.

Eine überschlägige Berechnung der Wiederfindungsrate des Farbstoffes Basinylnrot (BR 540) in der ersten Versuchswoche, ergibt für die ehemalige Quellfassung des Waldbachursprungs (202) und den Waldbachursprung (201) etwa 96 g, sowie für die Quellfassung Waldbachursprung- Klausbrunn (203) 3.9 g. Dies entspricht einer Wiederfindungsrate im genannten Zeitraum von etwa 10 %.

4. DURCHFÜHRUNG DES 2. MARKIERUNGSVERSUCHES (EINSPEISUNG AM 26. OKTOBER 1990)

4.1 Einspeisung

Die Einspeisung der Farbstoffe erfolgte am 26. Oktober bei wolkenlosem Wetter und einer Lufttemperatur von ca. 5 °C plangemäß um etwa 12 Uhr Mittags.

Die Bedingungen für die Versuchsdurchführung bei niedrigem Bergwasserstand waren günstig (siehe auch 2.).

Die Farbstofflösungen waren am Vortag der Einspeisungen, dem 25.10.1990 am Gelände des Krafterkes Steeg der OKA angerührt worden. Die Transporte der Personen, des Spülwassers sowie des anderen Materials zu den Einspeisungsstellen erfolgte per Hubschrauber.

Einspeisung:	Markierungsstoff:	Spülwasser:	
		natürlich	zusätzlich
U Seekarwand	Pyranin 1 kg	0.1 l/s	200 l
V Beim Kreuz	Tinopal 6 kg	---	600 l
W Radltal	Uranin 1 kg	---	1000 l
X Steirerloch	BR 540 1 kg	---	600 l

4.2 Probenahme

Automatische Probennehmer wurden, unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus dem 1. Markierungsversuch vom Juli, bei den Quellen 202 (Quellfassung Waldbachursprung- Klausbrunn, ehemalige WV der Gemeinde Hallstatt), 203 (Zwischenschacht der Wasserversorgung Hallstatt), 106 (Vorderer Launigfall, Gosaulacke), sowie bei der Quelle 112 (Große Brunnbachquelle) aufgestellt. Die Entnahmeintervalle waren zwei-, im späteren Verlauf des Versuches vierstündig.

Bei den folgenden Quellen erfolgte eine vorerst tägliche, später in größeren zeitlichen Abständen durchgeführte Probenahme (Zeitraum: 26. Oktober bis 10. Dezember 1990):

- 103 Quellname nicht bekannt
- 104 Stierrinn- Quelle, südlich Gosaulacke
- 107 Quelle ober Sohlstufe Gosaubach, Schießplatz
- 108 Quelle unter Sohlstufe Gosaubach, bei 200m Zielscheibe
- 109 Quellname nicht bekannt
- 110 Quellfassung der Gemeinde Gosau, bei OKA- Zentrale III
- 111 Quelltopf, südlichster Austritt der Brunnbäche
- 111A Quelle unter Weg, 100 m nördlich von 111
- 113 Geigerbach- Quelle
- 114 Beereiblbach- Quelle
- 115 Quelle südlich v. Klaushof
- 120 OKA- Quelle, Wasserversorgung Hintertal
- 122 Quellname nicht bekannt
- 131 Quellname nicht bekannt
- 153 Quelle- Zufluß vorderer Gosausee
- 159 (in früheren Untersuchungen auch mit 121 bezeichnet)
- 163 (in früheren Untersuchungen auch mit 132 bezeichnet)
- 204A Quelle nördlich Dürrenbach an Echerntalstraße
- 205 Quellen am Ausgang des Echerntales
- 206 Hirschbrunn- Quelle
- 211 Nebenquelle Waldbach
- 212 Nebenquelle Waldbach
- 213 Nebenquelle Waldbach

Im Rahmen der Durchführung dieses Versuches wurden in die Quellen 107,108,110,111,112,113,114,115,120,153,159,163,201, 204A,206 Aktivkohlesäckchen zur Farbstoffsummenbestimmung eingehängt, um Aussagen über die Wasserspeicherung im Untersuchungsgebiet, bzw. bezüglich eines Farbstoffaustrittes in geringen Spuren zu erhalten. Die Entnahme der Aktivkohlen erfolgte sodann am 31. Mai 1991. Bei den Quellen 107,108,111, 113 und 206 waren die Aktivkohlen zu diesem Zeitpunkt allerdings nicht mehr auffindbar.

4.3 Untersuchungsergebnisse

Der bei U- Seekarwand eingegebene Farbstoff Pyranin konnte nach 94 Stunden bei der Quellgruppe Großer Brunnbach (112), nach 118 Stunden bei der OKA- Quelle, Wasserversorgung Hintertal (120), sowie nach 120 Stunden bei der Quelle Geigerbach (113) erstmals nachgewiesen werden. Bei der Beereiblbachquelle (114) konnte im Gegensatz zur Versuchsdurchführung vom Juli kein Pyranin nachgewiesen werden. Die maximale Abstandsgeschwindigkeit betrug bei der Quelle Großer Brunnbach (112) 33 m/h, bei der OKA- Quelle (120) 26 m/h, sowie bei der Quelle Geigerbach (113) 25 m/h.

Damit lagen die maximalen Abstandsgeschwindigkeiten bei etwa 20 bis 25% der bei Versuchsdurchführung im Juli erhaltenen Werte.

Die meisten Daten bezüglich des Konzentrationsverlaufes liegen von der Großen Brunnbachquelle (112) vor (siehe **Abb.17**). Am 30. Oktober kam es zu einem ersten Farbstoffnachweis, wonach in kurzer Zeit das Konzentrationsmaximum (welches deutlich unter dem Wert der 1. Versuchsdurchführung im Juli liegt) erreicht wurde. Nach einem kurzen Konzentrationsrückgang am 31. Oktober wurde wieder annähernd das Anfangsmaximum erreicht. Die weitere Abnahme des Farbstoffgehaltes erfolgte dann kontinuierlich und eher langsam.

Bei der Quelle Geigerbach (113) wurde der Farbstoff Pyranin erstmals am 31. Oktober nachgewiesen. Das Maximum trat am 1. November auf, wonach die Konzentration am 3. November wieder unter die Nachweisgrenze zurückging (siehe **Abb.18**).

Bei der OKA- Quelle, Wasserversorgung Hintertal (120) konnte Pyranin lediglich zweimal in Spuren nachgewiesen werden. Eine (aufgrund nur weniger vorliegender Abflußdaten überschlägige) Berechnung des wiedergefundenen Pyranins ergibt bei der Quelle Großer Brunnbach (112) eine Menge von etwa

133 g, und bei der Quelle Geigerbach (113) etwa 2 g. Die Wiederfindungsrate beträgt somit etwa 13 %.

Bei anderen Quellen konnten keine Spuren des Farbstoffes Pyranin nachgewiesen werden.

Der bei V- Beim Kreuz eingebrachte Farbstoff Tinopal konnte sowohl bei einer Reihe von Quellen im Bereich Gosau (106; 108; 112; 113; 114; 120; 153), wie auch in Quellen des Bereichs Hallstatt (202; 203; 206) nachgewiesen werden. Die maximalen Abstandsgeschwindigkeiten bewegten sich dabei in einem Größenordnungsbereich von 14 bis 50 m/h (siehe Tab. 1). Die Durchgangskurven des Tinopals sind aus den Abbildungen 16 bis 22 zu ersehen.

Den markantesten Tinopaldurchgang weist die Quelle Vorderer Launigfall (106) auf. Bei dieser Quelle wurden auch die absolut höchsten Tinopalkonzentrationen im Rahmen dieser Versuchsdurchführung (8 mg/m³) erreicht. Der erste Nachweis erfolgte (wie auch bei den Quellen 153; 112; 202; 203) bereits am 31. Oktober.

Am spätesten reagierten die Quelle unter der Sohlstufe Gosaubach (108), sowie die Beereiblbachquelle (114). Hier konnte Tinopal erst ab dem 6. November nachgewiesen werden.

Allen Konzentrationsverläufen des Tinopals bei Versuchsdurchführung im Herbst ist gemeinsam, daß nach dem Auftreten der Spitzenwerte die Abnahme des Farbstoffgehaltes nur sehr langsam erfolgte, bzw. über längere Zeiträume praktisch konstant blieb.

Interessant bezüglich der Konzentrationsverläufe ist auch die Quellfassung Waldbachursprung- Klausbrunn (203). Am 8. Dezember kam es im Zusammenhang mit einer Abflußerhöhung (und einer dadurch bedingten Auswaschung) zu einem nochmaligen kleinen Tinopal-Peak.

Auch in der vom Einspeisungspunkt weit entfernten Hirschbrunn-Quelle (206) konnte, wie bereits angeführt, Tinopal nachgewiesen werden. Aus Abb. 24 und 25 wird ersichtlich, daß der (theoretische) Fließweg mit der Längsachse des westlichen Teiles der Hirlatzhöhle zusammenfällt.

Bei den Aktivkohlen zur Farbstoffsummenbestimmung, welche bis Ende Mai in die Quellen eingehängt waren, konnte Tinopal auch bei Quellen nachgewiesen werden, wo die Analyse der Wasserproben keinen positiven Nachweis erbracht hatte. Dies betrifft im Bereich Gosau die Quellen 110, 159 und auch die Quelle 115, wo der Nachweis in der Aktivkohleprobe lediglich in Spuren erfolgte. Im Bereich Hallstatt konnte zusätzlich bei der Quelle 204A Tinopal in der Aktivkohleprobe nachgewiesen werden.

Bezüglich des Farbstoffes Tinopal kann daher zusammenfassend gesagt werden, daß ein Nachweis im Gegensatz zur Versuchsdurchführung im Sommer in einer Vielzahl von Quellen möglich war, und die Konzentrationsabnahme nur sehr langsam erfolgte.

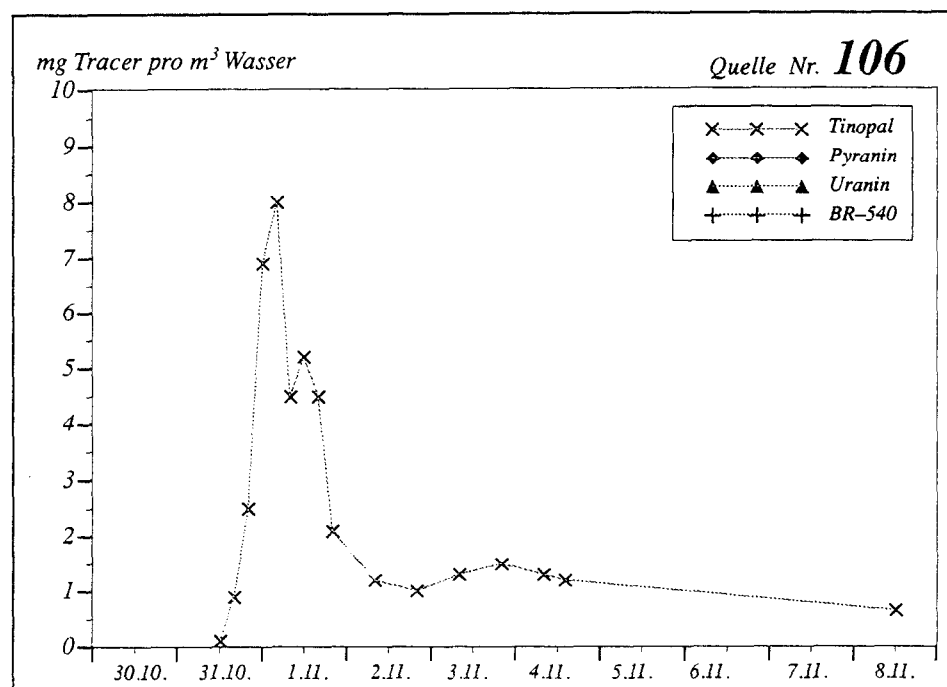


Abb.16: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der Quelle Vorderen Launigfall (106); Oktober 1990

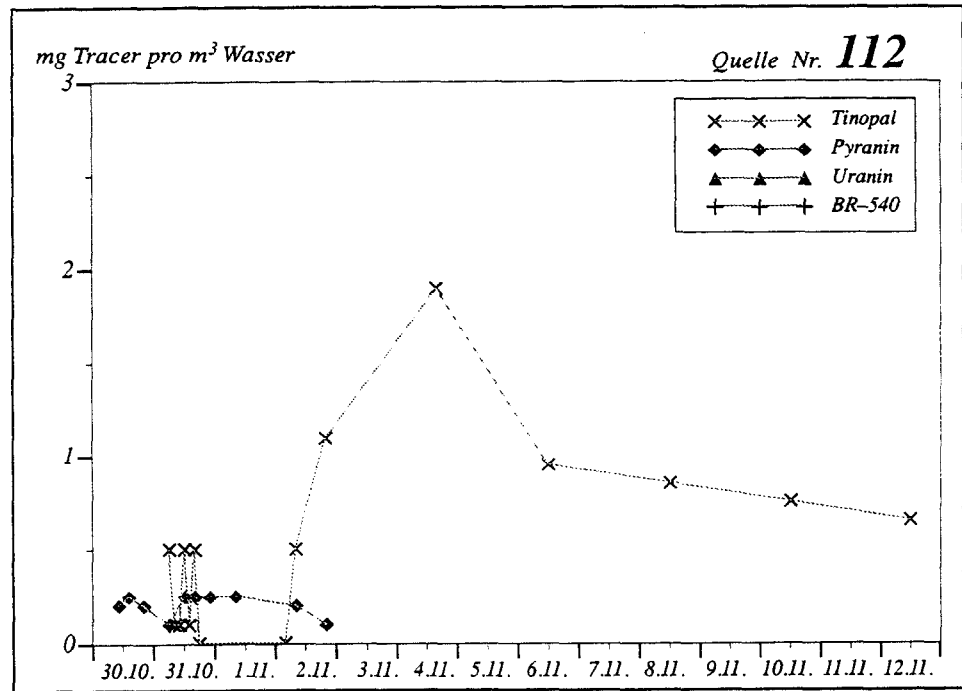


Abb.17: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der großen Brunnbachquelle (112); Oktober 1990

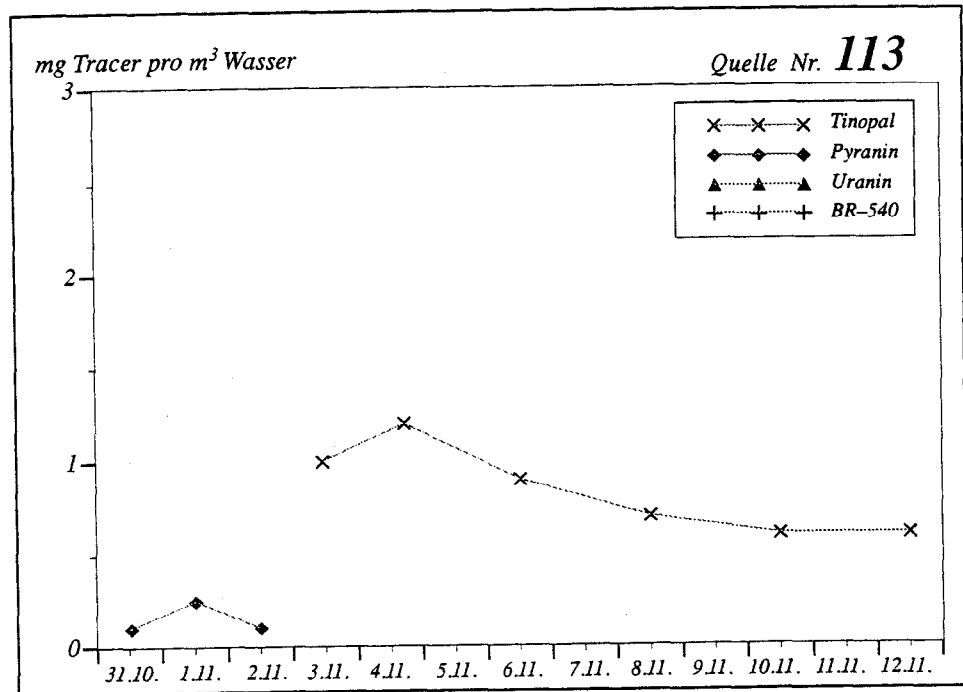


Abb.18: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der Geigerbach-Quelle (113); Oktober 1990

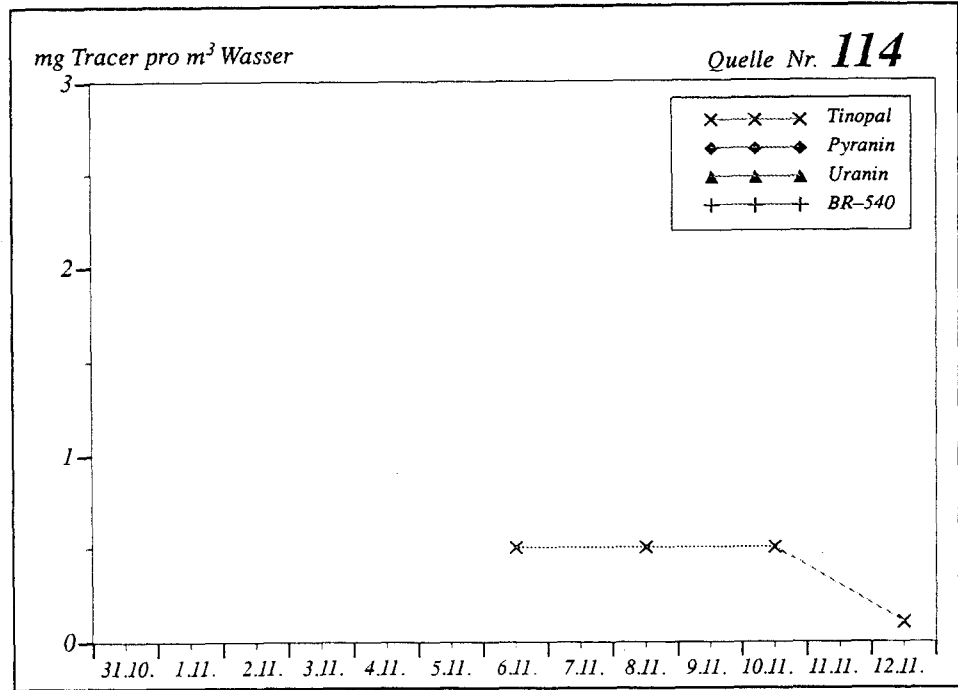


Abb.19: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der Beereiblbach-Quelle (114); Oktober 1990

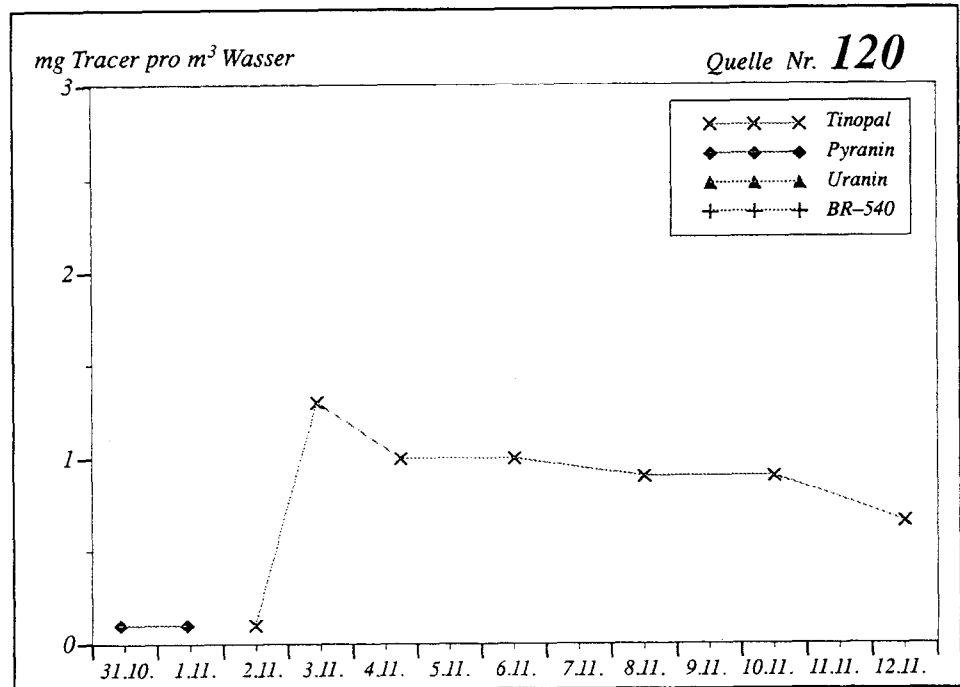


Abb.20: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der OKA-Quelle, Wasserversorgung Hintertal (120); Oktober 1990

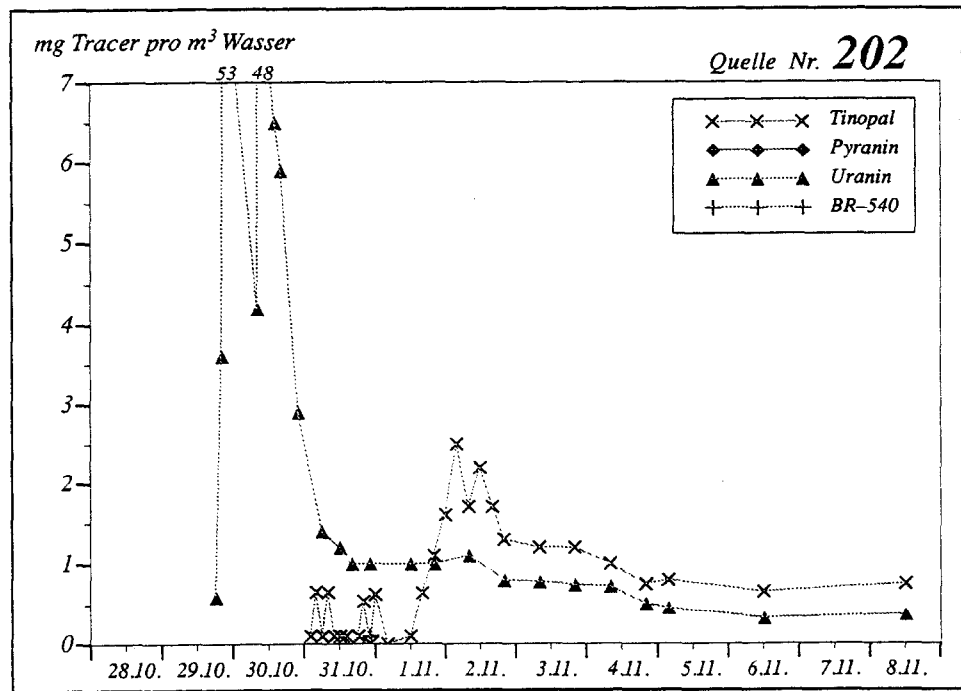


Abb.21: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der ehemaligen Quellfassung Waldbachursprung (202); Oktober 1990



Abb.22: Durchgangskurven der Farbstofftracer bei der Quellfassung Waldbachursprung- Klausbrunn (203); Oktober 1990

Das bei der Einspeisetelle W- Radltal eingebrachte Uranin trat bei der ehemaligen Quellfassung Waldbachursprung (202) nach 78 Stunden, sowie bei der derzeit von der Gemeinde Hallstatt genutzten Quelle Waldbachursprung- Klausbrunn (203) nach 82 Stunden erstmals wieder zutage. Die maximalen Abstandsgeschwindigkeiten betragen hierbei 35, bzw. 39 m/h. Die Konzentrationsverläufe des ausgetretenen Uranins sind aus den **Abbildungen 21 und 22** ersichtlich. Es zeigen sich bei den beiden Quellen zwar Ähnlichkeiten bei den Verläufen, die auftretenden Maximalkonzentrationen waren allerdings um den Faktor 10 unterschiedlich. So wies die Quelle 202 eine Maximalkonzentration von 53 mg/l auf, während die Quelle 203 einen maximalen Wert von 5.5 mg/l erreicht.

Charakteristisch ist bei beiden Quellen der jähe Konzentrationsanstieg zu Beginn und das vorerst steile (bedingt durch eine Abflußspitze), dann jedoch nur langsam verlaufende Abklingen.

Eine grobe Mengenabschätzung des bei den Quellen im Bereich des Waldbachursprungs (201), (202), und (203) wieder zutagegetretenen Uranins ergibt eine Wiederfindungsrate von etwa 100 %.

Ein Nachweis des bei X- Steirerloch eingebrachten Farbstoffes Basinylrot (BR 540) war lediglich in Wasserproben bei der ehemaligen Quellfassung Waldbachursprung (202), und auch dort nur in Spuren, möglich. Die Zeitdauer bis zum ersten Nachweis betrug 130 Stunden, woraus sich eine maximale Abstandsgeschwindigkeit von 26 m/h ergibt.

Die Aktivkohleproben erbrachten jedoch auch einen Nachweis von BR-540 im Bereich Gosau (bei 112, 120, 114, sowie bei 159 in Spuren). Damit zeigt sich hier ähnlich wie beim Farbstoff Tinopal das Bild einer fächerförmigen Farbstoffausbreitung.

**TABELLARISCHE ZUSAMMENSTELLUNG EINIGER WICHTIGER ERGEBNISSE DER MARKIERUNGSVERSUCHE
DACHSTEIN WEST 1990**

ERLÄUTERUNGEN:

106, 203 etc.: Quellnummern
 i: geodätisches Gefälle zwischen Einspeisungspunkt und Quelle in %
 t1: Zeitpunkt des ersten Auftretens des Markierungsstoffes (dient zur Ermittlung der maximalen Abstandsgeschwindigkeit)
 t2: Zeitpunkt des maximalen Auftretens des Markierungsstoffes
 v1: maximale Abstandsgeschwindigkeit
 v2: Abstandsgeschwindigkeit bei Konzentrationsmaximum (dominante Abstandsgeschwindigkeit)
 x: Farbstoffnachweis in Spuren (keine genaue quantitative Angabe möglich)

1. EINSPEISUNG 3.Juli 1990 12 Uhr:

U - Seekarwand - Eingabe von 1 kg Pyranin / Seehöhe der Einspeisestelle ca. 1580 m

Entfernungen: (m)	Höhenlage der Quellen (m):	H diff.: (m)	i : (%)	t1: (h)	t2: (h)	Max.konz.: (mg/m ³)	v1: (m/h)	v2: (m/h)
U-114 = 2900	890	690	23.8	24	24	0.1	121	121
U-113 = 3000	850	730	24.3	24	54	0.88	125	56
U-120 = 3100	810	770	24.8	24	54	0.59	129	57
U-112 = 3100	980	600	19.3	24	56	0.70	129	55

V - Beim Kreuz - Eingabe von 6 kg Tinopal / Seehöhe der Einspeisestelle ca. 1710 m

Entfernungen: (m)	Höhenlage der Quellen (m):	H diff.: (m)	i : (%)	t1: (h)	t2: (h)	Max.konz.: (mg/m ³)	v1: (m/h)	v2: (m/h)
V-102 = 1500	1150	560	37.3	72	72	0.18	21	21

W - Radltal - Eingabe von 1 kg Uranin / Seehöhe der Einspeisestelle ca. 1515 m

Entfernungen: (m)	Höhenlage der Quellen (m):	H diff.: (m)	i : (%)	t1: (h)	t2: (h)	Max.konz.: (mg/m ³)	v1: (m/h)	v2: (m/h)
W-212 = 2900	ca.800	715	24.7	20	20	0.22	145	145
W-213 = 2900	ca.800	715	24.7	26	26	0.05	111	111
W-203 = 3200	ca.800	715	22.3	44	46	0.02	73	70
W-202 = 2750	930	585	21.3	22	22	2.40	125	125

X - Steirerloch - Eingabe von 1 kg BR 540 / Seehöhe der Einspeisestelle ca. 1930 m

Entfernungen: (m)	Höhenlage der Quellen (m):	H diff.: (m)	i : (%)	t1: (h)	t2: (h)	Max.konz.: (mg/m ³)	v1: (m/h)	v2: (m/h)
X-202 = 3400	ca.800	1180	34.7	50	50	0.30	68	68
X-203 = 3900	ca.800	1180	30.3	34	42	0.31	115	93

2. EINSPEISUNG 26. Oktober 1990 um 12 Uhr:**U - Seekarwand** - Eingabe von 1 kg Pyranin / Seehöhe der Einspeisestelle ca. 1580 m

Entfernungen: (m)	Höhenlage der Quellen (m):	H diff.: (m)	i : (%)	t1: (h)	t2: (h)	Max.konz.: (mg/m ³)	v1: (m/h)	v2: (m/h)
U-113 = 3050	850	730	24.3	120	122	0.25	25	25
U-112 = 3100	980	600	19.3	94	98	0.25	33	32
U-120 = 3100	810	770	24.8	118	118	x	26	26

V - Beim Kreuz - Eingabe von 6 kg Tinopal / Seehöhe der Einspeisestelle ca. 1710 m

Entfernungen: (m)	Höhenlage der Quellen (m):	H diff.: (m)	i : (%)	t1: (h)	t2: (h)	Max.konz.: (mg/m ³)	v1: (m/h)	v2: (m/h)
V-114 = 4750	890	820	17.3	264	264	0.50	18	18
V-113 = 4700	850	860	18.7	192	216	1.20	24	21
V-120 = 4600	810	900	19.6	168	192	1.30	27	24
V-112 = 4500	980	730	16.2	114	220	1.90	39	20
V-108 = 4900	810	900	18.4	264	264	x	18	18
V-153 = 3000	915	795	26.5	120	120	x	25	25
V-106 = 1700	1025	685	40.3	120	136	8.0	14	13
V-203 = 5300	800	910	17.2	120	164	0.70	44	32
V-202 = 4850	930	780	16.1	110	160	2.50	44	30
V-206 = 8500	512	1198	14.1	170	312	0.50	50	27

W - Radltal - Eingabe von 1 kg Uranin / Seehöhe der Einspeisestelle ca. 1515 m

Entfernungen: (m)	Höhenlage der Quellen (m):	H diff.: (m)	i : (%)	t1: (h)	t2: (h)	Max.konz.: (mg/m ³)	v1: (m/h)	v2: (m/h)
W-202 = 2750	930	585	21.3	78	84	53.0	35	33
W-203 = 3200	ca.800	715	22.3	82	96	5.5	39	33

X - Steirerloch - Eingabe von 1 kg BR 540 / Seehöhe der Einspeisestelle ca. 1930 m

Entfernungen: (m)	Höhenlage der Quellen (m):	H diff.: (m)	i : (%)	t1: (h)	t2: (h)	Max.konz.: (mg/m ³)	v1: (m/h)	v2: (m/h)
X-202 = 3400	930	1000	29.4	130	130	x	26	26

Abb.23: Nachgewiesene Fließwege des Karstgrundwassers im Bereich des Untersuchungsgebietes Dachstein-West (Markierungsversuche 1990)

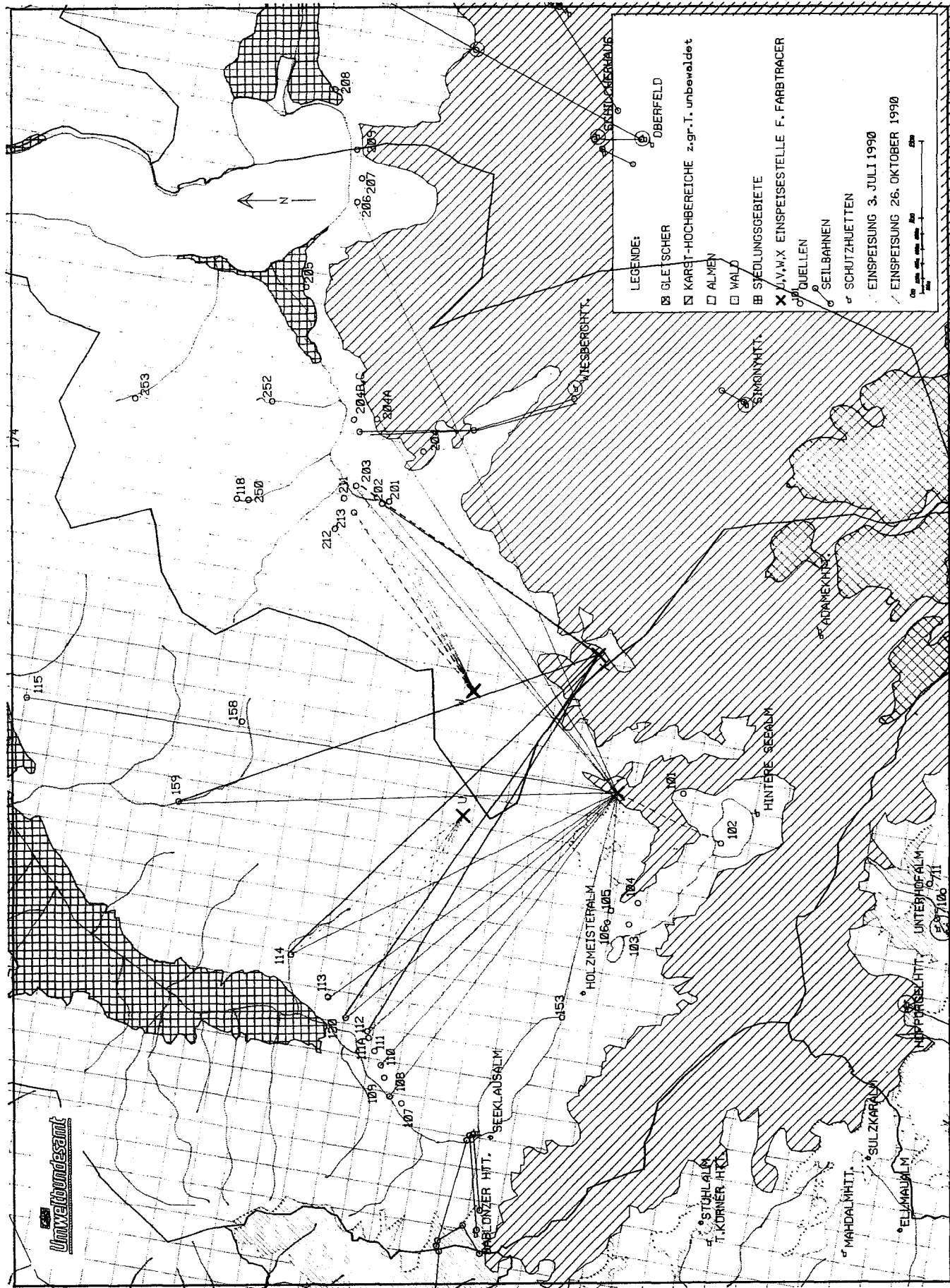


Abb. 24:

MAXIMALE ABSTANDSGESCHWINDIGKEITEN

KARTENMASSSTAB 1:50000

- U EINSPEISESTELLE Seekarwand
- V Beim Kreuz
- W Radltal
- X Steierenloch

102 213 Quellen

- > Einspeisung 3.07.1990
- > 26.10.1990

1cm $\hat{=}$ 10 m/h (Geschwindigkeitsvektor)

- Karsthohlformen (Dolinen...)
- ⊗ Hirlatzhöhle (in PFARR-STUMMER, 1988)

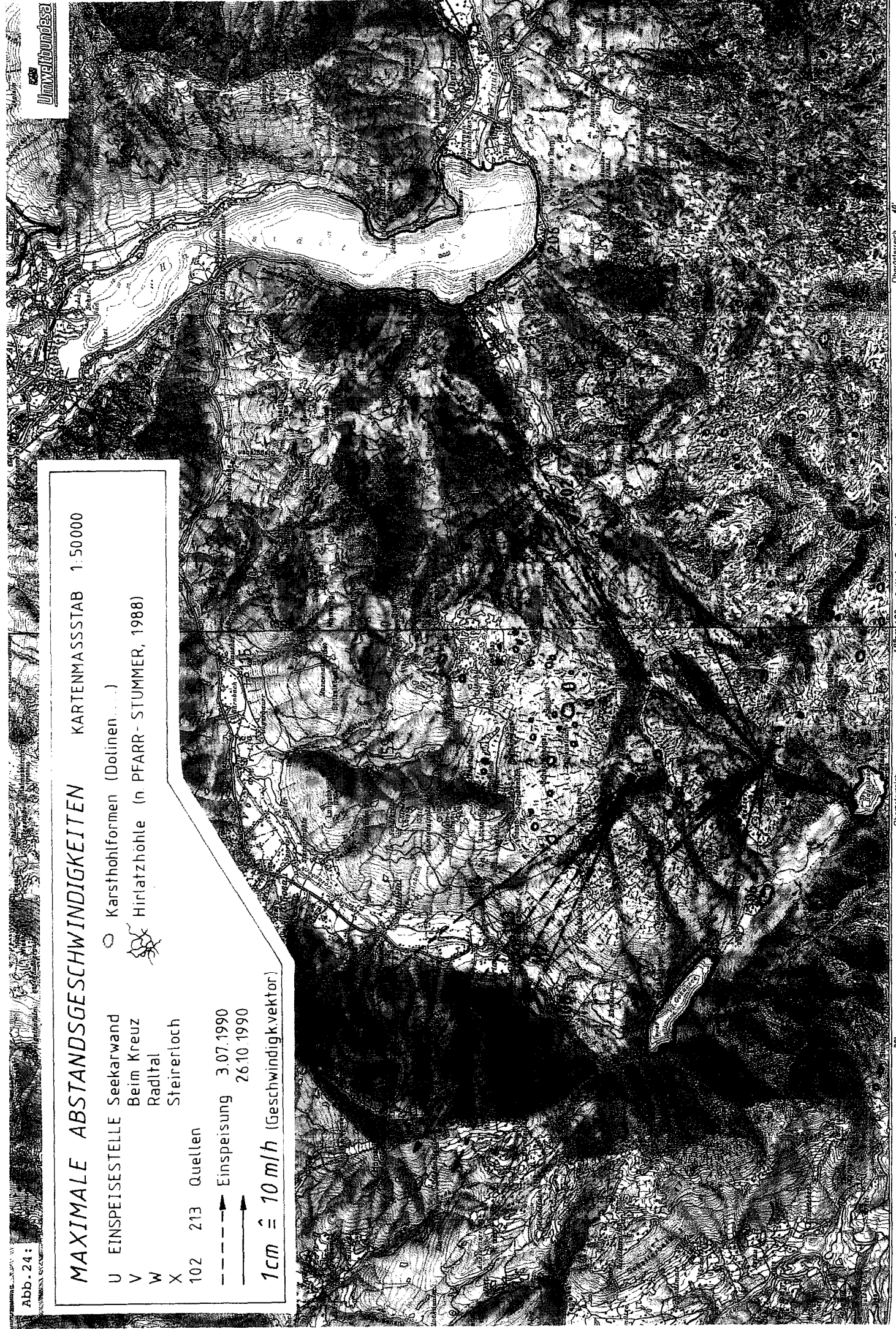
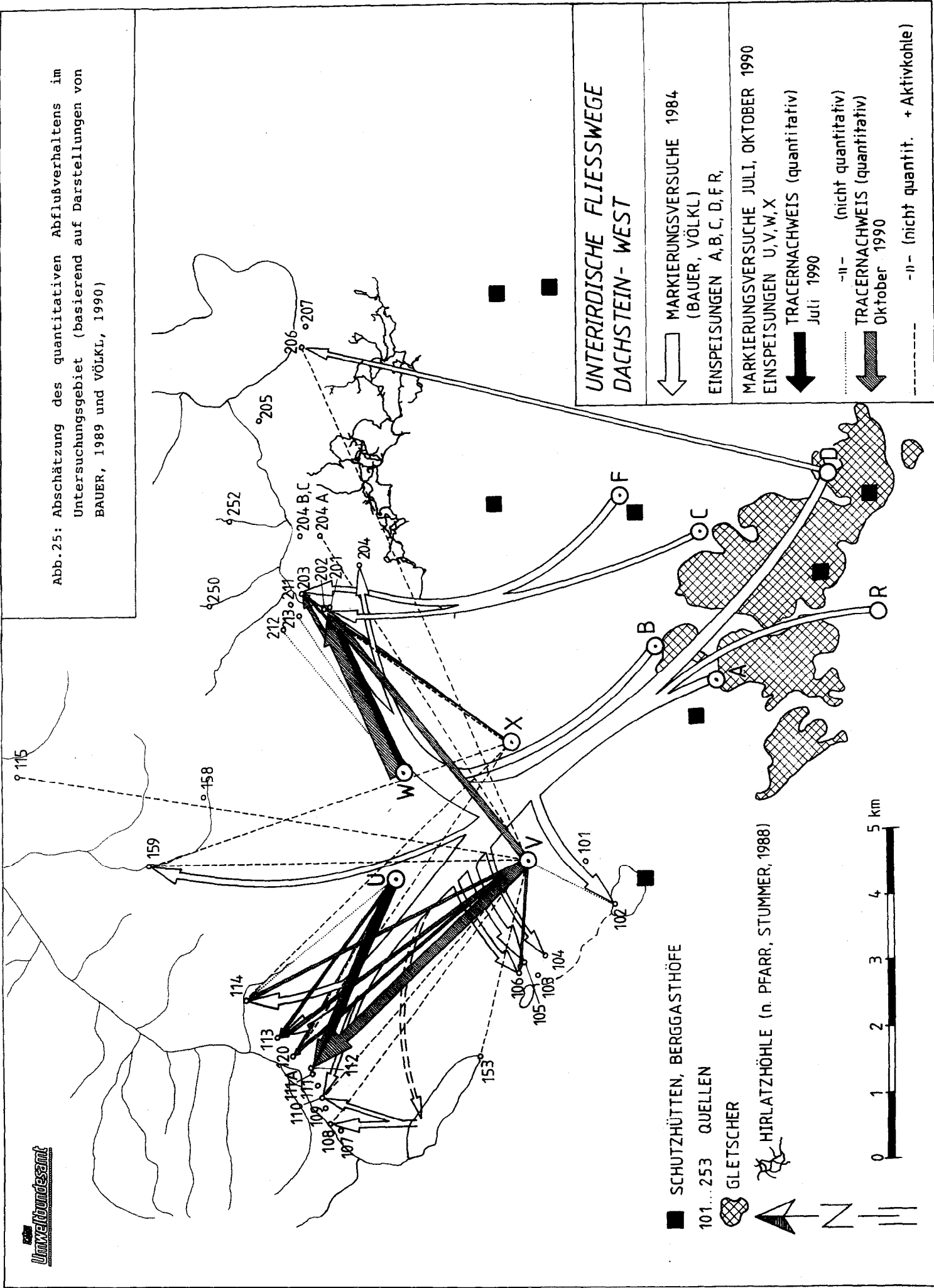


Abb.25: Abschätzung des quantitativen Abflußverhaltens im Untersuchungsgebiet (basierend auf Darstellungen von BAUER, 1989 und VÖLKL, 1990)



HIRLATZHÖHLE (n. PFARR, STUMMER, 1988)

Abb. 26: Dreidimensionale Darstellung der Markierungsergebnisse



5. PROBENAUFBEREITUNG UND ANALYTIK

Analytische Bestimmung der Fluoreszenzfarbstoffe

a) Wasserproben

Jede Wasserprobe wurde auf die vier Fluoreszenzfarbstoffe Uranin, Pyranin, Tinopal CBS-X und Basinylrot (BR-540) untersucht. Da sich Uranin und Pyranin gegenseitig bei der Bestimmung stören, mußte jede Probe sowohl im sauren als auch im alkalischen Bereich gemessen werden. Die Messung erfolgte mit einem Synchronscan, wobei der Abstand zwischen Anregungs- und Emissionswellenlänge bei Pyranin 108 nm und bei den restlichen Farbstoffen 25 nm betrug. Als qualitatives Merkmal wurden folgende Fluoreszenzmaxima herangezogen:

Tab. 1: Fluoreszenzmaxima im Wasser

Farbstoff	Fluoreszenzmaximum
Uranin	512 nm
Pyranin	510 nm
Tinopal CBS-X	402 nm
Basinylrot (BR-540)	577 nm

Zur Quantifizierung wurde die Höhe der Peaks beim Fluoreszenzmaximum ermittelt und daraus über eine externe Standardreihe die Konzentration der einzelnen Proben bestimmt. Es ergaben sich folgende Nachweis- und Bestimmungsgrenzen:

Tab. 2: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

Farbstoff	Nachweisgrenze (mg/m ³)	Bestimmungsgrenze (mg/m ³)
Uranin	0,001	0,01
Pyranin	0,01	0,1
Tinopal CBS-X	0,1	0,5
Basinylrot (BR-540)	0,01	0,1

b) Aktivkohleproben

Bei sämtlichen Aktivkohleproben sollten die vier Fluoreszenzfarbstoffe Uranin, Pyranin, Tinopal CBS-X und Basinylrot nur qualitativ nachgewiesen werden.

Zur Ausschaltung von Laborkontaminationen kamen die Proben bereits getrocknet in das Labor. Um gegenseitige Störungen der Farbstoffe bei der Messung zu eliminieren, ist sowohl eine alkalische als auch eine saure Extraktion mit 80% Dimethylformamid (DMF) notwendig. Die Messung der Dimethylformamidextrakte erfolgt analog den Wasserproben mit einem Synchronscan. Der Abstand zwischen Anregungs- und Emissionswellenlänge wurde wieder bei Tinopal CBS-X mit 108 nm, sonst mit 25 nm festgelegt. Zur qualitativen Identifikation dienten folgende Fluoreszenzmaxima:

Tab. 3: Fluoreszenzmaxima in DMF

Farbstoff	Fluoreszenzmaximum
Uranin	529 nm
Pyranin	513 nm
Tinopal CBS-X	405 nm
Basinylrot (BR-540)	575 nm

Sämtliche Mesungen wurden mit dem Fluorescence Spectrophotometer MPF 66 der Firma Perkin-Elmer in einer 1 cm Quarzküvette durchgeführt.

6. EINBEZIEHUNG VON ISOTOPENUNTERSUCHUNGEN AUS DEM JAHRE 1983

Die sogenannten Umweltisotope Tritium, Deuterium und Sauerstoff-18 werden in der Karsthydrologie zur Bestimmung der Verweilzeiten von Karstgrundwässern, sowie bei der Bestimmung der mittleren Höhenlage von Quelleinzugsgebieten verwendet.

Aus dem Jahre 1983 liegen bisher unausgewertete Daten von (lediglich einmaligen) Isotopenuntersuchungen von Quellwässern aus dem Bereich des Untersuchungsgebietes vor, die in der Folge in die Auswertung der Markierungsversuche mit einbezogen werden.

Folgende im Bereich des Untersuchungsgebietes befindlichen Quellen wurden im Juni 1983 von Mitarbeitern der damaligen Bundesanstalt für Wasserhaushalt von Karstgebieten beprobt, und von der BVFA Arsenal auf ihren Gehalt an Tritium, Deuterium sowie Sauerstoff-18 untersucht (Die Lage der Quellen ersieht man aus der Abb. 8):

Quelle	Tritium (TE)	Deuterium (d ‰)	Sauerstoff-18 (d ‰)
102	32.1 +- 1.7	-96.8	-13.60
108	55.7 +- 2.8	-90.9	-13.01
112	30.1 +- 1.7	-100.1	-14.10
113	31.0 +- 1.7	-102.1	-14.37
115	37.8 +- 1.9	-84.4	-11.80
202	26.0 +- 1.3	-104.8	-14.58
206	25.3 +- 1.3	-100.7	-14.07
207	29.7 +- 1.5	-100.0	-13.85

Interpretation der Meßergebnisse aus dem Jahre 1983:

6.1 Tritium

Die Tritiumgehalte der durch Kernwaffenversuche markierten Niederschlagswässer weisen einen charakteristischen, im Laufe der Jahre abnehmenden Verlauf auf, welcher in der Hydrologie verschiedentlich als Inputfunktion bei Aussagen bezüglich des Alters von Grundwässern dient.

Vom Umweltbundesamt wird in Zusammenarbeit mit der BVFA Arsenal ein Niederschlagssammelnetz für die Isotopenanalyse betrieben. Tritium-Analysenergebnisse der Stationen Wien (N-109), Ebensee (N-36), sowie Salzburg (N-39) werden im Rahmen der Interpretation der bei den Quellen erhaltenen Meßwerte in der Folge behandelt.

Im Jahr 1983 ging die Tritiumaktivität des Niederschlages um etwa 20 % gegenüber dem Vorjahr zurück. Eine ungewöhnliche Verteilung des Tritiums im Niederschlag wurde im März 1983 festgestellt. Dabei lagen die Werte zwischen 18.1 TE südlich des Alpenhauptkammes und 244 TE nördlich des Alpenhauptkammes (Verhältnis 1:14!) (BVFA ARSENAL, 1984). Das Zentrum der hohen Tritiumgehalte befand sich etwas östlich des gegenwärtigen Untersuchungsgebietes und spiegelt sich in den Werten der Meßstelle Ebensee deutlich wieder.

Den Verlauf der Tritiumgehalte der Niederschlagswässer im Zeitraum Juni 1982 bis Juni 1983 bei den Niederschlagsisotopenmeßstellen Wien (N-109), Ebensee (N-36), sowie Salzburg (N-39) zeigt **Abb.27**.

Für das Untersuchungsgebiet relevant sind die Meßergebnisse der Station Ebensee.

Im betrachteten Zeitraum ist der typische Jahresgang des Tritiumgehaltes mit seinem Winterminimum, sowie dem Maximum im Sommer ersichtlich. Herausragend ist der bereits erwähnte Spitzenwert im März 1983, der von den anderen Meßwerten extrem absticht.

Beim Einfluß der Niederschlags- Tritiumgehalte auf die Quellwässer ist als wesentlicher Faktor die Summe der Monatsniederschläge zu berücksichtigen, da jene die Grundwasserneubildung, und somit auch die Isotopenmarkierung der Quellwässer bestimmen.

Monatsniederschläge "Hallstatt" im Zeitraum Jänner bis Juni 1983:

Jänner: 233 mm; Februar: 67 mm; März: 70 mm; April: 135 mm; Mai: 146 mm; Juni: 294 mm.

Aus den vergleichsweise geringen Niederschlagsmengen im März ergibt sich, daß der hohe Tritiumwert dieses Monats bei der (natürlichen) Markierung der Quellwässer mit Tritium nicht in voller Größe durchschlagen kann.

Interpretation der Tritiumgehalte der untersuchten Quellwässer:

Eine genaue Altersbestimmung der untersuchten Quellwässer ist mittels einer einzigen Probenahme nur schwer möglich. aus früheren Untersuchungen resultiert jedoch die Annahme, daß der größte Teil der Karstgrundwässer im Bereich "Dachstein West" nur kurze Verweilzeiten aufweist, und somit die Zumischung älterer Wässer eine untergeordnete Rolle spielt. Unter dieser Einschränkung ist die nachfolgende Interpretation zu betrachten.

Der Tritiumgehalt der Quelle unterhalb der Sohlstufe des Gosaubaches 108 liegt stark über den übrigen Werten, und dürfte einen Einfluß aus den März-niederschlägen aufweisen, da die Tritiumgehalte der Niederschläge aus den Monaten April, Mai, sowie Juni 1983 eindeutig unter diesem Wert liegen. Allerdings ist auch ein Einfluß der höheren Tritiumwerte des Sommers 1982 nicht ausgeschlossen, da aufgrund früherer karsthydrologischer Untersuchungen (BAUER, 1989) bekannt ist, daß diese Quelle zu einem großen Teil aus versickernden

Wässern des energiewirtschaftlich genutzten Vorderen Gosausees gespeist wird. Die Verweilzeit der Wasser im See dürfte die (in ihrer Dauer nicht näher eingrenzbar) Zeitverzögerung zur Folge haben.

Einen im Vergleich zu den restlichen Tritiumgehalten der Quellen leicht erhöhten Wert weist die Quelle südlich von Klaushof (115) auf. Er liegt allerdings im Bereich des Niederschlags-Tritiumgehaltes des Monats Juni. Von dieser Quelle wurde bisher angenommen, daß sie ein eher kleinräumiges Einzugsgebiet aufweist, welches mit den anderen Quellen, welche ihr Wasser zumindest zum Teil aus hochgelegenen Bereichen des Dachsteinmassivs beziehen, nicht in Verbindung steht. Aufgrund der Ergebnisse der Aktivkohleuntersuchungen (siehe auch 4.3), bei denen Spuren des Farbstoffes Tinopal in dieser Quelle nachgewiesen wurden, ist diese Vermutung nicht mehr aufrechtzuerhalten. Der Wasserzutritt aus weiter entfernt liegenden Bereichen dürfte allerdings gering sein, und von der Quantität her kaum eine Rolle spielen.

Es ist anzunehmen, daß der Tritiumgehalt der entnommenen Quellwasserprobe seinen Ursprung in den Niederschlägen des Monats Juni 1983 hat.

Die restlichen Quellen 102,112,113,202,206 und 207 weisen zueinander ähnliche Tritiumgehalte auf, die etwa den Mai- und Juniwerten (die Probenahme erfolgte am 13. Juni) der Niederschlagswässer entsprechen.

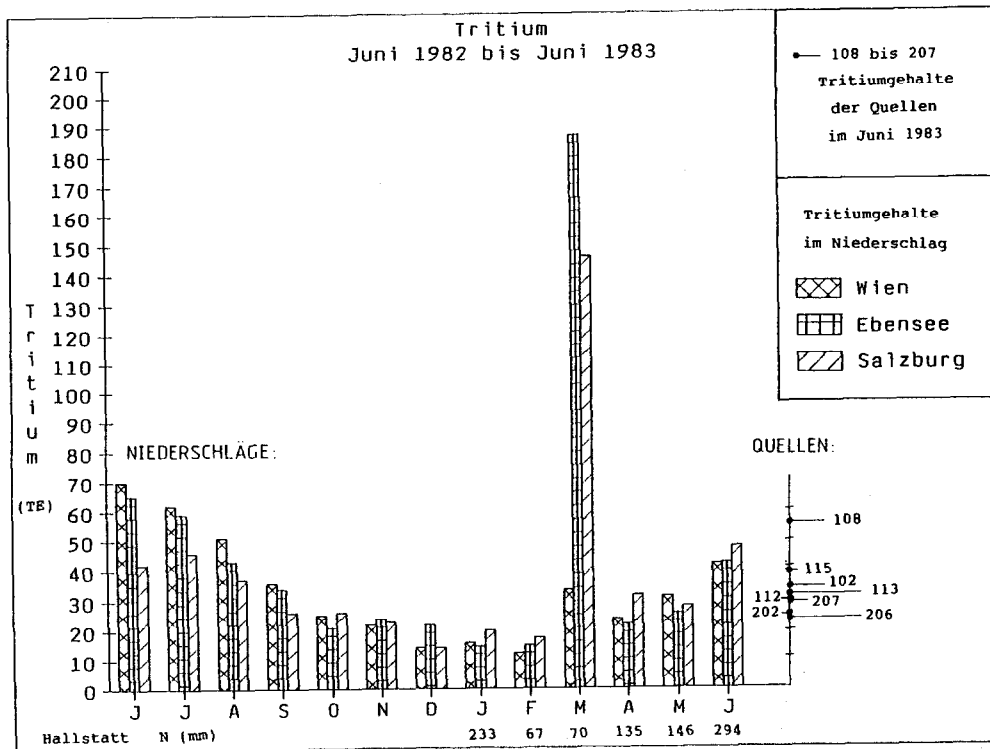


Abb.27: Tritiumgehalte von Niederschlägen und Quellen

6.2. Deuterium und Sauerstoff- 18

Diese beiden stabilen Isotope werden in der Hydrologie häufig angewandt, um Rückschlüsse auf Verweildauer und räumliche Herkunft von Wässern ziehen zu können. Die mittlere Höhenlage von Einzugsgebieten kann aufgrund der Abreicherung dieser Isotope mit zunehmender Höhe bei längeren Zeitreihen bestimmt werden. Benötigt werden hierzu allerdings Monatsmeßreihen der stabilen Niederschlagsisotope über einen Zeitraum von etwa 10 Jahren, sowie monatliche Meßwerte der Quellwässer über den Zeitraum von zumindest einem Jahr, um natürlich bedingte Schwankungen, welche den Höheneffekt überdecken, eliminieren zu können (siehe auch STICHLER, 1991).

Im gegenständlichen Fall, wo nur Einzelmeßwerte von Quellen bezüglich dieser beiden Isotope vorliegen, ist eine exakte Höhenzuordnung von Quellen zu Einzugsgebieten nicht möglich. Wegen der oft stark unterschiedlichen Höhenlagen der einzelnen Quellen können allerdings in der Folge einige Aussagen gemacht werden.

Die Abbildungen 28 und 29 zeigen die gemessenen Isotopengehalte in Abhängigkeit von der Höhenlage der entsprechenden Quellaustritte.

Die Interpretation bezüglich des Gehaltes an stabilen Isotopen bei den Quellwasserproben erfolgt anschließend anhand des Deuteriums.

Die Quelle südlich von Klaushof (115) weist den absolut höchsten Wert auf, der von den anderen gemessenen Deuteriumgehalten stark abweicht. Die sonstigen Kenntnisse über die Charakteristik dieser Quelle (siehe auch 6.1) lassen wiederum den Schluß zu, daß es sich hier um ein eher lokales niedrig gelegenes Einzugsgebiet im Bereich des Spitzetkögerls handelt, und diese Quelle mit den übrigen betrachteten Quellen nur in geringer Beziehung steht.

Die Große Brunnbachquelle (112) und die Geigerbachquelle (113) im Bereich Gosau, sowie die ehemalige Quellfassung Waldbachursprung (202) im Bereich Hallstatt zeigen bezüglich ihrer Höhenlage sowie ihres Isotopengehaltes sehr ähnliche Werte, und dürften zumindest zum Untersuchungszeitpunkt aufgrund der niedrigen Werte (starke Abreicherung) zu einem großen Anteil aus den Hochbereichen des Dachsteinmassivs gespeist worden sein.

Auffallend bei den Gosauquellen verhält sich die Quelle unterhalb der Sohlstufe des Gosaubaches (108). Obwohl in unmittelbarer Nachbarschaft der Quellen 112 und 113, weist sie eine weit geringere Abreicherung auf. Dies könnte wiederum auf den bereits erwähnten Zusammenhang mit dem Vorderen Gosausee (siehe auch 6.1) hinweisen.

Die Quelle 102 im Bereich Gosau ist die höchstgelegene aller untersuchter Quellen, läßt aber aufgrund ihres eher hohen relativen Isotopengehaltes auf ein (zumindest zum Untersuchungszeitpunkt) mehr oder weniger lokales Einzugsgebiet ohne wesentlichen Einfluß aus den Gletscherbereichen des Dachsteins schließen.

Sehr ähnlich, und in ihrer Charakteristik eigenartig zeigen sich die Quellen Hirschbrunn (206) und Kessel (207). Diese Quellaustritte befinden sich in einer Seehöhe von nur knapp über 500 m in unmittelbarer Nähe des Hallstättersees, und weisen einen in Bezug zur Höhenlage sehr geringen Isotopengehalt auf. Dies läßt einen großen Einfluß von Wässern aus den Hochbereichen des Dachsteins zum Untersuchungszeitpunkt erkennen. Bestätigt werden diese Meßwerte dadurch, daß bei diesen Quellen der oberirdische Quellüberlauf mit einer quasi direkten Entwässerung in den Hallstättersee oft tagsüber nicht anspringt, und diese Quellen nach warmen Sommertagen am späten Abend extrem starke Schüttungen aufweisen. Dies ist durch den Einfluß von Schneeschmelzwässern aus den Gletscherbereichen bedingt.

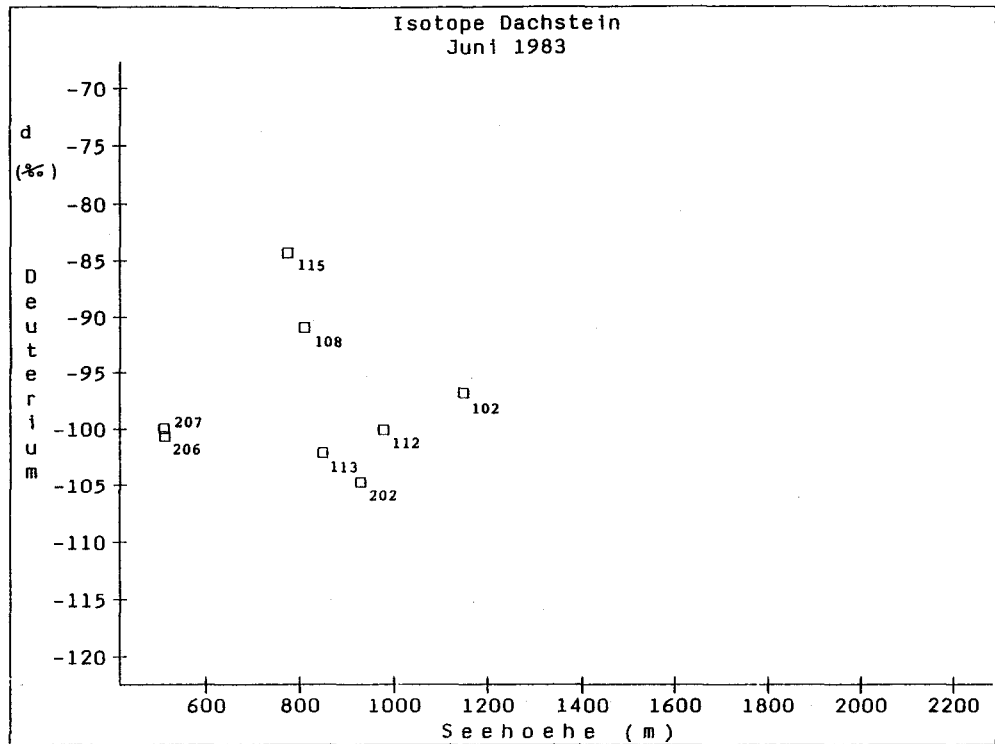


Abb.28: Deuteriumgehalte der im Juni 1983 beprobten Quellen

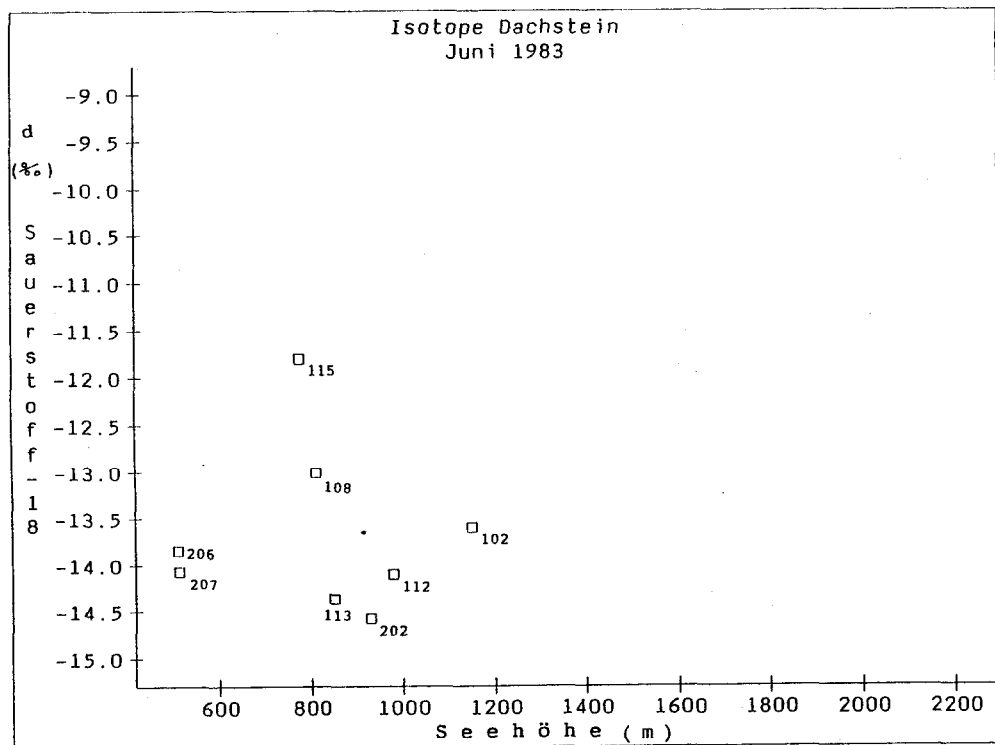


Abb.29: Sauerstoff-18 Gehalte der im Juni 1983 beprobten Quellen

7. GESAMTBEWERTUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die beiden Markierungsversuche, von denen der erste im Juli bei starken Quellschüttungen (hoher Bergwasserstand), und der zweite im Oktober 1990 bei eher geringen Quellschüttungen (niedriger Bergwasserstand) durchgeführt wurde, erbrachten sehr unterschiedliche Ergebnisse.

Einen Überblick über die bei den Versuchen nachgewiesenen unterirdischen Abflußwege, sowie über die ermittelten maximalen Abstandsgeschwindigkeiten geben die **Abbildungen 24** sowie **25**.

Generell lagen die maximalen Abstandsgeschwindigkeiten, welche ein wichtiges Kriterium für einen potentiellen Schadstoffeintrag bilden, beim Versuch im Juli weit über jenen der Versuchsdurchführung im Oktober (siehe auch **Abb. 24**).

Unterschiedlich waren zum Teil auch die mittels der Farbtracer nachgewiesenen Fließrichtungen.

Der größte Teil der aus dem Einspeisungsbereich herrührenden Wasser kommt, wie die Mengenabschätzung der wiedergefundenen Farbstoffe ergab, in 2 Quellbereichen (bei der Großen Brunnbachquelle (112), sowie im Quellbereich Waldbachursprung (201) und (202)) wieder zutage. Die unterirdischen Verbindungen zu diesen beiden Quellbereichen sind offensichtlich besonders gut ausgebildet.

Die Ergebnisse der Versuchsdurchführung im Herbst zeigten eine Überschneidung der Einzugsgebiete der Quellen des Bereiches Hallstatt mit den Einzugsgebieten der Quellen aus dem Bereich Gosau.

Beim Herbstversuch konnten (bestätigt durch die Ergebnisse der Aktivkohlemessungen) fächerförmige Verteilungen der Abflüsse von den (hochgelegenen) Einspeisestellen **Beim Kreuz** und **Steirerloch** in Quellen sowohl des Bereiches Gosau, wie auch des Bereiches Hallstatt nachgewiesen werden.

Bemerkenswert war vor allem ein Spurennachweis von Tinopal in einer Aktivkohleprobe der Quelle südlich von Klaus Hof (115). Eine Erklärungsmöglichkeit bezüglich der unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Markierungsversuche liegt darin, daß bei Versuchsdurchführung bei hohen Quellschüttungen im Sommer die Farbstoffe nicht in tiefere Bereiche des Karstwasserkörpers eindringen konnten, und rasch bei jeweils nur wenigen Quellen wieder ausgewaschen wurden. Bei Versuchsdurchführung im Herbst waren die Abstandsgeschwindigkeiten weit geringer, und die Farbstoffe konnten vermutlich tiefer in den (mehr oder weniger einheitlichen) Karstwasserkörper eindringen, wo eine Durchmischung und Ausbreitung der Farbstoffe eintrat, was in der Folge zu einem fächerförmigen Austritt der Farbstoffe bei einer größeren Anzahl von Quellen führte.

Zu berücksichtigen ist bei dieser These allerdings, daß möglicherweise auch im Sommer geringe Mengen von Farbstoffen bei Quellen austraten, bei denen ein Nachweis aufgrund der hohen Verdünnung nicht realisierbar war.

Besonderheiten und Charakteristiken der einzelnen im Rahmen der Markierungsversuche beobachteten Quellen, sowie die aufgrund der Auswertung der Isotopendaten erhaltenen Informationen wurden bereits in den vorhergehenden Punkten kurz umrissen. Für eine abschließende Bewertung, welche auch Aussagen bezüglich einer Verwendbarkeit von einzelnen Quellen für zukünftige Zwecke der Trinkwasserversorgung beinhalten sollte, wäre allerdings die Einbeziehung der noch laufenden Untersuchungen des Zivilingenieurbüros Lohberger zielführend. Aus diesem Grund wird hier auf diesbezügliche weitere Aussagen verzichtet.

In Hinblick auf die Erlassung einer Schongebietsverordnung zum Schutz der Karstgrundwässer des Dachsteins im Bereich der Gemeinden Gosau und Hallstatt lassen die durchgeführten Untersuchungen allerdings vor allem in Verknüpfung mit den Untersuchungsergebnissen aus den 80er Jahren (BAUER, 1989) mehrere Aussagen zu.

Wie die Untersuchungsergebnisse gezeigt haben, ist ein Schadstoffeintrag in die von den beiden Gemeinden genutzten Karstgrundwasservorkommen potentiell sowohl aus den Hoch- und Gletscherbereichen des Dachsteins, wie auch aus den mittelhohen Lagen, wo die Einspeisungen bei diesen beiden Markierungsversuche stattgefunden haben, möglich.

Die Einzugsgebiete der zu Trinkwasserzwecken genutzten Quellen überschneiden sich nachgewiesenermaßen.

Bei der Ausweisung eines Schongebietes zum Schutz der Karstgrundwässer der Gemeinden Gosau und Hallstatt kann nur die Maximalforderung, nämlich eine Ausdehnung über den gesamten westlichen Bereich des Dachsteinmassivs, aufgestellt werden.

In Anlehnung an ein Schutzgebietszonenkonzept von AVDAGIC I. und COROVIC A. (1990) für Karstgebiete erschienen weiters folgende Schutzmaßnahmen als sinnvoll: Dolinen, Schwinden, etc. stellen aufgrund der auch in der gegenständlichen Untersuchung nachgewiesenen besonders guten Wasserwegigkeiten zu den Quellaustritten eine besondere Gefährdung in Hinblick auf einen Schadstoffeintrag dar. Daher wäre es naheliegend, diese Bereiche einem besonderen Schutz zu unterziehen, und sie möglichst auch wie die Fassungsbereiche genutzter Quellen zu umzäunen. Daß es dadurch zur Abgrenzung einer größeren Anzahl kleinerer Schutzgebiete kommt, müßte in Kauf genommen werden. (in diesem Zusammenhang siehe auch Abb. 24, wo die "Karsthohlformen" hervorgehoben wurden).

8. LITERATURVERZEICHNIS

- AGDAVIC, I., COROVIC, A., (1990): Defining of protective zones of karst mountainous springs. Memoires of the 22nd Congress of IAH, Vol. XXII, Lausanne, 1990
- BAUER, F., ZÖTL, J., MAYR, A. (1958): Neue karsthydrologische Forschungen und ihre Bedeutung für Wasserwirtschaft und Quellschutz. Wasser und Abwasser, Wien 1958
- BAUER, F. (1989): Die unterirdischen Abflußverhältnisse im Dachsteingebiet und ihre Bedeutung für den Karstwasserschutz. Report UBA-89-28, Umweltbundesamt Wien, 1989
- BÖGLI, A. (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1978
- BUNDESVERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT ARSENAL (1983, 1984): Berichte über die Messung der Isotopenzusammensetzung in Niederschlägen im österreichischen Bundesgebiet.
- Hydrographisches Jahrbuch (1983): Hydrographischer Dienst des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft.
- Hydrographischer Landesdienst Oberösterreich (1991): Vorauswertungen - Niederschlags- und Abflußdaten aus dem Dachsteinbereich 1989 bis 1991
- KLAPPACHER, W. (1990)
Bericht und Tabellen zum Markierungsprogramm Dachstein, unveröffentl. Bericht, 1990

PFARR, T.; STUMMER, G. (1988)

Die längsten und tiefsten Höhlen Österreichs.
Wissenschaftliche Beihefte zur Zeitschrift "Die Höhle" 35,
Wien 1988

STICHLER, W. (1991): beim 9. Fortbildungslehrgang Grundwasser
des DVWK; Markierung von Grundwasser und oberirdischen
Gewässern- Planung, Durchführung und Auswertung. 21. bis
24. Mai 1991, Paderborn, BRD

VÖLKL, G. (1990): Markierungsversuch Dachstein 1990/07 un-
veröffentlichter Zwischenbericht des Umweltbundesamtes Wien

