

Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung

Band 72

**Markierungsversuche
in Karstgebieten der Steiermark**

**A. Huber
M. Pöschl
H. Zetinigg**

**Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilungsgruppe Landesbaudirektion
Fachabteilung IIIa – Wasserwirtschaft
Graz 1991**

INHALTSVERZEICHNIS

1. Vorwort	1
2. Einleitung	2
3. Was ist Karst	4
4. Die Karstgebiete der Steiermark	5
4.1. Nördliche Kalkalpen	6
4.2. Grauwackenzone	9
4.3. Grazer Paläozoikum	11
4.4. Murauer Paläozoikum	13
4.5. Karbonate im Tertiär	14
4.6. Karbonate im Kristallin	16
4.6.1. Unterostalpinisches Kristallin	16
4.6.2. Mittelostalpinisches Kristallin	16
5. Die unterirdische Entwässerung im Karst	17
5.1. Markierungsversuche Dachstein	19
5.1.1. Geologischer Überblick	19
5.1.2. Ergebnisse der Markierungsversuche	20
5.2. Markierungsversuche Totes Gebirge und Warscheneck	30
5.2.1. Geologischer Überblick	30
5.2.2. Ergebnisse der Markierungsversuche Totes Gebirge	31
5.2.3. Ergebnisse der Markierungsversuche Warscheneck	36
5.3. Markierungsversuch südwestliche Voralpe (Altenmarkt)	42
5.3.1. Geologischer Überblick	42
5.3.2. Ergebnisse des Markierungsversuches Altenmarkt	42
5.4. Markierungsversuche Hochschwab	45
5.4.1. Geologischer Überblick	45
5.4.2. Markierungsversuch Tragöß	46
5.4.2.1. Geologischer Überblick	46
5.4.2.2. Ergebnisse des Markierungsversuches Tragöß	47
5.4.3. Markierungsversuche Seegraben und Aflenzer Staritzen	50
5.4.3.1. Geologischer Überblick	50
5.4.3.2. Ergebnisse der Markierungsversuche Seegraben	51
5.4.3.3. Ergebnisse des Markierungsversuches Aflenzer Staritzen	51
5.5. Markierungsversuche Schneealpe	53
5.5.1. Geologischer Überblick	53
5.5.2. Ergebnisse der Markierungsversuche	53
5.6. Markierungsversuch Gradenbach (Köflach)	56
5.6.1. Geologischer Überblick	56
5.6.2. Ergebnisse des Markierungsversuches	56

5.7.	Markierungsversuche Buchkogel	.59
5.7.1.	Geologischer Überblick	.59
5.7.2.	Ergebnisse der Markierungsversuche	.60
5.8.	Markierungsversuche Lurhöhlensystem	.65
5.8.1.	Geologischer Überblick	.65
5.8.2.	Ergebnisse der Markierungsversuche	.66
5.9.	Markierungsversuch Mixnitzbach	.78
5.9.1.	Geologischer Überblick	.78
5.9.2.	Ergebnisse des Markierungsversuches	.78
5.10.	Markierungsversuche Weizer Bergland	.80
5.10.1.	Geologischer Überblick	.80
5.10.2.	Ergebnisse der Markierungsversuche	.81
5.11.	Markierungsversuch Hartergraben bei Kindberg	.86
5.11.1.	Geologischer Überblick	.86
5.11.2.	Ergebnisse des Markierungsversuches	.86
5.12.	Markierungsversuch Oberes Mürztal (Kohleben-Kapellen-Raxengraben)	.88
5.12.1.	Geologischer Überblick	.88
5.12.2.	Ergebnisse des Markierungsversuches	.88
5.13.	Markierungsversuch Traibachgraben	.91
5.13.1.	Geologischer Überblick	.91
5.13.2.	Ergebnisse des Markierungsversuches	.91
5.14.	Markierungsversuch Zwieselbach-Rettenegg	.93
6.	Der Schutz von Karstwasser	.95
6.1.	Schongebiete	.95
6.2.	Wasserwirtschaftliche Rahmenverfügungen	.96
6.3.	Verzeichnis der Schutzmaßnahmen für das Karstwasser	.96
6.3.1.	Bestehende Schongebietsverordnungen und wasserwirtschaftliche Rahmenverfügungen zum Schutze des Quellwassers (Karstwasser)	.96
6.3.2.	Bei der Wasserrechtsbehörde beantragtes Schongebiet zum Schutze des Quellwassers (Karstwasser)	.97
6.3.3.	Erforderliche Schongebiete zum Schutze des Quellwassers (Karstwasser)	.97
6.3.4.	Bestehende Schongebietsverordnungen und wasserwirtschaftliche Rahmenverfügungen zum Schutze des oberflächennahen Grund- wassers (in den Karst reichend)	.97
7.	Literatur	.99

1. VORWORT

Schon vor der Wasserrechtsnovelle 1990, die den Schutz des Grundwassers und damit auch der Quellen zum vordringlichen Ziel macht, wurde das "Grundwasserschutzprogramm" der Steiermärkischen Landesregierung (Beschluß vom 7.12.1987) in Angriff genommen. Die Bestrebungen, das Grundwasser in seiner Qualität und Quantität in einwandfreiem Zustand zu erhalten und dort wo Beeinträchtigungen konstatiert werden zu sanieren, sollen vor allem der Sicherung der Trinkwasserversorgung dienen, da es nach wie vor das Ziel ist, die Bevölkerung mit natürlichem, qualitativ hochwertigem Wasser ohne besondere Aufbereitungsmaßnahmen zu versorgen.

Um nun Grundwasservorkommen effizient schützen oder gar sanieren zu können ist es notwendig, diese Vorkommen bezüglich ihres Fließverhaltens und ihrer Neubildung, sowie der Wirksamkeit ihrer schützenden Deckschichten und der Filterwirkung der jeweiligen Aquifere zu kennen. Dies gilt auch für Karstwasser, welches eine spezielle Art von Grundwasser darstellt.

Da die Ergebnisse von Markierungsversuchen in unseren Karstgebieten in verschiedenen Fachpublikationen und schwer zugänglichen Berichten vorliegen, scheint es von Vorteil für die Verbreitung der Kenntnisse hierüber zu sein, diese in einer zusammenfassenden Darstellung vorzulegen. Hiedurch werden die Ergebnisse dieser Versuche allen die sie benötigen oder die daran interessiert sind leichteter zugänglich gemacht. Darüberhinaus bietet das Literaturverzeichnis die Möglichkeit einzelnen Details rascher nachgehen zu können.

Zu dieser Arbeit wird ausdrücklich vermerkt, daß es sich um eine referierende Kompilierung der vorliegenden Publikationen und nicht veröffentlichten Berichte über Markierungsversuche handelt. Die Quellen werden jeweils am Schluß des Berichtes über den Markierungsversuch zitiert. Die allgemeinen Erläuterungen über Karst und die unterirdische Entwässerung im Karst sind dem ÖWWV - Regelblatt 201 entnommen, bzw. halten sich an die dort geäußerten Fachmeinungen.

2. EINLEITUNG

Die Untersuchung der hydrogeologischen Verhältnisse eines Karstgebietes umfaßt unter anderem auch Markierungsversuche, da diese als bewährte Methode zur Feststellung der Richtungen des unterirdischen Abflusses gelten. Darüberhinaus geben sie auch Auskunft über den zeitlichen Verlauf des unterirdischen Abflusses. Daraus ergibt sich sodann die Verweildauer des Wassers im Untergrund, die von hygienischer Relevanz bei der Beurteilung der Eignung des Wassers für die Trinkwasserversorgung ist. Diesbezüglich sei an die Forderung nach der 60-Tagegrenze der Verweildauer des Wassers im Untergrund für die Abgrenzung der Schutzzone II erinnert, die vor allem bei Porengrundwasser bestimmend ist. Bei Karstgrundwasser herrschen diesbezüglich vor allem in unserem Gebirgskarst andere Verhältnisse und ist eine derartige Verweildauer zumindest zeitweise nicht gegeben und daher diese Grenze illusorisch. Für die Abgrenzung von Schutzzonen müssen daher andere Wege begangen werden und ist meist nur der Schutz gesamter Karstareale zielführend. Dies ist der Grund des bevorzugten Einsatzes von Schongebietsverordnungen, die sich auf die gesamten Karstareale beziehen und daher großflächig abgegrenzt werden. Gute Beispiele hierfür sind in der Steiermark die Verordnungen für das Hochschwabgebiet (BGBl.Nr. 345/1973) und das Tote Gebirge (BGBl.Nr. 79/1984).

Zusätzlich zum Problem der Verweildauer, hervorgerufen durch die hohen Fließgeschwindigkeiten (Abstandsgeschwindigkeiten) des Wassers im Karstkörper (mehrere Zehnermeter bis einige hundert Meter pro Tag), kommen noch die Schwierigkeiten der Abgrenzung des Einzugsgebietes einzelner Karstquellen. Hier ist grundsätzlich davon auszugehen, daß sich das orographische und hydrographische Einzugsgebiet nicht decken. Die Abgrenzung des hydrographischen Einzugsgebietes einer einzelnen Quelle innerhalb eines großen Karstareals wird dadurch zu einem Problem, das trotz des Einsatzes von Markierungsversuchen nicht mit ausreichender Schärfe, im Hinblick auf die Folgen eines Schutzgebietes in finanzieller Hinsicht gelöst werden kann. Auch aus dieser Sicht bietet sohin der umfassende Schutz eines Karstareals die beste Lösung des Problems. Hiefür eignet sich nach dem Wasserrechtsgesetz eben am besten das Rechtsinstrument des Schongebietes (§ 34 Abs. 2 WRG).

Um nun die obigen Feststellungen zu untermauern und die hydrogeologischen Verhältnisse in den steirischen Karstarealen, nach dem heutigen Stand der Kenntnisse, darzulegen, wird ein zusammenfassender Überblick der bisherigen Markierungsversuche geboten. Dieser Überblick umfaßt alle bisherigen, unter wissenschaftlichen Aspekten systematisch durchgeführten Markierungsversuche soweit sie publiziert sind oder entsprechende Berichte hierüber beschafft werden konnten. Nicht erfaßt sind die vielen kleinräumigen Markierungsversuche zur Feststellung örtlicher hydrogeologischer Verhältnisse, wie z.B. dem Zusammenhang zwischen Bächen und Quellen. Diese Markierungsversuche sind meist nicht so dokumentiert, daß sie nach Jahren noch erfaßt werden können. Überdies ist ihr Beitrag zur Aufklärung großräumiger hydrogeologischer Probleme kaum von Bedeutung.

Der Überblick zeigt jedenfalls, daß beachtliche Teile der steirischen Karstareale durch Markierungsversuche erfaßt wurden und aus diesen eine gute generelle Charakteristik der

unterirdischen Entwässerung in solchen Arealen ableitbar ist. Letztendlich soll diese Darstellung der Überprüfung bisheriger Vorgangsweisen bei den Schutzmaßnahmen für Karstwasser sowie Hilfe bei der Festlegung künftiger Maßnahmen gewähren. Weiters soll hiedurch auch eine Information der verschiedensten Fachdisziplinen des Wasserfaches erfolgen.

3. WAS IST KARST

Wenn das Wort "Karst" fällt, denkt man meist an jene öden, wasserlosen und vegetationsarmen bis vegetationslosen Bereiche, die das Antlitz der jugoslawischen Küstengebiete prägen. Nur den wenigsten ist bewußt, daß auch große Teile der Steiermark denselben landschaftsformenden Prozessen unterliegen, die das Bild des jugoslawischen Karstes geprägt haben und die wir als "Verkarstung" bezeichnen.

Es ist nun nicht etwa die Vegetationslosigkeit, die von vielen zu Unrecht als Wesensmerkmal eines Karstgebietes angesehen wird, wie auch oft fälschlich von Verkarstung gesprochen wird, wenn nach Schlägerungen der Boden der Erosion verfällt und das nackte Gestein zutage tritt. Das Wesensmerkmal der Verkarstung ist vielmehr die auf bestimmte Gesteinsarten beschränkte Lösungsfähigkeit des Niederschlagswassers, die nicht nur an der Oberfläche, sondern auch bis in die Tiefe des Gesteinskörpers wirksam wird.

Es sind Karbonatgesteine, also vor allem Kalk und Dolomit, die der Auflösung durch das stets geringe Mengen von Kohlensäure enthaltende Niederschlagswasser unterliegen. Die Spalten und Klüfte der Karbonatgesteinskörper werden durch das eindringende lösungsfähige Wasser ausgeweitet, bis sich - je nach Dauer und Intensität dieses Prozesses - ein mehr oder weniger ausgedehntes unterirdisches Entwässerungssystem ausbildet.

In einem "reifen" Karstgebiet mit einem ausgeprägten unterirdischen Entwässerungssystem versinken die anfallenden Niederschlagswässer meist schon im Bereich ihres Auftreffens in die Tiefe des Gebirges und werden über das unterirdische Entwässerungsnetz den meist in tieferen Tallagen entspringenden Quellen zugeführt.

An der Oberfläche von Karstgebieten selbst bilden sich durch diese Lösungsprozesse oberflächlich abflußlose Hohlformen, wie "Dolinen" und als "Karren" bezeichnete, meist scharf ziselierter Gesteinsformen, die sich in vegetationslosen Gebieten als "Karrenfelder" oft über weite Areale erstrecken können. Karsterscheinungen dieser Art finden sich vor allem in den ausgedehnten hochalpinen Plateaumassiven der Nördlichen Kalkalpen, wie z.B. im Toten Gebirge und Dachsteinmassiv, die daher am ehesten den "klassischen" jugoslawischen Karstgebieten vergleichbar sind und die infolge ihrer Vegetationslosigkeit als "nackter Karst" bezeichnet werden.

Der Verkarstungsprozeß ist jedoch nicht nur auf die ausgedehnten hochalpinen Karstmassive beschränkt, sondern auch in den voralpinen Kalk- und Dolomitgebieten wirksam, die infolge ihrer Vegetationsdecke als "grüner Karst" bezeichnet werden. Sogar in tiefliegenden Karbonatgesteinskörpern, die von nichtverkarstungsfähigen Gesteinen oder Ablagerungen bedeckt sind, kann der Verkarstungsprozeß wirksam sein, wenn ihnen lösungsfähige Wässer zugeführt werden.

Zu beachten sind auch die in Bereichen nicht verkarstungsfähiger Gesteine (Kristallgesteine wie Granit und Gneis) häufig auftretenden, meist kleinräumigen Vorkommen von

Marmor, Kalkglimmerschiefer und dergleichen sowie karbonathaltige Konglomerate und Brekzien, die ebenfalls der Verkarstung unterliegen können.

Auf Grund obiger Feststellungen kann die Frage "Was ist Karst?" im Hinblick auf die bei uns vorherrschenden Verhältnisse wie folgt beantwortet werden:

Als "Karst" werden Bereiche lösungsfähiger Gesteine (überwiegend Kalk und Dolomit) mit einer durch Gesteinslösung verursachten unterirdischen Entwässerung bezeichnet, die meist auch durch Lösungsprozesse geprägte charakteristische Oberflächenformen zeigen.

Das Hauptmerkmal des Karstes ist somit die durch Gesteinslösung verursachte unterirdische Entwässerung.

4. DIE KARSTGEBIETE DER STEIERMARK

Durch die geographische Lage der Steiermark in den Ostalpen und am Alpenostrand wird der geologische Aufbau durch Großbaueinheiten des Alpenkörpers bestimmt, die im Bereich der Steirischen Bucht nach Südosten hin unter die jungtertiären Ablagerungen des Steirischen Tertiärbeckens absinken. Weitere Tertiärablagerungen befinden sich aber auch innerhalb des Alpenkörpers, bevorzugt an jungtertiären Bruchzonen (Mur-Mürzfurche) eingesenkt. Holozäne Schwemmassen, eiszeitliche Terrassen- und Moränenablagerungen entlang des heutigen Entwässerungsnetzes können altersmäßig als jüngste Großeinheit bezeichnet werden. Mit Ausnahme der letztgenannten Einheit treten in allen Großeinheiten karbonatische Festgesteine auf. Ihre Häufigkeit, Verbreitung und Ausbildung soll folgend kurz beleuchtet werden:

Entsprechend der großtektonischen Gliederung des Ostalpenkörpers in ein unterostalpinisches - mittelostalpinisches und oberostalpinisches Deckensystem über der tieferen penninischen Einheit werden in der Steiermark Gesteine angetroffen, die den drei ostalpinischen Deckeneinheiten angehören. Wesentlich für die Auflösung und das Erkennen dieses Deckenbaues sind permomesozoische Sedimentgesteine (Zentralalpines Mesozoikum), die sich in den später näher bezeichneten Regionen zwischen den einzelnen Großdecken als sogenannte "Deckenscheider" einschalten.

Die Einheiten des Unter- und Mittelostalpins, die intern weiteren Deckenbau anzeigen, bestehen aus mesozonal metamorphen Gesteinen mit Dominanz von Glimmerschiefern, Gneisen und Amphiboliten. Karbonate treten in Form von Kalk- und Dolomitmarmoren in langgestreckten Zügen auf.

Die oberostalpine Deckeneinheit setzt sich aus tektonischen Teileinheiten zusammen, die entweder paläozoisches oder mesozoisches Alter besitzen. In den aus paläozoischen Gesteinen bestehenden tektonischen Einheiten

Grauwackenzone (mit Veitscher und Norischer Decke),
 Murauer Paläozoikum
 Grazer Paläozoikum
 Paläozoikum des Sausal und Remschnigg,

treten neben unterschiedlich ausgebildeten Karbonaten vulkanoklastische Gesteine örtlich in den Vordergrund. Unterschiedlich ist auch die metamorph/tektonische Überprägung dieser Einheiten. Dies führt bei den Karbonatgesteinen dazu, daß neben nicht-metamorphem Gesteinsmaterial über Bänderkalke alle Übergänge bis zu Marmoren vorhanden sind.

Aus mesozoischen Gesteinen bauen sich vor allem die Nördlichen Kalkalpen auf, die in sich wieder in mehrere Deckeneinheiten zu gliedern sind. Im Schichtbestand dieser Decken dominieren im Zeitraum Untertrias - Oberjura Karbonatgesteine. In den oberkretazischen Gosauschichten der Kalkalpen treten Karbonate zu Gunsten feinklastischer und konglomeratischer Gesteine in den Hintergrund. Diese Aussage gilt auch für die Kainacher Gosau, die westlich von Graz dem Grazer Paläozoikum auflagert.

Literatur: EBNER 1984, OBERHAUSER 1980, TOLLMANN 1976A,B, 1985, ZÖTL 1971.

4.1. NÖRDLICHE KALKALPEN

Die Kalkalpen sind auf die nördlichen Landesteile der Steiermark beschränkt. Sie bauen von Westen nach Osten das Dachsteingebirge, das Tote Gebirge, die Ennstaler Alpen, den Hochschwab und die Steirisch-Niederösterreichischen Kalkalpen auf. Sie zeigen in sich einen komplizierten Deckenbau, wobei in der Steiermark hauptsächlich Teildeckeneinheiten des sogenannten Tirolikums und Juvavikums vorhanden sind. Innerhalb der einzelnen Decken sind die karbonatischen Schichtglieder weitgehend ähnlich, wobei verschiedentlich fazielle Besonderheiten auftreten.

Die Schichtfolgen setzen im oberen Perm mit klastischen Gesteinen (*Präbichl Schichten*, *Haselgebirge*) ein, karbonatische Bildungen treten zunächst noch zurück. In der Untertrias sind marine Flachwassersedimente der *Werfener Schichten*, ebenfalls mit Dominanz feinklastischer Gesteine, ausgebildet. Erst in den höheren Anteilen schalten sich zunächst noch geringmächtige Werfener Kalke ein. Wechsellagernd mit den Werfener Schichten tritt *Reichenhaller Rauhwacke* auf.

Hydrogeologisch stellen die Werfener Schichten im großen und ganzen ein wasserstauendes Element im Liegenden der Triaskalke dar. Im Anis entstehen in einem Flachwasserraum die gut gebankten *Gutensteiner Kalke* und *Dolomite*.

Während bis ins tiefere Anis großteils ein einheitlicher Sedimentationsraum vorherrscht, entstehen im höheren Anis mehr oder minder schelfrandparallele, seichte Karbonatplattformen bzw. Riffkomplexe, die durch langgestreckte Becken mit Tiefen bis ca. 500 m und mehr voneinander getrennt sind. In der Beckenfazies entwickelten sich die bis 200 m mächtigen *Reiflinger Schichten*, wovon die Reiflinger Kalke zur Verkarstung neigen.

Auf den Hochzonen gelangen massige Algen-Riffkomplexe (*Wettersteinkalk*, *Wetterstein- und Ramsaudolomit*) zur Ausbildung, die eine Mächtigkeit von ca. 1000 m erreichen. Die tiefsten, noch dem Anis zugeordneten Anteile dieser Riffkörper werden als *Steinalmkalk* und *Steinalmdolomit* bezeichnet; nach oben können die Wettersteinkalke noch bis in die tieferen Anteile des Karn reichen. Die Wettersteinkalke sind gut verkarstungsfähig und, bedingt durch ihre intensive Klüftung, in hohem Grad wasserdurchlässig. Die Wetterstein- und Ramsaudolomite neigen dagegen weniger zur Verkarstung.

Im mittleren Karn kann im gesamten Kalkalpenbereich eine einschneidende Faziesäsur in Form von Meeresregression mit Verlandungstendenzen festgestellt werden. Daraus folgt die Ausbildung terrigen beeinflusster, mitunter Kohle führender Sedimente. Die Schichtfolge beginnt mit den nur wenige Meter mächtigen *Trachycerasschiefern* und den sie überlagernden, wasserstauenden *Reingrabener Schieferen* (*Halobien-schiefern*). Hangend folgen die *Lunzer Schichten* als terrigene Einschüttungen, die durch Suspensionsströmungen schelfrandparallel in langgestreckten Becken zur Ablagerung gelangt. Am Schelfrand kommt es zur Entwicklung der teilweise dolomitischen *Tisoveckalke* (Algen- und Kalkschwammriffe), die vor allem im Bereich der Mürztaler Alpen und des Hochschwab für das mittlere und höhere Karn charakteristisch sind. Örtlich können sie die *Leckkogel - Schichten* (*Cidarischichten*) überlagern. Derartige Kalke finden sich etwa in den Mürztaler Alpen, im Gesäuse oder bei Tauplitz. Im Bereich der Dachsteinkalkfazies wird das Karn durch die *Carditaschichten* vertreten. Hydrogeologisch gelten die Lunzer Schichten und die Carditaschichten als wasserstauende Schichten im Liegenden der Obertrias. Im oberen Karn kommt es mit der Bildung der *Opponitzer Schichten* zur Umgestaltung des kalkalpinen Schelfs zu einer gegliederten Seichtwasserplattform.

Diese mit Abklingen des terrigenen Einflusses neu entstandene Seichtwasserplattform wird durch zwei Hauptfaziestypen charakterisiert: nämlich die *Dachsteinkalkfazies* (Riffazies) mit ihrem Riffgürtel längs des äußeren Plattformrandes und die *Hauptdolomitfazies* im Inneren der Plattform.

Der *Hauptdolomit* wird über 2000 m mächtig, ist gut geschichtet bis gebankt und fossilarm. Im Gegensatz zum Dachsteinkalk ist der Hauptdolomit weniger wasserdurchlässig und neigt kaum zur Verkarstung. Über dem Hauptdolomit lagert eine Wechselfolge dickbankiger Dolomite und Plattenkalke. Im Rhät wird die flache Hauptdolomitplattform durch die Entwicklung von Becken mit der stark terrigen beeinflussten Sedimentation der *Kössener Schichten* und die Ausbildung kleiner zwischengelagerter Riffareale aufgelöst.

Die *Dachsteinkalke* des Nor/Rhät stellen faziell stark differenzierte Riffkomplexe des Plattformrandes dar, wobei der geschichtete Dachsteinkalk auf Bildungen der Schelflagune und

des Backriffbereiches zurückzuführen ist. Charakteristisch für diese Sedimente sind die zeitweise im Wattbereich gebildeten Kalk-Dolomit-Millimeter-Rhythmite (*Loferite*) und die mächtigen, megalodontenführenden Bänke. Die massigen Dachsteinriffkalke sind auf Ablagerungen des Riffkernes zwischen Lagune und offener See zurückzuführen. Beide Sedimenttypen erreichen 1000 m und mehr an Mächtigkeit.

Die Dachsteinkalke sind gut verkarstungsfähig und wasserdurchlässig, was insbesondere bei den gebankten Dachsteinkalken durch Klüfte und Bankungsfugen erleichtert wird.

Ab dem mittleren Anis steht der meist flachen Schelfentwicklung der Trias eine völlig andere Ausbildung, die *Hallstätter Fazies*, gegenüber. Charakteristisch für diese Fazies sind die geringe Mächtigkeit, die nur einige 100 m im Gegensatz zu den über 1000 m mächtigen Ablagerungen der Karbonatplattform beträgt, das Auftreten oft tiefreichender synsedimentärer Spaltenbildungen und die örtlich reiche Fossilführung (Ammonitenfaunen).

Die klassische Entwicklung der Hallstätter Fazies im Salzkammergut ist durch geringe Sedimentation auf Schwellenbereichen und Seamounts charakterisiert, der eine mächtige Sedimentation in den Becken gegenübersteht. Die Basis der Hallstätter Fazies bilden im oberen Anis und Ladin die *Schreyeralmkalke* (max. 30 m mächtig). Auf den Schwellen können diese Kalke durch Kondensation und Subsolution in ihrer Mächtigkeit reduziert sein. Im tieferen Karn gelangen auch in der Hallstätter Fazies geringmächtige *Halobien-schichten* zur Ablagerung, die einen bedeutenden wasserstauenden Horizont bilden und heute durch Quellaustritte und Seen charakterisiert sind. Hangend davon wurden im Karn bis ins tiefere Rhät die eigentlichen *Hallstätterkalke* abgelagert. In den tieferen Becken stehen dieser Entwicklung die *Pötschenschichten* und die *Pedatakalke* gegenüber.

Im Rhät erlischt in diesem Raum die Trennung in Becken- und Schwellenfazies und es werden die *Zlambachmergel* sedimentiert, die hydrogeologisch einen ausgeprägten Stauhorizont bilden.

Im Gegensatz dazu steht die Entwicklung der *Aflenzer Kalke*, obertriassischer Kalke, die als Sedimente eines Intraplattform-Beckens verstanden werden und mit Dachsteinriffkalken verzahnen.

Die Juraformation setzt über den Dachsteinkalken mit roten Crinoidenschuttkalken (*Hierlatzkalken*) ein, die als mächtige Spaltenfüllungen oft tief in triassische Plattformsedimente eingreifen. Geknüpft an diese Crinoidenschuttkalke sind bisweilen auch Brachiopodenkalke und rote Cephalopodenkalke. In der Beckenfazies dominieren hingegen bis in den Dogger kieselig-mergelige Gesteine (*Kieselkalke*, *Rauhwacken*, *Liasfleckenmergel*), während in Tief-schwellenbereichen bunte (meist rote) kondensierte *Cephalopodenkalke* zur Sedimentation gelangten. Die *Adneter-Kalke* (im Salzburger Raum bis 100 m mächtig) stellen die liassischen Anteile dieser roten Cephalopodenkalke dar, während die geringmächtigen Anteile dieser Fazies im Dogger als *Klauskalke* bezeichnet werden. In der Steiermark ist diese rote Cephalopodenkalkfazies im Toten Gebirge vorhanden. Hydrogeologisch stellen die Liasfleckenmergel einen wasserstauenden Horizont dar.

Im Oberjura ist dann eine markante Faziesdifferenzierung bemerkbar. Im Plattformbereich bilden sich bis einige hundert Meter mächtige, massige Riffkomplexe (*Tressensteinkalk*, *Plassenkalk*), während sich in den Tiefseebecken kieselig-tonige Sedimente absetzen. Von der lateralen Verknüpfung beider Ablagerungsbereiche zeugen in den Beckenbereichen gut gebankte Karbonat-Turbidit-Abfolgen (*Oberalmer-Schichten*) mit einer Mächtigkeit bis zu 800 m. Auf Tiefschwellen bildeten sich kondensierte, geringmächtige bunte Kalke (*Agatha-Kalk*). In der Steiermark enden die Profile mit den oberjurassischen Bildungen.

In der höheren Oberkreide bilden sich dann nach den vorgosauischen gefügeprägenden Phasen ganz charakteristische marine Flachwassersedimente (*Gosau-Schichten*) aus, deren Sedimentation örtlich bis ins Alttertiär andauert. Überwiegend werden dabei klastische Gesteine (Kalkkonglomerate, Sandsteine, Mergel) abgelagert, in die nur in Kleinvorkommen Kalkkörper (Hippuritenkalke, Actaeonellenkalke) eingeschaltet sind. Die bekannteste Gosauentwicklung innerhalb der steirischen Kalkalpen ist mit einer Mächtigkeit bis zu 2500 m wohl im Raum Gams/Hieflau zu finden.

Weitere größere Vorkommen finden sich im Salzkammergut und im Raum Krampen (oberstes Mürztal). Westlich von Graz lagern Gosauschichten (Kainacher Gosau) direkt dem Grazer Paläozoikum auf. Aber auch hier sind Hippuritenkalke nur geringmächtig und auf wenige Lokalitäten beschränkt.

Literatur: EBNER 1984, FLÜGEL & NEUBAUER 1984, HÜBEL et al. 1990, OBERHAUSER 1980, PLÖCHINGER 1980, TOLLMANN 1976A,B, 1985.

4.2. GRAUWACKENZONE

Die Grauwackenzone ist in der Steiermark durch die Norische Überschiebung in zwei Deckeneinheiten, die liegende Veitscher und die hangende Norische Decke, gegliedert. Altersmäßig umfaßt die Norische Decke Ordoviciem bis Perm, während die Veitscher Decke dem Karbon zuzurechnen ist.

Die stratigraphische Basis der *Norischen Decke* bilden diverse Schiefer (*Silbersbergschichten*, *Gerichtsrabengruppe* und *Kalwanger Gneiskonglomerat*). Darüber folgen *Blasseneckporphyroid* und basische Vulkanite. Im Hangenden der Porphyroide finden sich v.a. im Raum Eisenerz Sandsteine bis Quarzite (*Polsterquarzite*), die eine Transgressions-Sequenz darstellen. Genetisch ähnliche Abfolgen finden sich zwischen Lichteck und Radmerhals in Form von Arkosen (Lichteckarkose). Die Transgression der Polsterquarzite leitete eine Entwicklung ein, die durch eine deutliche Faziesdifferenzierung mit ungleichen Absenkungen im Silur und Devon charakterisiert wird. Die Schichtfolge des Silur ist durch Karbonate, Schiefer und basische Vulkanite gekennzeichnet. Am Polster setzt sie mit Kalksandsteinen ein, die über Cystoideenkalcken liegen. Für das mittlere Silur ist eine von *Kieselschiefern* (Alaunschiefer, Kieselschiefer, dünnplattige Kalke) dominierte Fazies kennzeichnend. Im Hangenden geht sie in eine reine Kalkentwicklung über, die bis ins Devon fort dauert.

In den südlichen Eisenerzer Alpen ist die Silurentwicklung vielfältiger. Hier finden sich schwarze und phyllitische Schiefer, in die Kalkbänke eingeschaltet sind. Darüber folgen mit Schwarzschiefern wechsellagernd basische Vulkanite, Tonschiefer und Kalke in unterschiedlicher Ausprägung.

Die Karbonatentwicklung des Devon ist im Raum Eisenerz gut untersucht. Die früher als Silur-Devon-Kalke zusammengefaßten Sedimente lassen sich in *Saubergerkalke*, *Polsterkalk*, *Wildfeldkalk*, *Reitingkalk*, *Bänderkalk* und den *Erzführenden Kalk* gliedern. Vom Zentrum der Karbonatfazies der Norischen Decke (Raum Eisenerz) ausgehend nimmt nach Osten wie auch nach Westen die Mächtigkeit der Kalke bedeutend ab. Nach Westen sind sie über den Zeiritzkempel bis in den Raum Aigen weiter zu verfolgen. In den östlichen Anteilen treten in Schiefen (*Radschiefer*) eingeschaltete geringmächtige Vorkommen Erzführender Kalke in der Gollrader Bucht und im Raum Veitsch-Neuberg/Mürz auf. Transgressiv über dem Relief der Devonkalke lagern im Raum Eisenerz die *Eisenerzer Schichten*, die dem Unterkarbon zugerechnet werden.

Im Raum Radmer findet sich in der Norischen Decke ein klastischer Komplex (*Konglomerat von Radmer*), dessen stratigraphische Stellung unbekannt ist, möglicherweise aber dem Oberkarbon zugeordnet werden kann.

In ihrer hydrogeologischen Wertigkeit sind die Blasseneckprophyroide und die Schiefer des Silur als Stauhorizonte anzusehen. Die Devonkalke, v.a. der Erzführende Kalk und die Bänderkalke, weisen Karstphänomene auf.

Der Gesteinsbestand der *Veitscher Decke* setzt sich aus höher metamorphen Gesteinen und karbonen Sedimentgesteinen zusammen. Die liegenden Anteile bilden +/- graphitische Schiefer mit Einschaltungen von dunklen, plattigen Kalken, während die höheren Anteile aus bis zu 500 m mächtigen, teilweise massigen Karbonaten (Kalke, Dolomite, Magnesite) aufgebaut werden. Über diesen, dem Visé zugeordneten Gesteinsabfolgen, liegen klastische Gesteine, die dem Oberkarbon zugezählt werden und in denen sich die Graphitlager von Sunk und Kaiserberg befinden.

Über den verschiedenen Schichten und tektonischen Einheiten der Grauwackenzone lagern transgressiv und diskordant die permischen Prebichlschichten und das Haselgebirge. Die Prebichlschichten besitzen an der Basis mächtige Kalkkonglomerate und leiten über feinklastische Bildungen in die Werfener Schichten der Kalkalpen über. Das Haselgebirge liegt meist im Hangenden, jedoch auch innerhalb der Werfener Kalke. In den Haselgebirgebereichen kommen nicht selten Verkarstungsphänomene wie Dolinen (von 5 m Tiefe und ca. 10 m Durchmesser) vor.

Literatur: EBNER 1984, FLÜGEL & NEUBAUER 1984, MAGER 1979, OBERHAUSER 1980, TOLLMANN 1977.

4.3. GRAZER PALÄOZOIKUM

Das Grazer Paläozoikum wird in fünf Faziesbereiche gegliedert:

- Rannachfazies
- Hochlantschfazies
- Tonschiefer (Schöckelkalk)-Fazies
- Hochschlagfazies
- Pelagische Fazies (Raum Lafnitzdorf/Breitenau)

Ein lithologischer Vergleich der Faziesbereiche zeigt, daß die Faziesdifferenzierung im Unter- bis Mitteldevon stattfand. Die liegenden Schichtanteile, ein vulkanoklastischer Komplex, gleichen einander.

Die liegenden Anteile der *Rannachfazies*, die Schichten von Kher, werden in einen tieferen, vorwiegend vulkanogenen und einen höheren, sandig-kalkigen Anteil gegliedert. Überlagert wird dieser Schichtkomplex einerseits von *Crinoiden Schichten* (Crinoidenkalke, tonige Kalkschiefer sowie Mergelschiefer), andererseits von der *Dolomit-Sandstein-Folge*. Der ca. 500 m mächtige Komplex der *Dolomit-Sandstein-Folge* ist im Raum um Graz dreigeteilt. Das Liegende wird vorwiegend von Dolomitsandsteinen und das Hangende von hellen und dunklen Dolomiten aufgebaut. Getrennt werden sie durch einen Diabastuffhorizont, der sich aus einer Wechsellagerung von Diabastufflagen und Dolomiten zusammensetzt. Weiter im Nordwesten, im Raum Plesch-Großstübing, ist diese Gliederung nicht durchzuführen, die Mächtigkeit der Dolomit-Sandstein-Folge steigt dagegen bis auf 1000 m an. Hier erfolgt eine fazielle Verzahnung mit der Kalkschiefer-Folge. Das Hangende der Dolomit-Sandstein-Folge bilden *Barrandei-Kalke*, dunkelgraublau, dickbankige Kalke mit reicher Korallen- und Brachiopodenführung, die ihre größte Verbreitung im Plabutsch-Buchkogelzug und im Rannachgebiet haben. Über den Barrandei-Schichten bzw. teilweise mit diesen verzahnend, finden sich geringmächtige, dunkelgraue, massige bis bankige Dolomite, die als Mitteldevondolomit bezeichnet werden. Darüber folgen dickbankige bis massige hellgraue Kalke, die im Plabutsch-Buchkogelzug und auf der Rannach als *Kanzelkalke* und im Bereich des Platzl- und Höllerer-Kogels sowie um St.Pankrazen als Kalke des Platzlkogels bezeichnet werden. Örtlich sind geringmächtige Diabas-Tuffe eingeschaltet. Am Platzlkogel tritt über den Kalken eine mächtige Wechselfolge von hellgrauen, gebankten Kalken und grünlichroten Schiefen auf, die dem tiefsten Oberdevon angehören.

Über den Flachwasserbildungen der Kanzelkalke und deren Äquivalenten (Kalke des Platzlkogels) setzt heterochron eine pelagische Flaserkalkentwicklung ein, die z.T. bis ins Karbon reicht, z.T. ist eine Schichtlücke an der Devon/Karbongrenze vorhanden. Bei den Flaserkalcken handelt es sich um die *Sanzenkogel Schichten*, die *Steinbergkalke*, die Flaserkalke des Höllerkogels und die Flaserkalke des Hahngrabens. Das hangendste Schichtglied der Rannach-Fazies sind die *Schichten der Dult* (Karbon), die von massigen bis dickbankigen, dunklen Kalken und im Hangenden von Schiefen gebildet werden.

Die für die *Hochlantschfazies* charakteristischen Schichtglieder treten in einer tektonischen Einheit auf, die aufgrund ihrer hohen Position mit der Rannachdecke des engeren Grazer Raumes vergleichbar ist. Die Faziesdifferenzierung zur Rannachfazies erfolgte im Mitteldevon über der Dolomit-Sandstein-Folge und den Barrandeikalken bzw. deren Äquivalenten. Über diesen Schichten lagert eine ca. 500 m mächtige Abfolge von Dolomiten, Sandsteinen, Rauhacken, Vulkaniten und Kalken. Diese Folge wird als *Tyrnaueralm-Formation* zusammengefaßt und entspricht den Calceola-Schichten der älteren Literatur. Darüber folgen im Bereich der Zehenspitze dünnbankige und massige bis dickbankige mikritische Kalke, die als *Zehenspitzen-Formation* (damals *Quadrigenium-Schichten*) bezeichnet werden. Innerhalb dieser Formation treten geringmächtige Vulkaniteinschaltungen auf.

Das Gebiet des Hochlantsch-Rötelsteinstockes östlich und des Schiffal westlich der Mur wird von ca. 800 m mächtigen, massigen, meist ungeschichteten Kalken, den *Hochlantschkalken* aufgebaut. Nach einer Schichtlücke folgen darüber südlich des Mixnitzbaches Flaserkalke und Lydite, die als *Karbon von Mixnitz* bezeichnet werden.

Die beiden Flachwasserentwicklungen (Rannach- und Hochlantsch Fazies) verzahnen beckenwärts mit Wechselfolgen von gebankten Kalken, Dolomiten, Kalk-, Silt- und Tonschiefern. Diese Abfolgen werden als *Kalkschiefer-Folge* bezeichnet, die ihre Hauptverbreitung in einem breiten Streifen entlang des Nordwestrandes des Grazer Paläozoikums von Gallmannsegg-Übelbach-Frohnleiten-Tyrnauer Graben besitzt. Diese Folge geht ohne scharfe Grenze in die *Schichten der Hubenhalt* über. Bei diesen handelt es sich um eine an Flachwasserorganismen reiche Wechsellagerung von dunklen, tonigen Plattenkalken und dunklen Dolomiten mit gelblichen Dolomiten bzw. dolomitischen Kalken an ihrer Basis.

In tektonisch tieferen Bereichen tritt am Hochlantsch-Nordabfall im Bereich von Gams bei Rothleiten bis nördlich St.Jakob eine pelagische Entwicklung auf. Sie zeigt gravierende fazielle Unterschiede zur flachmarinen Hochlantsch- und Rannachfazies und wird in eine liegende *Hackensteiner-Formation* und eine hangende *Schattleitner-Formation* gegliedert. Als Hackensteiner-Formation wird eine Abfolge von basischen Vulkaniten, Ton-, Silt- und Glimmersandsteinen, Lyditen, Dolomiten und Kalken bezeichnet. Als Schattleitner-Formation werden dunkelblaue, gebankte bis massige Kalke, Glimmersandsteine und phyllitische Ton- und Siltschiefer zusammengefaßt.

Nördlich von St.Jakob wird die Schattleitner-Formation tektonisch von der klastischen *Dornerkogel-Formation* überlagert, die in ihren liegenden Anteilen aus Sandsteinen, Tonschiefern und vulkanoklastischen Konglomeraten und in den höheren aus einer Wechselfolge von dm-cm-gebankten Sandsteinen mit Streuglimmerführung besteht. Möglicherweise bildet die *Harberger-Formation*, die in einer höheren tektonischen Einheit am Hochlantsch Nordabfall auftritt, die stratigraphische Fortsetzung der pelagischen Faziesentwicklung bis ins tiefere Oberdevon. Diese Formation setzt sich aus Tonschiefern zusammen, in die Dolomite, Sandsteine, Lydite und Metatuffite eingeschaltet sind.

Die Gesteine der *Tonschiefer-(Schöckelkalk-)Fazies* sind an die Schöckeldecke gebunden. Die vulkanoklastischen Basisanteile, die bis ins tiefere Mitteldevon reichen, werden als

Passailer Gruppe zusammengefaßt. Diese umfaßt in ihrem Liegenden die Passailer Schichten (Meta-Diabase, Tuffite, Tuffe und dunkelgrau pigmentierte Phyllite), die örtlich von *Hundsbergquarziten* überlagert werden. Den Abschluß bilden die *Arzberg-Schichten* (Schwarzschiefer, Karbonatphyllite, karbonatreiche Kohlenstoffphyllite und Bänderkalke), die Blei/Zink-Vererzungen führen.

Zwischen dem Schöckelkalk und dem Radegunder Kristallin tritt am Schöckl-Südabfall ein Reibungsteppich aus Serizitschiefern, Kalk-Glimmerschiefern, Rauhwacken, Dolomiten und Sandsteinen auf. Örtlich wird der Schöckelkalk von an Korallen reichen Kalken und Kalkschiefern (Striatoporenkalken) unterlagert. Der *Schöckelkalk* selbst ist ein graublauer oder grau-weiß gebänderter halbmetamorpher Kalktekonit, in den lokal Karbonatquarzite eingeschaltet sind.

Die vulkanoklastischen Basisbildungen der *Hochschlag-Fazies*, die *Heilbrunner Phyllite*, sind eine Abfolge von Phylliten, Schiefern und Serizitschiefern, in die geringmächtige Grünsteinslagen eingeschaltet sein können. Darüber folgt die Hochschlag-Gruppe, die sich in die liegende Hochschlag-Formation und die vulkanoklastisch beeinflusste Aibel-Formation gliedert. Die Hochschlag-Formation besteht aus überwiegend gebankten bis plattigen Kalken, in denen sich untergeordnet Tonschiefer, Kalkschiefer und Dolomite finden. Die Aibel-Formation setzt sich aus Kalken, Ton- und Siltschiefern und basischen Vulkaniten zusammen.

Literatur: EBNER 1983A, 1984, FLÜGEL 1975, FLÜGEL & NEUBAUER 1984, OBERHAUSER 1980, TOLLMANN 1977

4.4. MURAUER PALÄOZOIKUM

Das Murauer Paläozoikum ist ebenso wie das Gurktaler Paläozoikum ein Teil der Gurktaler Decke. Sie lagert über teilweise zwischengeschaltetem Mesozoikum dem Mittelostalpinen Kristallin auf und wird in die Murauer-, die Stolzalpen- und die Ackerl Decke gegliedert.

Die beiden tieferen, aus Altpaläozoikum bestehenden Decken sind in ihrer Fazies, Metamorphose und Deformationsentwicklung unterschiedlich, wobei die *Murauer Decke* einer höhertemperierten, variszischen und die *Stolzalpen Decke* einer schwächertemperierten Grünschieferfazies zuzuordnen ist. Das Murauer Paläozoikum umfaßt einen mehrere hundert Meter mächtigen metamorphen Schichtstoß mit Bänderkalken, Marmoren, Phylliten, Graphitphylliten und Metavulkaniten. Die Basis wird in der Umgebung von Murau von 200 - 300 m mächtigen, meist dunklen gebänderten *Murauer Kalken* gebildet. Im Liegenden gehen sie durch Wechsellagerung aus schwarzen Graphitphylliten hervor, die auch in ihrem Hangenden folgen. Diese Entwicklung ist am Staberkogel, am Kramerkogel im Nordwesten von Murau sowie an der Basis der Stolzalpe verbreitet. Darüber lagert auf der Stolzalpe, der Frauenalpe und der Ofneralpe die 400 - 600 m mächtige *Metadiabasserie*.

Den Murauer Kalken und den damit verbundenen Quarzphylliten am Blasenkogel steht nördlich der Mur die Masse des Pleschaitz gegenüber. Über mesozonal kristallinen Gesteinen folgen konkordant in Form einer Mulde Kohlenstoffphyllite, Kieselschiefer, Kalkphyllite, Kalke und Dolomite sowie Gänge von Uralitdiabasen. Im Vergleich mit der Grebenzen fallen blaugraue, plattige Kalke auf; bunte Kalke, wie sie für die Grebenzen charakteristisch sind, fehlen dagegen. Die Basis der Grebenzen wird von kristallinen Gesteinen gebildet, über denen die Murauer Kalke lagern. Hangend und mit den Kalken verzahnend folgen Kohlenstoffphyllite und Arkoseschiefer. Über dieser Phyllitfazies sind im Westen und Südwesten (Auerling, Kuhalm, Ofner Alpe) Grüngesteine ausgebildet, im Osten hingegen die mächtige Platte der Grebenzenkalke, die ins Mitteldevon eingestuft wird.

Die Nord-Süd streichenden und nach Osten einfallenden Grebenzenkalke haben eine andere Orientierung als die sie unterlagernden Phyllite, die Ost-West streichen und nach Norden einfallen. Der Groberbergbruch grenzt das Grebenzenmassiv vom Neumarkter Becken im Osten ab. Hier herrschen phyllitische Gesteine (Kohlenstoffphyllite, Chlorit-Serizitphyllite, Arkoseschiefer) mit Einschaltungen von Grüngesteinen (Diabasschiefer, Prasinite) über Kalk-Dolomithorizonten vor.

An der Westseite der Grebenzen treten bei St.Lambrecht basal Arkoseschiefer auf, über denen Quarzphyllite mit Lagen von Kieselschiefern folgen. Sie werden nach oben abrupt von Bänderkalken abgelöst, die in Bänderkalkmarmore übergehen. In sie sind Crinoidenschuttflächen und rötliche Bänderflaserkalke eingeschaltet. Diese Karbonatentwicklung wird ins jüngere Unter- bis Mitteldevon eingestuft. Der Bereich westlich des Grebenzenstockes zwischen Mur und Metnitztal (Kuhalpe, Preining, Pranker Höhe) wird aus überwiegend phyllitischen Gesteinen aufgebaut. Dazu kommen auf der Frauen- und Ofneralpe Arkoseschiefer, die von einer mächtigen Metadiabasplatte überlagert werden. Im Grebenzenmassiv treten Karstphänomene auf. Im Osten des Grebenzenkalkstockes treten zwei große Karstquellen zutage, die eine befindet sich bei Pöllau und die zweite südlich von Zeutschach ("Ursprungsquelle").

Literatur: EBNER 1984, EICHER 1976, FLÜGEL & NEUBAUER 1984, OBERHAUSER 1980, THURNER 1958, THURNER et al. 1980, TOLLMANN 1977.

4.5. KARBONATE IM TERTIÄR

Bei den inneralpinen Tertiärbecken entlang der Mur/Mürz-Furche treten gegenüber der klastischen Beckenfüllung die karbonatischen Sedimente in den Hintergrund. Ebenso verhält es sich im Tertiärbecken von Passail. Selbst im Steirischen Tertiärbecken, das durch die Mittelsteirische Schwelle (Sausalschwelle) in das Ost- und Weststeirische Becken gegliedert wird, sind Kalke nur an bestimmte fazielle Positionen und stratigraphische Niveaus gebunden. Im Karpat wurde das *Konglomerat von Stiwoll* sedimentiert. Es handelt sich dabei um ein grobbankiges Konglomerat mit meist faustgroßen Geröllen (paläozoische Kalke und Dolomite), die mit hellgrau-mergeligem Zement verkittet sind. Es tritt zwischen dem

Söding- und dem Liebochtal nördlich von Stiwoll auf. Aufgrund des hohen Karbonatanteiles in Matrix und Komponenten verhält sich das Stiwoller Konglomerat wie ein Karbonatgestein. Es treten Karstphänomene wie Dolinen und Höhlen auf, die an Schichtflächen gebunden sind und teilweise Karstquellen zeigen. Die Entwässerung ist nach Osten gerichtet, da die Konglomeratplatte leicht nach Osten einfällt.

Im unteren Badenien kam es im Bereich der Mittelsteirischen Schwelle zur Ausbildung mächtiger Riffkomplexe mit unterschiedlichen Kalktypen. Die Basis dieser bis 150 m mächtig werdenden kalkigen Serie (Leithakalk-Serie) bilden Schieferbrekzien und -konglomerate, die dem paläozoischen Grundgebirge des Sausal direkt auflagern. Gegen Osten gehen sie in die marinen, teilweise fossilführenden Leithakonglomerate und -schotter über. Diese Schotter verzahnen sich beckenwärts mit organogen gebildeten *Leithakalken*, die auch ihr Hangendes bilden. Es handelt sich dabei um Biostrome und Bioherme, die vorwiegend aus Algen (*Lithothamnium*) aufgebaut sind und durch Tonmergel, sandige Mergel, Sandsteine usw. voneinander getrennt werden. Reine Korallenriffkalke sind dagegen selten anzutreffen. In bezug auf die Grundgebirgsschwelle sind die Leithakalke als Meeresstrand- bzw. Riffbildungen anzusehen. Sie erreichen im Wildoner Buchkogel ihre größte Mächtigkeit und sind verkarstungsfähig. An der Oberfläche der Kalkplatte des Wildoner Buchkogels sind Dolinen ausgebildet; die meisten Quellen treten an der Unterkante der Nulliporenkalke zutage.

Der Leithakalkzug zieht von Schloß Weißenegg gegen Afram. Die Folge von Nulliporenkalken, Tonmergeln und riffartigen Kalken wird von sarmatischen Schichten überlagert, in deren Grenzbereich sich eine Dolinenlandschaft entwickelte. Die Karsterscheinungen im Raum Afram-Sukdull wurden eingehend untersucht, da diese Karstwasser den Grundwasserhaushalt des nördlichen Leibnitzer Feldes beeinflussen könnten.

Nach Westen geht der Riffbereich der Mittelsteirischen Schwelle über Lagunensedimente (*Florianer Schichten*) in einen Brackwasserbereich und etwa nordöstlich der Linie Stainz-Lannach-Tobelbad in limnisch-fluviatile Sedimente (*Eckwirtschotter/fluviatil; Reiner Schichten/limnisch*) über. Ein typisches Merkmal der Reiner Schichten sind Süßwasserkalke, die in geschützten Buchten (z.B. Raum Rein) in unmittelbarer Grundgebirgsnähe auftreten und mit rein terrestrischen Sedimenten (*Eggenberger Brekzie*) verzahnen. Die Mächtigkeiten wie auch die räumliche Ausdehnung dieser Süßwasserkalke ist gering.

Ein zweiter Horizont bevorzugter Kalkproduktion tritt im Obersarmat auf, als vor der Verlandung und endgültigen Aussüßung des Tertiärmeeres in der Steirischen Bucht ein letzter Meeresvorstoß zu beobachten ist. Mächtige Obersarmatische Kalkbildungen in Form von *Muschel-, Gastropoden- und Ooidkalken* sind besonders im Raum Hartberg/Grafendorf am unmittelbaren Grundgebirgsrand vertreten. Aber auch im Beckeninneren sind im Obersarmat im Raum Gleisdorf/Arnwiesen, Gleichenberg, Fehring, Gnas fossilreiche Molluskenkalke und Ooidkalke weit verbreitet.

Literatur: EBNER 1983A, 1984, FABLANI 1973, FABLANI & EISENHUT 1971, FLÜGEL 1975, FLÜGEL & HERITSCH 1968, FLÜGEL & NEUBAUER 1984, OBERHAUSER 1980, TOLLMANN 1985, VORMAIR 1938, 1940.

4.6. KARBONATE IM KRISTALLIN

4.6.1. UNTEROSTALPINES KRISTALLIN

Gesteine dieser Einheit finden sich östlich der Linie Stanz-Feistritztal, in den Fischbacher Alpen bis zum Hochwechsel und in den S-Abfällen des Troiseck-Floning-Zuges nördlich des Mürztales. Durch zentralalpines Mesozoikum markiert beinhaltet diese Gesteinsfolge zwei Deckeneinheiten, die als *Wechsel-* bzw. *Semmeringsystem* bezeichnet werden. Glimmerschiefer, Gneise, Grobgneise und phyllitische Gesteine sind die lithologischen Haupttypen in beiden Einheiten; Marmore sind kaum anzutreffen. Überlagert werden beide Teilsysteme durch wesentlich geringer metamorphes *Zentralalpines Mesozoikum*. Dieses setzt sich aus quarzitischen Gesteinen an der Basis und darüberfolgenden Karbonaten (Dolomite, Rauhacken, Kalke) zusammen. Weiteres Zentralalpines Mesozoikum, das ebenfalls dem unterostalpinen Kristallin auflagert, findet sich auch direkt an der Landesgrenze zu Salzburg im Bereich der Kalkspitze südlich Schladming.

Literatur: EBNER 1984, FLÜGEL & NEUBAUER 1984, TOLLMANN 1977.

4.6.2. MITTELOSTALPINES KRISTALLIN

Große Teile der Zentralalpen werden vom mittelostalpinen Kristallin eingenommen. Dieses ist in zwei voralpidische Deckeneinheiten, die Muriden- und die Koriden-Einheit, zu gliedern. Ersterer gehören die Niederen Tauern, die Nordabfälle der Seetaler Alpe, die Glein- und Stubalpe, das Rennfeld, Teile des Kristallins von Anger wie des Troiseck-Floning-Zuges an. Zur Koriden-Einheit zählen die Gipfel der Seetaler Alpe, Pack-, Koralpe, Remschnigg und das Radegunder Kristallin.

Das Kristallin der *Muriden* wird in folgende Komplexe gegliedert:

- Marmor-Komplex
- Glimmerschiefer-Komplex
- Amphibolit-Komplex
- Vulkanogener-/Gneis-Komplex

Der lithologische Hauptbestand geht aus der Benennung der Komplexe hervor. Im gesamten mittelostalpinen Kristallin tritt der *Marmor-Komplex* in Form von sich lang hinziehenden Marmorzügen auf, die mit unterschiedlichen Lokalnamen belegt wurden. Am Nordabfall der Niederen Tauern werden sie als *Sölker-Gumpeneck-Marmor* und in den Wölzer Tauern als *Bretsteinmarmore* bezeichnet. Letztere lassen sich aus den Wölzer Tauern über Eppenstein bis in den Raum des Obdacher Sattels verfolgen. Am Südabfall der Glein-Stubalpe sind es die *Salla Marmore*, im Kristallin von Anger z.T. die *Koglhofmarmore*. Vereinzelt wird in den Zügen des Sölker-/Gumpeneck- und des Koglhofmarmores auch stärker metamorphes Zentralalpines Mesozoikum gesehen.

Das Gesteinsinventar der *Korideneinheit* setzt sich aus Plattengneisen, pegmatitischen Glimmerschiefern, Staurolith-Granatglimmerschiefern und amphibolitisch/eklogitischen Gesteinen zusammen. Marmore treten in der sog. *Marmorserie* auf, die besonders im Koralpen-Gipfelgebiet und im Wildbachgraben bei Gams große Verbreitung besitzt. Meistens sind es Kalzitmarmore, in Etzendorf liegen jedoch auch reine Dolomitmarmore vor.

Literatur: EBNER 1984, FLÜGEL 1975, FLÜGEL & NEUBAUER 1984, TOLLMANN 1977.

5. DIE UNTERIRDISCHE ENTWÄSSERUNG IM KARST

Da die Karstwasserbewegung in einem sehr komplexen, dreidimensionalen System von unregelmäßig zusammenhängenden Hohlraumgebilden unterschiedlichster Gestalt, Größe und Wasserwegsamkeit erfolgt, unterscheidet sie sich wesentlich von der Grundwasserbewegung im Porenraum von Lockergesteinen. Vor allem aber sind die Bedingungen für die Wasserbewegung in einem verkarsteten Gesteinskörper von einer wesentlich größeren Vielfalt und überdies um vieles schwerer erfaßbar als im Lockergestein, sodaß eine mathematische Beschreibung der Karstwasserbewegung kaum möglich ist.

Eine Möglichkeit zur Verfolgung und Beschreibung dieser Wasserbewegungen bieten Markierungsversuche. Bei solchen Markierungsversuchen werden in ausgewählten Versinkungsstellen des Karstgebietes (Infiltrationsgebietes) wie z.B. Dolinen Markierungsmittel eingespeist und die für einen Wiederaustritt in Frage kommenden Quellen dieses Karstgebietes auf deren Wiederaustritt beobachtet. Als Markierungsmittel kommen heute vor allem Farbstoffe (Lebensmittelfarben, wie z.B. Uranin, Rhodamin etc.) Salze (Kalisalz, Steinsalz etc.) und Triftstoffe (z.B. Bärlappsporen, Bakterien als biologische Triftkörper etc.) zum Einsatz.

Mit dem nachgewiesenen Durchgang eines Markierungsmittels von der Einspeisungsstelle zu seinem Wiederaustritt in einer Quelle wird die sogenannte Abstandsgeschwindigkeit bestimmt. Es ist dies die Geschwindigkeit, die sich aus der kürzesten Distanz zwischen Einspeisungsstelle und Quelle, geteilt durch den Zeitraum zwischen Einspeisung und Markierungsmittelaustritt ergibt. Sie entspricht nicht der wahren Fließgeschwindigkeit des Karstwassers auf verschlungenen unterirdischen Wasserbahnen, die nicht verfolgbar ist.

Die aus dem ersten Markierungsmittelaustritt ermittelte Geschwindigkeit wird maximale Abstandsgeschwindigkeit bezeichnet. Dieser stehen die mittlere Abstandsgeschwindigkeit, die bei quantitativer Auswertung des Markierungsversuches nach dem Durchgang von 50 % des Markierungsmittels und die intensive Abstandsgeschwindigkeit, die nach dem Austritt des Konzentrationsmaximums des Markierungsmittels bestimmt wird, gegenüber. Für hy-

gienische Überlegungen und damit für den Karstwasserschutz wird die maximale Abstandsgeschwindigkeit als verbindlich angesehen.

Die zur Feststellung der unterirdischen Abflußrichtungen in unseren Karstgebieten durchgeführten Markierungsversuche zeigen, daß der unterirdische Abfluß in allen Fällen unabhängig von der Oberflächengestalt des Gebietes erfolgt und daher die hydrographischen Einzugsgebiete von Karstquellen mit deren orographischen Einzugsgebieten in der Regel nicht ident sind. Von manchen Versinkungsstellen im Infiltrationsgebiet konnte hierbei ein scheinbar linearer unterirdischer Abfluß zu nur einer Quelle, von anderen wieder ein scheinbar radialstrahliger Abfluß zu mehreren Quellen beobachtet werden, wobei die von verschiedenen Versinkungsstellen desselben Infiltrationsgebietes ausgehenden unterirdischen Abflußwege einander oft scheinbar kreuzen. Darüberhinaus konnte beobachtet werden, daß der unterirdische Abfluß vom selben Versinkungsbereich unter verschiedenen hydrologischen Bedingungen mit verschiedenen Geschwindigkeiten nach verschiedenen Richtungen erfolgen kann.

Die maximalen Abstandsgeschwindigkeiten liegen in der Regel zwischen wenigen Metern und einigen hundert Metern in der Stunde, können aber auch geringer sein. Außerdem können die Abstandsgeschwindigkeiten zwischen derselben Versinkungsstelle und derselben Quelle je nach den herrschenden hydrologischen Verhältnissen um den Faktor 10 und mehr schwanken. Die Markierungsstoffaustritte in den Quellen können sich (mit abnehmenden Konzentrationen) über 10 Jahre und länger erstrecken.

Diese vorerst überraschenden Feststellungen werden erst aus der Kenntnis von Aufbau und Eigenschaften des Karstwasserkörpers verständlich. Die scheinbaren Überkreuzungen von Abflußwegen und der scheinbare radialstrahlige Abfluß erklären sich aus der Lage der Eingabestellen und einer oft weiträumigen Ausbreitung des versinkenden Wassers (und damit des Markierungsstoffes) im Karstwasserkörper, aus dem eine Vielzahl von Quellen gespeist werden kann. Unterschiedliche Abflußrichtungen zu verschiedenen Zeiten vom selben Versinkungspunkt aus sind durch eine, in den jeweiligen hydrologischen Bedingungen begründete seitliche Verschiebung des Scheitels des Karstwasserspiegels erklärbar. Unterschiedliche Abstandsgeschwindigkeiten von derselben Versinkungsstelle zur selben Quelle können auf unterschiedliche relative Höhenlagen des Karstwasserspiegels bzw. Auffüllung des Hohlraumsystems zurückgeführt werden. Lang anhaltende Austritte von Markierungsstoffen in den Quellen zeigen an, daß der Markierungsstoff eine Ausbreitung bis in tiefere Bereiche des Karstwasserkörpers erfahren hat.

Aus den Ergebnissen von Markierungsversuchen sind im Hinblick auf die hydrographischen Einzugsgebiete von Karstquellen, die als jene Gebiete zu verstehen sind, aus denen den Quellen Wasser zufließt oder zufließen kann, folgende Schlußfolgerungen zu ziehen:

- Die hydrographischen Einzugsgebiete von Karstquellen sind in der Regel mit den orographischen nicht ident.

- Die hydrographischen Einzugsgebiete von aus demselben Karstwasserkörper gespeisten Karstquellen können scheinbar einander weitgehend überschneiden.
- Die Grenzen der hydrographischen Einzugsgebiete von Karstquellen können je nach den herrschenden hydrologischen Verhältnissen bedeutende Verschiebungen erfahren.

Die Ergebnisse von Markierungsversuchen geben Aufschluß darüber, nach welchen Richtungen von den mit Markierungsstoffen beschickten Versinkungsstellen der unterirdische Abfluß erfolgen kann.

Die Ergebnisse von Markierungsversuchen zeigen ferner an, von welchen mit Markierungsstoffen beschickten Versinkungsstellen einer Quelle tatsächlich Wasser zufließt und wie groß daher die Mindestausdehnung des hydrographischen Quelleinzugsgebietes ist. Sie schließen aber nicht aus, daß diese Quelle auch aus weiter entfernten Bereichen des Infiltrationsgebietes alimentiert werden kann. Ebenso lassen die Ergebnisse von Markierungsversuchen auch nicht den Schluß zu, daß zwischen der Einspeisungsstelle im Infiltrationsgebiet und jenen Quellen, in denen der eingespeiste Markierungsstoff nicht nachgewiesen werden konnte, kein hydrologischer Zusammenhang besteht. Im Hinblick auf Fragen des Quellenschutzes sollte daher bis zum (allenfalls durch weitere Markierungsversuche erfolgten) Beweis des Gegenteiles angenommen werden, daß einer Karstquelle aus allen jenen Bereichen des Infiltrationsgebietes, die höher als der Quellaustritt liegen, Wasser zufließen kann.

In hygienischer Hinsicht von wesentlicher Bedeutung sind jene Markierungsversuche, bei denen als Markierungsstoff Lycopodiumsporen (Bärlappsporen) verwendet werden. Diese "Sporentriftversuche" zeigen, daß selbst diese 35 Tausendstel Millimeter großen Lycopodiumsporen, die somit wesentlich größer als Bakterien sind, über die unterirdischen Karstwassergefäße ungehindert in die Quellen gelangen können, und daß daher (im Gegensatz zum Porengrundwasser) in diesen Fällen in den unterirdischen Karstwassergefäßen keine Filterung der Wasser erfolgt.

5.1. MARKIERUNGSVERSUCHE DACHSTEIN

5.1.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Das östliche Dachsteingebiet wird beinahe ganz von triassischen Gesteinen aufgebaut. Die Basis der Schichtfolge wird von den Werfener Schichten gebildet. Sie bauen die Ausläufer im Nordosten und die felsarme, mit Vegetation bedeckte Vorstufe des Südabfalles auf. Über den Werfener Schichten folgen Gutensteiner Kalke und Dolomite, die von Wettersteinkalk überlagert werden; sein Äquivalent Ramsaudolomit tritt nur untergeordnet auf. Den Abschluß der Schichtfolge bilden Hauptdolomit und Dachsteinkalk.

Von hydrologischer Bedeutung ist die Grenze zwischen den Werfener Schichten und den Karbonatgesteinen. Quellreiche Horizonte sind charakteristisch. Ferner bilden die Enns-

taler Phyllite einen Stauhorizont in den Bereichen, wo sie die Werfener Schichten unterlagern. Aufgrund der verminderten Wasserwegigkeit der Gutensteiner Kalke und Dolomite treten an ihrer Grenze zu den Wettersteinkalken lokal Quellhorizonte auf. Hauptdolomit und Dachsteinkalk zeigen Unterschiede in ihrem hydrologischen Verhalten, der Hauptdolomit ist weniger und der Dachsteinkalk stark verkarstungsfähig. Von lokaler hydrologischer Bedeutung sind Moränenreste im Plateaubereich sowie die rezenten Schutthalden und jungen Talfüllungen am Nordrand des Massivs.

Neben der lithologischen Ausprägung der Gesteine ist die Tektonik für die Hydrologie von Bedeutung. Dabei spielt der Schollenbau des Dachstein eine untergeordnete Rolle, wichtiger ist die tektonische Schrägstellung der Triasplatte mit ihrem Einfallen nach Norden. Demgemäß treten die größten Quellen am Nordrand des Dachsteinmassivs aus.

Literatur: HÜBEL et al. 1990, SUETTE 1987, TOLLMANN 1985, ZÖTL 1957A,B,C,D, 1961.

5.1.2. ERGEBNISSE DER MARKIERUNGSVERSUCHE

Die in den Jahren 1953 und 1960 im Dachsteingebiet durchgeführten Sporentriftversuche ergaben das Bild eines radialstrahligen Abflusses von den Einspeisungsstellen zu einer großen Zahl von rund um das Untersuchungsgebiet entspringenden Quellen. Ein derartiger nach allen Richtungen erfolgender radialstrahliger Abfluß konnte durch die in den Jahren 1984 - 1986 mit Fluoreszenztracern durchgeführten Markierungsversuche nicht bestätigt werden; vielmehr wurde von allen Einspeisungsstellen ein ausgeprägter unterirdischer Abfluß zu am Nordrand des Dachsteinmassives entspringenden Quellen festgestellt. Nur in einem Fall (Einspeisung Grafenbergalm) war neben einem ausgeprägten Abfluß nach Norden auch ein (allerdings nur geringer) Abfluß zu zwei am Südrand des Massives entspringenden Quellen nachweisbar.

Die kritische Betrachtung der Ergebnisse der im Dachsteingebiet in den Jahren 1953 - 1960 durchgeführten Sporentriftversuche ergab nun, daß nur ein geringer Teil der ausgewiesenen Sporentriftwege aufgrund der damals erzielten Sporennachweise tatsächlich als bewiesen anzusehen ist, nämlich jene, in denen sich in mehreren aufeinanderfolgenden Proben eine Durchgangskurve mit größeren Sporenzahlen abzeichnete. Diese Sporentriftwege sind allerdings, wie auch die bei den Markierungsversuchen 1984 - 1986 eindeutig festgestellten Hauptabflußwege, ausschließlich zu am Nordrand des Massives entspringenden Quellen gerichtet. Aus diesen revidierten Sporentriftergebnissen ergibt sich somit in keinem Fall das Bild eines radialstrahligen Abflusses.

Die Ergebnisse aus den kritisch betrachteten Versuchen 1953 - 1960 und den Markierungsversuchen 1984 - 1986 zeigen, daß aus den nördlich der Einspeisungsstellen Dachstein-Südwandhöhle, Schladminger Gletscher, Schneebergseelein, Lackenmoosalm, Grafenbergalm, Hochstube und Miesboden gelegenen Bereichen ein unterirdischer Abfluß zu den am

Nordrand des Massives entspringenden Quellen erfolgt. Der Nachweis eines nordgerichteten unterirdischen Abflusses von der am Fuße der Dachstein-Südwand gelegenen Dachstein-Südwandhöhle läßt klar erkennen, daß am Nordrand des Massives entspringende Quellen unter bestimmten Voraussetzungen auch aus den Karbonatgesteinsbereichen der Südstürze alimentiert werden können. Als wesentlichste Voraussetzung hierfür muß angesehen werden, daß die, die Karbonatgesteine unterlagernden, stauenden Schichten - wie etwa im Bereiche der Dachstein-Südwandhöhle - bis in größere Höhenlagen reichen und mehr oder weniger steil unter die Karbonatgesteinsmasse einfallen.

In den Südstürzen des Bereiches westlich der Dachstein-Südwandhöhle liegt die Oberkante dieser stauenden Schichten um 1500 m Seehöhe und zum Teil auch höher: Aus den über den stauenden Schichten liegenden Karbonatgesteinen ist daher durchwegs ein nord- bzw. nordostgerichteter unterirdischer Abfluß zu erwarten.

Im östlichen Bereich der Südhänge sinken die stauenden Schichten gegen Osten zum Teil bis in die Tallagen ab. In diesem Bereich treten auch zahlreiche, zum Teil ergiebige, Karstquellen aus, die ihre Wässer aus den südlichen Bereichen des Dachsteinmassives beziehen müssen. Ein Hinweis auf die südliche Begrenzung der Einzugsgebiete der am Nordrand des Massives entspringenden Quellen gibt die Einspeisung auf der Grafenbergalm, von der aus neben einem ausgeprägten unterirdischen Abfluß nach Norden auch ein schwacher Abfluß nach Süden feststellbar war. Aus den südlichen Hanglagen zwischen der Ramsau und dem Salztal ist daher nicht mehr mit einem unterirdischen Abfluß nach Norden zu rechnen.

Literatur: BAUER 1984A,B, 1986A,B, 1989, MAURIN & ZÖTL 1959, ZÖTL 1957 A, 1957 B, 1957 C, 1961.

Dachstein 1953			
★			
	Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort
			Nachweis und Laufzeit
1	Hinterer Gosausee	8 kg ungefärbte Sporen	positiv
		Waldbach - Ursprung (Hallstatt)	
		Kesselquellen nördlich des Hinteren Gosausees Großer Brunnbach	
Dachstein 1956 I			
	Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort
			Nachweis und Laufzeit
2	Dachstein-Rieseneishöhle	2,5kg rote Sporen	nach 2 Tagen 124 Sporen nachgewiesen
			4 Proben, 2 Proben mit 5 bzw. 2 Sporen
			4 Proben mit 1 - 2 Sporen
Dachstein 1956 II			
	Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort
			Ergebnis
3	Herrenalm (nicht ident mit Einspeisungsstelle 1985 die 700 m W)	5kg ungefärbte Sporen	pro Probe 120 Sporen
			6 Proben, in 4 Proben insgesamt 19 Sporen (Max. 11 Sporen)
			7 Proben, in 3 Proben 15, 5, 4 Sporen
			3 Proben, in 2 Proben 6, 7 Sporen
4	Landfriedtal	5kg ungefärbte Sporen	15 Proben, 9 mit weniger als 5 Sporen und 1 Probe mit 7 Sporen

★) Numerierung der Einspeisungsorte in der Karte

Dachstein 1956 II			
Einspelsungsort	Einspelsung	Beobachtungsort	Ergebnis
5 Maisenberg, 500 m SSE der Halterhütte	12kg blaue Sporen	Bereich Koppenbrüllerhöhle	7 Proben, in 2 Proben insgesamt 9 Sporen
		Bereich Koppenwinkel (3 Quellen)	24 Proben, in 5 Proben nachgewiesen, in 3 Proben maximal 11 Sporen
		Ödensee Quelle Nr. 627	3 Proben mit 4, 11, 6 Sporen
		Beobachtungsstelle Nr. 648	3 Proben, in 2 Proben 1, 4 Sporen
		Beobachtungsstelle Nr. 22	3 Proben, in 2 Proben je 1 Spore
		Öfen	3 Proben, in 2 Proben 4, 2 Sporen
		Silberkarklamm Beobachtungsstelle Nr. 221	3 Proben, in 2 Proben 3, 16 Sporen
6 Miesboden, 200 m E Miesbodenhütte	7kg rote Sporen	Luserbach	3 Proben, 4, 5, 2 Sporen
		Feisterbach	3 Proben, in 1 Probe 1 Spore
		Quelle Nr. 379	in 4 Proben 20 - 31 Sporen
		Raum rund um den Miesboden, 12 Beobachtungspunkte	51 Proben, in 40 Proben Sporen nachgewiesen, Durchschnitt 2 - 4 Sporen, in 3 Proben 5, 6 Sporen
Dachstein 1957			
Einspelsungsort	Einspelsung	Beobachtungsort	Ergebnis
8 Oberfeld bei Obertraun	6kg blaue Sporen	Sportheimquelle	1. Halbtagesprobe mehr als 120 Sporen
		Obertraun - Winkel	keine Sporen

Dachstein 1958			
	Einpelsungsort	Einpelsung	Beobachtungsort
9	Schladminger Gletscher	20kg rote Sporen	Nachweis und Laufzeit
			4. Tag nach Einpelsung Beginn des Durchganges, 6. Tag Maximum mit 1278 Sporen
10	Wurzkar	15kg grüne Sporen	1. Tag nach Einpelsung 4 Sporen
			22 Proben, 2 Proben mit 1, 2 Sporen
			15 Beobachtungsstellen positiv mit 180 Proben, davon 51 mit Sporen (50 mit < 13 und 1 mit 37 Sporen)
			14 Proben, 1 Probe mit 2 Sporen
			14 Proben, 1 Probe mit 2 Sporen
			in den ersten 3 Proben insgesamt 19 Sporen
			ab 6. Tag an 3 aufeinanderfolgenden Tagen 14 Sporen
			ab 4. Tag an 5 aufeinanderfolgenden Tagen 13 Sporen
			ab 5. Tag in 4 Proben zusammen 8 Sporen
			erster Sporennachweis zwischen dem 4. und 12. Tag 59 Proben, in 31 Proben nachgewiesen (22 Proben < 6 Sporen, 8 Proben 6 - 12, 1 Probe 37 Sporen)
11	Schneelochgletscher	15kg blaue Sporen	7 Proben, in 2 Proben 1, 2 Sporen
			13 Proben, maximal 6 Sporen pro Probe

Dachstein 1958			
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort
11	Schneelochgletscher	15kg blaue Sporen	Bereich Gosau F3 - F7
12	Krippenstein (Berghaus)	7kg violette Sporen	Klausgraben C1, C2
			Koppenwinkel
			Waldbach-Ursprung
13	Schönbergalm Seilbahnstation	5kg ungefärbte Sporen	Stubenbodenquelle
			5 Proben, in 2 Proben 1, 2 Sporen
Dachstein 1960			
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort
14	Großer Gosaugletscher	15kg grüne Sporen	Hinterer Launigfall
			Vorderer Launigfall
			Großer Brunnbach
			Kleiner Brunnbach
			Quellen der Hintertaler Wasserleitung
			Geigerbach
			Beereiblbach
			Waldbach-Ursprung
15	Angeralm	15kg violette Sporen	Großer Brunnbach
			Kleiner Brunnbach
			1 Probe mit insgesamt 60 Sporen

Nachweis und Laufzeit

71 Proben, in 9 Proben maximal 4 Sporen pro Probe

22 Proben, in 3 Proben insgesamt 5 Sporen

13 Proben, in 5 Proben 1 - 2 Sporen pro Probe

11 Proben, in 2 Proben 1, 3 Sporen

5 Proben, in 2 Proben 1, 2 Sporen

Ergebnis

5 Proben mit insgesamt 140 Sporen

7 Proben mit insgesamt 1530 Sporen

8 Proben mit insgesamt 1180 Sporen

1 Probe mit insgesamt 60 Sporen

7 Proben mit insgesamt 230 Sporen

7 Proben mit insgesamt 300 Sporen

6 Proben mit insgesamt 130 Sporen

7 Proben mit insgesamt 1960 Sporen

6 Proben mit insgesamt 1420 Sporen

1 Probe mit insgesamt 60 Sporen

Dachstein 1960			
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Ergebnis
15 Angeralm	15kg violette Sporen	Quellen der Hintertaler Wasserleitung	6 Proben mit insgesamt 460 Sporen
		Geigerbach	6 Proben mit insgesamt 1130 Sporen
		Bereiribbach	5 Proben mit insgesamt 680 Sporen
		Waldbach-Ursprung	4 Proben mit insgesamt 40 Sporen
Dachstein 1984 I			
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Laufzeit
14 Großer Gosaugletscher	5kg Eosin	Spaltquelle am Hinteren Gosausee	20 Stunden
		Quellgruppe Launigfall	18 - 24 Stunden
		Quellbezirk Brunnbach	1 - 3 Tage
		Geigerbach	3 Tage
		Bereiribbach	3 Tage
		Quellbezirk Waldbach-Ursprung	1,5 Tage
		Quellbezirk Waldbach-Ursprung	1,5 Tage
11 Schneelochgletscher	10kg Tinopal CBS-X	Quellbezirk Waldbach-Ursprung	1,5 Tage
16 Hallstätter Gletscher	5kg Rhodamin FB	Quellbezirk Waldbach-Ursprung	1,5 Tage
9 Schladminger Gletscher	5kg Amidorhodamin G extra	Spaltquelle am Hinteren Gosausee	5 Tage
		Quellbezirk Launigfall	3 Tage

Dachstein 1984 I			
Einspelsungsort	Einspelsung	Beobachtungsort	Laufzeit
9 Schladminger Gletscher	5kg Amidorhodamin G extra	Quellbezirk Brunnbach	4 - 5 Tage
		Geigerbach	5 Tage
		Beereiblbach	5 Tage
		Quellbezirk Waldbach- Ursprung	3,5 Tage
		Quellbezirk Hirschbrunn	ca. 1/2 Jahr (Amidorhodamin G konnte auch in einem Bachlauf der Hiratzhöhle etwa 1 km S des Hirschbrunn und etwa 200 m über dem Hirschbrunniveau nachgewiesen werden)
10	Wurzkar	Quelle der Wasserversorgung Gosau	6 - 13 Tage
17	N der Simonihütte	Quellbezirk Koppenbrüllerhöhle	positiv
		Quellbezirk Waldbach- Ursprung	6,5 Tage
Dachstein 1984 II			
Einspelsungsort	Einspelsung	Beobachtungsort	Laufzeit
1 Hinterer Gosausee	10kg Natriumnaphthionat	Quellgruppe Launigfall bei der Gosaulacke	max. 1 Tag
		Quellbezirk Brunnbach	2 - 3 Tage
		Geigerbach	2 - 3 Tage
		Beereiblbach	2 - 3 Tage

Dachstein 1984 II					
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort		Laufzeit
	1	Hinterer Gosausee	10kg Natriumnaphthionat	Quellbezirk Waldbach- Ursprung Brielgrabenbach Quelle der Wasserver- sorgung Gosau	1 - 2 Tage 2 - 3 Tage max. 1 Tag
Dachstein 1985					
		Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Laufzeit
	18	Gratenbergalm	2kg Uranin AP	Quellbezirk Koppentrüller- höhle Quelle am Ahornsee Siebenbrunn	3 Tage 3 Tage 6 Tage
	19	Lahnfriedtal	2kg Eosin	Quellbezirk Koppentrüller- höhle	2 Tage
	20	Herrnalm	15kg Natriumnaphthionat	Quellbezirk Koppentrüller- höhle	2 Tage
	21	Finetssee	3kg Basonyl Rot 540	Quellbezirk Ödensee	2 - 3 Tage
	22	Hochstube (E Hirzberg)	3kg Amidorhodamin G extra	Quellbezirk Strummern Quellbezirk Ödensee	2 Tage 3 - 4 Tage
	23	Achlesbrunn	1kg Eosin	Quellbezirk Strummern Quellbezirk Riedelbach	2 Tage 7 Tage
	6	Miesbodensee Schwinde	15kg Natriumnaphthionat	Quellbezirk Riedelbach	7 Tage

Dachstein 1986				
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Laufzeit
24	Schneebergseelein Schwinde	4kg Basonyl Rot 540	Quellbezirk Koppenwinkel	3 Tage
25	Lackenmoosalm	3kg Eosin	Miesenbachquelle	4 Tage
			Quellbezirk Koppenwinkel	3,9 Tage
			Miesenbachquelle	5,2 Tage
26	Hirzkarseein Schwinde	15kg Natriumnaphthionat	Quellbezirk Koppenwinkel	3,2 Tage
27	Dachsteinsüdwandhöhle	2kg Uranin AP	Quellgruppe Launigfall	1,8 - 2,8 Tage
			Quellbezirk Brunnbach	2,9 - 3,9 Tage
			Geigerbach	3,9 - 4,9 Tage
			Beereibibach	3,9 - 4,9 Tage
			Quellbezirk Waldbach- Ursprung	3,5 Tage
			Quelle der Wasserver- sorgung Gosau	4,9 - 6,0 Tage
28	Gjaldalm-Moos Schwinde	15kg Na-Naphtionat	Hirschbrunn	< 20 Stunden

5.2. MARKIERUNGSVERSUCHE TOTES GEBIRGE UND WARSCHENECK

5.2.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der Aufbau des Toten Gebirges und des Warscheneck ist wie in den gesamten Nördlichen Kalkalpen durch den Deckenbau bestimmt. Die Basis der Schichtfolge wird vom Haselgebirge gebildet, das eng mit den darüberlagernden Werfener Schichten verbunden auftritt. Die Werfener Schichten bauen im Toten Gebirge das Gebiet südwestlich und nördlich von Bad Mitterndorf, sowie den Bereich Tauplitzalm auf. Im Warscheneck bilden sie die Nord- und Südostumrahmung. Darüber lagern in der oberen Hallstätter Decke des Toten Gebirges Gutensteiner Dolomit und Reiflinger Kalk, gefolgt von Schreyeralmkalken. Die Hallstätter Kalke sind fossilreich; im Gegensatz zum Dachsteinkalk fehlt ihnen jede Dolomitisierung.

Im Warscheneck liegt über den Gutensteiner Dolomiten Wettersteindolomit, der den Nordwesten des Hauptmassivs aufbaut. Die im Hangenden auftretenden Carditaschichten trennen ihn vom Hauptdolomit. Der Hauptdolomit ist im Toten Gebirge im Bereich Lawenstein und auf der Tauplitzalm am Südwestrand des Warscheneck sowie im Mittelteil des Hauptmassives aufgeschlossen. Darüber folgt der Hauptträger der Verkarstung, der Dachsteinkalk und der Dachsteinriffkalk.

Über dem Dachsteinriffkalk liegen am südlichen Rand des östlichen Toten Gebirges Juragesteine, die mit Hierlatzkalken und Fleckenmergeln einsetzen. Die Kieselschiefer des Dogger erreichen nur unbedeutende Mächtigkeit. Der darüber folgende Oberalmerkalk verzahnt sich mit dem Tressensteinkalk. Die Gipfelpartien des Rötelstein und des Krahstein werden von Plassenkalk aufgebaut. Im Warscheneck beginnt die Jurafolge ebenfalls mit Liaskalken, überlagert von den Klauskalken und den Oberalmer Schichten. Sie baut das südliche Vorland und die Umrahmung der Wurzeralm auf. Hier ist auch Plassenkalk aufgeschlossen. Den Abschluß der Schichtfolge im Warscheneck bilden Gosasedimente. Aufgrund ihrer Stauwirkung treten die Werfener Schichten hydrologisch hervor. Zusammen mit den Carditaschichten bauen sie das Seenplateau auf der Tauplitz auf, es entwässert in die Kalke des Hauptmassives.

Wo die Carditaschichten weiter verbreitet sind, bilden sie Vernässungszonen und Quellhorizonte. Der Hauptdolomit ist im Vergleich zu den ihn umgebenden Gesteinen weniger verkarstungsfähig, d.h. er fungiert als Stauer gegenüber leicht verkarstungsfähigen und als Karsträger gegenüber undurchlässigen Gesteinen. Als Hauptträger der Verkarstung tritt der Dachsteinkalk auf. Die Juragesteine spielen in der Hydrologie eine eher untergeordnete Rolle. Die Oberalmer Schichten bilden in der südwestlichen Umrahmung des Warscheneck eigene Verkarstungsareale mit gegen das Ennstal im Süden gerichteter Entwässerung. Teilweise gut verkarstungsfähig ist der Plassenkalk in der Umrahmung der Wurzeralm. Wasserundurchlässig sind dagegen die Fleckenmergel und die Radiolarite; sie bilden die wasserstauende Unterlage.

Die Steilwand des Stubwieswipfel und der Mitterberg werden im Süden von Werfener

Schichten und im Norden von weniger verkarsteten Jurakalken unterlagert, wodurch sich an der Basis ein ausgedehnter Quellhorizont ausbreitet. Die Gosaisedimente legen sich als wasserstauende Schürze um den Karststock des Warscheneck.

Literatur: DINCER 1972, HÜBEL et al. 1990, MAURIN & ZÖTL 1964, PAVUZA & TRAINDL 1990, SUETTE 1987, TOLLMANN 1985, ZÖTL 1961.

5.2.2. ERGEBNISSE DER MARKIERUNGSVERSUCHE TOTES GEBIRGE

Erste Aufschlüsse über die Abflußverhältnisse erbrachte der Färbeversuch vom Juli 1957, bei dem Lycopodiumsporen in die Schwinde im Schnittler-Moos und in eine Doline bei der Bergstation des Tauplitzalm-Bergliftes eingebracht wurden. Die Hauptmasse trat am Südrand im Sagtümpel aus. Hingegen konnten Sporen, die am Nordufer des Steyrer Sees in die Seeschwinde eingebracht worden waren, am Südfuß der Tauplitz bei einer Quelle im Grimmingtal nur in sehr geringer Menge nachgewiesen werden. Die Hauptmenge des Tracers triftete, wie man annahm, nach Nordwesten in das Hauptmassiv des Toten Gebirges. Diese Vermutung wurde unter anderem im Großversuch im Juni 1961 bestätigt. Alle im Tauplitz-Seengebiet eingesetzten Markierungsstoffe durchquerten zunächst das gesamte Hauptmassiv und traten in den Quellen im Nordwesten und Norden des Gebirgsstockes zutage. Interessanterweise wurden die großen Quellen im Steyrtal von keiner dieser Einspeisungen betroffen. Wesentlich später als im Norden des Massivs traten Spuren der Markierungsstoffe auch in den so nahe gelegenen Quellen am Südrand des Tauplitzplateaus auf. Bei den damaligen Versuchsbedingungen wurde augenscheinlich das am Nordrand des Tauplitzplateaus versinkende Wasser über die stauende Schwelle undurchlässiger Gesteine gedrückt und floß durch das Hauptmassiv nach Norden ab. Da aber gleichzeitig durch die Schneeschmelze am Hochplateau des Hauptstockes große Wassermengen anfielen, drückten diese einen Teil der vom Tauplitzplateau her nach Norden ziehenden Triftstoffe nach Süden zurück, wo sie durch Lücken in der abdämmenden Schürze einen Weg zu den Quellen am Südrand des Massivs fanden. Nur so wird auch das stark verspätete Auftreten der Markierungsstoffe in diesen, den Eingabestellen nahe gelegenen, Quellen verständlich. Der Zauchenbach und vor allem der Quellenbereich um den Sagtümpel erwiesen sich als Hauptaustritte der unterirdischen Entwässerung des Seenplateaus.

Die in die im Hauptmassiv gelegene Elmsee-Schwinde eingegebenen Sporen fanden eine radiale Verteilung. Betroffen wurde die Quellgruppe um den Toplitzsee, Altausseer See, im Rettenbachtal, im Offensee- und Almseegebiet, die Quellen im Steyrtal oberhalb Hinterstoder und die Salzaquellen im Öderntal. Am Süd- und Westfuß des Tauplitz-Seenplateaus traten keine Sporen aus der Elmsee-Schwinde aus. Unerwartet war jedoch das Auftreten von Sporen auf der Südseite des Warscheneckstockes im Weißenbachursprung. Die Sporen müssen unter dem Salzsteigjoch (tektonische Großstörung) in den ziemlich isolierten Warscheneckstock übergetreten sein.

Literatur: BAUER & ZÖTL 1962, ZÖTL 1961, 1974.

Bereich Tauplitzalm 1957			
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Ergebnis
4 Steyrer See Seeschwinde	7kg violette Sporen	Sagtümpel	?
		Draxlerbach	
		in der Gnanitz	positiv
		Grimmingbach	wenige Sporen
Öderntal Quellen			
1 Bergstation Sessellift Doline	4kg ungerfärbte Sporen	Sagtümpel	Hauptaustritt
		in der Gnanitz	
		Freubergbach	
		Bergstation Wasserfassung	
		Naturfreundehaus Wasserfassung	
		Draxlerbach	?
2 Schwinde N Gwändlselein	3kg rote Sporen	Quellaustritt oberhalb S u. E Ufer Großsee	positiv
3 Schnitter Moos (Abfluß des Kraller See)	6kg blaue Sporen	Sagtümpel	Hauptaustritt
		Zauchenbach	
		Freubergbach	
			in geringer Zahl
5 Bergstation Sessellift Sickergrube und Kläranlage Naturfreundehaus	Uranin	Quellaustritte oberhalb S u. E Ufer Großsee	positiv

Bereich Tauplitzalm 1959			
Einspelsungsort	Einspelsung	Beobachtungsort	Ergebnis
6 Großseeabfluß (Schwinde)	10kg Sporen	Salzaquellen im Ödermtal	negativ
Bereich Tauplitzalm 1961			
Einspelsungsort	Einspelsung	Beobachtungsort	Ergebnis
7 Schwinde S-Ufer Schwarzsee	17kg grüne Sporen	Quellen des Riesenbaches Quellen des Zauchenbaches Sagtümpel Quellen gegenüber der Gretthütte Quellen der Gnanitz Altaussee N-Ufer Quelle Oberes Rettenbachtal Höllgraben N des Offensees Aagquellen Quellbezirk unterhalb Almsee	Hauptmasse positiv
4 Steyrer-See Schwinde	20kg violette Sporen	Riesenbachursprung Sagtümpel Salzaursprung Traunursprung	positiv Hauptmasse

Bereich Tauplitzalm 1961			
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Ergebnis
4 Steyrer-See Schwinde	20kg violette Sporen	Quellen des SW-Ufers des Toplitzsee	Hauptmasse
		Große Quellen Strimitzbachursprung	
		Quellen am Altausseersees	
		Oberes Rettenbachtal	
		Offenseegebiet	Sporen nachgewiesen
	Almseegebiet		
	Salzaursprung		
	6Quellen Salza-abwärts		
6 Großseeabfluß (Schwinde)	10kg Uranin	Mitterndorf im Leitungswasser	höchste Konzentration am 10. und 11.Tag
		Zauchen (Wasserfassung)	
		höhergelegene Quellen des Zauchenbaches	
		Grimmingbach	
		Sagtümpel	
		Quellen im Almtal	
		Quellen im Stroneckbachtal	stärkste Konzentration
		Quellgruppen um den Toplitzsee	
8 Elmsee Schwinde	20kg ungefärbte Sporen	Quellgruppen um den Toplitzsee	positiv

Bereich Tauplitzalm 1961			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	Ergebnis
8 Eimsee Schwinde	20kg ungefärbte Sporen	Quellgruppen um den Altauseer See	positiv
		Quellgruppen im Rettenbachtal	
		Quellgruppen im Offenseegebiet	
		Quellgruppen im Almseegebiet	
		Steyrtal oberhalb Hinterstoder	
		Salzaquellen im Ödermtal	
		Weißbachursprung	
Bereich Tauplitzalm 1962			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	Ergebnis
9 Doline E des Linzer Hauses	6kg Uranin	Sagtümpel	stärkste Farbbeimengung: 12 Stunden nach Einspeisung
		Quelle oberhalb der Moosquelle	positiv
		Freubergbach	
		Quelle des Zauchenbaches	zweit stärkste Farbbeimengung
		Fassung der Gemeinde Zauchen	positiv
Leitungswasser Mitterndorf			

5.2.3. ERGEBNISSE DER MARKIERUNGSVERSUCHE WARSCHENECK

Unabhängig von den Markierungsversuchen ließen sich nach hydrologischen Untersuchungen und Quellenaufnahmen bereits räumliche Zuordnungen zu vermutlichen Einzugsgebieten - Dolomitgebiete im Westen, Kalkgebiete im Osten und Haselgebirge/Werfener Schichten-Gebiete im Bereich der Wurzeralm - und deren zeitliche Variation erkennen. Die Beobachtung der physiko-chemischen Kennwerte der Quellwässer ergab, daß während der wasserarmen Zeit (Spätsommer bis Winter) verstärkt Wasser aus den Dolomitgebieten mit ihrem größeren Rückhaltevermögen dem Kalk-Karstwasserkörper zufließen. Darüberhinaus ließ sich für die Dolomitgebiete im Westen eine weitgehend eigenständige, teilweise oberirdische Entwässerung feststellen, während die Quellen im Kalkgebiet im Osten, ziemlich verschieden stark, vorherrschend Mischwässer aus beiden Bereichen zu Tage fördern.

In der Zusammenschau aller bisherigen Versuche ergibt sich ein Bild, das der jeweiligen Situation (Schneeschnmelze und/oder Hochwasser - Sommerabfluß nach Schneeschnmelze) Rechnung tragen muß:

- Während einer Hochwassersituation oder der Schneeschnmelze besteht eine von West nach Ost gerichtete Entwässerung (nachgewiesene Zuflüsse aus dem Toten Gebirge in das Warscheneck).
- Nach Ende der Hochwassersituation kehrt sich die Entwässerung um und erfolgt von Ost nach West. Abflüsse vom Warscheneck in das Hauptmassiv des Toten Gebirges sind wahrscheinlich. Es ist unbekannt, ob diese Umkehrungen nur an die Schneeschnmelzhochwässer gekoppelt sind, oder ob sie auch durch extreme Niederschläge während ansonsten abflußärmerer Jahreszeiten ausgelöst werden können.
- Im Nordteil des Warschenecks (und -unvollkommen- im Süden) erfolgt vorherrschend ein randlich-radialer Abfluß.
- Zwischen dem Warscheneck und dem Toten Gebirge i.e.S. findet ein Karstwasseraustausch statt.

Zur Erklärung dieses Bildes bieten sich folgende Überlegungen an:

- Das Tote Gebirge ist tiefreichend verkarstet. Hierfür spricht die Vielzahl von z.T. auf über 900 Höhenmeter reichenden und erforschten Höhlensystemen und -schächten, z.B. die Höhlensysteme "Feuertalhöhle" (bis 913 m) "Trunkenboldschacht" (bis 859 m), "Raucherkarhöhle" (bis 727 m), "Ahnenschacht" (bis 607 m) u.a.m.
- Im Gegensatz dazu wurden tiefreichende und ausgedehnte Höhlensysteme im Warscheneck bislang nicht bekannt. Für den Südteil des Warschenecks liegen Hinweise dafür vor, daß die Verkarstung noch nicht auf die tiefgelegene Vorflut des Weißenbaches (Stmk.) eingestellt ist. Im Bereich der Weißenbacher Mauern sind aktive Karstgerinne in größeren Höhenlagen bekannt, z.B. "Raunete Lucke" (zwischen Brunnalm und Weißenbacher Mauern).

ern) ca. 1700 m Sh., "Frauenloch" und "Windloch" in den Weißenbacher Mauern mit Gerinnen in 1060 und 885 m Sh.

Im Norden des Warschenecks ist bisher nur eine in diesem Zusammenhang relevante Höhle bekannt, der "Pießling-Ursprung". Unter Wasser stehende Höhlenteile weisen dieselbe Seehöhe auf wie der Wasserspiegel des Pießling-Ursprungs (720 m Sh).

- Die Verteilung der Markierungsstoffe im Norden läßt auf die Existenz eines gutausgebildeten, tiefreichenden Karstwasserkörpers schließen, aus dem über weite Entfernungen die meisten Quellen gleichmäßig gespeist werden. Dagegen wurden im Süden zwei weitgehend voneinander unabhängige Entwässerungen festgestellt: einmal der rasche und hoch über dem Vorflutniveau verlaufende Abfluß zum Weißenbach; zum anderen ein vermutlich tiefergreifendes, Ost-West verlaufendes System.

Unter Berücksichtigung der bis hierher angeführten Überlegungen läßt sich die Wechselwirkung zwischen Warscheneck Nord- und Südteil einerseits und dem Toten Gebirge andererseits wie folgt erklären:

Bei Hochwasser und/oder Schneeschmelze füllt sich der Karstwasserkörper im Toten Gebirge soweit auf, daß der Abfluß dort nach allen Seiten, also auch nach Süden, erfolgt. Darüberhinaus wird Karstwasser in den Warscheneckstock gedrückt, der zumindest im Südteil dann ebenfalls einen nach Osten gerichteten Abfluß aufweist. Aufgrund seiner stärkeren und tiefergreifenden Verkarstung kann danach der Karstwasserspiegel im Toten Gebirge rascher absinken, sodaß nunmehr ein Abfluß aus dem Warscheneck in das Tote Gebirge hinein möglich ist. Der Nordteil des Warschenecks, stärker verkarstet als der Südteil, wird hiervon nicht oder nur in geringem Maße betroffen. Hier erfolgt, wie auch in dem in Bildung befindlichen Karstsystem des Weißenbachs, eine randlich-radiale Karstentwässerung.

Literatur: BENISCHKE 1985, KRAUTHAUSEN 1980.

Bereich Warscheneck 1973				Durchgang des Markierungsmittels	
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Nachweis	Laufzeit
w1	Kampalm Schwinde (Kampseelein)	3kg Amidorhodamin G extra	Weißenbach-Ursprung	positiv	unsicher 6 Tage
w2	Liezenerhütte Schwinde	15kg rote Sporen	Teichl-Ursprung	positiv; 2 Proben, 20 bzw. 11 Sporen;	35 - 40 Tage
w3	Schrelender Bach-Schwinde	15kg Uranin	Weißenbach-Ursprung u. Grundwasserauftrieb des Weißenbachtales	positiv	12 - 14 Stunden
w4	Brunalm-Schwinde	15 kg blaue Sporen	Weißenbach-Ursprung	positiv (161 Sporen)	< 26 Stunden
w5	Brunensteiner See-Schwinde	5 kg Eosin	Quellen der Wurzaln-Teichl	positiv	< 1,5 Stunden
w6	Stubwiesalm Schwinde	15kg grüne Sporen	Pießling-Ursprung	2 Proben mit 31 bzw. 5 Sporen	< 29 Tage
w7	Teichlversinkung auf der Wurzer- alm	10kg violette Sporen	Teichl-Ursprung	-	< 26 Tage
			Hochwasserspeicher	3 Proben, 486, 15, 42 Sporen	
Bereich Warscheneck 1978				Durchgang des Markierungsmittels	
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Nachweis	Laufzeit
w8	Salzsteig Schwinde	10kg Rhodamin FB	Steyr-Ursprung	in 3 Aktivkohleproben	2 - 5 Tage
			Säusenbach a	In Spuren	9 - 11 Tage
			Säusenbach b		70 - 80 Tage
			Lexgraben		1 - 3 Tage
w9	Kawassersee-Schwinde	10kg Eosin	Säusenbach	positiv	2 - 3 Tage

Bereich Warscheneck 1978							
	Einspelsungsort	Einspelsung	Beobachtungsort				
Durchgang des Markierungsmittels		Nachweis	Laufzeit				
w9	Kawasser See Schwinde	10kg Eosin	Draxlerbach	in 5 Proben	5 - 17 Tage		
			Kerngraben				
			Kalkofen Pyhrmpaß			positiv	
			Brülloch				
			Weißbach Ursprung				38 - 62 Stunden Max. 3 - 4 Tage nach Einspeisung
Weißbach (Stmk)	in Spuren	ab 4. Tag					
w10	Sutan-Eishöhle Schmelzwasser- abfluß	10kg Uranin AP	Sagtümpel	unsicherer Nachweis	9 Monate		
			Steyr-Ursprung, Loigisbachtal: Pleißbach			positiv	
			Krumpenbach				
			Luckerbauerbach				2 Tage u. weiter
			Gleinkersee			1 Tag u. weiter	
			Quelle bei Spital			in Spuren	ab 1. Tag
			Teichbach			positiv	3 - 4 Tage u. 4 - 35 Tage u. weiter
						in Spuren	2 - 3 Tage
						positiv	4 - 7 Tage

Bereich Warscheneck 1978		Durchgang des Markierungsmittels				
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Nachweis	Laufzeit		
w10 Sutan-Eishöhle Schmelzwasser- abfluß	10kg Uranin AP	Pießling-Ursprung	Nachweis			
			positiv	ab 5. Tag u. weiter		
		Pießling-Nebenquellen	noch nachweisbar	Ende 1978		
			sehr hohe Konzentration	ab 5. Tag		
		Pießling		ab 6. Tag		
			positiv	ab 5. Tag		
		Draxlerbach	unsicherer Nachweis	2. - 3. Tag		
		Kohlbach	in Spuren	6. - 20. Tag u. weiter		
		w12 Arbesböden Schachtdoline	10kg Amidorhodamin G extra	Krumpenbach	positiv	ab 6. Tag u. weiter
						ab 5. Tag
Pleißbach	unsicherer Nachweis			2 - 3 Tage		
Schafferteich	positiv			ab 1. Tag u. weiter		
Luckerbauerbach	unsicherer Nachweis			2 - 3 Tage		
Pießling	positiv			4 - 7 Tage dann durch andere Farbstoffe überdeckt		
Pießling-Ursprung	positiv			4 - 7 Tage		
Pießling-Nebenquellen	unsicherer Nachweis			8 Monate		
Sagtümpel	in Spuren	2 - 7 Tage				
Teichbach						

Bereich Warscheneck 1978				Durchgang des Markierungsmittels	
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Nachweis	Laufzeit	
w12 Arbesböden Schachtdoline	10kg Amidorhodamin G extra	Gleinkersee	unsicherer Nachweis	3 - 6 Tage	
			positiv	11 - 13 Tage	
		Loigisbach	unsicherer Nachweis	13 - 17 Tage	
		Kruppenbach	in Spuren	1. Tag	
w11 Hutterer HÖB (Schwinde)	10kg Tinopal	Pleißbach	3 - 40 Tage u. weiter	ab 13. Tag	
			positiv	9 - 11 Tage	
				7 - 17 Tage u. weiter	
		Kohlbach			
		Luckerbauerbach	positiv Höhepunkt	ab 1. Tag am 5. Tag	
		Schafferteich	positiv	9 - 11 Tage	
		Quellen bei Spital	unsicherer Nachweis	7 Monate	
Grimming		20 - 30 Tage			
Bereich Warscheneck 1980				Durchgang des Markierungsmittels	
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Nachweis	Laufzeit	
w13 Tausing Kar (Hochtausing)	3kg Uranin	Fallbachquellen	positiv	< 1Tag - 3 Tage	

5.3. MARKIERUNGSVERSUCH SÜDWESTLICHE VORALPE (ALTENMARKT)

5.3.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der Bereich um Altenmarkt ist durch einen Schollenbau gekennzeichnet. Das Gebiet von der Voralpe zum Weinberg ist aus Hauptdolomit aufgebaut, in den Kalke und Mergel der obersten Trias, (Plattenkalk, Kössener Schichten), des Jura (Oolithkalke, rote kieselige Knollenkalke und rote Radiolarite, Oberalmer Schichten und Barmsteinkalk) und der Unterkreide (Schrambach- und Roßfeldschichten) steil eingefaltet sind. Diese als Königsbergserie bezeichnete Gesteinsfolge baut die Kammbereiche des nach Südwesten abfallenden Höhenzuges auf. An der Erosionsfurche der Enns lagern Gosasedimente (Konglomerate, Brekzien und Mergel) dem Hauptdolomit auf.

Der Königsbergserie wurde die Dolomitscholle des Hainbachsteins aufgeschoben. Haselgebirge und Werfener Schiefer stellen die Unterlagerung dieser aus Reichenhaller Rauhwacke, Gutensteiner Kalk und Wettersteindolomit aufgebauten Masse dar. An der Südwestflanke wurde der Königsbergserie die Wettersteinkalkscholle des Gamsstein aufgeschoben.

Der komplizierte geologische Bau des Gebietes beeinträchtigt die Karstwasserbewegung nur wenig. Die in die Jurakalke eingefalteten Neokommargel fungieren als Stauhorizont. Für die in den Hauptdolomit eingefalteten Kalke bilden die Sedimente der Gosau einen Stauhorizont.

Literatur: STEINER 1968, THENIUS 1974, TOLLMANN 1985, ZÖTL 1958, 1961.

Rauhwacke Gutensteiner Kalk

5.3.2. ERGEBNISSE DES MARKIERUNGSVERSUCHES ALTENMARKT

Im Oktober 1957 wurde im Bereich Altenmarkt-Hainbachstein ein Triftversuch mit Bärlappsporen durchgeführt. Eingespeist wurde in offene Karstschächte, die sowohl am Rande der in die Dolomite eingefalteten obertriassisch-jurassischen Kalke als auch im Bereich des Hauptdolomits vorhanden sind.

Infolge der randlichen und gestaffelten Lage der Einspeisstellen - Halsmeier (rote Sporen) und Hinterhalser (blaue Sporen) - nördlich des Weinberges, ergab sich ein äußerer (Westfuß Hainbachstein - Wiesberg und Frenzgraben) und ein innerer (Graben zwischen Hainbachstein und Weinberg) Sektor in der Verteilung des Triftgutes, sowie eine im großen gegen Südwesten gerichtete unterirdische Wasserbewegung im verkarsteten Gebirgskörper. Die Verteilung des Triftmaterials war sehr gleichmäßig.

Der komplizierte geologische Bau des Gebietes beeinträchtigt demnach die allgemeine Karstwasserbewegung nur wenig. Die tektonisch selbständige Stellung des Hainbachsteins

wirkte sich nur dahingehend aus, daß einzelne seiner Quellen nur rotgefärbte Sporen führten, was damit erklärt werden kann, daß das an der Aufschiebungsfläche lückenhaft erhaltene Haselgebirge noch an vereinzelten Stellen einen Übertritt des Karstwassers vom Dolomit der Basis in den Dolomit der Hangenscholle verwehren kann.

Literatur: ZÖTL 1961, 1974

Altenmarkt 1957				Durchgang des Markierungsmittels	
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	Entfernung Luftlinie	Geschwindigkeit	
2	Hinterhalsler	blaue Sporen	Quelle Kataster Nr 41	0,8 km	12 m/Stunde
				1,1 km	12 m/Stunde
				0,8 km	44 m/Stunde
				1,1 km	17 m/Stunde
				1,25 km	13 m/Stunde
				2,45 km	21 m/Stunde
1	Halsmeier	rote Sporen	5	1,85 km	27 m/Stunde
			43	0,85 km	8 m/Stunde
			29	0,8 km	7 m/Stunde
			21	1,45 km	22 m/Stunde
			11	1,75 km	20 m/Stunde

5.4. MARKIERUNGSVERSUCHE HOCHSCHWAB

5.4.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Das Hochschwabmassiv ist vorwiegend aus triassischen Gesteinen aufgebaut, die Sedimentfolgen des Jura fehlen. Lokal sind Reste von Gosauschichten erhalten. Die Basis der karbonatischen Gesteine bilden Prebichlschichten (Alpiner Verrucano) und Haselgebirge. Darüber lagern Werfener Schichten, Gutensteiner Kalke und Dolomite. Ab der Mitteltrias (Ladin) kommt es zur Ausbildung von 3 Faziesbereichen:

1. die dolomitarme bis dolomitfreie Hochschwabfazies (Hauptkette, Aflenzer und Zeller Staritzen, Türnach, Seemauer, Pfaffenstein, Trenchtling)
2. die dolomitreiche Fölzfazies, eine Riffazies (Inneres Fölztal, Fölzstein, Karlhochkogel, Mitteralpe, Feistringstein)
3. die Aflenzer Fazies (Ilgenertal - Bürgeralpe - Oisching - Hochanger).

ad 1. Die Basis der Hochschwabfazies wird von Wettersteinkalken sowie Wetterstein- und Ramsaudolomit gebildet, über denen ein geringmächtiges Band von Carditaschichten lagert. Darüber liegt eine bis zu 1000 m mächtige Folge von Dachsteinkalk, Dachsteinriffkalk und Hallstätterkalk; untergeordnet tritt Hauptdolomit auf.

ad 2. Die Schichtfolge der Fölzfazies besteht aus Wetterstein- und Ramsaudolomiten, Cardiaschichten, Hauptdolomit und Dachsteinriffkalk.

ad 3. Die Aflenzer Fazies baut sich aus Ramsaudolomit - untergeordnet Hauptdolomit und Reiflinger Kalk - Wettersteinkalk, Reingrabener Schiefer, Opponitzer Kalken und Aflenzer Kalken auf.

Die Kalke und Dolomite unterscheiden sich in ihrer hydrogeologischen Bedeutung. Während die Kalke z.T. stark geklüftet, gut verkarstungsfähig, wasserdurchlässig und daher quellarm sind, weisen die Dolomite eine geringere Verkarstungsfähigkeit und Durchlässigkeit auf; örtlich ist hier ein oberflächlicher Abfluß gegeben.

Neben der hydrogeologischen Wertigkeit der Gesteine spielt die Tektonik eine Rolle im hydrologischen Verhalten des Hochschwab. So sind die zwei Längsantiklinalen, die den Hochschwabstock durchziehen, von Bedeutung. Es handelt sich dabei um die Gschöder Antiklinale, die im Norden verläuft und in deren Ostteil Werfener Schiefer an der Oberfläche erscheinen, und die Seeberg-Antiklinale im Süden, in deren Kern in Fenstern und Halbfenstern die tektonische Unterlage, das Tirolikum, auftaucht.

Die muldenförmige Lagerung des undurchlässigen Untergrundes und das Nordfallen der Triaskalke ist der Grund für das Austreten der großen Karstquellen im Norden und Westen

des Massivs. Nach Süden erfolgt die Entwässerung über die fiederförmig in das Gebirge eingreifenden Täler, wobei das Karstwasser in das Grundwasser übertritt.

Literatur: FABIANI et al. 1980, SPENGLER 1920, TOLLMANN 1985, ZÖTL 1961.

5.4.2. MARKIERUNGSVERSUCH TRAGÖSS

5.4.2.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der Raum Tragöß liegt am westlichen Beginn der sogenannten Hochschwabmulde, wie eine 30 km lange und 3 - 4 km breite, durch tektonische Kräfte bewirkte Einmuldung der Werfener Schiefer bezeichnet wird. Diese Mulde setzt hier in 1700 m Seehöhe im Bereich Frauenmauer - Langstein mit schüsselförmig gelagerten Schiefen ein.

Die südliche Begrenzung wird durch einen 300 - 500 m mächtigen, über Porphyroiden der Grauwackenzone und Basiskonglomeraten liegenden, nordfallenden Schichtstoß gebildet. Dieser zieht über den Südabfall des Trenchtling, den Ranzerberg bzw. den Haringgraben, gegen St. Ilgen. Die nördliche Begrenzung der Mulde wird durch eine Aufwölbung der Schiefer gebildet. Diese zieht, die Jassing querend, unter dem Pribitztörl und dem Weberstein, bis 1300 m verfolgbar, über den Klammboden in das obere Ilgenertal und bildet eine markante Wasserscheide für die unterirdische Entwässerung. Eingeschlossen sind die mächtigen, aus Kalken (überwiegend Wettersteinkalke, zum geringeren Teil Dachsteinriffkalke) und Dolomite (Hauptdolomit) aufgebauten Gebirgsstöcke der Griesmauer, des Trenchtling, der Pribitz und der Meßnerin.

Die Richtung des unterirdischen Abflusses wird einerseits durch die Klüftigkeit und Verkarstung der Karbonatgesteine, andererseits, soweit die versickernden Niederschlagswässer den undurchlässigen Untergrund erreichen, durch dessen Gefällsverhältnisse beeinflusst. Versucht man die Form der Mulde zu rekonstruieren, ergibt sich im Bereich Griesmauer - Trenchtling zunächst ein rund 20 % geneigtes Absinken der Muldenbasis gegen Ostnordost. Der tiefste Punkt der Mulde käme unter Annahme gleichbleibender Gefällsverhältnisse unter der Pribitz in ca. 500 bis 550 m Seehöhe zu liegen.

Gegen Osten deutet hingegen ein flacheres, durch Wellungen differenziertes Einfallen der Werfener Schichten im Bereich des Haringgrabens und des Ilgener Hochecks bzw. des Flach- bzw. des Fuchsgrabens auf eine Verflachung der Muldenbasis bzw. ein Ansteigen derselben hin, sodaß durch eine Umkehr der Gefällsverhältnisse eine unterirdische Wasserscheide im Bereich der Meßnerin vermutet werden kann.

Infolge der Höhenlage der undurchlässigen Basis und der vorgegebenen Gefällsverhältnisse sind die Karstwässer der Griesmauer zum Austritt in die obere Laming und die des Trenchtling weitgehend zum Austritt in den Grundwasserstrom bzw. die Quellen zwischen Pfarrer-

lacke und Kreuzteich gezwungen. Eine sekundäre Speicherung findet allerdings in den Lockersedimentfüllungen statt.

Im Bereich Pribitz - Meßnerin kann jedoch in den Karbonatgesteinen ein unter dem Vorflutniveau gelegenes Speichervolumen von 150 - 250 m Mächtigkeit erwartet werden. Das Vorflutniveau für die unterirdische Entwässerung ist eindeutig durch den durch Gletscherarbeit verbreiterten und vertieften Einschnitt des Tragößtales bei Oberort gegeben. Mit einer Lage des Grundwasserspiegels in 750 m Seehöhe und einer bis 550 m absoluter Höhe reichenden Talübertiefung liegt hier der tiefste Einschnitt in die südliche Hochschwabmulde vor, was hinsichtlich des Einzugsbereiches der unterirdischen Entwässerung von Bedeutung ist.

Die glaziale Talüberlagerung reicht bis 200 m unter den heutigen Talboden. Besonders deutlich wird im Tragößtal nicht nur der Zusammenhang zwischen Klüftung und Talrichtung, sondern auch zwischen glazialer Beckenbildung und geologischem Untergrund. So finden sich die ausgeprägten glazialen Becken im Bereich der Schiefer und Porphyroide (Tragöß-Oberort, Jassing, Klammboden bzw. Tragößtal), während die Kalke in engen, steilwandigen Schluchten (Pribitzbergsturz, Klamm) gequert werden. Im Bereiche dieser steilwandigen Schluchten gingen nach Ende der Eiszeit gewaltige Bergstürze nieder, welche sowohl die Jassing als auch die Klamm absperreten. Die Schutzzufuhr aus dem Talhintergrund wurde unterbrochen und hinter den Bergstürzen landeten gewaltige Schuttmengen an, welche heute 130 bis 150 m über dem Talboden von Tragöß gelegene Hochtalböden bilden. Beim grubig-kuppigen Gelände zwischen Grünem See und Kreuzteich dürfte es sich um auf Toteis niedergegangenes Bergsturzmaterial aus der Klause handeln. Wallförmige Formen östlich und nördlich des Grünen Sees lassen auf durch den Pribitzbergsturz aktiviertes Toteis schließen.

Literatur: FABIANI 1980 A, 1980 B, TOLLMANN 1985, ZÖTL 1961.

5.4.2.2. ERGEBNISSE DES MARKIERUNGSVERSUCHES TRAGÖSS

Der im Mai 1968 durchgeführte Fährbeversuch im Tragößtal zwischen Pfarrlacke in der Jassing und den Quellen des Grünen Sees, des Pfarrteiches, des Kreuzteiches bzw. des Lamingbaches erbrachte den Nachweis, daß die Quellen zum überwiegenden Teil durch den Grundwasserstau des Jassingtales gespeist werden und daß das Bergsturzgebiet um den Grünen See wie auch der See von diesem, die gesamte Talbreite erfassenden, Grundwasserstau durchströmt wird.

Die ersten Farbspuren traten am Grünen See wie auch bei den Quellen des Pfarr- und des Kreuzteiches innerhalb der ersten zwei Tage nach der Einspeisung auf.

Während die Quellen des Grünen Sees einen starken, zwischen dem 9. und 14. Tag sein Maximum erreichenden Farbdurchgang zeigten, reagierten die Quellen am Nordwestufer

des Kreuz- und Pfarrerteiches auch rasch, erfuhren jedoch bereits ab dem 5.Tag eine Abnahme der Konzentration. Anders reagierten jedoch die Quellen entlang des Westufers des Kreuzteiches bzw. des Lamingbaches. Auch diese Quellen reagierten zwar rasch und deutlich, erreichten jedoch das Maximum des Farbdurchganges erst zwischen dem 16. und 22.Tag, wobei diese Konzentration bis zum 25.Tag, teilweise bis zum Versuchsende (28.Tage) anhielt. Dies bedeutet, daß das Bergsturzgebiet in einzelnen, bevorzugten Wasserbahnen sehr rasch, teilweise vermutlich turbulent durchflossen wird, wobei mit maximalen Geschwindigkeiten von 20 bis 40 m/h gerechnet werden muß.

Die erste, rasch fließende Welle alimentierte praktisch die gesamte Talbreite, nahm jedoch rasch wieder ab. 8 - 20 Tage später folgte erst der gut durchmischte, im wesentlichen laminar fließende, die nordwestlichen Quellen nicht mehr berührende Grundwasserstrom, der die südwestlichsten Quellen erst nach 3 Wochen voll erreichte. Dies entspricht Tagesgeschwindigkeiten von 80 m (Grüner See) bis 50 m (Quelle).

Bewiesen ist durch diesen Versuch auch, daß es sich bei den westlichen Kreuzteichquellen nicht nur um Karstwasseraustritte aus dem Trenchtlingmassiv handeln kann, sondern ein deutlicher Grundwassereinfluß vorliegt.

Literatur: FABIANI 1980 B.

Tragöß (Hochschwab) 1967/68				Durchgang des Markierungsmittels		
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort		erster Nachweis	Maximum	Abnahme
Schwinde W Ufer Pfarrerlacke	5kg Uranin	Quellen	Grüner See	innerhalb der ersten 2 Tage	9. - 14. Tag	
			Pfarrerteich			
			Kreuzteich			
		Lamingbach			16. - 22. Tag	5. Tag

5.4.3. MARKIERUNGSVERSUCHE SEEGRABEN UND AFLENZER STARITZEN

5.4.3.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der Seegraben quert die südliche Hochschwabmulde an deren östlichem Ende. Die Entwässerungsrichtung erfolgt tektonisch vorgezeichnet in Nordwest-Südostichtung. Die östliche Seite des Seegrabens wird vom Hochanger eingenommen. Dieser wird an seiner Nord-, Ost- und Südseite von bis 1300 m Höhe ansteigenden undurchlässigen Schichten (Werfener Schiefer, Grauwackenschiefer) umgeben und bildet so das geologische Ende der südlichen Hochschwabmulde.

Die westliche, vom Bergzug des Schließling und Oisching eingenommene Talseite des Seegrabens weist eine Gesteinsfolge in Aflenzer Fazies und Fölzfazies auf. Im Bereich des Schließling und der Fürstkuppe werden die hier wiederum flacher gegen Norden einfallenden Werfener Schiefer von geringmächtigen Wettersteinkalken, Reingrabener Schiefen und Dolomiten und stark durchbewegten, mehreren hundert Meter mächtigen Aflenzer Kalken überlagert. Die muldenförmige Lagerung dieser Schichten wird besonders durch die voneinander durch markante dolomitische Bänder getrennten Reingrabener Schiefer deutlich. Diese 20 bis 40 m mächtigen Schieferbänder setzen bei der Schießlingalm in 1300 m Höhe ein, sinken beim Antoni-Kreuz (Kote 850) bis unter den Talboden ab, um am Osthand des Oisching (Gensgraben) wieder bis 1200 m Höhe anzusteigen.

Das Seetal und das Hochtal der Dullwitz folgen der wohl ausgeprägtesten Störungslinie des Hochschwabmassivs, welche von der Häuselalm über das Trawiestal bis in die Dullwitz verfolgbar ist. Dort tritt sie durch eine Reihe steilstehender paralleler Störungen, durch Wandbildungen und Karstgassen auch optisch in Erscheinung.

Die nördliche Talseite wird von den Aflenzer Staritzen eingenommen. Mehrere 100 m mächtige Wettersteinkalke sind hier wieder Hauptgesteinsbildner. Hochgezerrte Schuppen von Werfener Schiefen und Gutensteiner Kalken im Stangenkar und im Bruchtal nördlich Seewiesen weisen auf eine ähnliche Schuppentektonik hin, wie sie in der Hochschwab-Südwand und im Trawiestal beobachtet werden kann. Die relativ reinen Wettersteinkalke der Aflenzer Staritzen weisen eine gute Verkarstungsfähigkeit auf, ausgeprägte Karsterscheinungen wie Großdolinen auf den Hochflächen geben ein deutliches Zeugnis. Durch das Nordfallen der Kalke ist eine Nordvergenz der unterirdischen Entwässerung vorgegeben.

Literatur: FABIANI 1980 A, 1980 C, TOLLMANN 1985, ZÖTL 1961.

5.4.3.2. ERGEBNISSE DES MARKIERUNGSVERSUCHES SEEGRABEN

Im August 1976 wurde im Seegraben ein Färbeversuch durchgeführt, der die Feststellung der tatsächlichen Fließgeschwindigkeit des Grundwasserstromes zum Ziele hatte. Der Farbstoff Uranin wurde in die Bohrung BS 2 rund 1000 m vom Dürsee talabwärts eingegeben.

Bei Bohrung BS 1 konnte in 7 m Tiefe kein Farbdurchgang festgestellt werden. In 25 m Tiefe zeigte sich nach einer Stunde ein erster, mit Vorsicht zu wertender, Farbdurchgang, drei Stunden nach der Einspeisung wurde das Maximum eines zweiten Farbdurchganges erreicht.

Bei den 500 m talab einsetzenden Quellaustritten zeigten die linksufrigen Quellen keine Reaktion. Die rechtsufrigen jedoch einen deutlichen Farbdurchgang. Das Maximum des Farbdurchganges wurde 28 Stunden bzw. ca. 43 Stunden nach der Einspeisung erreicht. Interessanterweise zeigte auch Meßüberfall 3 eine Reaktion, wobei eine erste Spitze nach einem Tag auf Wiederversickerung kontaminierten Bachwassers schließen läßt und ein zweiter Durchgang nach drei Tagen einsetzte, als der Farbstoffgehalt im Bachwasser bereits wieder abgesunken war.

Durch die am Seebach und an den Meßüberfällen erfolgte Schüttungsmessung war auch eine quantitative Auswertung möglich. Demnach treten bei Meßüberfall 2 16 %, im gesamten Seebach 38 % des eingegebenen Farbstoffes aus. Bezogen auf die Maxima des Farbdurchganges ergibt sich zwischen den Bohrungen BS 2 und BS 1 eine Abstandsgeschwindigkeit von 240 m/Tag und zwischen BS 2 und dem Quellaustritt Meßüberfall 2 eine solche von 550 m/Tag. Die hohe Fließgeschwindigkeit dürfte auf wenige, besonders durchlässige Schichten in Basisnähe beschränkt sein.

Literatur: FABIANI 1980 C.

5.4.3.3. ERGEBNISSE DES MARKIERUNGSVERSUCHES AFFLENZER STARITZEN

Im November 1971 wurde im Bereich des Staritzen Ostgipfels ein Färbeversuch durchgeführt, wobei die Einspeisung in zwei Schwinden erfolgte. Nach 18 Tagen trat der eingebrachte Farbstoff in der 9,5 km entfernten Kläfferquelle aus, was einer max. Fließgeschwindigkeit von 540 m/Tag entspricht. An den im Bereich des südlichen Hochschwabs (Seetal, Föhr, Ilgenertal) beobachteten Quellen wurden keine Farbstoffe festgestellt. Die Nordvergenz der unterirdischen Entwässerung fand dadurch eine Bestätigung.

Literatur: FAIBANI 1980 C.

Seegraben (Hochschwab) 1976		Durchgang des Markierungsmittels	
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Ergebnis
Seegraben BS II	1,5kg Uranin	BS I	in 7 m Tiefe negativ; in 25 m Tiefe positiv, nach 1 Stunde; Max. nach 3 Stunden; Abstands-geschwindigkeit 240 m/Tag
		MÜ 2	Max. nach 28 Stunden; 16% des Farbstoffes; Abstands-geschwindigkeit 550 m/Tag
		Quellen 1 - 3	Max. nach 43 Stunden
		MÜ 3	
		MP Seebach	38 % des eingegebenen Farbstoffes

Afienzer Staritzen (Hochschwab) 1971		Durchgang des Markierungsmittels	
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Ergebnis
1	Afienzer Staritzen Karl 5kg Uranin	Kläfferquelle	17 - 18 Tage; max. Abstands-geschwindigkeit 540 m/Tag
2	Schluckloch NW d. Staritz Ostgipfel 5kg Sulforhodamin G extra		

5.5. MARKIERUNGSVERSUCHE SCHNEEALPE

5.5.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Den basalen Sockel des Schneealpenmassivs bilden Schiefer der Grauwackenzone. Darüber lagern Werfener Schichten und Gutensteiner Kalk und Dolomit. Diese Schichtfolge wird von Wettersteinkalk und Wettersteindolomit überlagert. Vereinzelt tritt Reiflinger Kalk zwischen dem Gutensteiner- und dem Wettersteinkalk auf.

Beim Bau des Schneealpenstollens für die I. Wiener Hochquellenleitung konnte im südlichen Abschnitt eine Aufwölbung der Werfener Schichten festgestellt werden. Im Nordtrum des Schneealpenstollens wurden Gosaukonglomerate und Brekzien im Liegenden der Werfener Schichten durchörtert. Die Gosausedimente als jüngstes Bauelement der Schneealpe stellen Reste eines tiefgelegenen Baugliedes der Kalkalpen dar, das vom Schneealpenmassiv überfahren wurde. Ferner wurde das Schneealpenmassiv als Ganzes nach Norden gekippt.

Hydrologisch stellt die Schneealpe einen selbständigen Karstkörper dar, an dessen Basis die Werfener Schichten als Wasserstauer in Erscheinung treten.

Literatur: BAUER 1969, GATTINGER 1973, TOLLMANN 1985, ZÖTL 1961.

5.5.2. ERGEBNISSE DER MARKIERUNGSVERSUCHE

Im Juni 1963 wurde im Südosten des Ameisbühel Uranin eingespeist. Die ersten Farbstoffspuren traten in der Wasseralmquelle (als einziger nachweisbarer Austrittsstelle) bereits 13 3/4 Stunden nach der Einspeisung auf. Insgesamt konnte dort nur der Wiederaustritt von 4,14 kg Uranin nachgewiesen werden. Die Fehlmenge von über 10 kg Uranin mußte im Berg zurückgehalten worden sein. Als im August 1965 alle Quellen des östlichen Schneealpenmassivs mittels Aktivkohle auf allfällige Uraninaustritte überprüft wurden (Blindproben für einen für 1966 geplanten Färbeversuch), konnte in der Wasseralmquelle noch ein schwacher Uraninaustritt qualitativ festgestellt werden (Konzentration kleiner als 0,01 mg Uranin/m³). Dies bestätigt die Zurückhaltung großer Farbstoffmengen im tieferen Bereich des Karstwasserkörpers der Schneealpe, von wo aus sie (in immer größerer, bis unter die Nachweisgrenze absinkender Verdünnung) der Wasseralmquelle zugeführt wurden. Die 1968 festgestellte Uraninführung der Wässer der Austrittszone Stollenmeter 3034 bis 3040 des Schneealpenstollen Nordtrums zeigt an, daß an diesen Austritten Wässer beteiligt sind, die vor 5 1/2 Jahren am Ameisbühel zur Versickerung gelangten. Damit ist natürlich nicht gesagt, daß alle dort austretenden Wässer das gleiche Alter haben müssen. Es wird vielmehr eine Mischung von 5 1/2jährigen Wässern mit jüngeren oder/und älteren Wässern vorliegen. Das relativ hohe Alter von Wässern in der Randzone des Kernes des Karstwasserkörpers ist durch den Uraninnachweis bei Stollenmeter 3034 bis 3040 jedenfalls bewiesen. Der Schluß, daß im zentralen Bereich des Kernes Wässer von noch höherem Alter austreten können, liegt daher nahe.

Im Mai 1968 wurden in eine östlich des Windberges gelegene Schwinde mit Schmelzwasserzufluß Uranin eingespeist. Diese Schwinde war bereits in den Jahren 1962 und 1963 mit Sporen beschickt worden, deren Hauptaustritt in den Sieben Quellen festgestellt werden konnte; geringe Sporenmengen waren in der Kalte Quelle am Ausgang der Dirtler Schlucht nachweisbar. Von dieser Schwinde aus war am ehesten ein Zufluß auch zu den zentralen Stollenteilen zu erwarten. Die übrigen in den Jahren 1962 und 1963 im Bereich der jetzigen Stollentrasse beschickten Schwinden zeigten damals einen eindeutigen Abfluß entweder zu den Sieben Quellen oder zur Wasseralmquelle. Uranin der Einspeisung 1968 konnte nur an den Sieben Quellen nachgewiesen werden. Bis Ende 1968 ist erst 1/4 der eingespeisten Uraninmenge zum Austritt gelangt. Im Dezember 1968 war die Uraninkonzentration in den Sieben Quellen bereits unter 0,05 mg/m³ gesunken, der weiter andauernde Farbstoffaustritt konnte nur mehr mittels der Aktivkohlemethode nachgewiesen werden. Mehr als 7 kg Uranin wurden also im Berg zurückgehalten. Im Stollen konnte bis Februar 1969 noch kein Uraninaustritt festgestellt werden. Es werden hier ähnliche Verhältnisse wie nach dem Färbeversuch 1963 eingetreten sein: Im Karstwasserkörper schwimmt eine beachtliche Farbstoffwolke, aus deren oberen Bereichen geringste Farbstoffmengen den Quellen (hier: den Sieben Quellen) zugeführt werden. Durch die Schneeschmelze 1969 wurde dieser im Berg lagernde Farbstoff neuerdings mobilisiert. Von Ende April bis Ende Juni 1969 konnte in den Sieben Quellen der Austritt von rund 770 g Uranin nachgewiesen werden. Ob, wann und wo Uranin der Einspeisung 1968 im Stollen zum Austritt gelangte, konnte nicht nachgewiesen werden, da in der zweiten Hälfte des Jahres 1969 der Stollen nicht mehr zugänglich war.

Literatur: BAUER 1969, ZÖTL 1974.

Schneealpe 1962					
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels		
			erster Nachweis nach	Maximum nach	Bemerkungen
1	SW Rinnhofershütte	Uranin	Sieben Quellen	positiv	
2	Schwinde E Windberg	grüne Sporen	Sieben Quellen	Hauptdurchgang	
			Kalte Quelle	geringe Sporenmenge	
3	Durchfall Naßköhr	rote Sporen	Tirolbach	positiv	
Schneealpe 1963					
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels		
			erster Nachweis nach	Maximum nach	Bemerkungen
2	Schwinde E Windberg	grüne Sporen	Sieben Quellen	Hauptdurchgang	
3	Durchfall Naßköhr	rote Sporen	Kalte Quelle	geringe Sporenmenge	
4	IV	blaue Sporen	Tirolbach	positiv	
5	SW Arneisbühel	violette Sporen	Wasseralm Quelle	positiv	
6	SE Arneisbühel	15kg Uranin	Wasseralm Quelle	positiv	4,14kg Uranin als Wiederaustritt nachgewiesen 1965 noch < 0,01mg/m ³ nachweisbar
			13 ⁴⁵ Stunden		
Schneealpe 1968					
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels		
			erster Nachweis nach	Maximum nach	Bemerkungen
2	Schwinde E Windberg	10kg Uranin	Sieben Quellen	10 Tagen 7mg/m ³	bis Ende 1968 1/4 des Uranins zum Austritt gelangt
			2 Tagen		

5.6. MARKIERUNGSVERSUCH GRADENBACH (KÖFLACH)

5.6.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Das Gebiet um Köflach wird von Gesteinen des Grazer Paläozoikums aufgebaut, die den mittelostalpinen Kristallinserien des Steirischen Randgebirges auflagern. Die feinkristallinen, graublauen bis weißgrauen, deutlich gebänderten Kalke der Schöckelkalkfazies bauen die Hangabschnitte am Ausgang des Gradenbachtals nördlich von Köflach auf. Gradenbach aufwärts nimmt die Mächtigkeit der Schöckelkalke ab. Sie keilen hier in phyllitischen Schieferen der Kalkschiefer-Folge aus.

Im Osten, nördlich von Piber, werden die paläozoischen Sedimente von Ablagerungen der Kainacher Gosau überdeckt. Das stratigraphisch Hangende dieser Schichten sind die Sedimente des Miozäns, welche die Grundgebirgsbecken von Maria Lankowitz, Köflach und Piber erfüllen. Die pleistozänen und holozänen Talfüllungen im Gradenbachtal und im Köflacher Becken erreichen meist nur eine Mächtigkeit von 5 bis maximal 15 m.

Bezüglich der Hydrologie sind in diesem Schichtverband die Kristallingesteine und die tertiären Sedimente wasserstauend. Da die karbonatischen Gesteine (Kalke, Kalkschiefer und Dolomite) stark verkarstet sind, sinken die auf die Höhenzüge beiderseits des unteren Gradenbachtals fallenden Niederschläge durch die Klüfte rasch in die Tiefe. Ebenso sitzt das Grundwasser des Gradenbachtals nach dem Passieren der Schiefer-Kalk-Grenze südlich von Krennhof zur Gänze in den tieferen Untergrund ab. Die im Kalkuntergrund im allgemeinen nach Süden ziehenden Wässer werden von den wasserundurchlässigen tertiären Schichten des Köflacher Beckens gestaut. Der tiefste Punkt der Kalk-Tertiär-Grenze liegt am Ausgang des Gradenbachtals in das Köflacher Becken und daher werden die gestauten Wässer hier wieder an die Oberfläche gedrückt.

Literatur: MAURIN 1955, ZÖTL 1958

5.6.2. ERGEBNISSE DES MARKIERUNGSVERSUCHES

Der im April 1957 durchgeführte Sporentriftversuch sollte den Nachweis erbringen, daß der Grundwasserstrom des Gradenbachtals zwischen Krennhof und den Brunnen des Wasserwerkes nicht durch das seihende Schotterbett des Gradenbachtals fließt, sondern unter diesem oder seitlich davon in Karstschläuchen. Weiters sollte er die Herkunft des Wassers in der Fleischhacker-Höhle und einen eventuellen Zusammenhang zwischen dieser und den Brunnen des Wasserwerkes klären. Ein weiteres Ziel war die Feststellung der Entwässerungsrichtung des Karstpoljes beim Gehöft Schachner. Der Höhlenbach in der Fleischhacker-Höhle zeigte, daß er sowohl vom Gradenbachtal her, als auch vom Polje beim Schachner alimentiert wurde. Im Gailbach und in den kleinen Quellen südwestlich des Gehöftes Wilhelm wurden ausnahmslos Sporen der Einspeisung Schachner nachgewiesen. Auffallend war hier eine überaus lange Durchgangszeit. In den Brunnen des Wasserwerkes wie auch in

der Hemmerquelle konnten Sporen aller drei Einspeisungsstellen in großer Zahl nachgewiesen werden. Der Versuch bewies, daß der Grundwasserstrom des Gradenbachtals ein Teil des karsthydrologischen Systems ist und nicht im seihenden Schotterbett der quartären Aufschüttung fließt.

Literatur: MAURIN & ZÖTL 1959, ZÖTL 1958

Gebiet Gradenbachtal (Köflach) 1957			
	Elinspelungsort	Elinspelung	Beobachtungsort
1	Brunnen Kalkwerk Gradenberg	5kg blaue Sporen	Höhlenbach Fleischhacker- höhle (Oberhalb Elinspelungs- stelle)
			Brunnen Wasserwerk
			Hemmerquelle
2	Fleischhacker Höhle Schwindloch	4 kg grüne Sporen	Höhlenbach Fleischhacker- höhle (Oberhalb Elinspelungs- stelle)
			Brunnen Wasserwerk
			Hemmerquelle
3	Gehöft Schachner	4 kg violette Sporen	Höhlenbach Fleischhacker- höhle (Oberhalb Elinspelungs- stelle)
			Brunnen Wasserwerk
			Quellen (2) SW Gehöft Wil- helm
			Gailbach

Nachweis und Laufzeit

5 Stunden

positiv

positiv

7 Stunden

positiv

3 Stunden

größte Sporenmenge

positiv

ca. 45 Stunden, erste positive Probe

5.7. MARKIERUNGSVERSUCHE BUCHKOGEL

5.7.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der Plabutsch-Buchkogelzug, der vorwiegend aus paläozoischen Kalken und Dolomiten aufgebaut ist, ragt halbinselförmig aus den jüngeren Sedimenten auf und ist stark verkarstet. Neben zahlreichen Karren, Dolinen und Schächten in den höherliegenden Partien finden sich in den tieferen Hangteilen Horizontalhöhlen, die im Talniveau zum Teil noch wasseraktiv sind.

Der Schichtaufbau des Grundgebirges zeigt generell ein Nord-Süd-Streichen und ein mittelsteiles Einfallen nach Westen. Die durchwegs dem Devon angehörenden Schichtglieder beginnen im Liegenden mit Sandstein und gehen im Hangenden in eine dolomitische und schließlich vorwiegend kalkige Fazies über. In den basalen Anteilen sind im Bereich des Florianiberges Diabastufflagen eingeschaltet. Die ganze Schichtfolge wird durch eine größere Zahl, in der Hauptsache Ost-West streichender, Störungen zerhackt. Diese Störungstreifen waren auch für die Entwicklung der Morphologie wirksam und begünstigten die Ausbildung der zum Grazer Feld gewandten Buchten und Gräben.

Während des Jungtertiärs wurde dieser Grundgebirgskücken vollkommen unter Lockersedimenten begraben. Diese Entwicklung setzte im Mittelmiozän ein und dauerte bis in das höhere Pliozän. Infolge der dann stärker werdenden Höherschaltung des gesamten Grazer Berglandes wurde das Grundgebirge wieder aus den verhüllenden Lockersedimenten herauspräpariert. Diese in Etappen erfolgte Freilegung findet morphologisch ihren Ausdruck in der Entwicklung verschiedener Niveaus. Einzelne dieser Verebnungsflächen sind durch eine intensive Oberflächenverkarstung ausgezeichnet. Besonders zu erwähnen sind hier die nördlich des Buchkogelgipfels in etwa 600 m Seehöhe ausgebildeten, bis zu 10 m tiefen Karsttaschen, die sich während des Oberpliozäns entwickelten und mit, unter anderen klimatischen Bedingungen gebildeten, lateritischen Eisenerzen gefüllt sind.

Infolge der stärkeren Erosionstätigkeit der Mur wurden die tertiären Sedimente im Osten des Buchkogelzuges tiefer ausgeräumt als im Westen. In den zum Grazer Feld gerichteten Grundgebirgsbuchten haben sich aber Reste der ehemaligen Verhüllung erhalten. In der Bucht von Bründl finden sich nördlich der Ackerbauschule Grottenhof hellgraue Tegel, die ebenfalls in das Miozän gestellt werden können. In etwa 360 m Seehöhe schließt gegen das offene Grazer Feld die Würmterrasse des Murtales an den Buchkogelzug an.

Während sich in den pleistozänen Schotterterrassen des Grazer Feldes ein geschlossener Grundwasserkörper ausbilden konnte, treten im Osten, Südosten und Südwesten des Buchkogelzuges mehrere Quellen aus, von denen das sogenannte "Bründl" die stärkste Schüttung und die tiefste Lage aufweist. Im Nordwesten des Buchkogelzuges lagern die jungtertiären Sedimente noch heute dem Grundgebirge bis zu einer Höhe von über 480 m Seehöhe auf. Es handelt sich dabei um eine Wechselfolge von Lehmen, Sanden und Schottern. In diesem Bereich haben sich an der Kalk-Tertiär-Grenze Ponore entwickelt, durch die ein etwa 1,4 km² umfassendes Gebiet unterirdisch entwässert wird. Schon früher wurde vermutet, daß

der Wiederaustritt dieser Wässer in der Bründlquelle zu suchen sei; diese Quelle liegt 71 m tiefer als der tiefste Punkt des Polje im Westen des Bergzuges und ist von den Schwinden etwa 700 bis 800 m entfernt. Die Ponore sind zum Teil als Schlucklöcher ausgebildet, an der tiefsten Stelle des Polje von Feliferhof in 443 m Seehöhe aber ist der versinkende Bach noch eine kleine Strecke als Höhlengerinne verfolgbar. Auch die Bründlquelle tritt aus einer Höhle an den Tag, die zeitweise bis 60 m in den Berg begehbar war. Während die Eingangspartie der Bründlhöhle im anstehenden Fels entwickelt ist, verläuft die gesamte übrige bekannte Höhlenstrecke in brekziös verkittetem, jungtertiärem Hangschutt, der eine früher stärker ausgebildete Rinne des Buchkogel-Osthanges ausfüllt. Die in der Höhle auftretenden Bachgerölle und die an Wänden und Decke vorhandenen Reste älterer, schon konglomerierter Schotterbänke führen auffallend viele Quarzsotter, die ihrem Habitus nach an die Tertiärschotter des Beckens von Feliferhof erinnern.

Daß die Bründlquelle an dieser Stelle an den Tag gedrückt wird und nicht unkontrollierbar in das Grundwasser des Grazer Feldes übertritt, ist wohl in erster Linie auf die oben geschilderte tertiäre Verkleidung des Buchkogel-Osthanges zurückzuführen. Diese schaltet sich als wasserstauende Schürze zwischen die pleistozänen Schotterterrassen und das verkarstete Grundgebirge ein. Der von der Quelle auf die Würmterrasse des Grazer Feldes abfließende Bründlbach versiegt nach knapp einem Kilometer im Schotterfeld, ohne die Mur zu erreichen. Die obige Schilderung der Situation der Bründlquelle bezieht sich auf die natürlichen Verhältnisse vor dem Bau des Plabutsch-Autobahntunnels.

Literatur: EBNER 1983A, MAURIN & ZÖTL 1959.

5.7.2. ERGEBNISSE DER MARKIERUNGSVERSUCHE

Im Mai 1956 wurde in einem Salzungsversuch die bis dahin vermutete Verbindung zwischen dem im Polje von Feliferhof am Fuße des Buchkogel-Westhanges in der Feliferhofhöhle versinkenden Wässer mit der großen Karstquelle von Bründl auf der Ostseite des Buchkogels nachgewiesen. Im anschließenden Hauptversuch (Juni 1956) wurde neben den gebräuchlichen Untersuchungsmethoden der Salzung (NaCl) und der Färbung (Uranin) die Sporentrift eingesetzt über die noch wenig praktische Erfahrung vorlag.

Im März 1957 wurde der erste Triftversuch mit gefärbten Sporen durchgeführt. Neben der Schwinde in der Feliferhofhöhle wurde eine zweite Schwinde, 600 m südöstlich der ersten in völlig analoger Position an der Tertiär-Devon-Grenze mit gefärbten Bärlappsporen beschickt. Sowohl die Durchgangszeiten, als auch die Mengen der durchziehenden Sporen deckten sich trotz der unterschiedlichen Einspeisstellen weitgehend. Daraus kann geschlossen werden, daß sich die beiden 600 m voneinander entfernten versinkenden Gerinne sehr bald in einem gemeinsamen Karstsystem vereinigen. Durch diesen Versuch konnte neben der Überprüfung der Methode auch der Zusammenhang der zweiten beschickten Schwinde mit der Bründlquelle nachgewiesen werden.

In den folgenden Jahren wurden weitere Versuche mit den unterschiedlichsten Tracern durchgeführt.

Literatur: BATSCHE et al. 1967, BAUER 1972, BÉNISCHKE 1991, MAURIN & ZÖTL 1959.

Buchkogel 1956 I				Durchgang des Markierungsmittels				
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Bemerkungen			
1	Schwinde Feilferthofhöhle	500kg NaCl	Bründlquelle	21,5 Stunden	55 Stunden	Ende nach 59 Stunden		
Buchkogel 1956 II				Durchgang des Markierungsmittels				
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Bemerkungen			
1	Schwinde Feilferthofhöhle	300kg NaCl	Bründlquelle	19,5 Stunden	30 Stunden			
				1,6kg Uranin	13,5 Stunden	30 Stunden		
				3kg Sporen	13,5 Stunden	20 Stunden		
Buchkogel 1957				Durchgang des Markierungsmittels				
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Bemerkungen			
1	Schwinde Feilferthofhöhle	1kg blaue + 1kg violette Sporen	Bründlquelle	13 Stunden	33 Stunden			
2	Schwinde 600m SE von Feilferthofhöhle	1kg grüne + 1kg rote Sporen	Bründlquelle	13 Stunden	33 Stunden			
Buchkogel 1958				Durchgang des Markierungsmittels				
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Bemerkungen			
1	Schwinde Feilferthofhöhle	je 1kg naturbelassene rote, blaue, grüne u. violette Sporen	Bründlquelle	33 Stunden	49 Stunden			
				10kg ungerereinigte Diatomeenerde, 10kg granuliertes Kunststoffpulver (Vestron N der Chemischen HULS A. G.)	33 Stunden	42 Stunden		

Buchkogel 1958			Durchgang des Markierungsmittels		
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Bemerkungen
1 Schwinde Feliferhohhle	5kg orange u. gegen Aufquellen stabilisierte Kartoffelstärke, 3kg unbehandelte Kartoffelstärke	Bründquelle	nicht nachweisbar		
	10 Liter Bakterienbouillon mit <i>Bacterium prodigiosum</i>		64 Stunden	67 Stunden	Abklingen nach 70 Stunden
Buchkogel 1963			Durchgang des Markierungsmittels		
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	
1 Schwinde Feliferhohhle	5kg Sporen	Bründquelle	33 Stunden	1. Spitze 39 Stunden 2. Spitze 52 Stunden	
	300mCi Jod-131			44 Stunden	78 Stunden
	30kg Ammonbromid			41 Stunden	68 Stunden
	1,5kg Rhodamin B			42 Stunden	69 Stunden
Buchkogel 1966			Durchgang des Markierungsmittels		
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	
1 Schwinde Feliferhohhle	5kg violette Sporen	Bründquelle	15,5 Stunden	42 Stunden	
	300kg Gewerbesalz			33 Stunden	54 Stunden
	100kg Kaliumdüngesalz			33 Stunden	51,5 Stunden
	137mCi Chrom-51 EDTA			37 Stunden	52,5 Stunden

		Buchkogel 1966		Durchgang des Markierungsmittels	
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	
1 Schwinde Feilferthofhöhle	5CITritium	Bründlquelle	32 Stunden	55 Stunden	
	70g Sulforhodamin G extra		32 Stunden	53 Stunden	
	10kg Alkylbenzolsulfonat		41 Stunden	62 Stunden	
Buchkogel 1969					
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels		
1 Schwinde Feilferthofhöhle	1,5kg Uranin	Bründlquelle	erster Nachweis nach	Maximum nach	Auswertung noch nicht abgeschlossen
	4kg rote Sporen				
	100kg Kaliumchlorid				
2 Schwinde 600m SE von Feilferthofhöhle	300kg Natriumchlorid	Bründlquelle			nicht nachgewiesen
	6kg blaue Sporen				
Buchkogel 1970					
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels		
1 Schwinde Feilferthofhöhle	1kg Uranin	Bründlquelle	erster Nachweis nach	Maximum nach	Auswertung noch nicht abgeschlossen
	50g Sulforhodamin B				
	4kg blaue Sporen				
	100kg Kaliumchlorid				
	300kg Natriumchlorid				

5.8. MARKIERUNGSVERSUCHE LURHÖHLENSYSTEM

5.8.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Das Lurhöhlensystem gehört zum Kerngebiet des "Mittelsteirischen Karstes" und liegt in seiner gesamten Ausdehnung in dem aus Schöckelkalk aufgebauten Tannebenstock zwischen Semriach und Peggau. Der Tannebenstock bildet ein tektonisches Gewölbe aus Schöckelkalk. Im einzelnen ist dieser großwellig gefaltet und verschuppt. Im großen gesehen läßt sich nach Westen und Nordwesten hin ein immer stärker werdendes Abfallen der Schichten feststellen, während an der Südostgrenze söhlig Lagerung vorherrscht. Begrenzt wird der Tannebenstock fast durchwegs durch steilstehende Störungen, deren Richtungen sich in den ziemlich regelmäßigen Kluftsystemen der ganzen Gegend widerspiegeln. Diese ausgeprägte Klüftung des sonst ziemlich massigen und chemisch verhältnismäßig reinen Schöckelkalkes machen das Gebiet für die Verkarstung besonders geneigt. Die vorherrschenden Kluftsysteme haben auch die Bildung der hohen, steilen Felswände, die das Landschaftsbild wesentlich beeinflussen, begünstigt.

Die Unterlage des Schöckelkalkes stellt eine Serie von Phylliten, Grünschiefern und Kalkschiefern dar. Letztere haben mitteldevonische Fossilien geliefert. Die Basis des Schöckelkalkes ist mit dieser unterlagernden Schieferserie zum Teil stark verschuppt. Im östlichen Teil des Tannebenstockes lagert dem Schöckelkalk am Krienzerkogel noch eine Schuppe von unterdevonischen Kalkschiefern und mitteldevonischen Dolomitsandsteinen und Dolomiten tektonisch auf.

Östlich des Tannebenstockes liegt das Semriacher Becken, das aus der oben beschriebenen Schieferserie aufgebaut ist. Nach Resten von im Becken lagernden graublauen Tegeln ist zu schließen, daß hier, ähnlich wie bei den benachbarten Tertiärbecken von Passail und Rein, ein altes Senkungsfeld vorliegt.

Das heute beherrschende Formenelement ist ein oberpliozänes Verebnungsniveau in etwa 750 m Seehöhe (= Hochstraden-Niveau), das am Beckenrand und auf der Höhe des Tannebenplateaus besonders hervortritt. Dieses Verebnungssystem ist nicht nur morphologisch deutlich ausgeprägt, sondern wird auch durch die zum Teil mächtige Bedeckung durch Kristallinschotter markiert. Soweit es im Schöckelkalk entwickelt ist, zeigt es eine intensive Oberflächenverkarstung in Form von zahlreichen Dolinen. Die Verknüpfung dieser Dolinenlandschaft mit dem "Hochstraden-Niveau" ist keine lokale Erscheinung, sondern konnte auch im Weizer Bergland, im Schöcklgebiet und im Raum von Köflach festgestellt werden.

Zur Zeit des Hochstraden-Niveaus verlief die Entwässerung des Semriacher Beckens noch nach Süden. Mit der Tieferlegung des Murtales im obersten Pliozän kam es aber zu einem Druckgefälle im Karstwasserkörper zwischen dem hochgelegenen Raum von Semriach und dem sich rasch eintiefenden Murtal. Die Folge davon war eine Anzapfung des Oberlaufes des heutigen Lurbaches, ein Prozeß, der im hakenförmigen Verlauf von Lur- und Rötschbach im Semriacher Becken seinen Ausdruck findet. Es ist anzunehmen, daß noch zu Beginn dieser Entwicklung das Einzugsgebiet des Lurbaches bedeutend größer war und bis an die

Nordhänge des Schöckls heranreichte. Die Tiefenerosion des Lurbaches seit dem Zeitpunkt der Anzapfung beträgt rund 100 m. Im gleichen Zeitraum wurde das Murtal aber etwa 300 m eingetieft. Da diese Eintiefung nicht gleichmäßig, sondern in einzelnen Phasen vor sich ging, kam es im Lurhöhlensystem zur Etagenbildung, die durch die oft ausgeprägte Bankung des Schöckelkalkes und durch stellenweise zwischengelagerte dunkle Ton- und Kalkschiefer einschaltungen noch begünstigt wurde.

Literatur: EBNER 1983A, MAURIN 1952, MAURIN & ZÖTL 1959.

5.8.2. ERGEBNISSE DER MARKIERUNGSVERSUCHE

Bereits am 18. Februar 1927 wurde der Versuch unternommen, das Verhältnis zwischen der Lurbachschwinde im Semriacher-Becken und den großen Karstquellen am Fuße der Peggauer Wand im Murtal zu klären. Man verwendete gleichzeitig Farbe und Kochsalz und bezeichnete diese Methode als "Kombinierte Chlorierung". Das Ergebnis war negativ, was auf eine zu kurze Beobachtungsdauer sowie eine zu geringe Beschickungsmenge zurückzuführen sein dürfte. Im Mai 1952 gelang der Nachweis des Zusammenhanges zwischen Lurbachschwinde und Hammerbachquelle im Murtal. Bei einem kombinierten Versuch im April 1959 wurden verschiedene Triftmittel erprobt. Die Ergebnisse bestätigten die bereits 1952 nachgewiesene Verbindung zwischen Lurbachschwinde und Hammerbach. Der vollkommene Ausgleich der Chlorwerte und die mit den Hochwassern des Lurbaches nicht parallelisierbaren Schüttungsschwankungen des Hammerbaches lassen auf größere Stauräume im unterirdischen Gerinne schließen. Weiters bewies der Versuch, daß der Siphonbach einen Seitenstrang des Lur-Hammerbach-Gerinnes darstellt, andererseits aber auch, daß das östlich und nordöstlich des Eichberges versinkende Wasser ebenfalls in das Lurhöhlensystem eintritt.

Seit 1959 wurden zahlreiche Versuche durchgeführt, vor allem um die unterschiedlichsten Triftmittel auf deren Verhalten und Verwendbarkeit bei Großraumversuchen zu erproben. 1985 wurden zusätzlich zur Lurbachschwinde und Eisgrube auf der Hochfläche des Tannenstockes an drei Stellen Tracer eingebracht, die im Schmelzbach-Ursprung, in der Laurinquelle und im Hammerbach nachgewiesen werden konnten.

Eine zusammenfassende Darstellung und Bewertung aller bisherigen Markierungsversuche des Lurhöhlensystems ist für das "6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER-TRACING" (6.SWT) Karlsruhe 1992 in Vorbereitung.

Literatur: ALKER 1952, BATSCHE et al. 1967, BENISCHKE 1988, 1989, 1991, MAURIN 1952, MAURIN & ZÖTL 1959, 1973, SCHOUPPÉ 1952, ZÖTL 1971, ZOJER & ZÖTL 1974.

Der Großversuch 1966 ließ, aufgrund der festgestellten Wiederausbringung von nur 55% - 68% der eingesetzten Tracer im Hammerbach, den Schluß zu, daß das Lurbachwasser unterirdisch in den Grundwasserkörper der Lockergesteinsfüllung des Murtales übertritt. Dies ist im Raum von Peggau möglich, da der verkarstete Gebirgskörper unter die quartäre Schotterfüllung des Murtales hinabreicht. Ein Nachweis konnte jedoch bis jetzt nicht erbracht werden.

Damit aber ist der wichtige Nachweis erbracht, daß für Berechnungen des Grundwasserhaushaltes bei angrenzenden verkarsteten Gebirgen nicht nur das Volumen der Lockersedimente, sondern auch die unterirdische Alimentation von seiten des begrenzenden Grundgebirges ins Kalkül zu ziehen ist.

Lurhöhlensystem 1927

Einspelungsort		Einspelung	Beobachtungsort	Beobachtungsdauer	Ergebnis	
1	Lurbach linker Arm	250kg ungelöstes Viehsalz 500g gelöstes Fuchsin, 5kg Korkschnitzel	Schmelzbach	59 3/4 Stunden	negativ, chemische Untersuchungen qualitative Kontrolle 36 Stunden - negativ	
			Laurinsquelle	36 Stunden		
			Kaiserschützenhalle	35 Stunden		
			Hammerbachquelle	58 Stunden		
2	Lurbach rechter Arm	250kg ungelöstes Viehsalz 500g gelöstes Fuchsin, ca. 1000 Holzkugeln	Steinbruchquelle	57 Stunden	negativ, chemische Untersuchungen qualitative Kontrolle 36 Stunden - negativ	
			Schmelzbach Ursprung	59 3/4 Stunden		
			Laurinsquelle	36 Stunden		
			Kaiserschützenhalle	35 Stunden		
			Hammerbachquelle	58 Stunden		
			Steinbruchquelle	57 Stunden		negativ
Lurhöhlensystem 1952			Durchgang des Markierungsmittels			
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Ende des Durchganges nach	
3	Lurbachschwinde	800kg Gentianviolett ver-gältes Gewerbesalz	Hammerbachquelle	33 3/4 Stunden	45,2 Stunden	98,5 Stunden
3	Lurbachschwinde	800kg Gentianviolett ver-gältes Gewerbesalz	Schmelzbachursprung Laurinsquelle Badlbach			negativ

Lurhöhlensystem 1966				
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels	
3 Lurbachschwinde	250mCi Jod-131	Hammerbachquelle	erster Nachweis nach 38 Stunden	Maximum nach 47,5 Stunden
		Hammerbach	positiv	
		Schmelzbach		
	5Ci Tritium	Hammerbach	positiv	
		Schmelzbach	negativ	
		Badlbach		
	1,5kg Mangan	Hammerbachquelle	37 Stunden	47,5 Stunden
		Hammerbach	34 Stunden	47 Stunden
		Schmelzbach	negativ	
		Badlbach		
	10kg braungefärbte Sporen	Hammerbach	35 -37 Stunden 56 Sporen	47 Stunden 20.000 Sporen
		Schmelzbach	negativ	
		Badlbach		
Schmelzbachursprung				
Laurinsquelle				

Lurhöhlensystem 1966		Durchgang des Markierungsmittels		
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach
3	Lurbachschwinde	10kg braungefärbte Sporen	Kaskadenbach	negativ
4	Eisgrube	8kg blaue Sporen	Hammerbach	negativ
			Schmelzbach	
			Schmelzbach	
			Badlbach	
			Laurinsquelle	
			Schmelzbachursprung	
6	Katzenbachschwinde	10kg grüne Sporen	Kaskadenbach	negativ
			Schinnerlquelle	
			Hammerbach	
6	Katzenbachschwinde	10kg grüne Sporen	Schmelzbach	11 Proben in 10 Proben 2461 Sporen
			Badlbach	
			Laurinsquelle	

Lurhöhlensystem 1966			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels
6 Katzenbachschwinde	10kg grüne Sporen	Schmelzbachursprung	erster Nachweis nach Maximum nach 5 Proben 2, 5, 652, 591, 3 Sporen
	30kg Ammoniumbromid	Kaskadenbach	2 Sporen
		Hammerbach	negativ (vermutlich eine zu geringe Tracermenge)
		Schmelzbach	
		Badlbach	
Lurhöhlensystem 1970 I			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels
3 Lurbachschwinde	1kg Indium EDTA	Hammerbach	erster Nachweis nach Maximum nach 22 Stunden > 81 Stunden
		Schmelzbach	10 Stunden 16,25 Stunden > 42,25 Stunden
Lurhöhlensystem 1970 II			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	Ergebnis
3 Lurbachschwinde	50g Indium EDTA	Hammerbach	negativ
		Schmelzbach	
Lurhöhlensystem 1970 III			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels
3 Lurbachschwinde	1054g Uranin ⁴²⁹ g Sulfurhodamin B	Hammerbach	erster Nachweis nach Maximum nach ca. 18 Stunden ca. 30 Stunden > 42 Stunden

Lurhöhlensystem 1970 IV				Durchgang des Markierungsmittels			
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer	
3	Lurbachschwinde	400g Uranin 500g Sulforhodamin G	Hammerbach	ca. 16 Stunden	ca 28 Stunden	> 48 Stunden	
Lurhöhlensystem 1971				Durchgang des Markierungsmittels			
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer	
3	Lurbachschwinde	10kg grüne Sporen 3kg Uranin 600kg Kochsalz 400kg Ralliumchlorid	Hammerbach Schmelzbach	28,2-32,2 Stunden	38,2-44,2 Stunden	> 81 Stunden	
				Durchgang des Markierungsmittels negativ			
Lurhöhlensystem 1973				Durchgang des Markierungsmittels			
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer	
3	Lurbachschwinde	3kg Uranin 10kg grüne Sporen 600kg Kochsalz 400kg Kaliumchlorid	Hammerbach Schmelzbach	53-65 Stunden	75-85 Stunden	> 119 Stunden	
				Durchgang des Markierungsmittels negativ			
Lurhöhlensystem 1975 I				Durchgang des Markierungsmittels			
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer	
3	Lurbachschwinde	500g Uranin 5kg Tinopal	Hammerbach	17,9 Stunden	30,9 Stunden	> 172 Stunden	

Lurhöhlensystem 1975 II				Durchgang des Markierungsmittels		
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer	
3	Lurbachschwinde 3kg Uranin 10kg grüne Sporen 600kg Kochsalz 400kg Kaliumchlorid	Hammerbach Schmelzbach	14,3-16,3 Stunden 16,8-18,8 Stunden	16,3-22,3 Stunden 20,8-28,8 Stunden	> 80,7 Stunden > 80,7 Stunden	
Lurhöhlensystem 1977				Durchgang des Markierungsmittels		
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer	
3	Lurbachschwinde 3kg Uranin 10kg blaue Sporen 600kg Kochsalz 400kg Kaliumchlorid	Hammerbach Schmelzbach	52,7-60,7 Stunden	70,5-74,5 Stunden	> 114,5 Stunden	
Lurhöhlensystem 1979				Durchgang des Markierungsmittels		
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer	
3	Lurbachschwinde 3kg Uranin 8kg rote Sporen 600kg Kochsalz 400kg Kaliumchlorid 25kg Hostalux PN	Hammerbach Schmelzbach	32,8-34,8 Stunden	70,5-74,5 Stunden	> 114 Stunden Uranin + Hostalux > 360 Stunden	
						negativ

		Lurhöhlensystem 1981		Durchgang des Markierungsmittels		
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer
3	Lurbachschwinde	3kg Uranin 10kg rote Sporen 4kg blaue Sporen 600kg Kochsalz 400kg Kaliumchlorid 175kg Kaliumbromid	Hammerbach Schmelzbach	27,5-30,8 Stunden 25,4-32 Stunden	35,8-38,5 Stunden 35,5-45,75 Stunden	> 117,75 Stunden > 117,75 Stunden
		Lurhöhlensystem 1983		Durchgang des Markierungsmittels		
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer
3	Lurbachschwinde	3kg Uranin 10kg blaue Sporen 600kg Kochsalz 600kg Kaliumchlorid	Hammerbach Schmelzbach	47,3-70,8 Stunden negativ	66,2-95,8 Stunden	> 118 Stunden
		Lurhöhlensystem 1985		Durchgang des Markierungsmittels		
	Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer
3	Lurbachschwinde	5kg rote Sporen 600kg Kaliumchlorid 3kg Amidorhodamin B200	Hammerbach + P-Q1 Schmelzbach	23-32,1 Stunden nur qualitativ positiv	42,1-46 Stunden	
4	Eisgrube	800kg Kochsalz	Schmelzbach-Ursprung	48,5 Stunden	94,6 Stunden	

Lurhöhlensystem 1985				Durchgang des Markierungsmittels	
Einspelsungsort	Einspelsung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer
7 Schneiderkogelhöhle	3kg Uranin	Schmelzbach-Ursprung	nur qualitativ positiv		
		Laurinsquelle	nur qualitativ positiv		
		Hammerbach	182,5 Stunden	331,8 Stunden	
8 Erthube	3kg Eosin	Schmelzbach-Ursprung	nur qualitativ positiv > 1Jahr		
		Laurinsquelle	nur qualitativ positiv		
		Hammerbach	66,8 Stunden	157 Stunden	
9 Brunngraben	3kg Pyranin	Hammerbach	nur qualitativ positiv		
Lurhöhlensystem 1987				Durchgang des Markierungsmittels	
Einspelsungsort	Einspelsung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer
3 Lurbachschwinde	500kg Kochsalz 500kg Kaliumchlorid 5kg grüne Sporen 5kg blaue Sporen 2kg Uranin	Schmelzbach-Ursprung	negativ (Uranin nur qualitativ positiv)		
		Schmelzbach-gesamt	negativ (Uranin nur qualitativ positiv)		
		Laurinsquelle	negativ		
		Hammerbach- quelle + P-Q1	22,7-32 Stunden	35,7-100,3 Stunden	> 307,5 Stunden

Lurhöhlensystem 1988			Durchgang des Markierungsmittels		
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer
3 Lurbachschwinde	5kg Pyranin 40-50 Mrd Mikropartikel (1ml Fluoresbrite TM Noncarboxylate microspheres, 0.95 u / 1ml Fluoresbrite TM carboxylate microspheres, 0.89 u / 1ml Fluoresbrites TM carboxylate microspheres, 1.0 u) 8 10 Salmonella-Phagen P22H5 4kg Rhodamin B 50kg Natriumbromid 100kg Lithiumchlorid 50mCi Indium-114 3kg Amidorhodamin G extra, 5kg Eosin 25kg Naphthionat 2kg Uranin	Hammerbach	Auswertung noch nicht abgeschlossen	> 405 Stunden	
		Schmelzbach			
		Schmelzbach-Ursprung			
		Laurinsquelle			
		Q2 - Q6			
Lurhöhlensystem 1989					
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels		
3 Lurbachschwinde	500kg Kochsalz 75kg Kaliumbromid 3kg Uranin 3kg rote Sporen 3kg gelbe Sporen 3kg grüne Sporen 3kg blaue Sporen	Hammerbach	erster Nachweis nach	Maximum nach	Beobachtungsdauer
		Schmelzbach	11,5-18 Stunden	19,9-24 Stunden	> 264 Stunden
		Schmelzbach-Ursprung	12,7-21 Stunden	21,7-23 Stunden	> 264 Stunden
		Laurinsquelle			
		Lurdom			
		Seitensiphon/Säulenhalle	qualitativ positiv		
		Seitensiphon/Geisterschlöß			
		Kaskadenbach			
			> 264 Stunden		

Lurhöhlensystem 1959			
	Einspelsungsort	Einspelsung	Ergebnis
4	Eisgrube	4kg blaue Sporen	
3	Lurbachschwinde	3,5kg ungefärbte Sporen, 15kg blaugefärbtes Holzmehl, 25kg granuliertes Kunststoffpulver Vaestyron N, 12kg Diatomeenerde	- - - positiv* positiv +
5	Siphonbach	10kg rotgefärbtes Holzmehl	
			*ungefärbte u. blaue Lycopodiumsporen + ungefärbte Lycopodiumsporen keine Angaben über Durchgangszeiten

Lurhöhlensystem 1991			
	Einspelsungsort	Einspelsung	Durchgang des Markierungsmittels
3	Lurbachschwinde	1kg Uranin je 3kg rote, orange, grüne u. blaue Sporen 500kg Kaliumchlorid 500kg Natriumchlorid	erster Nachweis nach Maximum nach
		Hammerbach	31,4 Stunden 43,4 Stunden
		Schmelzbach	Chlorid 32,8 Stunden Kalium 34,8 Stunden Natrium 33,3 Stunden
		Schmelzbach-Ursprung Laurinsquelle	41,8 Stunden 42,8 Stunden 37,3 Stunden
			nicht nachgewiesen

5.9. MARKIERUNGSVERSUCH MIXNITZBACH

5.9.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der Bereich des Mixnitzbaches liegt nahe der nördlichen Überschiebungsgrenze des Grazer Paläozoikums über das Gleinalmkristallin und wird im wesentlichen von paläozoischen Gesteinen aufgebaut. Innerhalb dieser paläozoischen Entwicklungen sind die Gesteine der Hochlantscheinheit (Kalke und Dolomite der Tyrnauer Alm-Formation, Hochlantschkalk) die wesentlichen Gesteinsbildner. Dieser Deckenaufbau wird noch von einer intensiven Falten- und Bruchtektonik gekennzeichnet. Markante Lineamente verlaufen Nordost - Südwest, parallel zur Eywegglinie (Tyrnauergraben) und senkrecht dazu, sowie Nord - Süd. An diesen Störungen kann es zu Verstellungen der einzelnen Schichtglieder bis in den 100 m-Bereich kommen.

Das Ost - West Streichen der sedimentären Abfolge und der Überschiebungsflächen beeinflusste in Zusammenhang mit den Störungssystemen die Genese der Landschaft und ihrer Entwässerung nachhaltig. Hydrogeologisch bedeutsam ist vor allem die hohe Verkarstungsfähigkeit der Kalke der Hochlantscheinheit und die starke lithologische Differenzierung der liegenden Anteile dieses paläozoischen Schichtpakets, das teilweise verkarstungsfähige, teilweise gut stauende Gesteinsabfolgen aufweist.

Literatur: EBNER 1983A, GOLLNER & ZIER 1985, STADLER 1990

5.9.2. ERGEBNISSE DES MARKIERUNGSVERSUCHES

Im August 1988 erfolgte ein Färbeversuch am Mixnitzbach auf der Teichalm um eine Beeinflussung des Kaskadenfalls durch dessen Wasser festzustellen. Die Einspeisung erfolgte vor dem Versickerungsbereich des Mixnitzbaches bei der Brücke (1153 m) westlich des Stausees. Der Markierungsversuch erbrachte den eindeutigen Beweis, daß vom Mixnitzbach zum Kaskadenfall bei jeder Abflußsituation eine Verbindung besteht. Die gesamten Wasserverluste des Mixnitzbaches kommen dem Kaskadenfall und den einzelnen Karstwasseraustritten in den Mixnitzbach zwischen Kassahütte und Klammausgang/Brücke zugute. Mit dem Kaskadenfall in Verbindung stehen Karstwasseraustritte (ab dem Bereich Burgstall bis zum Kaskadenfall) in den Mixnitzbach, die aber teilweise nur bei Hochwasser aktiv sind. Bei ihnen handelt es sich möglicherweise um Überlaufquellen, denn einige Austritte in unmittelbarer Umgebung des Kaskadenfalls sind ständig aktiv. Alle diese Austritte befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Mixnitzbach oder direkt im Gerinnebett.

Auf Grund des Tracerdurchgangs am Kaskadenfall kann darauf geschlossen werden, daß das in Karsthohlräume eingedrungene Wasser aus dem Mixnitzbach bei Schüttungsanstiegen ohne wesentliche Vermischung mit neuem Wasser durch dieses ausgedrückt wird. An keinen anderen Probenpunkten (12 Beobachtungsstellen) konnten Beweise für Uranindurchgang gefunden werden.

Literatur: STADLER 1990.

Mixnitzbach 1988			Durchgang des Markierungsmittels			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Konzentration im Tracermaximum	
Mixnitzbach Brücke (1153) auf der Teichalm	3kg Uranin	Kaskadenfall	215,5 Stunden	279,5 Stunden	16.852mg/m ³	
		Mixnitzbach/Klamm- ausgang	179,5 Stunden	266,5 Stunden	9.150mg/m ³	
		Werber (Breitenauerbach)				
		Lantschabach				
		Raab				
		Toberbach				
		Schremserbach				
		Tyrnauerbach 3 Meßstellen				
		Almbachergraben (Quelle)				
		Heubergbach				
		Burgstall (Quelle)				
Schweigerbauer (Quelle)						
negativ						

5.10. MARKIERUNGSVERSUCHE WEIZER BERGLAND

5.10.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der Bereich des Weizer Berglandes liegt im Altpaläozoikum des Grazer Berglandes und gehört hier der höchsten tektonischen Einheit, dem Oberostalpin, an. Es ist dies ein Gebiet mit lithologisch höchst unterschiedlicher Sedimentation, das überdies während der alpidischen Gebirgsbildung in mehreren Decken übereinandergeschoben und auch verfaltet wurde. Hierbei kam die Schöckeldecke über dem mittelostalpinen Kristallin (Weizberg) mit einem weitläufigen Sattel- und Muldenbau zu liegen, wobei die südlich der Weizklamm auftretenden Schiefereinheiten als die tektonisch auf den Kopf gestellte, nun über den Schöckelkalken verkehrt liegende ehemalige Unterlage dieser Kalke aufzufassen sind. Die sattelförmige Aufwölbung der Kalke kulminiert im Norden im Zug Sattelberg-Patschaberg und im Süden (geringer mächtig) im Sturm- und Landschaberg. In der dazwischenliegenden Mulde lagern die Arzberg-Schichten, die auch nördlich der Klamm in steiler Stellung an die Schöckelkalke anschließen, bzw. mit diesen verschuppt sind. Unter den Schöckelkalken liegt eine mehrere 100 m mächtige Abfolge von Tonschiefern, Phylliten, Kalkphylliten und dunklen plattigen Kalken (Striatoporenkalke). Allmählich leitet diese Schichtfolge zu dem einige 100 m mächtigen Schöckelkalk, einem hellgrauen, mitunter schön gebänderten, leicht kristallinen Kalk über. Fossilfunde, die allerdings außerhalb des Weiztales gemacht wurden, deuten auf mitteldevonisches Alter hin.

Sowohl die Raab, als auch der Weizbach haben sich in die mächtige und steile Antiklinale von Sattelberg und Patschaberg, deren Faltenachse Südwest - Nordost verläuft, eingeschnitten. Der dichte bis feinkristalline Schöckelkalk gliedert sich in drei Gesteinstypen:

- a) graublaue, helle bis dunkle, halbmetamorphe Kalke,
- b) reinweiße, entpigmentisierte Kalke und
- c) weißgraue bis graublaue, meist gut gebänderte Kalke.

Die hohe chemische Reinheit, die regelmäßige und ausgeprägte Klüftung sowie die deutliche Bankung des Schöckelkalkes begünstigt eine intensive Verkarstung. Für die Gestaltung der Karstoberfläche von Bedeutung sind auch die den Verebnungen und Leisten auflagernden Lockersedimente des Jungtertiär (z.B. südlich Schachner Kogel). Dort treten gehäuft Karsterscheinungen wie Einzeldolinen und Dolinenreihen auf. Für die Entwässerung im tiefen Karst ist das aus der Großtektonik resultierende Ergebnis wesentlich: die allseitig geschlossene und zum größten Teil überdeckte Schöckelkalkmulde mit ihrem Tiefstpunkt etwa unter dem Hirschkogel, die Ostnordost streichende Muldenachse, die zum Teil bis unter das Vorflutniveau reichende saigere bzw. sehr steile Stellung der Kalke im Antiklinalbereich Sattelberg-Patschaberg-Zetz und das Störungsgitter, das einerseits Ostwest bis Westnordwest, andererseits Ostnordost streicht.

Literatur: EBNER 1984, FLÜGEL & MAURIN 1959, HACKER 1984, 1991.

5.10.2. ERGEBNISSE DER MARKIERUNGSVERSUCHE

Im Oktober 1911 wurde bereits am Naasbach eine Einspeisung von Fluorescein durchgeführt um den Zusammenhang des Baches mit der Kalkleitenquelle nachzuweisen. Da die Quelle im Talboden an der Mündung des Naasbachtals in das Weizbachtal liegt, wäre eine Infiltration von Naasbach-Wasser leicht möglich. In trockenen Jahren versiegt der Naasbach und fließt unterirdisch weiter. Der Zusammenhang zwischen Naasbach und Kalkleitenquelle konnte nachgewiesen werden.

1913 oder 1914 wurde ein Färbeversuch mit Fluorescein zwischen Weizbach und Boarquelle durchgeführt, nachdem festgestellt worden war, daß neben dem Zufluß aus der "Felsquelle" - eigentlich Boarquelle - noch starke Zuflüsse aus dem Schotter des Talbodens erfolgten, welche Bergwasser aber auch Bachwasser des Weizbaches sein könnten. Der Versuch erbrachte ein negatives Ergebnis.

Der im Jänner/Februar 1982 durchgeführte Markierungsversuch konnte eindeutig einen Zusammenhang zwischen den in einer Schwinde des unteren Talgrabenbaches versinkenden Oberflächenwässern und den in etwa 300 m entfernten, ca. 10 - 15 Höhenmeter tiefer gelegenen Quellen im Weizbachtal am Eingang der Weizklamm nachweisen.

Aus der Gegenüberstellung Bachabfluß zur Gesamtschüttung dieser Quelle konnte geschlossen werden, daß ihr Einzugsgebiet nicht im Schöckelkalkbereich des Patschaberges liegt, sondern hauptsächlich vom Talgrabenbach und im Falle von zwei Quellen auch durch Grundwasser eines Lockersedimentkörpers gespeist werden.

Der 1982 durchgeführte kombinierte Markierungsversuch war der erste Großversuch im Weizer Bergland und auch der umfangreichste im Grazer Bergland. Sowohl durch die Ergebnisse des kombinierten Markierungsversuches, als auch durch die Beobachtung der physikalisch-chemischen Kennwerte der ortsspezifischen Spurenelemente und der Umweltilotope, konnte die tatsächliche Existenz eines großräumigen karsthydrologischen Entwässerungssystems und seine Funktion nachgewiesen werden. Für die Karsthydrographie dieses Raumes ist die Großtektonik mit der überdeckten Schöckelkalkmulde und den randlichen Antiklinalbereichen entscheidend.

Die wichtigsten Ergebnisse dieses Versuches waren:

- Das unterirdische Abfließen der Wässer aus den nördlichen Schenkeln der Schöckelkalkmulde nach Süden bzw. Südosten, und damit unter der Muldenfüllung hindurch, wurde mehrfach nachgewiesen.
- Die durch die Vorfluter Weizbach und Ponigl/Fladnitzbach morphologisch herausgearbeiteten Abschnitte Sattelberg/Stroß, Patschaberg/Hirschkogel, Zetz/Hohe Zetz verhalten sich nicht wie getrennte hydrologische Einheiten.

Weizer Bergland 1911				Durchgang des Markierungsmittels			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Konzentration im Tracer-maximum		
1	Schwinde Naasbach	Fluorescein	Kalkleitensquelle	positiv			
Weizer Bergland 1913/14				Durchgang des Markierungsmittels			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Konzentration im Tracer-maximum		
2	Weizbach	Fluorescein	Boarquelle	negativ			
Weizer Bergland 1981/82				Durchgang des Markierungsmittels			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Konzentration im Tracer-maximum		
3	Schwinde Talgrabenbach	Lithiumchlorid 20kg	4 Quellen in der Nähe des Gasthauses "Kreuzwirt" (Norden-eingang Weizklamm)	negativ			
				65 Stunden 68 Stunden 48 Stunden negativ	145 Stunden 126 Stunden 71 Stunden negativ	50,0mg/l 40,2mg/l 64,0mg/l ...	
		Calciumchlorid 400kg					

Weizer Bergland 1982				Durchgang des Markierungsmittels		
Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	Konzentration im Tracermaximum	
4	Jagdhaus S d. Schachner Kogels	15kg blaue Sporen	Finzenquelle	> 31 Stunden	> 162 Stunden	
5	Karströhre am Dolinenhang SE d. Jagdhauses	15kg violette Sporen		> 17 Stunden	> 37 Stunden	
6	Schwinde d. Haselbaches	10kg Eosin	Quellaustritt im Bachbett unterhalb der Mündung des Haselgrabens in die Raabklamm	1 Stunden	98,5 Stunden	
7	Schacht in der Grasshöhle	4,5kg Indium u. 16kg grüne Sporen	Gänsebrunnen	45 - 60 Tage		
			Gänsebrunnen	14 Stunden	131 Stunden	0,6mg/m ³
			Kohlbrunnen	25 Stunden	125 Stunden	0,5mg/m ³
			Wiesenquelle	114 Stunden	*	0,1mg/m ³
			Baumühquelle	58 Stunden	74 Stunden	0,2mg/m ³
8	Schwinde Kleinhöhle S Wachtthausattel SE-Hang d. Sattelberges	15kg rote Sporen	Kohlbrunnen	92 Stunden	126 Stunden	
			Gänsebrunnen	16 Stunden	113 Stunden	
			Baumühquelle	1Jahr und 4 Monate		
			Gänsebrunnen	7 ⁴⁰ Stunden	51 Stunden	0,03mg/m ³
		10kg Rhodamin BX3	Kohlbrunnen	22 ⁴⁰ Stunden	51 Stunden	0,03mg/m ³
9	Patschaloch NW-Hang Patschaberg	10,5kg Uranin	Patschawässer	< 15 Stunden	< 17 Stunden	439mg/m ³
				73 Stunden	113 Stunden	8mg/m ³
			Boarquell	114 Stunden	274 Stunden	0,009mg/m ³

keine Sporen gefunden

Weizer Bergland 1982

Durchgang des Markierungsmittels

Einspelungsort	Einspelung	Beobachtungsort	Durchgang des Markierungsmittels		Konzentration im Tracer-maximum
			erster Nachweis nach	Maximum nach	
9 Patschaloch NW-Hang Patschaberg	10,5kg Uranin	Wiesenquelle	50 Stunden	138 Stunden	5,3mg/m ³
		Baumhühquelle	50 Stunden	186 Stunden	0,8mg/m ³
		Fladererquelle	186 Stunden (Spuren)	Spuren	Spuren
		benachbart der Fladerer- quelle	58 Stunden	138 Stunden	0,0011mg/m ³
		Nr. 30, 31	< 23 Stunden	< 173 Stunden	Aktivkohle
		Pözl bach Ursprung	< 144 Stunden	< 312 Stunden	Aktivkohle
		N-Wurzel des Steingra- bens	< 144 Stunden	< 144 Stunden	Aktivkohle
		Patschawässer	27 Stunden	91 Stunden	21mg/m ³
		Boarquell	< 480 Stunden	-	Aktivkohle
		Wiesenquelle	220 Stunden	260 Stunden	0,04mg/m ³
10 Schwindenbereich Poniglgraben / Hohe Zetz	4kg Amidorho- damin G extra + 6kg Rhodamin	Baumhühquelle	180 Stunden	276 Stunden	0,04mg/m ³
		Fladererquelle	28 Stunden	*	0,007mg/m ³
		benachbart der Falderer- quelle	11 Stunden	20 Stunden	0,06mg/m ³
		Kalkleitenquelle	20 Stunden	*	0,02mg/m ³
		Waller	54 Stunden	*	0,03mg/m ³
		Waller	29 Stunden	*	0,02mg/m ³
		Nr. 58	15 Stunden	49 Stunden	0,04mg/m ³
		Nr. 59	12 Stunden	65 Stunden	0,07mg/m ³
		Austritt W-Fuß d. Land- schaberges S d. Steinbru- ches	< 48 Stunden	*	Aktivkohle
		7 Schwindenbereich Poniglgraben / Hohe Zetz	4kg Amidorho- damin G extra + 6kg Rhodamin		

* laßt sich nicht mit Sicherheit ermitteln

nur Amidorhodamin
nachgewiesen

- Die im Schöckelkalkmassiv des Patschaberges eingeschalteten Ton- und Kalkschiefer-Bänder gliedern diesen nicht in einzelne getrennte Karsteinheiten.
- Die Baumühl- und Wiesenquelle haben ihr Einzugsgebiet im Sattelberg, Patschaberg und der Zetz.
- Wie die Verbindungen zur Einspeisungsstelle Patschaloch zeigen, entspricht die Karstwasserscheide nicht der orographischen Wasserscheide.
- Die Funktion der Schöckelkalkmulde als Sammelbecken ist nicht generell gültig, da es mehr oder weniger isolierte Karstschläuche gibt, die eine direkte Verbindung von Norden nach Süden bzw. Südosten herstellen.
- Der Nachweis von Uranin aus dem Patschaloch in den obersten Bachläufen des Pözlaches und Steingrabens bedeutet, daß die Karstwasserscheide zwischen den Flußgebieten der Feistritz und der Raab weit in das Patschamassiv reicht.
- Die Entwässerung aus dem Bereich der Einspeisestelle Patschaloch ist radial.
- Eine Verbindung zu den Austritten westlich von Anger (Zetzbach) wurde nicht festgestellt.
- Durch die nachweisliche Konzentration der Karstentwässerung in den beiden Quellgruppen am Grundgebirgsrand liegt der Schluß nahe, daß das oft zitierte Abflußdefizit direkt in die Talfüllungen von Weizbach und Fladnitzbach überwechseln müßte.

Literatur: GÖTZINGER 1925, HACKER 1982, 1984, 1991.

Hartergraben (Kindberg) 1972		Durchgang des Markierungsmittels		
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach
Harterbach Versickerungsbereich südlich "Pözl"	200g Uranin	Retzenquelle	negativ (Einspeisemenge zu gering, große Adsorption durch Sedimente) Konzentration unter der Nachweisgrenze	
		Kochquelle		
		Schmalzquelle		
		Möstlinggrabenquelle		
		Retzenquelle		
Kochquelle	20 Stunden			
Schmalzquelle				
	200kg Kalisalz	Möstlinggrabenquelle		negativ

5.11. MARKIERUNGSVERSUCH HARTERGRABEN BEI KINDBERG

5.11.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Im Bereich nördlich des Mürztales auf der Höhe von Kindberg liegt ein Zug aus Semmering-Mesozoikum, welcher im Süden von Mürztaler Grobneisen und im Norden vom Kristallin des Troiseck begrenzt wird. Im Verband dieses charakteristischen Gesteinszuges treten Kalke, Dolomite, Quarzite und vereinzelt auch Rauhwacken auf. Im Hartergraben erreicht der Schichtstoß Mächtigkeiten von bis zu knapp 500 m und zeigt im allgemeinen steiles Einfallen in nördliche Richtung. Die Kalke weisen zum Teil starke Karsterscheinungen auf und haben damit als Wasserspeicher und -sammler große Bedeutung.

Literatur: GAMERITH 1972.

5.11.2. ERGEBNISSE DES MARKIERUNGSVERSUCHES

Im September 1972 wurde im Hartergraben bei Kindberg ein Markierungsversuch am Harterbach in jenem Bereich durchgeführt, in dem der Bach aus dem Kristallin kommend die Kalke quert. Der Versuch sollte beweisen, daß ein Zusammenhang zwischen den versinkenden Oberflächenwässern (im speziellen Harterbach) und der Retzenquelle, Kochquelle, Schmalzquelle und Möstlinggrabenquelle besteht.

Es konnte durch eine Einspeisung von Kalisalz der eindeutige Nachweis der Zusammenhänge zwischen Oberflächenwasser und Karstwasserkörper erbracht werden. Sowohl in der Retzen- wie auch in der Kochquelle wurde Tracermaterial nachgewiesen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß das versickernde Oberflächenwasser nicht unmittelbar in den Karst gelangt, sondern - von einer geringen Menge abgesehen - feinklastische Sedimente durchströmen muß. Ein Versuch mit Uranin verlief negativ. Das Absinken der Uraninkonzentration unter die Nachweisgrenze könnte ebenfalls auf ein gewisses Maß an Filterung hindeuten, da Uranin durch feinklastische Sedimente adsorbiert wird.

Literatur: GAMERITH 1972

5.12. MARKIERUNGSVERSUCH OBERES MÜRZTAL (KOHLEBEN - KAPELLEN - RAXENGRABEN)

5.12.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Das Gebiet zwischen Drahtkogel und Kapellen nördlich von Müzzuschlag wird aus mesozoischen Gesteinen (Semmeringmesozoikum) aufgebaut, die im Süden von Paragesteinen mit phyllitischem Habitus (Mürztaler Quarzphyllit) unterlagert werden. Im Norden begrenzen die Grauwackenzone und die Tattermannschiefer (Serizitphyllite bis Serizitquarzitschiefer) das Mesozoikum. Im Bereich des Drahtkogels wird es von kristallinen Gesteinen (Para- und Biotitgneise, Mürztaler Quarzphyllit, Semmeringquarzit) überlagert. Die Gesteine des Semmeringmesozoikums, die z.T. verkarstungsfähig sind, setzen im Liegenden mit Alpinem Verrucano (Arkose-, Serizit- bis Phengitschiefer) ein und werden von den Semmeringquarziten (Serizitquarzite, Metaarkosen bis Arkosequarzite sowie Quarzkonglomerate) überlagert. Darüber folgen Reichenhaller Rauhwacken, die das Liegende der Gutensteiner Basisserie (Ton-, Kalk- und Dolomitschiefer bzw. -brekzien) bilden. Über diesen lagern Kalke, Dolomite und Rauhwacken des Anis. Das Hangende bildet eine Folge diploporenführender Dolomite (Wettersteindolomit).

Eine Lokalbildung des Karn sind die Kapellener Schiefer, bei denen es sich um Schwarze Schiefer, Sandsteine und Arkosen handelt. Ebenfalls im Karn treten bunte Schiefer sowie randlich in Gips umgewandelte Anhydritvorkommen auf. Die bunten Schiefer setzen sich ins Nor fort. Den Abschluß bilden im Bereich des Semmeringsattels Kalke des Rhät. In diesem Bereich treffen die drei ostalpinen Deckeneinheiten aufeinander. Der Mürztaler Quarzphyllit und das darüberlagernde Semmeringmesozoikum zählen zur höchsten unterostalpinen Einheit, zur Roßkogeldecke. Sie wurde vom östlichen Ausläufer des mittelostalpinen Troiseckzuges diskordant abgeschnitten und überschoben. Das mittelostalpine Kristallin liegt in Deckschollen bei Hirschbach, südwestlich Kapellen und am Drahtkogel auf dem Unterostalpin.

Hydrologisch bilden die Paragneise, Quarzphyllite, Tattermannschiefer, Serizitschiefer und Kapellener Schiefer wasserstauende Horizonte. Für die Verkarstung von Bedeutung sind die Kalke und Dolomite des Semmeringmesozoikums. Durch die besonders im nördlichen Bereich steil einfallenden Schichten und die allgemein steil stehenden Klüfte werden die Niederschlags- und Schmelzwässer rasch in die Tiefe geleitet.

Literatur: TOLLMANN 1977, YAMAC 1982.

5.12.2. ERGEBNISSE DES MARKIERUNGSVERSUCHES

Über den im September 1982 im Bereich östlich von Kapellen durchgeführten Markierungsversuch liegt nur ein Kurzbericht über den Stand der Arbeiten vor. Aus dem geht hervor, daß Uranin und Rhodamin in eine Schwinde am Gamskogel eingespeist wurde und im

Waldbach knapp vor der Einmündung in den Raxenbach sowie in 4 Quellen (1 Wasserversorgung Kapellen, 3 Staudenpeter) am Fuße des Lerchenkogels im Raxenbachtal nachgewiesen werden konnten.

Tinopal und Eosin wurde in eine Schwinde westlich von Bärnthal eingebracht. Ein Eosindurchgang wurde in einer Quelle südlich vom Karnsteiner (Wasserversorgung Karnsteiner) im Mürztal eindeutig festgestellt. An den Beobachtungsstellen im Raum Kohleben im Mürztal konnte kein Tracer nachgewiesen werden. Über den eingespeisten Tracer Tinopal gibt es keine Angaben.

Literatur: ZOJER 1982.

		Oberes Mürztal 1972		Durchgang des Markierungsmittels	
Einspelungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	
1 Schwinde W Gamskogel	3kg Uranin	Wasserversorgung Kapellen	32 ²⁰ Stunden	42 ²⁰ Stunden	
		Staudenpeter	28 ³⁰ Stunden	36 ³⁰ Stunden	
		Wasserversorgung Kapellen	38 ²⁰ Stunden	44 ²⁰ Stunden	
		Staudenpeter	30 ³⁰ Stunden	36 ³⁰ Stunden	
		Wasserversorgung Karnsteiner	keine Angaben		
Kohleben gesamt					
2 Schwinde W Bärnthäl	10kg Tinopal	Wasserversorgung Karnsteiner	keine Angaben		
		Kohleben gesamt			
		3kg Eosin	Wasserversorgung Karnsteiner	6 Messungen positiv	
		Kohleben gesamt	10 Messungen negativ		

5.13. MARKIERUNGSVERSUCH TRAIBACHGRABEN

5.13.1. GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der zwischen Quarziten, Quarzphylliten und jungtertiären Lockersedimenten eingespannte zentralalpine Triaskalkzug der Hochgölk-, Assantberg-, Sulzerkogel-Gruppe südlich von Krieglach steht mit seiner vorwiegend unterirdischen Entwässerung im deutlichen Gegensatz zu der kristallinen Umgebung. Obwohl zum Teil von Dolomiten aufgebaut, kennzeichnen steile Geländeformen diese Karbonatgesteinsschollen, die außer den Trockentälern nur vereinzelt Karstphänomene wie Höhlen, Karstschläuche und typische Karstquellen aufweisen. Dolinen wurden gar nur in Ansätzen entdeckt. Dieses morphologische Bild läßt den Schluß zu, daß aufgrund der petrographischen Gegebenheiten und der Schichtlagerung die Verkarstungsprozesse nur sehr begrenzt wirksam sind.

5.13.2. ERGEBNISSE DES MARKIERUNGSVERSUCHES

Der im September 1972 mit Uranin AP ausgeführte Markierungsversuch ließ bei der Winkler-Quelle nur eine langsame und schwache Beeinflussung durch den Traibach erkennen. Dies wird auf den Einfluß des quartären Porengrundwasserleiters, der den Primäraustritt der Quelle im Kalk überlagert, zurückgeführt. Demgegenüber konnte bei der Zenzbauer-Quelle schon nach 45 Minuten eine Infiltration vom intensiv gefärbten Bachwasser nachgewiesen werden. Die rasche und massive Beeinflussung durch den Bach, die sich übrigens auch im Ergebnis der bakteriologischen Untersuchung durch hohe Keimzahlen angekündigt hat, macht diese Quelle im Gegensatz zur Winkler-Quelle für die Trinkwassergewinnung ungeeignet. Eine grobe Berechnung der Anteile Karstwasser/Bachwasser an der Gesamtschüttung ergab für die Winkler-Quelle ca. 90 zu 10 %, für die Zenzbauer-Quelle ca. 60 zu 40 %.

Literatur: HACKER & ZETINIGG 1981.

Traubachgraben 1972			Durchgang des Markierungsmittels
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	Ergebnis
Traubach 250m oberhalb der Winkler-Quelle	2,5kg Uranin AP	Winkler - Quelle	in Aktivkohleproben
		Zenzbauer - Quelle	

5.14. MARKIERUNGSVERSUCH ZWIESELBACH - RETTENEGG

Im Oktober 1988 wurde im Zwieselbach nordöstlich von Rettenegg ein Markierungsversuch durchgeführt, der den Nachweis der Verbindung versickernden Bachwassers des Zwieselbaches mit Quellen im Ortsgebiet von Rettenegg erbringen sollte. Die Einspeisungsstelle lag im Bereich eines Rauhwackenhorizontes im Bachbett des Zwieselbaches in dem es zu Versinkungen über Spalten und Klüfte kam. An drei von vier beobachteten Quellen im Ortsgebiet von Rettenegg konnte ein Durchgang des Markierungsmittels nachgewiesen werden. An einer Quelle war 2 Stunden nach dem Maximum des Tracerdurchganges ein weiterer etwas schwächerer Anstieg festzustellen, was darauf zurückzuführen sein dürfte, daß ein gewisser Anteil des Tracers in den unterirdischen Wasserwegen zurückgehalten wurde und verzögert zum Austritt gelangte.

Bei diesen 3 positiv beprobten Quellen handelt es sich allerdings nicht nur um Wasser aus dem Versinkungsbereich der Rauhwacke des Zwieselbaches, vielmehr kommt es im Untergrund zu einer Mischung von versiegtem Bachwasser und Wasser aus den Karbonaten. Die beim Tracerversuch beprobten Quellen entwässern nämlich den Karbonatstock Heißenkogel - Reitbauerhöhe. Auf Grund der Lage der Quellaustritte knapp oberhalb der Vorflut (Pfaffenbach) kann angenommen werden, daß die Karstbasis bis knapp an die Vorflut reicht.

Literatur: FAUPL 1970, KRISTAN & TOLLMANN 1957, REICHL 1989.

Zwieselbach - Rettenegg 1988				Durchgang des Markierungsmittels			
Einspeisungsort	Einspeisung	Beobachtungsort	erster Nachweis nach	Maximum nach	2. Maximum nach	Ende Durchgang	
Versinkungsbereich im Zwieselbach	30kg Kochsalz	4 Quellen im Ortsgebiet von Rettenegg (Spitalerbr.)	4 ²⁰ Stunden	5 ¹⁵ Stunden	-	8 Stunden	
			C1	4 Stunden	4 ²⁰ Stunden	6 Stunden	7 Stunden
			C2				
			C3				
C4	negativ						

6. DER SCHUTZ VON KARSTWASSER

Die hohen Fließgeschwindigkeiten des Karstwassers im Untergrund machen es notwendig in Karstgebieten für einen verstärkten Grundwasserschutz zu sorgen, wenn es für die Trinkwasserversorgung herangezogen werden soll. Die Schwierigkeit der Abgrenzung von Einzugsgebieten einzelner Quellen wurde bereits angesprochen und auf die Notwendigkeit der Erfassung gesamter Karstareale hingewiesen. Dies bedeutet, daß neben der Einrichtung von Schutzgebieten, hier vor allem großflächige Schongebiete anzuwenden sind. Daß der Schutz von Karstwasser nicht nur durch das Wasserrechtsgesetz und in diesem Fall durch Schongebiete, sondern auch durch andere Rechtsmaterien (wie z.B. Gewerberecht, Bau-recht, Bergrecht, etc.) erfolgen muß, braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden. Einen diesbezüglichen Überblick gibt H.SCHAFFER (1988).

6.1. SCHONGEBIETE

Schongebiete nach § 34, Abs.2 und 3 WRG 1959 können von der zuständigen Wasserrechts-behörde bzw. nach der Wasserrechtsnovelle 1990 nur mehr vom Landeshauptmann nur für Anlagen, deren Bewilligung in die Zuständigkeit des Landeshauptmannes oder des Bundes-ministers für Land- und Forstwirtschaft fällt, durch Verordnung festgelegt werden. Sie richten sich gegen künftige Maßnahmen die auf die Beschaffenheit und Ergiebigkeit eines größeren Wasservorkommens, das für die Wasserversorgung jetzt oder in Zukunft benötigt wird, einzuwirken vermögen. Derartige Verordnungen begründeten bis zur Wasserrechts-novelle 1990 nur die Anzeige oder Bewilligungspflicht an die Wasserrechtsbehörde für bestimmte Maßnahmen und enthielten keine Verbote. Schongebiete sind daher als in der Regel über die Schutzgebiete hinausgehende, große Teile von Einzugsgebieten oder gesamte Einzugsgebiete erfassende Sicherheitszonen zur Vorbeugung gegen Gefahren aufzufassen. Näheres ist dem ÖWWV-Arbeitsbehelf Nr.2 "Grundwasser-Schongebiete" zu entnehmen.

Mit der Wasserrechtsnovelle 1990 wird die Möglichkeit geboten, nun auch in Schongebieten konkrete Nutzungsbeschränkungen und Verbote auszusprechen. Damit ist ein wesentlicher Unterschied zu Schutzgebieten aufgehoben. Ihre Wirkung kann dadurch verstärkt werden. Allerdings gilt in diesem Falle die Pflicht zur Entschädigung der betroffenen Grundeigentü-mer gemäß § 34, Abs.4, wenn sie in bestehenden Rechten eingeschränkt werden, weswegen wohl sorgfältige Überlegungen bezüglich der Anwendung derartiger restriktiver Maßnah-men die Folge sein müssen.

Insgesamt ist aus der Festlegung von Verboten und Nutzungsbeschränkungen in Schonge-bieten eine Annäherung an die Wirkungsweise von Schutzgebieten, bzw. deren Zone III im Sinne der DVGW-Richtlinie W 101 zu erwarten. Erfahrungen sind allerdings erst zu sam-meln.

6.2. WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENVERFÜGUNGEN

Da einige der Schongebietsverordnungen für Karstgebiete auch wasserwirtschaftliche Rahmenverfügungen darstellen, ist noch auf dieses Rechtsinstrument kurz einzugehen.

Wasserwirtschaftliche Rahmenverfügungen, die in die Kompetenz des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft fallen, widmen gemäß § 54, Abs.2 WRG 1959 ein Wasservorkommen der Trink- und Nutzwasserversorgung und legen fest, daß in Wasserrechtsverfahren darauf Bedacht zu nehmen ist. Weiters wird hiedurch das wasserwirtschaftliche Interesse bestimmter Beteiligter als rechtliches Interesse anerkannt. Darüberhinaus haben solche Verfügungen auch Gesichtspunkte für die Handhabung anderer Bestimmungen des WRG zum Inhalt, wie z.B. insbesondere Bestimmungen zur Reinhaltung und zum Schutz der Gewässer.

6.3. VERZEICHNIS DER SCHUZMASSNAHMEN FÜR DAS KARSTWASSER

6.3.1. BESTEHENDE SCHONGEBIETSVERORDNUNGEN UND WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENVERFÜGUNGEN ZUM SCHUTZE DES QUELLWASSERS (KARSTWASSER)

Schongebiet Schneeberg-, Rax- und Schneealpengebiet (I)

Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft vom 9. Dezember 1965 zum Schutze des Wasservorkommens im Schneeberg-, Rax- und Schneealpengebiet (BGBl.Nr.333).

Schongebiet Hochschwab (II)

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 29. Juni 1973 zum Schutze der Wasservorkommen im Hochschwabgebiet (BGBl.Nr.345).

Schongebiet Sarstein, Sandling und Loser (III)

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 18. November 1974 zum Schutze des Wasservorkommens im Gebiet des Sarstein, Sandling und Loser (BGBl.Nr.736 in der Fassung BGBl.Nr.99/1984).

Schongebiet Totes Gebirge (IV)

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 25. Jänner 1984 zum Schutze der Wasservorkommen im Toten Gebirge (BGBl.Nr.79).

Schongebiet Schöckl (V)

Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom 3. Jänner 1989, mit welcher ein

Schongebiet zugunsten der Karstwasservorkommen im Schöckelgebiet eingerichtet wird (LGBl.Nr.12).

6.3.2. BEI DER WASSERRECHTSBEHÖRDE BEANTRAGTES SCHONGEBIET ZUM SCHUTZE DES QUELLWASSERS (KARSTWASSER)

Schongebiet **Stubalpe (1)**

Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom ... zum Schutze der Quellwasservorkommen im Stubalpengebiet.

6.3.3. ERFORDERLICHE SCHONGEBIETE ZUM SCHUTZE DES QUELLWASSERS (KARSTWASSER)

Schongebiet **Weizer Bergland (2)**

Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom ... zum Schutze der Wasservorkommen im Weizer Bergland.

Schongebiet **Dachstein (3)**

Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom ... zum Schutze der Wasservorkommen im Dachsteingebiet.

6.3.4. BESTEHENDE SCHONGEBIETSVERORDNUNGEN UND WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENVERFÜGUNGEN ZUM SCHUTZE DES OBERFLÄCHENNAHEN GRUNDWASSERS (IN DEN KARST REICHEND)

Schongebiet **Feldkirchen (VI)**

Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft vom 25.Jänner 1962 zum Schutze des Grundwasserwerkes Graz-Feldkirchen (BGBl.Nr.41).

Schongebiet **Friesach bei Graz (VII)**

Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom 5.März 1962 zur Sicherung des künftigen Trinkwasserbedarfes für die Stadtgemeinde Graz im Raume von Friesach (LGBl.Nr.75).

Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft vom 28.Februar 1963 mit der eine wasserwirtschaftliche Rahmenverfügung für das Grundwasser im Raume von Friesach bei Graz erlassen wird (BGBl.Nr.58).

Schongebiet Graz-Andritz (VIII)

Verordnung des Landshauptmannes von Steiermark vom 13. Oktober 1971, mit der ein Grundwasserschongebiet zum Schutze des Grundwasserwerkes Graz-Andritz bestimmt wird (LGBI.Nr. 139).

7. LITERATUR

ALKER, A.: Der Chlornachweis bei der zweiten Chlorierung des Lurbaches. - Mitt. naturwiss. Ver. Stmk. Bd. 81/82, Graz 1952.

BATSCHKE, H. et al: Vergleichende Markierungsversuche im Mittelsteirischen Karst 1966.- In Steir. Beitr. Hydrogeol., Bd 18/19, Graz 1967.

BAUER, F.: Karsthydrologische Untersuchungen im Schneealpenstollen in den steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen.- Steir. Beitr. Hydrogeol., Jg. 1969, Graz 1969.

BAUER, F.: Untersuchungen von zwei Fluoreszenzen ..- Geol. Jahrb. 1972 Reihe C2, Wien 1972

BAUER, F.: Markierungsversuch Dachstein 1984.- 1. Zwischenbericht, Umweltbundesamt, Wien 1984 A.

BAUER, F.: Markierungsversuch Dachstein 1984.- 2. Zwischenbericht, Umweltbundesamt, Wien 1984 B.

BAUER, F.: Markierungsversuch Dachstein 1985.- 3. Zwischenbericht, Umweltbundesamt, Wien 1986 A.

BAUER, F.: Markierungsversuch Dachstein 1986.- 4. Zwischenbericht, Umweltbundesamt, Wien 1986 B.

BAUER, F.: Die unterirdischen Abflußverhältnisse im Dachsteingebiet und ihre Bedeutung für den Karstwasserschutz.- Umweltbundesamt Reports, Wien 1989.

BAUER, F. & ZÖTL, J.: Zur Hydrographie des Tauplitz-Seenplateaus.- Beitr. Alpine Karstforschung, Bd. 18, Wien 1962.

BENISCHKE, R.: Gutachten über die von der Gemeinde Weißenbach bei Liezen für eine geplante Wasserversorgungsanlage vorgesehenen "Fallquellen" am Langpoltenbach.- Unveröff. Gutachten, Graz 1985.

BENISCHKE, R.: Kombiniertes Markierungsversuch Lurbachschwinde 1988.- Unveröff. Protokoll d. Einspeisung vom 28. 6. 1988.- FGJ, Institut f. Geothermie u. Hydrogeologie, Graz 1988.

BENISCHKE, R.: Markierungsversuche Peggau (Tanneben).- Unveröff. Unterlagen, FGJ Inst. f. Geothermie u. Hydrogeologie, Graz 1989.

BENISCHKE, R.: Kombiniertes Markierungsversuch Lurbachschwinde 1991.- Unveröff. Unterlagen.- FGJ, Institut f. Geothermie u. Hydrogeologie, Graz 1991.

DINCER, T. et al.: Das Tote Gebirge als Entwässerungstypus der Karstmassive der nordöstlichen Kalkhochalpen (Ergebnisse von Isotopenmessungen).- Steir. Beitr. z. Hydrogeol. Bd 24, Graz 1972.

EBNER, F.: Erläuterungen zur geologischen Basiskarte 1: 50.000 der Naturraumpotentialkarte "Mittleres Murtal".- Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, H. 44, Graz 1983 A, cum lit.

EBNER, F.: Dekorgesteine der Steiermark. Konglomerate, Brekzien, Sandsteine. Das Konglomerat von Stiwoll- Geologische Basisuntersuchungen im Hinblick auf eine Nutzung als Dekorgestein.- FGJ, Inst. f. Umweltgeol. und Angew. Geogr., Graz 1983 B.

EBNER, F.: Dekor- und Nutzgesteine der Steiermark III. Farb- und Gefügevarietäten Steirischer Karbonatgesteine.- FGJ, Inst. f. Umweltgeol. und Angew. Geogr., Graz 1984 cum lit.

EBNER, F. et al: Naturführer Weiztal.- Veröffentl. Forschungsstätte Raabklamm IX/X, Weiz 1984.

EICHER, H.: Die Entwässerung des Grebenzenkalkstockes und seine Neukartierung im Kärntner Bereich.- Carinthia II, 166./86. Jg, Klagenfurt 1976.

FABIANI, E.: Grund- u. Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet Teil II: Die Untersuchungen, Geschichte-Durchführung-Methodik.- Ber. WWR, Bd. 45, Graz 1980A.

FABIANI, E.: Grund- u. Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet, Teil IV. Die Untersuchungen im Tragößtal.- Ber. WWR, Bd. 47, Graz 1980 B.

FABIANI, E.: Grund- u. Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet Teil V; Untersuchungen in den südlichen Hochschwabtälern (Ilgental - Seegraben).- Ber. WWR, Bd. 48, Graz 1980 C.

FABIANI, E. et al: Grundwasseruntersuchungen im nordöstlichen Leibnitzerfeld.- Ber. WWR, Bd. 23, Graz 1973.

FABIANI, E. & EISENHUT, M.: Bodenbedeckung und Terrassen des Murtales zwischen Wildon und der Staatsgrenze.- Ber. WWR, Bd 20, Graz 1971.

FABIANI, E. & WEISSENSTEINER, V. & WAKONIGG, H.: Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet. Teil I. Naturräumliche Grundlagen: Geologie - Morphologie - Klimatologie.- Ber. WWR, Bd. 44, Graz 1980.

FAUPL, P.: Zur Geologie des NW Abschnittes des Wechselgebietes zwischen Trattenbach (NÖ) und Fröschnitz (Stmk., Österreich).- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Bd 19, Wien 1970.

- FLÜGEL, H. W.: Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000.- Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, SH. 1, Graz 1975.
- FLÜGEL, H. & HERITSCH, H.: Das Steirische Tertiär-Becken.- Sammlg. geol. Führer, Bd. 47, Berlin - Stuttgart 1968.
- FLÜGEL, H. & MAURIN, V.: Geologische Wanderungen im Weizer Bergland; Weiz.- Geschichte und Landschaft in Einzeldarstellungen Bd. 6, Weiz 1959.
- FLÜGEL, H. W. & NEUBAUER, F.: Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen. Steiermark.- Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark 1: 200.000.- Wien 1984.
- GAMERITH, H.: Hydrogeologische Begutachtung der Retzenquelle und Kochquelle im Hartergraben bei Kindberg.- Unveröff. Gutachten, Graz 1972.
- GATTINGER, T. E.: Geologie und Baugeschichte des Schneealpenstollens der I. Wiener Hochquellenleitung (Steiermark - Niederösterreich).- Abh. Geol. B.-A., Bd. 30, Wien 1973.
- GÖTZINGER, G.: Hydrogeologische Betrachtungen im Weizer Karst. Wasserversorgung des Marktes Weiz.- Jb. Geol. B.-A., Bd. 75, Wien 1925.
- GOLLNER, I. & ZIER, Ch.: Zur Geologie des Hochlantsch (Grazer Paläozoikum, Steiermark).- Jb. Geol. B.-A. Bd. 128, Wien 1985.
- HACKER, P.: Bericht über den 1. Teilabschnitt Markierungsversuch "Weizer Bergland".- Unveröff. Ber. BVFA, Wien 1982.
- HACKER, P.: Bericht über das Forschungsprojekt "Markierungsversuch Weizer Bergland".- Unveröff. Ber. BVFA, Wien 1984.
- HACKER, P.: Karsthydrologische Untersuchungen im Weizer Bergland.- Ber. WWR, Bd. 71, Graz 1991.
- HACKER, P. & ZETINIGG, H.: Hydrogeologische Untersuchungen im karbonatischen Semmeringmesozoikum südlich von Krieglach.- Festschrift Josef G. Zötl, FZG Graz 1981.
- HÜBEL, G. et al: Naturraumpotentialkarte der Steiermark. Bezirk Liezen. Teil II: Rohstoff-sicherung und Grundwassergefährdung.- Unveröff. Bericht, FGJ, Inst. f. Umweltgeol. u. Angew. Geogr., Graz 1990.
- KRAUTHAUSEN, B.: Markierungsversuche Warscheneck 1973 - 1978, Bericht über Karsthydrologische Untersuchungen im Warscheneck (Nördliche Kalkalpen).- Unveröff. Bericht 1980.

- KRISTAN, E. & TOLLMANN, A.: Zur Geologie des Semmeringmesozoikums.- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Bd. 8, Wien 1957.
- MAGER, U.: Zur Geologie im Raume Eisenerz - Radmer und zu ihrem Einfluß auf die Hydrochemie der dortigen Grundwässer.- Ber. WWR, Bd. 42, Graz 1979.
- MAURIN, V.: Ein Beitrag zur Hydrogeologie des Lurhöhlensystems.- Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., Bd. 81/82, Graz 1952.
- MAURIN, V.: Tertiäre, pleistozäne und rezente Verkarstung im Köflacher Becken (Stmk.).- Mitt. d. Höhlenkomm. Wien, Jg. 1955/2, Wien 1955.
- MAURIN, V. & ZÖTL, J.: Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse.- Steir. Beitr. Hydrogeol. Jg. 1959, Graz 1959.
- MAURIN, V. & ZÖTL, J.: Karsthydrologische Untersuchungen im Toten Gebirge mit besonderer Berücksichtigung der versorgungswasserwirtschaftlichen Belange im Tauplitzgebiet.- Österr. Wasserwirtschaft, Jg. 16, H. 5/6, Wien 1964.
- MAURIN, V. & ZÖTL, J.: Kartenblatt 11 - Hauptverkarstungsgebiete der Seiermark. Erläuterungen zum Atlas der Steiermark, Graz 1973.
- OBERHAUSER, R. (Ed.): Der geologische Aufbau Österreichs.- Wien 1980.
- PAVUZA, R. & TRAINDL, H.: Geologische Übersichtskarte des Toten Gebirges 1: 200 000.- Karst-Bulletin 12, Fachsektion Karsthydrogeologie. Verb. österr. Höhlenforscher, Wien 1990.
- PLÖCHINGER, B.: Die Nördlichen Kalkalpen.- In: Der geologische Aufbau Österreichs, Wien 1980.
- REICHL, P.: Zur Hydrogeologie des südwestlichen Wechselgebietes (Retteneck - Pfaffen-sattel, Stmk.). Unveröff. Diplomarbeit, Leoben 1989.
- SCHAFFER, H.: Der Karstschutz - welche Möglichkeiten gibt es? - Mitt. Landesver. f. Höhlenkunde Stmk., 17, Graz 1988.
- SCHOUPPÉ, A.: Elektrische Widerstandsmessungen zur Feststellung der Verbindungswege in Höhlengewässern.- Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., Bd. 81/82, Graz 1952.
- SPENGLER, E.: Zur Stratigraphie und Tektonik der Hochschwabgruppe.- Verh. Geol. B.-A., Wien 1920.

STADLER, H.: Hydrogeographie des Hochlantschgebietes (Mittelstmk.).- Unveröff. Diss. Univ. Graz, Graz 1990.

STEINER, P.: Geologische Studien im Grenzbereich der mittleren und östlichen Kalkalpen (Österreich).- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., Bd. 18, 1967, Wien 1968.

SUETTE, G.: Naturraumpotentialkarte der Steiermark. Bezirk Liezen. Teilbereich Geowissenschaften - Rohstoffsicherungskarte.- FGJ, Inst. f. Umweltgeol. u. Angew. Geogr., Graz 1987.

THENIUS, E.: Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen. Niederösterreich.- Wien 1974.

THURNER, A.: Erläuterungen zur geologischen Karte Stadl-Murau 1: 50.000, zugleich auch Führer durch die Berggruppen um Murau.- Geol. B.-A., Wien 1958.

THURNER, A. et al.: Geolog. Karte der Republik Österreich 1: 50.000. Erläuterungen zu Blatt 160 Neumarkt in Steiermark.- Geol. B.-A., Wien 1980.

TOLLMANN, A.: Monographie der Nördlichen Kalkalpen. Teil II: Analyse des Klassischen Nordalpinen Mesozoikums.- Wien 1976 A.

TOLLMANN, A.: Monographie der Nördlichen Kalkalpen. Teil III: Der Bau der Nördlichen Kalkalpen.- Wien 1976 B.

TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich. Band I: Die Zentralalpen.- Wien 1977.

TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich. Band II: Außerzentralalpiner Anteil.- Wien 1985.

VORMAIR, F.: Studien im Mittelsteirischen Karst.- Unveröff. Diss., Univ. Graz - Graz 1938.

VORMAIR, F.: Die Dolinenwelt des Mittelsteirischen Karstes.- Zeitschr. Geomorph., 11, Berlin 1940.

YAMAC, Y.: Hydrogeologische Studie des Gebietes zwischen Drahtkogel und Leitneralm (Mürztal).- Unveröff. Ber., Graz 1982.

ZÖTL, J.: Hydrologische Untersuchungen im östlichen Dachsteingebiet.- Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., Graz 1957 A.

ZÖTL, J.: Neue Ergebnisse der Karsthydrologie, Untersuchungen im Dachsteingebiet mit Hilfe der Sporentriftmethode.- Sonderdruck aus "Erdkunde, Archiv für wissenschaftliche Geographie", Bd. 11, Bonn 1957 B.

ZÖTL, J.: Hydrologische Untersuchung im östlichen Dachsteingebiet.- Mitt. Naturwiss. Ver. Stmk., Bd. 87, Graz 1957 C.

ZÖTL, J.: Der Einzugsbereich von Quellen im Karstgebirge.- Österreichische Wasserwirtschaft.- Sonderdruck aus Jg. 9, H. 4, Wien 1957 D.

ZÖTL, J.: Beitrag zu den Problemen der Karsthydrographie unter besonderer Berücksichtigung der Frage des Erosionsniveaus.- Mitteil. d. geograph. Ges. in Wien, Bd. 100, H. I/II, Wien 1958.

ZÖTL, J.: Die Hydrographie des nordostalpinen Karstes.- Steir. Beitr. z. Hydrogeol., Jg. 1960/61, H. 2, Graz 1961.

ZÖTL, J.: Wasser und Gewässer in der Steiermark - zur Hydrogeologie der Steiermark.- In Die Steiermark, Land, Leute, Leistung. Graz 1971.

ZÖTL, J.: Karsthydrogeologie.- Wien 1974.

ZOJER, H.: Markierungsversuch oberes Mürztal.- Unveröff. Zwischenbericht, Graz 1982.

ZOJER, H. & ZÖTL, J.: Die Bedeutung von Isotopenmessungen im Rahmen kombinierter Karstwasseruntersuchungen.- Österreichische Wasserwirtschaft.- Sonderdruck aus Jg. 26, H. 3/4, Wien 1974.

Grundwasser Schongebiete. - ÖWWV - Arbeitsbehelf Nr. 2, Wien 1984.

Leitlinie für die Nutzung und den Schutz von Karstwasservorkommen für Trinkwasserzwecke. - ÖWWV - Regelblatt 201, Wien 1984.

Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete I. Teil Schutzgebiete für Grundwasser. - DVGW (Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern e. V.) - Regelwerk Wasserversorgung Grundwasser DK 628.112 Technische Regeln, Arbeitsblatt W101, Eschborn 1975.

VERZEICHNIS DER BISHER ERSCHEINENEN BÄNDE

Band	1	VORTRAGSREIHE ABFALLBESEITIGUNG, 18. April 1964 Neuaufgabe 1968, von W.Tronko, B.Bilek, J.Wotschke, K.Stundl, F.Heigl, E.v.Conrad.	S 84,--
Band	2	EIN BEITRAG ZUR GEOLOGIE UND MORPHOLOGIE DES MÜRZTALES, von R.Sperlich, W.Scharf, A.Thurner, 1965.	S 84,--
Band	3	VORTRAGSREIHE ABFALLVERARBEITUNG, 18. März 1965, von F.Fischer, R.Braun, F.Schönbeck, W.Tronko, K.Stundl, B.Urban.	S 84,--
Band	4	GEWÄSSERSCHUTZ IST NÖTIG; von J.Krainer, F.Hahne, H.Kalloch, F.Schönbeck, H.Moosbrugger, L.Bernhart, W.Tronko, 1965.	S 56,--
Band	5	DIE MÜLLVERBRENNUNGSANLAGE, VERSUCH EINER ZUSAMMEN- FASSENDEN DARSTELLUNG, von H.Heigl, 1965.	S 140,--
Band	6	VORTRAGSREIHE ABFALLVERARBEITUNG, 18. November 1965, von F.Schönbeck, H.Sontheimer, A.Kern, H.Rasworschegg, J.Wotschke, J.Brodbeck, R.Spinola, K.Stundl, W.Tronko, 1966.	S 112,--
Band	7	SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN IM GRUNDWASSERFELD FRIESACH NÖRDLICH VON GRAZ, von H.Zetinigg, Th.Puschnik, H.Novak, F.Weber, 1966.	S 140,--
Band	8	DER MÜRZVERBAND, von E.Fabiani, P.Bilek, H.Novak, E.Kauderer, F.Hartl, 1966.	S 140,--
Band	9	RAUMPLANUNG, FLÄCHENNUTZUNGSPLÄNE DER GEMEINDEN, von J.Krainer, H.Wengert, K.Eberl, F.Plankensteiner, G.Gorbach, H.Egger, H.Hoffmann, K.Freisitzer, W.Tronko, H.Bullmann, I.E.Holub, 1966.	S 140,--
Band	10	SAMMLUNG, BESEITIGUNG UND VERARBEITUNG DER FESTEN SIEDLUNGSABFÄLLE, von H.Erhard, 1967.	S 66,--
Band	11	SIEDLUNGSKUNDLICHE GRUNDLAGEN FÜR DIE WASSERWIRTSCHAFT- LICHE RAHMENPLANUNG IM FLUSSGEBIET DER MÜRZ, von H.Wengert, E.Hillebrand, K.Freisitzer, 1967.	S 131,--
Band	12	HYDROLOGIE DER MURTALES, von N.Anderle, 1969.	S 131,--
Band	13	10 JAHRE GEWÄSSERGÜTEAUFSICHT IN DER STEIERMARK 1959 - 1969, von L.Bernhart, H.Sölkner, H.Ertl, W.Popp, M.Noë, 1969.	S 112,--
Band	14	GEWÄSSERSCHUTZMASSNAHMEN IM SCHWERPUNKTGEBIETEN - STEIERMARKS, 1970 (DAS VORLÄUFIGE SCHWERPUNKTPRO- GRAMM 1964 UND DAS SCHWERPUNKTPROGRAMM 1966), von F.Schönbeck, L.Bernhart, E.Gangl, H.Ertl.	S 66,--

Band 15	INDUSTRIELLER ABWASSERKATASTER STEIERMARKS, von L.Bernhart, 1970.	S 187,--
Band 16/ 17	TÄTIGKEITEN UND ORGANISATION DES WIRTSCHAFTSHOFES DER LANDESHAUPTSTADT GRAZ, ABFALLBEHANDLUNG IN GRAZ, LITERATURANGABEN ZUM THEMA "ABFALLBEHANDLUNG", von A.Wasle.	S 112,--
Band 18	ABWASSERFRAGEN AUS BERGBAU UND EISENHÜTTE, von L.Bernhart, K.Stundl, A.Wutschel, 1971.	S 66,--
Band 19	MASSNAHMEN ZUR LÖSUNG DER ABWASSERFRAGEN IN ZELL- STROFFABRIKEN, von B.Walzel - Wiesentreu, W.Schönauer, 1971.	S 150,--
Band 20	BODENBEDECKUNG UND TERRASSEN DES MURTALES ZWISCHEN WILDON UND DER STAATSGRENZE, von E.Fabiani, M.Eisenhut, mit Kartenbeilagen, 1971.	S 168,--
Band 21	UNTERSUCHUNG AN ARTESISCHEN WÄSSERN IN DER NÖRDLICHEN OSTSTEIERMARK, von L.Bernhart, J.Zötl, H.Zetinigg, 1972.	S 122,--
Band 22	GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM SÜDÖSTLICHEN GRAZERFELD, von L.Bernhart, H.Zetinigg, J.Novak, W.Popp, 1973.	S 90,--
Band 23	GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM NORDÖSTLICHEN LEIBNITZER- FELD, von L.Bernhart, E.Fabiani, M.Eisenhut, F.Weber, E.P. Nemecek, Th.Glanz, W.Wessiak, H.Ertl, H.Schwing- hammer, 1973.	S 250,--
Band 24	GRUNDWASSERVERSORGUNG AUS DEM LEIBNITZERFELD, von L.Bernhart, 1973.	S 150,--
Band 25	WÄRMEBELASTUNG STEIRISCHER GEWÄSSER, von L.Bernhart, H.Niederl, J.Fuchs, H.Schlatte, H.Salinger, 1973.	S 150,--
Band 26	DIE ARTESISCHEN BRUNNEN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von H.Zetinigg, 1973.	S 120,--
Band 27	DIE BEWEGUNG VON MINERALÖLEN IN BODEN UND GRUNDWASSER, von L.Bernhart, 1973.	S 150,--
Band 28	KENNZAHLEN FÜR DEN ENERGIEWIRTSCHAFTLICHEN VERGLEICH THERMISCHER ABLAUGEVERWERTUNGSANLAGEN, von L.Bernhart, D.Radner, H.Arledter, 1974.	S 100,--
Band 29	GERNALPLAN DER WASSERVERSORGUNG STEIERMARKS, ENTWURFS- STAND 1973, von L.Bernhart, E.Fabiani, E.Kauderer, H.Zetinigg, J.Zötl, 1974.	S 400,--
Band 30	GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLA- NUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, 1. TEIL, EINFÜHRUNG HYDROGEOLOGIE, KLIMATOLOGIE, von L.Bernhart, J.Zötl, H.Zojer, H.Otto, 1975.	S 120,--

Band 31	GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIEMARK, 2. TEIL, GEOLOGIE, von L.Bernhart, P.Beck - Mannagetta, A.Alker, 1975.	S 120,--
Band 32	BEITRÄGE ZUR WASSERWIRTSCHAFTLICHEN RAHMENPLANUNG IN DER STEIERMARK, von L.Bernhart, 1975.	S 200,--
Band 33	HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN BOHRUNGEN UND BRUNNEN IN DER OSTSTEIEMARK, von H.Janschek, I.Küpper, H.Polesny, H.Zetinigg, 1975.	S 150,--
Band 34	DAS GRUNDWASSERVORKOMMEN IM MURTAL BEI ST. STEFAN O.L. UND KRAUBATH, von I.Arbeiter, H.Ertl, P.Hacker, H.Janschek, H.Krainer, J.Novak, D.Rank, F.Weber, H.Zetinigg, 1976.	S 200,--
Band 35	WASSERVERSORGUNG FÜR DAS UMLAND VON GRAZ. ZUR GRÜNDUNG DES WASSERVERBAND UMLANDES - GRAZ, von L.Bernhart, K.Pirkner, 1977.	S 180,--
Band 36	GRUNDWASSERSCHONGEBIETE, von W.Kasper, H.Zetinigg, 1977.	S 150,--
Band 37	VORBEREITUNG EINER ZENTRALWASSERVERSORGUNG FÜR DIE SÜDOSTSTEIEMARK, von L.Bernhart, 1978.	S 140,--
Band 38	ZENTRALWASSERVERSORGUNG FÜR DIE SÜDOSTSTEIEMARK, von L.Bernhart, 1978.	S 140,--
Band 39	GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM UNTEREN MURTAL, von E.Fabiani, H.Krainer, H.Ertl, W.Wessiak, 1978.	S 250,--
Band 40	GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIEMARK, 3. TEIL, DIE GRUNDWASSERFÜHRUNG IM TALE DER LASSNITZ, SULM UND SAGGAU ZWISCHEN GRUNDGEBIRGE UND LEIBNITZERFELD, von H.Fessler, 1978.	S 30,--
Band 41	GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIEMARK, 4. TEIL, GRUNDWASSERERSCHLIESSUNGEN IM TALE DER LASSNITZ, SULM UND SAGGAU ZWISCHEN GRUNDGEBIRGE UND LEIBNITZERFELD, von H.Zetinigg, 1978.	S 100,--
Band 42	ZUR GEOLOGIE IM RAUM EISENERZ - RADMER UND ZU IHREM EINFLUSS AUF DIE HYDROCHEMIE DER DORTIGEN GRUNDWASSER, von U.Mager, 1979.	S 120,--
Band 43	DIE GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE IM KAINACHTAL (ST.JOHANN O.H. - WEITENDORF), von M.Eisenhut, J.Novak, H.Zojer, H.Krainer, H.Ertl, H.Zetinigg, 1979.	S 150,--
Band 44	GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL I, NATURRÄUMLICHE GRUNDLAGEN; GEOLOGIE - MORPHOLOGIE - KLIMATOLOGIE, von E.Fabiani, V.Weissensteiner, H.Wakonigg, 1980.	S 180,--

Band 45	GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWAB- GEBIET, TEIL II, DIE UNTERSUCHUNGEN: GESCHICHTE - DURCHFÜHRUNG - METHODIK, von E.Fabiani, 1980.	S 80,--
Band 46	GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWAB- GEBIET, TEIL III, GEOPHYSIK - ISOTOPENUNTERSUCHUNG - HYDROCHEMIE, von Ch.Schmid, H.Zojer, H.Krainer, H.Ertl, R.Ott, 1980.	S 200,--
Band 47	GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWAB- GEBIET, TEIL IV, DIE UNTERSUCHUNGEN IM TRAGÖSSTAL, von E.Fabiani, 1980.	S 200,--
Band 48	GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWAB- GEBIET, TEIL V, UNTERSUCHUNGEN IN DEN SÜDLICHEN HOCHSCHWABTÄLERN (ILGENER TAL BIS SEEGRABEN), von E.Fabiani, 1980.	S 280,--
Band 49	UNTERSUCHUNG ÜBER DIE MÖGLICHKEIT ZUR ENTNAHME VON GRUNDWASSER IM SÜDLICHEN HOCHSCHWABGEBIET UND DEREN BEWIRTSCHAFTUNG, von Ch.Meidl, J.Novak, W.Wessiak, 1980.	S 150,--
Band 50	KONZEPT EINER ZENTRALWASSERVERSORGUNG HOCHSCHWAB - SÜD, von L.Bernhart, 1980.	S 200,--
Band 51	REGIONALE ABWASSERANLAGEN IN DER STEIERMARK, BE- MÜHUNGEN UND ERGEBNISSE, von L.Bernhart, P.Bilek, E.Kauderer, H.Senekowitsch, O.Thaller, 1980.	S 300,--
Band 52	GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM MURTAL ZWISCHEN KNITTELFELD UND ZELTWEG, von I.Arbeiter, H.Krainer, H.Ertl, H.Zetinigg, 1980.	S 100,--
Band 53	GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM UNTEREN SAGGAUTAL, von I.Arbeiter, H.Krainer, H.Zetinigg, 1980.	S 100,--
Band 54	"10 JAHRE WASSERVERBAND HOCHSCHWAB - SÜD" von L.Bernhart, W.Küssel, J.Novak, R.Ott, F.Schönbeck, 1981.	S 120,--
Band 55	DIE AUSWIRKUNGEN DES KRAFTWERKSBAUES VON OBERVOGAU AUF DAS GRUNDWASSER, von H.Fessler, 1981.	S 200,--
Band 56	FESTVERANSTALTUNG "10 JAHRE WASSERVERBAND HOCH- SCHWAB - SÜD 1971 - 1981", von L.Bernhart, R.Burg- staller, M.Rupprecht, H.Sölkner, G.Bujatti, E.Wurzer, A.Zdarsky, J.Krainer, V.Ahrer, 1981.	S 100,--
Band 57	GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von L.Bernhart, E.Hübl, E.Schubert, E.Fabiani, H.Zetinigg, H.Zojer, E.P.Nemecek, E.P.Kauch, 1981.	S 200,--
Band 58	WASSERBEDARF DER SÜDWESTSTEIERMARK, von L.Bernhart, 1982.	S 200,--

Band 59	KOSTENAUFTEILUNGSSCHLÜSSEL FÜR ABWASSERVERBÄNDE, von P.Bilek, E.Kauderer, 1982.	S 200,--
Band 60	DIE QUELLEN DES SCHÖCKLGEBIETES, von H.Zetinigg, W.Griessler, Th.Untersweg, V.Weissensteiner, Ch.Meidl, 1982.	S 200,--
Band 61	BEDARFSERMITTLUNG FÜR EINEN STEIRISCHEN WASSER- VERBUND von Ch.Meidl, Ch.Kaiser, mit einer Ein- führung von L.Bernhart, 1983.	S 200,--
Band 62	DIE MESSUNGEN DER FLIESSGESCHWINDIGKEITEN DES GRUNDWASSERS IM MUR- UND MÜRZTAL, von H.Zetinigg, 1983.	S 100,--
Band 63	GRUNDLAGEN FÜR EINEN STEIRISCHEN WASSERVERBUND - LEITUNGSFÜHRUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIEMARK, von J.Novak, Ch.Kaiser, 1983.	S 200,--
Band 64	STEIRISCHES WASSERVERBUNDMODELL, von J.Novak, 1983.	S 200,--
Band 65	DER KARST AM OSTUFER DER WEIZKLAMM, von G.Fuchs, 1983.	S 150,--
Band 66	HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IN DEN NÖRDLICHEN GESÄUSEBERGEN, von W.Kollmann, 1983.	S 250,--
Band 67	DIE AUSWIRKUNGEN DES KRAFTWERKSBAUES VON SPIELFELD AUF DAS GRUNDWASSER, von H.Fessler, 1983.	S 250,--
Band 68	BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER ARTESISCHEN WASSER IM STEIRISCHEN BECKEN, von H.Zojer, H.Zetinigg, 1987.	S 200,--
Band 69	BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER GESPANNTEN GRUNDWASSER IM MITTERENNSTAL UND PALTENTAL, von G.Suette, H.Zetinigg, 1988.	S 200,--
Band 70	GRUNDWASSERMODELL MURTAL, ABSCHNITT ST.STEFAN O.L. - KRAUBATH, von W.Erhart - Schippeck, Ch.Kaiser, 1990.	S 200,--
Band 71	KARSTHYDROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM WEIZER BERGLAND, P.Hacker, 1991.	S 200,--
Band 72	MARKIERUNGSVERSUCHE IN KARSTGEBIETEN DER STEIERMARK, von A. Huber, M. Pöschl und H. Zetinigg, 1991	S 200,--

