

# KARSTHYDROLOGISCHE MARKIERUNGEN

IM NATIONALPARK BERCHTESGADEN



Berchtesgaden, März 2012



## **Danksagung**

Ohne den Einsatz von Hans Krafft wären die Ergebnisse der karsthydrologischen Markierungen in dieser Genauigkeit nicht erarbeitet worden. Hans Krafft hat die Karstwassermarkierungsversuche von Anfang an organisiert und durchgeführt. Er hat sich dafür eingesetzt, alle Gebirgsstöcke des Nationalparks zu beproben und hat dafür die Planung und Betreuung der zahlreichen Praktikanten übernommen. Er hat sich für dieses Projekt über das übliche Maß hinaus engagiert. Ihm und seinen Praktikanten sei dafür herzlich gedankt.





# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	iv
1 Der Karst im Nationalpark Berchtesgaden	1
1.1 Karstwassermarkierungsversuche . . . . .	2
1.2 Tracerversuche im Nationalpark Berchtesgaden . . . . .	2
1.3 Allgemeine Durchführung im Nationalpark Berchtesgaden . . . . .	3
2 Ergebnisse der Einzelversuche	4
2.1 Gotzenalm 1987 . . . . .	4
2.1.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet . . . . .	4
2.1.2 Eingabe und Probestellen . . . . .	4
2.1.3 Ergebnisse . . . . .	4
2.1.4 Kenndaten des Projektes . . . . .	5
2.2 Gotzenalm1988 . . . . .	8
2.2.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet . . . . .	8
2.2.2 Eingabe und Probestellen . . . . .	9
2.2.3 Ergebnisse . . . . .	9
2.2.4 Kenndaten des Projektes . . . . .	10
2.3 Salzgrabenhöhle 1997 . . . . .	12
2.3.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet . . . . .	12
2.3.2 Eingabe und Probestellen . . . . .	12
2.3.3 Ergebnisse . . . . .	13
2.3.4 Kenndaten des Projektes . . . . .	14
2.4 Steinernes Meer 1998 . . . . .	16
2.4.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet . . . . .	16
2.4.2 Eingabe und Probestellen . . . . .	17
2.4.3 Ergebnisse . . . . .	17
2.4.4 Kenndaten des Projektes . . . . .	18
2.5 Scharitzkehl/Endstal 1999 . . . . .	20
2.5.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet . . . . .	20
2.5.2 Eingabe und Probestellen . . . . .	20
2.5.3 Ergebnisse . . . . .	20
2.5.4 Kenndaten des Projektes . . . . .	22
2.6 Hochkalter/Blaueis 2001 . . . . .	25
2.6.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet . . . . .	25
2.6.2 Eingabe und Probestellen . . . . .	25
2.6.3 Ergebnisse . . . . .	25
2.6.4 Kenndaten des Projektes . . . . .	28
2.7 Watzmann 2002 . . . . .	30
2.7.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet . . . . .	30
2.7.2 Eingabe und Probestellen . . . . .	30
2.7.3 Ergebnisse . . . . .	31
2.7.4 Kenndaten des Projektes . . . . .	32
2.8 Reiteralm 2004 . . . . .	34

2.8.1	Hintergrund und Untersuchungsgebiet . . . . .	34
2.8.2	Eingabe und Probestellen . . . . .	35
2.8.3	Ergebnisse . . . . .	35
2.8.4	Kenndaten des Projektes . . . . .	36
2.9	Reiteralp 2005 . . . . .	39
2.9.1	Hintergrund und Untersuchungsgebiet . . . . .	39
2.9.2	Eingabe und Probestellen . . . . .	39
2.9.3	Ergebnisse . . . . .	40
2.9.4	Kenndaten des Projektes . . . . .	41
2.10	Wimbachgries 2008 . . . . .	43
2.10.1	Hintergrund und Untersuchungsgebiet . . . . .	43
2.10.2	Eingabe und Probestellen . . . . .	44
2.10.3	Ergebnisse . . . . .	44
2.10.4	Kenndaten des Projektes . . . . .	44
3	Zusammenfassung . . . . .	46
	Literatur . . . . .	50

## Abbildungsverzeichnis

1	Hochalpiner Karst im Nationalpark Berchtesgaden (Quelle:NPV) . . . . .	1
2	Lage der Karstwassermarkierungsversuche (Quelle:NPV) . . . . .	3
3	Lage des Untersuchungsgebietes Gotzenalm . . . . .	4
4	Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen am Gotzenalmgebiet . .	6
5	Ergebniskarte Tracerversuch Gotzenalm 1987 . . . . .	7
6	Lage des Untersuchungsgebietes Gotzenalm . . . . .	8
7	Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen am Gotzenalmgebiet . .	9
8	Ergebniskarte Tracerversuch Gotzenalm 1988 . . . . .	11
9	Lage des Untersuchungsgebietes Salzgrabenhöhle . . . . .	12
10	Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Salzgrabenhöhle . . . .	13
11	Ergebniskarte Tracerversuch Salzgrabenhöhle 1997 . . . . .	15
12	Lage des Untersuchungsgebietes Steinernes Meer . . . . .	16
13	Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Steinernes Meer . . . .	17
14	Ergebniskarte Tracerversuch Steinernes Meer . . . . .	19
15	Lage des Untersuchungsgebietes Scharitzkehl/Endstal . . . . .	20
16	Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Scharitzkehl/Endstal . .	21
17	Tracerdurchgänge Scharitzkehl/Endstal . . . . .	22
18	Tracerdurchgänge Scharitzkehl/Endstal . . . . .	22
19	Ergebniskarte Tracerversuch Scharitzkehl/Endstal . . . . .	24
20	Lage des Untersuchungsgebietes am Hochkalter . . . . .	25
21	Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Hochkalter . . . . .	26
22	Tracerdurchgänge Hochkalter . . . . .	27
23	Tracerdurchgänge Hochkalter . . . . .	27
24	Ergebniskarte Tracerversuch Hochkalter . . . . .	29
25	Lage des Untersuchungsgebietes am Watzmann . . . . .	30
26	Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Watzmann . . . . .	31
27	Tracerdurchgänge Watzmann. Grün hinterlegt sich die sicheren Farbdurchgänge.	32
28	Ergebniskarte Tracerversuch Watzmann . . . . .	33
29	Lage des Untersuchungsgebietes Reiteralm 2004 . . . . .	34
30	Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Reiteralm 2004 . . . . .	37
31	Ergebniskarte Tracerversuch Reiteralm 2004 . . . . .	38
32	Lage des Untersuchungsgebietes Reiteralm 2005 . . . . .	39
33	Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Reiteralm 2005 . . . . .	40
34	Ergebniskarte Tracerversuch Watzmann . . . . .	42
35	Lage des Untersuchungsgebietes Wimbachtal 2008 . . . . .	43
36	Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Wimbachtal 2008 . . . .	44
37	Ergebniskarte Tracerversuch Wimbachtal . . . . .	45
38	Karstwassermarkierungsversuche Überblick . . . . .	46
39	Quantitative Modellierung . . . . .	47
40	Ergebnisse der quantitativen Modellierung der Hauptpfließpfade des Markie- rungsversuchs am Hochkalter [Kra08] Sampling location = Probestelle; Distance = Entfernung Eingabestelle - Probestelle; Flow rate = Durchflußrate; Flow velo- cities = Fließgeschwindigkeit; Volume per sampling location = Wasservolumen im Untersuchungszeitraum je Probestelle . . . . .	47
41	Zusammenfassung Karstwassermarkierungsversuche . . . . .	49

## Tabellenverzeichnis

1	Bisher durchgeführte Karstwassermarkierungsversuche im Nationalparkgebiet . .	2
2	Tracerdurchgänge des Gotzenalm Tracerversuchs 1987 . . . . .	5
3	Kenndaten des Projektes Gotzenalm 1987 . . . . .	5
4	Tracerdurchgänge des Gotzenalm Tracerversuchs 1988 . . . . .	10
5	Tracerdurchgänge des Gotzenalm Tracerversuchs 1988 . . . . .	10
6	Kenndaten des Projektes Gotzenalm 1988 . . . . .	10
7	Tracerdurchgänge in der Salzgrabenhöhle . . . . .	13
8	Kenndaten des Projektes Salzgrabenhöhle 1997 . . . . .	14
9	Tracerdurchgänge Steinernes Meer. Entfernung von Eingabestelle. Höhendiffe- renz. Abstandsgeschwindigkeit. Zeit der Tracerverdriftung (1. Maximum) in Std.	18
10	Kenndaten des Projektes Steinernes Meer 1998 . . . . .	18
11	Kenndaten des Projektes Scharitzkehl/Endstal 1999 . . . . .	22
12	Kenndaten des Projektes Hochkalter 2001 . . . . .	28
13	Kenndaten des Projektes Watzmann 2002 . . . . .	32
14	Kenndaten des Projektes Reiteralm 2004 . . . . .	36
15	Kenndaten des Projektes Reiteralm 2005 . . . . .	41
16	Kenndaten des Projektes Wimbachtal 2008 . . . . .	44

# 1 Der Karst im Nationalpark Berchtesgaden

Der Nationalpark Berchtesgaden liegt in den nördlichen Kalkalpen, welche durch lösliche Karbonatgesteine – vorwiegend Ramsaudolomit und Dachsteinkalk – gekennzeichnet sind. Die Verkarstungsprozesse haben zu einem ausgeprägten unterirdischen Entwässerungssystem geführt, welches durch zahlreiche Quellen angezeigt wird. Karstgestein kann man aufgrund verschiedener Kriterien einteilen. Je nach Lage wird er als oberirdischer Karst (Exokarst) oder unterirdischer Karst (Endokarst) beschrieben. Weiter unterscheidet man anhand des Bedeckungsgrades mit Boden und Vegetation zwischen nacktem und bedecktem Karst [Bög78]. Im Nationalpark



**Abbildung 1:** Hochalpiner Karst im Nationalpark Berchtesgaden (Quelle:NPV)

Berchtesgaden ist hauptsächlich begrünter Karst vorhanden und in höheren Lagen nackter Karst ausgebildet. Diese beiden Karstarten sind dem Hochkarst zuzuordnen, zeichnen sich also nicht nur durch die Höhe der Karstlandschaft aus, sondern auch durch außergewöhnlichen Formenreichtum und eine hohe Intensität der Verkarstung [Fis05]. Im östlichen Teil der Hochkaltergruppe ist abfallend Richtung Wimbachgries auch Halbkarst vorzufinden. Vollkarst ist in den Berchtesgadener Alpen unterirdisch vorzufinden. Er zeichnet sich durch eine Vielfalt von Korrosions-, Erosions- und Inkansionsformen im Untergrund aus [Fis05]. Die Höhlen der Berchtesgadener Alpen zählen zu den längsten und tiefsten der Alpen. Sie werden je nach Höhenlage in Höhlenruinen, Riesenhöhlen, Quelhöhlen und außerdem in vertikal ausgerichtete Schachthöhlen eingeteilt [Fis05]. Der hohe Dachsteinkalkanteil und großflächige Exokarstausbildungen lassen auf vielfältige Formen des Endokarstes schließen. In hohen Lagen der Gebirgsmassive mit vorherrschend nacktem Karst ist die Oberfläche mit besonderer morphologischen Ausprägung verkarstet. Der Niederschlag ist hier höher als die Infiltrationsrate des Bodens und durch den Oberflächenabfluss kommt es zur Lösung des Gesteins und zur typischen Karstmorphologie [Bög78].

## 1.1 Karstwassermarkierungsversuche

Die geohydrologische Markierungstechnik (engl. tracing, frz. traçage) setzt ein Markierungsmittel (engl. tracer, frz. traceur) ein, um fließendes Wasser verfolgen zu können. Dabei kann generell geklärt werden, wohin Wasser fließt, woher es kommt, ob es überhaupt fließt, wie es fließt und wie viel Wasser fließt [Käs04]. Hydrologische Verbindungen und die Grenzen des Wassereinzugsgebiets können damit untersucht werden. Markierungsmittel (Tracer) werden als künstliche Markierungsmittel und „natürliche Markierungsstoffe“ unterschieden. Erstere werden absichtlich in den zu untersuchenden Wasserkreislauf eingegeben, letztere sind bereits im Wasserkreislauf vorhanden und werden darin untersucht. Die am meisten eingesetzten Markierungsmittel sind Fluoreszenzfarbstoffe. Diese organischen Farbstoffe sind auch nach großer Verdünnung noch erkennbar oder messbar und können nach [Käs04] folgendermaßen eingeteilt werden: Xanthenfarbstoffe (grün bis rot fluoreszierend): Uranin, Eosin, Rhodamine, Erythrosin. Andere Fluoreszenzfarbstoffe (blau bis grün fluoreszierend): Pyranin, Natriumnaphthionat, Amidoflavin, Lissamin, Optische Aufheller (blau fluoreszierend) Die Methode der geohydrologischen Markierungstechnik ist das Markierungsmittel zu einem bestimmten Zeitpunkt in das zu untersuchende hydrologische System einzuspeisen und durch Probenahme an ausgewählten Quellen (=Probenahmestellen) die Tracerkonzentrationen als Zeitfunktion zu erfassen.

## 1.2 Tracerversuche im Nationalpark Berchtesgaden

**Tabelle 1:** *Bisher durchgeführte Karstwassermarkierungsversuche im Nationalparkgebiet*

Jahr	Gebiet
1987/1988	Gotzenalm
1990	Wimbach
1997	Salzgrabenhöhle
1998	Steinernes Meer
1999	Endstal
2001	Hochkalter/Blaueis
2002	Watzmann
2004	Reiteralm
2005	Reiteralm(Wiederholung)
2008	Wimbachgries

Seit 1987 wurden im Nationalparkgebiet (auch teilweise übergreifend ins benachbarte Österreich) großräumige Karstwassermarkierungsversuche durchgeführt, um Ausbreitungsrichtung und hydraulische Parameter des Grundwasserflusses im Nationalparkgebiet besser erfassen zu können. Abbildung 2 zeigt die Lage der Markierungsversuche. Im Nationalpark Berchtesgaden werden geohydrologische Markierungsversuche durchgeführt, weil das Gebiet hauptsächlich aus Gestein besteht, welches Verkarstungsprozessen unterliegt. Diese Verkarstung führt zu einer Heterogenität der unterirdischen Wasserfließwege. Ziel ist es, diese unterirdischen Fließwege im Rahmen eines Wasserhaushaltsmodells zu quantifizieren. Die Markierungsversuche werden als Bestandteil des Forschungsauftrages des Nationalparks durchgeführt. Hydrologische Untersuchungen einschließlich der Karstwasserforschung dienen dem besseren Verständnis der natürlichen und anthropogen beeinflussten Prozesse im Nationalpark [Ber01]. Damit können auch Ökosystemdienstleistungen, wie Schutz, Erhalt und Sicherheit des Trink- und Brauchwassers im Nationalpark bewertet werden. Es können weiter die Maßnahmen für die Verbesserung der





Abbildung 2: Lage der Karstwassermarkierungsversuche (Quelle:NPV)

Ver- und Entsorgung der Hütten, Gaststätten und Unterkunftshäuser im Nationalpark untersucht werden. Zudem wird der Ausgangspunkt für die zukünftige Bewertung der Folgen des Klimawandels auf einen Teil des Wasserhaushalts im Nationalpark gelegt [Ber01].

### 1.3 Allgemeine Durchführung im Nationalpark Berchtesgaden

Die bisherigen Markierungsversuche im Nationalpark Berchtesgaden wurden immer nach demselben Schema durchgeführt. Als Tracer wurden hauptsächlich (außer bei dem Wimbach-Versuch von 1990) Fluoreszenztracer ausgewählt, wobei Eosin, Uranin, Rhodamin-Farbstoffe und Naphthionat verwendet wurden. Obwohl man für Karstgrundwassermarkierungsversuche prinzipiell nicht zwingend Fluoreszenztracer einsetzen muss, eignen sich diese durch die hohe Meßgenauigkeit und die guten Sorptionseigenschaften am besten. Sie verhalten sich als ideale Tracer. Nach Festlegung der Einspeise- und Probenahmestellen, des Einspeisezeitpunkts und des Probenahmerhythmus wurde der jeweilige Versuch in dem zu untersuchenden Gebiet durchgeführt. Die mit Datum und Uhrzeit versehenen Wasserproben wurden am Geologischen Landesamt oder am Helmholtz-Zentrum für Umwelt und Gesundheit untersucht. Mit einem Fluoreszenzspektrometer wurden die Tracerkonzentrationen (falls vorhanden) quantifiziert.

## 2 Ergebnisse der Einzelversuche

### 2.1 Gotzenalm 1987

#### 2.1.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet

Als erster Färbeversuch im Nationalpark Berchtesgaden wurde 1987 das Gebiet der Gotzenalm untersucht. Das Gebiet ist touristisch hoch frequentiert, denn der Wanderweg auf das Hochplateau wird sowohl von Wanderern als auch von Mountainbikern benützt. Die Berggaststätte Gotzenalm bietet Einkehrmöglichkeit (290 Sitzplätze) und zu dem Übernachtungsmöglichkeit (4500/a). Neben diesem Unterkunftshaus betreiben sechs Almbauern traditionelle Almwirtschaft. Um diese zu Erhalten und den Weg des Wassers von den Almflächen talabwärts verfolgen zu können, wurde dieser Markierungsversuch initiiert. Die Zielsetzung war zu erfassen ob die Entwässerung des Gebietes auf deutsche Seite in das Königssee-Tal erfolgt oder östlich in das österreichische Blunautal oder in beide Gebiete. Als Ergebnis sollte die karsthydrologische Situation umfassend dargestellt werden. Durchgeführt wurde dieser Versuch vom Bayerischen Geologischen Landesamt in Zusammenarbeit mit der NPV.

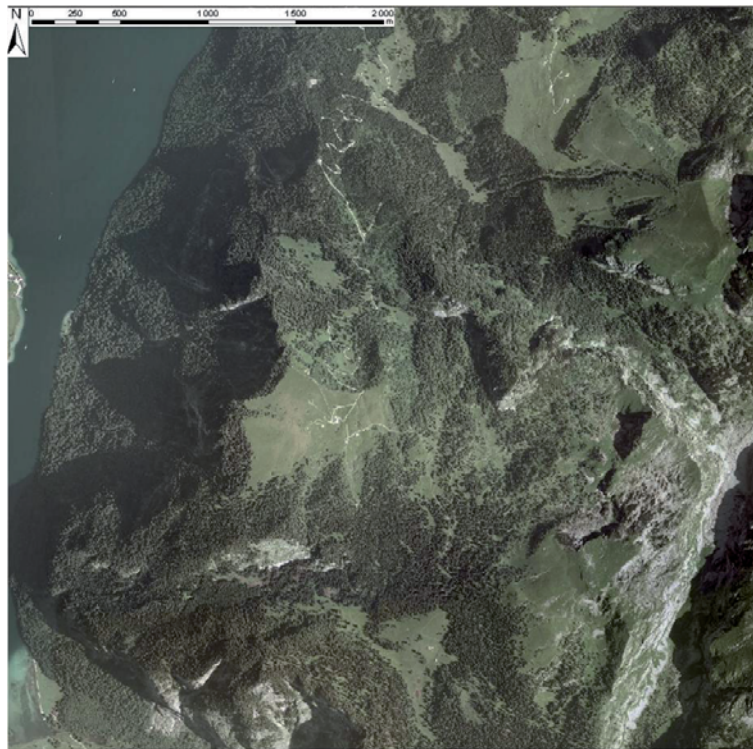


Abbildung 3: Lage des Untersuchungsgebietes Gotzenalm

#### 2.1.2 Eingabe und Probestellen

Bei dem Markierungsversuch wurden 22 Probestellen und 2 Eingabestellen ausgewählt. Diese sind in Abbildung 4 dargestellt.

#### 2.1.3 Ergebnisse

In diesem Jahr wurde lediglich Uranin an den Probestellen nachgewiesen. Die Nachweise an den Quellen G1 G13 sind mit Vorsicht zu werten, da sie höchstens zweimal vorhanden waren und



demnach ein sicherer Farbdurchgang nicht zu begründen ist. Als sicheres Ergebnis können die durchgängig auftretenden Nachweise zu den Probestellen G14, G15 und Q4 gewertet werden. Diese Nachweise deuten sehr stark auf eine karsthydrologisch wegsame Verbindung hin. Auch die Verbindung nach Österreich kann als gegeben interpretiert werden.

**Tabelle 2:** *Tracerdurchgänge des Gotzenalm Tracerversuchs 1987*

Probestelle	Datum Farbnachweis	Bemerkung
G1	16.8.;18.8.	
G2	7.9.; 20.9.	
G3	21.8.; 25.8.	
G4	14.9.	Einmaliger Nachweis, dann fiel Quelle trocken
G6	8.8.	Einmaliger Nachweis
G8	20.9.	Einmaliger Nachweis
G10	6.8.	Einmaliger Nachweis, geringe Spuren
G13	7.8.; 8.8.	Geringe Spuren
G14	6.8. bis 28.9.	ca 2000 m/d
G15	7.8. bis 20.9.	ca 1500 m/d
Q4	14.9.; 21.9.	ca 312 m/d

#### 2.1.4 Kenndaten des Projektes

Weiterführende Berichte:

- GLA: Zwischenbericht des bayerischen Geologischen Landesamtes über einen Karstwassermarkierungsversuch auf der Gotzenalm 1987

**Tabelle 3:** *Kenndaten des Projektes Gotzenalm 1987*

Jahr	Gebiet
Ort	Hagengebirge
Durchführung	Dr.Wrobel
Beteiligte Institute	Nationalparkverwaltung BGD, Bayerisches Geologisches Landesamt
Anzahl beteiligte Personen	k.A.

EINGABESTELLEN							
Nr	Eingabestelle		Tracer		Rechtswert	Hochwert	Farbeingabe
A	Doline oberhalb Diensthütte	1686m	Eosin	5kg	4574974	5267087	05.08.1987 11 Uhr
B	Doline neben Gotzenalm	1681m	Uranin	5kg	4575164	5266937	05.08.1987 11 Uhr
PROBESTELLEN							
Nr	Probenahmestelle			Höhe	Rechtswert	Hochwert	
G1	Keine Bezeichnung vorhanden			1060	4575608	5269660	
G2	Keine Bezeichnung vorhanden			1080	4575458	5268862	
G3	Keine Bezeichnung vorhanden			1450	4575172	5267345	
G4	Keine Bezeichnung vorhanden			1410	4574732	5266000	
G5	Keine Bezeichnung vorhanden			1340	4574395	5265907	
G6	Keine Bezeichnung vorhanden			1250	4574023	5265817	
G7	Keine Bezeichnung vorhanden			1280	4574163	5265817	
G8	Keine Bezeichnung vorhanden			1245	4574037	5265928	
G9	Keine Bezeichnung vorhanden			1040	4573601	5266197	
G10	Keine Bezeichnung vorhanden			700	4573404	5266365	
G11	Keine Bezeichnung vorhanden			700	4573486	5266114	
G12	Keine Bezeichnung vorhanden			613	4573365	5265985	
G13	Keine Bezeichnung vorhanden			650	4573608	5265395	
G14	Keine Bezeichnung vorhanden			613	4574517	5265001	
G15	Keine Bezeichnung vorhanden			613	4574599	5264962	
Q1	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q21	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q22	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q23	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q3	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q4	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q5	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	

\*k.D.: Keine Daten

Abbildung 4: Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen am Gotzenalmgebiet



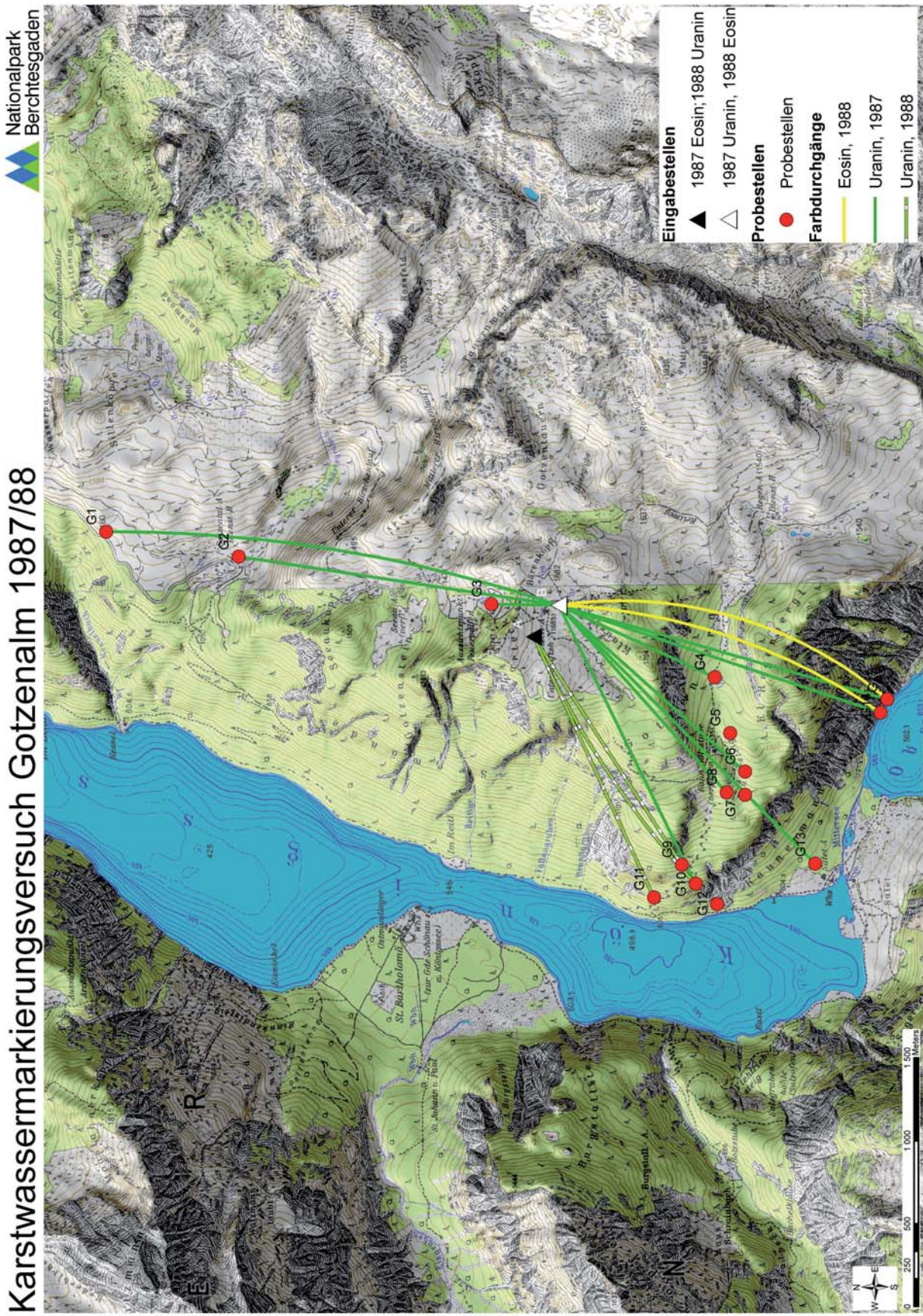


Abbildung 5: Ergebniskarte Tracerversuch Gotzenalm 1987



## 2.2 Gotzenalm1988

### 2.2.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet

Als erster Färbeversuch im Nationalpark Berchtesgaden wurde 1987 das Gebiet der Gotzenalm untersucht. Das Gebiet ist touristisch hoch frequentiert, denn der Wanderweg auf das Hochplateau wird sowohl von Wanderern als auch von Mountainbikern benützt. Die Berggaststätte Gotzenalm bietet Einkehrmöglichkeit (290 Sitzplätze) und zu dem Übernachtungsmöglichkeit (4500/a). Neben diesem Unterkunftshaus betreiben sechs Almbauern traditionelle Almwirtschaft. Um diese zu Erhalten und den Weg des Wassers von den Almflächen talabwärts verfolgen zu können, wurde dieser Markierungsversuch initiiert. Die Zielsetzung war zu erfassen ob die Entwässerung des Gebietes auf deutsche Seite in das Königssee-Tal erfolgt oder östlich in das österreichische Blunautal oder in beide Gebiete. Als Ergebnis sollte die karsthydrologische Situation umfassend dargestellt werden. Durchgeführt wurde dieser Versuch vom Bayerischen Geologischen Landesamt in Zusammenarbeit mit der NPV. Die Ergebnisse des Versuchs von 1987 waren höchst fragwürdig, denn einer der beiden eingesetzten Tracer (Eosin) konnte an keiner Probestelle nachgewiesen werden. Um dem Phänomen nachzugehen und eventuell Eosin als Tracer bei zukünftigen Tracerversuchen nicht mehr einzusetzen wurde der Versuch 1988 wiederholt. Hierbei wurden die Tracer bei der Eingabe vertauscht. Im Folgenden werden die Ergebnisse des Markierungsversuchs von 1988 dargestellt.

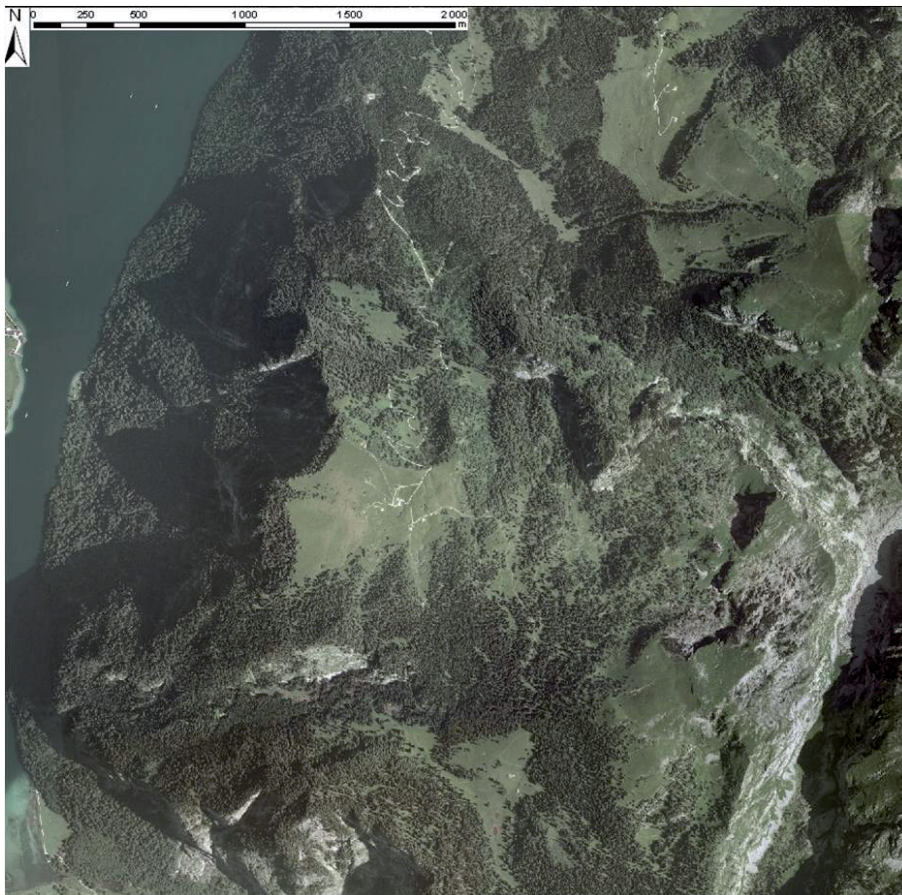


Abbildung 6: Lage des Untersuchungsgebietes Gotzenalm

## 2.2.2 Eingabe und Probestellen

Im Folgeversuch wurden wie im Vorjahr 22 Probestellen und 2 Eingabestellen ausgewählt. Sie sind in Abbildung 7 dargestellt.

EINGABESTELLEN							
Nr	Eingabestelle		Tracer		Rechtswert	Hochwert	Farbeingabe
A	Doline oberhalb Diensthütte	1686m	Uranin	5 kg	4574974	5267087	17.08.1988 12 Uhr
B	Doline neben Gotzenalm	1681m	Eosin	5 kg	4575164	5266937	17.08.1988 12 Uhr
PROBESTELLEN							
Nr	Probenahmestelle			Höhe	Rechtswert	Hochwert	
G1	Keine Bezeichnung vorhanden			1060	4575608	5269660	
G2	Keine Bezeichnung vorhanden			1080	4575458	5268862	
G3	Keine Bezeichnung vorhanden			1450	4575172	5267345	
G4	Keine Bezeichnung vorhanden			1410	4574732	5266000	
G5	Keine Bezeichnung vorhanden			1340	4574395	5265907	
G6	Keine Bezeichnung vorhanden			1250	4574023	5265817	
G7	Keine Bezeichnung vorhanden			1280	4574163	5265817	
G8	Keine Bezeichnung vorhanden			1245	4574037	5265928	
G9	Keine Bezeichnung vorhanden			1040	4573601	5266197	
G10	Keine Bezeichnung vorhanden			700	4573404	5266365	
G11	Keine Bezeichnung vorhanden			700	4573486	5266114	
G12	Keine Bezeichnung vorhanden			613	4573365	5265985	
G13	Keine Bezeichnung vorhanden			650	4573608	5265395	
G14	Keine Bezeichnung vorhanden			613	4574517	5265001	
G15	Keine Bezeichnung vorhanden			613	4574599	5264962	
Q1	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q21	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q22	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q23	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q3	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q4	Keine Bezeichnung vorhanden			k.D.	k.D.	k.D.	
Q5	Keine Bezeichnung vorhanden						

\*k.D.: keine Daten

Abbildung 7: Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen am Gotzenalmgebiet

## 2.2.3 Ergebnisse

In diesem Jahr wurden beide Tracer nachgewiesen. Mit der Farbeingabe von Eosin in die Eingabestelle B (Vorjahr: Eingabestelle Uranin) konnte die karsthydrologisch wegsame Verbindung zu den Probestellen G 14 und G 15 bestätigt werden. Uranin konnte im Gegensatz zum vorjährig in die Eingabestelle A eingegebenen Eosin in einigen Quellen nachgewiesen werden. Die Nachweise an den Quellen G2, G6, G7 und G15 sind äußerst fragwürdig, da schon vor Farbeingabe ein Uraninpeak festgestellt werden konnte und ein einmaliger Farbnachweis nicht als sicheres Indiz für eine karstwegsame Verbindung gewertet werden kann. Die durchgängigen Nachweise zu den Probestellen G9, G10 und G11 gelten als sicherer Hinweis für eine karsthydrologische

Verbindung. Warum Eosin im Vorjahr an diesen drei Probestellen nicht nachgewiesen werden konnte bleibt fraglich. Womöglich war die Schüttung des Baches 1987 für das sorptionsstarke Eosin zu gering. Auch die Verbindung nach Österreich gilt als wahrscheinlich. Uranin zeigt in beiden Fällen eine Verbindung nach Österreich an. Eosin in beiden Fällen nicht.

**Tabelle 4:** *Tracerdurchgänge des Gotzenalm Tracerversuchs 1988*

Probestelle	Datum Farbnachweis	Bemerkung
G14	19.8. bis 19.9.	ca 1000 m/d
G15	19.8. bis 19.10..	

**Tabelle 5:** *Tracerdurchgänge des Gotzenalm Tracerversuchs 1988*

Probestelle	Datum Farbnachweis	Bemerkung
G2	Langzeitig schwache Nachweise	Evtl. von Vorjahr da Nachweis auch vor Farbeingabe
G6	18.8.	Einmaliger Nachweis
G7	18.8.	Nachweis schon vor Farbeingabe
G9	18.8 bis 31.8.	
G10	18.8. bis 5.9.	
G11	21.8. bis 2.9.	ca 1500 m/d. Bis 20.8. trocken
G15	13.10.	Einmalig
Q3	3.11. bis 17.11.	ca 200 m/d

## 2.2.4 Kenndaten des Projektes

**Tabelle 6:** *Kenndaten des Projektes Gotzenalm 1988*

Jahr	Gebiet
Ort	Hagengebirge
Durchführung	Dr.Exler
Beteiligte Institute	Nationalparkverwaltung BGD, Bayerisches Geologisches Landesamt
Anzahl beteiligte Personen	k.A.

Weiterführende Berichte:

- GLA: Bericht über die Ergebnisse des Karstwassermarkierungsversuches auf der Gotzenalm im Sommer 1998



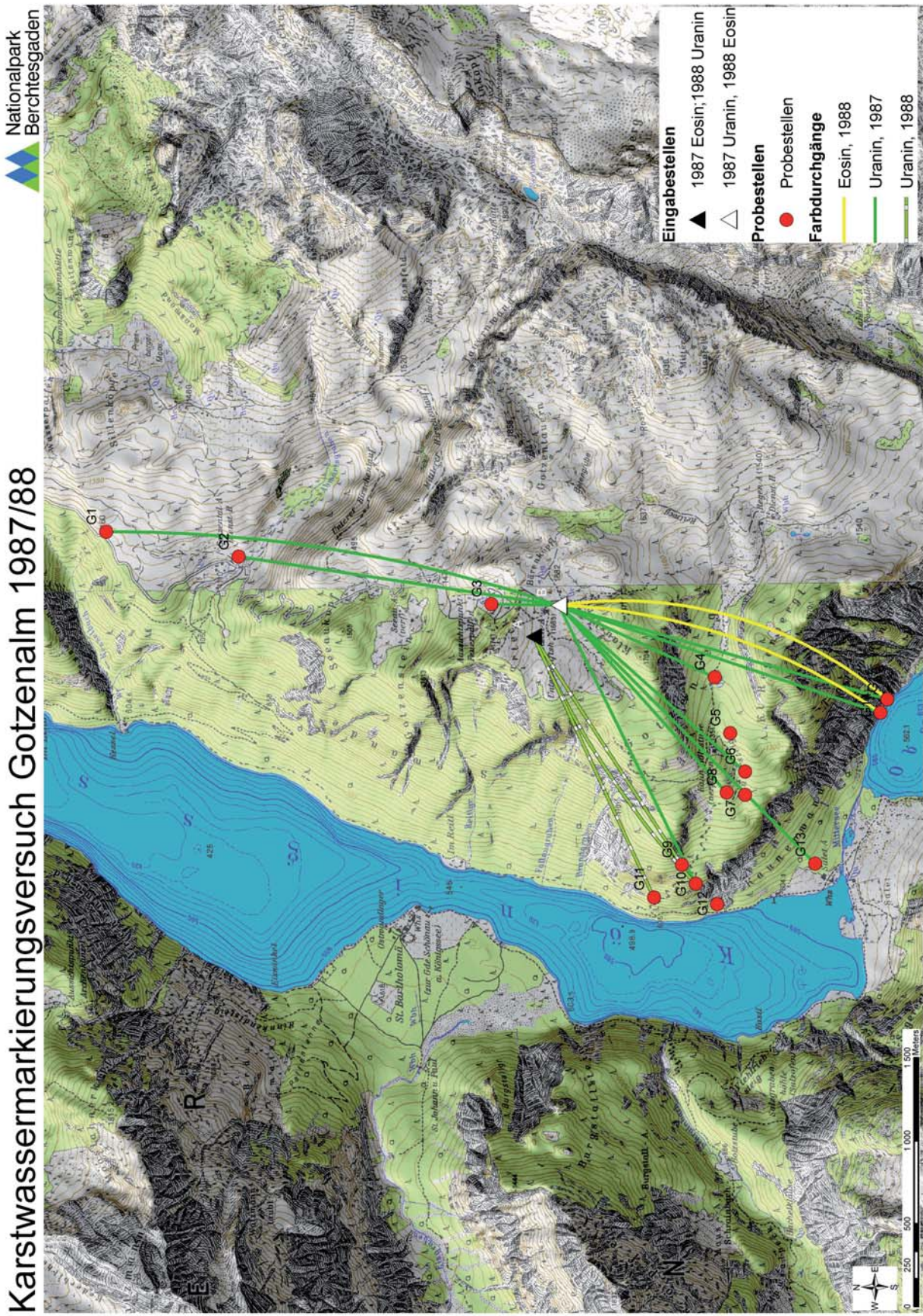


Abbildung 8: Ergebniskarte Tracerversuch Gotzenalm 1988



## 2.3 Salzgrabenhöhle 1997

### 2.3.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet

Der Versuch „Salzgrabenhöhle 1997“ ist einer von zwei Färbeversuchen mit der Zielsetzung die gesamte karsthydrologische Situation am Simetsberg und dem dahinter gelegenen Übergangsbereich zum Steinernen Meer zu erfassen. Mit diesem Versuch sollte einleitend die Entwässerung

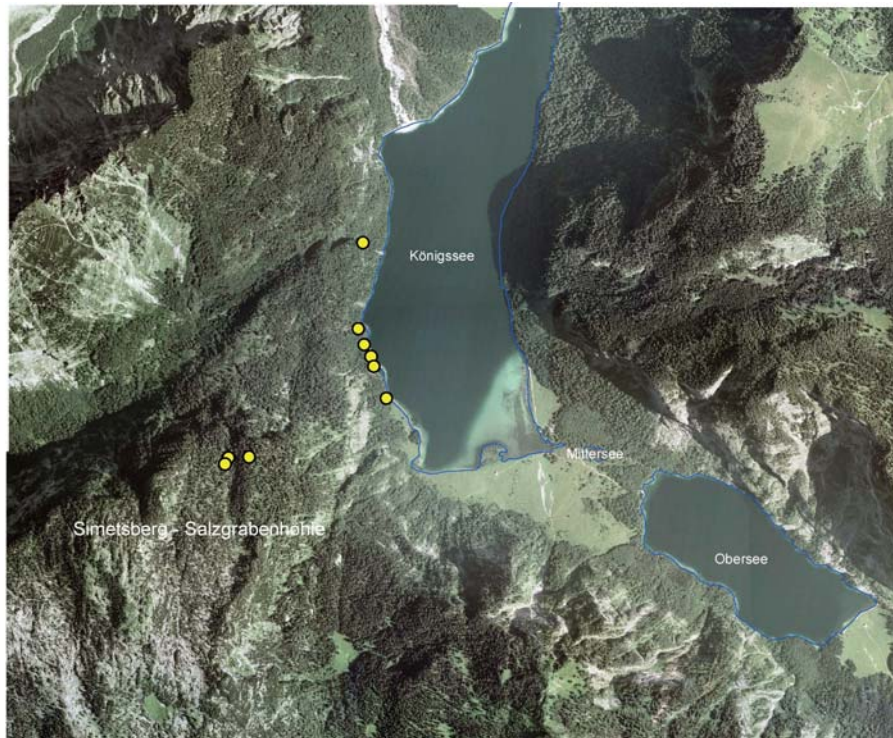


Abbildung 9: Lage des Untersuchungsgebietes Salzgrabenhöhle

der Salzgrabenhöhle definiert werden, d.h. es sollte geklärt werden, ob die zu beobachteten Wasserläufe in verschiedenen Orten der Höhle demselben Flusssystem angehören und in welche Quellen am Königsseeufer dieses Flusssystem mündet. Weiterhin sollten die wichtigsten Karstquellen in dem Bereich definiert werden. Aufbauend auf den Ergebnissen dieses Versuches führte man 1998 den Färbeversuch „Steinernes Meer“ durch, wobei die karsthydrologischen Verbindungen zwischen den drei Seen, der Salzgrabenhöhle dem Königssee untersucht wurden. In Abbildung 2 sind die Untersuchungsgebiete der beiden Tracerversuche abgegrenzt. Hintergrund der beiden Projekte steht dabei nicht nur die Ergründung der Grundwasserhydrologie dieses Teils des Nationalparks, sondern auch der Schutz des Königssees. Dieser ist nicht nur als fjordartiger glazialer Alpensee, sondern auch wegen seiner Bedeutung als Touristenausflugsziel schützenswert. Allein die Halbinsel St.Bartholomä wird jährlich von etwa 800.000 Touristen besucht. Auch die traditionelle Königsseeschiffahrt mit hohem Touristenaufkommen ist von der guten Wasserqualität des Königssees abhängig.

### 2.3.2 Eingabe und Probestellen

Bei diesem Färbeversuch wurden 2 Eingabestellen in der Salzgrabenhöhle festgelegt. Die Wasserproben wurden an 3 Stellen in der Salzgrabenhöhle und an 6 Quellaustritten am südlichen Ufer des Königssees genommen. Sie sind in Abbildung 10 aufgeführt.



EINGABESTELLEN						
Nr	Eingabestelle	Tracer		Rechtswert	Hochwert	Farbeingabe
	Grünsee (SGH)	---	Uranin	1 kg	----	20.10.1997
	Wasserfall (SGH)	---	Sulforhodamin	1kg	----	20.10.1997
PROBESTELLEN						
Nr	Probenahmestelle	Höhe	Rechtswert	Hochwert		
H1	Wasserfallkluft (SGH)	1460	4571817.574	5265143.721		
H2	Nabelkluft (SGH)	1435	4571837.195	5265175.114		
H3	Schwarzensee (SGH)	1463	4571943.147	5265180.346		
P4	Schradlloch	598	4572515.896	5265847.174		
P5	Kastlquelle	607	4572545.754	5265763.571		
P6	Kastlquelle	595	4572596.849	5265651.693		
H7	Kastlquelle	611	4572580.452	5265703.843		
H8/P8	Grüner Brunnen	601	4572661.387	5265487.201		
H10	Schrainbach	713	4572539.858	5266298.246		

Abbildung 10: Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Salzgrabenhöhle

### 2.3.3 Ergebnisse

Die großen Fließgeschwindigkeiten in Relation zum Tracerrückhalt führt zu der Erkenntnis, dass die gesättigte Zone nur einige Meter oberhalb des Königssees beginnt. Der Fluss in der Höhle repräsentiert einen signifikanten unterirdischen Entwässerungskanal, wobei die unterschiedlichen Fließwege und Speicherbasins durch ein System von Barrieren und Siphonen gesteuert werden [ABKK05]. Der Farbstoff Uranin war sehr schnell mit dem bloßen Auge an den drei Beobachtungspunkten in der Höhle sichtbar (Wasserfallkluft, Nabelkluft und unterirdischer Schwarzensee). Dies bestätigte die Hypothese, dass es sich in der Höhle um ein und denselben Fluss handelt. Die Tracer sind deutlich an den Kastlquellen und dem Schradlloch ausgetreten. Am Schrainbach konnte kein Tracer nachgewiesen werden. Am Schradlloch und an den Kastlquellen wurden etwa 2,5 bis 3 Stunden nach der Einspeisung die Tracer gesichtet. Die höchsten Konzentrationen wurden 3,5 bis 5 Stunden nach Einspeisung erzielt [DPA<sup>+</sup>01].

Tabelle 7: Tracerdurchgänge in der Salzgrabenhöhle

Nr	Probestelle	Farbnachweis	Durchfluss)	Linearer	Abstand(m)	Höhen	v
Nr	Probestelle	nach	dauer(min)	Abst.(m)		diff.(m)	(m/h)
H1	Wasserfallkluft	15 sek	2		15	0.5	450
H2	Nabelkluft	13 min	15		138	48	552
H3	Schwarzensee	19 min	40		288	63	432
P4	Schradlloch		200	820	870	288	261
P5	Kastlquelle		190	770	840	290	265
P6	Kastlquelle		190	755	800	290	253
H7	Kastlquelle		200	770	840	290	252
H8	Grüner Brunnen		Messung fehlerhaft				
H10	Schrainbach		Kein Farbnachweis				

### 2.3.4 Kenndaten des Projektes

**Tabelle 8:** *Kenndaten des Projektes Salzgrabenhöhle 1997*

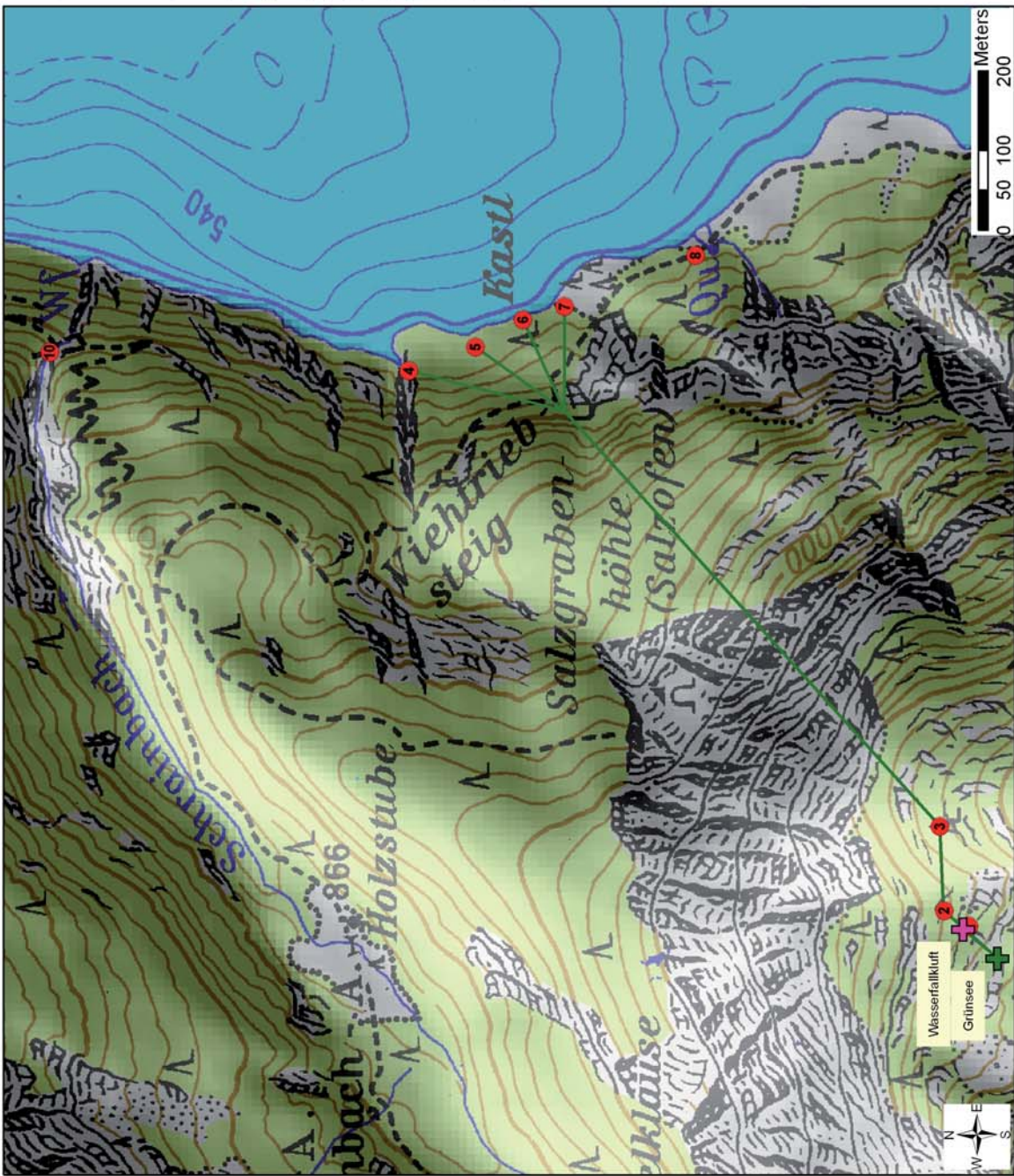
Jahr	Gebiet
Ort	Salzgrabenhöhle, Simetsberg
Durchführung	Hans Krafft, Rolf Apel, Dr. Guido Plassmann
Beteiligte Institute	Nationalparkverwaltung BGD, Bayerisches Geologisches Landesamt
Beteiligte Institute	geographisches Insitut der Universität Savoyens (Chambery, Frankreich)
Anzahl beteiligte Personen	Farbeingabe: 7 Personen; Beprobungspersonal: 16 Personen

Weiterführende Berichte:

- Maloszweski, P., Büttner, G., Apel, R., Krafft, H., Scholz, M., Wagner, B. (kein Datum). Quantitative evaluation of tracer experiments in Alpine Karst and Porous Aquifers in the National Park of Berchtesgaden.
- Apel, R., Büttner, G., Delannoy, J., Krafft, H., Plassmann, G. (kein Datum). Groundwater Flow in Alpine Karst Aquifers and in Porous Media - Tracer Experiments in the National Park Berchtesgaden.
- Delannoy, J.-J., Plassman, G., Apel, R., Krafft, H., Nedjai, R. (2001). Späleologischer Beitrag zum Nachhaltigen Management eines Bergsees. Färbungen des Einzugsbeckens des Königssees (Berchtesgadener Alpen- Bayern/Deutschland) - Deutsche Übersetzung des Originaltextes. *Karstologia* 38 .
- Plassmann, G. (1998). Développement et gestion durables en milieu alpin. Le cas de une ressource naturelle particulièrement sensible – le eau karstique (Etude compare de six pays alpins). Université Joseph Fourier – Grenoble 1. Institut de Géographie Alpine, Laboratoire de la Montagne Alpine.



Karstwassermarkierungsversuch Salzgrabenhöhle 1997



**Legende**

- Eingabestellen**
- + Sulforhodamin, Wasserfallkluft
  - + Uranin, Grünsee
- Probestellen**
- Probestellen
- Tracerdurchgang**
- Tracerdurchgang

name	Ort
1	Wasserfallkluft
10	Schraimbach
2	Nabelkluft
3	Schwarzensee
4	Schradlloch
5	Kastl
6	Kastl
7	Kastl
8	Grüner Brunnen

Kartengrundlage: GIS NPV; Bayerisches Vermessungsamt

Kartenerstellung: Gabi Kraller

Abbildung 11: Ergebniskarte Tracerversuch Salzgrabenhöhle 1997



## 2.4 Steinernes Meer 1998

### 2.4.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet

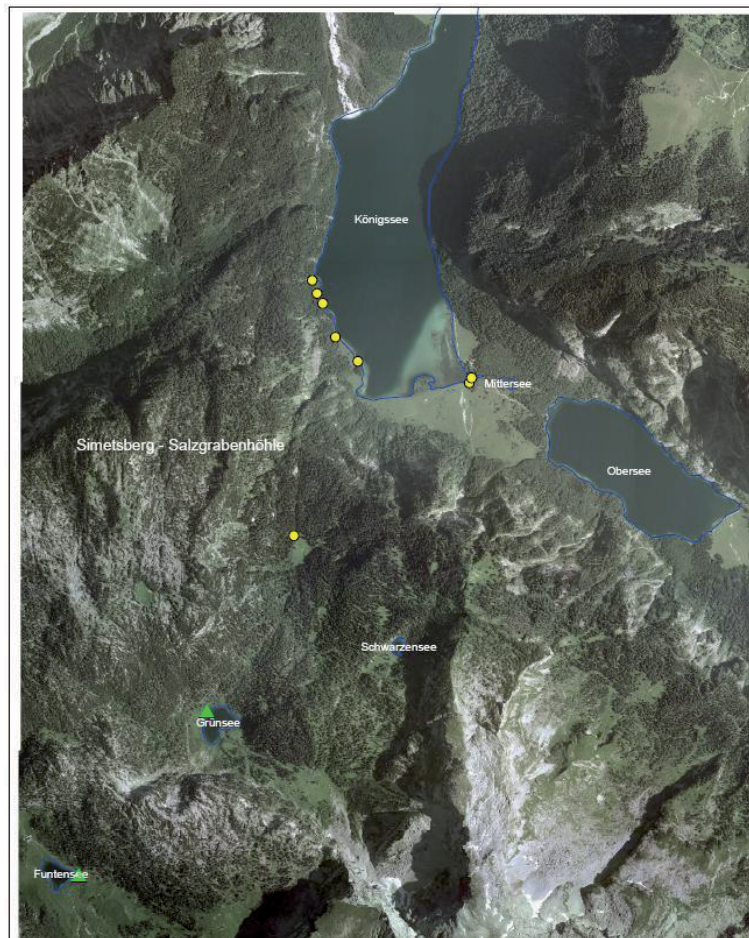


Abbildung 12: Lage des Untersuchungsgebietes Steinernes Meer

Dieser Markierungsversuch wurde direkt in Anschluss an den Tracerversuch von 1997 in der Salzgrabenhöhle durchgeführt. Der Versuch von 1997 zeigte eine karsthydrologische Verbindung der Flüsse in der Salzgrabenhöhle zu den Quellen am südlichen Königsseeufer. Dieser, darauf aufbauende, Versuch sollte nun im Anschluss die gesamte karsthydrologische Situation am Simetsberg und dem dahinter gelegenen Übergangsbereich zum Steinernen Meer erfasst werden. Die Zielsetzung ist, die unterirdische Entwässerung der drei Hochgebirgsseen Schwarzensee, Grünsee und Funtensee zu klären und eine eventuelle Verbindung zur Salzgrabenhöhle und den Quellen am südlichen Königsseeufer herzustellen. Dies ermöglicht es, das gesamte karsthydrologische System am Simetsberg zu erfassen. Die Abbildung 12 zeigt die Lage des Untersuchungsgebietes und der Eingabestellen und Probestellen des Markierungsversuche. Der Hintergrund dieses Projektes ist nicht nur, wie auch bei dem Versuch 1997, die Ergründung der Grundwasserhydrologie dieses Teil des Nationalparks, sondern auch der Schutz des Königssees. Er ist als fjordartige Vorfluter umrandet von komplexen Karstsystemen und daher besonders vulnerabel. Nicht nur wegen seiner Einzigartigkeit im Schutzgebiet und seiner besonderen Wasserqualität, sondern auch wegen seiner Bedeutung als Touristenausflugsziel ist er besonders schützenswert. Allein die Halbinsel St.Bartholomä wird jährlich von etwa 800.000 Touristen besucht.

### 2.4.2 Eingabe und Probestellen

Bei diesem Markierungsversuch wurden die drei hochalpinen Seen als Eingabestellen der tracer gewählt. Es wurden 5 Stellen in der Salzgrabenhöhle, 8 Quellen am südlichen Königsseebereich und 2 Quellen in Österreich beprobt (Abbildung 13).

EINGABESTELLEN							
Nr	Eingabestelle		Tracer		Rechtswert	Hochwert	Farbeingabe
	Funtensee	1601m	Eosin	2 kg	4571036	5262089	13.07.1998 10 Uhr
	Grünsee	1481m	Uranin	2 kg	4571847	5263124	13.07.1998 10 Uhr
	Schwarzensee	1570m	Amidorhodamin G	1 kg	4573081	5263585	13.07.1998 10 Uhr
PROBESTELLEN							
Nr	Probenahmestelle			Höhe	Rechtswert	Hochwert	
3	Schwarzensee SGH			k.D.		----	----
4	Schradlloch			598	4572515.896		5265847.174
6	Kastl			595	4572545.754		5265763.571
8	Grüner Brunnen			601	4572661.387		5265487.201
9	Salet			600	4573510.76		5265199.763
10	Schrainbach			713	4572537.148		5266296.542
12	Lagune			598	4572803.324		5265334.415
13	Obersee – Abfluss			597	4573521.848		5265232.655
15	Biwak SGH			k.D.		----	----
16	Berggeist SGH			k.D.		----	----
17	Kristallsee SGH			k.D.		----	----
18	Achtal SGH			k.D.		----	----
19	Halsgrube			1360	4572399.535		5264232.197
20	Dießbachstausee, Einlauf			1411	4563405.723		5263764.928
21	Dießbachstausee, Auslauf			1385	4562205.386		5263922.427
k.Nr.	Beobachtungspunkt Achenkanzel			k.D.		----	----
K.Nr.	Beobachtungspunkt oberhalb Obersee			k.D.		----	----

Abbildung 13: Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Steinernes Meer

### 2.4.3 Ergebnisse

Der Höhlenfluss ist mit der ungesättigten Zone des Steinernen Meeres verbunden. Das Wasser des Grünsees und des Funtensees fließt durch die Salzgrabenhöhle und erreicht die Quellen am Ufer des Königssees oder den Königssee selbst. Der Obersee ist vom Schwarzensee beeinflusst. Die Saletquelle eine Karstquelle, welche hauptsächlich von aufsteigendem Wasser aus tieferen Zonen gespeist wird [ABKK05]. Mit diesem Versuch konnten die hydrogeologischen Verbindungen der Seenabflüsse des Simetsberges mit der Wasserzufuhr des Königssees aufgezeigt werden. Der Funtensee und der Grünsee konnten zudem mit dem Wasserfluss in der Salzgrabenhöhle in Verbindung gebracht werden. Außerdem konnte mit dem Versuch die Saugasse – als bekannte nördliche ausgerichtete Verwerfung – als hydrogeologische Barriere beschrieben werden. Nur Quellen südlich dieser Verwerfung, also Kastlquellen und Salzgrabenhöhle zeigten einen Farbdurchgang. Nördlich gelegene Quellen wurden von den Färbungen nicht betroffen [DPA<sup>+</sup>01]. Der Schwarzensee scheint einem anderen Entwässerungssystem anzugehören, da der Farbstoff weder in der Salzgrabenhöhle noch an den Kastlquellen oder im Schradlloch auftrat.

**Tabelle 9:** *Tracerdurchgänge Steinernes Meer. Entfernung von Eingabestelle. Höhendifferenz. Abstandsgeschwindigkeit. Zeit der Tracerverdriftung (1. Maximum) in Std.*

Probestelle	Uranin (Grünsee)	Eosin (Funtensee)	Amidorhodamin (Schwarzensee)
Schradlloch	2750 m; 870 m 162 m/h; 17h	4000 m; 997 m 194 m/h; 20.5 h	ohne Nachweis
Kastl	2650 m; 870m 442 m/h; 6h	3925m; 997m 348 m/h; 11h	ohne Nachweis
Grüner Brunnen	2425m; 869m 128 m/h; 19h	ohne Nachweis	1925m; 963m 94 m/h; 20h
Lagune	2150m; 871m 110m/h; 19,5 h	ohne Nachweis 73 m/h; 21h	1525m; 965m
Salet	2575m; 870m 2,9 m/h; 888h = 37d	ohne Nachweis	ohne Nachweis
Obersee	2630m; 861m 6,0 m/h; 438 h = 18d	ohne Nachweis	1475m; 955m 2,0 m/h; 738d = 31d
Salzgrabenhöhle	2350m; 534m 181m/h; 13h	ohne Nachweis	ohne Nachweis
Schrainbach	2725m; 609m 419 m/h; Nachweis fraglich	ohne Nachweis	ohne Nachweis

#### 2.4.4 Kenndaten des Projektes

**Tabelle 10:** *Kenndaten des Projektes Steinernes Meer 1998*

Jahr	Gebiet
Ort	Steinernes Meer, Simetsberg
Durchführung	Hans Krafft, Rolf Apel, Dr. Guido Plassmann
Beteiligte Institute	Nationalparkverwaltung BGD, Bayerisches Geologisches Landesamt
Beteiligte Institute	geographisches Insitut der Universität Savoyens (Chambery, Frankreich)
Anzahl beteiligte Personen	Farbeingabe: 8 Personen; Beprobungspersonal: 16 Personen

Weiterführende Berichte:

- Maloszweski, P., Büttner, G., Apel, R., Krafft, H., Scholz, M., Wagner, B. (kein Datum). Quantitative evaluation of tracer experiments in Alpine Karst and Porous Aquifers in the National Park of Berchtesgaden.
- Apel, R., Büttner, G., Delannoy, J., Krafft, H., Plassmann, G. (kein Datum). Groundwater Flow in Alpine Karst Aquifers and in Porous Media - Tracer Experiments in the National Park Berchtesgaden.
- Delannoy, J.-J., Plassman, G., Apel, R., Krafft, H., Nedjai, R. (2001). Späleologischer Beitrag zum Nachhaltigen Management eines Bergsees. Färbungen des Einzugsbeckens des Königssees (Berchtesgadener Alpen- Bayern/Deutschland) - Deutsche Übersetzung des Originaltextes. *Karstologia* 38 .



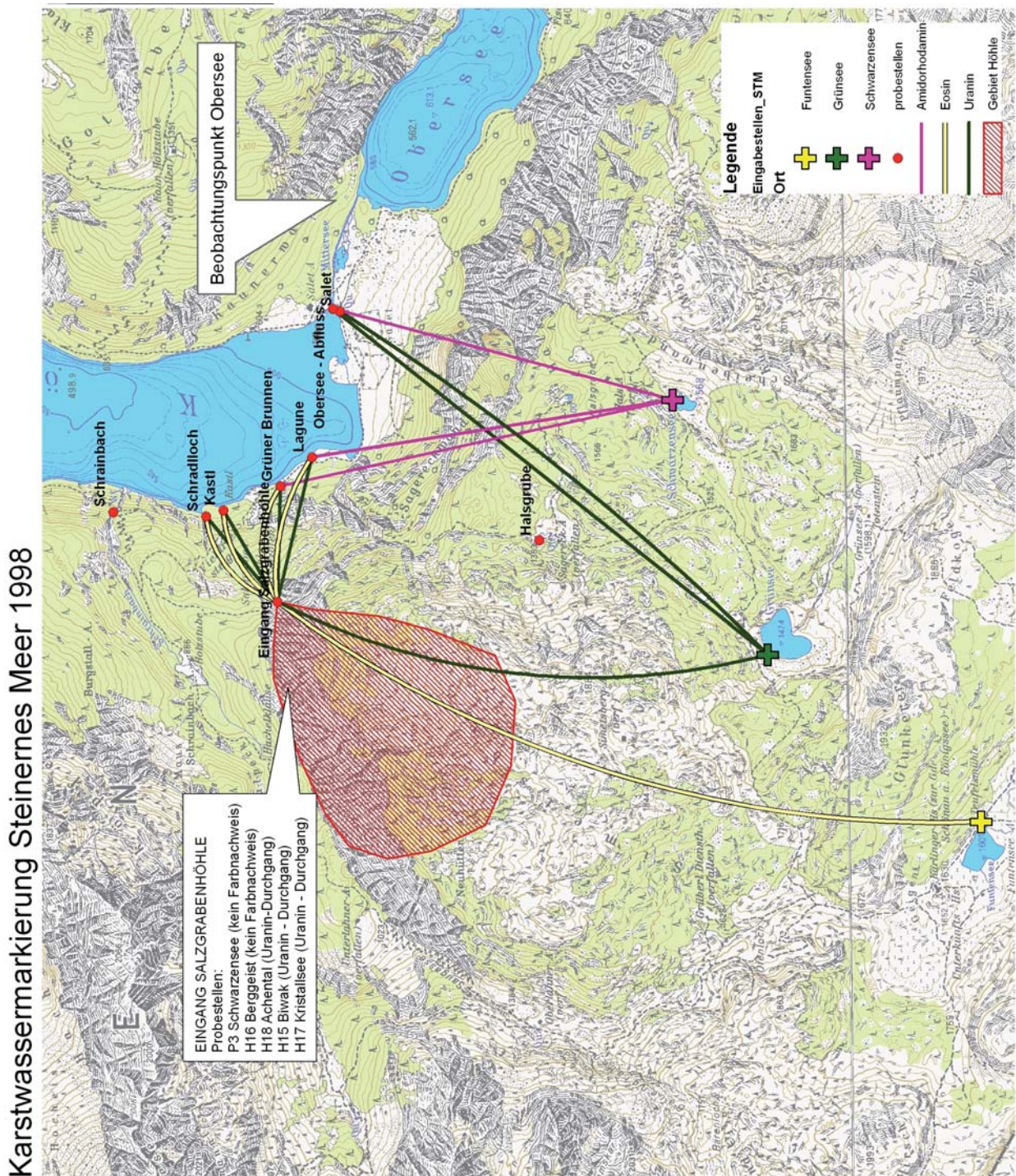


Abbildung 14: Ergebniskarte Tracerversuch Steinernes Meer



## 2.5 Scharitzkehl/Endstal 1999

### 2.5.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet



Abbildung 15: Lage des Untersuchungsgebietes Scharitzkehl/Endstal

350 m ESE der Scharitzkehl-Alm liegt die Endstalquelle. Diese Quellfassung wurde während der NS-Zeit erstellt um die Einrichtungen auf dem Obersalzberg mit Wasser zu versorgen. Der Markt Berchtesgaden hat diese aufgelassene Quellfassung, sowie die Ableitung und das zugehörige Wasserwerk überprüft und saniert, um seiner zentralen Wasserversorgung, die sich bisher nur auf das Quellgebiet im unteren Wimbachtal stützen konnte, ein weiteres Quellgebiet angliedern zu können. Auch die Scharitzkehlquelle und die beiden Brunnen, die rund 450 – 500 m westlich der Scharitzkehl-Alm gelegen sind könnten zur Notwasserversorgung herangezogen werden. Im Zuge dieser Arbeiten wurden gelegentlich Keime (*E.coli*) nachgewiesen, welche auf verunreinigtes Sickerwasser an der Randkluft zur Westwand des Göllmassivs zurückgeführt werden kann. Weitere potentielle Schadstoffquellen könnte die Kläranlage der Scharitzkehl-Alm sowie der Christopherus-Schule sein. Das Bayerische Geologische Landesamt ist von der Nationalparkverwaltung gebeten worden, im Einzugsgebiet der Endstalquelle einen Grundwasser-Markierungsversuch durchzuführen, um die Grundwasser-Strömungsverhältnisse, wie Fließrichtung, Abstandsgeschwindigkeit, Dispersion und Form des GW-Abstromfächers zu erkunden, sowie mögliche Schadstoffquellen und deren Auswirkungen auf das Grundwasser zu identifizieren.

### 2.5.2 Eingabe und Probestellen

Für die Untersuchung wurden drei Eingabestellen und 12 Probestellen im Gebiet Scharitzkehl/Endstal festgelegt (Abbildung 16).

### 2.5.3 Ergebnisse

Das Endstal und die Scharitzkehl bis hin zum Brunnhaus sind für die Trinkwassergewinnung aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Vorraussetzungen gut geeignet, wenn es ge-



EINGABESTELLEN							
Nr	Eingabestelle		Tracer		Rechtswert	Hochwert	Farbeingabe
	Hoher Göll Westwand	1345m	Uranin	0,5kg	4573207	5274232	4.8.1999
	Scharitzkehl – Alm, Abwasser	1038m	Eosin	0,5kg	4577855	5274353	4.8.1999
	Christophorus - Schule	1078m	Amidorhodamin	0,5kg	4576902	5274209	4.8.1999
PROBESTELLEN							
Nr	Probenahmestelle			Höhe	Rechtswert	Hochwert	
1	Ligeret-Alm Quelle (H)			1179	4577570.409	5274943.456	
2	Quelle am Weg zur Ligeret Alm (P)			1184	4578332.374	5274422.316	
3	Endstalbach/Scharitzkehlbach (P)			1098	4578319.274	5274239.739	
4	Endstal Quelle gefasst WV Bercht. (P)			1086	4578208.49	5274362.83	
5	Brunnen Schönau/Königssee (H)			1015	4577386.304	5274487.102	
6	Scharitzkehl Quelle gefasst Wv (H)			1015	4577304.678	5274414.684	
7	Brunnhaus, Brunnen Berchtesgaden (H)			1013	4577260.43	5274468.182	
8	Quelle zur Ligeretalm und Klausbichel (H)			1007	4577182.925	5274765.785	
9	Quelle nördlich Klausbichl (P)			1007	4577162.18	5274753.366	
10	Quelle nördlich Vorderbrand, aufgelassene Fassung (P)			1014	4576834.599	5273911.652	
11	Quelle Hainzen, gefasst (P)			912	4576379.499	5274419.029	
12	Scharitzkehlbach			1015	4577305.272	5274448.339	

Abbildung 16: Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Scharitzkehl/Endstal

lingt, potentielle Schadstoffquellen, die das Grundwasser merklich beeinträchtigen können, aus dem Gebiet zu verbannen. Man hat es dort fast überwiegend mit Mischwässern aus dem Karst-Grundwasserleiter und aus dem Poren-Grundwasserleiter mit jeweils unterschiedlichen Anteilen zu tun. In der Scharitzkehl ist auch eine großflächige Grundwasserdeckschicht vorhanden. Bezüglich der Grundwasserschützbarkeit ist derzeit die Endstalquelle besser gestellt als die Gewinnungsanlagen in der Scharitzkehl, weil im EZG nur die Aktivitäten von Bergesteigergruppen zu einer zeitweise erkennbaren Überbelastung des Grundwassers führen könnten. Wenn die Pflugtalhöhle nicht wesentlich stärker frequentiert wird, dürfte von dieser keine merkliche Beeinträchtigung ausgehen. Die chemische Analyse einer Wasserprobe aus der Pflugtalhöhle vom 11.8.1999 weist einen Nitratgehalt von 0.024 mg/l auf, Nitrit bleibt unter der Nachweisgrenze. Um die alpinistischen Aktivitäten an der Göllwestwand nicht einschränken zu müssen, wird vom GLA empfohlen, dort eine mobile Toilettenanlage aufzustellen, die auf den kritischen Zeitraum beschränkt bleiben kann. Auch die Quelle P2, die etwa in der Falllinie über der Endstalquelle liegt und deren Wasser unterhalb des Weges versickert, sollte seitlich abgeleitet werden, damit die Oberflächeneinflüsse auf die Endstalquelle deutlich verringert werden können. Die Kläranlagen der Scharitzkehl-Alm und der Christophorus-Schule sind undicht und geben permanent Schadstoffe an das Grundwasser ab, wobei sich deren Ausbreitungsvorgänge im Wesentlichen mit der Tracerverdriftung vergleichen lassen. Selbst wenn eine Anlage, wie die der Christophorus-Schule stillgelegt wird, übt das mit Abwässern belastete Sediment des Standortes noch jahrelang anthropogene Einwirkungen auf das Grundwasser aus. Sollte zu gegebener Zeit auch das Grundwasser in der Scharitzkehl (5,6,7) zu Trinkwasserzwecken benötigt werden, müsste dort die Beweidung der Scharitzkehl-Almwiesen entfallen und geraume Zeit vorher sollte auch das Abwasser der Scharitzkehl-Alm aus dem Gebiet abgeleitet werden [GLA99].

	Uranin				Eosin				Amidorhodamin			
	Anfang	1.Max.	2.Max.	Ende	Anfang	1.Max.	2.Max.	Ende	Anfang	1.Max.	2.Max.	Ende
H 1	6,5 St. 9,00E-09	10 St. 1,20E-06	08.08. 1,60E-07	13.08. 1,40E-09								
P 2	5,5 St. 4,70E-08	30,5 St. 1,10E-06	10.08. 2,10E-07	10.08. 2,10E-07								
P 3	8 St. 8,00E-08	19 St. 9,50E-06	08.08. 2,70E-05	11.11. 3,40E-08								
P 4	12 St. 1,20E-08	34,5 St. 1,50E-04	07.08. 4,90E-05	11.11. 4,00E-09								
H 5	22.08. 4,00E-09	03.09. 5,00E-07	19.09. 1,40E-07	17.07.00 1,10E-08	1909. 2,50E-08	01.11. 1,50E-07	21.01.00 1,40E-07	17.07.00 3,00E-08				
H 6	13 St. 1,80E-08	53,5 St. 3,40E-06	12.08. 5,00E-06	07.01.00 7,50E-09	16.10. 5,00E-09	03.12. 1,40E-08	31.01.00 2,80E-08	10.03.00 9,00E-09				
H 7	13,5 St. 1,40E-08	23 St. 8,50E-05	09.08. 5,10E-05	03.01.00 1,60E-08					09.08. 3,00E-9	12.08. 4,60E-07	15.08. 1,80E-07	06.09. 2,40E-09
H 8	26 St. 4,00E-08	57,5 St. 1,10E-07	08.10. 4,40E-09	22.10. 4,00E-09								
H 9	26 St. 7,00E-09	09.08. 9,50E-08										
P10	7,5 St. 7,70E-08	8 St. 1,10E-07	06.08. 1,40E-07	13.03.00 3,20E-08					6 St. 8,50E-09	17 St. 8,00E-08	21 St. 2,20E-08	18.09. 2,4E-09
P11					50 St. 5,00E-09	16.08. 9,00E-07	31.08. 7,50E-07	05.04.00 3,50E-07	27 St. 5,00E-09	16.08. 2,20E-05	21.08. 1,10E-05	05.04. 4,00E-08
Bach	10 St. 5,90E-09	24.08. 8,00E-06	13.09. 3,80E-07	10.07.00 1,80E-08	02.10. 1,00E-09	28.12. 9,00E-08	17.01.00 1,00E-07	06.04.00 9,00E-09				

Abbildung 17: Tracerdurchgänge Scharitzkehl/Endstal

	Uranin			Eosin			Amidorhodamin		
	Driftstrecke m	Gefälle ‰	Abstandsge- Schwindigkeit m/h	Driftstrecke m	Gefälle ‰	Abstandsge- Schwindigkeit m/h	Driftstrecke m	Gefälle ‰	Abstandsge- Schwindigkeit m/h
H 1	1700	153	283						
H 2	1000	260	182						
P 3	1000	350	125						
P 4	1100	333	92						
H 5	2000	216	4,6	370	22	1,3			
H 6	2000	216	154	390	21	0,3			
H 7	2000	216	148				700	96	5,4
H 8	2100	183	77						
H 9	2200	192	85						
P 10	2300	191	307				380	413	63
P 11				1350	64	26	450	349	17

Abbildung 18: Tracerdurchgänge Scharitzkehl/Endstal

Tabelle 11: Kenndaten des Projektes Scharitzkehl/Endstal 1999

Jahr	Gebiet
Ort	Scharitzkehl/Endstal
Durchführung	Hans Krafft, Rolf Apel
Beteiligte Institute	Nationalparkverwaltung BGD, Bayerisches Geologisches Landesamt
Anzahl beteiligte Personen	Farbeingabe: 4 Personen; Beprobungspersonal: 16 Personen

#### 2.5.4 Kenndaten des Projektes

Weiterführende Berichte:

- Maloszweski, P., Büttner, G., Apel, R., Krafft, H., Scholz, M., Wagner, B. (kein Datum). Quantitative evaluation of tracer experiments in Alpine Karst and Porous Aquifers in the National Park of Berchtesgaden.

- Apel, R., Büttner, G., Delannoy, J., Krafft, H., Plassmann, G. (kein Datum). Groundwater Flow in Alpine Karst Aquifers and in Porous Media - Tracer Experiments in the National Park Berchtesgaden.
- GLA: Bericht über die Grundwasseruntersuchungen im Nationalpark Berchtesgaden; Bericht Geologisches Landesamt.



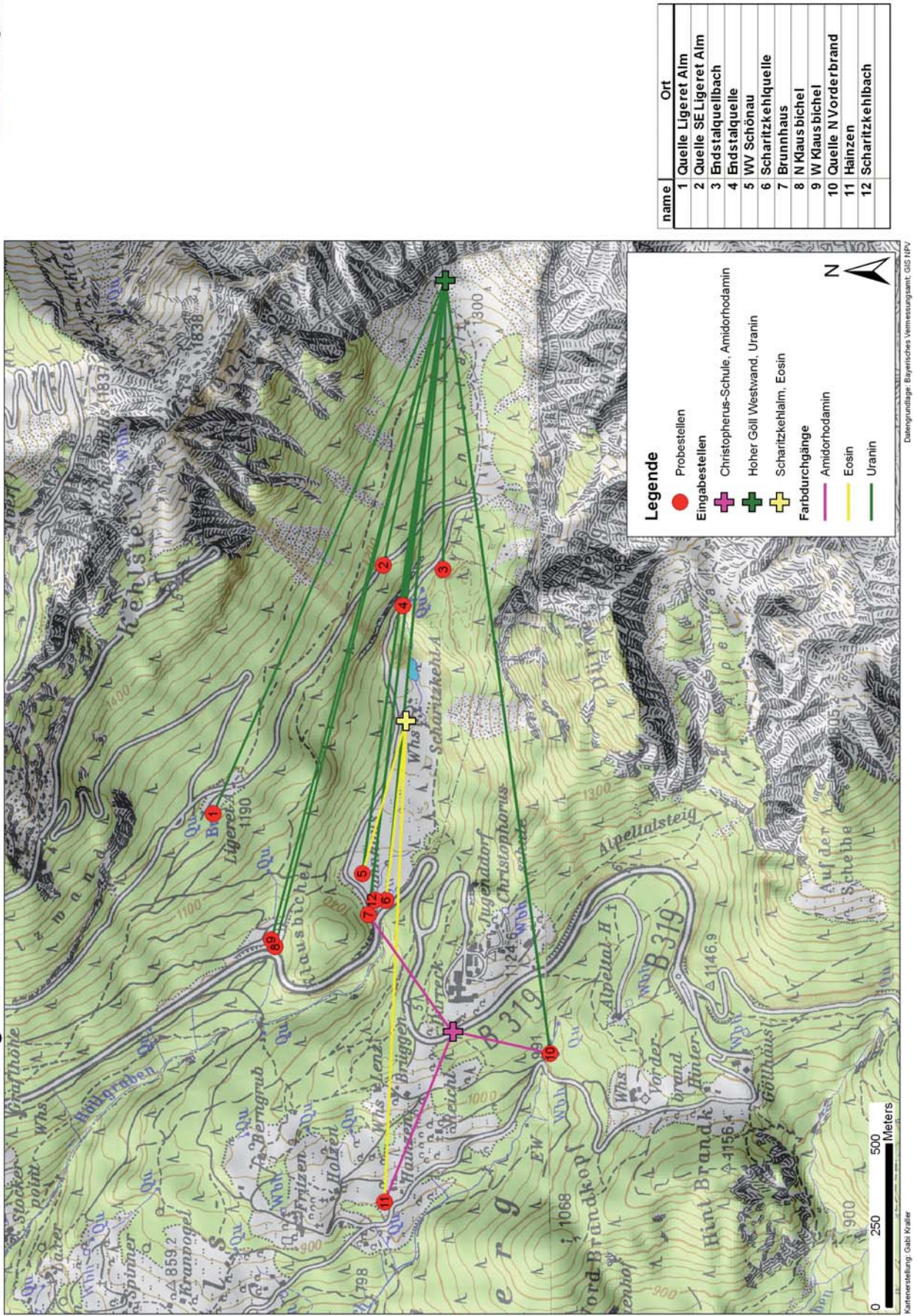


Abbildung 19: Ergebniskarte Tracerversuch Scharitzkehl/Endstal



## 2.6 Hochkalter/Blaueis 2001

### 2.6.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet

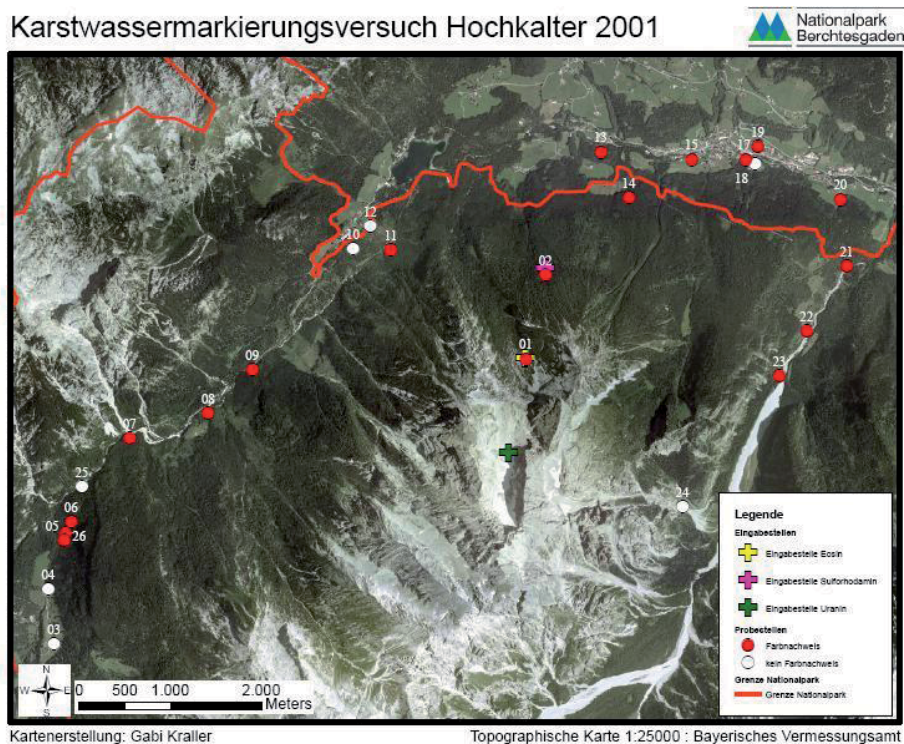


Abbildung 20: Lage des Untersuchungsgebietes am Hochkalter

Die Untersuchung der hydrogeologischen Begebenheiten in dem Gebirgsstock wurde aus verschiedenen Gründen durchgeführt. Zum einen war die unterirdische Hydrologie des Gebietes gänzlich unbekannt, in der Schüttung stark schwankende Quellen am Fuße des Berges jedoch bekannt. Hierzu zählen die Quelle Klauswandhöhle, Quelle Schwarzbach, die Gletscherquellen oder auch der gefasste Schwarzfluss, der jetzt die Hauptwasserversorgung der Gemeinde Berchtesgaden darstellt. [Fis05] vermutete aufgrund der geologischen Schichtung des Gebirges eine unterirdische Entwässerung Richtung Nordwest. Die ungewisse Hydrologie sollte abgeklärt werden. Im Zuge der Untersuchung sollte zudem untersucht werden, wie die Ausbreitung der Abwässer der Schärtenalm und der Blaueishütte in dem Gebiet erfolgen. Der dritte Grund für den Versuch war die Untersuchung der Ausbreitung des Schmelzwassers von dem Blaueisgletscher und die Überprüfung der vermuteten unterirdischen Verbindung zwischen diesem zu den Gletscherquellen, einem bekannten Quellhorizont am nördlichen Fuße des Hochkaltes.

### 2.6.2 Eingabe und Probestellen

Die drei Tracer Uranin, Eosin und Sulforhodamin B wurden an drei Punkten am oberen Hochkalterbereich eingegeben. Am Fuß des Gebirgsstockes wurden 26 Probestellen ausgewählt um die Tracer nachzuweisen (Abbildung 21).

### 2.6.3 Ergebnisse

Durch die Datenauswertung und die darauf aufbauende Modellierung des Markierungsversuchs am Hochkaltermassiv von 2001 konnten umfassende Informationen über das geohydrologische

EINGABESTELLEN							
Nr	Eingabestelle		Tracer		Rechtswert	Hochwert	Farbeingabe
	Blaueisgletscher	1920	Uranin	1 kg	4565320	5271372	01.08.2001 12 Uhr
	Blaueis – Hütte	1643	Eosin	1kg	4565496	5272416	01.08.2001 12 Uhr
	Schärtenalm	1360	Sulforhodamin B	0,75 kg	4565727	5273408	01.08.2001 12 Uhr
PROBESTELLEN							
Nr	Probenahmestelle			Höhe	Rechtswert	Hochwert	
01	Blaueis - Hütte			1651	4565508	5272402	
02	Schärtenalm			1406	4565723	5273322	
03	Bindalm			1126	4559682	5270209	
04	Hirschbichlklausgraben			1062	4560263	5269875	
05	Klauswand Quelle Nr1			1022	4560460	5270414	
06	Klauswand Quelle Nr2			992	4560484	5270634	
07	Eiswand			929	4561156	5271531	
08	Ragertalm			846	4562020	5271811	
09	Schwarzbrunn			829	4562504	5272281	
10	Hintersee Brunnen 1 und 2			799	4563609	5273607	
11	Quelle Auzinger			812	4564041	5273603	
12	Antenbichl			800	4563799	5273861	
13	Gletscherquellen			700	4566331	5274668	
14	Ragerthofquelle			841	4566650	5274168	
15	Irlinger			673	4567329	5274588	
17	Ramsau Schule			660	4567924	5274588	
18	DietrichQuelle/Tropfsteinhöhle			666	4568025	5274543	
19	Sägewerk			653	4568057	5274732	
20	Reschquelle			678	4568962	5274149	
21	Wimbachtal Infoträger			704	4569031	5273420	
22	Wimbachtal Quelle am Stein			734	4568593	5272705	
23	Wasserversorgung Berchtesg.			766	4568291	5272214	
24	Wimbachschloss			1032	4567227	5270777	
25	Engertquelle			949	4560657	5271011	
26	Klausbachengertdiensthütte			1000	4560450	5270520	

Abbildung 21: Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Hochkalter

System in diesem Gebiet gesammelt werden [Kra08]. Die Datenauswertung hat ergeben, dass insgesamt an 15 Quellen volle Farbdurchgänge und an 14 Quellen einzelne Farbnachweise aufgetreten sind. Hauptausbreitungsrichtung ist dabei der Norden und Südwesten. Die Vermutung von [Fis05], dass in dem Gebiet eine vorherrschende Entwässerung nach Nordwest stattfindet, lässt sich aufgrund der Ergebnisse nicht bestätigen.

Die Modellierung zeigt, dass von den 15 vollen Farbdurchgängen auf 33 Fließwegen von den Eingabestellen zu den Quellen lediglich sechs Verbindungen auf nur einem Fließweg basieren. Bei allen anderen Verbindungen sind zwei bis maximal fünf Fließwege des Wassers vorhanden. Dies indiziert eine ausgeprägte unterirdische Verkarstung. Von der Eingabestelle Blaueisgletscher (Uranin) konnten dabei die meisten unterirdischen Fließwege zu den Quellen festgestellt werden. Die Eingabestelle Blaueishütte (Eosin) ist mit weniger Quellen hydrologisch verbunden. Von der Schärtenalm (Eingabestelle Sulforhodamin B) konnten nur wenige hydrologisch wegsame Verbindungen zu den Quellen festgestellt werden. Es konnte außerdem dargestellt werden, dass vom Blaueisgletscher als wichtiges Trinkwasserreservoir Verbindungen zu verschiedenen Quellen vorhanden sind. Dies ist bei der Wasserversorgung der Blaueis-Hütte, der Schärtenalm, der Gastwirtschaft Auzinger und vielleicht bei der Wasserversorgung Berchtesgadens der Fall. Ein Abschmelzen des Gletschers könnte Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung dieser

Nr.	Probestelle	Tracer	Distanz [m]	Q gesamt [m3/d]	Fließweg	v [m/h]	Dispersivität [m]	$\Sigma V$ pro Quelle [m3]*	Recovery [%]
1	Blaueis-Hütte	Uranin	523	1300	5	40 - 331	13 - 31,5	99905	16,98 - 44,7
2	Schärtenalm	Eosin	942	12,2	1	662	57	17	0,0006
		Uranin	2020	122	2	870	50	28	0,0005
5	Klauswandl 1	Eosin	5433	203,8	1	1,9	16,5	24456	0,0003
6	Klauswandl 2	Sulforh.	4837	4147	3	42 - 445	3,4 - 390	84828	1,34 - 3,86
7	Eiswand	Uranin	4150	1296	2	17,5 - 33,3	55 - 70	10208	0,012 - 0,017
8	Ragertalm	Eosin	3324	666,9	1	1,1	19,5	80028	0,001
9	Schwarzbrunn	Eosin	2951	18975,6	1	0,7	9,6	3187900	0,044
11	Auzinger	Uranin	3078	33	2	1 - 1,3	1,1 - 2,3	6440	0,000017 - 0,000072
13	Gletscherquellen	Eosin	2340	2160	2	1,76 - 46	4 - 10	17700	0,3 - 0,7
		Uranin	3790	2160	4	11 - 38,5	17 - 78	93550	0,13 - 0,32
		Sulfrh.	1440	2160	4	3,33 - 12,5	2 - 17	19050	0,12 - 0,38
21	Wimbachtal Infotr.	Uranin	4275	289,2	2	1,5 - 1,8	2,4 - 4,5	33429	0,000038 - 0,00014
23	Wimbach - Fassung	Sulfrh.	2804	112320	2	130 - 289	20 - 25	178764	4,94 - 5,54
26	Engertdiensthütte	Eosin.	5879	2077,8	1	1,6	64,6	268036	0,02

Abbildung 22: Tracerdurchgänge Hochkalter

Nr.	Probestellen name	Datum 2001	Uhrzeit	c Eosin [g/l]	c Uranin [g/l]	c Sulforh. B [g/l]	Zeit seit Eingabe [h]	x [m]	v [m/h]
6	Klauswandl 1	05.09.	17:00	1,40E-08	---	---	855	5433	6
14	Ragerthofquelle	26.11.	11:00	---	5,90E-08	---	2870	3114	1
		03.12.	13:00	2,10E-08	---	---	3041	2112	0,7
15	Irlinger	01.08.	15:00	---	---	1,60E-08	3	2034	678
		06.08.		---	3,4E-07	---	156	3819	24
		24.08.	01:00	2,20E-08	---	---	541	2845	5
17	Ramsau Schule	09.08.	19:30	---	7,40E-08	---	131,5	4139	31
19	Sägewerk	08.08.	03:45	---	6,90E-09	---	158,8	4342	27
20	Reschquelle	02.10.	05:00	---	4,90E-08	---	1482	4625	3
		30.10.	17:00	---	---	4,40E-08	2228	3340	1
22	Quelle am Stein	05.09.	14:30	---	3,90E-08	---	558,5	3547	6
23	Wasserversorg. Berchtesgaden	01.08.	21:00	---	1,29E-07	---	9	3118	346
		24.08.	17:00	4,75E-09	---	---	557	2777	5

Abbildung 23: Tracerdurchgänge Hochkalter

Unterkunftshäuser und Gaststätten haben. Diese Zusammenhänge könnten jedoch nur durch gezielte Tracerversuche abgesichert werden. Weiter konnte gezeigt werden, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Modellierung und der Hangneigung in dem Gebiet gibt. Dies bestätigt, dass die unterirdische Verkarstung die Hauptursache für das Abflussverhalten des Wassers im Berg zu sein scheint. Eine Korrelation zwischen den Zeitpunkten der ersten Farbnachweise und dem Niederschlag 2001 ist nur ansatzweise nachzuvollziehen. Ein Tracernachweis ist in den Proben nicht immer nach größeren Niederschlagsereignissen gegeben. Vor allem bei einzelnen Farbnachweisen ist die Korrelation nur ansatzweise gegeben. Dies wiederum lässt auf ein ausgeprägtes unterirdisches, durch Verkarstung entstandenes Höhlen-, Kluft- und Rinnensystem mit unterirdischen Wasserspeichern schließen, welche ein scheinbar

unsystematisches Abflussverhalten zur Folge aufzeigen.

#### 2.6.4 Kenndaten des Projektes

**Tabelle 12:** *Kenndaten des Projektes Hochkalter 2001*

Jahr	Gebiet
Ort	Hochkalter
Durchführung	Hans Krafft, Rolf Apel
Beteiligte Institute	Nationalparkverwaltung BGD, Bayerisches Geologisches Landesamt
Anzahl beteiligte Personen	Farbeingabe: 3 Personen; Beprobungspersonal: 19 Personen

Weiterführende Berichte:

- Kraller, G. (2008). Auswertung und Modellierung des Tracerversuchs am Hochkaltermassiv von 2001 im Nationalpark Berchtesgaden zur Bestimmung von hydraulischen Parametern des Grundwassersystems. Masterarbeit am Institut der Limnologie der Technischen Universität München: München.
- Maloszweski, P., Büttner, G., Apel, R., Krafft, H., Scholz, M., Wagner, B. (kein Datum). Quantitative evaluation of tracer experiments in Alpine Karst and Porous Aquifers in the National Park of Berchtesgaden.





Karstwassermarkierungsversuch Hochkalter 2001

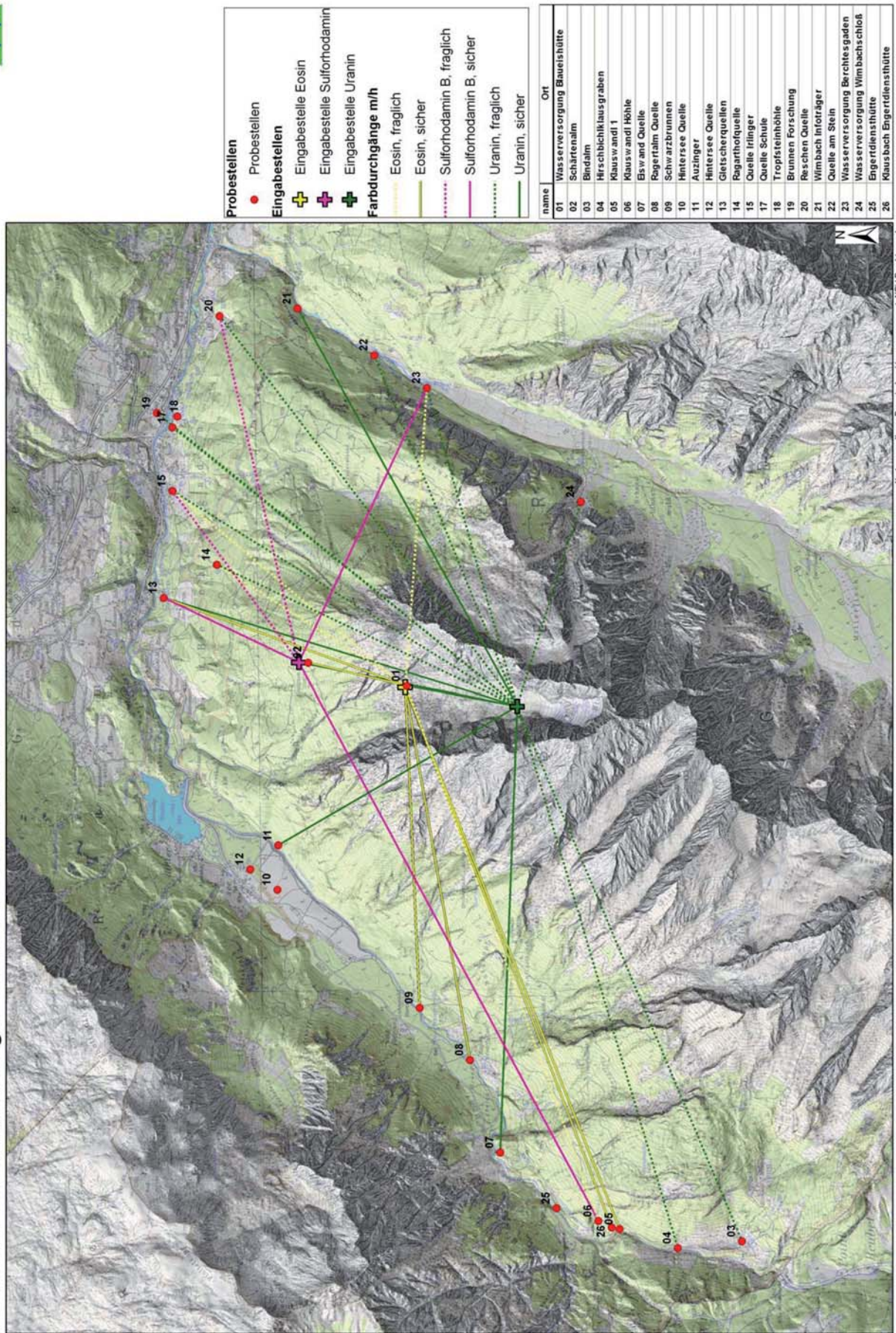


Abbildung 24: Ergebniskarte Tracerversuch Hochkalter



## 2.7 Watzmann 2002

### 2.7.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet

Nach der aufschlussreichen Untersuchung des Hochkaltermassivs von 2001 wurde im Folgejahr das benachbarte Watzmannmassiv hydrogeologisch untersucht. Dieser Tracerversuch wurde im Rahmen der geologischen und hydrogeologischen Landesaufnahme des Geologischen Landesamtes in Bayern durchgeführt. Neben anderen Grundwasseruntersuchungen zur Bestimmung der Grundwasserführung der Gesteine, der Grundwasserneubildung, chemischen Beschaffenheit werden Markierungsversuche angewandt, um auf Fließrichtungen und Fließgeschwindigkeiten zu schließen, um Einzugsgebiete abzugrenzen und mögliche anthropogene Einflüsse darstellen zu können. Das Watzmann-Massiv ist die höchste Erhebung der Berchtesgadener Alpen und ist ein auch darüber hinaus sehr bekanntes Bergmassiv. Nordöstlich befinden sich zahlreiche Almen und zwei Unterkunftshäuser. Die zentrale Lage des Massivs erlaubt vielfältige Tourenmöglichkeiten. Dadurch und auch durch die berühmte Watzmann-Überschreitung oder die Besteigung der Watzmann-Ostwand ist das Gebiet touristisch in den Sommer und Wintermonaten hoch frequentiert. Die Unterkunftshäuser Watzmannhaus und Kührointhütte bieten 200 Menschen bzw. ca 30 Menschen pro Nacht Platz. In dem Gebiet befinden sich zahlreiche Trinkwassergewinnungsanlagen. Dieser Versuch sollte nicht nur zur Erfassung der geohydrologischen Situation in dem Gebiet dienen, sondern auch der Erfassung möglicher anthropogener Einflüsse der großen Unterkunftshäuser auf tiefer gelegene Trinkwasserversorgungsanlagen.



Abbildung 25: Lage des Untersuchungsgebietes am Watzmann

### 2.7.2 Eingabe und Probestellen

Der Watzmann-Markierungsversuch wurde mit drei Tracern durchgeführt, die in höheren Lagen des nördlichen Watzmannes eingespeist wurden. Die Probenahme wurde an 37 Probestellen rund um den Gebirgsstock durchgeführt (Abbildung 26).

EINGABESTELLEN							
Nr	Eingabestelle		Tracer		Rechtswert	Hochwert	Farbeingabe
	Watzmannhaus	1908	Uranin	1kg	4570371	5270720	31.07.2002
	Watzmannkar	2003	Amidorhodamin	1kg	4570199	5269073	31.07.2002
	Kühroint, Abwasser	1403	Eosin	1kg	4572478	5270886	31.07.2002
PROBESTELLEN							
Nr	Probenahmestelle			Höhe	Rechtswert	Hochwert	
23	WV Berchtesgaden					4568285	5272214
40	Eiskapelle					4570965	5267568
41	Watzmannkinder Quelle					4570941	5267612
42	Eisgraben					4572365	5267768
43	St. Peter und Paul Quelle WV					4572368	5267772
44	St. Bartholomä Brunnen					4573278	5267835
46	Mooslahnerkopf Quelle WV					4571730	5270424
47	Kühroint Alm Quelle 1					4573272	5271392
48	Kühroint Alm Quelle 2					4573102	5271270
49	Herrenroint Quelle					4573207	5271485
50	Ochsenhütten-Alm Quelle					4573517	5271873
51	Königsee, Auslauf					4571275	5272853
52	Klingerbach Bach					4572965	5272630
53	Klingeralm-Quelle					4572946	5272679
54	Rodelbahn Quelle WV					4573595	5272973
55	Waldhäuser Quelle WV					4572406	5274700
56	Standlerquelle Quelle WV					4572319	5274541
57	Storchenquelle Quelle WV					4572317	5274543
58	Hasenbrunnen Quelle					4571777	5274132
59	Grünstein Quelle					4571761	5274120
60	Hammerstiel Quelle 1					4571124	5274241
62	Oberstanzen Quelle WV					4570501	5274253
63	Schappbach, Holzstube Quelle					4571386	5272747
64	Schappbach-Alm, Quelle WV					4571798	5272085
65	Bartler Quelle					4569427	5273450
66	Koppenwand Quelle 1					4569772	5273343
68	Wimbachklamm Quelle 1					4569256	5273424
69	Wimbachklamm Quelle 2					4569307	5273421
70	Stubenalm, Quelle					4570402	5272703
71	Grubenalm, Quelle					4570160	5271834
72	Lahneralm, Quelle					4571095	5272084
73	Mitterkaseralm, Quelle					4571019	5271480
74	Wimbachquelle (Fritzquelle)					4568343	5272076
75	Waschbichquelle, Quelle					4567767	5270257
76	Hochgraben Quelle					4567508	5269251
77	Wimbachgrieshütte Quelle WV					4573278	5267835
78	Königsee, Grundquelle						

Abbildung 26: Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Watzmann

### 2.7.3 Ergebnisse

Es waren lediglich 5 sichere Farbdurchgänge vorhanden. Die Ausbreitung geschieht dabei hauptsächlich in nördliche Richtung, wobei ein Uranindurchgang nach Westen die Ausnahme bildet. Die Ausbreitung des Amidorhodamins vom Watzmannkar Richtung Ochsenhüttenalm-Quelle und Mooslahnerkopf-Quelle erfolgte mit 14 – 18 m/h. Das Uranin erreichte vom Watzmannhaus mit hoher Geschwindigkeit von 247 m/h die Schappbachalm. Die Ausbreitung zum Wimbachschloß erfolgte langsamer mit etwa 21 m/h. Daneben sind zahlreiche unsichere Farbdurchgänge vorhanden. Starke Regenfälle führten eventuell während der Versuchsdurchführung zu starker Tracerverdünnung mit sporadischen Nachweisen. Die sichere karsthydrographische Wegsamkeit kann hier nicht bestätigt werden.

Nr	Probestelle	Tracer	Entfernung [m]	v [m/h]
42	Eisgaben	Uranin (U)	3583	3,64
43	St. Peter und Paul	Uranin (U)	3583	37,92
46	Mooslahnerkopf	Uranin (U), Amidorhodamin (U)	1393	30,28; 14,86
49	Herrenrout Quelle	Uranin (U)	2963	1,65
50	Ochsenhüttenalm-Quelle	Uranin (U), Amidorhodamin (S)	3353; 4337	33,25; 18,46
56	Standlerquelle	Uranin (U), Amidorhodamin (U)	4337;	25,39; 25,09
58	Hasenbrunnen	Amidorhodamin (U)	5283	16,41
60	Hammerstielquelle	Amidorhodamin (U)	5239	11,93
63	Schabach-Holzstube	Amidorhodamin (U), Eosin (U)	3892; 2157	121,63; 18,28
64	Schabachalm	Uranin (S)	1983	247,88
65	Bartlerquelle	Uranin (U), Eosin (U), Amidorhodamin (U)	2885; 4428; 4428	80,14; 8,61; 9,55
68	Wimbachklamm Quelle I	Uranin (U)	2908	2,82
71	Grubenalm	Uranin (U)	1122	1,69
73	Mitterkaseralm	Amidorhodamin (U)	981; 2531	3,10
74	Wimbachquelle	Uranin (U)	2462	7,20
76	Wimbachschloß/Hochgraben	Uranin (S)	3321	21,05
77	Wimbachgrieshütte	Uranin (U), Amidorhodamin (U)	4582; 3144	5,11; 4,37
78	Königsee	Uranin (U), Amidorhodamin (S)	4091; 5070	146,11; 17,63

Abbildung 27: Tracerdurchgänge Watzmann. Grün hinterlegt sich die sicheren Farbdurchgänge.

#### 2.7.4 Kenndaten des Projektes

Tabelle 13: Kenndaten des Projektes Watzmann 2002

Jahr	Gebiet
Ort	Watzmann
Durchführung	Hans Kraft
Beteiligte Institute	Nationalparkverwaltung BGD, Bayerisches Geologisches Landesamt
Anzahl beteiligte Personen	Farbeingabe: 7 Personen; Beprobungspersonal: 21 Personen



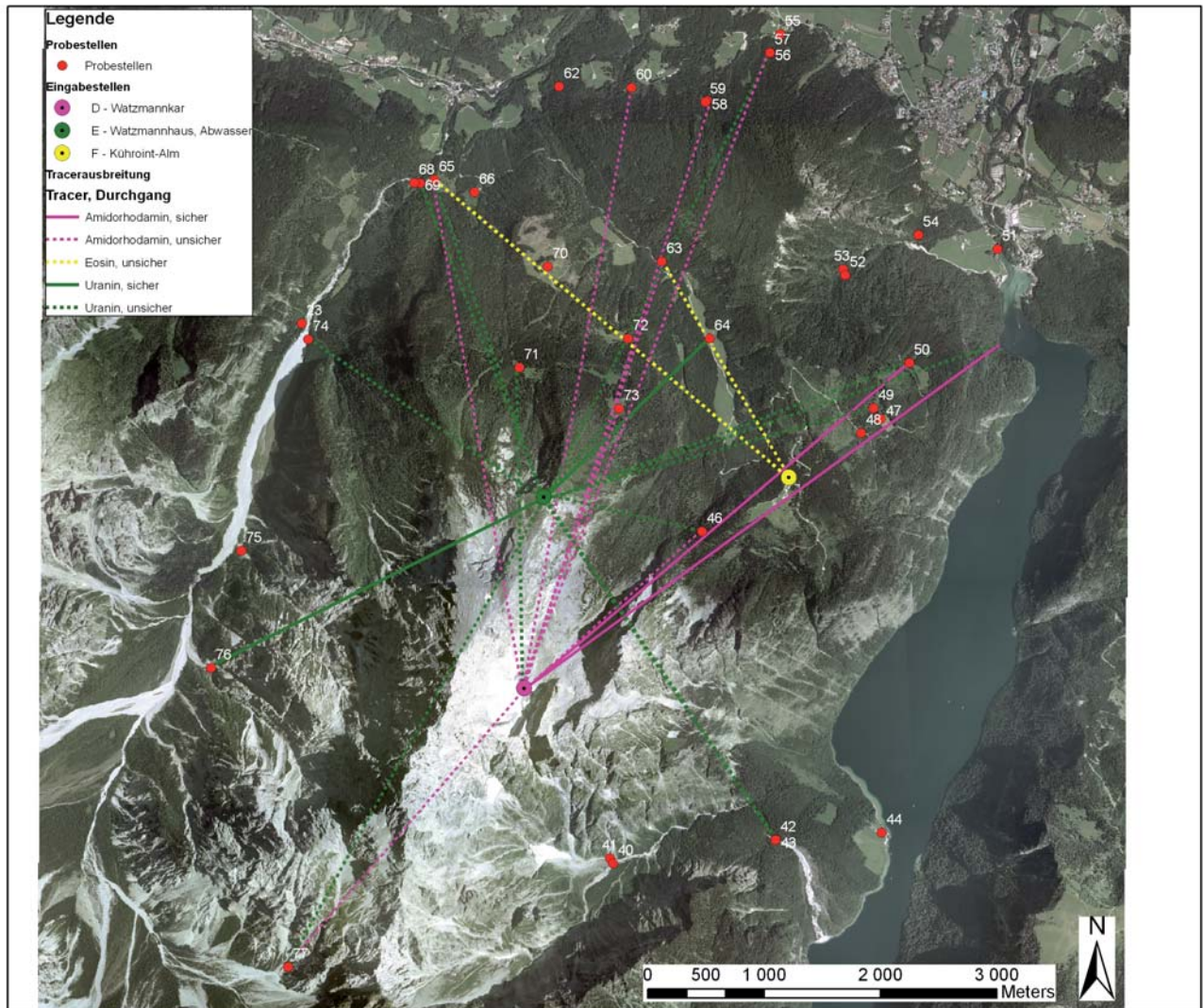


Abbildung 28: Ergebniskarte Tracerversuch Watzmann

## 2.8 Reiteralms 2004

### 2.8.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet

Grundwasser-Markierungsversuch im Gebiet der Reiteralms 2004

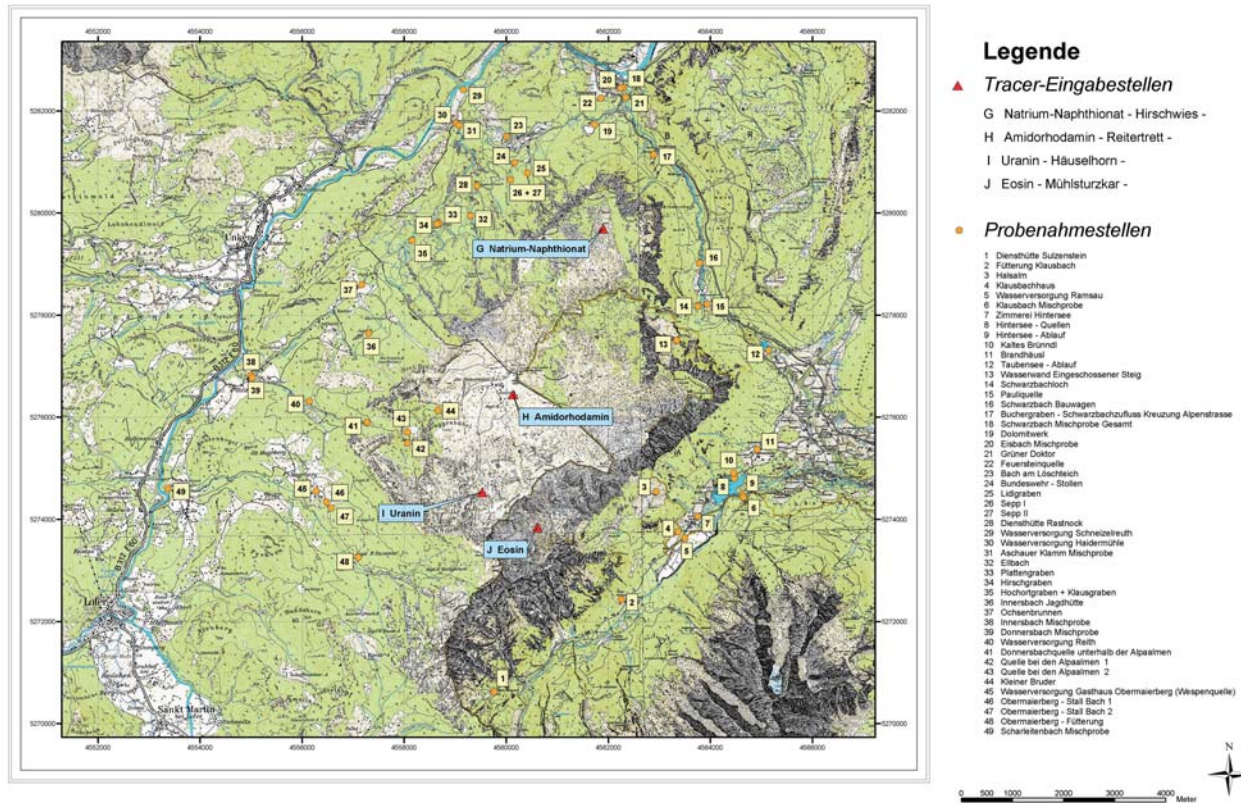


Abbildung 29: Lage des Untersuchungsgebietes Reiteralms 2004

Die Erfassung der karsthydrologischen Situation ist jedoch in diesem Fall aus zwei Gründen wichtig. Zum einen ist die Reiteralms als Teilgebiet des Nationalparks Berchtesgaden im Zuge der Forschung ebenfalls karsthydrologisch zu untersuchen. Zum anderen befinden sich im Umfeld der Reiteralms viele privat und kommunal genutzte Quellen, welche zwar auf gesundheitliche Unbedenklichkeit untersucht werden, aber deren Wasserherkunft nicht bekannt ist. Dies in Erfahrung zu bringen ist jedoch erforderlich, denn die vielfältigen Nutzungsarten in dem Gebiet können zur Beeinträchtigung der Wasserqualität führen. Durch die Erfassung der karsthydrologischen Situation können potentielle Verschmutzungswege erfasst werden und Maßnahmen zu deren Unterbindung geplant werden. Auf österreichischer Seite wird das Gebiet hauptsächlich almwirtschaftlich genutzt. Im Bereich des Reitertritts befinden sich 15 Almkäser. Zusammen mit einem deutschen Doppelkaser sind etwa 90 Jungrinder auf der Hochfläche. Auf deutscher Seite ist die Reiteralms zum einen Nationalparkgebiet, und demnach bis auf Forschung, Tourismus und Umweltbeobachtung nutzungsfrei. Zum anderen wird das Gebiet im Norden als Bundeswehrübungs Gelände genutzt. Es finden Hubschrauber- und Schießübungen, Sprengstoffübungen und weitere Manöver der Bundeswehr statt. Neben den zum Bundeswehrgebiet gehörenden Unterkunftshäusern (mit eigener Abwasseranlage) befinden sich mit der „alten“ und „neuen Traunsteiner Hütte“ noch zwei alpine Unterkunftshäuser auf der Hochfläche. Die alte Traunsteiner Hütte wird lediglich als Übernachtungsmöglichkeit für Forschergruppen



genutzt, die neue Traunsteiner Hütte wird touristisch genutzt. Sowohl die landwirtschaftliche Nutzung, als auch die Unterkunftshäuser und die Übungen der Bundeswehr können durch Eintrag ins einsickernde(infiltrierende) Niederschlagswasser zur Verschmutzung des Quellwassers der Reiteralme führen. Um die Hydrologie des Gebietes zu erfassen, wurden bereits 1996 Voruntersuchungen durchgeführt. Durch späte Geländebegehungen im Jahr und die Unterschätzung des Arbeitsaufwandes für die umfassende Untersuchung wurde das Projekt auf einen späteren Zeitpunkt verlegt. 2004 war es dann möglich, im Rahmen eines Interreg III – Projektes die umfassenden Forschungsvorhaben durchzuführen. Im Jahr 2005 musste wegen unvorhersehbarer Komplikationen ein Folgeversuch durchgeführt werden, welcher letztendlich zum Abschluss des Projektes führen konnte. Finanzierung: Interreg IIIA

### **2.8.2 Eingabe und Probestellen**

Im Reiteralmsversuch von 2004 wurden vier Tracer am Hochplateau eingespeist. Diese und die Probenahmestellen sind in Abbildung 30 aufgelistet.

### **2.8.3 Ergebnisse**

Das Hauptabflussregime ist Richtung Schwarzbachloch gerichtet. Uranin, Eosin und Amidorhodamin wurden am 15.8.dort nachgewiesen, also nach 12 Tagen. Auch an der Probestelle Bauwagen (16) wurde Eosin nachgewiesen. Die Farbdurchgänge weisen Geschwindigkeiten von 14.23 m/h (Sulforhodamin) bis zu 125 m/h (Eosin, Schwarzbach Bauwagen) auf. Eosin zum Schwarzbachloch zeigt lediglich eine Geschwindigkeit von 17 m/h. Der Uranindurchgang weist eine Geschwindigkeit von 74 m/h hin. Die Probestellen 18 und 50 wiesen ebenso Uranin, Eosin und Amidorhodamin-Spuren auf. Unsichere Farbdurchgänge konnten zu den Probestellen 45, 46 und 37 A nachgewiesen werden.

### **Interpretation der Ergebnisse**

Lang andauernde Tracerdurchgänge mittlerer bis hoher Konzentration wurden nur am Schwarzbachloch, ein Tracerdurchgang mittlerer bis geringer Konzentration an der Quelle Bauwagen beobachtet. Demgegenüber traten im NW und SW des Untersuchungsgebiets nur vereinzelte, teils auch unsichere Nachweise, im Klausbachtal lediglich ein geringer Nachweis auf. Dies belegt, dass die Entwässerung der gesamten Reiteralme im Wesentlichen nach NE, insbesondere zum Schwarzbach, gerichtet ist. Die im Gegensatz zu den Uranin- und Eosin-Nachweisen nur mittlere Rückgewinnungsmenge und längere Verweilzeit des Amidorhodamins sind auf die nur hier zu Tage tretenden, teils mergeligen Kreidesedimente zurückzuführen. Der Tracer wurde wahrscheinlich z.T. an schluffigen Verwitterungsprodukten sorbiert. Die Tracerschübe im Schwarzbachloch lassen sich gut mit einzelnen Niederschlagsereignissen korrelieren. Dies bedeutet, dass v.a. jüngere Wasseranteile durch die Markierung erfasst wurden, während der Basisabfluss aus älterem Wasser gespeist wird. Wie die Reihenfolge von Niederschlag, Quellschüttung und Tracernachweisen am Schwarzbachloch zeigt, wird nach einem stärkeren Niederschlagsereignis zunächst das im Karstsystem insbesondere in den Höhlenseen zwischengespeicherte Wasser aktiviert bzw. „ausgepresst“, bevor das neu gebildete Wasser über den reifen Karst auf Abflussbahnen nachströmt. Die relativ lang andauernden Durchgänge von Eosin und Uranin weisen gleichzeitig auf eine gewisse Retention hin. Ursache könnten z.B. durch Siphons getrennte Höhlenseen in der Schwarzbachquellhöhle und/oder unterschiedliche Fließwege mit Bereichen verringerter Wegsamkeiten sein.

**Tabelle 14:** *Kenndaten des Projektes Reiteralms 2004*

Jahr	Gebiet
Ort	Reiteralms
Durchführung	Hans Krafft, Georg Büttner, Martin Scholz
Beteiligte Institute	Nationalparkverwaltung BGD, Bayerisches Geologisches Landesamt
Anzahl beteiligte Personen	48 Personen

#### 2.8.4 Kenndaten des Projektes

Weiterführende Berichte:

- Kosak, I., Krafft, H. (2006). Bericht über die Markierungsversuche auf der Reiteralms 2004 und 2005. Berchtesgaden: Nationalparkverwaltung Berchtesgaden.
- GLA: Bericht über einen Karstwasser-Markierungsversuch im Gebirgsmassiv Reiteralms – Geologisches Landesamt

EINGABESTELLEN							
Nr	Eingabestelle		Tracer		Rechtswert	Hochwert	Farbeingabe
	Hirschwiese	1572	Natrium – Natphthionat	20	4561894.305	5279698.468	2.8.2004 12 Uhr
	Reitertrett	1532	Amidorhodamin	2	4560133.935	5276448.503	2.8.2004 12 Uhr
	Mühlsturzkar	1783	Eosin	4	4560608.517	5273846.497	2.8.2004 12 Uhr
	Häuslhorn	1442	Uranin	2	4559530.097	5274531.438	2.8.2004 12 Uhr
PROBESTELLEN							
Nr	Probenahmestelle			Höhe	Rechtswert	Hochwert	
1	Diensthütte Sulzenstein			1273	4559659.431	5270569.104	
3	Halsalm			1199	4562934.992	5274541.179	
4	Klausbachhaus			799	4563326.531	5273720.934	
5	WV Ramsau (Brunnen I)			799	4563608.84	5273608.967	
5A	WV Ramsau (Brunnen II)			799	4563608.84	5273608.967	
6	Klausbach Mischprobe			787	4564616.882	5274437.934	
7	Zimmerei Hintersee			792	4563326.531	5273720.934	
7A	Zimmerei Hintersee Auslauf			792	4563785.523	5274069.608	
8	Hintersee-Quellen			789	4564480.952	5274788.262	
8a	Quelle Anlegestelle Hintersee			789	4564186.944	5274680.638	
9	Hintersee Auslauf			788	4564621.558	5274459.36	
10	Kaltes Bründl			799	4564489.223	5274904.54	
11	Brandhäusl			838	4564989.596	5275477.368	
12	Taubensee (Auslauf)			876	4565278.525	5277191.622	
13	Wasserwand Eingeschossener Steig			1112	4563149.732	5277554.754	
14	Schwarzbachloch			762	4563770.994	5278212.817	
15	Pauli-Quelle			786	4563931.493	5278092.691	
16	Schwarzbach Bauwagen			729	4563806.342	5279018.746	
17	Buchergraben, Schwarzbachzufluss Kreuzung Alpenstrasse			607	4562937.24	5281155.851	
18	Schwarzbach Mischprobe Gesamt			508	4562304.425	5282473.736	
19	Dolomitwerk			633	4561742.406	5281725.453	
20	Eisbach Mischprobe			508	4562256.025	5282473.048	
21	Grüner Doktor			544	4562340.362	5282289.944	
22	Feuersteinquelle			534	4561856.842	5282267.053	
23	Bach am Löschteich			637	4559996.007	5281529.066	
24	Bundeswehr-Stollen			711	4560118.556	5280988.665	
25	Lidlgraben			726	4560421.511	5280973.051	
26	Sepp I			793	4560083.006	5280677.086	
27	Sepp II			793	4560080.251	5280675.125	
28	Diensthütte Rastnock			851	4559448.16	5280544.994	
29	WV Schneizelreuth			522	4559194.96	5282663.402	
30	WV Haidermühle			578	4559113.279	5281444.532	
31	Aschauer Klamm Mischprobe			552	4559027.525	5281733.027	
32	Elbach			960	4559448.682	5279500.791	
33	Plattengraben			969	4559275.716	5279583.485	
34	Hirschgraben			960	4558992.823	5279521.125	
35	Hochortgraben + Klausgraben			882	4558067.213	5278987.664	
36	Innersbach Jagdhütte			956	4557338.795	5277689.751	
37	Ochsenbrunnen			843	4557166.147	5278601.261	
37A	Ochsenbrunnen, Bach am Haus			841	4557186.28	5278648.334	
38	Innersbach Mischprobe			579	4554997.705	5276827.5	
39	Donnersbach Mischprobe			585	4555044.458	5276766.048	
40	Wasserversorgung Reith			764	4556639.061	5276066.284	
41	Donnersbachquelle unterhalb der Alpaalmen			1242	4558104.696	5275484.484	
42	Quelle bei den Alpaalmen 1			1237	4558034.4	5275718.36	
43	Quelle bei den Alpaalmen 2			1237	4558035.208	5275739.821	
44	Kleiner Bruder			1404	4558394.039	5276148.048	
45	Wasserversorgung Gasthaus Obermaierberg (Wespenquelle)			481	4556492.269	5274348.123	
46	Obermaierberg – Stall Bach 2			912	4556553.367	5274226.863	
47	Obermaierberg – Stall Bach 3			915	4556546.262	5274078.798	
48	Obermaierberg Fütterung			1008	4557067.659	5273468.131	
48A	Daxenstein			932	4556988.802	5273320	
49	Scharleitenbach Mischprobe			642	4554638.439	5268413.989	
50	Saalach Mischprobe			498	4561962.976	5282826.138	
53	Bauer Schneizelreuth			510	4560468.508	5283499.937	

Abbildung 30: Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Reiteralm 2004



# Karstwassermarkierung Reiteralm 04/05

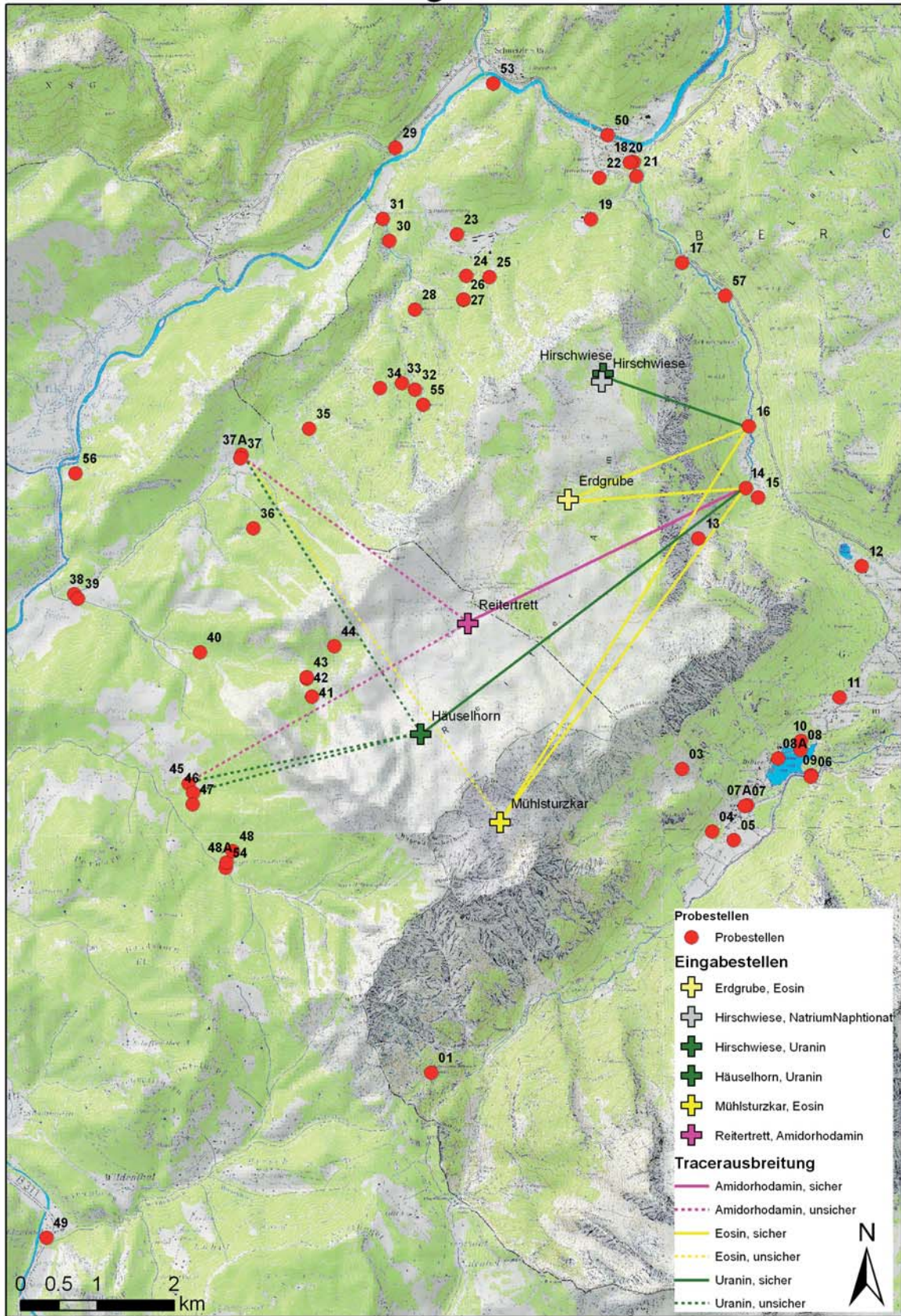


Abbildung 31: Ergebniskarte Tracerversuch Reiteralm 2004



## 2.9 Reiteralms 2005

### 2.9.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet

In Folge widriger Umstände und daraus resultierender Probleme bei der Messung eines Farbtracers wurde das Interreg III A Projekt ‚Hydrogeologische Untersuchung des Karstes der Reiteralms zur Überprüfung (Validierung) der abwassertechnischen Maßnahmen der alpinen Hütten, zur Sicherheit der Trinkwasserversorgung und zum Grundwasserschutz‘ verlängert. Die Laufzeit dieses von der Europäischen Union geförderten Projektes war zunächst für den Zeitraum 01.06.2003 bis 31.08.2005 festgelegt worden. Im August 2004 wurde der Markierungsversuch auf der Reiteralms mit den Tracern Uranin, Eosin und Amidorhodamin und Natrium-Naphthionat durchgeführt. Da sich durch starke Niederschläge der Nachweis des Natrium-Naphthionat nicht eindeutig erbringen ließ und die Eigenfluoreszenz des Wassers der Reiteralms diejenige des Natrium-Naphthionat überlagert hatte, wurde in 2005 eine Wiederholung des Versuchs mit den Tracern Uranin (als Ersatzfarbstoff für das Natrium-Naphthionat) und Eosin (als zusätzlicher Farbstoff an einer weitere Einspeisestelle) durchgeführt. Das Projekt wurde dafür bis zum 31.04.2006 verlängert.

Grundwasser-Markierungsversuch im Gebiet der Reiteralms 2004

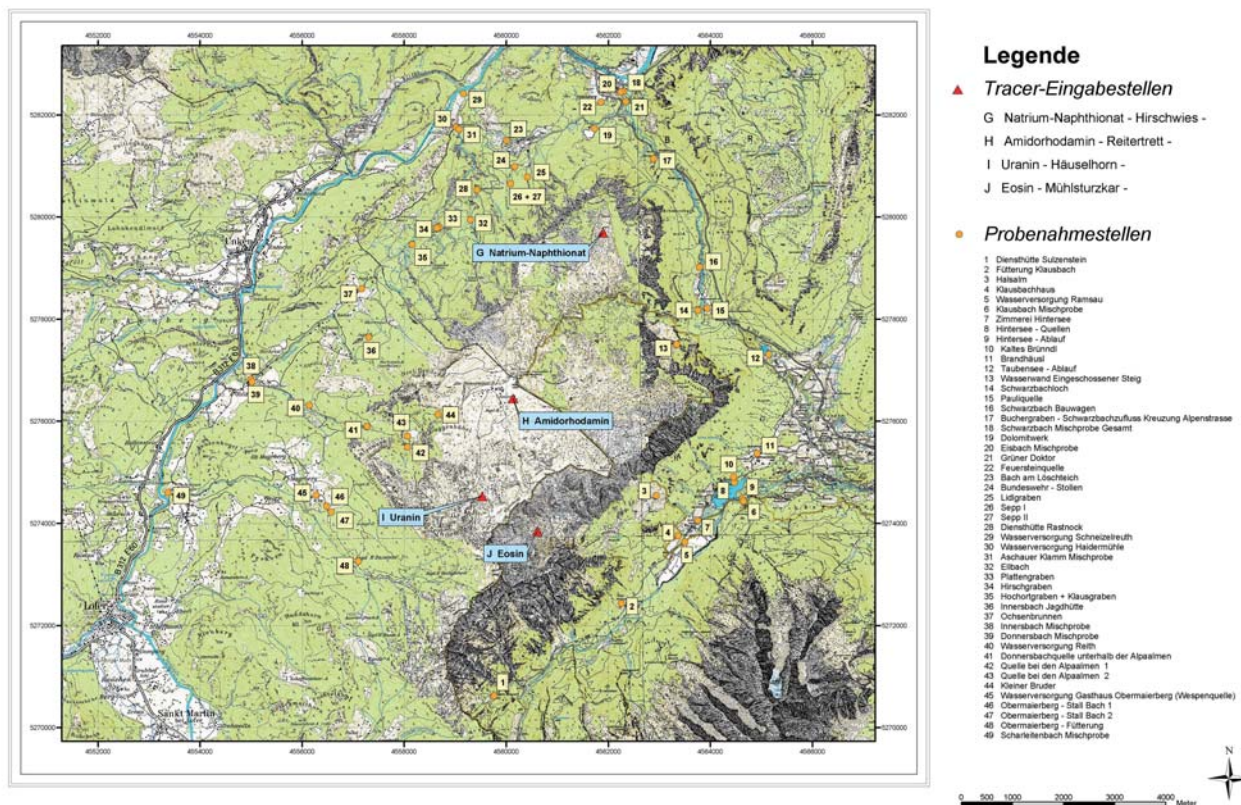


Abbildung 32: Lage des Untersuchungsgebietes Reiteralms 2005

### 2.9.2 Eingabe und Probestellen

Im Folgeprojekt an der Reiteralms wurden zwei Tracer eingespeist und die Probenahme an reduzierter Anzahl an Quellen durchgeführt. Diese sind in Abbildung 33 aufgeführt.

EINGABESTELLEN							
Nr	Eingabestelle		Tracer		Rechtswert	Hochwert	Farbeingabe
	Hirschwiese	1572	Uranin	3 kg	4561905	5279709	02.08.2005 12 Uhr
	Erdgrube	1489	Eosin	5 kg	4561445	5278065	02.08.2005 12 Uhr
PROBESTELLEN							
Nr	Probenahmestelle			Höhe	Rechtswert	Hochwert	
3	Halsalm			1199	4562934.992	5274541.179	
4	Klausbachhaus			799	4563326.531	5273720.934	
6	Klausbach Mischprobe			787	4564616.882	5274437.934	
7A	Zimmerei Hintersee Auslauf			792	4563785.523	5274069.608	
8a	Quelle Anlegestelle Hintersee			789	4564186.944	5274680.638	
9	Hintersee Auslauf			788	4564621.558	5274459.36	
10	Kaltes Bründl			799	4564489.223	5274904.54	
11	Brandhäusl			838	4564989.596	5275477.368	
12	Taubensee (Auslauf)			876	4565278.525	5277191.622	
14	Schwarzbachloch			762	4563770.994	5278212.817	
15	Pauli-Quelle			786	4563931.493	5278092.691	
16	Schwarzbach Bauwagen			729	4563806.342	5279018.746	
17	Buchergraben, Schwarzbachzufluss Kreuzung Alpenstrasse			607	4562937.24	5281155.851	
18	Schwarzbach Mischprobe Gesamt			508	4562304.425	5282473.736	
19	Dolomitwerk			633	4561742.406	5281725.453	
20	Eisbach Mischprobe			508	4562256.025	5282473.048	
21	Grüner Doktor			544	4562340.362	5282289.944	
22	Feuersteinquelle			534	4561856.842	5282267.053	
23	Bach am Löschteich			637	4559996.007	5281529.066	
24	Bundeswehr-Stollen			711	4560118.556	5280988.665	
25	Lidlgraben			726	4560421.511	5280973.051	
26	Sepp I			793	4560083.006	5280677.086	
28	Diensthütte Rastnock			851	4559448.16	5280544.994	
29	WV Schneizelreuth			522	4559194.96	5282663.402	
30	WV Haidermühle			578	4559113.279	5281444.532	
31	Aschauer Klamm Mischprobe			552	4559027.525	5281733.027	
32	Elbach			960	4559448.682	5279500.791	
33	Plattengraben			969	4559275.716	5279583.485	
35	Hochortgraben + Klausgraben			882	4558067.213	5278987.664	
36	Innersbach Jagdhütte			956	4557338.795	5277689.751	
37	Ochsenbrunnen			843	4557166.147	5278601.261	
38	Innersbach Mischprobe			579	4554997.705	5276827.5	
39	Donnersbach Mischprobe			585	4555044.458	5276766.048	
40	Wasserversorgung Reith			764	4556639.061	5276066.284	
50	Saalach Mischprobe			498	4561962.976	5282826.138	
53	Bauer Schneizelreuth			510	4560468.508	5283499.937	
55	Schrecksteig			1028	4559554.865	5279301.517	
57	Kuhbrücke			640	4563497.725	5280729.325	

Abbildung 33: Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Reiteralm 2005

### 2.9.3 Ergebnisse

Entwässerung Richtung Schwarzbachloch und Schwarzbach Bauwagen. Uranin wurde nach 3 Tagen, am 5.8. an der Probestelle Bauwagen nachgewiesen. Eosin am 13.8.. Am Schwarzbachloch setzte Eosin am 6.8. ein. Alle Farbdurchgänge weisen eine Geschwindigkeit von 8.74 – 20.3 m/h auf, wobei Uranin die Maximalgeschwindigkeit hält. Die Eosindurchgänge betragen 16,3 und 8.74 m/h Auch Tracer an Probestellen 18 (Schwarzbach Mischprobe) und 57 (Kuhbrücke). Keine unsicheren Farbdurchgänge.

Interpretation

Die Hauptabflussrichtung der Tracer lag im Jahr 2005, genau wie in 2004, in Richtung des Schwarzbachtals. Ein erster Nachweis von Uranin konnte am 05.08.05 um 04:00 Uhr am Schwarzbach Bauwagen beobachtet werden. Hier wurden die höchsten Konzentrationen am 06.08.05 um



15:00 Uhr gemessen. Eosin konnte zum ersten mal am 13.08.05 um 21:00 Uhr an dieser Probe-  
stelle nachgewiesen werden. [KK06]

Nach dem Endbericht des Interreg III A Projektes steht eine Interpretation der Ergebnisse vom  
Landesamt für Umwelt noch aus und soll nachgereicht werden.

#### 2.9.4 Kenndaten des Projektes

**Tabelle 15:** *Kenndaten des Projektes Reiteralms 2005*

Jahr	Gebiet
Ort	Watzmann
Durchführung	Hans Krafft, Inga Kosak, Georg Büttner, Martin Scholz
Beteiligte Institute	Nationalparkverwaltung BGD, Bayerisches Geologisches Landesamt
Anzahl beteiligte Personen	35 Personen

Weiterführende Berichte:

- Kosak, I., Krafft, H. (2006). Bericht über die Markierungsversuche auf der Reiteralms 2004 und 2005. Berchtesgaden: Nationalparkverwaltung Berchtesgaden.
- GLA: Bericht über einen Karstwasser-Markierungsversuch im Gebirgsmassiv Reiteralms – Geologisches Landesamt

# Karstwassermarkierung Reiteralm 04/05

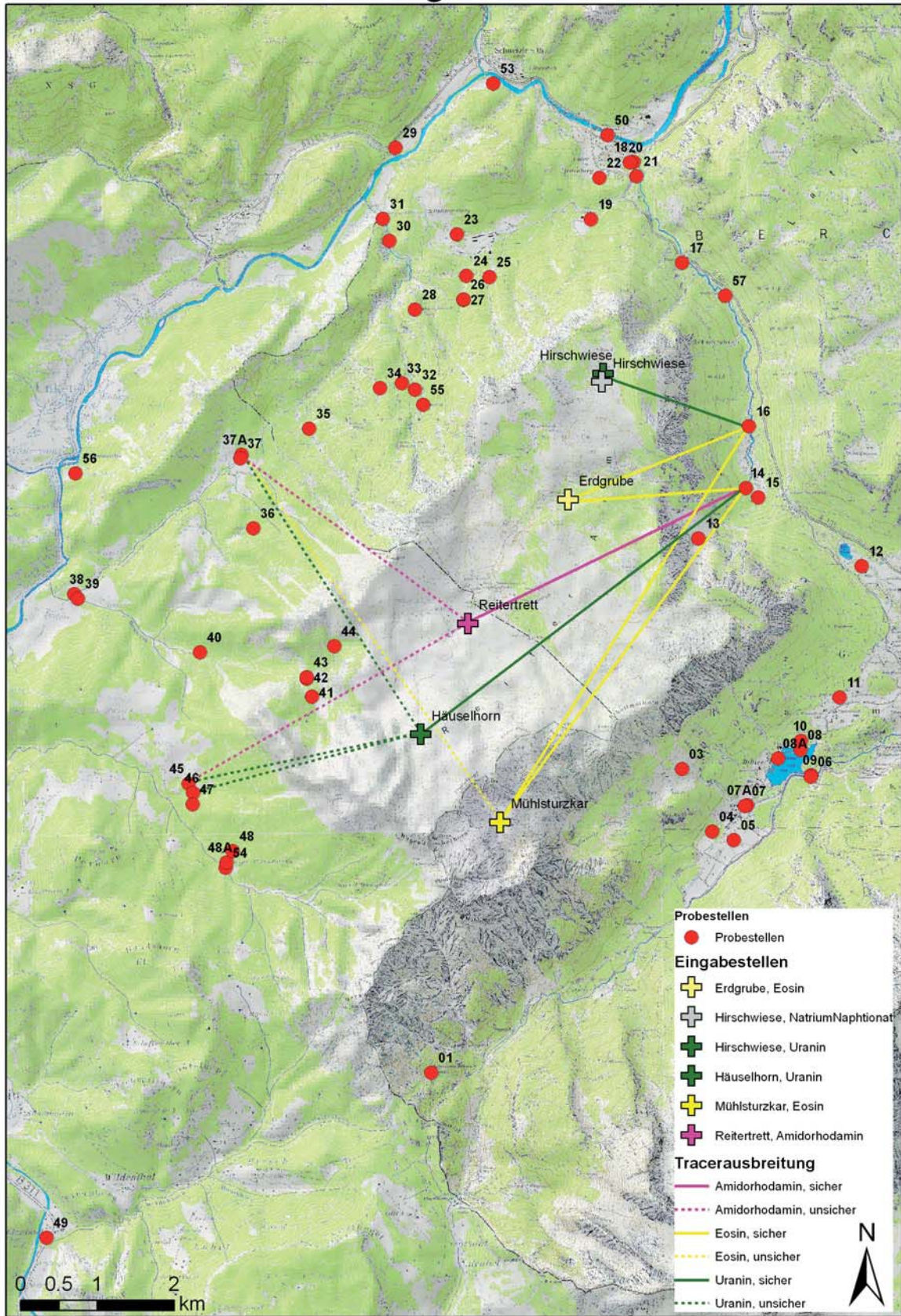


Abbildung 34: Ergebniskarte Tracerversuch Watzmann



## 2.10 Wimbachgries 2008

### Karstwassermarkierung Wimbachtal 2008

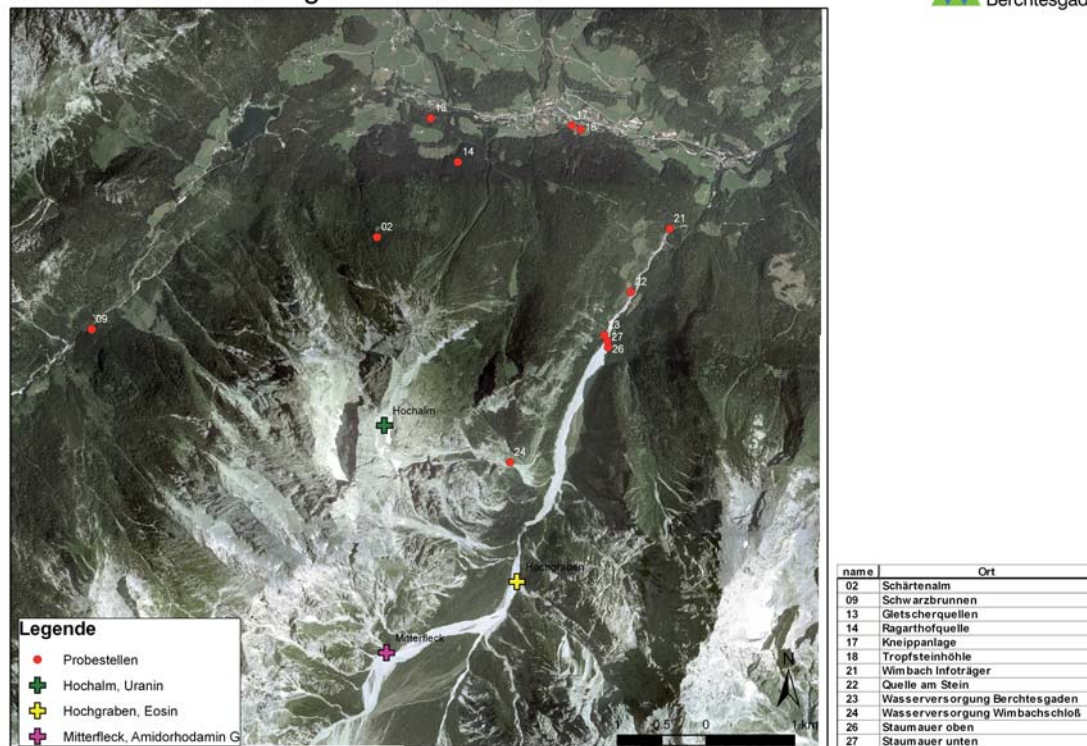


Abbildung 35: Lage des Untersuchungsgebietes Wimbachtal 2008

### 2.10.1 Hintergrund und Untersuchungsgebiet

Das Wimbachgries lässt sich als eine der eindrucksvollsten Schuttlandschaften der nördlichen Kalkalpen beschreiben. Es ist durch glaziale Prozesse ausgeweitet worden und ist eine Akkumulation enormer Verwitterungsmassen aus den umgebenden Dolomitgebieten. Es bildet den tiefen Taleinschnitt zwischen Hochkalter und Watzmann, welches vor der Talbildung als ehemalige Einheit zur Wimbachgruppe zusammengefasst war. Die besondere morphologische Gegebenheit lässt eine außergewöhnliche hydrologische Situation vermuten. So ist diese Region durch fehlenden Oberflächenabfluss gekennzeichnet. Oberflächenwasser aus Bächen und Gräben der Bergumrahmung des Gries versickern unmittelbar nach Erreichen des Schuttes und treten an der Staumauer im vorderen Teils des Wimbachtals wieder zutage und bilden fortan den Wimbach. Bezüglich der Hydrologie in dem Gebiet war lange Zeit unbekannt, wie lange die Fließzeiten und auch Fließrichtungen des Wassers im Wimbachgries sind. Dies wurde 1990 erstmals mit einer Markierung versucht zu klären. Aufgrund logistischer Schwierigkeiten konnte der Versuch nicht erfolgreich abgeschlossen werden. 2008 wurde der Versuch schließlich wiederholt. Ziel war es einerseits mit zwei Farbeingaben im hinteren Wimbachgries die Fließzeiten und Richtungen des Wassers zu bestimmen und andererseits mit einer Farbeingabe an der Hochalm (im östlichen Hochkalterbereich) eine vermutete karsthydrologische Verbindung von dort zur Wasserversorgung Berchtesgaden zu bestätigen. Fokussiert wurde dabei das vordere Wimbachtal. Im Folgenden wird der Markierungsversuch von 2008 zusammen gefasst.



### 2.10.2 Eingabe und Probestellen

Drei Eingabestellen am Wimbachgries und acht Probestellen wurden für den Karstwassermarkierungsversuch festgelegt (Abbildung 36).

EINGABESTELLEN							
Nr	Eingabestelle		Tracer		Rechtswert	Hochwert	Farbeingabe
	Hochalm	1057	Uranin	2kg	4565806	5271195	07.08.09
	Hochgraben	1910	Eosin	2kg	4567306	5269428	07.08.09
	Mitterfleck	1227	Amidorhodamin	2kg	4565832	5268622	07.08.09
PROBESTELLEN							
Nr	Probenahmestelle			Höhe	Rechtswert	Hochwert	
02	Schärtenalm			1406	4565723	5273322	
13	Gletscherquellen			700	4566331	5274668	
14	Ragarthofquelle			841	4566650	5274168	
17	Quelle Schule			660	4567924	5274588	
18	Tropfsteinhöhle			666	4568025	5274543	
21	Wimbachtal Infoträger			704	4569031	5273420	
22	Quelle am Stein			734	4568593	5272705	
23	Wasserversorgung Berchtesgaden			766	4568291	5272214	

Abbildung 36: Tabellarische Darstellung der Eingabe und Probestellen Wimbachtal 2008

### 2.10.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Messungen liegen zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht komplett vor. Die Ergebniskarte zeigt die qualitativen Ergebnisse des Färbeversuchs. Lediglich ein sicherer Farbdurchgang von der Eingabestelle Hochalm (Uranin) zu der Probestelle Gletscherquellen konnte festgestellt werden. Sporadische Uranin-Farbnachweise an zwei weiteren Probestellen zeigen eventuelle karsthydrologische Verbindungen an. Bislang konnte kein Nachweis des Tracers Sulforhodamin (Eingabestelle Mitterfleck) und des Tracers Eosin (Eingabestelle Hochgraben) festgestellt werden.

### 2.10.4 Kenndaten des Projektes

Tabelle 16: Kenndaten des Projektes Wimbachtal 2008

Jahr	Gebiet
Ort	Watzmann
Durchführung	Hans Krafft
Beteiligte Institute	Nationalparkverwaltung BGD, Helmholtz-Zentrum München
Anzahl beteiligte Personen	Farbeingabe: 6 Personen, Beprobungspersonal: 17 Personen

Weiterführende Berichte:

- Karstwassermarkierungsversuch Wimbachtal, Hans Krafft, 2011 (nicht veröffentlicht)
- Technische Universität Braunschweig (1994). Nationalparkforschung - Wasserhaushaltsuntersuchungen Wimbachtal. Bericht 1990-1993. Unveröffentlichter Bericht.

Karstwassermarkierung Wimachtal 2008

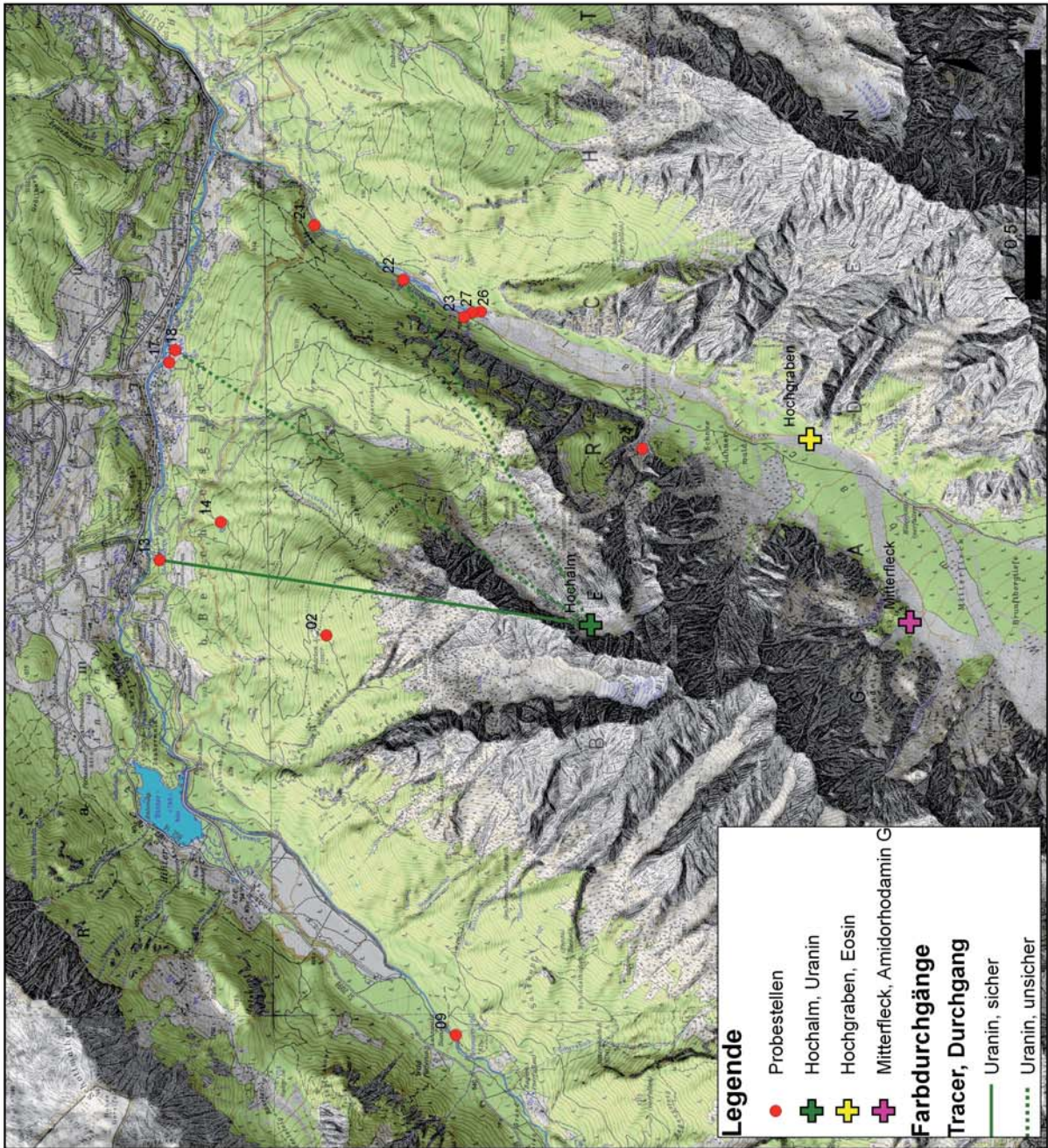


Abbildung 37: Ergebniskarte Tracerversuch Wimachtal



### 3 Zusammenfassung

Location (year)	Injection places	Tracer	Amount tracer [kg]	Number of sampling sites	Sampling sites with tracer breakthrough	Flow velocities [m/h]	Single tracer indications	Main drainage direction
Gotzenalm (1987 & 1988)	Gotzenalm	Eosine (E)	2	11	4/2 (U/E)	~ 41.7	4/0	South-west
		Uranine (U)	2		3/0 (U/E)	10.8–83.3	8/0	
Wimbach (1990)	Sailergraben Hochalm Water supply Wimbachgriesshütte	Tritium Eosine, Fyranine <sup>14</sup> H				d.n.a.		
Salgrabenhöhle (1997)	Grünsee in the cave	Uranine	1	9	7	252–450		North
	Waterfall	Sulfurhodamine B	1		d.n.a.		None known	
Steinernes Meer (1998)	Funtensee	Eosine	2	17	3	174–348	1	North
	Schwarzensee	Amidorhodamine	1		3	2.0–94		
	Grünsee	Uranine	2		7	2.9–42		
Göll (1999)	Christophersschule, wastewater	Amidorhodamine	0.5	11	3	5.4–63	None known	West
	Scharitzkehlalm, wastewater	Eosine	0.5		3	0.3–26		
	Göllfuß	Uranine	0.5		10	4.6–307		
Hochkalter (2001)	Glacier runoff	Uranine	1	25	6	870	5	North
	Blauishütte, wastewater	Eosine	1		6	0.7–662	7	
	Schärtenalm, wastewater	Sulfurhodamine B	0.75		3	3.33–445	3	
Watzmann (2002)	Watzmannkar	Amidorhodamine	1	37	3	14.7–18.46	7	North
	Kührint, wastewater	Eosine	1		0		1	
	Watzmannhaus, wastewater	Uranine	1		3	21.05–247.8	12	
Reiteralm (2004)	Hirschwiese	Natrium-Naphthionate	20	53	0			North
	Reitertritt	Amidorhodamine	2		1	74	1	
	Mühlsturkar	Eosine	4		2	17–125	2	
	Häuslhorn	Uranine	2		1	74	3	
Reiteralm (2005)	Hirschwiese	Uranine	3	37	1	20.32	None known	North
	Endgrube	Eosine	5		2	8.7–16.3		
Wimbach (2008)	Hochalm	Uranine	2	11				
	Hochgraben	Eosine	2					
	Mitterleck	Amidorhodamine	2			ongoing analysis		

**Abbildung 38:** Karstwassermarkierungsversuche in den Berchtesgadener Alpen (überarbeitet nach [Pla98, GLA99, ABD<sup>+</sup>01, ABKK05, DPA<sup>+</sup>01, MBA<sup>+</sup>05, KK06, Kra08]). d.n.a. = Daten nicht verfügbar.; Location = Name des Versuchs; Injection places = Eingabestellen, Number of sampling areas = Anzahl Probestellen; Sampling sites with tracer breakthrough = sicherer Farbdurchgang; Single Tracer Indications = Einzelne Tracernachweise; Main drainage direction = Hauptfließrichtung

Die Ergebnisse der Karstwassermarkierungsversuche wurden bereits von [Pla98, GLA99, ABKK05, ABD<sup>+</sup>01, DPA<sup>+</sup>01, MBA<sup>+</sup>05, KK06] and [Kra08] beschrieben. Sie werden zusammengefasst in Abbildung 38 and 39 präsentiert. Der Markierungsversuch im Wimbachtal von 1990 hat kein verlässliches Material zur weiteren Datenauswertung ergeben. Hier sind auf die vorläufigen Ergebnisse des Markierungsversuchs im Wimbachtal von 2008 verwiesen. Die Tracerexperimente von 1987 bis 1999 wurden alle in dem südöstlichen Königsseetal durchgeführt. Es wurden hohe Fließgeschwindigkeiten in bevorzugter Fließrichtung nachgewiesen. Die Markierungsversuche von 1987 und 1988 zeigten Fließgeschwindigkeiten von bis zu 83 m/h in westliche Richtung. Die Tracerdurchgangskurven von Uranin und Eosin der Versuche von 1997 und 1998 weisen darauf hin, dass die hochalpinen Seen Funtensee, Schwarzensee und Grünsee mit dem Königssee hydrologisch über eine große Höhle mit Fließgeschwindigkeiten von bis zu 348 m/h verbunden sind. Die Strömungsgeschwindigkeit des Flusses betrug bis zu 450 m/h ([Pla98, DPA<sup>+</sup>01, MBA<sup>+</sup>05]). Der Markierungsversuch in der Region des Hohen Gölls/Scharitzkehl resultierte in eher geringen Fließgeschwindigkeiten in dem porösen Aquifer. Es lassen sich aber auch kleinere abgegrenzte Karstaquifere durch Fließgeschwindigkeiten des Tracers Uranin von bis zu 307 m/h abgrenzen [ABD<sup>+</sup>01, GLA99]. Die Tracerversuche von 2001 bis 2005, die an den Bergmassiven Hochkalter, Watzmann und Reiteralm durchgeführt wurden, resultieren in verschiedenen Grundwasserfließrichtungen Abbildung 41. Der Versuch am Berg Hochkalter von 2001 zeigte geringe als auch sehr hohe Fließgeschwindigkeiten von bis zu 662 m/h [MBA<sup>+</sup>05, Kra08]. Bei dem Tracer-



Injection place	Detection place	Distance [m]	Flow rate [m <sup>3</sup> /d]	Tracer	Number of flow paths	Velocities [m/h]	Volume of water [m <sup>3</sup> *
Endstal valley							
Göllfuß	Königssee (well)	2000	100	Uranine	4	0.73–2.75	4600
	Scharitzkehlquelle (spring)	1000	1700	Uranine	4	4.2–44.2	28200
Scharitzkehlalm	Königssee (well)	370	100	Eosine	4	0.05–0.38	17000
Hochkalter massif							
Glacier runoff	Gletscherquellen (spring)	3790	2160	Uranine	4	11–39	17700
Blauelhütte		2340	2160	Eosine	2	1.7–2.5	93600
Schärtenalm		1440	2160	Amidiorhodamine	4	3.33–12	19000
Steinernes Meer mountain range							
Funtensee	Schradlloch (spring)	4000	10600	Eosine	4	82–275	11100
	Kastl (spring)	3925	9500	Eosine	4	90–335	11200
Grünsee	Schradlloch (spring)	2750	10600	Uranine	3	275–655	2500
	Kastl (spring)	2650	1730	Uranine	4	209–575	400
	Grüne Brunnen (spring)	2425	1900	Uranine	4	27.1–127	2770
	Lagune (spring)	2150	260	Uranine	4	26–104	400
Schwarzensee	Grüne Brunnen (spring)	1925	1900	Amidiorhodamine	4	25–83.3	2460
	Lagune (spring)	1525	260	Amidiorhodamine	2	39–75	250
Salzgrabenhöhle	Schradlloch (spring)	870	4800	Uranine	4	47–182	1020
	Kastlquelle 2 (spring)	800	4320	Uranine	4	65–212	750
	Kastlquelle 3 (spring)	840	3600	Uranine	4	58–195	700
	spring between Schradel and Kastl	840	2160	Uranine	3	48–226	400

**Abbildung 39:** Quantitative Modellierung der Hauptfließpfade der Karstwassermarkierungsversuche Hoher Göll, Steinernes Meer und Hochkalter (überarbeitet nach [MBA<sup>+</sup>05]) Injection place = Name Untersuchungsgebiet; Detection place = Probestelle; Distance = Abstand zwischen Eingabe- und Probestelle; Flow rate = Durchflußrate; Number of flow paths = Anzahl Fließwege; Velocities = Fließgeschwindigkeit

Nr.	Sampling location	Tracer	Distance [m]	Flow rate [m <sup>3</sup> /d]	Flow channels	Flow velocities [m/h]	Σ Volume per sampling location [m <sup>3</sup> *
1	Blauels-Hütte	Uranine	523	1300	5	40–331	99905
2	Schärtenalm	Eosine	942	12.2	1	662	17
		Uranine	2020	12.2	2	870	28
5	Klauswandl 1	Eosine	4533	203.8	1	1.9	24456
6	Klauswandl 2	Sulfurhodamine	4837	4147	3	42–445	84828
7	Eiswand	Uranine	4150	1296	2	17.5–33.3	10208
8	Rageralm	Eosine	3324	666.9	1	1.1	80028
9	Schwarzbrunn	Eosine	2951	18975.6	1	0.7	3187900
11	Auzinger	Uranine	3078	33	2	1–1.3	6440
13	Gletscherquellen	Eosine	2340	2160	2	1.76–46	17700
		Uranine	3790	2160	4	11–38.5	93550
		Sulfurhodamine	1440	2160	4	3.33–12.5	19050
21	Wimbachtal Infoträger	Uranine	4275	289.2	2	1.5–1.8	33429
23	Wimbach-Fassung	Sulfurhodamine	2804	112320	2	130–289	178764
26	Engerdiensthütte	Eosine	5879	2077	1	1.6	268036

**Abbildung 40:** Ergebnisse der quantitativen Modellierung der Hauptfließpfade des Markierungsversuchs am Hochkalter [Kra08] Sampling location = Probestelle; Distance = Entfernung Eingabestelle - Probestelle; Flow rate = Durchflußrate; Flow velocities = Fließgeschwindigkeit; Volume per sampling location = Wasservolumen im Untersuchungszeitraum je Probestelle

versuch am Watzmann wurden Fließgeschwindigkeiten von 14 - 248 m/h nachgewiesen. Beide Experimente zeigen eine westliche und östliche Ausbreitungsrichtung, dominant war jedoch die unterirdische Fließrichtung nach Norden. Die Karstwassermarkierungsversuche am Plateaugebirge Reiteralm 2004 und 2005 wies auf eine unterirdische Entwässerung in nördliche Richtung zur Schwarzbrunnenquelle hin. Der Fließweg, der 2004 mit dem Tracer Eosin festgestellt wurde, zeigte Fließgeschwindigkeiten von bis zu 125 m/h. Darüber hinaus wurden noch weitere einzelne Tracernachweise an anderen Probestellen gefunden. Es konnte kein Nachweis über eine unterirdische Ausbreitung in südliche Richtung nachgewiesen werden. [MBA<sup>+</sup>05] und [Kra08] wendeten die konzeptionellen Modelle FIELD und DIFFER [MZ82, MHB92] an um hydraulische Parameter des Grundwasserfließsystems zwischen Eingabestellen und Probestellen zu definieren. Das Model wurde an den Hauptfließrichtungen der Markierungsversuche Endstal/Göll, Steinernes

Meer und Hochkalter angewendet. Abbildung 38 fasst die Fließgeschwindigkeiten aller karsthydrologischer Verbindungen für jeden Tracer zusammen. Abbildung 39 zeigt Ergebnisse einzelner Tracerdurchgangskurven von Eingabepunkt zur Probestelle. Die Ergebnisse der Modellierung werden in Abbildung 39 und 40 präsentiert. Jede Tracerdurchgangskurve entspricht einer Fließgeschwindigkeit. Die Berechnungen für die Versuche im Königsseetal zeigen, dass ca 28200 m<sup>3</sup> Wasser im Endstal/Göll Versuch und 11200 m<sup>3</sup> Wasser im Versuch des Steinernes Meer bewegt wurden (Maloszewski et al. 2005). Am Hochkalter wurde von der Eingabestelle Eosin bis zu den Gletscherquelle im Untersuchungszeitraum etwa 93 000 m<sup>3</sup> Wasser bewegt. [Kra08] verwendete die Modelle FIELD und DIFFER( [MZ82, MHB92] an allen Tracerdurchgangskurven des Hochkalter-Experiments von 2001. So konnte gezeigt werden, dass etwa 3 187 900 m<sup>3</sup> Wasser in 1-5 Fließwegen geflossen ist (Abbildung 40).



Karstwassermarkierungsversuche Nationalpark Berchtesgaden - Übersicht

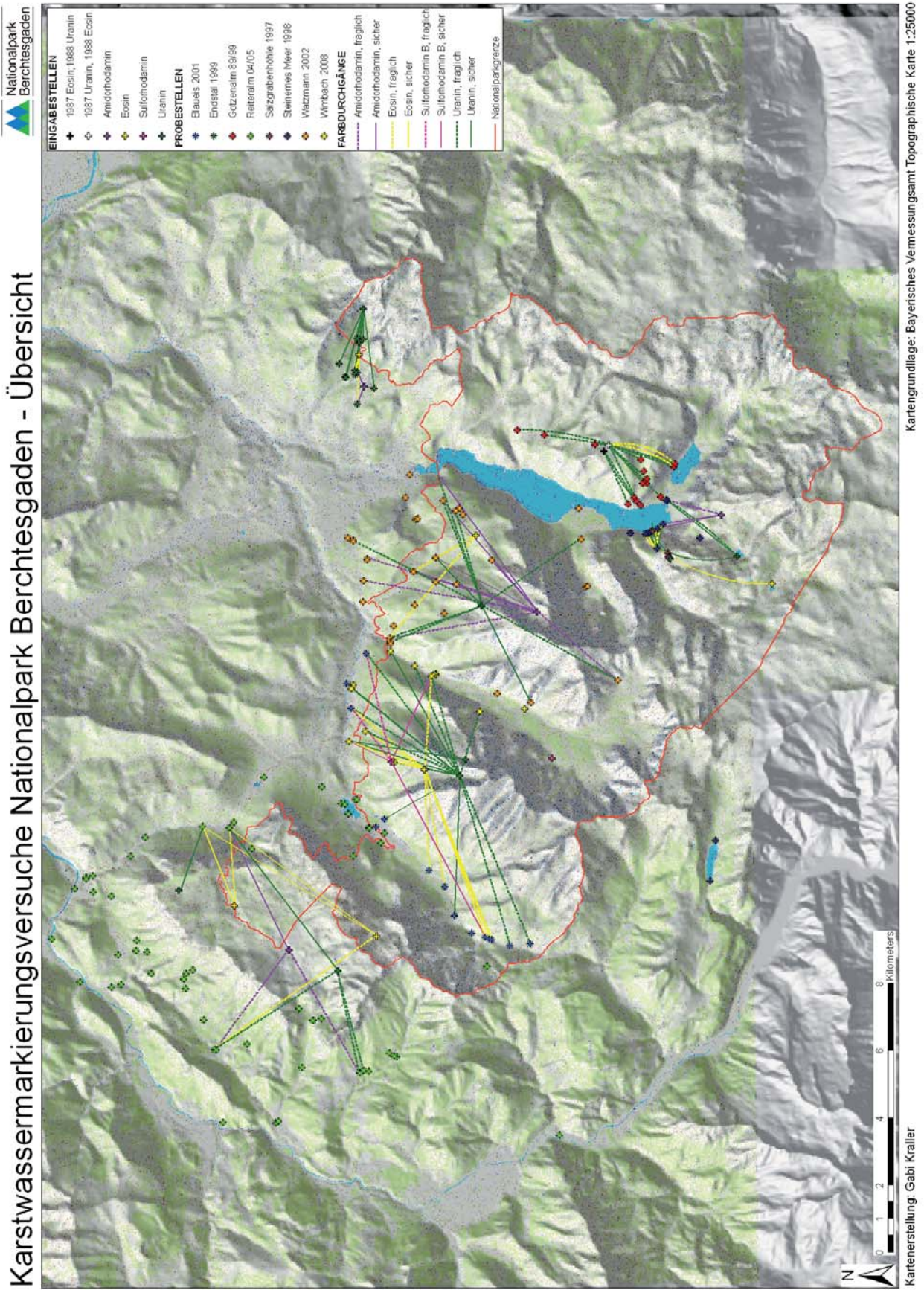


Abbildung 41: Zusammenfassung Karstwassermarkierungsversuche



---

## Literatur

- [ABD<sup>+</sup>01] APEL, R. ; BÜTTNER, G. ; DELANNOY, J. ; KRAFFT, H. ; PLASSMANN, G: Groundwater Flow in Alpine Karst Aquifers and in Porous Media - Tracer Experiments in the National Park Berchtesgaden. In: *New Approches Characterizing Groundwater Flow: Proceedings of the 31 International Association of Hydrogeologists Congress Munich Germany, 10-14 September (2001)*, S. 3–7
- [ABKK05] APEL, R. ; BÜTTNER, G. ; KRAFFT, H. ; KOSAK, I.: Tracing the Karst Water - Investigations in the Berchtesgaden National Park. In: *Landschaftsökologie und Umweltforschung* 48 (2005), S. 41–48
- [Ber01] BERCHTESGADEN, Nationalparkverwaltung: *Nationalparkplan*. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 2001
- [Bög78] BÖGLI, A: *Karsthydrographie und physische Speläologie*. Berlin Heidelberg New York. Springer Verlag, 1978
- [DPA<sup>+</sup>01] DELANNOY, J.-J. ; PLASSMANN, G. ; APEL, R. ; KRAFFT, H. ; NEDJAI, R.: Contribution speleolique a la gestion durable de un lac de montagne: tracages sur le bassin-versant du Königssee (Alpes de Berchtesgaden, Baviere, Allemagne). In: *Karstologia* 38 (2001), S. 1–12
- [Fis05] FISCHER, K.: *Geomorphologie der Berchtesgadener Alpen - Forschungsbericht 50*. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 2005
- [GLA99] GLA: *Grundwasseruntersuchungen im Nationalpark Berchtesgaden; Markierungsversuch Endstal/Scharitzkehl westlich des Hohen Gölls Sommer/Herbst 1999*. Bayerisches Geologisches Landesamt. 1999
- [Käs04] KÄSS, W.: *Geohydrologische Markierungstechnik*. Berlin Stuttgart. Gebrüder Borntraeger, 2004
- [KK06] KOSAK, I. ; KRAFFT, H.: *Bericht über die Markierungsversuche auf der Reiteralp 2004 und 2005*. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden. 2006
- [Kra08] KRALLER, G.: *Auswertung und Modellierung des Tracerversuchs am Hochkaltermassiv von 2001 im Nationalpark Berchtesgaden zur Bestimmung von hydraulischen Parametern des Grundwassersystems.*, Institut für Limnologie. Technische Universität München, Diplomarbeit, 2008
- [MBA<sup>+</sup>05] MALOSZWESKI, P. ; BUETTNER, G. ; APEL, R ; KRAFFT, H ; SCHOLZ, M ; WAGNER, B: Quantitative evaluation of tracer experiments in Alpine Karst and Porous Aquifers in the National Park of Berchtesgaden. In: *Lands* 48 (2005), S. 11–18
- [MHB92] MALOSZWESKI, P. ; HARUM, T. ; BENISCHKE, R.: Mathematical modelling of tracer experiments in the karst of Lurbach system. In: *Steierische Beiträge zur Hydrogeologie* 43 (1992), S. 116–136
- [MZ82] MALOSZWESKI, P. ; ZUBER, A.: Lumped parameter models for the interpretation of environmental tracers, I: models and their applicability. In: *Journal of Hydrology* 57 (1982), S. 207–231

- [Pla98] PLASSMANN, G: *Developpement et gestion durables en milieu alpin. Le cas de une ressource naturelle particulierement sensible - le eau karstique.*, Grenoble. Universite Joseph Fourier. Institut de Geographie Alpine, Laboratoire de la Montagne Alpine, Diss., 1998