

**PILOTPROJEKT
„KARSTWASSER DACHSTEIN“**

**Band 2:
Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen**

Andreas SCHEIDLEDER
Franz BOROVIČZENY
Wolfgang GRAF
Thomas HOFMANN
Gerhard W. MANDL
Gerhard SCHUBERT
Wilibald STICHLER
Peter TRIMBORN
Martin KRALIK

MONOGRAPHIEN
Band 108
M-108

ARCHIV FÜR
LAGERSTÄTTENFORSCHUNG
Band 21

Wien, 2001

Projektleitung

Helmut Herlicska¹ (bis März 1995), Wilhelm R. Vogel¹ (ab April 1995)

Gesamtbericht

Andreas Scheidleder¹

Autoren

Kap. 1 Andreas Scheidleder¹

Kap. 2 Gerhard W. Mandl²

Kap. 2.3 Franz Boroviczeny²

Kap. 2.4 Thomas Hofmann²

Kap. 3 Andreas Scheidleder¹

Kap. 4 Peter Trimborn³, Wilibald Stichler³, Wolfgang Graf³

Kap. 5 Andreas Scheidleder¹

Kap. 6 Gerhard Schubert²

Kap. 7 Andreas Scheidleder¹

EDV

Wilhelm Nagy¹

Übersetzung

Brigitte Read¹

Lektorat

Gerlinde Hinterhölzl

Graphik-/Tabellennachbearbeitung und Satz/Layout

Manuela Kaitna¹

Dank

Gerhard Schubert² für kritische Durchsicht und wertvolle Anregungen

Geologische Karte und Profile (Beilage 1 und 2)

Bearbeitung

Gerhard W. Mandl²

Zeichnung

Wilfried Rataj² (Karte), Ernst C. Kostal² (Profile)

GIS-Bearbeitung

Ulrike Falkner¹, Elvira Frühauf¹, Günter Gamper¹, Günter Pascher² †, Werner Stöckl²

¹ Umweltbundesamt

² Geologische Bundesanstalt

³ GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Neuerberg, Institut für Hydrologie

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH (Federal Environment Agency Ltd)
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna), Austria

Druck: Kern und Umschlag Umweltbundesamt: Riegelnik, A-1080 Wien
Umschlag Geologische Bundesanstalt: Berger, 3580 Hern

© Umweltbundesamt, Wien, 2001
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-456-8

© Geologische Bundesanstalt, Wien, 2001
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISSN 0253-097X

INHALT

	Seite
ZUSAMMENFASSUNG	7
SUMMARY	9
1 EINLEITUNG	11
1.1 Konzept der Untersuchung	12
2 GEOLOGIE DER DACHSTEIN-REGION	13
2.1 Schichtenfolge	13
2.1.1 Quartär	13
2.1.2 Tertiär	16
2.1.3 Gosau-Gruppe (Oberkreide – Alttertiär)	16
2.1.4 Jura	17
2.1.5 Trias	19
2.1.6 Perm	28
2.1.7 Grauwackenzone	29
2.2 Tektonischer Bau der Dachsteingruppe	29
2.2.1 Generelle Übersicht	29
2.2.2 Unterlage und Internbau der Dachsteindecke	35
2.3 Klassifizierung der Gesteinseinheiten nach hydrogeologischen Gesichtspunkten	37
2.4 Geologische Naturdenkmale in der Dachstein-Region	38
3 MESSDATEN	43
3.1 Meßstellen und Bereichsabgrenzung	43
3.2 Untersuchungsumfang, Probenahmezeitpunkte	46
3.2.1 Vierteljährliche Beprobung – August 1991 bis August 1992	46
3.2.2 Monatliche Beprobung – März 1993 bis Juni 1994	46
3.2.3 Tagesproben (Trinkwasserversorgung Gosau)	46
3.3 Plausibilitätskontrolle und Darstellungsmethoden	47
3.3.1 Multiple Box-and-Whisker Plot	47
3.3.2 Star Plot	48
3.4 Feldparameter	49
3.4.1 Schüttung	49
3.4.2 Wassertemperatur	52
3.4.3 Elektrische Leitfähigkeit	54
3.4.4 pH-Wert	55

3.5	Hauptelemente	57
3.5.1	Vergleich der Wasserchemismen im Hinblick auf die Hauptelemente Ca, Mg, HCO ₃ , SO ₄ , Na und Cl.....	58
3.5.2	Calcium, Magnesium	61
3.5.3	Sulfat	64
3.5.4	Natrium, Chlorid.....	66
3.6	Spurenelemente	67
3.6.1	Fluorid (F)	67
3.6.2	Bor (B).....	68
3.6.3	Kalium (K).....	69
3.6.4	Ammonium (NH ₄), Nitrit (NO ₂), Nitrat (NO ₃)	69
3.6.5	Orthophosphat	71
3.6.6	Metalle.....	71
3.7	Chlorierte Kohlenwasserstoffe	74
3.8	Umweltisotopen (Deuterium, Sauerstoff-18)	77
3.9	DOC, TOC	81
3.10	Trübung	82
3.11	Bakteriologische Parameter	82
3.12	Zusammenfassende Betrachtung der Ereignisbeprobungen (vierteljährliche Beprobung – Aug. 1991 bis Aug. 1992)	84
3.12.1	Sommerliches Hochwasser (Aug. 1991)	84
3.12.2	Spätherbstliches und winterliches Niedrigwasser (Nov. 1991, Feb. 1992)	84
3.12.3	Schneesmelze (Mai 1992)	84
3.12.4	Ende einer sommerlichen Trockenperiode (Aug. 1992).....	85
4	UMWELTISOTOPEN (²H, ³H, ¹⁸O)	86
4.1	Interpretation von Isotopengehalten mit Speicherdurchflußmodellen	86
4.1.1	¹⁸ O-Gehalte der Niederschläge.....	87
4.1.2	³ H-Gehalte der Niederschläge	88
4.2	Quellenbezogene Interpretation der Isotopenganglinien	88
4.2.1	Die Quellen auf der Nordseite des Dachsteinmassivs	89
4.2.1.1	Bereich Hintertal.....	89
4.2.1.2	Bereich Plassen	90
4.2.1.3	Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel	91
4.2.1.4	Bereich Kainischtraun	93
4.2.1.5	Bereich Grubegg	94
4.2.2	Die Quellen auf der Südseite des Dachsteinmassivs.....	95
4.2.2.1	Bereich Haus-Gröbming.....	95
4.2.2.2	Bereich Filzmoos-Ramsau	96
4.2.3	Abschätzung der mittleren Höhe der Einzugsgebiete der Quellen.....	98
4.3	Zusammenfassung	100

5	MARKIERUNGSVERSUCHE	101
5.1	Sporentriftversuche 1953 bis 1960	101
5.2	Farbtracerversuche 1984-1986 und 1990	104
5.3	Quellbezogene Ergebnisse der Markierungsversuche	109
6	HYDROGEOLOGIE DES DACHSTEINMASSIVS	111
6.1	Überblick	111
6.2	Die Quellen auf der Nordseite des Dachsteinmassivs	116
6.2.1	Allgemeines.....	116
6.2.2	Bereich Hintertal.....	118
6.2.3	Bereich Plassen.....	119
6.2.4	Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel	119
6.2.5	Bereich Kainischtraun.....	120
6.2.6	Bereich Grubegg	120
6.3	Die Quellen auf der Südseite des Dachsteinmassivs	121
6.3.1	Allgemeines.....	121
6.3.2	Bereich Haus-Gröbming.....	122
6.3.3	Bereich Filzmoos-Ramsau.....	122
6.4	Quellwassertemperatur	123
7	KONTAMINATIONSRISIKO	126
7.1	Potentielle, anthropogene Einflußfaktoren im Quelleinzugsgebiet	127
7.2	Kontaminationsrisiko der Quellen im Norden des Dachsteinmassivs	129
7.2.1	Bereich Hintertal.....	129
7.2.2	Bereich Plassen.....	130
7.2.3	Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel	131
7.2.4	Bereich Kainischtraun.....	133
7.2.5	Bereich Grubegg	134
7.3	Kontaminationsrisiko der Quellen im Süden des Dachsteinmassivs	134
7.3.1	Bereich Haus-Gröbming.....	134
7.3.2	Bereich Filzmoos-Ramsau.....	136
8	LITERATUR	138
ANHANG – MESSERGEBNISSE ZU DEN UNTERSUCHUNGEN143		
A.1	¹⁸O-Gehalte im Niederschlag der Stationen Krippenstein, Gosau und Lahn	143
A.2	Tritiumgehalte (³H) der Quellen 110, 201, 203 und 507	144
A.3	Quellgehalte an Deuterium (²H), ¹⁸O und Exzeß	145
A.4	Abfluß, Quellwassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert aus dem monatlichen Meßprogramm (März 1993 bis Juni 1994)	153

ZUSAMMENFASSUNG

Das Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“ hatte zum Ziel die Karstgrundwasserqualität eines der größten Karstmassive Österreichs großräumig zu erheben, Einflußfaktoren zu erfassen und zu quantifizieren und Erfahrung für die Erhebung der Karstgrundwasserqualität (österreichweite Wassergüteerhebung) zu sammeln.

Der erste Abschnitt des Projektes wurde 1994 mit dem Band 1 „Karstwasserqualität“ (HERLICKA & LORBEER, 1994) abgeschlossen und behandelte möglichst umfassend die Einflußfaktoren und Gefährdungspotentiale, die auf die Karstwasserqualität einwirken.

Die vorliegende Studie baut auf den gewonnenen Erkenntnissen aus der ersten Projektphase auf und hatte zum Ziel, das umfangreiche Datenmaterial im Hinblick auf die Karsthydrologie und das Kontaminationsrisiko von Quellen zu verknüpfen, zu analysieren und zu bewerten.

Die interdisziplinäre Datenanalyse und die hydrogeologische Interpretation durch das Umweltbundesamt (UBA), die Geologische Bundesanstalt (GBA) und das Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH (GSF) stützten sich dabei auf eine detaillierte Gesamtdarstellung der geologischen Verhältnisse im Dachsteingebiet, auf umfangreiche Erhebungen chemisch-physikalischer Quellwasserparameter, Isotopenanalysen der Niederschlags- und der Quellwässer sowie auf die Ergebnisse einer Reihe von Markierungsversuchen und Erhebungen potentieller anthropogener Beeinflussungen im jeweiligen Einzugsgebiet.

Es zeigte sich, daß die Hauptentwässerung im Dachsteinmassiv überwiegend im mächtigen, nach Norden einfallenden, stark verkarsteten Dachsteinkalk erfolgt. Im Liegenden der Dachsteinkalkabfolge ist eine bis 1.000 m mächtige Dolomitabfolge ausgebildet, die einen nach Norden einfallenden relativen Stauhorizont darstellt. Mit Ausnahme einer Quelle liegen die schüttungsreichsten und ausgesprochen dynamischen Quellen mit teils enormen Maximalschüttungen (bis 12 m³/s) im Norden des Dachsteinmassivs. Im Süden sind die, den mächtigen Dachsteinkalkkomplex unterlagernden Dolomite über einen weiten Bereich aufgeschlossen und von einem Stauhorizont aus sandig-schiefrigen Gesteinen des Permoskyths unterlagert. An diesem Stauhorizont laufen verschiedene Quellen über, die in ihrem Chemismus vom Dolomit geprägt sind.

Die bakteriologischen Untersuchungen ergaben, daß lediglich bei 6 von 42 Quellen weder coliforme Bakterien noch Fäkalkeime nachweisbar waren. Alle sechs Quellen sind im südlichen Teil des Dachsteinmassivs gelegen.

Für die Analyse der Gehalte an chlorierten Kohlenwasserstoffen wurden die Nachweisgrenzen sehr tief angesetzt. Es konnten bei jeder Quelle zu zumindest einem Probenahmezyklus organische Spurenverunreinigungen nachgewiesen werden, die Gehalte lagen allesamt unter den zulässigen Höchstkonzentrationen der Grundwasserschwellenwertverordnung. Insbesondere im August 1991 (starkes sommerliches Hochwasser) zeigten die Quellen, die aus den Gletscher- und Hochbereichen alimentiert werden, gehäufte quantifizierbare Gehalte. Pestizide und polychlorierte Biphenyle konnten jedoch trotz der niedrigen Nachweisgrenzen zu keinem Meßtermin festgestellt werden.

Erhöhte Metallgehalte wurden während der Winterperiode für Zink und Kupfer, während der Schneeschmelze für Eisen, Aluminium und Nickel und in der Sommerperiode für Mangan, Cadmium, Strontium und Barium festgestellt. Blei wurde nur vereinzelt nachgewiesen. Relativ häufige Blei- und Cadmiumnachweise gelangen bei Quellen, die mit den Hoch- und Gletscherbereichen in Verbindung stehen dürften. Bis auf Eisen und Mangan lagen sämtliche Metallgehalte unter den zulässigen Höchstkonzentrationen der Grundwasserschwellenwertverordnung und der Trinkwasserverordnung.

Anhand der Umweltisotopen wurde für jede Quelle die mittlere Einzugsgebietshöhe und die mittlere Verweilzeit des Wassers im Gebirge berechnet. Die ermittelten Einzugsgebietshöhen (berechnet aus den über einen Zeitraum von drei Jahren großteils monatlich gezogenen und analysierten Isotopengehalten) stimmen mit den Ergebnissen aus den Markierungsversuchen großteils überein. Die vierteljährlichen Messungen, die im ersten Projektabschnitt über die Dauer eines Jahres durchgeführt worden waren, stellten eine unzureichende Datenbasis dar, die einige unplausible Schlußfolgerungen nach sich zog. Auch für eine realistische Beurteilung der Quelldynamik bedarf es einer zumindest monatlichen Probenahme und Analyse der Feldparameter und der Isotopengehalte über den Zeitraum von einem Jahr. Hinsichtlich der Aussagekraft und Plausibilität der Ergebnisse aus der Isotopenanalyse von Quellwässern ist die sorgfältige Auswahl von repräsentativen Niederschlagsstationen von außerordentlicher Bedeutung. Auch hat sich gezeigt, dass für Sauerstoff-18 der Beobachtungszeitraum von 3 Jahren des eigens im Untersuchungsgebiet errichteten Niederschlagssammlers Krippenstein für eine modellmäßige Interpretation der Sauerstoff-18 Gehalte der Quellwässer zu kurz ist.

Entsprechend ihrer Charakteristik lassen sich die Quellen in hydrogeologische Bereiche zusammenfassen. Im Norden des Dachsteinmassivs werden die Quellen im hydrogeologischen Bereich Hintertal und Waldbachursprung-Koppenwinkel zu einem großen Teil vom Gletscher- und Hochbereich des Dachsteinmassivs alimentiert, was mit einer entsprechenden Dynamik der betroffenen Quellen verbunden ist. Zum Teil läßt sich auch eine hohe Übereinstimmung der zahlreichen vermuteten Gefährdungspotentiale und der erhobenen Quellwasserqualitäten feststellen.

Die Bereiche Plassen und Grubegg sind aus geologischer Sicht sehr heterogen (Haselgebirge, Werfener Schichten). Die Wässer sind sehr unterschiedlich beschaffen und stammen zumeist aus kleineren Einzugsgebieten. Die Quellwässer sind vergleichsweise etwas stärker belastet, wobei mancherorts eine erhöhte, geogen bedingte Hintergrundbelastung zu berücksichtigen ist.

Der Bereich Kainischtraun weist einige sehr typische Karstquellen mit erheblicher Dynamik auf, die zum Teil vom Hochbereich alimentiert werden. Die potentiellen anthropogenen Einflußfaktoren im Einzugsgebiet schlagen sich in der Wasserqualität entsprechend nieder.

Die Quellen im südlichen Teil des Dachsteinmassivs sind geprägt vom Dolomit und sehr ausgeglichen. Dies spiegelt sich im Schüttungsverhalten, in den Temperaturwerten und den Isotopengehalten wider. Dementsprechend sind in den hier gelegenen Bereichen Haus-Gröbming und Filzmoos-Ramsau die Quellwässer mit den niedrigsten Stoffkonzentrationen anzutreffen, obgleich mancherorts Kontaminationspotentiale festgestellt werden konnten.

SUMMARY

The pilot project "Karstwasser Dachstein" aimed to ascertain the karst groundwater quality of one of the largest karst massifs in Austria, to examine and quantify the factors influencing karst groundwater quality and to gain experience in the monitoring of karst groundwater quality (Austrian Water Quality Monitoring System).

The first phase of the pilot project examined comprehensively the factors influencing and the potential threats endangering karst water quality and was finished in 1994 with Vol. 1 entitled "Karstwasserqualität" (HERLICSKA & LORBEER).

The present study is based on the findings of the first phase of the project and aims to combine, analyse and assess the extensive quantity of data material with special emphasis on karst hydrology and the contamination risk in springs.

The interdisciplinary data analysis and the hydrogeological interpretation were carried out by the Austrian Federal Environment Agency (UBA), the Geological Survey of Austria (GBA) and the National Research Centre for Environment and Health (GSF). Their work was based on the detailed description of the geological conditions in the Dachstein area, on the thorough examination of chemical and physical spring water parameters, on isotope analyses of precipitation and spring waters as well as on the results of several tracer experiments and on investigations of the potential impacts of human activities.

The main drainage of the Dachstein massif (35 x 15 km) takes place in the very thick (~ 1,000 m) Dachstein limestone which declines towards the north and is heavily karstified. It is underlaid by dolomites with a thickness of up to 1,000 m which act as a barrier that declines towards the north. With the exception of one spring the most dynamic springs with the highest discharges (sometimes up to 12 m³/s) are situated in the northern part of the Dachstein massif. In the southern part, outcrops of the underlying dolomites are spread over a wide area. The dolomites themselves are underlaid by a barrier of sandy/slaty rocks of the Permoskythian era. At this barrier several springs overflow. The chemical characteristics of these springs are determined by the dolomites.

Investigations of the bacteriological contamination of the spring waters showed that there were only 6 out of 42 springs where there was no evidence of coliform bacteria or faecal germs. These 6 springs are all situated in the southern part of the Dachstein massif.

For the analyses carried out to determine the content of chlorinated hydrocarbons, detection limits had been set very low. In all springs, evidence of chlorinated hydrocarbons was found at least once. These concentrations were all below the maximum allowable concentrations set out in the Groundwater Threshold Value Ordinance. In August 1991 (summer flood) quantifiable concentrations were found more frequently in the springs fed from glaciers and high-lying areas. No pesticides or polychlorinated biphenyls were found at any time although the set detection limits were very low.

Higher concentration levels of heavy metals were found in the winter period (Zn, Cu), during snow melt (Fe, Al, Ni) and in the summer period (Mn, Cd, Sr, Ba). Lead was found in a few places only. Lead and cadmium was found more frequently in springs which are supposed to be connected with glaciers and high-lying areas. With the exception of iron and manganese, all metal concentrations were below the maximum allowable concentrations as set out in the Groundwater Threshold Value Ordinance and the Drinking Water Ordinance.

In the course of the environmental isotope analysis, 5 samples (taken quarterly) from each of 40 springs and 21 samples (taken quarterly and monthly) from each of 13 springs were examined for the presence of the isotopes deuterium and oxygen-18. Precipitation had been examined for several years (since 1973) in the course of the series of measurements carried

out at two precipitation collectors of the Austrian Monitoring Network for Isotopes in the Dachstein area. One collector was set up on the Krippenstein for a period of 3 years. Four springs were examined over the period from August 1991 to June 1994 to determine the content of tritium. The relevant concentrations in the precipitations were derived from the evaluations of the Austrian Monitoring Network for Isotopes.

Based on the isotopes, the mean altitude of the catchment area and the mean residence time of the water in the mountains were calculated for each spring. The calculated altitudes of the catchment areas were compared with the results of various tracer experiments and with the geological and topographical conditions. In most cases, the mean altitudes of the catchment areas (calculated on the basis of isotope concentrations derived from samples usually taken monthly over a period of three years) corresponded to the results of the tracer experiments. The five quarterly samples taken during the first phase of the project appeared to be an unsatisfying data basis leading to implausible conclusions. For a realistic assessment of spring water dynamics, a data basis of field parameters and isotope concentrations sampled and analysed at least once a month and over one year is essential. The careful selection of representative precipitation collectors is highly important for the results of the isotope analysis of spring waters to be plausible. As for oxygen-18, the 3-year observation period of the Krippenstein precipitation collector set up specifically in the test area was found to be too short to provide for model interpretations of oxygen-18 concentrations in spring waters.

According to their characteristic features, springs can be assigned to hydrogeological areas. In the northern part of the Dachstein massif, the springs situated in the hydrogeological areas of Hintertal and Waldbachursprung – Koppenwinkel are mostly fed from the glaciers and high-lying areas of the Dachstein massif, a fact which explains the dynamics characteristic of these springs. In some of the springs, the numerous factors which are suspected to constitute potential threats to the environment were found to have had an impact on the assessed water quality.

The areas of Plassen and Grubegg are very heterogenic from a geological point of view. The spring waters differ in their qualities and most of them have their origin in smaller catchment areas. The contents of quality parameters were found to be comparatively elevated in these waters, which was to some extent due to the higher geogenic background levels in the respective catchment areas.

In the Kainischtraun area there are some typical karst springs which are highly dynamic. Some of them are fed from high-lying areas. The potential impacts of human activities in the catchment area are reflected in the water quality.

In the southern part of the Dachstein massif, the characteristics of the springs are dominated by the dolomite. The springs are well-balanced, which is reflected in their discharges, temperatures and isotope concentrations. Accordingly, the spring waters in the Haus – Gröbmung and Filzmoos – Ramsau areas have the lowest parameter concentrations although the potential for contamination was found in a few places.

1 EINLEITUNG

Seit jeher übt der Dachstein eine besondere Anziehungskraft auf den Menschen aus. Die ersten Siedler zogen vermutlich bereits in der Jungsteinzeit in die Hochtäler der Kalkalpen. In den weitverzweigten Höhlen des Dachsteinmassivs wurden 30.000 Jahre alte Werkzeuge und Waffenreste gefunden, die von Bärenjägern der Zwischeneiszeit stammen (REINISCH, 1993). Nachdem in dieser Gegend Salz gefunden worden war, begann eine in dieser Gegend einzigartige Kulturepoche – die Hallstattzeit (von 800 bis 400 v. Chr.).

Aufgrund der besonderen wirtschaftlichen und kulturellen Bedeutung des Gebiets und der einzigartigen Schönheit dieser Naturlandschaft, wurde die Region Hallstatt – Dachstein – Salzkammergut im Dezember 1997 in die *Liste des Welterbes* der UNESCO aufgenommen, sowohl unter dem Aspekt des Kultur- als auch des Naturerbes.

Galt in früheren Zeiten die Aufmerksamkeit für Hallstatt dem Salz, so stehen heute vermehrt Landschaft, Erholungsmöglichkeiten und die Karsterscheinungen (Höhlen) im Mittelpunkt des Interesses. Aus diesem Grund ist das Dachsteinmassiv touristisch intensiv erschlossen und nahezu ganzjährig vielbesucht. Bereits im Jahr 1910 eröffnete man in der Koppenbrüllhöhle einen Schaubetrieb und die Eishöhle wurde zum ersten Mal befahren. Folgen davon sind die bekannten Begleiterscheinungen des herkömmlichen Tourismus wie beträchtliche Mengen an Abfall und Abwässern. Diese gefährden die Qualität der Quellen am Fuß des Dachsteingebirges, die von den umliegenden Gemeinden in einem hohen Maß zur Deckung ihres Trinkwasserbedarfs herangezogen werden. Zudem stellen diese Quellen den Ursprung ökologisch hochsensibler und schützenswerter Gebirgsflüsse dar. Daraus ergibt sich ein sehr diffiziles Spannungsfeld und hohes Konfliktpotential zwischen den einzelnen Nutzungen.

Der Dachstein wird als eines der größten geschlossenen Karstmassive Österreichs schon sehr lange von Wissenschaftlern verschiedenster Fachdisziplinen untersucht und erforscht. Mitte des 19. Jahrhunderts unternahm der Forscher Dr. Friedrich Simony die ersten systematischen Begehungen; er dokumentierte seine Beobachtungen sehr ausführlich und leistete umfangreiche grundlegende Forschungsarbeiten am Dachstein. Schon früh wurde mit speläologischen Untersuchungen begonnen.

Die vorliegende Studie baut einerseits auf den Erkenntnissen einer Reihe von Markierungsversuchen auf, die seit den fünfziger Jahren durchgeführt wurden, andererseits auf einer Vielzahl an Daten zu chemisch-physikalischen Parametern, die im Rahmen der ersten Phase des Pilotprojekts „Karstwasser Dachstein“ an mehr als 40 Quellen um das Dachsteinmassiv erhoben wurden. Am Krippenstein wurde ein automatischer Niederschlagssammler errichtet, über den monatliche Niederschlagsproben gewonnen wurden. Darüber hinaus wurde die Schneedecke im Bereich des Hallstättergletschers zweimal in chemischer Hinsicht untersucht.

Mit diesem umfangreichen Datenmaterial konnte das Projekt „Karstwasser Dachstein“ als Pilotprojekt für den Österreichischen Wassergütekataster und als Beitrag zur COST-Aktion 65 (**C**OST = **C**ontribution **O**f **S**cience and **T**echnology to the development of human society) beim Umweltbundesamt eingerichtet werden (COST 65, 1995).

1.1 Konzept der Untersuchung

Im Anschluß an die erste Projektphase, deren Ergebnisse im Band 1 der Monographie „Karstwasser Dachstein“ (HERLICKA & LORBEER, 1994) präsentiert wurden, setzte man die Erhebung und Auswertung hydrologischer und geologischer Informationen mit dem Ziel fort, in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Umweltbundesamt, Geologischer Bundesanstalt und GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH zu Aussagen bezüglich Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen zu kommen.

Um die in der ersten Projektphase erhobenen Quelldaten zu ergänzen, führte das Umweltbundesamt die Beprobungen an 13 ausgewählten Quellen im Zeitraum März 1993 bis Juni 1994 fort. Der Erhebungen beschränkten sich dabei auf ausgewählte hydrogeologische Parameter und das Sammeln von Quellwasserproben zur isotopenanalytischen Untersuchung.

Im Rahmen eines Werkvertrages erstellte die Geologische Bundesanstalt eine geologische Karte des Dachsteingebietes (Maßstab 1:50.000), die sich am neuesten Wissenstand hinsichtlich der geologischen Verhältnisse orientiert. Die erforderlichen Vorarbeiten gliederten sich in Geländebegehungen, das Herstellen einer Manuskriptkarte auf mehreren digitalisierbaren Ebenen und das Erstellen von Profilschnitten. Die einzelnen Ebenen der geologischen Manuskriptkarte des Dachsteingebietes wurden vom Umweltbundesamt und der Geologischen Bundesanstalt auf elektronischem Weg zu einer geologischen Karte kompiliert. Die geologische Karte und die geologischen Profile wurden ergänzt mit einer zusammenfassenden Beschreibung, einer hydrogeologischen Klassifizierung der Gesteinseinheiten und einer hydrogeologischen Interpretation.

Vom Umweltbundesamt und dem GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH in München wurde ein Forschungsübereinkommen zur Analyse und gemeinsamen Interpretation von Isotopendaten im Untersuchungsgebiet geschlossen. Analysiert wurden vor allem die stabilen Isotope Deuterium und Sauerstoff-18, in geringerem Umfang auch Tritium, wobei sowohl die Quell- als auch die Niederschlagswässer untersucht wurden. Die Isotopendaten wurden dabei sowohl mit den hydrochemischen Analysedaten der Quellwässer als auch mit den hydrologischen und hydrogeologischen Informationen verknüpft, um Aussagen über Herkunft und Verweilzeit dieser Karstwässer und deren Schwankungsverhalten zu erhalten. Weiteres Untersuchungsziel war es, Erfahrungen hinsichtlich der Anwendbarkeit und Aussagekraft von Isotopenuntersuchungen im Rahmen der Erhebung der Wassergüte zu sammeln.

Die zusammenfassende hydrogeologische Interpretation der Ergebnisse der jüngsten Messungen wie der erwähnten älteren Markierungsversuche und der geologischen Verhältnisse im Hinblick auf die Karstdynamik und das Kontaminationsrisiko der betrachteten Quellen erfolgte in Zusammenarbeit von Umweltbundesamt und Geologischer Bundesanstalt.

2 GEOLOGIE DER DACHSTEIN-REGION

2.1 Schichtenfolge

Der geologische Bau der Dachsteinregion ist gekennzeichnet durch eine große lithologische Vielfalt von altpaläozoischen bis quartären Sedimentgesteinen, die schwach metamorphe Phyllite, karbonatklastische und/oder siliziklastische Lockersedimente und Festgesteine, Evaporite und eine breite Palette an kieselig/tonig/mergelig/karbonatischen Gesteinen unterschiedlichster Ablagerungsmilieus umfaßt.

Mengenmäßig dominieren die Flachwasserkalke und -dolomite der Mittel- und Obertrias.

Ihre räumliche Anordnung und ihre Anfälligkeit für Karstlösungsphänomene bestimmen auch die Hydrogeologie dieses Raumes.

Die den einzelnen Gesteinsarten nachgestellten Zahlen beziehen sich auf die Nummerierung in der Kartenlegende.

2.1.1 Quartär

Im Projektgebiet ist die Verbreitung der quartärzeitlichen Sedimente hauptsächlich auf die umrahmenden Tallandschaften beschränkt. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich um meist wenig sortierte, überwiegend karbonatklastische Lockergesteine, deren Wasserführung vom prozentuellen Anteil der Feinfraktion bestimmt wird.

Jüngste Flußablagerung und Wildbachschutt (Holozän), 2

Entlang von Wasserläufen sind die Sedimente abhängig von der Transportkapazität des Fließwassers und vom Materialangebot des Einzugsgebietes. Die Korngrößenverteilung ist dementsprechend variabel. In den Kieskörpern bildet sich Grundwasser, das durch den oberirdischen Wasserlauf, aber auch durch seitlich zuströmende, unterirdische Karstquellen angepeist werden kann.

Schwemmkegel (Holozän), 4

Diese flach kegel- bis fächerförmigen Lockersediment-Akkumulationen kennzeichnen sehr häufig den Einmündungsbereich von Seitengraben und Nebengerinnen in das Haupttal. Ihr Wasseraufnahmevermögen hängt von Feinstoffanteil ab. Bei geringer Wasserführung versickern kleinere Bäche oft schon im Bereich ihrer Schwemmkegel. Bei Auflage dieser Sedimentkörper auf relativ wasserstauendem Untergrund können sich an ihrem Fuß Quellaustritte oder Vernässungszonen ausbilden (z. B. Ramsau).

Hangschutt, Bergsturzböschung (Holozän), 5

Größere Hangschuttareale begünstigen die Versickerung der Niederschlagswässer und wirken damit der Verdunstung entgegen. Am Fuße ausgedehnter Schutthalden können wie bei den Schwemmkegeln gelegentlich kleinere Quellaustritte ausgebildet sein.

Niedermoor (sumpfige Wiesen), Hochmoor (Holozän), 6, 7

Über wasserstauendem Untergrund wie feinkörnigen quartären Lockersedimenten oder tonreichen Festgesteinen (z. B. Werfener Schichten, Gosauschichten) kann es, beginnend mit der Ausbildung von Vernässungszonen, bis zur Etablierung der charakteristischen Moorvegetation mit der ihr eigenen Vegetationsdynamik und Wachstumsgeometrie kommen.

Beispiele für Hochmoore finden sich besonders im Mitterndorfer Becken über wasserundurchlässigen Staueetonen und -schluffen. Das niederschlagsreiche Klima der Staulage des Gebirges hat bis heute die Bildung ombrogener Hochmoore begünstigt. Ein großer Teil der Moore wurde zur Gewinnung von Brenntorf für die Salinen abgetorft. Diese Flächen sind heute bereits wieder mit niedermoorartiger Sumpfvvegetation bedeckt, z. T. aber auch entwässert und landwirtschaftlich genutzt. Das größte aller, in der Eiszerfallslandschaft des Traungletschers im Mitterndorfer Becken entstandenen Hochmoore ist mit ca. 56 ha das Rödschitzer Moor.

Detailinformationen zum internen Aufbau und zur Vegetationsgeschichte der Moore dieses Raumes gibt DRAXLER (1977).

Erdfall (Pinge) (bis rezent), 8

Derartige Hohlformen an der Erdoberfläche entstehen durch Absenkung bei Verbrauch von oberflächennahen Hohlräumen im Untergrund. Abgesehen von künstlich angelegten Hohlräumen in Bergbauarealen können Erdfälle über Lösungshohlräumen verkarsteter Kalke oder ausgelaugter Salz- bzw. Gipsvorkommen auftreten und so Hinweis auf verdeckte Wasserwegsamkeiten im Untergrund geben.

Rutschmasse mit Abrißnische (bis rezent), 9, 10

Mure, 11

Insbesondere tonreiche Gesteine in Hanglage neigen bei intensiver Durchfeuchtung und dadurch verminderter Scherfestigkeit zu mehr oder weniger ausgedehnten Massenbewegungen. Im Zuge der Bewegung kommt es innerhalb der Rutschmasse zu einer Auflockerung des Gefüges, damit zur Erhöhung der Wasserwegsamkeit und bei anhaltender Wasserzufuhr zu einer Beschleunigung der Bewegung. Am Fuße zum Stillstand gekommener Massenbewegungen kann der Durchlässigkeitskontrast zwischen festem Gestein und aufgelockerter Masse zur Ausbildung kleinerer Quellaustritte führen.

Im Projektgebiet sind Massenbewegungen kleineren Ausmaßes besonders an die plastischen Salztone der Haselgebirgsvorkommen rund um den Plassen gebunden. Die großflächigen Hangbewegungen in den Gosauschichten der Hornspitz-Ostflanke liegen bereits außerhalb des betrachteten Gebietes.

Deltasediment (bis rezent), 12

Als Deltasedimente sind die Verlandungsbereiche im Südteil des Hallstättersees ausgewiesen. Hier wird das fluviatil transportierte Material der einmündenden Traun und des Waldbaches aus dem Echerntal beim Eintritt in den Ruhigwasserbereich des Sees abgelagert.

Toteisloch, 13

An der Stirn abschmelzender Gletscher können einzelne, isolierte Eiskörper (sogenanntes Toteis) noch einige Zeit überdauern und vom Gletscherbach mit ausschmelzendem Moränenmaterial zugeschüttet werden. Schmilzt der begrabene Eiskörper, dann sinkt das überlagernde Lockermaterial nach. Es entsteht eine Hohlform, ein Toteisloch. Beispiele dafür finden sich im Ödensee-Gebiet.

Staueeton und -schluff (Würm), 14

Am Rande der vorrückenden, aber auch der abschmelzenden Gletscher entstanden in vom Eis abgeriegelten Seitentälern immer wieder lokale Staueeen, die lange genug Bestand hatten, um größere Mengen von feinklastischem Material zu akkumulieren.

Weite Bereiche des westlichen Mitterndorfer Beckens werden von ziemlich einförmigen Tonen und Schluffen mit nur seltenen und dünnen Feinsandlagen eingenommen.

Ihre wasserstauende Wirkung ist Ursache für die Ausbildung der obengenannten Moore.

Terrassenkies und Eisrandsediment (Würm), 15

Diese Sedimente wurden im Kartenbild zusammengefaßt. Es handelt sich dabei um fluviatile Schotter und Sande, die entweder entlang der Flußläufe (Terrassenkiese) oder im randlichen Kontakt mit den rasch abschmelzenden Gletscherzungen (Eisrandsedimente, Kamesterrassen) abgelagert worden waren und durch nachfolgende Erosion bereits wieder zerschnitten wurden (Ausbildung von Terrassenkanten).

Verschwemmte Moräne (Würm bis subrezent), 16

Seiten- und Endmoräne (Würm bis subrezent), 17

Grundmoräne (Würm), 18

Bei den ausgeschiedenen Moränen handelt es sich um glaziale Ablagerungen der Würmvereisung und jüngerer Rückzugstadien.

Im Plateaubereich sind die Moränen wegen der kurzen Strecke des Eistransportes im allgemeinen arm an Feinmaterial. Nur wo sich höhere Anteile an Feinmaterial ansammeln konnten, ist eine Stauwirkung zu beobachten.

An den Grundmoränen des Hoch- und Spätglazials in den Tälern sind nach van HUSEN (1977: 100) Unterschiede in der Korngrößenverteilung und in der Lagerungsdichte feststellbar – hauptsächlich in Abhängigkeit der Mächtigkeit des ehemals auflagernden Gletschereises. Ganz allgemein ist die Grundmoräne durch ein Überangebot der Feinfraktion und durch eine hohe Lagerungsdichte (Stauerwirkung) gekennzeichnet, während die Endmoränen, abgesehen von ihrer charakteristischen Morphologie, geringere Lagerungsdichte und unterschiedlich stark ausgewaschenen Feinkornanteil aufweisen. Endmoränen können eine gewisse Wasserwegsamkeit besitzen.

Als verschwemmte Moräne bezeichnete Lockersedimente bestehen aus Moränenmaterial, das durch Schmelzwässer eine fluviatile Umlagerung erfuhr. Das gegenüber der Moräne verbesserte Wasserleitvermögen ist vom Grad der Ausspülung des Feinstoffanteiles abhängig.

Vorstoßschotter (Früh-Würm), 19

Fluviatile Kiese aus der Vorstoßphase der Würmvergletscherung finden sich südlich von Bad Aussee mit Mächtigkeiten bis ca. 20 m entlang der Traun bis hin zum Beginn des Koppentales. Die groben, mäßig gerundeten Schotter zeigen stellenweise gut ausgebildete „Talrandverkittung“ (Ausseer Konglomerat). Die Kiese gehen im Hangenden allmählich in Moräne über, entsprechend dem Vorrücken der Gletscherzungen vom Toten Gebirge (durch die Täler des Altausseer Sees und Grundlises).

Hangbreccie (Prä-Riss), 20

Hangbreccien stellen besonders auf der Dachsteinsüdseite (Ramsauer Breccie) aber auch auf der Ostflanke des Sarstein Erosionsreste ehemals ausgedehnter, älterer Schuttmassen dar, welche durch zirkulierende Wässer bereits eine gewisse Zementation und damit Eigenschaften eines Festgesteines erreicht haben. Lagenweise angereichertes Feinmaterial kann dem Gestein ein dichtes Aussehen verleihen.

Nach Habitus und Position wird für diese Hangbreccien ein Bildungsalter in einer Warmzeit vor der Rissvereisung angenommen.

Aufgrund ihrer heute kleinflächigen Verbreitung sind sie für hydrogeologische Betrachtungen nicht relevant.

2.1.2 Tertiär

Sand mit Augensteingeröllen (Oligozän – Untermiozän), 21

Als letzte Relikte einer flächenhaften Überschotterung der Kalkalpen, die Material aus den aufsteigenden Zentralalpen und der Grauwackenzone über die Kalkalpen hinweg in das Restmeer der Molassezone transportierte, finden sich „Augenstein“-Gerölle. Diese Quarz- und Kristallingerölle liegen heute auf sekundärer Lagerstätte, eingespült in das Karstrelief des Dachsteinplateaus.

Die damit genetisch in Zusammenhang gebrachten Geröllschüttungen in die Innere Molasse des Alpenvorlandes erlauben nach FUCHS (1980: 478 f.) eine Datierung der Augensteinlandschaft: erster Detritus erscheint im Rupel, ein Höhepunkt wird im Untereger erreicht. Erneute Subduktionsbewegungen (Jungsavische Phase) führten zur Umgestaltung im Relief der Oberplatte (Ostalpin), zum Ende des ersten großen Entwässerungsnetzes und zur erosiven Zerstörung dieser Altlandschaft ab dem Obereger.

Konglomerat, Arkose, Sandstein, Kohle („Ennstal-Tertiär“; Karpat), 22

Ablagerungen tertiärer Sedimente sind im Kalkalpen-Mittelabschnitt hauptsächlich in tektonisch eingesenkter Position entlang der Längstalbrüche des Südrandes erhalten geblieben, können aber auch bis auf die Plateauflächen aufsteigen (Stoderalm, Miesboden). Sie werden im Bereich zwischen Wagrain und Hieflau als Ennstaltertiär zusammengefaßt. Lokale Kohleflöze in den limnisch-fluviatilen Schichten wurden zeitweise wirtschaftlich genutzt. Bemerkenswert ist das Auftreten von fossilreichen mitteleozänen Kalkgeröllen (vgl. WINKLER-HERMADE, 1950; MOUSSAVIAN, 1984: 44). Eine zeitliche Äquivalenz des Ennstaltertiärs und der Aufschotterung der Augensteinlandschaft wird schon lange diskutiert, ist aber bis heute nicht endgültig abgeklärt (siehe WINKLER-HERMADEN, 1950; FUCHS, 1980: 478).

Das Kohlevorkommen der Stoderalm stellt eines der höchstgelegenen innerhalb der Ostalpen dar. In 1.700 m Seehöhe steckt in einer WE-streichenden Mulde eine steilgestellte Wechselfolge von grobkörnigen lithischen Arkosen, graubraunen Tonen und Sandsteinen mit Glanzkohlelagen, tektonisch eingeklemmt zwischen Dolomit und Dachsteinkalk. Der Abbau erfolgte mit Unterbrechungen bis etwa 1903. Pflanzenreste erlaubten bis vor kurzem keine genauere Einstufung als den Zeitbereich Oberoligozän bis Mittelmiozän, jüngst konnte Karpat wahrscheinlich gemacht werden (STEININGER et al., 1989).

2.1.3 Gosau-Gruppe (Oberkreide – Alttertiär)

Die Gesteine der Gosau-Gruppe stellen den Rest einer ehemals die gesamten Kalkalpen überdeckenden Sedimentabfolge dar. Sie umfassen eine sehr wechselvolle Schichtfolge vor allem klastischer Sedimente, welche nach einer der Hauptphasen („vorgosauische Phase“) der alpidischen Gebirgsbildung und einer längeren Erosionsperiode das erneute Vordringen mariner Ablagerungsbedingungen in den entstehenden Alpenkörper dokumentieren. Entsprechend diesen geodynamischen Randbedingungen findet man basale Breccien von Lokalschutt, limnisch/fluviatile Konglomerate und Sandsteine mit unbedeutenden Kohlebildungen, marin beeinflusste Deltasedimente mit Sand-/Tonstein und Mergelbildung, biogene Flachwasserkarbonate und schließlich Serien der sogenannten Flyschgosau mit Ablagerungen turbiditischer Tiefwasserklastika. Einen Überblick dazu gaben zuletzt WAGREICH & FAUPL (1994).

Größere Vorkommen dieser Gesteine bietet das Projektgebiet vor allem im westlichsten Abschnitt im namensgebenden Becken von Gosau. Kleine Vorkommen an der Basis der Dachsteinsüdwände sind insofern von Interesse, als sie die Überschiebungsbahn der Dachsteindecke über die Werfener Schuppenzone markieren. Einige kleinflächige Vorkommen im Mitterndorfer Raum weisen durch ihre Einbeziehung in die tektonische Deformation ebenfalls auf jüngere, „nachgosauische“ Bewegungen hin.

Zwieselalmschichten (sandiger Mergel, Breccie; Maastricht – Eozän), 23

Die Serie besteht aus hellen Mergeln mit zwischengeschalteten, grobklastischen Bänken. Letztere sind morphologisch am auffallendsten und enthalten sowohl kalkalpine als auch kristalline Komponenten. Sie weisen meist eine Korngrößen-Gradierung auf, sodaß sämtliche Übergänge von Grobbreccien zu Sandsteinen auftreten. Im Bereich der Zwieselalm und am Ramsauer Hühnerkogel der Dachsteinsüdseite sind dies die jüngsten, in den tektonischen Schuppenbau einbezogenen Gesteine.

Nierentaler Schichten (bunter Kalkmergel; Campan – Maastricht), 24

Die roten, graugrünen und weißen Kalkmergel erreichen eine Mächtigkeit bis etwa 300 m. Die Mergel enthalten vereinzelt siliziklastische Sandsteinbänke.

Ressenschichten, Bibereckschichten (Tonstein, Mergel, Sandstein; Campan), 25

Die Ressenschichten sind Flyschablagerungen, deren Zyklen Sandsteine und graugrüne, seltener rotbraune Tonmergel umfassen. Gelegentlich sind gröbere Breccienlagen eingeschaltet.

Die Bibereckschichten umfassen helle, sandige Mergel mit dünnen Sandsteinlagen.

Kalkbreccie (Fazies des Untersberger Marmors, Fossilschuttkalk; Campan), 26

Karbonatische Breccien mit biogenen Komponenten (Rudisten-Schalen) lagern NE der Gosauseen als geringmächtige Hülle (max. einige 10er Meter) dem Dachsteinkalk auf. Lateral ist eine Verzahnung mit den Ressenschichten erkennbar.

Hochmoos-, Grabenbach- und Streiteckschichten (Mergel, Ton-/Sandstein, Konglomerat; Santon), 27

Diese älteren Anteile der Gosau-Gruppe wurden in der Kartendarstellung zusammengefaßt. Sie beinhalten heterogen zusammengesetzte, klastische Sedimente mit lokal wechselnder Ausbildung. Die Hochmoos- und Grabenbachschichten bilden dabei eher die feinkörnigen, tonigmergeligen Ablagerungen, die Streiteckschichten die eher sandig-konglomeratischen Typen.

Kreuzgrabenschichten (Gosaugrundkonglomerat; Coniac – Santon), 28

Der Begriff Kreuzgrabenschichten wird im Gosauer Becken für die grobklastischen Basisbildungen verwendet. Die Abfolge besteht aus durchwegs gut gerundeten aber schlecht sortierten kalkalpinen Geröllen. Wenig verfestigte Lagen mit tonigem Zwischenmittel wechseln mit gut verfestigten Lagen mit karbonatischer Grundmasse ab. Sandsteine treten vor allem im Hangendabschnitt auf.

Am Ramsauer Hühnerkogel der Dachsteinsüdseite bilden mehr oder minder gut gerundete, mm bis cm große Plassenkalk-Komponenten in überwiegend roter, sandig kalkiger Matrix ein monomiktes Konglomerat. Bei Abnahme der Korngröße entwickeln sich daraus rote bis graubraune Kalksandsteine mit vereinzelt roten Mergellagen. Darüber folgen graue sandige Mergel.

2.1.4 Jura

Oberjurassische Karbonatgesteine bilden die „neoautochthone“ Sedimenthülle im Anschluß an die gleittektonische Umgestaltung des Ablagerungsraumes im Zeitniveau (+/- Oxford) des ostalpinen Tiefwasserstadiums mit seiner Radiolaritsedimentation und den begleitenden Breccien der Grünangerschichten.

Unter- und Mitteljura sind gekennzeichnet durch geringmächtige Rotkalke und lokal mächtige mergelige Sedimente der Allgäuschichten.

Für einen Überblick über kalkalpine Juraserien siehe TOLLMANN (1976a).

Plassenkalk (höherer Malm), 29

Der Plassenkalk ist das karbonatische, massig ungeschichtete Sediment eines flachmarinen Riff- und Lagunenenvirons. Sedimentologische und fazielle Details siehe FENNINGER & HOLZER (1972); STEIGER & WURM (1980); HOLZER in MANDL et al. (1987).

Entsprechend seiner Auflage auf mechanisch oft labilen Hallstätter Gleitschollen mit ihrer Haselgebirgsbasis neigt er zu steilstehender, tiefgreifender Klüftung und zu grobblockigem Zerfall (z. B. namesgebender Bergstock des Plassen westlich Hallstatt). Seine heute nur mehr kleinflächige Ausdehnung macht ihn nur als Karstwasseraquifer für lokale Quellen interessant.

Oberalmer Schichten (höherer Malm), 30

Die Oberalmer Schichten stellen die kalkigen Ablagerung des tieferen Wassers, zeitgleich mit den Karbonatplattformen des Plassenkalkes dar. Im Projektgebiet sind sie nur im Mitterndorfer Becken anzutreffen. Im Ausseer Raum vermittelt der detritische Tressensteinkalk zu den Seichtwasserablagerungen des Plassenkalkes.

Die grauen, hornsteinreichen, dezimetergebankten Kalke mit dünnen Mergellagen weisen ein ausgeprägtes Trennflächengefüge und damit Wasserleitvermögen vor allem entlang der Bankfugen auf.

Kiesel- und Radiolaritschichten inkl. Klauskalk (Dogger – Oxford), 31

Es handelt sich dabei um rotbraune und dunkelgraue bis -grüne, cm- bis dm-geschichtete tonig-kieselige Ablagerungen, deren Kieselsäurereichtum auf organische Bildung (Radiolarien, Kieselchwämme) zurückzuführen ist. Das Gestein repräsentiert das Stadium größter Meerestiefe in den Kalkalpen.

Die Serie ist üblicherweise maximal wenige 10er Meter mächtig, kann beispielsweise im Mitterndorfer Becken aber auch deutlich mächtiger werden. Möglicherweise umfaßt sie dort jedoch einen größeren Zeitbereich, da unterlagernde kieselige Allgäuschichten kartierungstechnisch kaum davon abzutrennen sind.

Der örtlich den Radiolarit unterlagernde, rote, dickbankige Klauskalk wurde wegen seiner im Kartenbild nicht darstellbaren, geringen Mächtigkeit mit den Kieselgesteinen vereint.

Grünanger Schichten (Kalkbreccie; Oxford und ?älter), 32

Sedimentäre Breccienbildungen, welche teils den Kieselsschichten eingeschaltet, teils diese faziell vertretend vorkommen, dokumentieren die einsetzende Bodenunruhe und die beginnenden Materialumlagerungen im Zuge der Großschollen-Gleittektonik. Die Breccienkomponenten stammen sowohl von den Rändern der Radiolaritbecken (hauptsächlich Dachsteinkalk, untergeordnet Jurarotkalke) als auch von den einwandernden Hallstätter Gleitschollen (div. Hallstätter Kalke und Dolomite). Die Komponentengrößen reichen von Sandkorngröße in gebankten, turbiditischen Lagen bis hin zu meter- und zehnermetergroßen Blöcken. Die Matrix wird teils von kieseligen Gesteinen, teils von umgelagerten Mergeln und tonigen Jurarotkalcken gebildet. Entsprechend variabel ist die hydrogeologische Wirksamkeit dieser Serie.

Allgäuschichten (Kalk und Mergel; Lias – Dogger), 33

Diese Serie beinhaltet ein relativ einförmiges Spektrum von weichen grauen Mergel und dünnbankigen fleckigen Kalken mit Mergelzwischenlagen. Graue Crinoidenkalke können in unbedeutender Menge zwischengeschaltet sein. Gelegentliche Verkieselung kann die Grenzziehung zur überlagernden Radiolaritgruppe erschweren.

Hydrogeologisch fungieren die Allgäuschichten als Stauer.

Hirlatzkalk, Adneterkalk (Lias), 34

Rote Jurakalke treten einerseits als geringmächtig Auflage über dem Dachsteinkalk auf, andererseits können sie in Form von Spaltenfüllungen tief in den Dachsteinkalk eingreifen – so etwa nahe dem NW-Rand des Kartenblattes, und zwar östlich der Adamek-Hütte und am Taubenriedel (K 2215) westlich des Eissees. Die Spalten können Breiten von Dezimeter bis wenigen Metern und aufgeschlossen sichtbare Tiefen bis 300 m und mehr erreichen. Sie verlaufen etwa parallel zu dem, im Dachsteinmassiv weit verbreiteten, NW-SE streichenden Störungssystem, dessen sehr frühe Anlage dadurch dokumentiert wird.

2.1.5 Trias

Die triadischen Karbonatgesteine prägen das Landschaftsbild der Dachsteinregion. Zwei unterschiedliche Gesteinsgruppen sind dafür verantwortlich: Zum einen die mächtigen Seichtwasserkalke und -dolomite, welche mit Höhen bis knapp 3.000 m das Dachsteinplateau und seine Steiflanken bilden, zum anderen die geringmächtige, bunte, tiefer marine Gesteinsvergesellschaftung der Hallstätter Zonen, welche heute bewaldete Mittelgebirgsstöcke aufbaut.

Die Schichtfolge der Seichtwasserentwicklung, die gleichzeitig den Gesteinsbestand der Dachsteindecke bildet, ist in Abb. 1 in einer Gesamtschau schematisch dargestellt.

Für eine vergleichbare Darstellung der Schichtfolgen der Gosaukamm-Randschuppen und des Mandlingzuges siehe MANDL et al. (1987), für die Hallstätter Zonen siehe KRYSTYN et al. (1969), SCHLAGER (1969), SCHÄFFER (1976), MANDL (1984a).

Für Details zur lithologischen Ausbildung und biostratigraphischen Einordnung aller triadischen Sedimentgesteine siehe auch TOLLMANN (1976a).

Zlambachschichten (Mergel, Kalk; oberstes Nor-Rhät), 35

Die Zlambachschichten dokumentieren den Beginn terrigen beeinflusster Sedimentation in der obersten Trias. Sie können sowohl die Beckensedimente (Hallstätter Kalke, Pötschenkalk) als auch die Randbereiche der Karbonatplattformen (Dachsteinkalk) überlagern.

Die lithologische Bandbreite umfaßt graubraune bis dunkelgraue, weiche Tone, Mergel, dünnbankige fleckige Mergelkalke und mengenmäßig untergeordnete dunkle Biogenschuttkalke mit Korallen und anderem Riffdetritus.

Hydrogeologisch gesehen wirken die Zlambachschichten als Stauer.

Dachsteinkalk gebankt (Mittelnor – Rhät), 36

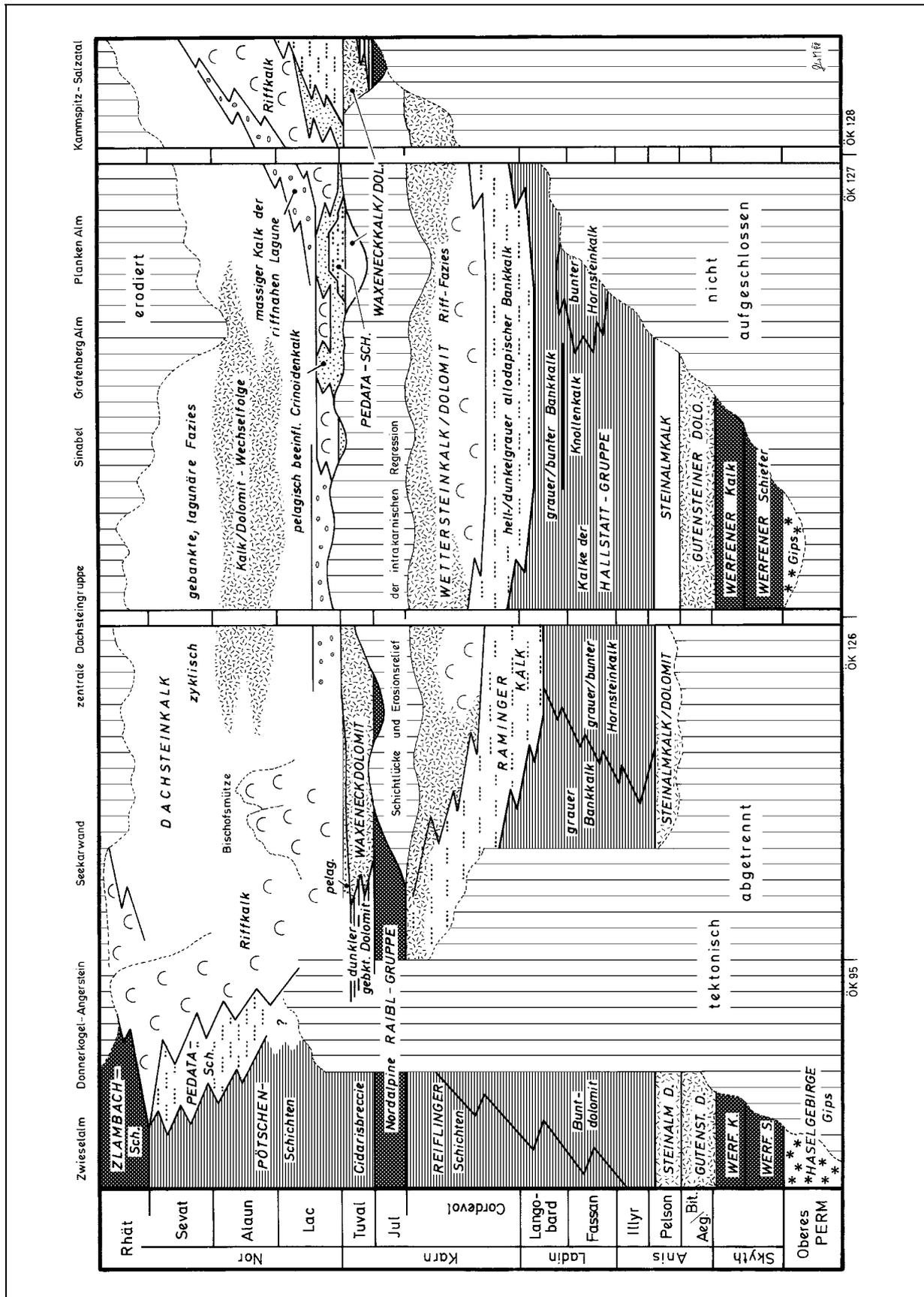


Abb. 1: Schichtfolge der Dachsteindecke (Südabschnitt).

Kalk/Dolomit-Wechselfolgen (Mittelnor – ?Obenor), 37

Eine grundlegende Beschreibung erarbeitete FISCHER (1964) für die gebankten Lagunenkalke.

Charakteristikum der meisten Dachsteinkalk-Areale, so auch der namensgebenden Gebirgsgruppe selbst, ist die morphologieprägende deutliche Bankung im Meterbereich. Die diesem Erscheinungsbild zugrunde liegende Sedimentationsdynamik wurde von FISCHER (1964) als zyklische Wiederholung typischer Lithofaziesabfolgen (Member A, B, C) als „Loferer Zyklotem“ beschrieben:

Das Member A wird von geringmächtigen, roten oder grünen, kalkig/tonigen Residualsedimenten mit eingestreuten Kalkbreccien gebildet. Dieser Horizont ist meist nur wenige cm mächtig und greift oft in Form von Lösungshohlräumen in die unterlagernde Bank hinein. Er repräsentiert das oftmalige Trockenfallen des seichtmarinen lagunären Ablagerungsraumes. Aufgrund der leichteren Verwitterbarkeit gegenüber reinen Kalken ist das Member A hauptverantwortlich für die Ausbildung der so charakteristischen Bankung.

Member B als karbonatisches Gezeitensediment wird von häufig dolomitisierten, mm-geschichteten Algenlaminiten aufgebaut, die Bankdicken bis einige Dezimeter erreichen können.

Member C entspricht den meterdicken, reinen Kalkbänken der tieferen Lagune unterhalb des Gezeitenbereiches und führt gelegentlich gehäuft Megalodonten-Schalen („Dachsteinmuschel“).

Bereiche mit gehäufterem Auftreten von Dolomitlaminiten (Member B) wurden als Kalk/Dolomit-Wechselfolge im Kartenbild getrennt ausgeschieden.

Für die Wasserwegsamkeiten im gebankten Dachsteinkalk sind einerseits eine weitständige Klüftung und andererseits die deutlich ausgeprägte Bankung ausschlaggebend, welche durch Lösungsvorgänge zu großvolumigen Karsthohlräumen mit entsprechend hohen Durchflußmengen und -geschwindigkeiten ausgestaltet sein können.

Hauptdolomit (Nor), 38

Je nach dem mengenmäßigen Überwiegen von Member B oder C gibt es fließende Übergänge zwischen dem Hauptdolomit (nur B), der Kalk/Dolomit-Wechselfolge (häufig dicke Bänke von B gemeinsam mit A und C) und dem gebankten Dachsteinkalk (hauptsächlich AC-Wechselfolgen, selten dünne Lagen B).

Der Hauptdolomit ist das karbonatische Sediment der riff-fernen Lagune und daher in der Dachsteindecke nur in den Nordflanken des Dachsteinmassivs als laterale Vertretung des basalen Anteiles des Dachsteinkalkes ausgebildet.

In hydrogeologischer Hinsicht weisen dolomitische Gesteine aufgrund ihres spröderen Verhaltens bei tektonischer Deformation ein engständiges, feinporiges Kluftsystem parallel und normal zur Schichtung auf und bieten damit gute Wasserwegsamkeiten und große Speichervolumina bei gleichzeitig relativ langsamen Durchflußraten.

Dachsteinkalk, massige Fazies

Kalk der riffnahen Lagune (Nor-?Rhät), 39

Riff- und Riffschuttkalk (Nor-Rhät), 40

Pelagisch beeinflusster Crinoidenkalk (tieferes Untenor), 41

Im Übergang zu den Riffkalken treten *massige* bis unregelmäßig gebankte Typen auf, die noch der *Lagune* bzw. dem *Rückriffbereich* angehören. BÖHM (1986) gibt kurze Profilstrecken als Beispiele für diesen Übergangsbereich an, der am Grimming einige 100 m breit sein dürfte und vor allem durch Onkoid-, Algenknollen- und fixierte Grapestonefazies gekennzeichnet ist. Massige, in der Mehrzahl noch lagunäre Kalke treten am Dachsteinplateau (zu-

meist am Südrand) großflächig auf. Dolomitloferite fehlen, aber bunte, z. T. gebänderte Hohlraumfüllungen (Member A) sind immer wieder zu beobachten.

Für den *Dachstein-Riffkalk* ist neben der grundlegenden Arbeit von ZANKL (1969) für unseren Großraum die Bearbeitung des Gosaukammes durch WURM (1982) und des Grimmings durch BÖHM (1986) von unmittelbarem Interesse.

Die Dachstein-Riffkalke bauen einerseits den Gosaukamm, andererseits Teilbereiche des Südrandes des Dachsteinplateaus auf und zwar nördlich des Guttenberghauses, im Umfeld der Plankenalm und ab der Ostseite des Kammspitzes bis zum Grimming. Die Riff- und Riff-schuttkalke werden weitgehend von kalkschaligen Flachwasser-Organismen und deren Detritus in unterschiedlichsten Korngrößen von groben Breccien bis hinab in den Sand/Siltbereich und aus den verbindenden, kalzitischen Zementen aufgebaut. Das Gestein ist massig bis gelegentlich grob gebankt.

Lokal tritt im Liegenden des Riffkalkes oder mit diesem lateral verzahnend *pelagisch beeinflusster Crinoidenkalk* auf. Es handelt sich dabei um massige bis undeutlich gebankte graue Kalke, die als makroskopisches Merkmal Crinoidendetritus in feinkörnigmikritischer Matrix zeigen. Daneben kann auch sandig-siltiger Detritus von Flachwasserkomponenten auftreten. Die Matrix zeigt hingegen in den Organismenresten von Conodonten, Radiolarien, Halobiiden und vereinzelt Ammoniten den offenermarinen (pelagischen) Einfluß.

Das Gestein repräsentiert den Zeitraum des initialen Stadiums der Dachsteinriffe, die nach der im obersten Karn erfolgten Überflutung der Karbonatplattform in ersten Fleckenriffen die Untiefen besiedelten, während dazwischen noch feiner Kalkschlamm mit pelagischem Fauneneinfluß abgelagert wird. In tieferen Wannern (z. B. Plankenalm) und am Plattformrand kann dieser lateral in die Kalkturbidite der Pedataschichten übergehen. Nach Zusammenschluß der Einzelriffe zu einer Riffbarriere verlagerte sich diese ab dem höheren Unternor an den Plattformrand.

Pedataschichten, Pötschenkalk (oberstes Karn – Obernor), 42, 43

Diese beiden Gesteinsserien stellen die zum Flachwassersediment des Dachsteinkalkes zeitgleichen Ablagerungen des tieferen Wassers dar. Die Pedataschichten nehmen dabei eine vermittelnde Stellung ein. Sie zeigen durch ihren Gehalt an arenitischem Riffschutt die Nähe einer Karbonatplattform an. Detaillierte Untersuchungen dazu gibt REIJMER (1991).

Lithologisch sind beide Serien hell- bis dunkelgraue, feinkörnig dichte, dm-gebankte Kalke, wobei die Pötschenkalke durch lagig-knollige Kieselsäurekonkretionen, knollig-wellige Schichtflächen und zwischengeschaltete Mergellagen charakterisiert sind, während die Pedataschichten neben dem kennzeichnenden Riffschutt eher ebenflächige Bankung aufweisen.

Im Bereich der Zwieselalm wird der oberkarnische Anteil der Pötschenschichten von synsedimentären Breccien („Cidarisbreccie“) vertreten, die aus dünnschichtigen Kalk/Mergel-Wechselfolgen durch submarine Rutschungen hervorgehen.

Hallstätter Kalke – Oberer Abschnitt (Oberkarn – Obernor), 44

Hangendrot- und -graukalk

Massiger und gebankter Hellkalk

Roter Knollenflaserkalk

Weißer, grauer, gelblicher bis intensiv rot gefärbter, feinkörnig dichter, massiger bis ebenflächig oder auch knollig geschichteter Kalk bilden kennzeichnende Leitgesteine der Hallstätter Zonen, jener Ablagerungsräume in der Triaszeit, welche als lokale Schwellen innerhalb der tieferen Becken (Pötschenkalk) nur geringmächtige Kalksedimente akkumulieren konnten.

Im Projektgebiet zählen dazu der Bereich um den Plassen bei Hallstatt, Wandlkogel und Rötelstein/Feuerkogel bei Bad Mitterndorf und kleine Vorkommen im Gosaukammgebiet und am Rettenstein bei Filzmoos. Die kleinräumig wechselnde Ausbildung, stark schwankende Mächtigkeiten, häufige syndesimentäre Breccien und Bildung von tiefgreifenden, durch jüngere Kalke wieder verfüllte Zerrspalten charakterisieren einen mobilen Ablagerungsraum über aufdringenden Diapiren der permischen Salztone. Darstellungen der Beziehungen der verschiedenen Lithotypen zueinander gaben u. a. KRYSSTYN et al. (1969), SCHLAGER (1969), SCHÄFFER (1976), MANDL (1984a).

Eine seitliche Verzahnung mit Hornsteinkalken vom Typus Pötschenkalk ist sowohl im Raschberg-Gebiet (Steinwandlgraben) als auch in den Plassenschollen erkennbar.

Für die Wasserführung ist hauptsächlich die sehr variable Kluftporosität maßgebend.

Waxeneckkalk (Oberkarn), 45

Waxeneckdolomit, 46

Diese Karbonate haben in der Dachsteinregion nur untergeordnete Verbreitung. Es sind oberkarnische Flachwasserbildungen, welche nach der Unterbrechung der Kalksedimentation durch das siliziklastische Raibler Niveau bzw. nach einem großflächigen Trockenfallen der Wettersteinkarbonatplattform die erneute Kalksedimentation der Obertrias im Flachwasserbereich einleiten.

Ihr Vorkommen ist hier auf wenige Lokalitäten beschränkt:

Im Plankenalmgebiet (östl. Dachsteinplateau) liegen dickbankige graue lagunäre Kalke vor, ähnlich dem gebankten Dachsteinkalk. Sie werden teils von massigem Dachsteinkalk, teils von Pedataschichten des obersten Karn bis tiefsten Nor überlagert.

Am Gosaukamm treten im Liegenden des Dachsteinriffkalkes massive Dolomite auf, deren zeitliche Einstufung derzeit nicht gut abgesichert ist. Sie sind in der Kartendarstellung zur Gänze als Waxeneckdolomit ausgeschieden. Möglicherweise sind darin auch Anteile von Wettersteindolomit enthalten, da ein deutlich trennendes karnisches Schieferband weitgehend fehlt (geringmächtige Reste nur am Kramersattel). Von SCHLAGER (1967) erwähnte, im Dolomit reliktsch erkennbare Riffstrukturen lassen hier einen oberkarnischen Plattformrand vermuten, der gegen den Leckkogel hin mit dunklen, gebankten Dolomiten verzahnt.

Dunkler Bankdolomit des Leckkogels (Oberkarn), 47

Am Leckkogel und südöstlich der Kammspitzgruppe werden die terrigenen Karnserien von dunklen, z. T. bituminösen, gut gebankten Dolomiten überlagert, die teils Feinschichtung teils karbonatische Detritusschüttungen erkennen lassen. Sie werden hier als Hangsedimente der Waxeneck-Karbonatplattform interpretiert. Das Alter ergibt sich aus der Lage im Schichtstapel und aus Conodontenfaunen vom Leckkogel und, außerhalb des Projektgebietes, auch vom Grimming-Südostfuß.

Nordalpine Raibl – Gruppe (Tonschiefer, Sandstein, Kalk; Jul), 48

Die terrigenen Karnsedimente zeigen verschiedene fazielle Ausbildungsformen, die innerhalb des Dolomitpaketes auftreten und lateral auskeilen. Zum einen sind relativ geringmächtige Schiefer-Sandstein-Folgen (*Raibler Schichten*) mit Bänken von „Sphärocodien-Onkolithen“ über den mitteltriadischen Plattformbereichen entwickelt (Gamsfeld-Gruppe, ÖK 95, ÖK 96), zum anderen treten am Plattformrand charakteristische Schiefertone-Hornsteinkalk-Abfolgen mit Seichtwasserdetritus auf (*Leckkogelschichten*, ÖK 126) (vgl. SCHLAGER, 1967, GROTTENTHALER, 1978, FLÜGEL et al., 1978, MANDL, 1984a). In Gebieten mit fehlendem terri-

genem Einfluß dürfte es zu Sedimentationsunterbrechung durch zeitweiliges Trockenfallen gekommen sein, die Faziesverteilung in der darüber folgenden basalen Dachsteinkalkentwicklung deutet jedenfalls darauf hin.

Die Gesteinsvergesellschaftung der Leckkogelschichten setzt auch südlich des Stoderzinkens in den Mandling-Schuppen beim Stoderbrünnl ein und gewinnt gegen Osten (ÖK 128, Gröbming, südliche Kammspitzbasis) rasch an Mächtigkeit. Schwarze Schiefertone, Hornsteinkalke und dunkle sedimentäre Kalkbreccien mit Biogendetritus bauen dort die Serie auf.

Die schwarzen Schiefertone der *Reingrabener Schichten* vertreten das terrigene Niveau im Bereich der Hallstätter Zonen, wo sie den mitteltriadischen bunten Hallstätter Kalken auflagern.

Problematisch in ihrer Altersstellung sind jene schwarzen Schiefertone, die in der tektonisch reduzierten Schichtfolge des Raucheck-Marstein-Schönbüchel-Zuges erhalten geblieben sind. Der östlichste Ausläufer davon ist das Vorkommen an der Oberkante des Karlgrabens, das hier als Deckenscheider zwischen der Gips-Serie der Schuppenzone und der auflagernden Dachsteindecke fungiert. Obertriadisches Alter konnte durch Pollen/Sporen nachgewiesen werden, eine Entscheidung für Karn (Reingrabener Schichten) oder Rhät (Zlambachschichten) kann daraus aber nicht abgeleitet werden.

Wettersteindolomit (Ladin – Unterkarn), 49

Der Wettersteindolomit stellt den sekundär dolomitisierten Anteil der Wetterstein-Karbonatplattformen dar. Entsprechend der sekundären, diagenetischen Bildung ist die Abgrenzung zum Wettersteinkalk oft sehr unregelmäßig geformt und besonders in Profilschnitten nur schematisch als Verzahnungsbereich darstellbar. Im Zuge der diagenetischen Dolomitbildung ging das primäre Sedimentgefüge weitgehend verloren, es herrscht heute ein charakteristisch „zuckerkörniges“, feingrusig zerfallendes, meist weißes bis graues, ungeschichtetes Sedimentgestein vor. Ein Großteil des Wettersteindolomites innerhalb der Dachsteindecke dürfte ehemals lagunäre Bereiche darstellen, im Dolomit des Mandlingzuges zwischen dem Aichberg und dem Hofmanningberg nordöstlich Gröbming weisen schemenhaft erkennbare Sedimentstrukturen auf ehemalige Riffbildungen hin.

Bezüglich der hydrogeologischen Wirksamkeit gilt gleiches wie beim Hauptdolomit (engständige Kluffporosität).

Wettersteinkalk (Ladin – Unterkarn), 50

Wettersteinkalk überwiegend riffnaher Ausbildung begleitet mit kurzen, tektonisch bedingten Unterbrechungen den Dachstein-Südrand vom Gosaukamm bis zum Grimming. Ein kleineres Vorkommen steckt im tektonischen Schuppenbau des Mandlingzuges nördlich Gröbming.

Das helle, gelegentlich auch hell/dunkel gefleckte Gestein besteht wie die Riffbildungen im Dachsteinkalk hauptsächlich aus Bruchstücken von kalkschaligen Rifforganismen, verbunden durch kalzitische Zemente. Entsprechend schwierig ist die Unterscheidung der verschiedenen Riffkalke bei unmittelbarer Nachbarschaft ohne trennende Dolomite dazwischen.

Primäre Riffhöhlräume sind nicht erhalten, die Porosität beschränkt sich wie im Dachsteinriffkalk auf subvertikal stehende Kluffporosität.

Raminger Kalk (Oberladin – Unterkarn), 51

GANSS et al. (1954) und auch LEIN (1976) bezeichneten die gesamten hellen Kalkmassen zwischen Hallstätter Kalk im Liegenden und „Hauptdolomit“ im Hangenden als Wettersteinkalk. SCHLAGER (1967) schied im Gosaukamm (Mosermadlgruppe) lokal auch „Plattenkalke“ im Massenkalk aus. Wie eigene Beobachtungen zeigten, tritt zwischen Hallstätter Kalk und Wetterstein-Riffschuttkalk ein oft mächtiger Übergangsbereich auf. Dieser ist durch eine

Wechselfolge aus pelagischen Schlammkalken und allochthonem Riffdetritus gekennzeichnet. Neben den meist hell- bis mittelgrauen Typen können einzelne dunkle Bereiche auftreten. In der Mosermandl-Gruppe und in den Dachstein-Südwänden zwischen Eiskar und Kampl ist oft zyklische Sedimentation von Kalkturbiditen erkennbar. Das weitgehende Fehlen von tonigen Zwischenlagen bedingt den meist massigen Eindruck der Serie, nur einzelne, lateral nicht lange aushaltende Bankfugen treten hervor. Auch ist die Hangendgrenze zum groben Riffschuttkalk fließend und infolge des unwegsamen Geländes nur ungefähr darstellbar. Deutliche Variationen der Mächtigkeit und des makroskopischen Habitus treten auf. So ist etwa das Äquivalent dieser Serie an der Stoderzinken-Südseite ein eher bräunlichgrauer, undeutlich gebankter Kalk mit unregelmäßig eingestreutem Detritus und Kalkschwämmen. In der Schwoadring (S' Hunerscharte) dürfte die Serie weitgehend auskeilen, die Hallstätter Kalke mit ihren eindrucksvollen Breccien werden nach wenigen feinklastischen Bänken rasch von grobem Riffschutt überdeckt.

Reiflinger Schichten (Oberanis – Ladin), 52

Reiflinger Schichten stellen karbonatische Ablagerungen des tieferen Wassers dar, zeitgleich zu den Wetterstein-Karbonatplattformen. Sie treten vor allem in der Schichtfolge des Mandlingzuges auf, können aber auch zusammen mit Hallstätter Kalken sowohl in der Dachsteindecke (besonders im Gosaukammgebiet) als auch in den Hallstätter Schollen vorkommen.

Ein Beispiel für die lithologische Bandbreite im Mandlingzug zeigt das Profil Aichberg (siehe MANDL et al., 1987): Die Liegendgrenze zum Steinalmdolomit ist nicht unmittelbar abgeschlossen. Im Schutt dominieren knollige graue Dolomite und schwarze Kalke. Die folgenden schwarzen, hornsteinführenden Knollenkalke dürften den oberanisischen Anteil darstellen. Im Unterladin folgen hellgraue Bankkalke mit bunten Hornsteinen und schließlich bunte Knollenflaserkalke. Hell rosa, gelbliche oder bräunliche Kalkknollen in rotbrauner toniger Matrix prägen das Bild. Die Abfolge gemahnt etwas an die Folge von „Grauvioletter Bankkalk“ und „Rotem Knollenflaserkalk“ im zentralen Hallstätter Faziesraum. Die Flaserkalke werden von einer Serie abgelöst, die als Kalk-Tuffit-Wechselfolge bezeichnet werden kann. Charakteristisch für diesen Profilabschnitt sind dm-dicke, ebenflächige, intensiv grün gefärbte, verkiesselte Bänke sowie auch plastisch weiche grüne Lagen zwischen den grauen Hornsteinkalken.

Hallstätter Kalke – Unterer Abschnitt (Anis – Unterkarn), 53

Roter Knollenflaserkalk

Graugelber und roter Bankkalk

Grauvioletter Hallstätter Kalk

Schreieralmkalk

Hier gilt sinngemäß gleiches wie für die oben genannten Hallstätter Kalke der Obertrias.

Der rote Schreieralmkalk im engen Sinne stellt eine Sonderbildung dar, die bei extremer Mangersedimentation entstand und durch sehr geringe Mächtigkeiten (wenige Meter), durch Eisen-Mangen-Krusten als Zeichen für längere Sedimentationsstillstände und Zusammenschwemmung von Fossilien charakterisiert ist. Sein Verbreitungsgebiet beschränkt sich auf manche der Hallstätter Schollen wie etwa nördlich des Plassen (Typlokalität) oder am Rötelsstein (Lokalität Feuerkogel).

Die Hauptmasse der mitteltriadischen Hallstätter Kalke bilden mehr oder minder deutlich gebankte, bunte (grau, beige, rosa) Kalke, die teils ebenflächige, teils extrem knollige Ausbildung aufweisen können; auch bunte Hornsteinkalke treten auf. In der Literatur finden sich verschiedene, lithologisch beschreibende Begriffe dafür wie z. B. „Graugelber Bankkalk“, „Grauvioletter Hallstätter Kalk“, „Roter Knollenflaserkalk“. Sie sind sowohl in den Hallstätter Schollen verbreitet, als auch in der Dachsteindecke, im Liegenden der mitteltriadischen Plattformkarbonate.

Buntdolomit (?Oberanis – ?Unterkarn), 54

Dem Steinalmdolomit des Raucheck lagern dm-gebankte, gelblich anwitternde Dolomite mit schlierigen, gelblich-rötlichen Internstrukturen auf.

Vergleichbaren Habitus zeigen die Buntdolomite des Gosaukammgebietes und des Plankensteinplateaus (Plassenschollen). Sie können dort gelegentlich auch Hornsteinknollen enthalten. Vereinzelt gefundenen Conodontenfaunen sprechen für pelagischen Einfluß und lassen in diesen Dolomitgesteinen diagenetisch veränderte Hallstätter Kalke vermuten.

Steinalmkalk (Anis), 55**Steinalmdolomit (Anis), 56**

Unter Steinalmkalk werden hier alle eher hellgrauen, mehr oder weniger massigen, wandbildenden Seichtwasserkalke mit anisischer Algenflora verstanden. Dieses Niveau tritt sowohl auf der Dachsteinsüdseite als auch in den Hallstätter Zonen auf. Im Gebiet um den Plassen wurden damit eng verknüpfte, geringmächtige Hallstätter Kalke („bunte Lutite“) aus Maßstabgründen im Kartenbild mit dem Steinalmkalk vereinigt.

Der Steinalmdolomit ist die sekundär dolomitisierte Variante des Steinalmkalkes.

Gutensteiner Kalk (Anis), 57**Gutensteiner Dolomit (Anis), 58**

Die kalkige Varietät der Gutensteiner Schichten beschränkt sich hier hauptsächlich auf die Hallstätter Zonen und vertritt dort gelegentlich lateral die Dolomite. Auch seitliche Verzahnung mit dem Steinalmkalk wird lokal beobachtet (SCHÄFFER, 1971).

Der dunkelgraue Gutensteiner Dolomit der Dachsteindecke weist eine deutliche Schichtung im cm- bis dm-Bereich auf. Grobbankige graue Dolomite mit mm-mächtigen schwarzen Einschaltungen wechsellagern mit dünnplattigen dunklen Dolomiten, im cm-Abstand laminierten Typen, sedimentär brecciösen Bänken und einzelnen dunklen Kalklagen mit Dolomitschlieren. Im Grenzbereich zu den Werfener Schichten können dunkelgraue dolomitische Tonschiefer auftreten.

Deutlich mächtiger als an der Basis der Dachsteindecke ist der Gutensteiner Dolomit des Raucheck-Marstein-Zuges. Gebankter grauer und blauschwarzer Dolomit geht zum Hangenden in eher massigen, schwarzen Dolomit über. Die Grenze zum überlagernden Ramsaudolomit bildet ein gelblich anwitterndes Band dunkler, erneut gebankter Dolomite.

Zeitlich äquivalente Dolomite des Gosaukammgebietes und der Hallstätter Zonen können abschnittsweise auch ähnlich dickbankig-massige Ausbildung zeigen.

Rauhwanke (Anis), 59

Dieses löchrig poröse Gestein geht meistens auf tektonisch beanspruchte anisische Dolomite zurück, in denen die neugebildeten Kalzitkristalle und -klüffüllungen eine erhöhte Verwitterungsresistenz gegenüber den Dolomitrelikten aufweisen und zu den charakteristischen, netzartigen Strukturen führen. Ähnliche Gefüge entwickeln auch evaporitisch beeinflusste Karbonatgesteine im Grenzbereich zwischen Werfener Schichten und Gutensteiner Schichten, bei denen der Gips/Anhydritgehalt zu der löchrigen Verwitterung führt.

Da diese Gesteine hier kaum großflächige Verbreitung erreichen, kommt es zu keiner typischen (Gips-) Karstmorphologie. Die Lösungsporosität ist daher für die hydrogeologischen Verhältnisse nur von lokaler Bedeutung.

Werfener Schichten (Ton-, Sandstein, lokal Kalk; Skyth), 60**Sandstein-/Tonstein-Serie (Werfener Schuppenzone; ?Skyth), 61****Quarzit (?Skyth), 62**

Werfener Schichten und ähnliche siliziklastische Sedimentgesteine sind Bestandteil sowohl der Hallstätter Schollen, als auch der Dachsteindecke und der Werfener Schuppenzone. Dort, wo zwischengeschaltete jüngere Gesteine fehlen, ist bei tektonisch bedingter Nachbarschaft die Zuordnung zur einen oder anderen tektonischen Einheit oft problematisch.

Als Normalabfolge innerhalb des Schichtstapels gibt A. TOLLMANN (1976a: 57 ff.) die lithologische und altersmäßige Abfolge von einer karbonatischen Hangendserie über mächtige bunte Schiefer hin zu Quarziten an der Basis an.

Eine mikrofazielle Analyse der *Werfener Kalke* gaben zuletzt MOSTLER & ROSSNER (1984). Die Serie besteht am Lenachriedel (Dachsteindecke) aus einer Wechselfolge von grauen und bunten Sandstein- und Tonschieferlagen, bunten Kalksandsteinen, grauen und grünlichen Mergelkalken und grauen oder roten Kalken. Bivalvenschill tritt in mindestens 2 Niveaus auf, desgleichen bunte Crinoidenkalke. Das oberskythische Alter kann durch Foraminiferen, Ammoniten und vereinzelte Conodontendaten belegt werden.

Die bunten *Werfener Schiefer* sind überwiegend dünnsschichtige, plattig oder linsig zerfallende Sand- und Siltsteine mit Hellglimmerdetritus, oft reich an Sedimentstrukturen wie Kleinrippeln und biogenen Wühlspuren sowie Organismenresten, meist in Form von Abdrücken von Mollusken.

Die gleichfalls bunte *Sandstein-/Tonsteinserie* im Raum Durchat-Brandriedel/Karlgraben unterscheidet sich etwas von den typischen Werfener Schichten durch ihren eher kompakteren, vor allem aber einförmig sterilen Habitus und die im Hangendabschnitt stratiform eingeschalteten Gipslager. Da diese Gipse eindeutig permische Alter besitzen (siehe unten), ist die stratigraphische Zusammengehörigkeit mit der Sand-/Tonsteinserie unsicher. Wahrscheinlich besitzt die Hauptmasse der Siliziklastika skythisches Alter und ist durch eine bislang im Gelände nicht erfaßte Deckenbahn vom gipsführenden, permischen Hangendabschnitt abzutrennen.

Als Beispiel für Werfener Quarzite nennt TOLLMANN (1976a) die *Quarzite* des Dachsteingebietes, vergleicht sie mit den Pleschbergquarziten bei Admont und stellt die Hauptmasse als Äquivalente des Buntsandsteines in das Skyth. Im Gegensatz dazu stand die Auffassung von ERKAN (1977) vom mittelpermischen Alter. Typisch ist die überwiegend hellgraue oder hellgrüne Färbung der massigen oder dickbankigen Quarzite. Bevorzugt im Liegendabschnitt treten auch dunkelgraue Typen als Übergang zur Phyllit-Serie auf. Die Quarzite sind meist feinkörnig und enthalten nicht selten feinen Feldspatgrus. Bei günstigen Aufschlußverhältnissen ist manchmal Kreuzschichtung erkennbar.

Trotz der Metamorphose (Chloritoid im Liegendabschnitt) kann in den hangendsten 10er Metern die primäre rote Farbe lokal noch erhalten sein.

Die Mächtigkeit beträgt im Schildlehen-Profil etwa 300 Meter, schwillt gegen Westen hin noch weiter an, nach Osten keilt die Serie jedoch rasch (vermutlich tektonisch bedingt) völlig aus. Aus der Gesamtsituation nach der Neukartierung dieses Raumes sind tektonische Komplikationen in den siliziklastischen Abfolgen auf der Dachsteinsüdseite wahrscheinlich, sodaß die Lagerungsbeziehungen nur wenig Aussagekraft für die Alterseinstufung und damit die ursprünglich Abfolge besitzen. Gesichert scheint nur die durch Übergänge verbundene, sedimentäre Auflage auf der Phyllitserie und Basisbreccie.

Ebenfalls teilweise quarzitischen Habitus besitzen die Werfener Schichten des Mandling-Zuges, wie bereits bei TRAUTH (1925), GANSS et al. (1954) und zuletzt bei HIRSCHBERG (1965) dargestellt und beschrieben. Die Quarzite sind hellgrau bis grünlich, dünnbankig mit tonig-schiefrigen Zwischenlagen. Die schlechten Aufschlußverhältnisse erlauben keine Beurteilung der Beziehung zu den gleichfalls auftretenden Werfener Schieferen. Ein gegenseitiger lateraler Ersatz erscheint möglich, da die Quarzite bis an den auflagernden Gutensteiner Dolomit heranreichen können; dies könnte allerdings auch tektonisch bedingt sein.

Im Gröbminger Raum lokal aufgefundene Basisbreccien (Prebichl-Schichten) im Grenzbe-
reich zu der Grauwackenzone weisen auf die ursprünglich gegebene, sedimentäre Verbin-
dung zwischen dieser und den Werfener Schichten hin.

2.1.6 Perm

Haselgebirge (Bunter Tonstein, Gips, Salz; Oberperm), 63

Das Haselgebirge als siliziklastisch-evaporitische Sedimentabfolge ist besonders in den Hallstätter Zonen konzentriert und beinhaltet dort die alpinen Salzlagerstätten. In geringerem Umfang ist es entlang der tektonischen Hauptbewegungsf lächen im gesamten Juvavischen Faziesraum immer wieder anzutreffen. Die Serie besteht aus roten, grünen und schwarzen Tonen, Salz, Gips/Anhydrit und selten Dolomit als Breccienkomponenten, in Klüften, Lagen und stockförmigen Massen, Die Plastizität des Ton-Salz-Gips-Gemenges führt zu einem Einwandern in benachbarte Kluft- und Störungssysteme.

Auf der Dachstein-Südseite treten bunte Sand-/Tonstein/Gips-Wechselfolgen auf, die Äquivalente des Haselgebirges darstellen müssen.

Den einzigen großen Aufschluß davon bietet der Erosionskessel des Karlgrabens zwischen Brandriedel und Burgleiten. Rotbraunen Sand-, Silt- und Tonsteinen sind in diesem Aufschluß zwei mächtige Gipslager zwischengeschaltet. Die dm-gebankten Sandsteine weisen Hellglimmerbeläge auf und können von hämatiterfüllten Haarrissen und cm-dünnen Ankeritklüften durchzogen sein. Im Kontaktbereich zu den Gipsbänken schlägt die Farbe jeweils zu Grün um.

Im Unterlauf des westlichen Seitengrabens sowie im Bereich des oberen Gipslagers nimmt die Abfolge den brecciösen Habitus des alpinen Haselgebirges an: grüne Breccien mit Ton- und Sandsteinkomponenten, dunklen Dolomitbruchstücken sowie buntem Gips als Komponenten und in Lagen und Klüften. Insgesamt ist jedoch noch eine weitgehend geordnete, schichtige Abfolge erhalten. Die Mächtigkeit der Gesamtabfolge beträgt bis zu 220 m, wobei auf die beiden Gipslager jeweils 60-70 m entfallen.

Von ERKAN (1977) beobachtete Breccienkomponenten von basischen Vulkaniten („Melaphyr“) unterstrichen die Ähnlichkeit mit dem alpinen Haselgebirge, den sicheren Nachweis des permischen Alters lieferte aber erst die Schwefelisotopen-Untersuchung durch SPÖTL & PAK (1996). Vermutlich sind hier Werfener Schichten mit älterem Haselgebirge tektonisch verschuppt – siehe auch oben.

Hydrogeologisch gesehen ist das Haselgebirge nahezu dicht. Größere zusammenhängende, oberflächennahe Evaporitkörper könnten aufgrund ihrer Löslichkeit theoretisch Wasserwegsamkeiten eröffnen; wegen ihrer Plastizität unter Auflast haben Hohlräume innerhalb des Gebirges jedoch keinen Bestand.

Mit Haselgebirge in Kontakt tretende Wässer sind an ihrer sulfatischen und/oder chloridischen Mineralisation erkennbar. Eine unter anderem auch chemische Charakterisierung des alpinen Haselgebirges gibt SCHAUBERGER (1986).

Phyllitserie (Perm, ?Skyth), 64

Die Phyllit-Serie besteht aus einer Wechselfolge von dunkelgrauen, teilweise phyllitischen Siltsteinen und Quarziten und dunkelgrauen oder grünen, massigen gebankten oder gebänderten (Sericit-)Quarziten. Die weicheren und dunklen Anteile herrschen vor. Relativ grobkörnige, karbonathaltige und löchrig bräunlich verwitternde Quarzitlagen bilden geringmächtige aber markante Einschaltungen im Liegendabschnitt der Serie.

Die Phyllit-Serie nimmt im Profil Schildlehen etwa 70 m ein, dem Kartenbild nach sind durchaus auch deutlich größere Mächtigkeiten zu erwarten.

Basisbreccie (Perm, ?ältere Anteile), 65

Die grobklastische Basis wird von einer Metabreccie mit mm bis 10 cm großen Komponenten gebildet, die aus dem Materialangebot der unterlagernden Grauwackenzone abgeleitet werden können. Dunkelgraue Phyllite, Chlorit-Sericit-Phyllite oder hellgrüne Sericitschiefer und Sericitquarzite herrschen vor; mehr oder weniger kantige, weiße, rosa oder violette Quarze treten auf. Feines Zerreibsel des gleichen Materials bildet die (dunkel-) graue Matrix. Eine sedimentäre Schichtung kann durch die Einregelung der flachen Komponenten angedeutet sein. Am Schildlehenhang sind nordöstlich K 1414 mehrere, etwa 1 m lange und 5 cm mächtige Hämatitlinsen eingeschaltet.

Die Mächtigkeit der Basisbreccie schwankt zwischen wenigen Metern bis zu einigen 10er Metern im Bereich der Dachsteinstraße. Die Liegendgrenze zur Grauwackenzone ist relativ deutlich, im Hangenden ist der Übergang zur feinklastischen Phyllit-Serie fließend.

Die Basisbreccie des Mandlingzuges bei Gröbming führt demgegenüber graue, kalkige Komponenten in einer rotvioletten, schiefrigen Matrix.

2.1.7 Grauwackenzone

Schiefer und Phyllit (Altpaläozoikum), 66

Die Grauwackenzone besteht aus einer relativ einförmigen Abfolge von grauen Phylliten und untergeordneten Einschaltungen von Grüngesteinen und Karbonaten. Die Schieferung und Schichtung fällt generell mittelsteil gegen Norden unter die Gesteine der kalkalpinen Schichtfolge ein. Da sie mit Ausnahme des westlichen Mandlingzuges nirgends unmittelbar die mesozoischen Karbonate unterlagern, kommt ihre wasserstauende Funktion im Projektgebiet nicht zur Geltung.

2.2 Tektonischer Bau der Dachsteingruppe

2.2.1 Generelle Übersicht

Im Zuge der alpidischen Gebirgsbildung wurde die räumliche Anordnung der vom Perm bis ins Tertiär abgelagerten Sedimentgesteine in mehreren Bewegungs- und Deformationsphasen beträchtlich umgestaltet, ursprüngliche Zusammenhänge wurden dabei vielfach zerstört. Sowohl flache Abscherungs- und Überschiebungsbahnen (Deckengrenzen) als auch steilstehende Brüche und seitenverschiebende Störungssysteme sind für den Bauplan wesentlich und kennzeichnend.

Bedingt durch den Deckenbau ergibt sich lokal ein mehrfaches Übereinanderliegen gleich alter Gesteinsabfolgen, wobei folgendes Grundprinzip allgemeine Geltung besitzt:

Die tektonisch zuoberst gelegenen Decken und Deckschollen werden unter dem Begriff *Juvavikum* zusammengefaßt. In bisherigen Darstellungen wurde dieses anhand der Lagerungsverhältnisse häufig weiter untergliedert in ein Tiefjuvavikum (Hallstätter Zonen) und ein darüber liegendes Hochjuvavikum (Dachsteindecke). Aus heutiger Sicht ist dies kein zweckmäßiges tektonisches Gliederungsprinzip. Aufgrund der komplexen Entstehungsgeschichte können die Hallstätter Zonen sowohl unter, neben, als auch über der Dachsteindecke liegen. Großräumig gesehen liegt überhaupt nur ein Großschollenmosaik vor, welches nicht einfach als Erosionsrest ehemals zusammenhängender Deckenkörper verstanden werden kann. Dieses Mosaik von isolierten Einzelschollen geht nach heutigem Kenntnisstand auf die, mit gleittektonischen Phänomenen im (Ober-)Jura beginnende, tektonische Umgestaltung der Hallstätter Zonen und ihrer Randbereiche zurück (Übersicht und weitere Literatur bei TOLLMANN, 1981, 1985).

Die juvavischen Einheiten werden vom zweiten großtektonischen Bauelement dieses Kalkalpenabschnittes, dem Tirolikum, unterlagert. Dieses umfaßt die hauptsächlich aus triadischen Seichtwasserkarbonaten aufgebauten Gebirgsgruppen des Osterhorns, der Traunalpen, des Toten Gebirges und des Tennengebirges.

Die an letzteres im Süden anschließende Werfener Schuppenzone und der Mandling-Zug zeigen lokal bereits wieder erste Einflüsse einer tiefermarinen Sedimentation mit Hallstätter Fazies im weiteren Sinne.

Gegenüber der bereits „klassischen“ tektonischen Gliederung des Dachsteingebietes, wie sie zuletzt bei TOLLMANN (1985) dargestellt wurde, ergaben nun die weiterführenden Untersuchungen Änderungen im Grenzverlauf der Dachsteindecke in deren Ostteil – siehe Abb. 2a.

Die bisher bereits nur hypothetisch gezogene Grenze im Bereich zwischen Radlingpaß und Wandlkogel konnte durch keinen Geländebefund weiter untermauert werden. Ein weiteres mögliches Teilstück dieser vermuteten Deckengrenze auf der Nordseite des Grimmingmassives ist kürzlich als Begrenzung einer „Grimming-Hangendeckscholle“ erkannt worden (BÖHM, 1986, 1988), sodaß für eine tektonische Trennung zwischen der Dachsteindecke im bisherigen Sinne und der Warscheneckdecke auch dieser Anhaltspunkt nicht herangezogen werden kann. Über dem steilstehenden Dachsteinkalk am Nordostfuß des Grimming konnte eine sedimentär auflagernde Juraschichtfolge von Hirlatzkalk, Adneter Kalk und Allgäuschichten entdeckt werden, die zum Jura des Mitterndorfer Beckens vermittelt. Der gegen Norden hin abtauchende Dachsteinkalk von Grimming und Kemmetgebirge und der Dachsteinkalk des Türkenkogel-Lawinensteinzug können zwanglos als Süd- bzw. Nordflügel der Mitterndorfer Juramulde aufgefaßt werden, welcher die jurassisch eingeglittenen Hallstätter Deckschollen eingelagert sind. Zu diesem Bild einer zusammenhängenden Dachsteinkalkmasse von Dachstein- und Warscheneck-Gruppe gelangte bereits SPENGLER (1934) entgegen den Deutungen KOBER's, welche bis in die Darstellungen bei TOLLMANN (1960, 1976, 1985) fortwirkten.

Die zweite Änderung gegenüber den bisherigen Darstellungen betrifft die Grenze zwischen Dachsteindecke und Mandlingzug. Wurde sie bisher als postkretazische, sekundäre Rücküberschiebung interpretiert, so ergab die Neukartierung zwischen Ramsau und Salzastausee eine steilstehende Störungszone. Nach tektonischen Analysen (z. B. DECKER et al., 1994) ist dieses Lineament als Teilstück bzw. Parallelast des sinistralen Salzach-Ennstal-Mariazell-Puchberg-Störungsbündels („SEMP-Linie“) aufzufassen, welches im Miozän aktiv war und an dem mit linksseitigen Verschiebungen im mehrere 10er km-Bereich gerechnet werden muß. Die Gesteine des Mandlingzuges fallen also im Bereich zwischen Ramsau und Gröbming nicht gegen Norden unter die Dachsteinmasse ein. Südlich des Kammspitz endet die karbonatische Schichtfolge der Mandling-Schuppen. Weiter gegen Osten grenzen entlang der „SEMP“

nur noch Grauwackengesteine mit Auflage von klastischen Sedimenten des Ennstal-Tertiärs an die Dachsteindecke. Die von BÖHM (1988) auf der Südseite des Grimmingmassives beschriebenen pelagischen Mitteltriaskalke und terrigenen Karnserien unsicherer tektonische Zugehörigkeit konnten durch Kartierung ihres weiteren Umfeldes zusammen mit dem Dolomit und Dachsteinkalk der Hauptmasse des Grimming der Dachsteindecke zugeordnet werden. Die von BÖHM an ihrem Westende erfaßte „Grimmingdeckscholle“ dürfte nur aus Dachsteinkalk bestehen. Gegen Osten hin, zum Grimming selbst, dürfte sie durch ein Störungsbündel abgegrenzt werden, welches von der „SEMP“ abzweigend über die Grimming-Rinne nach NE streicht.

Unter Berücksichtigung dieser geänderten Randbedingungen wird im Folgenden als Dachsteindecke im neuen Sinne ihr Umfang durch die Einbeziehung der (bisher dem Tirolikum zugeählten) Warscheneckdecke erweitert. Die weiterhin gültige Zuordnung dieser Gesamtmasse zum Juvavikum als übergeordneten, tektonischen Ordnungsbegriff stützt sich auf die Originaldefinition bei HAHN (1913) („... dem Tirolikum auflagernde Deckenteile mit Schichtfolgen in Berchtesgadener und/oder Hallstätter Fazies“).

Die eben genannte Hallstätter Fazies beinhaltet **die** kennzeichnende Gesteinsvergesellschaftung der *Hallstätter Schollen*, deren sehr bunt zusammengesetzte und relativ geringmächtige Schichtfolgen in starkem Kontrast zu den umgebenden, mächtigen Seichtwasserkarbonaten stehen und deren Beziehung zu eben diesen seit den Anfängen der kalkalpinen Forschung in sehr kontroversieller Weise erklärt wurde und heute auch noch wird.

Nach TOLLMANN (1985) sind drei Hallstätter Bereiche zu unterscheiden, nämlich „Miohallstätter Schollen“, „Südtiefjuvavische Hallstätter Schollen“ und „Euhallstätter Schollen unter neoautochthoner Bedeckung“. Die als „Miohallstätter Entwicklung“ bezeichneten Bereiche sollen Beckenbereiche repräsentieren, welche erst in der Obertrias gegenüber den rahmenden Dachsteinkalkplattformen einsanken und überwiegend graue, kieselige Karbonatgesteine enthalten (Lammer Einheit, und Grundlsee-Scholle als sog. Nordkanal, Mandling-Zug als sog. Mittelkanal). Dieser Entwicklung steht die Hallstätter Buntfazies (synonym dazu: Salzbergfazies, Südtiefjuvavische oder Euhallstätter Schollen) gegenüber, die bereits ab Anis buntgefärbte pelagische Kalksedimentation aufweist, die ursprünglich am Südrand der Dachsteindecke anschloß und damit vom kalkalpinen Karbonatplattformrand zum tiefmarinen Tethysmeer überleiten soll. Diese Untergliederung beruht also auf der ursprünglichen Position (zur Zeit der Sedimentation) dieser Hallstätter Schollen relativ zu den triadischen Seichtwasserkarbonaten der Dachsteindecke bzw. des Tirolikums. Diese Ableitung einzelner Schollen aus verschiedenen Ablagerungsräumen erfuhr je nach Stand der geologischen Forschung mehrfache Umgruppierung und oft heftige Diskussionen, sie ist für die Konstruktion des Internbaues des Gebirges jedoch durchaus von Bedeutung.

Seit der Darstellung bei TOLLMANN (1986), die auf ein derartiges Ablagerungsschema aufbaute, haben neuere Arbeiten (GAWLICK et al. 1990, GAWLICK 1991) wiederum Fakten vorgelegt, welche auf eine tektonische Auflagerung der Gesteine der Lammerzone auf dem Dachsteinkalk des Tennengebirges hinweisen und damit die Existenz eines Intraplattformbeckens hier verneinen. Für den östlichen Ausläufer eines solchen Intraplattformbeckens, die Grundlseescholle, liegen seit SCHÖLLENBERGER (1974) (autochthone Einbindung in der Dachsteinkalkumgebung) keine neuen Untersuchungen vor, doch spricht die sonst völlig isolierte Lage und die fazielle Analogie zum Südteil der benachbarten, jurassisch eingeglihtenen Ischl-Ausseer Zone für eine rein tektonische Beziehung zum heutigen Rahmen und für eine Herkunft südlich der Dachsteindecke. Die Herleitung der Hallstätter Schollen um den Plassen, des nordwestlichen Gosaukammvorlandes, der Ischl-Ausseer Zone und des Mitterndorfer Beckens aus einem Bereich relativ südlich der Dachsteindecke wurde bei MANDL (1984a, b) begründet. Einer derartigen Herleitung wird derzeit für alle in Abb. 2 a und 2 b als Hallstätter Schollen bezeichneten tektonische Einheiten als wahrscheinlich erachtet.

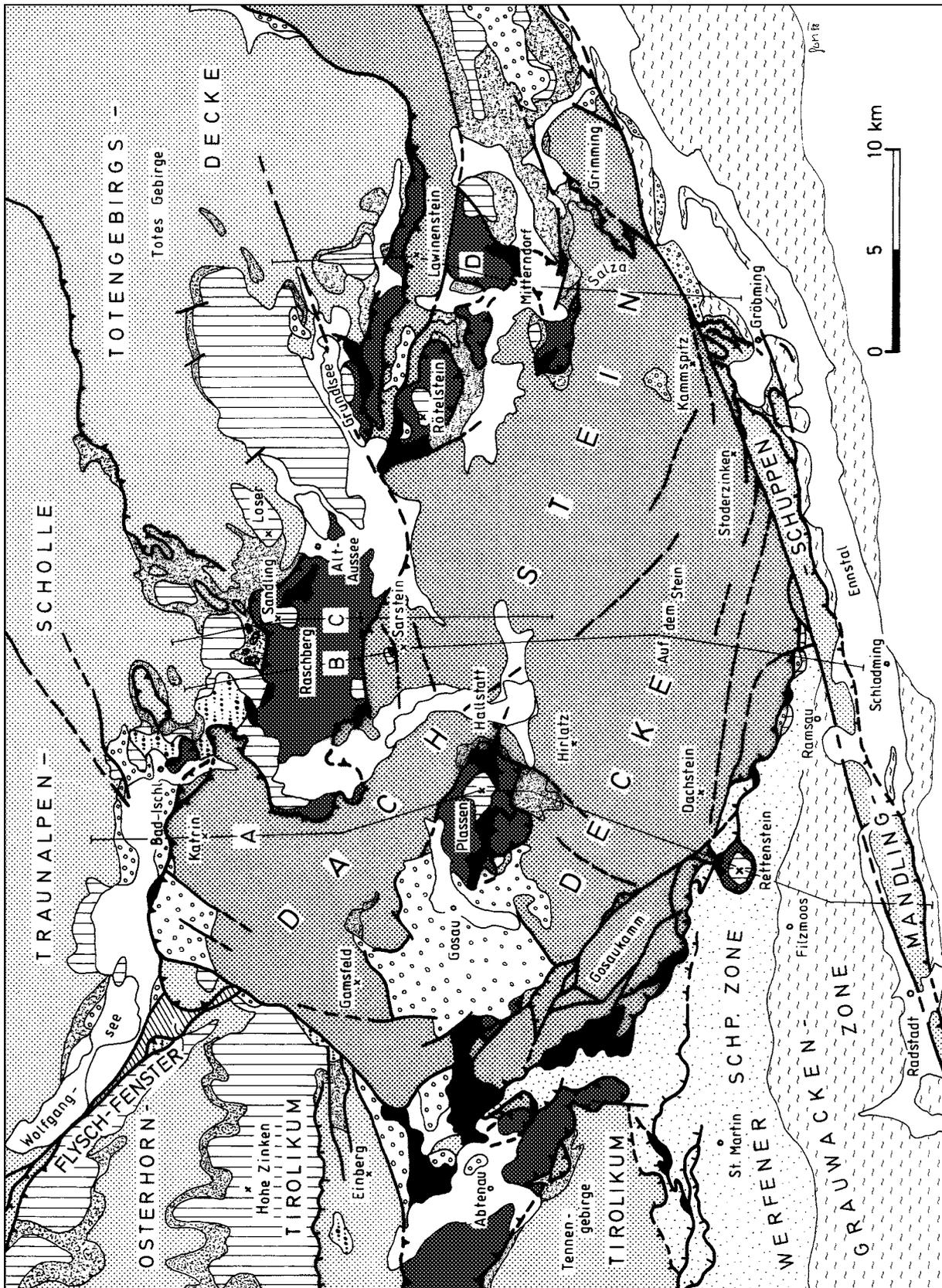


Abb. 2a: Tektonische Übersicht des Dachsteingebietes.

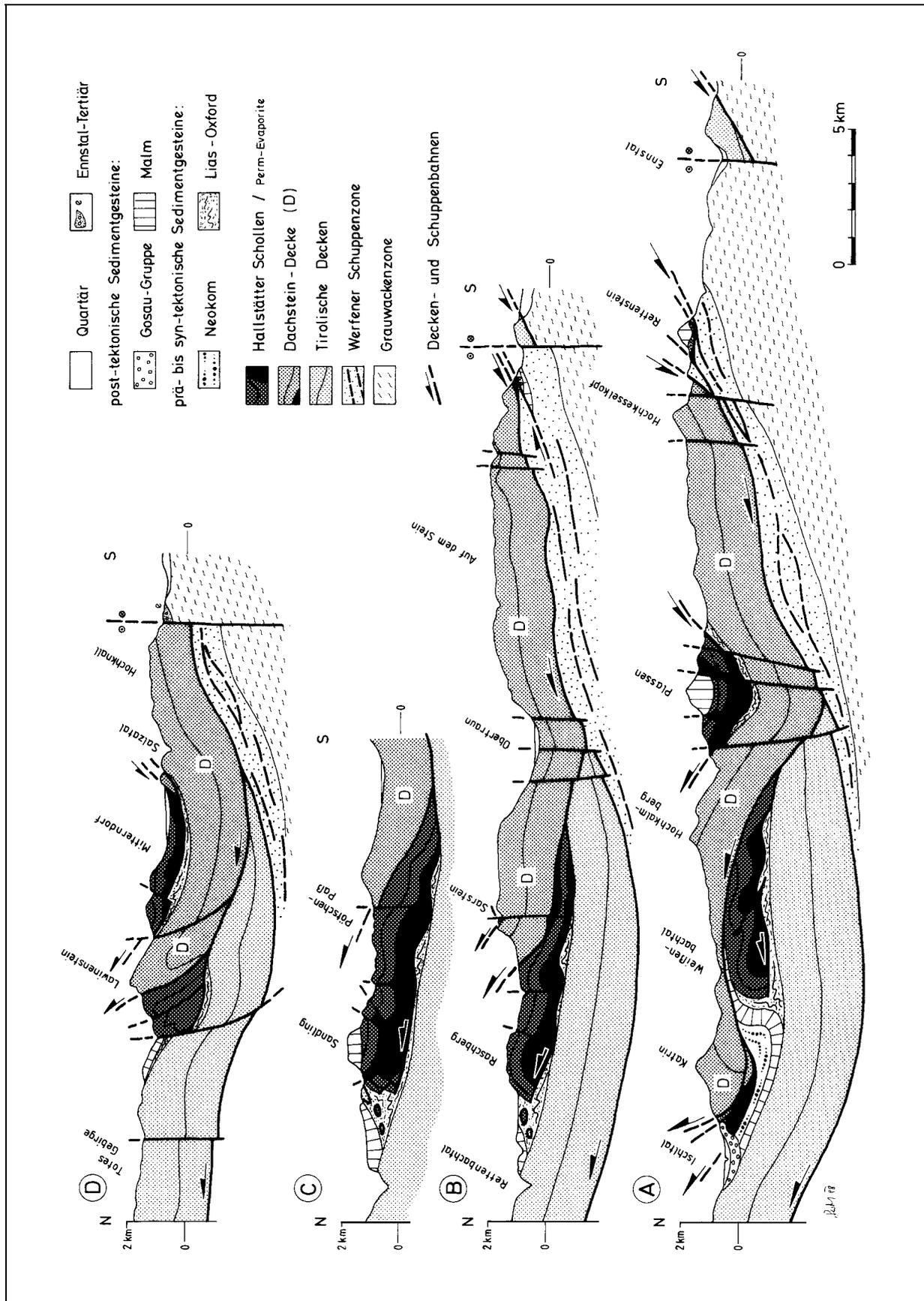


Abb. 2 b: Tektonische Profilschnitte des Dachsteingebietes.

Für die Genese der heute vorliegenden Konfiguration ergibt sich damit folgendes geodynamisches Modell:

1. Die Ablagerung der verschiedenartigen Hallstätter Gesteine während der Trias erfolgte „südlich“ des Riffsaumes der kalkalpinen Karbonatplattformen auf „mobilem“ Untergrund (Bruchtektonik am Schelfrand, Salzdiapirismus).
2. Im Lauf des unteren und mittleren Jura sank der alpine Flachwasserschelf in größere Meerestiefen ab, bis hin zur Radiolaritbildung im untersten Malm, wobei es durch unterschiedlich starke Absenkung zur Bildung lokaler Teiltröge kam.
3. Im Zuge der ersten plattentektonischen Einengungsphase (Schließung des Hallstatt-Meliata-Meeressarmes der Tethys) wurden die Ablagerungen des Hallstatt-Tiefschelfes aus ihrem Umfeld herausgeschnitten und wanderten, auf ihrer schiefrig-evaporitischen Basis zergleitend und von Breccien und Schuttströmen begleitet, dem Paläogefälle folgend relativ nordwärts in die Radiolaritbecken des tirolischen Vorlandes. Die Schollen drangen unterschiedlich weit auf tirolischen Untergrund vor (Lammer Einheit, Ischl-Aussee, Grundlsee Scholle) oder blieben bereits weiter südlich über der zukünftigen Dachsteindecke liegen (Gosaukammvorland, Plassen, Sarstein, Mitterndorfer Schollen). Lokal liegen die Hallstätter Schollen auch mehrfach gestapelt übereinander (z. B. Holzwehralmscholle der westlichen Lammerzone, Plankensteinscholle beim Plassen, Schädtkogel bei Mitterndorf, Resenhorn südl. Grundlsee). Auch Randbereiche der Karbonatplattformen wurden zu diesem Zeitpunkt bereits mobilisiert, wie die Grimming-Hangendscholle, der Große Traunstein (Östl. Lammerzone) oder der Gollinger Schwarzenberg und der Hohe Göll (Westl. Lammerzone) zeigen.
4. Diese gleittektonisch neu geformte Anordnung wurde im oberen Malm durch erneute Karbonatsedimentation („Neoautochthone Bedeckung“) überdeckt und fixiert. Die Flachwasserriffe des Plassenkalkes wuchsen dabei offenbar bevorzugt den größeren Hallstätter Schollen auf (Plassen, Sandling, Rötstein, Krahstein), während dazwischen tiefermarine Oberalmer Schichten abgelagert wurden. In der Unterkreide folgten die siliziklastischen Ablagerungen der Schrambach- und Roßfeldschichten (Raum Ischl). Der zunehmend gröber werdende Detritus letzterer sowie das Komponentenspektrum geben Hinweis auf erneute tektonische Aktivitäten im Hinterland.
5. In diesem nächsten tektonischen Akt erfuhr unter anderem der Bereich der heutigen Dachsteindecke einen etwa nordgerichteten Transport, bei dem die Ischl-Ausseer Zone samt Jura- bis Unterkreidebedeckung einige Kilometer weit überschoben wurde. In die selbe Phase gehört wahrscheinlich die Anlage der Türkenkogel-Lawinenstein-Antiklinale als Stirnfalte der Dachsteindecke im neuen Sinne, wobei die davorliegende Grundlsee-Scholle zusammengespreßt und teilweise überschoben wurde.
6. Die überwiegend klastischen Ablagerungen der Gosaugruppe überdeckten und fixierten wiederum dieses Stadium der kalkalpinen Tektonik. Diese tektonische Phase war in weiten Teilen der Ostalpen wirksam und führte zu einem ersten Herausheben, zur Verlandung und Erosion. Die Gosauschichten transgredierte diskordant bereits über ein deutliches Erosionsrelief, der Ablagerungsraum sank dann während der Oberkreide aber wieder bis in größere Meerestiefen ab („Flyschgosau“).
7. Mehrere nachgosauische Bewegungsphasen führten zu einer erneuten Deformation des kalkalpinen Deckenstapels, wobei die genaue zeitliche Gliederung schwierig ist. NW-SE orientierte, rechtseitig verschiebende Großstörungen (Wolfgangsee- und Windischgarstner Störung) sind nach hochgeschürften Flysch- und Helvetikumsgesteinen als postmitteleozän erkennbar, WSW-ENE verlaufende (Ennstalstörung) und davon abzweigende SW-NE Äste (Lammertal-Traunsee-Störung u. a.) mit linksseitigem Versetzungssinn werden als jüngeres Phänomen in das beginnende Miozän gestellt (DECKER et al., 1994). Im gegen-

ständlichen Kartenausschnitt sind diese Bewegungen an Verstellungen der Gesteine im Becken von Gosau und im Ischl-Tal, an der Zwieselalmüberschiebung, an der südgerichteten Rücküberschiebung in den Ramsauer Dachsteinsüdwänden, in einer weiteren Akzentuierung der Lawenstein-Antiklinale und begleitender Brüche und in der Nordrandstörung („SEMP“-Lineament) des Mandlinzuges erkennbar.

2.2.2 Unterlage und Internbau der Dachsteindecke

Als Karstwasseraquifer sind im wesentlichen die mächtigen Flachwasserkarbonate der Dachsteindecke von Bedeutung, ihre Begrenzung und ihr Internbau soll daher im folgenden näher charakterisiert werden.

Die Dachsteindecke stellt eine mehr oder minder flach lagernde, in ihrem Südtteil mäßig nordfallende Kalk/Dolomitplatte dar, deren Dicke je nach erosivem und/oder tektonischem Zuschnitt etwa zwischen 1.500 und 2.000 m beträgt. Im Zuge der mehrphasig abgelaufenen alpidischen Deformation erfuhr der Großteil dieser Platte eine meist nur flachwellige Verfaltung und eine bruchtektonische Zerstückelung entlang steilstehender Bewegungsflächen mit überwiegend vertikalem Versetzungssinn.

Lediglich an ihrem SW-Rand (Gosaukammgebiet) besteht ein komplexer Schuppenbau. Beim NW-gerichteten Vorschub des Gosaukamm-Blockes und des Bischofsmützen-Blockes (mächtige Schichtfolgen des Plattformrandes) wurden die angrenzenden, geringermächtigen Beckensequenzen der Gosauer Seenfurche und des Zwieselalmgebietes teils zusammengepreßt und nach NW hinausgeschoben (Buchbergriedel, Zwieselalm), teils überfahren (Hofpürglschuppen) (vgl. dazu auch MANDL, 1984b). Ob die Raucheck - Marstein-Scholle unter den Dachsteinsüdwänden, wie in Abb. 2 a und 2 b dargestellt, der Werfener Schuppenzone zuzurechnen ist, oder vergleichbar den Hofpürglschuppen doch zu den Randschollen der Dachsteindecke gestellt werden muß, kann derzeit nicht sicher entschieden werden. Gleiches gilt auch für den Kalksporn der Sulzenschneid.

Sowohl der Hauptkörper der Dachsteindecke als auch ihre Randschuppen besitzen im Bereich *zwischen Abtenauer Becken und Ramsau* mehr oder minder mächtige Werfener Schichten und Haselgebirge an der Basis ihrer Schichtfolge. Diese ruhen mit etwa 30° N bis NE fallender Schubfläche der Werfener Schuppenzone auf. Deren Schichtfolge wird hier ebenfalls von Werfener Schichten mit sporadisch erhaltener Auflage von Anisdolomiten und Rauhwacken aufgebaut, die südlichsten Schuppen stehen über Basisbreccien in transgressivem Verband zur Grauwackenzone.

Im Bereich *zwischen Ramsau und Gimming* ist die Basis der Dachsteindecke nicht abgeschlossen, hier grenzt mit steilstehender Störungsfläche der Karbonatstreifen des Mandlinzuges an. Bezüglich der zu erwartenden Tiefenlage der basalen Werfener Schichten der Dachsteindecke siehe Profilschnitte 12 bis 17.

Der *Nordrand* der Dachsteindecke im hier gehandhabten Sinne liegt bereits außerhalb des Projektgebietes – siehe dazu Abb. 2 a, b. Im Bereich Ischl-Aussee wird er von einer flach lagernden Überschiebungsfläche gebildet, entlang der die Dachsteindecke dem Tirolikum, der Hallstätter Zone und der beide überlagernden Oberjura- bis Neokomschichtfolge aufgeschoben liegt. Südlich Bad Aussee dürfte der Deckenrand durch Ausläufer der Toplitzstörung bruchtektonisch überprägt sein und seine östliche Fortsetzung in der enggepreßten Antiklinale des Türkenkogel-Lawenstein-Zuges finden. Zwischen dieser Antiklinale und dem Südrand des Totengebirges steckt eingeklemmt die Grundsee-Scholle, welche vom Gesteinsbestand her als östliche Fortsetzung des Pötschen-Luppitscher Gebietes interpretiert werden kann. Wieweit diese Hallstätter-Zonen mit ihrem mergelreichen Rhät gegen Süden unter die Dachsteindecke hineinziehen und gemeinsam mit Werfener Schichten der Dachsteindecke

einen potentiellen Stauerhorizont bilden, kann vom Kartenbild her praktisch nicht beantwortet werden, da zwar der nachneokome Vorschub der Dachsteindecke in N-S-Richtung gemessen mit mindestens 9 km angegeben werden kann, die ursprüngliche Süderstreckung der Hallstätter Schollen aber unbekannt ist.

Die *Hallstätter Schollen* des Plassen und im Mitterndorfer Raum werden hier als synsedimentär eingegliederte Großschollen in den *Juramulden* der Dachsteindecke aufgefaßt – siehe Profilschnitte auf Beilage 2.

Diese Beziehung der Hallstätter Schollen zu ihrer Dachsteinkalk-Umgebung wurde bis in jüngste Vergangenheit kontroversiell beurteilt:

So wurden die Schollen im Mitterndorfer Raum zwar dem Dachsteinkalk und seiner Jurabedeckung als tektonisch auflagernd anerkannt, der Dachsteinkalk aber nicht der Dachsteindecke sondern der Warscheneckdecke – einem tektonisch tieferen Stockwerk – zugeordnet (z. B. TOLLMANN, 1960, 1985). Die Schollen um den Plassen wurden hingegen von manchen Autoren als auflagernde Deckschollen (z. B. TOLLMANN, 1976) interpretiert, von anderen als fensterartiger Aufbruch einer südlichen Fortsetzung der unterlagernden Ischl-Ausseer Zone – vgl. SCHÄFFER, 1976, 1982 und SCHÄFFER in PLÖCHINGER, 1982.

Geländebegehungen im Mitterndorfer Raum ließen keine zwingenden Argumente für eine deckentektonische Aufteilung des Dachsteinkalkes in ein höheres (Dachsteindecke) und in ein tieferes Stockwerk (Warscheneckdecke) erkennen. Die beobachtbaren Lagerungsverhältnisse lassen sich zwanglos mit der in Abb. 2 b und Beilage 2 dargestellten Muldenstruktur erklären. Damit werden aber die Mitterndorfer Schollen ebenso wie das von SCHÄFFER entdeckte kleine Hallstätterkalk-Vorkommen am Sarstein zu Deckschollen auf der Dachsteindecke. Die umstrittene Plassen-Scholle wird auf ihrer Nordseite durch einen steilstehenden Bruch begrenzt, auf ihrer Südseite ist hingegen die Auflagerung auf dem von breccienführenden Juragesteinen bedeckten Dachsteinkalk der Dachsteindecke evident. Bei einer Erklärung als tektonisches Fenster müßte als zusätzliche Hypothese eine sekundäre Ausquetschung und Überschiebung des Fensterinhaltes über seinen Rahmen postuliert werden.

Die Auffassung der Hallstätter Gesteine um den Plassen als Deckscholle erscheint auch in Analogie zu den östlich benachbarten Deckschollen die wahrscheinlichere Lösung darzustellen, da sie sich dem Gesamtbauplan am zwanglosesten einfügt.

Die Einmündung des Plassengebietes läßt sich innerhalb der Dachsteindecke gegen Osten bis in den Koppenwinkel verfolgen (Profilschnitte 4-11) und verflacht dann. Gegen Westen hin erschweren die Oberkreidesedimente des Gosauer Beckens die Beurteilung des tieferen Untergrundes. Einzig eine Salinenbohrung beim Gosauschmied (SPENGLER, 1954, S. 74) traf in 60 m Tiefe unter Gosaschichten Werfener Schiefer und Gips an. Es ist jedoch nicht eindeutig zu entscheiden, ob es sich dabei um einen Ausläufer der Plassenschollen von Nordosten her oder um Permoskyth der Dachsteindecke selbst handelt, deren Haselgebirge bei Rußbach unter den Westrand des Gosabeckens hineinstreicht. Für eine Unterlagerung der Gosaschichten durch Evaporite und Karbonate der Hallstätter Fazies spricht deren Hervortreten im Bereich Speckpalfen-Klockau Alm (Nördl. Gosaukamm-Vorland). Lithologische Ausbildung und teilweise inverse Lagerung dieser kleinen Schollen sind vergleichbar der Situation im Plankenalm-Gebiet (südwestlich Plassen).

Die *Dachstein-Hochfläche* wird von einem steilstehenden diagonalen Kluft- und Störungsmuster zerlegt, wobei aber nur wenige Trennflächen größere Versetzungsbeträge aufweisen – siehe Profilschnitte. Diese Trennflächensysteme sind gemeinsam mit den deutlich ausgebildeten Bankungsfugen des lagunären Dachsteinkalkes wesentliche Angriffsflächen für die Verkarstung, wie die erkennbaren geometrischen Beziehungen zu den großen Höhlensystemen zeigen (vgl. HENNE et al., 1994).

Größere Versetzungen weisen besonders die WNW-ESE und WSW-ENE streichenden Brüche am Dachsteinsüdrand auf, an denen die südlichen Schollen mit vorwiegend mitteltriadischen Gesteinen gegenüber dem nördlich angrenzenden Deckenhauptkörper etwas verkippt erscheinen.

Die Bruchsysteme begrenzen oder durchschneiden auch die Hallstätter Scholle des Plassen, der daher seiner Dachsteinkalkumgebung teilweise eingesenkt erscheint. Ähnliches gilt für die Juramulde des Mitterndorfer Gebietes, wo die Dachsteinkalk-Unterlage an Brüchen hochgehoben immer wieder an der Oberfläche sichtbar wird.

Im Bereich der Profilschnitte 10-14 ist nahe dem Plateau-Südrand eine lokale Aufwölbung des Schichtstapels und damit der Werfener Schichten erkennbar.

Die räumliche Kalk/Dolomitverteilung innerhalb der Dachsteindecke ist einerseits stratigraphisch begründet, andererseits auf seitlichen Fazieswechsel und sekundäre Dolomitisierung zurückzuführen.

Die Mitteltriasgesteine sind in der Hauptmasse generell dolomitisch ausgebildet (Gutensteiner- und Wettersteindolomit). Erst am Dachsteinsüdrand ist ein seitlicher Übergang von Wettersteindolomit zu -kalk feststellbar, wobei der Grenzbereich sehr irregulär geformt ist und das Vordringen der spätdiagenetischen Dolomitisierungsfront aus dem nördlichen, ehemals lagunären Ablagerungsbereich in die südlichen Plattformrandbereiche dokumentiert.

Die Seichtwasserkarbonate der Obertrias zeigen ebenfalls einen lateralen Fazieswechsel von Hauptdolomit (intertidal) über Kalk/Dolomit-Wechselfolgen (intertidal/subtidal) und zu Dachsteinkalk (subtidal bis Riff). Da diese seitlichen Übergänge aber auf primäre Sedimentunterschiede zurückzuführen sind, folgen sie karbonatsedimentologischen Grundprinzipien und sind damit in ihrer räumlichen Anordnung im Untergrund recht gut prognostizierbar. Lediglich im Nordostabschnitt der Dachsteinmasse (Profilschnitte 16 und 17) ist aufgrund der geringen Reliefunterschiede der Einblick in den stratigraphisch-faziellen Internbau der Obertriaskarbonate verwehrt. Stellvertretend für lagunäre Karbonate wurde in den Profilen dort nur Dachsteinkalk verzeichnet; über die Verbreitung dolomitischer Anteile im Untergrund kann hier nichts ausgesagt werden.

2.3 Klassifizierung der Gesteinseinheiten nach hydrogeologischen Gesichtspunkten

Um die geologische Karte für hydrogeologische Zwecke leichter interpretierbar zu machen, werden die in der Karte ausgeschiedenen Gesteinseinheiten bezüglich ihres Wasserleitvermögens zusammenfassend dargestellt. Es wurden dazu folgende Kategorien gewählt:

- 1 *Gute Grundwasserleiter*: vorwiegend Porengrundwässer in Lockergesteinen
- 2 *Verkarstungsfähige Gesteine*: Kluftgrundwässer, wo neben tektonischen Vorgängen Lösungsvorgänge bei der Ausbildung des Grundwasserleiters eine wesentliche Rolle spielten
- 2a *Kalk*: Wasserführung an einzelnen Trennfugen durch Lösungsvorgänge gut ausgeprägt, Karstwässer mit kurzer Verweilzeit
- 2b *Dolomit*: Verweilzeit der Karstwässer durch die meist engscharige Klüftung länger als im Kalk
- 3 *Schlechte Grundwasserleiter*: vorwiegend stark inhomogene Grundwasserleiter mit nur lokal vorkommendem Kluft- oder/und Porengrundwasser
- 4 *Grundwasserstauer*: vorwiegend wasserstauende, mehr oder weniger dichte bzw. tonhaltige Gesteine.

Quartär

Jüngste Flußablagerungen und Wildbachschutt	1
Schwemmkegel	1
Hangschutt, Bersturzblockwerk	1
Stauseeton und Schluff	4
Terrassenkies und Eisrandsediment	1
verschwemmte Moräne	4
Grundmoräne.....	4
Endmoräne	3
Vorstoßschotter	1

Tertiär

Sande mit Augensteingeröllen.....	1
Konglomerat, Arkose, Sandstein und Kohle.....	3

Gosau-Gruppe (Oberkreide – Alttertiär)

Zwieselalmschichten (sandiger Mergel, Breccie)	3
Nierentaler Schichten (Bunter Kalkmergel)	3
Ressenschichten, Bibereckschichten (Tonstein, Mergel, Sandstein)	3
Kalkbreccie (Fazies des Untersberger Marmors)	2a
Hochmoos-, Grabenbach- u. Streiteckschichten (Tonstein, Mergel, Sandstein, Konglomerat)	3
Kreuzgrabenschichten, (Gosaukonglomerat)...	3

Jura

Plassenkalk.....	2a
Oberalmer Schichten	3
Kiesel- und Radiolaritschichten inkl. Klauskalk.....	3
Grünanger Schichten (Kalkbreccie)	2a
Allgäuschichten (Kalk und Mergel)	3
Hierlatzkalk, Adneterkalk	2a

Trias

Zlambachschichten	4
Dachsteinkalk gebankt	2a
Kalk/Dolomit-Wechselfolge	2b
Dachsteinkalk massig.....	2a
Hauptdolomit	2b
Pedataschichten, Pötschenkalk	2a
Hallstätter Kalke – oberer Abschnitt	2a
Waxeneckkalk	2a
Waxeneckdolomit, Plattendolomit des Leckkogel	2b
Nordalpine Raibl-Gruppe.....	3
Wettersteindolomit.....	2b
Wettersteinkalk.....	2a
Raminger Kalk.....	2a
Reiflinger Schichten	2a
Hallstätter Kalke – unterer Abschnitt	2a
Buntdolomit	2b
Steinalmkalk	2a
Steinalmdolomit.....	2b
Gutensteiner Kalk.....	2a
Gutensteiner Dolomit.....	2b
Rauhacke.....	2a
Werfener Schichten.....	3
Sandstein-/Tonstein-Serie.....	3
Quarzit.....	3

Perm

Haselgebirge	4
Phyllitserie und Basisbreccie	3

Grauwackenzone (Altpaläozoikum)

Schiefer und Phyllit.....	4
---------------------------	---

2.4 Geologische Naturdenkmale in der Dachstein-Region

Die Geologischen Naturdenkmale in der Dachstein-Region wurden aus den Naturschutzbüchern der Bundesländer Oberösterreich und Steiermark erhoben.

Das auf der Geologischen Karte dargestellte Gebiet umfaßt Teile der Bundesländer Oberösterreich Steiermark und Salzburg. Aus der Sicht des Naturschutzes bedeutete dies die Zuständigkeit von verschiedenen Naturschutzbehörden, die auf Ebene der Bezirkshauptmannschaften organisiert sind. So ist für die Naturdenkmale der Steiermark die Bezirkshauptmannschaft Liezen mit der Expositur in Gröbming zuständig, während auf oberösterreichischem Gebiet die BH in Gmunden zuständig ist. Auf dem Gebietsanteil von Salzburg ist derzeit kein geologisches Naturdenkmal ausgewiesen.

Nachfolgend werden die in der Geologischen Karte mit den Nummern 1 bis 15 versehenen Naturdenkmale kurz erläutert.

1. Dachstein-Rieseneishöhle (1.455 m)

Lage: Östlich der Schönbergalpe, südlich Obertraun. Hochalpine Großhöhle mit mächtigen Eisbildungen

Geologie: Dachsteinkalk, gebankte Ausbildung

Nummer im Höhlenkataster: 1547/17

Nummer im Naturschutzbuch: OÖ-63 (Gemeinde: Obertraun, KG: Obertraun)

Schutz: Bundesgesetz vom 26. 6. 1928, BGBl. Nr. 19 (Naturhöhlengesetz) vom 3. 10. 1991 (Zl. 5025/28), bzw.: OÖ. Naturschutzgesetz 1964 gemäß § 4 Abs. 1 mit Bescheid vom 30. 8. 1973 (Agrar – 450003-5509-I/Ha)

Touristische Nutzung:

Zugang: 20 Minuten ab Seilbahnstation Schönbergalpe (1. Teilstrecke)

Führungen: 1. 5. bis 15. 10. täglich

Dauer: 1 1/4 Stunden

Verwaltung: Tourismusbetrieb Dachsteinhöhlen, A-4831 Obertraun. Tel.: (06131) 362

2. Dachstein-Mammuthöhle (1.368 m)

Lage: Im Mittagkogel südlich Obertraun. Großräumige hochalpine Höhle. Imposante Gänge

Geologie: Dachsteinkalk, gebankte Ausbildung

Nummer im Höhlenkataster: 1547/9

Nummer im Naturschutzbuch: OÖ-64 (Gemeinde: Obertraun, KG: Obertraun)

Schutz: Bundesgesetz vom 26. 6. 1928, BGBl. Nr. 19 (Naturhöhlengesetz) vom 3. 10. 1991 (Zl. 5028/28), bzw.: OÖ. Naturschutzgesetz 1964 gemäß § 4 Abs. 1 mit Bescheid vom 30. 8. 1973 (Agrar – 450003-5509-I/Ha)

Touristische Nutzung:

Zugang: 20 Minuten ab Seilbahnstation Schönbergalpe (1. Teilstrecke)

Führungen: Mitte Mai bis 15. 10. täglich

Dauer: 1 1/4 Stunden

Verwaltung: Tourismusbetrieb Dachsteinhöhlen, A-4831 Obertraun. Tel.: (06131) 362

3. Koppenbrüllerhöhle (580 m)

Lage: In der Koppenschlucht bei Obertraun. Aktive Wasserhöhle mit einzelnen Tropfsteinbildungen

Geologie: Dachsteinkalk, gebankte Ausbildung mit Dolomit-Zwischenlagen

Nummer im Höhlenkataster: 1549/1

Nummer im Naturschutzbuch: OÖ-65 (Gemeinde: Obertraun, KG: Obertraun)

Schutz: Bundesgesetz vom 26. 6. 1928, BGBl. Nr. 19 (Naturhöhlengesetz) vom 5. 10. 1991 (Zl. 5026/28), bzw.: OÖ. Naturschutzgesetz 1964 gemäß § 4 Abs. 1 mit Bescheid vom 30. 8. 1973 (Agrar – 450003-5509-Ha)

Touristische Nutzung:

Zugang: 15 Minuten ab Parkplatz „Koppenrast“

Führungen: 1. 5.-30. 9. täglich

Dauer: 1 Stunde. Außerhalb der Saison Terminvereinbarung

Verwaltung: Tourismusbetrieb Dachsteinhöhlen, A-4831 Obertraun. Tel.: (06131) 362

4. Kessel, Riesenkarstquelle in Hallstatt

Lage: Nahe dem Südufer des Hallstätter Sees; periodisch (zur Zeit der Schneeschmelze) aktive Riesenkarstquelle

Geologie: Dachsteinkalk, gebankte Ausbildung

Nummer im Höhlenkataster: 1546/2

Nummer im Naturschutzbuch: OÖ-117 (Gemeinde: Hallstatt, KG: Hallstatt)

Schutz: OÖ. Naturschutzgesetz 1964 gemäß § 4 Abs. 1 mit Bescheid vom 30. 11. 1978 (Agrar – 450003-7515)

5. Hirschbrunn

Lage: Nahe dem Südufer des Hallstätter Sees; periodisch (zur Zeit der Schneeschmelze) aktive Riesenkarstquelle

Geologie: Dachsteinkalk, gebankte Ausbildung mit Dolomit-Zwischenlagen

Nummer im Höhlenkataster: 1546/1

Nummer im Naturschutzbuch: OÖ-118 (Gemeinde: Hallstatt, KG: Hallstatt)

Schutz: OÖ. Naturschutzgesetz 1964 gemäß § 4 Abs. 1 mit Bescheid vom 23. 1. 1979 (Agrar – 450003-7516)

6. Klamm und Wasserfälle am Teichenbach

Lage: Südwestlich Bad Aussee; Wasserfall

Geologie: verfestigte (konglomerierte) eiszeitliche Flußschotter

Nummer im Naturschutzbuch: St-GB-022 (Gemeinde: Bad Aussee, KG: Unterkainisch)

Schutz: Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1976 i. d. F. LGBl. Nr. 79/1985 gemäß § 10 Abs. 1 mit Verordnung der politischen Expositur Gröbming der BH Liezen vom 7. 10. 1986 (GZ. 6.0 B 3 – 1986)

7. Dachsteinsüdwand

Lage: Südabfall des Dachsteins
Ausgehend vom Torstein (2.947 m) dem westlichen Pfeiler des Naturdenkmales, verläuft die Begrenzung entlang der Landesgrenze über den Mitterspitz, den Hohen Dachstein, die Dirndln bis zur Spitz des Hunerkogels (2.685 m), welcher den östlichen Pfeiler des Naturdenkmales bildet, von hier nach Süd-Südwesten, entlang dem Grat des Hunerkogel zum Scheiblingstein (2.420 m), weiter zur Dachstein-Süd-Hütte, entlang den Geröllhalden durch das Auretskar über den Marboden bis zum Torbogen und von dort entlang der Landesgrenze bis zum Ausgangspunkt, dem Torstein

Geologie: Querschnitt durch die gesamte Gesteinsabfolge der Trias-Zeit im Dachsteinmassiv; Werfener Schichten bei der Südwandhütte, Gutensteiner Dolomit, Steinalkalk, Hallstätter Kalk, Raminger Kalk und Wettersteinkalk im Scheiblingstein und in der Türispitz-Gruppe, Wettersteindolomit sowie Dachsteinkalk in massiger und gebankter Ausbildung in der Dachstein-Südwand

Nummer im Naturschutzbuch: St-GB-013 (Gemeinde: Ramsau am Dachstein)

Schutz: Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1964 LGBl. Nr. 318, Bescheid der BH Liezen vom 12. 4. 1965, veröffentlicht in der Grazer Zeitung vom 7. 5. 1965, Stück 19, S. 193 (GZ. 7 N 9/66-1965)

8. Dachsteinsüdbabsturz und Edelgrießgletscher

- Lage:** Gebiet östlich der Dachsteinsüdwand
Ausgehend von der Dachsteinsüdwandhütte (1.871 m) verläuft die Begrenzung über den Höhenpunkt 1.873 und den Punkt 2.306 zum Scheiblingstein (2.420 m), über den Grat weiter zum Hunerkogel (2685m), folgt von hier der Landesgrenze nach Osten zur Hunerscharte (2.602 m), weiter zur Austriascharte (2.704m) zum kleinen Koppenkarstein (2.832 m) über Fenster (2.796 m) zum großen Koppenkarstein (2.865 m). Von hier führt sie weiter direkt nach Süden über die Edelgrießhöhe (2.505 m) zum Felsgipfel (2.604 m), schwenkt von hier nach Südwesten über den Höhenpunkt 2.192 zur Basis der Felswand am Ende des Edelgrießes ab und folgt von hier, die Rinne des Edelgrießes querend, nach Westen im wesentlichen der Basis der Felswände unter dem Türispitz (2.537 m) zum Höhepunkt 1.982, weiter nordwestlich zum Punkt 1.826, und weiter zum Punkt 1.812, von dem aus der Ausgangspunkt erreicht wird.
- Geologie:** Querschnitt durch die gesamte Gesteinsabfolge der Trias-Zeit im Dachsteinmassiv; Werfener Schichten bei der Südwandhütte, Gutensteiner Dolomit, Steinalmkalk, Hallstätter Kalk, Raminger Kalk und Wettersteinkalk in der Türispitz-Gruppe, Wettersteindolomit im Bereich des Edelgries-Gletschers sowie Dachsteinkalk in massiger und gebankter Ausbildung im Koppenkarstein.
- Nummer im Naturschutzbuch:** St-GB-014 (Gemeinde: Ramsau am Dachstein)
- Schutz:** Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1964 LGBl. Nr. 318, Verordnung der BH Liezen vom 30. 8. 1965, veröffentlicht in der Grazer Zeitung vom 10. 9. 1965, Stück 37, S. 367 (GZ. 7 N 9/70-1965)

9. Torbachfall

- Lage:** Wasserfall (ca. 10 m hoch) im Bachbett des Silberkargrabens
- Geologie:** Ausschnitt aus der Gesteinsabfolge aus der Trias-Zeit; Gutensteiner Dolomit, Steinalmkalk, Hallstätter Kalk, Wettersteinkalk
- Nummer im Naturschutzbuch:** St-GB-020 (Gemeinde: Ramsau am Dachstein, KG: Ramsau und Rössing)
- Schutz:** Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1964 LGBl. Nr. 318, Verordnung der BH Liezen vom 12. 8. 1968, veröffentlicht in der Grazer Zeitung vom 31. 10. 1968, (GZ. 7 N 2/30-1968)
- Touristische Nutzung:** durch eine Steiganlage erschlossen

10. Schleierfall

- Lage:** Wasserfall (ca. 70 m hoch) im westlichen Seitengraben des Silberkargrabens
- Geologie:** Werfener Schichten, Gutensteiner Dolomit, Steinalmkalk, zum Teil schuttbedeckt
- Nummer im Naturschutzbuch:** St-GB-021 (Gemeinde: Ramsau am Dachstein, KG: Ramsau und Rössing)
- Schutz:** Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1964 LGBl. Nr. 318, Verordnung der BH Liezen vom 12. 8. 1968, veröffentlicht in der Grazer Zeitung vom 31. 8. 1968, (GZ. 7 N 2/30-1968)

11. Notgasse und südwestlicher Teil der Riesgasse

- Lage:** Das Naturdenkmal erstreckt sich vom Beginn der Oberen Notgasse, am östlichen Ende der Großen Wiesmahd, in allgemein nordöstlicher Richtung abwärts über die ebene Fläche bis zu 100 m in die Riesgasse hinein. Die Schluchten sind 20-

30 m tief, an der oberen Kante 10-15 m und an der Basis 2-6m breit An den Wänden befinden sich Felszeichnungen, deren älteste mit 1643 datiert ist.

Geologie: Gebankter Dachsteinkalk. Die Notgasse ist im Zuge der Eiszeit (Spät-Gschnitzstadium; Alter: 14.000 Jahre) durch abfließende Schmelzwässer des Dachsteingletschers entstanden. Die teilweise überhängenden Kolknischen weisen dünne Kalksinterbeläge auf, welche die Anlage der Ritzzeichnungen erleichterten.

Nummer im Naturschutzbuch: St-GB-027 (Gemeinde: Gröbming, KG: Gröbming)

Schutz: Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1964 LGBl. Nr. 318, Verordnung der BH Liezen vom 8. 9. 1972, veröffentlicht in der Grazer Zeitung vom 31. 8. 1968, (Zl. 7 N 3/5-1972)

12. Felsgruppe um den Trutstein

Lage: Isolierter Felsturm von 10 m Höhe im Rössingbachtal, direkt an der Straße; unmittelbar im Nahbereich davon befindet sich die Trutsteinnadel

Geologie: Wettersteindolomit

Nummer im Naturschutzbuch: St-GB-031 (Gemeinde: Ramsau am Dachstein, KG: Ramsau, Rössing und Weißenbach)

Schutz: Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1976 i. d. F. LGBl. Nr. 65/1985 gemäß § 1 und §10 und 12 mit Verordnung der politischen Expositur Gröbming der BH Liezen vom 7. 10. 1986 (GZ. 7 R 24/5-1977)

13. Gradenbachfall

Lage: Wasserfall ca. 140 m nordwestlich des Jagdhauses Gradenbach

Geologie: Wettersteinkalk

Nummer im Naturschutzbuch: St-GB-034 (Gemeinde: Aich, KG: Aich)

Schutz: Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1976 i. d. F. LGBl. Nr. 65/1976 mit Bescheid der politischen Expositur Gröbming der BH Liezen vom 11. 4. 1990 (GZ. 6.0 A 23-88)

14. Luserfall

Lage: Wasserfall ca. 40 m hoch mit zwei Gefällestufen nördlich der Landesstraße Ramsau – Weißenbach

Geologie: Wettersteindolomit

Nummer im Naturschutzbuch: St-GB-035 (Gemeinde: Ramsau am Dachstein, KG: Weißenbach)

Schutz: Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1976 i. d. F. LGBl. Nr. 65/1976 mit Bescheid der politischen Expositur Gröbming der BH Liezen vom 3. 5. 1991 (GZ. 6.0 H 56-90)

15. Hirlatzhöhle

Lage: Hirlatz-Massiv südwestlich Hallstatt; derzeit mit über 85 Kilometern erforschter und vermessener Gangstrecke längste Höhle in Österreich

Geologie: Dachsteinkalk, gebankte Ausbildung mit Dolomit-Zwischenlagen

Nummer im Höhlenkataster: 1546/7

Schutz: Bescheid des Bundesdenkmalamtes vom 25.3.1971, Zl.2312/71

Literatur: BUCHEGGER & GREGER (1998)

3 MESSDATEN

Im vorliegenden Kapitel werden die im Rahmen des Pilotprojektes „Karstwasser Dachstein“ erhobenen Meßergebnisse in Form von statistischen Auswertungen und Diagrammen dargestellt sowie einer ersten Interpretation unterzogen.

Hydrochemische Einzelbewertungen der gemessenen und analysierten Parameter finden sich im Band 1 der Monographie „Karstwasser Dachstein“. Die Umweltisotopen werden erstmalig in die Auswertungen miteinbezogen, die analysierten Rohdaten können im Anhang nachgeschlagen werden.

3.1 Meßstellen und Bereichsabgrenzung

Die Quellen lassen sich entsprechend ihrer Lage an der Nord- bzw. Südseite des Dachsteinmassivs in Nord- und Süd-Quellen einteilen. Die Nummern der Quellen deuten auf ihre Lage hin; die nördlich gelegenen Quellen wurden mit Quellnummern kleiner 500, jene im Süden mit Quellnummern ab 500 versehen.

Im Rahmen des Pilotprojektes wurden 42 Quellen untersucht, wobei die Auswahl der Quellen nach folgenden Kriterien erfolgte (HERLICKA & LORBEER, 1994):

- Größe der Quelle, Bedeutung (Trinkwasserversorgung),
- möglichst ganzjährige Schüttung,
- gute Erreichbarkeit im Winter,
- repräsentative Verteilung der Quellen im Untersuchungsgebiet,
- Erfassung potentieller Emittenten.

Ausgehend vom geologischen Bau des Dachsteinmassivs – im Hinblick auf die hydrogeologische Relevanz der einzelnen Schichtfolgen – wurden die Quellen grob gegliedert, wobei sich sieben Bereiche anboten. Auf den hydrogeologischen Hintergrund für diese Gliederung wird in Kapitel 6 näher eingegangen.

Tab. 1 listet die Quellen nach ihrer Bereichszugehörigkeit auf und gibt Auskunft über Quellnummer, Bezeichnung, Nutzung, Höhenlage und durchgeführtem Untersuchungsprogramm.

Abb. 3 zeigt die Lage der untersuchten Quellen rund um das Dachsteinmassiv und die Bereichseinteilung. Die ausgewiesenen Quellen wurden im Rahmen des vierteljährlichen Meßzyklus beprobt und auf eine Vielzahl von Parametern einschließlich der Gehalte an stabilen Isotopen untersucht.

Abb. 4 zeigt die 13 ausgewählten Quellen des monatlichen Meßprogrammes (hervorgehoben) und die vier Quellen (grau hinterlegt), deren Tritiumgehalte analysiert wurden.

Tab. 1: Dachstein – Bereich, Quellnummer, Bezeichnung, Nutzung und Untersuchungsumfang.

Bereich	Quelle Nr.	Bezeichnung	Nutzung ^{*)}	Höhe (m ü. A.)	Meßprog. ^{**)}		
					M	T	TR
Hintertal	110	Baumbachquelle	ZWV	800	•	•	•
	112	Hauptquelle der Brunnbäche		800	•		
	120	Nebenquelle Brunnbach	ZWV	820	•		
	153	Gosauseequelle	KW	930			
Plassen	115	Jägerwaldquelle	ZWV	750	•		
	159	Brielbachquelle		1.040			
	174	Steggrabenbach		700			
	250	Lauterbachquellen		1.190			
	252	Spraterbach		1.190			
	253	Mühlbachquellen	Salzbergwerk	1.190			
Waldbachursprung-Koppenwinkel	201	Waldbachursprung		920	•		•
	203	Waldbachursprung-Klausbrunn	ZWV	820	•	•	•
	204	Untere Dürrenbachquellen		660			
	206	Hirschbrunn		510	•		
	303	Miesenbachquelle		570	•		
	304	Koppenbrüllerquellen		530			
	310	Koppenwinkellacke		530			
	311	Koppenbrüllerhöhle	Schauhöhle	540			
Kainischtraun	402	Abfluß Ödensee		780			
	405	Riedlbachquelle		810			
	412	Kalte Lacke		780			
	418	Rabenwandquelle	ZWV	800			
	453	Mühlreitherquellen „Strummern“		790			
Grubegg	406	Grubereggquelle	ZWV	780			
	410	Quelle am Stausee		780			
	428	Schwefelquelle Hallerbachgraben		820			
Haus-Gröbming	502	Staumauer Frauenbild	KW	800	•		
	507	Quelle beim Jägerwirt	ZWV	880	•		•
	512	Siebenbrunn	ZWV	800			
	551	Kranzbach		870			
	601	Luserbachquelle	ZWV	1.160			
	602	Silberkarbach		1.110			
Filzmoos-Ramsau	605	Feistererbach	ZWV	1.240	•		
	607	Eiskarbach, Mayerhoferquelle	ZWV	1.280			
	608			1.360			
	702	Schütterzipf		1.460			
	703	Schildlehenbach	ZWV	1.480			
	704	Quellfassung DAG im Scharfensteingraben		1.560			
	707	Untere Bachalmquelle		1.350			
	709	Bögreinalm	ZWV	1.250	•		
	722	Löckenwaldquelle	ZWV	1.640			
	724	Unterer Parkplatz Oberhofalm		1.260	•		

^{*)} ZWV = Zentrale Wasserversorgung, KW = Kraftwerk

^{**)} M = monatliche Beprobung, T = tägliche Beprobung, TR = Analyse der Tritiumwerte

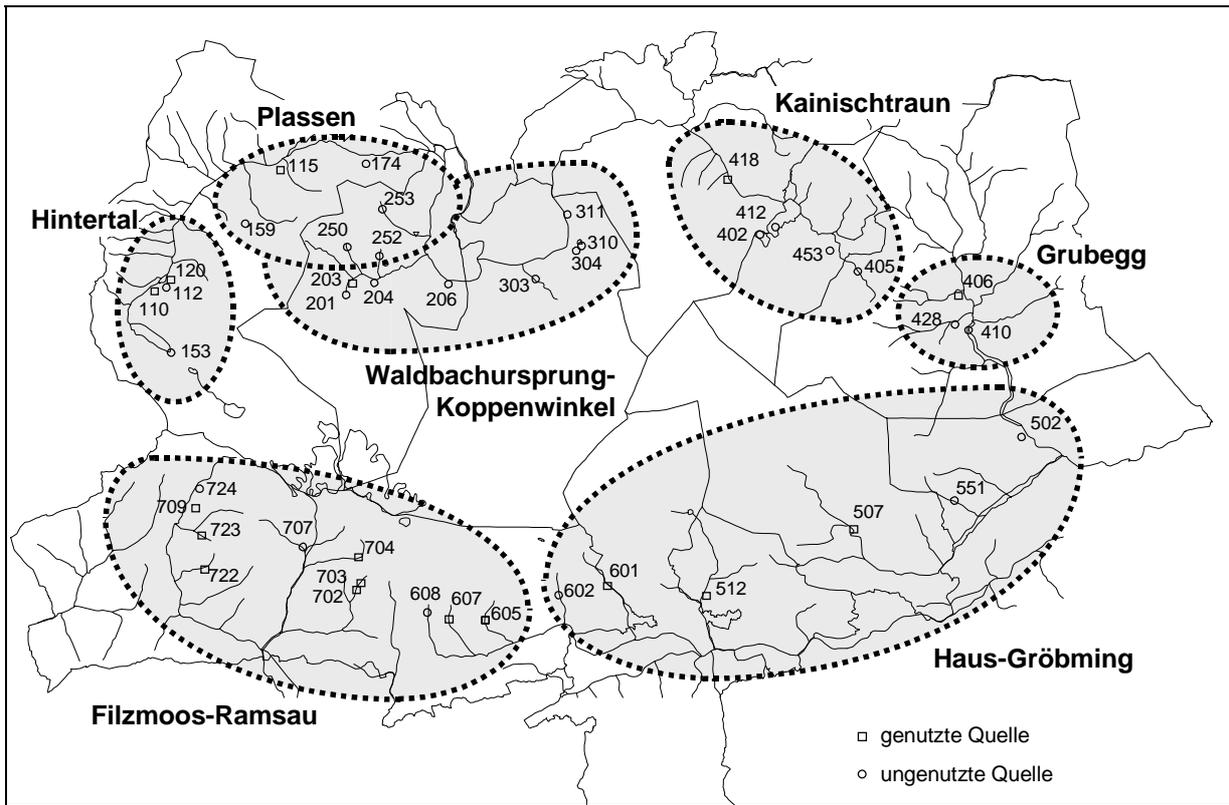


Abb. 3: Dachstein – Bereichseinteilung der untersuchten Quellen.

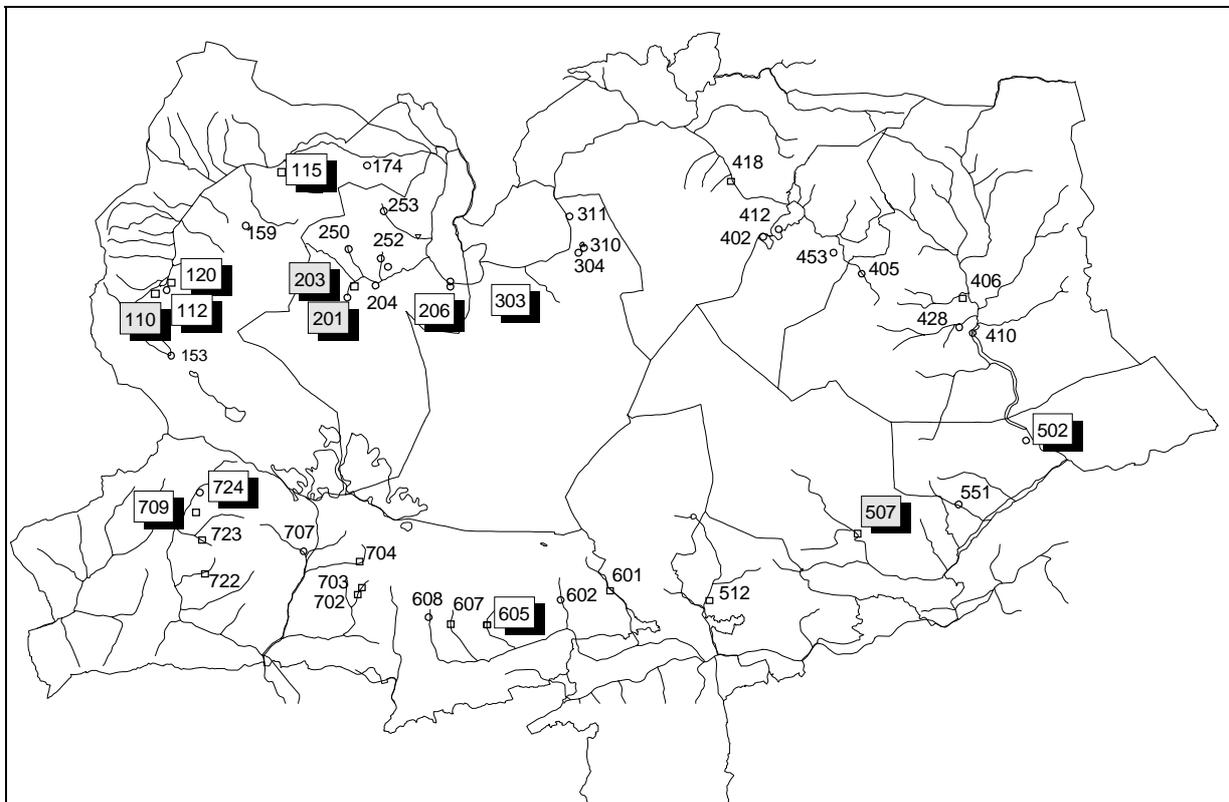


Abb. 4: Dachstein – monatlich beprobte Quellen (hervorgehoben);
 Quellwasser auf Tritium analysiert (grau hinterlegt).

3.2 Untersuchungsumfang, Probenahmezeitpunkte

Um die Karstgrundwasserqualität und ihre Einflußfaktoren im Dachsteingebietumfassend erheben und bewerten zu können, wurde die Probenahme mit folgender Häufigkeit Zeitpunkten festgelegt:

- vierteljährliche Beprobung..... Aug. 1991 bis Aug. 1992
- monatliche Beprobung März 1993 bis Juni 1994
- Tagesproben WV Hallstatt (Quelle 203) Aug. bis Okt. 1992 und März bis Juli 1993
- Tagesprobe WV Gosau (Quelle 110) April bis Juni 1993.

3.2.1 Vierteljährliche Beprobung – August 1991 bis August 1992

Im Zeitraum von August 1991 bis August 1992 wurden 42 Quellen, ein Bach und Austritte von Deponiesickerwässern vierteljährlich beprobt und auf ca. 60 chemisch-physikalische Parameter untersucht. Ziel der quartalsmäßigen Probennahmen war einerseits Extremereignisse, andererseits anthropogene Einflüsse möglichst repräsentativ zu erfassen.

Die fünf Probennahmezeitpunkte lassen sich in hydrologischer Hinsicht wie folgt definieren:

- August 1991 starkes sommerliches Hochwasser
- November 1991 spätherbstliches Niedrigwasser
- Februar 1992 winterliches Niedrigwasser
- Mai 1992 Frühjahrs-Schneesmelze
- August 1992 Ende einer sommerlichen Trockenperiode.

Im März 1992 wurden an elf Quellen außertourlich Proben entnommen.

Die Meßergebnisse aus diesem Beprobungszyklus wurden mit Ausnahme der Umweltisotopen bereits im Anhang II des Band 1 der Monographie „Karstwasser Dachstein“ aufgelistet. Die Umweltisotopendaten sind diesem Band im Anhang beigegeben.

3.2.2 Monatliche Beprobung – März 1993 bis Juni 1994

Vom März 1993 bis Juni 1994 wurden an 13 ausgewählten Quellen weitergehende, monatliche Untersuchungen vorgenommen, wobei die Feldparameter Quellschüttung, Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert beobachtet wurden. Ebenso analysiert wurden die stabilen Isotope Deuterium und Sauerstoff-18. Tritiummeßwerte liegen für diesen Beprobungszeitraum bei vier Meßstellen vor. (Meßergebnisse siehe Anhang)

3.2.3 Tagesproben (Trinkwasserversorgung Gosau)

Von der Quelle 110 (Baumbachquelle), die Gosau mit Trinkwasser versorgt, wurden zur Analyse der stabilen Isotope Deuterium und Sauerstoff-18 in der Zeit von 31. März bis 9. Juni 1993 in unregelmäßigen Abständen 35 Tagesproben gezogen.

3.3 Plausibilitätskontrolle und Darstellungsmethoden

Als erster Schritt einer statistischen Auswertung erfolgt die Kontrolle der Ausgangsdaten auf ihre Plausibilität. Mögliche Fehlerpotentiale lassen sich bereits bei der Probenahme lokalisieren und erstrecken sich über Analysefehler bis hin zu Übertragungsfehlern.

Zur Kontrolle der Plausibilität der anorganischen Parameterwerte wurde die Kationenäquivalentsumme der Anionenäquivalentsumme gegenübergestellt und die prozentuelle Abweichung berechnet. Als Kationen werden die Parameter Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ und NH_4^+ , als Anionen die Parameter Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} und HCO_3^- zur Berechnung herangezogen.

Von diesen Kontrollen wurden jedoch die im folgenden erwähnten Quellen und Gewässer ausgenommen. Die Quelle 428, eine hochmineralisierte Sulfatquelle, stellt mit ihren teils sehr hohen Ionengehalten einen Ausreißer innerhalb der untersuchten Quellen im Dachsteingebiet dar, weshalb sie auch größtenteils keiner statistischen Analyse unterzogen wurde. Sie wird im Rahmen der Interpretationen gesondert behandelt. Es erschien sinnvoll, die Meßergebnisse der beiden Bäche wie auch jener Quellen, die maximal zweimal beprobt wurden, gesondert zu berücksichtigen. Die Bäche haben wenig Bedeutung für die hydrogeologische Interpretation und würden die Ergebnisse aufgrund von Verschmutzungsereignissen stark verzerren. Die maximal zweimal beprobten Quellen (E406, E702, 703 und 723) lassen keine Aussagen über ihre Dynamik zu und werden im Zuge der Interpretationen gegebenenfalls einer Quellgruppe zugeordnet.

Die Auswertung der verbleibenden 202 Einzelanalysen zeigt, daß 21 Proben einen Ionenbilanzfehler größer 5 % aufweisen; davon liegen acht Einzeluntersuchungen über 10 % bzw. eine über 20 %. In den statistischen Auswertungen werden Einzelanalysen mit einem Ionenbilanzfehler größer 10 % nicht berücksichtigt – es sind dies die Analyseergebnisse aus dem Meßturnus 8/91 der Quellen 410, 453, 502, 608, 702, 704, 707 und 722.

Um die Ergebnisse in einer überschaubaren Form wiedergeben, vergleichen und diskutieren zu können, werden die mit verschiedenen statistischen Methoden ermittelten Werte in beschreibender und graphischer Form dargestellt.

Da die Mehrheit der multivariaten statistischen Analysemethoden eine Normalverteilung der betrachteten Parameter voraussetzt, wurden die Daten daraufhin überprüft. Dabei wurde lediglich bei den Parametern pH-Wert und NO_3^- eine annähernde Normalverteilung festgestellt (siehe HERLICKSKA & LORBEER, 1994).

3.3.1 Multiple Box-and-Whisker Plot

Anhand von Multiple Box-and-Whisker Plots kann die Verteilung und das Symmetrieverhalten von Daten sehr anschaulich dargestellt werden. Diese Form der graphischen Darstellung bezieht sich auf folgende statistische Größen: Whisker, obere und untere Quantile, Ausreißer und Median.

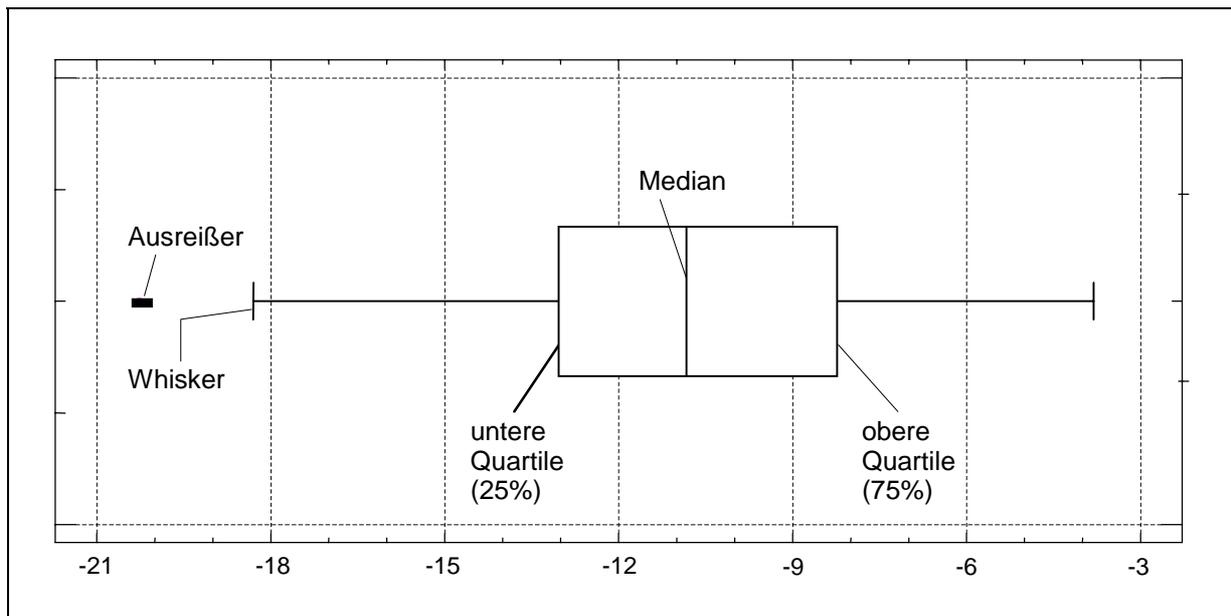


Abb. 5: Darstellungsmethode – Box-and-Whisker Plot (Quelle: HUMER, 1995).

Diese statistischen Kennzahlen werden wie folgt definiert:

- **Median:** Zentralwert oder 50 %-Wert. Er halbiert die Verteilung, wonach 50 % der Werte größer, die anderen 50 % kleiner als der Median sind.
- **Untere und obere Quartile:** 25 % bzw. 75 % Durchgang durch die Summenkurve; $Q_{25} = 25\%$ der Werte sind kleiner als die untere Quartile, $Q_{75} = 75\%$ der Werte sind größer als die obere Quartile.
- **Whisker:** der untere Whisker wird bis zum kleinsten Punkt innerhalb des Ausreißerkriteriums gezeichnet, der obere bis zum größten Punkt innerhalb des Ausreißerkriteriums. Die Ausreißergrenzen werden folgendermaßen definiert:

$$a_u = Q_{25} - 1,5 \text{ IQR (Inter-Quartile-Range} = Q_{75} - Q_{25}) = \text{untere Quartile} - 1,5 \times \text{Boxbreite.}$$

$$a_o = Q_{75} + 1,5 \text{ IQR} = \text{obere Quartile} + 1,5 \times \text{Boxbreite.}$$

Im ersten Band zum Pilotprojekt wurden die einzelnen Probenahmezyklen den jeweiligen Parametern gegenübergestellt, wobei die Verteilung eines Parameters zu verschiedenen Zeitpunkten ersichtlich wurde.

Um nun quellbezogene Vergleiche ziehen zu können, werden für jeden Parameter die quellbezogenen „Plots“ und damit die Schwankungsbreiten der einzelnen Quellen dargestellt.

3.3.2 Star Plot

Bei dieser Darstellungsform handelt es sich um eine simultane, graphische Analyse von mehreren Variablen eines Objektes. Bei einem Star Plot wird demnach für jeden Parameter einer bestimmten Beobachtungseinheit ein vom Zentrum ausgehender Strahl gezeichnet, wobei dessen Länge proportional zur Größe des Parameterwertes ist. Die Spitzen der einzelnen Strahlen werden mit Linien zu einem Polygon verbunden (JAMBU, 1992).

Für jede Quelle und zu jedem Probenahmezeitpunkt wurde ein Star Plot gezeichnet. Diese Methode ermöglicht überblicksmäßig die Charakteristik der einzelnen Quellen zu einem bestimmten Zeitpunkt zu erfassen, ähnliche Quellwässer können in der Folge zu Gruppen zusammengefaßt werden.

3.4 Feldparameter

Als Feldparameter werden jene Parameter bezeichnet, die vor Ort erhoben werden. Im Rahmen dieser Untersuchung sind dies die Quellschüttung, die Wassertemperatur, die elektrische Leitfähigkeit und der pH-Wert.

Die nachfolgende Tab. 2 enthält die statistischen Kennzahlen der einzelnen Feldparameter jeweils für die durchgeführten Beprobungsreihen. 40 Quellen wurden dabei vierteljährlich (fünf Meßtermine), 13 Quellen wurden monatlich (16 Meßtermine) beprobt.

Tab. 2: Dachstein – Feldparameter – Überblick über die statistischen Kennzahlen.

Parameter	Beprobungsreihe	Min	Max	Mittelw.	Perzentile		
					25 %	50 %	75 %
Quellschüttung [l/s]	vierteljährlich	0	4.000	113	5	20	40
	monatlich	0	12.000	379	21	50	150
Wassertemperatur [°C]	vierteljährlich	0,2	23,3	5,7	4,6	5,2	6,2
	monatlich	3,5	8,6	5,4	4,7	5,3	5,9
Elektrische Leitfähigkeit [µS/cm]	vierteljährlich	109	2.310	286	179	231	302
	monatlich	102	592	225	159	198	261
pH-Wert	vierteljährlich	6,5	8,4		7,5	7,7	7,9
	monatlich	7,2	8,4		7,9	8,1	8,2

vierteljährliche Beprobung von Aug. 91 bis Aug. 92, monatliche Beprobung von März 93 bis Juni 94

3.4.1 Schüttung

Die Beobachtung der Schüttung ist unerlässlich, um Aussagen über die Nutzbarkeit der Quellen tätigen zu können. Karstquellen zeigen meist sehr große jahreszeitliche Schwankungen und können im Winter zur Gänze trocken fallen. Insbesondere die „großen“ Karstquellen führen infolge der Schneeschmelze und außergewöhnlich hohen Niederschlagsereignissen ein Vielfaches der im Winter auftretenden Minimalschüttungen. Gleichmäßige Schüttungen weisen auf längere Verweilzeiten des Wassers im Untergrund hin. Ausschlaggebend dafür können eine große Speicherkapazität des durchflossenen Gesteines bzw. ein geringer Grad der Verkarstung sein, der sich in langen Fließzeiten widerspiegelt (HERLICSKA & LORBEER, 1994).

Im Hinblick auf eine Differenzierung der geogenen bzw. anthropogenen Herkunft verschiedener Wasserinhaltsstoffe ist die regelmäßige Messung der Schüttung (in l/s) von großer Bedeutung.

Die Quellschüttung wurde im Rahmen der vierteljährlichen Beprobung aus Zeitgründen lediglich geschätzt. Im Rahmen der monatlichen Beprobungsfolge wurden die Schüttungen teils mit Hilfe der Salzverdünnungsmethode bestimmt, wobei der Umweltmeßkoffer UMK 2.1 der Firma Kristl, Seibt & Co eingesetzt wurde, teils mit dem Miniflügel M 1 der Firma SEBA gemessen. Bei sehr hohen Schüttungen oder bei technischen Problemen mit den Meßgeräten wurde die Quellschüttung lediglich geschätzt.

Die statistischen Kennzahlen der einzelnen Beprobungsreihen lassen einen deutlichen Unterschied erkennen.

Tab. 3: Dachstein – Quellschüttung – statistische Kennzahlen.

Quellschüttung [l/s]	Quellen	Turni	Min	Max	Mittelw.	Perzentile		
						25 %	50 %	75 %
vierteljährliche Probenahme	40	5	0	4.000	113	5	20	40
monatliche Probenahme	13	16	0	12.000	379	21	50	150

vierteljährliche Beprobung von Aug. 91 bis Aug. 92, monatliche Beprobung von März 93 bis Juni 94

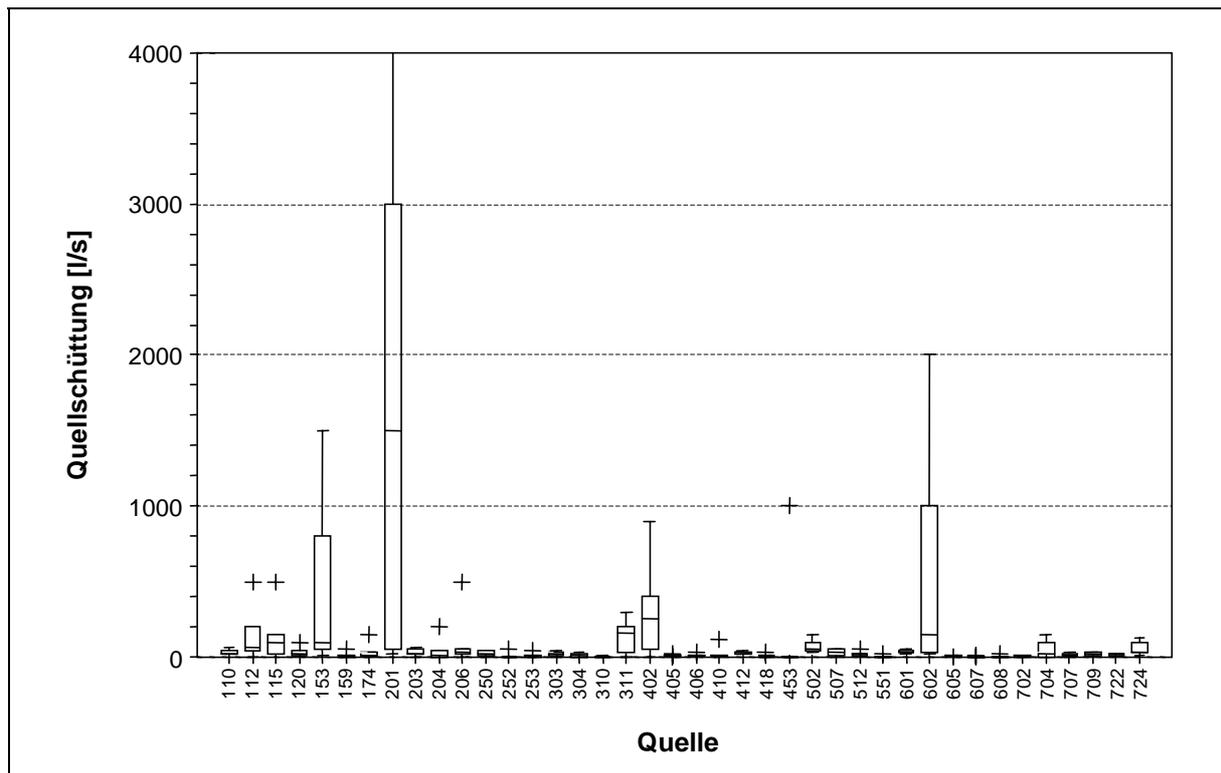


Abb. 6: Dachstein – Quellschüttung – 40 Quellen zu fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichen Abständen – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

In Abb. 6 läßt erkennen, daß die schüttungsreichen und stark schwankenden Quellen zum Großteil im Norden liegen. Die Quellen an der Südseite des Dachsteinmassivs hingegen zeigen sehr gleichmäßige und geringe Schüttungen. Die einzige Ausnahme bilden die starken Schüttungsschwankung der Quelle 602.

Während der monatlichen Beobachtungsreihe zeigte sich, daß vermeintlich konstant schüttende Quellen wie etwa die Quelle 303 dennoch eine sehr ausgeprägte Dynamik aufweisen (vgl. dazu Abb. 6 mit Abb. 7).

Für eine Erstbeurteilung der Schüttungsdynamik von Karstquellen bedarf es daher zumindest einer Jahresreihe von Monatswerten, um einigermaßen verlässliche Aussagen treffen zu können. In weiterer Folge erscheint eine ereignisbezogene Beprobung als ausreichend, die aufgrund der Charakteristik des Karstes relativ kurzfristig und flexibel durchzuführen ist.

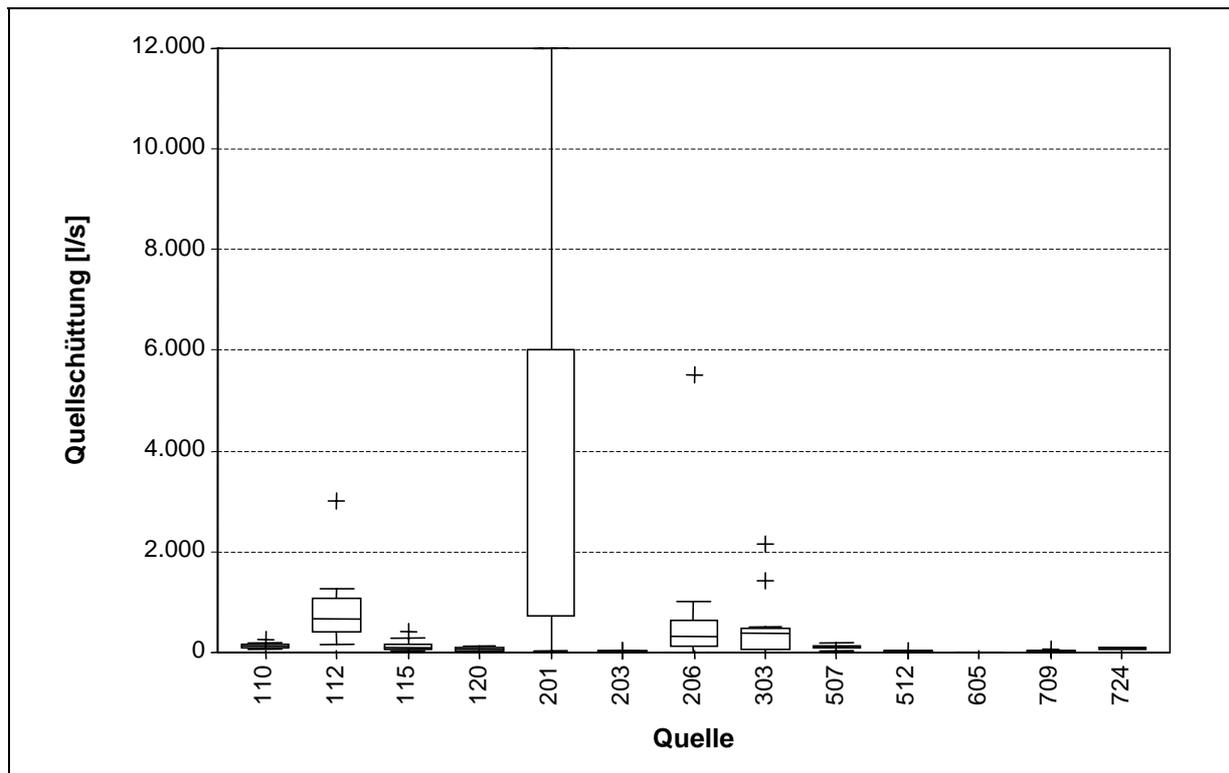


Abb. 7: Dachstein – Quellschüttung – 13 Quellen zu 16 monatlichen Probenahmen – März 93 bis Juni 94 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

Betrachtet man die gesamten Ergebnisse, so ist die schüttungsreichste Quelle im Untersuchungsgebiet der Waldbachursprung (Quelle 201) – mit einer Schwankungsbreite von 20 l/s (Februar 1992) bis zu einem Maximum von ca. 12.000 l/s (Mai 1994). Auch die Quellen 112, 153, 206, 303, 402, 453 und 602 zeigen einen relativ breiten Schwankungsbereich und eine Maximalschüttung von mehr als 900 l/s; die Werte der übrigen Quellen liegen unter 500 l/s, wobei die im Süden gelegenen Quellen eine Maximalschüttung von weniger als 200 l/s erreichen. Der Median der Schwankungsbreite der einzelnen Quellen zwischen Minimal- und Maximalwert liegt für die nördlich gelegenen Quellen bei 115 l/s, für die südlich gelegenen Quellen bei 27 l/s.

3.4.2 Wassertemperatur

Wird die Temperatur des Quellwassers über einen längeren Zeitraum beobachtet, können Aussagen über die Dynamik von Quellen bzw. über die Aufenthaltszeit des Wassers im Untergrund gemacht werden. Bei einer gleichmäßigen und ausgeglichenen zeitlichen Entwicklung entspricht die mittlere Jahrestemperatur von Karstquellwässern annähernd der durchschnittlichen Jahrestemperatur des Einzugsgebietes. Schwankt die Quellwassertemperatur sehr stark, so deutet dies auf eine kurzfristige Beeinflussung des Grundwassers von der Erdoberfläche hin (HERLICKSKA & LORBEER, 1994).

Die statistischen Kennzahlen der einzelnen Beprobungsreihen ergaben sehr ähnliche Ergebnisse.

Tab. 4: Dachstein – Statistische Kennzahlen zur Wassertemperatur.

Wassertemperatur [°C]	Quellen	Turni	Min	Max	Mittelw.	Perzentile		
						25 %	50 %	75 %
vierteljährliche Probenahme	40	5	0,2	23,3	5,7	4,6	5,2	6,2
monatliche Probenahme	13	16	3,5	8,6	5,4	4,7	5,3	5,9

vierteljährliche Beprobung von Aug. 91 bis Aug. 92, monatliche Beprobung von März 93 bis Juni 94

Die Schwankungsbereiche sind in Abb. 8 und Abb. 9 ersichtlich, wobei die hohen Temperaturen der Quellen 153 und 402 auf die Erwärmung der Quelltöpfe im Sommer durch starke Sonneneinstrahlung zurückzuführen sind. Mit Ausnahme der Quelle 551 zeigen die südlich gelegenen Quellen relativ konstante Temperaturwerte. Im Norden konnten bei den Quellen 159, 174 und 252 im Bereich Plassen und bei den Quellen 402 und 453 im Bereich Kainischtraun erhöhte Temperaturschwankungen festgestellt werden.

Entsprechend den Ergebnissen aus der vierteljährlichen Beprobung lagen die Wassertemperaturen im Sommer bei vom Hoch- und Gletscherbereich des Dachsteins beeinflussten Quellen am tiefsten. Im Nordteil weisen insbesondere die Quellen im Umfeld der Gemeinde Hallstatt die niedrigsten Maximaltemperaturen (etwa 4-6 °C) auf, im Südwesten – zwischen Ramsau und Filzmoos – zeigen die Hochquellen 608, 702, 704 und 707 Maximaltemperaturen knapp unter 5 °C.

Der zeitliche Verlauf der Monatswerte ließ für die Quellen 112 und 120 im Bereich Hintertal sowie für die Quellen 201, 203 und 206 im Bereich Waldbachursprung deutliche Temperaturabnahmen in den Sommermonaten erkennen, welche auf Schmelzwasserabflüsse aus dem Gletscherbereich hindeuten. (Weitere Ausführungen zur Wassertemperatur siehe Kapitel 6.4).

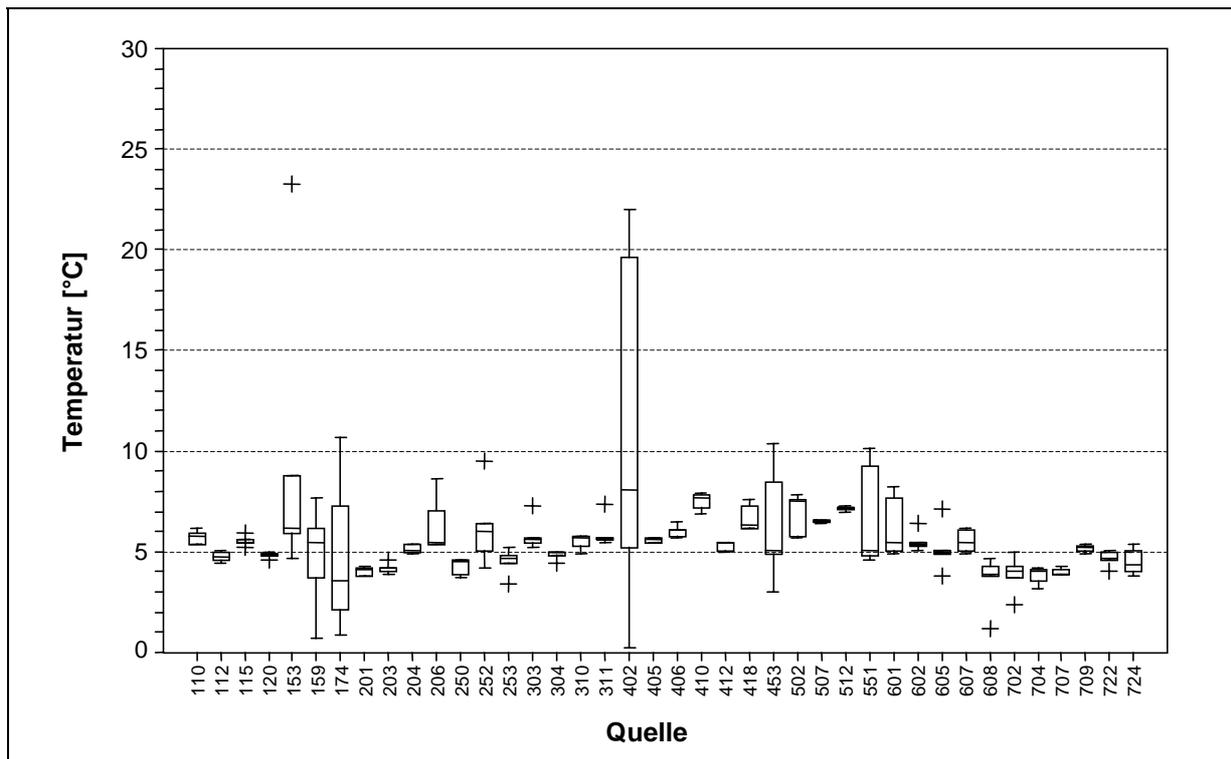


Abb. 8: Dachstein – Quellwassertemperatur – 40 Quellen zu fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichem Abstand – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

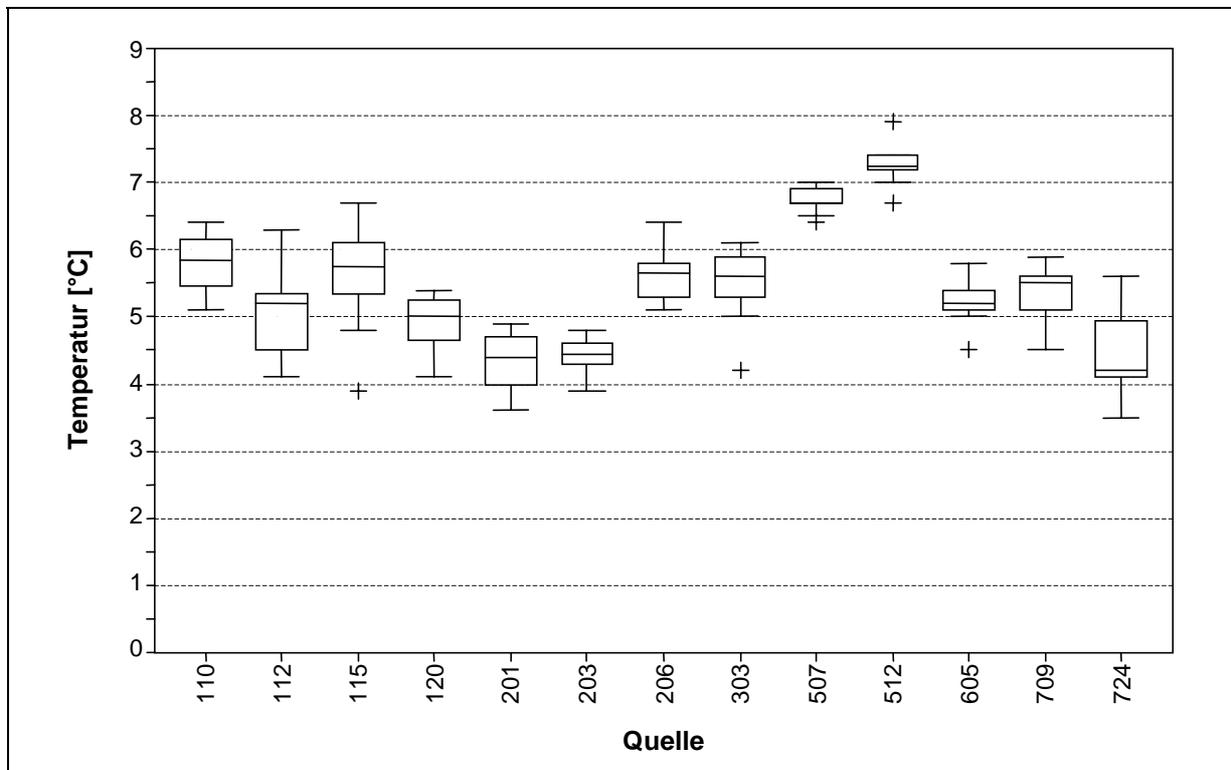


Abb. 9: Dachstein – Quellwassertemperatur – 13 Quellen zu 16 Probenahmeterminen in monatlichem Abstand – März 93 bis Juni 94 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

3.4.3 Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit kennzeichnet das Maß der gelösten Salze bzw. dissoziierten Stoffe im Wasser und gibt einen Überblick über den entsprechenden Mineralisationsgrad des Wassers.

Ist eine hohe elektrische Leitfähigkeit nicht geologisch bedingt (z. B. Gipsvorkommen), kann in Verbindung mit anderen Parametern auf Verunreinigungen geschlossen werden.

Die statistischen Kennzahlen der einzelnen Beprobungsreihen sind in der nachfolgenden Tab. 5 aufgelistet. Die mit Abstand höchsten Werte treten an der Schwefelquelle Hallerbachgraben (428) auf. Da sich die Gehalte in einem Bereich von 928-2.310 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bewegen, ist die Quelle 428 nicht im Diagramm abgebildet.

Tab. 5: Dachstein – Statistische Kennzahlen zur elektrische Leitfähigkeit.

Elektrische Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Quellen	Turni	Min	Max	Mittelw.	Perzentile		
						25 %	50 %	75 %
vierteljährliche Probenahme	40	5	109	2.310	286	179	231	302
monatliche Probenahme	13	16	102	592	225	159	198	261

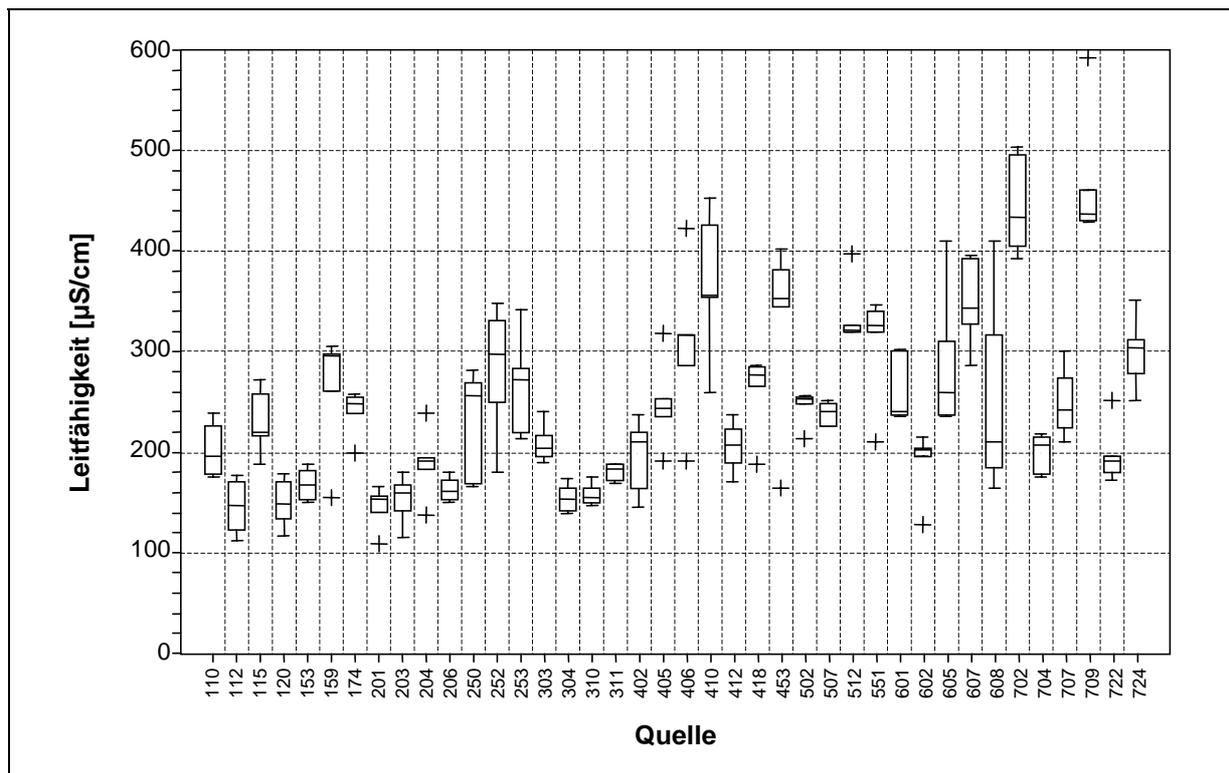


Abb. 10: Dachstein – Elektrische Leitfähigkeit – 40 Quellen zu fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichem Abstand – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

Der zeitliche Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit läßt einen Jahresgang erkennen, der im frühen Sommer seine Tiefstwerte und in den Wintermonaten Jänner und Februar seine Höchstwerte aufweist.

Quellen, die vermutlich mit den Gletscher- und Hochbereichen des Dachsteins in Verbindung stehen, zeigen Leitfähigkeitswerte unter 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und einen sehr engen Schwankungsbereich. Das trifft sowohl auf die Quellen im Bereich Hintertal zu, als auch – mit Ausnahme der Quelle 303 – auf den Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel.

Im Südteil des Dachsteins weist die Quelle 722 als einzige ebenso niedrige Leitfähigkeitswerte auf. Die Leitfähigkeitswerte der Quellen 502 und 507 (Haus-Gröbming) und der Quellen 703 und 704 (Filzmoos-Ramsau) schwanken sehr gering und liegen im Bereich des Gesamtmedians.

Die höchsten Werte treten im Bereich Grubegg (406, 410 und 428) auf, sowie bei der Quelle 453. Im Südteil liegen die Meßwerte der Quellen 512, 607, 702 und 709 durchwegs über 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Quelle 428 ist die mit Abstand am höchsten mineralisierte im Untersuchungsgebiet, als nächsthöchste ist die Quelle 709 einzuordnen.

Sehr unterschiedliche elektrische Leitfähigkeiten mit einem Schwankungsbereich von mehr als 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wurden bei den Quellen 410, 428, 453 und 608 festgestellt. Auffällig sind auch die Leitfähigkeitswerte der Quellen 702 und 703, die sich, in unmittelbarer Nachbarschaft liegend, um ca. 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ unterscheiden.

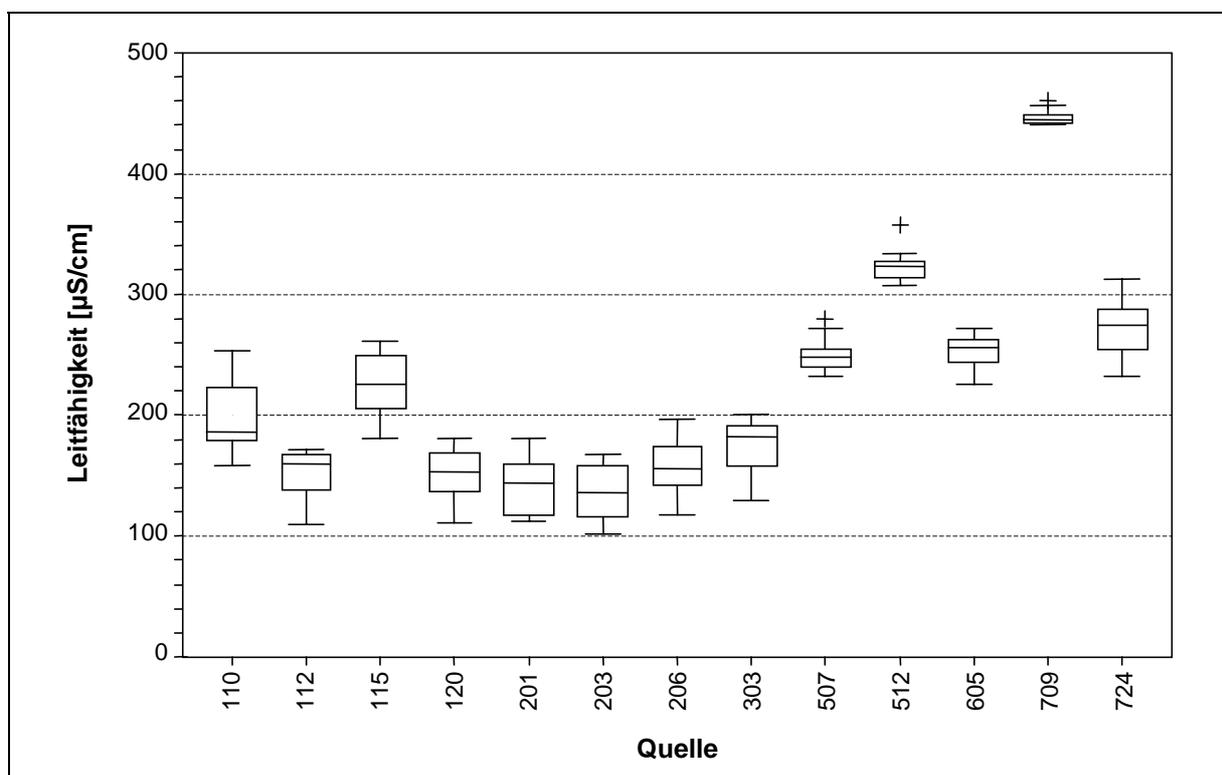


Abb. 11: Dachstein – Elektrische Leitfähigkeit – 13 Quellen zu 16 Probenahmeterminen in monatlichem Abstand – März 93 bis Juni 94 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

3.4.4 pH-Wert

In Karstquellen sind üblicherweise pH-Werte im neutralen bzw. schwach alkalischen Bereich anzutreffen; kristalliner Untergrund bewirkt pH-Werte, die eher dem sauren Bereich zuzuordnen sind. Als Richtzahl für den pH-Wert wird in der österreichischen Trinkwasserverordnung ein Bereich von 6,5 bis 8,5 angegeben (BGBl. Nr. 235/1998).

Die statistischen Kennzahlen der einzelnen Beprobungsreihen sind in der nachfolgenden Tab. 6 aufgelistet. Diese vor Ort gemessenen pH-Werte entsprechen in etwa einer Normalverteilung (HERLICKSKA & LORBEER, 1994). Der höhere Median der monatlichen Probenahmen rund um das Dachsteinmassiv im Gegensatz zum Median der vierteljährlichen Beobachtungsreihe rührt daher, daß keine der Quellen im Nordostteil des Dachsteinmassivs, die relativ niedrige Werte zeigen, in das monatliche Meßprogramm aufgenommen wurden.

Tab. 6: Dachstein – statistische Kennzahlen zum pH-Wert.

pH-Wert	Quellen	Turni	Min	Max	Mittelw.	Perzentile		
						25 %	50 %	75 %
vierteljährliche Probenahme	40	5	6,5	8,4		7,5	7,7	7,9
monatliche Probenahme	13	16	7,2	8,4		7,9	8,1	8,2

vierteljährliche Beprobung von Aug. 91 bis Aug. 92, monatliche Beprobung von März 93 bis Juni 94

Anhand des zeitlichen Verlaufs der pH-Werte ist sowohl bei der vierteljährlichen als auch bei der monatlichen Beprobungsreihe ein Absinken der pH-Werte in den Wintermonaten Jänner und Februar festzustellen.

Wie in Abb. 12 zu sehen ist, weisen verschiedene Quellen im Nordosten des Dachsteins niedrigere pH-Werte auf. Besonders die Quellen 406, 410 und 428 im Bereich Grubegg, die Quellen 405 und 418 im Bereich Kainischtraun und die Quelle 512 im Bereich Haus-Gröbming weisen einen Median unter 7,5 auf. Der höchste pH-Wert trat im August 1992 bei der Quelle 153 mit 8,4 auf. Abb. 13 zeigt die Verteilung der pH-Werte der monatlichen Beprobungsreihe.

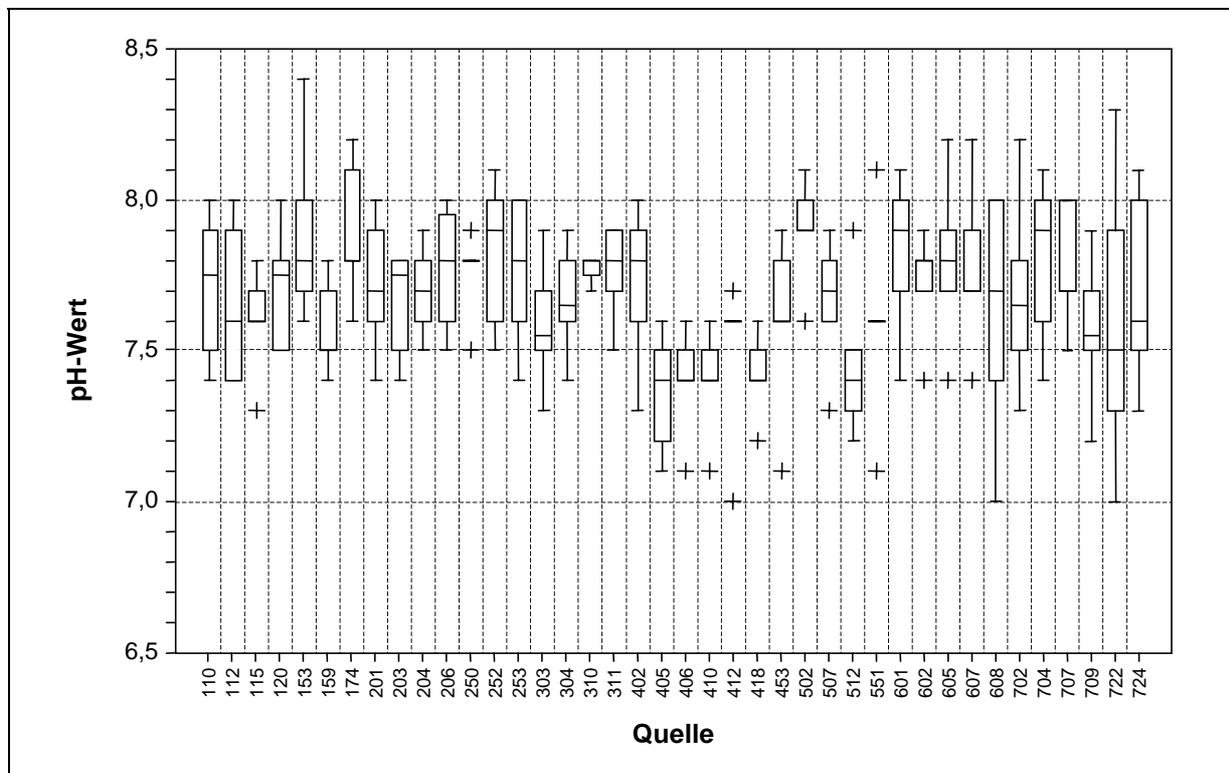


Abb. 12: Dachstein – pH-Wert – 40 Quellen zu fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichem Abstand – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

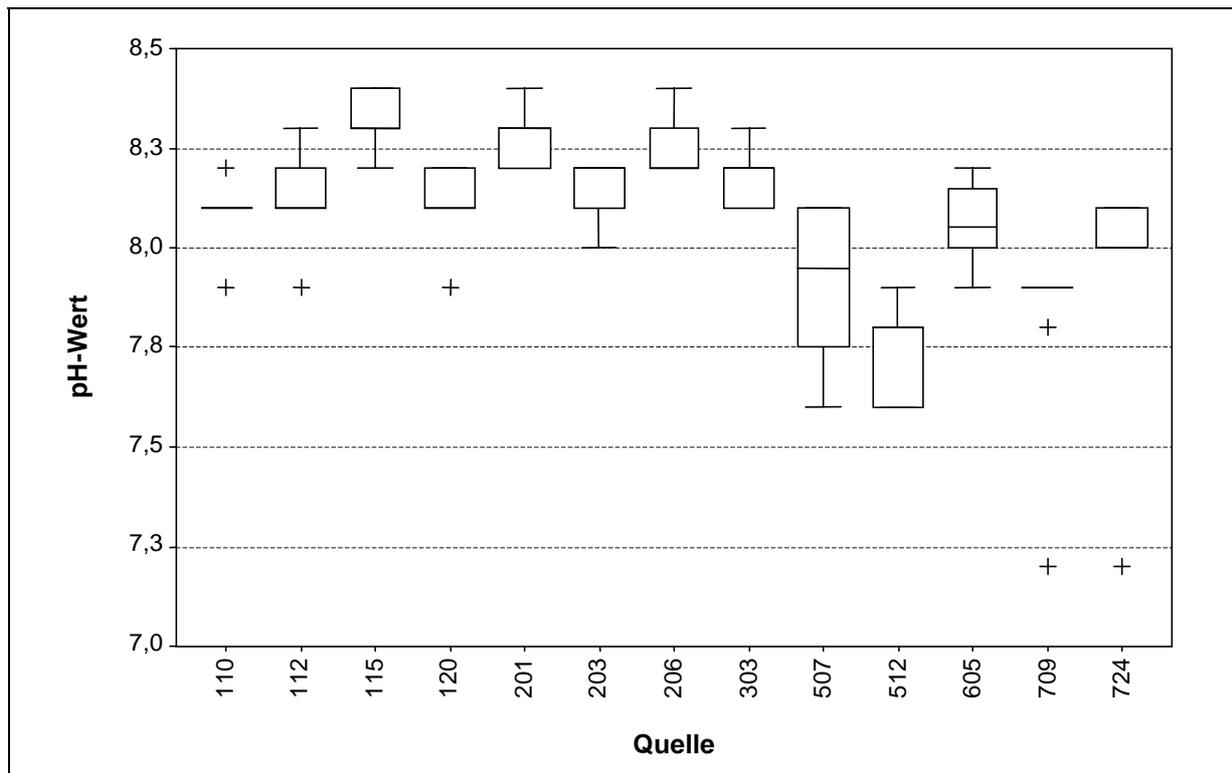


Abb. 13: Dachstein – pH-Wert – 13 Quellen zu 16 Probenahmeterminen in monatlichem Abstand – März 93 bis Juni 94 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

3.5 Hauptelemente

Als Hauptelemente werden hier jene Parameter zusammengefaßt, die aufgrund ihrer höheren Konzentrationen als solche zu sehen sind. Es sind dies Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Hydrogenkarbonat (HCO_3), Sulfat (SO_4), Natrium (Na) und Chlorid (Cl). Die Parameter Natrium, Chlorid und Sulfat können unter entsprechenden Voraussetzungen auch als anorganische Verunreinigungsindikatoren betrachtet werden.

Die folgende Tab. 7 gibt zu jedem Parameter einen Überblick über die Bestimmungsgrenze, die jeweilig gültigen Grundwasserschwellenwerte und die statistischen Kennzahlen über die gesamten Analyseergebnisse. Die Daten stammen aus der vierteljährlichen Beprobungsreihe.

Tab. 7: Dachstein – Überblick zu den Quellmeßdaten der Hauptelemente.

Parameter [in mg/l]	GSW	BG	Min	Max *)	Mittelw.	Perzentile		
						25 %	50 %	75 %
Calcium		0,1	18,0	82,2 (463,0)	45,9	31,0	36,9	45,4
Magnesium		0,1	0,6	18,4 (33,7)	6,3	1,9	5,4	9,0
Hydrogenkarbonat		3,0	63	257 (531)	135,2	106,5	129,5	156,0
Sulfat		0,1	0,75	139 (1.212)	35,6	2,2	3,6	10,3
Natrium	90	0,01	< 0,01	13,7	1,2	0,1	0,4	1,4
Chlorid	60	0,1	0,1	23,8	1,5	0,4	0,6	1,0

GSW ... Grundwasserschwellenwert; BG ... Bestimmungsgrenze;

*) Werte in Klammer sind Maximalwerte der Quelle 428

3.5.1 Vergleich der Wasserchemismen im Hinblick auf die Hauptelemente Ca, Mg, HCO₃, SO₄, Na und Cl

Für jede Quelle und zu jedem Meßturnus wurde ein Star-Plot erstellt, wobei die Analysewerte der Parameter Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, Na⁺, Cl⁻ und SO₄²⁻ (in mg/l) strahlenförmig aufgetragen wurden. Es ist nun aufgrund der Form der einzelnen Polygone möglich, Gemeinsamkeiten der Quellen in Bezug auf die betrachteten Inhaltsstoffe zu erkennen und die Quellen zu gruppieren. Allgemeine Erläuterungen zum Star Plot siehe Kapitel 3.3.

Weisen nun verschiedene Quellen zu den jeweiligen Meßturni ähnliche Muster auf, so bedeutet es lediglich, daß das Wasser einen lithologisch vergleichbaren Untergrund durchfließen hat. Aussagen über ein eventuell gemeinsames Einzugsgebiet können jedoch nur in Verbindung mit zusätzlichen Untersuchungen getroffen werden.

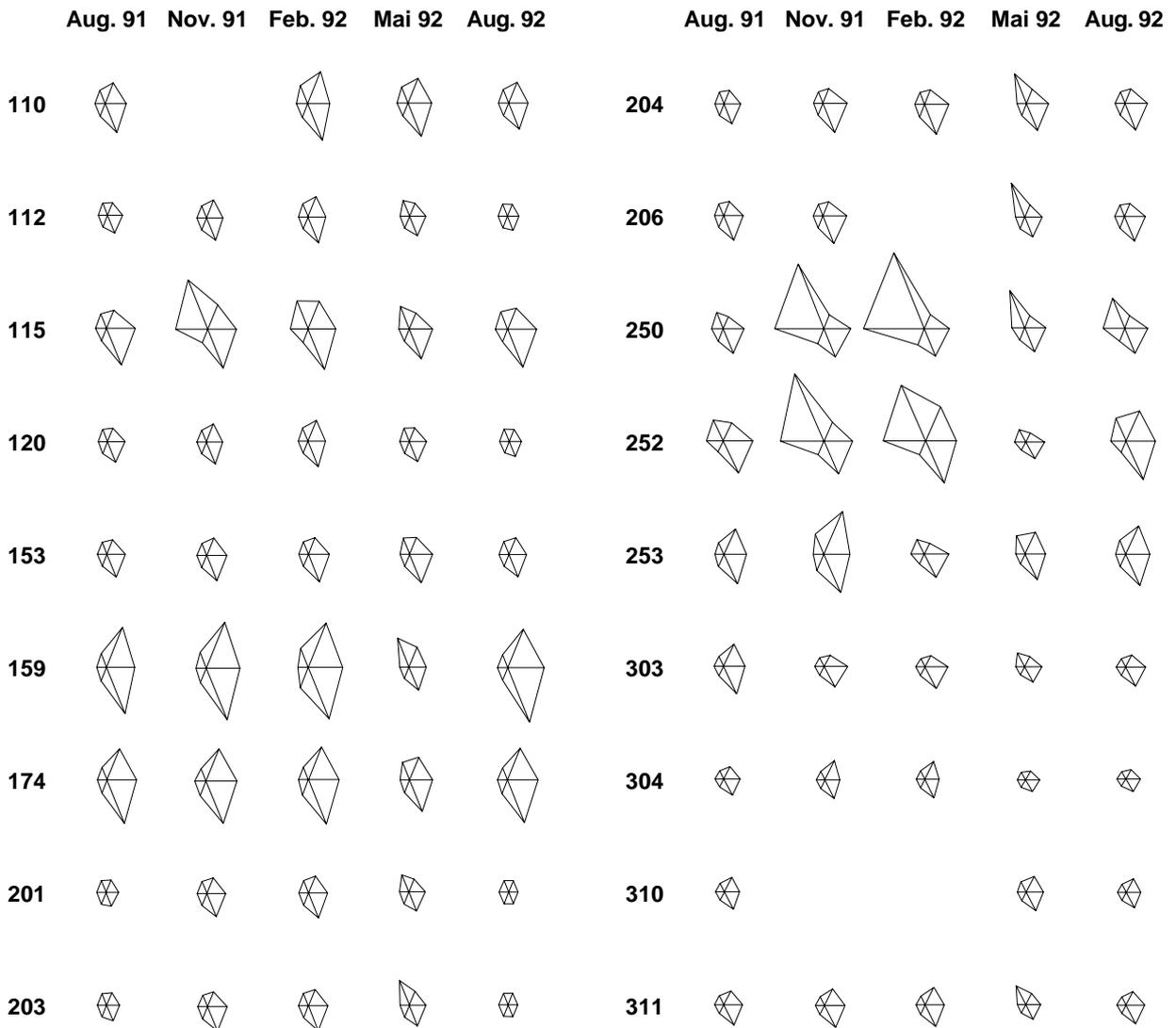
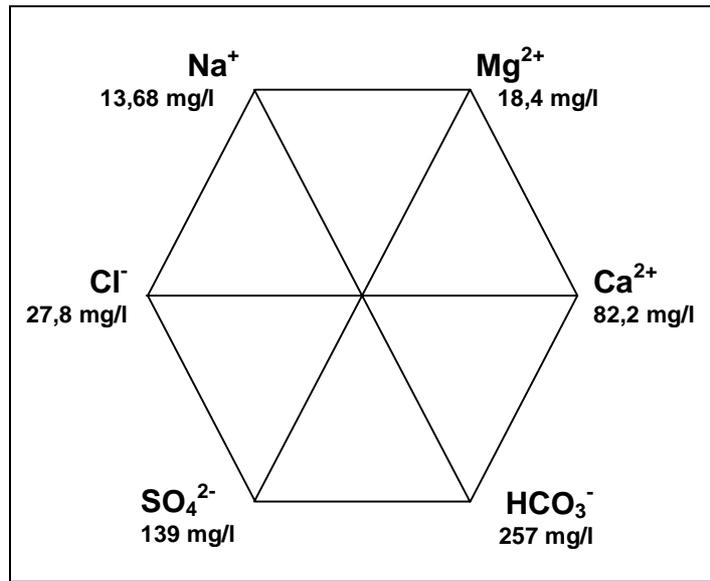
Die Schwefelquelle 428 wurde in diese Darstellung nicht miteinbezogen, da ihre hohen Ionenkonzentrationen zu einer groben Verzerrung und Verkleinerung der übrigen Star-Plots geführt hätte, wobei ihre Einbeziehung zu keinem zusätzlichen Informationsgewinn bezüglich einer Gruppierung der Quellen geführt hätte.

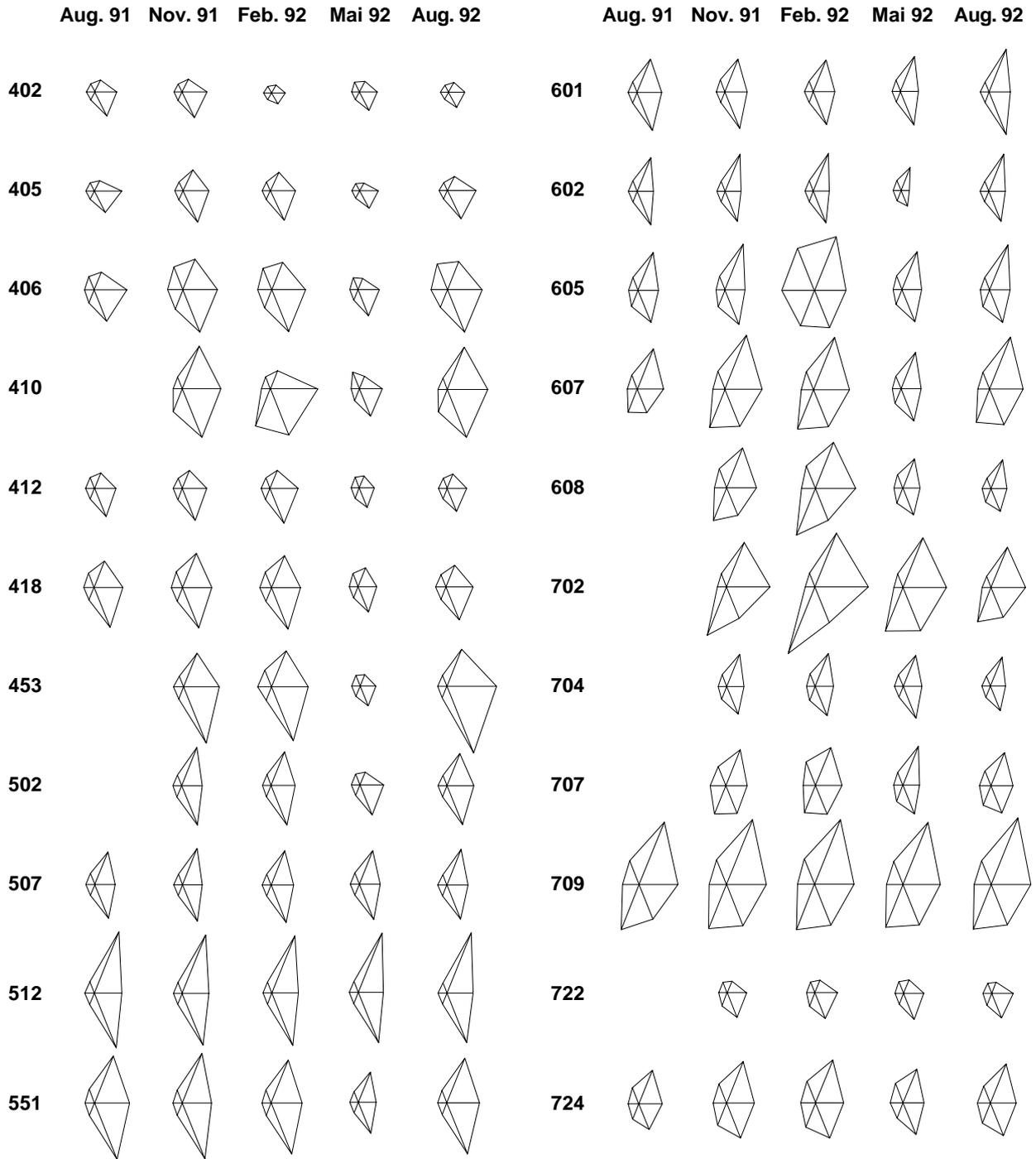
- Die Quellen **112, 120, 201, 203, 304** und eventuell die Quelle **310** lassen eine deutliche Ähnlichkeit erkennen; sie zeigen sehr geringe Stoffkonzentrationen, wobei in den Wintermonaten November und Februar eine leichte Erhöhung bei den Parametern Ca²⁺, Mg²⁺ und HCO₃⁻ eintritt. Im Mai ist ein geringer Anstieg der Na-Konzentration festzustellen.
- Die Quellwässer der Quellen **153, 204, 206, 303** und **311** sind ebenfalls sehr schwach mineralisiert, weisen jedoch zu jedem Meßtermin etwas höhere Ca²⁺ und HCO₃⁻-Konzentrationen auf; auch der Na⁺ Anstieg im Mai ist etwas ausgeprägter als bei den zuvor genannten Quellen.
- Die Quellen **159** und **174** zeigen mit Ausnahme des Meßzyklus Mai sehr ähnliche Konzentrationsmuster; im Mai waren bei der Quelle 159 höhere Na⁺- und geringere Ca²⁺-, Mg²⁺- und HCO₃⁻-Konzentrationen nachweisbar als bei der Quelle 174.
- In den Wintermonaten November und Februar zeigen die Quellwässer der Quellen **405** und **412** ähnliche Konzentrationsverteilungen, ebenso die Quellen **418** und **453**, wobei die Ionenkonzentrationen dieses Quellpaares etwas höher liegen.
- Relativ ähnlich sieht das Konzentrationsmuster der Quellen **502, 507** und **601** aus, wobei die Quelle 502 im Mai mit einem geringeren Mg²⁺ und HCO₃⁻-Gehalt abweicht. Die Quelle **551** ist stärker ausgeprägt, kann aber auch noch dieser Gruppe angeschlossen werden. Die Star Plots der Quellen **512** und **602** zeigen ähnliche Formen, wobei die Quelle 512 durchwegs höhere Ionenkonzentrationen aufweist als die Quelle 602, welche zudem im Meßturnus Mai eine sehr geringe Mineralisation des Quellwassers aufweist. Mit Ausnahme des Meßturnus Februar würde auch die Quelle **605** diesem Muster entsprechen. Die Quelle **704** zeigt in den Wintermonaten und im August 1992 sehr große Übereinstimmung mit den Quellwässern der Quelle 602.
- Die Quellen **607** und **608** lieferten in den Meßturni November, Februar und Mai sehr ähnliche Ergebnisse, wobei die Quelle 607 etwas mehr Mg²⁺ und HCO₃⁻ enthält.
- Die Quellen **707** und **724** lassen Ähnlichkeiten entdecken, auch die Ionengehalte liegen in der selben Größenordnung. Abweichend davon, sehr viel stärker ausgeprägt aber von ähnlichem Muster, sind die Quellwässer der Quelle **709**.

Die übrigen Quellen 110, 115, 250, 252, 253, 402, 406, 410, 702 und 722 lassen sich nach dieser Gruppierungsmethode zu keiner Quellgruppe zuordnen.

Abb. 14: Dachstein – Star Plot Darstellung der Parameter Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Na^+ , Cl^- und SO_4^{2-} zu jeder einzelnen Quelle und zu jedem Meßturnus.

Anmerkung: Die Länge eines Strahles des Star-Plot ist proportional zur Größe des Maximalwertes des Parameters. Die beigefügten Werte entsprechen den aufgetretenen Maxima und erzeugen den längstmöglichen Strahl.





3.5.2 Calcium, Magnesium

Die statistischen Kennzahlen und die Wertebereiche über die Gesamtheit der Analysedaten sind bereits zu Beginn des Kapitels in Tab. 7 aufgelistet. Die Schwankungsbereiche der Parameter Calcium und Magnesium sind auch in Abb. 15 und Abb. 16 ersichtlich. Insbesondere bei Magnesium ist eine klare Nord-Süd Trennung zu erkennen.

Auf diese Parameter wird im Rahmen der hydrogeologischen Interpretation (Kapitel 6) detailliert eingegangen.

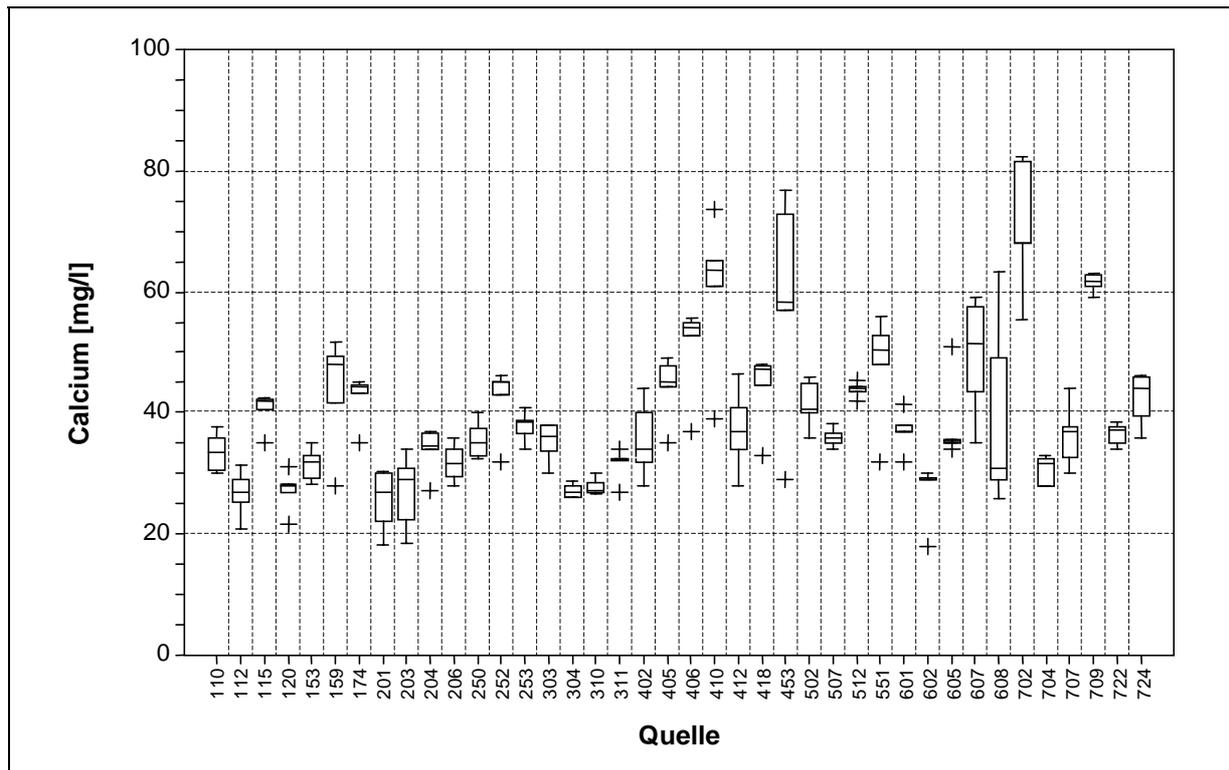


Abb. 15: Dachstein – Calcium – 40 Quellen zu fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichem Abstand – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

Die jeweiligen Calcium-Magnesium-Verhältnisse (in mmol(eq)/l) lassen eine sehr deutliche Nord-Süd Gliederung erkennen, wobei die Quellen im Süden einen relativ niedrigen Wert zeigen (siehe Abb. 17). Sie deuten mit einem Ca/Mg-Verhältnis von 2,5 einen Kontakt mit Kalksteinen an, der entweder vom Dachsteinkalk oder vom nicht dolomitierten Anteil des Wettersteindolomits herrührt. Reine Dolomite würden Ca/Mg-Verhältnisse von 1,2 verursachen. Lediglich die Quellen 502 und 722 sind als Ausnahmen im Süden zu bezeichnen und weisen eine hohe Verhältniszahl und einen breiten Schwankungsbereich auf.

Im Nordteil stechen hingegen die Quellen 159, 174 und eventuell noch die Quelle 253 durch ihre niedrigen Verhältniszahlen ebenso als Ausnahmen hervor. Zudem sind die Ca/Mg-Verhältnisse der nördlich gelegenen Quellen mit Ausnahme der Quellen 110, 159, 174, 204 und 402 durchwegs sehr hohen Schwankungen unterworfen.

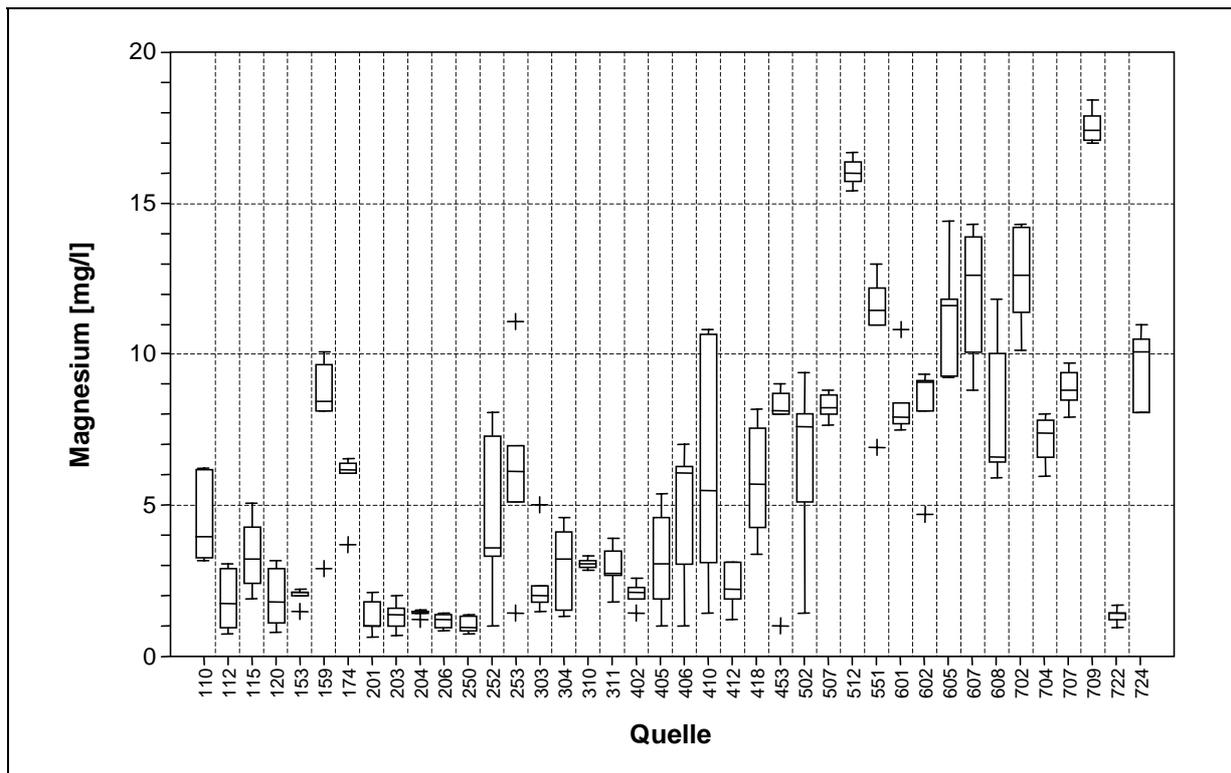


Abb. 16: Dachstein – Magnesium – 40 Quellen zu fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichem Abstand – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

Erste Auswertungen in HERLICKA & LORBEER (1994) haben gezeigt, daß die Mediane von Calcium und Magnesium in den Wintermonaten November 1991 und Februar 1992 gegenüber den restlichen Monaten leicht erhöht waren.

Abb. 18 zeigt die jahreszeitlichen Schwankungen des Ca/Mg-Verhältnisses, wobei in den Wintermonaten die Medianwerte deutlich erniedrigt sind als zu Zeiten der Schneeschmelze. Dies hat zum Teil ihren Grund in der unterschiedlichen Lösbarkeit und Kluffcharakteristik von Kalk und Dolomit. Ist die Kontaktzeit des Grundwassers mit dem Gestein sehr kurz (bei Schneeschmelze oder Hochwasser) so löst sich im Vergleich zu Calcium weniger Magnesium, was sich in einem höheren Ca/Mg-Verhältnis widerspiegelt. Des weiteren fallen bei niedrigem Bergwasserstand die aus der darunterliegenden dolomitischen Abfolge stammenden älteren Wasserkomponenten bei der Zusammensetzung der Quellwässer stärker ins Gewicht und erhöhen somit den Magnesiumanteil.

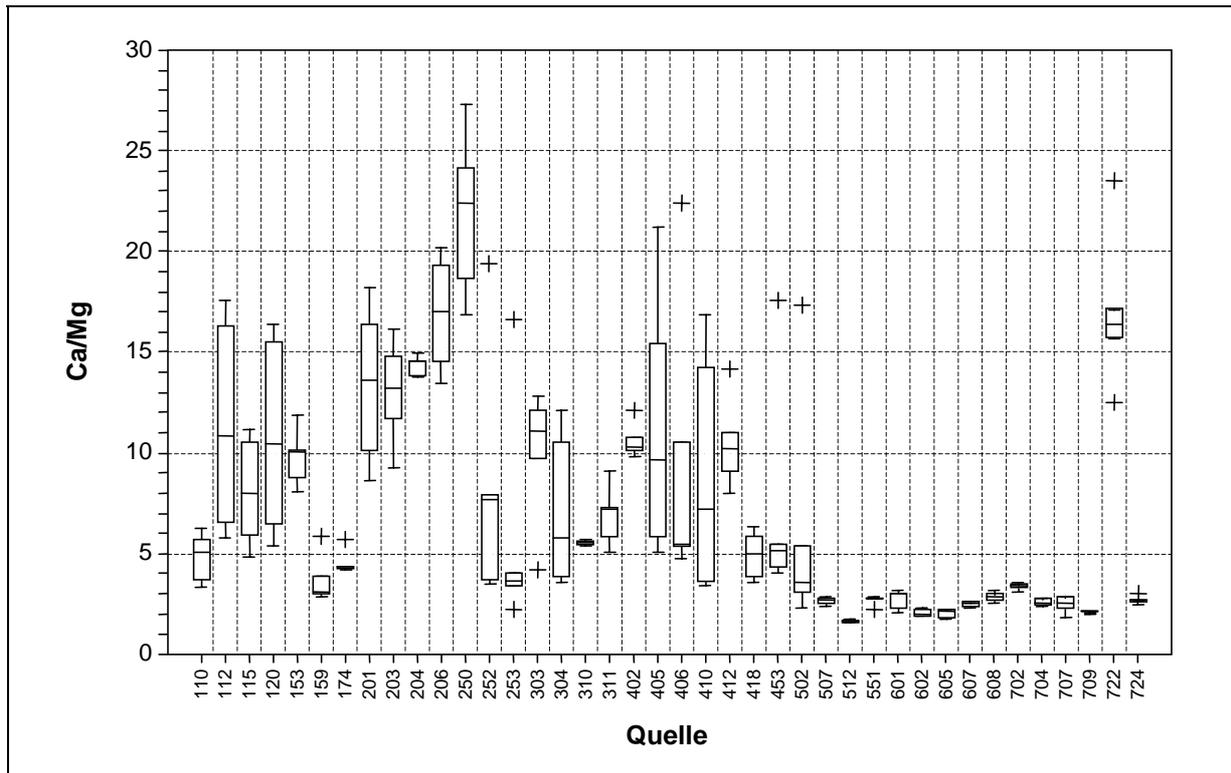


Abb. 17: Dachstein – Calcium-Magnesium Verhältnis in mmol(eq)/l – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

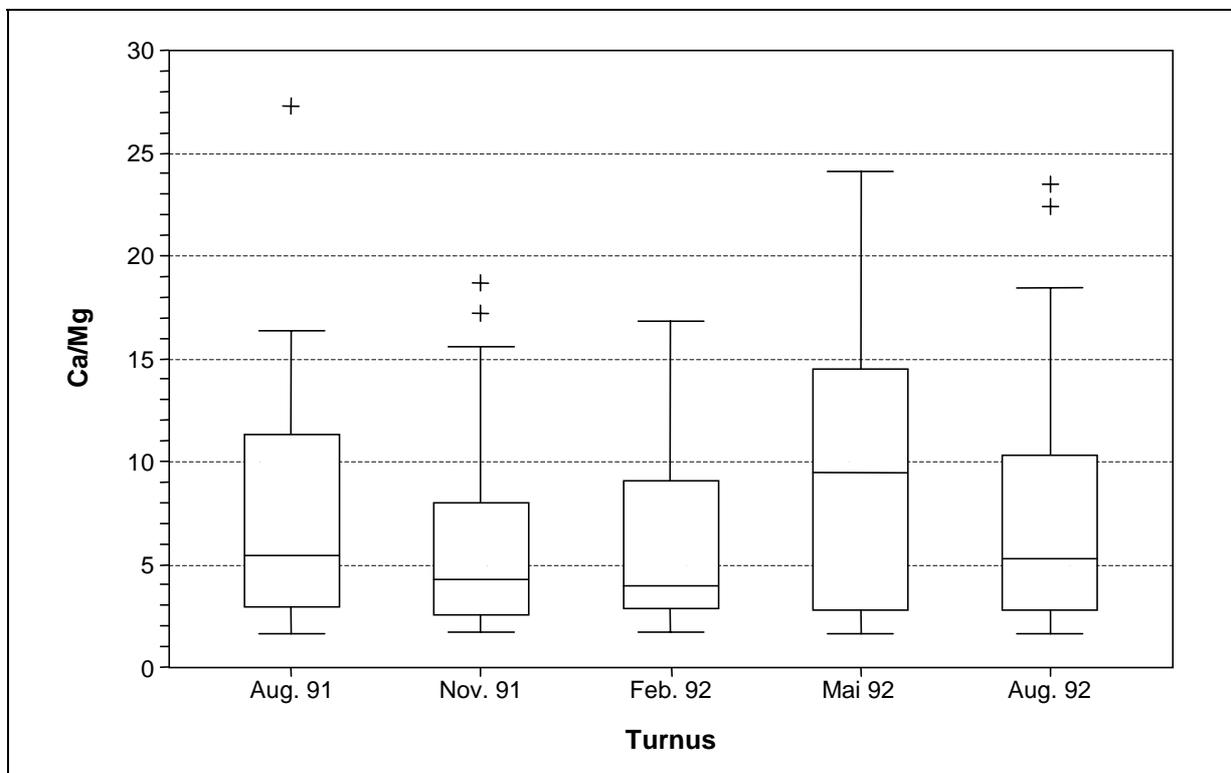


Abb. 18: Dachstein – Calcium-Magnesium Verhältnis in mmol(eq)/l – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

3.5.3 Sulfat

Laut MATTHESS (1990) geht das im Wasser gelöste Sulfat auf Gips ($\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$) und Anhydrit (CaSO_4) zurück, wobei diese, sollten sie im Einzugsbereich von Karstquellen liegen, Sulfatgehalte bis zu mehreren 100 mg/l verursachen können.

Die statistischen Kennzahlen und die Wertebereiche über die Gesamtheit der Analysedaten sind bereits zu Beginn des Kapitels in Tab. 7 aufgelistet.

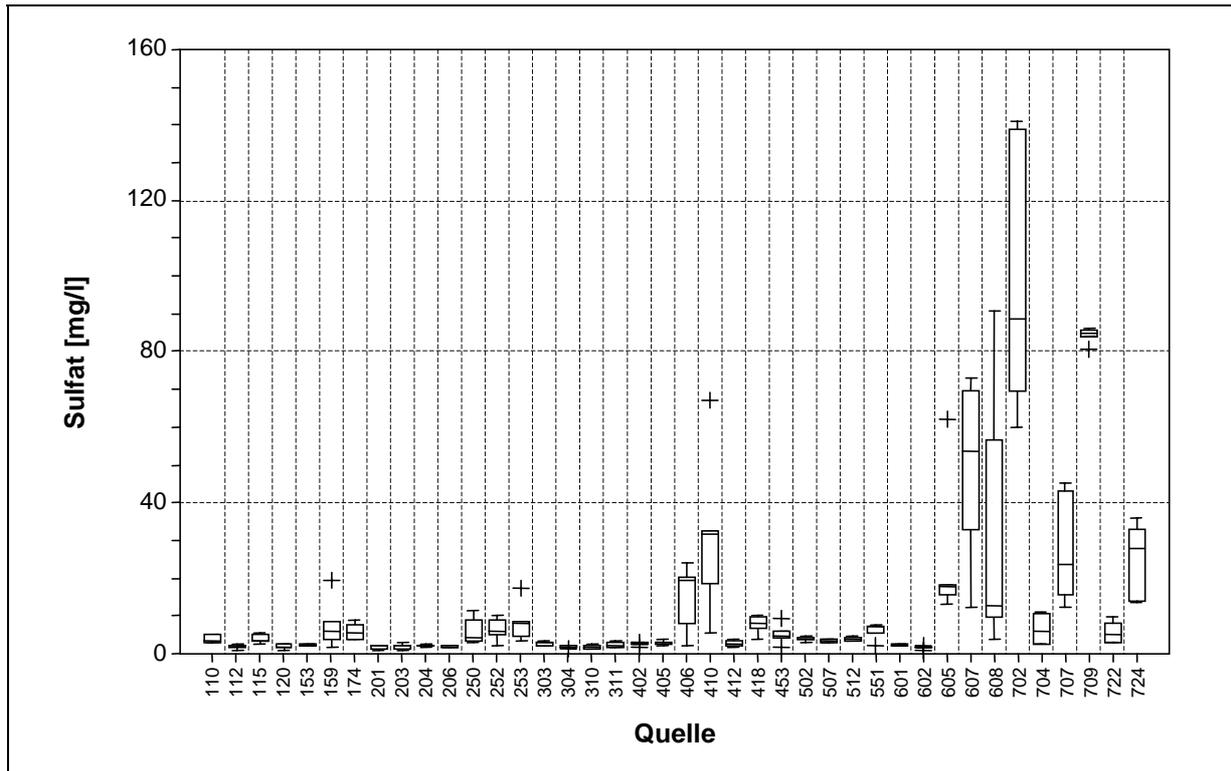


Abb. 19: Dachstein – Sulfat – 40 Quellen zu fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichem Abstand – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

Besonders in den Wintermonaten konnte eine breite Wertesteuerung des Sulfatgehalts festgestellt werden, wohingegen während der Schneeschmelze vergleichsweise niedrige Werte mit enger Streuung beobachtet wurden (HERLICKSKA & LORBEER, 1994).

In den folgenden Abb. 20 und Abb. 21 sind die $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ -Beziehungen (in mmol(eq)/l) dargestellt und nach Nord- und südlich gelegenen Quellen unterteilt.

Bei den nördlich gelegenen Quellen weisen die im Bereich Grubegg liegenden Quellen 406, 410 und 428 höhere, beträchtlichen Schwankungen unterworfenen Sulfatgehalte auf (vgl. Abb. 19 und Abb. 20). Letztere Quelle scheint in der Grafik aufgrund ihres extrem hohen Schwefelgehaltes von 224-1.212 mg/l nicht auf.

Bei den südlich gelegenen Quellen ist eine sehr deutliche Zweiteilung zu beobachten, wobei die Quellen 605 bis 724, die im Bereich Filzmoos-Ramsau (G) liegen, Sulfatgehalte bis etwa 140 mg/l (3 mmol(eq)/l) aufweisen. Bei den Quellen 605, 607, 608, 707 und 724 treten zudem größere Schwankungen der Sulfatgehalte auf. Die Quellwässer im Bereich Haus-Gröbming (F) zeigen sehr geringe Sulfatkonzentrationen. (vgl. Abb. 19 und Abb. 21)

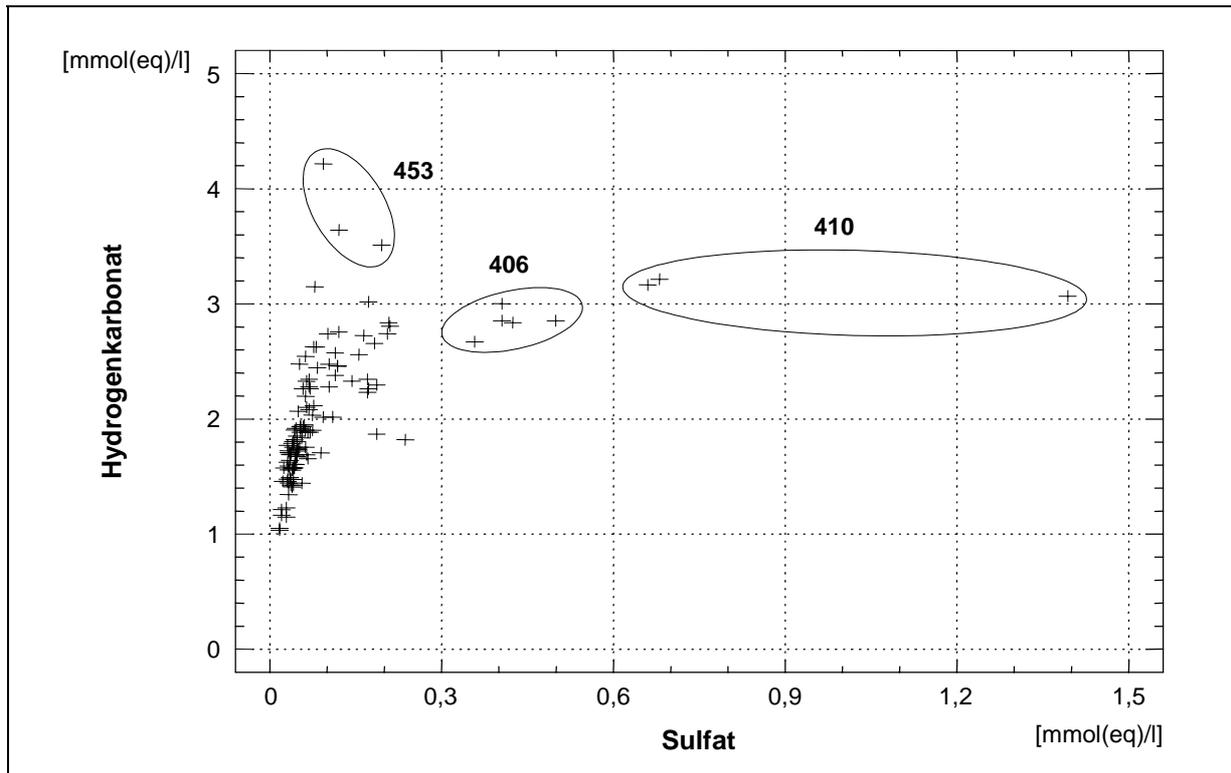


Abb. 20: Dachstein – Gegenüberstellung von Hydrogenkarbonat und Sulfat – nördlich gelegene Quellen ohne 428.

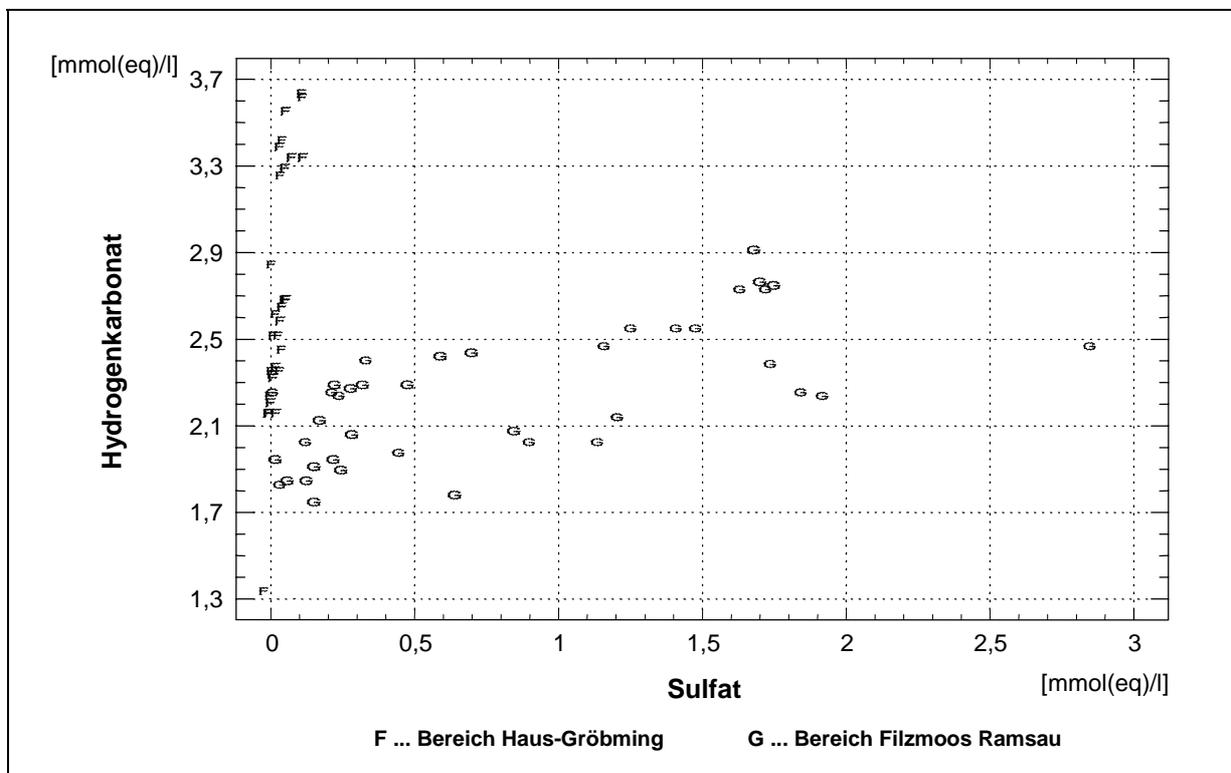


Abb. 21: Dachstein – Gegenüberstellung von Hydrogenkarbonat und Sulfat – südlich gelegene Quellen.

3.5.4 Natrium, Chlorid

Im alpinen Bereich liegt sowohl der Natrium- als auch der Chloridgehalt des Niederschlags meist unter 1 mg/l (KOVAR et al., 1990). Höhere Konzentrationen im Quellwasser sind auf geogen bedingte, saline Einflüsse zurückzuführen.

Es hat sich auch gezeigt, daß besonders im Winter die Analysewerte eine größere Streuung nach oben aufweisen (HERLICKSKA & LORBEER, 1994). Die statistischen Kennzahlen und die Wertebereiche über die Gesamtheit der Analysedaten für die Parameter Natrium und Chlorid sind bereits zu Beginn des Kapitels in Tab. 7 aufgelistet.

Das Auftreten und die Verteilung von Natrium entspricht im großen und ganzen den Häufigkeitsverteilungen von Chlorid. Bis auf wenige Ausnahmen liegen die Na-Werte der Quellwässer dabei durchwegs etwas höher als die Chloridgehalte; erhöhte Cl-Werte korrespondieren aber auf jeden Fall mit erhöhten Na-Werten. Erhöhte Natriumgehalte, die mit keiner Erhöhung der Chloridkonzentration einhergehen zeigten sich bei der Quelle 159 im Bereich Plassen und den Quellen 203, 204, 206 und 311 im Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel. Diese weisen während der Frühjahrs-Schneesmelze im Mai 1992 ihre Natrium-Maxima und gleichzeitigen Chlorid-Minima auf.

In Abb. 22 ist die jeweilige Chlorid-Verteilung und damit die saline Beeinflussung an den einzelnen Quellen ersichtlich. Besonders die Quellen 250 und 252 im Bereich Plassen zeigen eine markante saline Beeinflussung. Auch die Quelle 115, die Schwefelquelle 428 (im November 1991) und die Quelle 605 (im Februar 1992) weisen deutlich erhöhte Salzkonzentrationen auf. Im Bereich Filzmoos-Ramsau (Quellen 607, 608, 707, 709 und 724), im Bereich Kainischtraun (418 und 453) und im Raum Grubegg (406) sind leicht erhöhte Chloridkonzentration feststellbar.

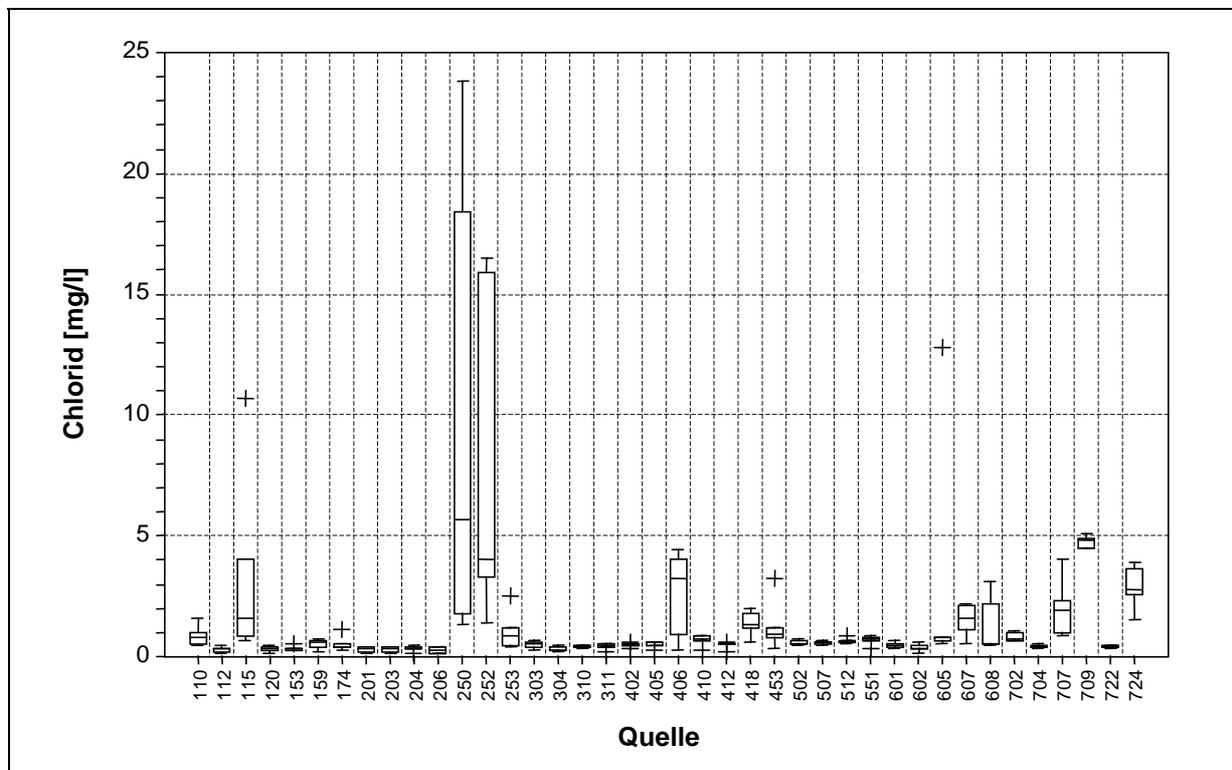


Abb. 22: Dachstein – Chlorid – 40 Quellen zu fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichem Abstand – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

3.6 Spurenelemente

Als Spurenelemente wurden hier jene Parameter zusammengefaßt, die aufgrund ihrer geringen Konzentrationen als solche zu sehen sind. Es sind dies die Parameter Fluorid (F), Bor (B), Kalium (K), Ammonium (NH₄), Nitrit (NO₂), Nitrat (NO₃) und Phosphat (PO₄). Diese Parameter können unter entsprechenden Voraussetzungen als anorganische Verunreinigungsindikatoren herangezogen werden.

Die folgende Tab. 8 gibt zu jedem Parameter einen Überblick über die Bestimmungsgrenze, die jeweilig gültigen Grundwasserswellenwerte und die statistischen Kennzahlen über die gesamten Analyseergebnisse. Die Daten stammen aus der vierteljährlichen Beprobungsreihe.

Tab. 8: Dachstein – Überblick zu den Quellmeßdaten der Spurenelemente (Aug. 91 bis Aug. 92).

Parameter [in mg/l]	GSW	BG	Min	Max	Mittelw.	Perzentile		
						25 %	50 %	75 %
Fluorid	0,9	0,05	< 0,05	0,51	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bor	0,6	0,001 bzw. 0,002	< 0,001	0,75	0,01	< 0,001	0,004	0,01
Kalium	12	0,05	< 0,05	3,01	0,22	0,08	0,14	0,28
Ammonium	0,3	0,01	< 0,01	0,169	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nitrit	0,06	0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nitrat	45	0,1	< 0,1	6,4	2,36	1,7	2,25	3,0
Phosphat	0,3	0,01	< 0,01	0,028	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

GSW ... Grundwasserswellenwert;

BG ... Bestimmungsgrenze

3.6.1 Fluorid (F)

Fluorid zählt ebenso wie Chlor zu den Halogenen und läßt somit bei Salzeinflüssen einen Zusammenhang zwischen Fluorid und Chlorid erwarten (HÜTTER, 1981). Fluor kann jedoch auch aus der Auflösung von Fluorit (CaF₂) stammen, wobei der Fluorid-Ionengehalt in Gegenwart von Ca-Ionen durch ein konstantes Löslichkeitsprodukt bestimmt ist. Höhere Fluoridgehalte sind mit Calcium-Armut verbunden (MATTHESS, 1990).

Die Schwefelquelle 428 mit den höchsten Fluoridgehalten und die Quelle 724 zeigten zu jedem Meßturnus einen quantifizierbaren Fluoridnachweis. Die Quelle 410 zeigt bei vier Meßterminen Fluorgehalte über der Bestimmungsgrenze, die Quelle 252 bei drei und die Quellen 159 und 709 bei jeweils zwei Meßterminen. Die Quellen 253, 406, 502, 551 und 605 zeigten jeweils einen Fluoridnachweis über der Bestimmungsgrenze. Mit Ausnahme der Quelle 252, die sowohl erhöhte Fluoridwerte (Nachweise im Aug. 91, Feb. 92 und Aug. 92) als auch hohe Chloridgehalte aufweist, läßt sich bei den restlichen Quellen kein derartiger Zusammenhang erkennen.

3.6.2 Bor (B)

Bor ist ein Indikator für Grundwasser-Verunreinigungen insbesondere für Abwässer, Industrieabfälle und Hausmüllablagerungen. Tetraborat ist ein Bestandteil von Waschmitteln.

Geringe Borkonzentrationen sind sehr häufig in den Quellwässern des Dachsteinmassivs nachgewiesen worden, wobei die Schwefelquelle 428 mit dem höchsten gemessenen Borwert von 0,75 mg/l (in der Meßperiode August 1991 bis August 1992) den Grundwasserschwellenwert (GSwV, BGBl. Nr. 502/1991 und BGBl. Nr. 213/1997) von 0,6 mg/l im Februar 1992 überschritt. Abb. 23 zeigt die Verteilung der Borgehalte bei den einzelnen Quellen. Die Quelle 428 wurde aufgrund ihrer hohen Werte nicht berücksichtigt.

Sämtliche Quellen im Bereich Hintertal als auch die Quellen 201 und 252 zeigten ihre Maximalwerte zur Zeit der Schneeschmelze im Mai 1992. Im Nordostteil des Dachsteinmassivs treten die Bor-Maxima im November auf, ebenso bei Quelle 512, während die Quellen 502 und 507 und die Quellen in der Gegend von Ramsau (605, 607, 608 und 702) ihre Maxima im Februar aufwiesen.

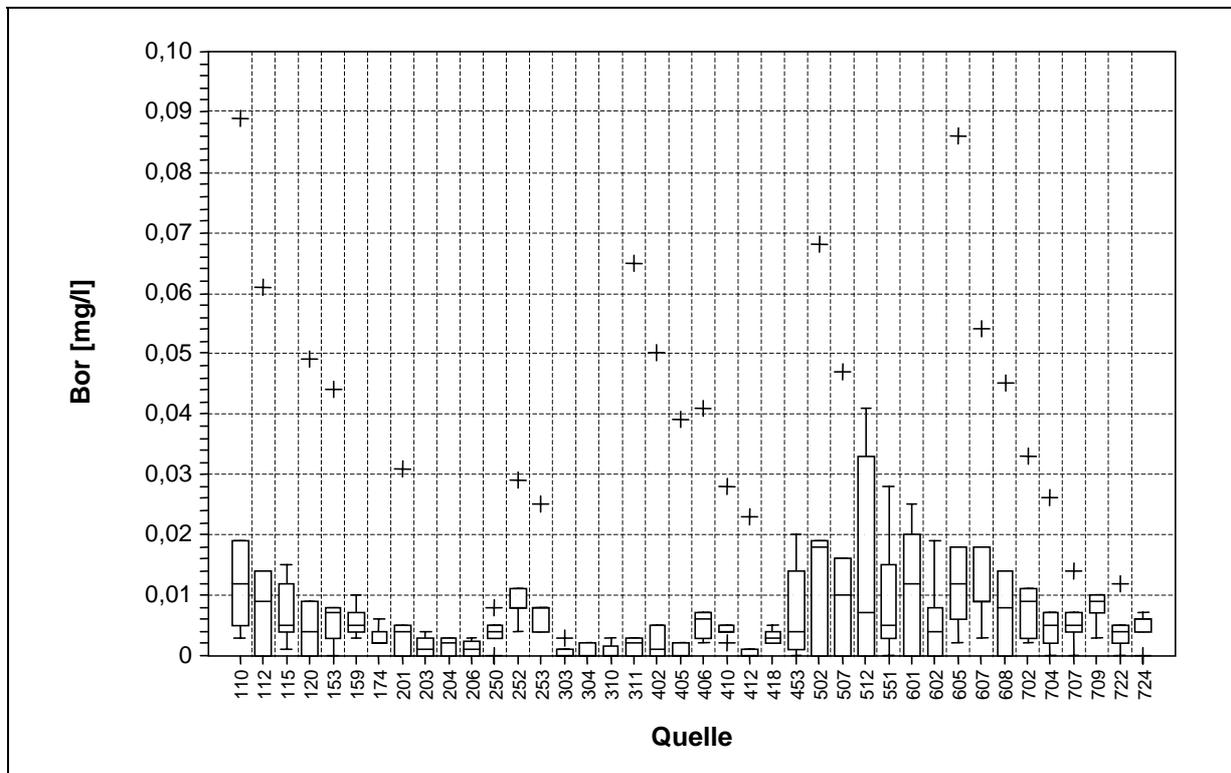


Abb. 23: Dachstein – Bor – 40 Quellen zu fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichem Abstand – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

Zusammenhänge zwischen der Konzentration von Bor und den Salinitätsindikatoren Natrium, Chlorid und Fluor wurden nicht entdeckt. Bei den Quellen 605, 607, 608 und 702 im Bereich Ramsau korrespondieren erhöhte Borkonzentrationen mit erhöhten Sulfatgehalten.

3.6.3 Kalium (K)

Kalium ist im Boden sehr stark gebunden und liegt deshalb im Quellwasser zumeist unter den Gehalten des Niederschlags, der im alpinen Bereich meist unter 1 mg/l aufweist. Erhöhte Werte können auf anthropogene Verunreinigungen verweisen, da Kalium im Rahmen der landwirtschaftlichen Nutzung als Düngemittel zugeführt wird (u. a. MATHESS, 1990).

Lediglich bei den Quellen 608 und 702 konnten im November 1991 Kaliumgehalte über 1 mg/l festgestellt werden. Der Maximalwert betrug etwa 3 mg/l.

3.6.4 Ammonium (NH₄), Nitrit (NO₂), Nitrat (NO₃)

Stickstoffverbindungen aus natürlichen Quellen werden dem Boden unter anderem über den Niederschlag zugeführt, wobei der Ammoniumgehalt im Regenwasser zwischen 0,01 und 1 mg/l betragen kann; die Nitratwerte können zwischen 0,3 und 2,5 mg/l variieren (MATHESS, 1990).

Organisch gebundener Stickstoff wird durch biologische Vorgänge in Gegenwart von Sauerstoff über Aminosäuren und Ammonium zu Nitrit und letztlich Nitrat oxidiert. Nitrat kann auch von verschiedenen Organismen zu Ammonium und elementarem Stickstoff reduziert werden. Einerseits bilden Knöllchenbakterien bzw. andere Bakterien und Algen durch die Oxidation von atmosphärischem Stickstoff Nitrat, andererseits wird infolge des Laubfalls oder Absterbens von Pflanzen Nitrat freigesetzt. Wird dieses Nitrat ausgewaschen, so kann es ins Grundwasser gelangen. (MATHESS, 1990).

Insbesondere in forstwirtschaftlich genutzten Gebieten können Kahlschläge aufgrund der Freisetzung und Auswaschung von Nitrat im Wurzelbereich bzw. durch Erosionsvorgänge stark erhöhte Nitratwerte im Grundwasser bewirken (ECE, 1994).

Da die Aufnahme- und Filterwirkung der oft sehr dünnen Bodendeckschichte in alpinen Karstgebieten sehr eingeschränkt ist, erhöht eine intensive Weidenutzung die Nitratgehalte in den Karstquellwässern ebenso, wie fäkale Verunreinigungen durch unzureichende Abwasserentsorgung bei touristischen Einrichtungen im Gebirge.

In Verbindung mit anderen Inhaltsstoffen gilt das Vorkommen von Ammonium als auch von Nitrat als guter Indikator für fäkale Verunreinigungen (HÖLL, 1986).

Ammonium wurde bei der gegenständlichen Untersuchung in 17 Fällen nachgewiesen, die höchsten Werte waren bei der Schwefelquelle 428 zu verzeichnen. Der Grundwasserswellenwert von 0,3 mg/l laut Grundwasser-Schwellenwertverordnung (BGBl. Nr. 502/1991 und BGBl. Nr. 213/1997) wurde nicht überschritten.

Geringe Nitritwerte im Quellwasser können aus der unvollständigen Umwandlung von Ammonium zu Nitrat stammen (HERLICKA & LORBEER, 1994). Im Untersuchungszeitraum wurde Nitrit zweimal nachgewiesen (Nachweisgrenze: 0,005 mg/l), der Grundwasserswellenwert von 0,06 mg/l wurde jedoch nicht überschritten.

Die Nitratwerte der Quellwässer liegen in einem Bereich von < 0,1 mg/l bis 6,4 mg/l. Mit Ausnahme der Quellen 551 und 707 schwanken die Nitratwerte der südlich gelegenen Quellen in einem sehr engen Bereich, auch liegen die Mediane der am Südwesthang des Dachsteins gelegenen Quellen mit Ausnahme der Quelle 707 etwas niedriger als bei den übrigen Quellen – siehe Abb. 24.

Eine gemeinsame Übersicht aller quantifizierbaren Analyseergebnisse für Ammonium und Nitrit samt den korrespondierenden Nitratwerten ist in Tab. 9 zusammengestellt. Abgesehen von fäkalen Verunreinigungen kann bei der Quelle 428 das reduzierende Milieu (Sauerstoffgehalt < 2,4 mg/l) verantwortlich sein für die hohen Ammonium- bzw. Nitritwerte und für die Nitratgehalte, die unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 mg/l lagen.

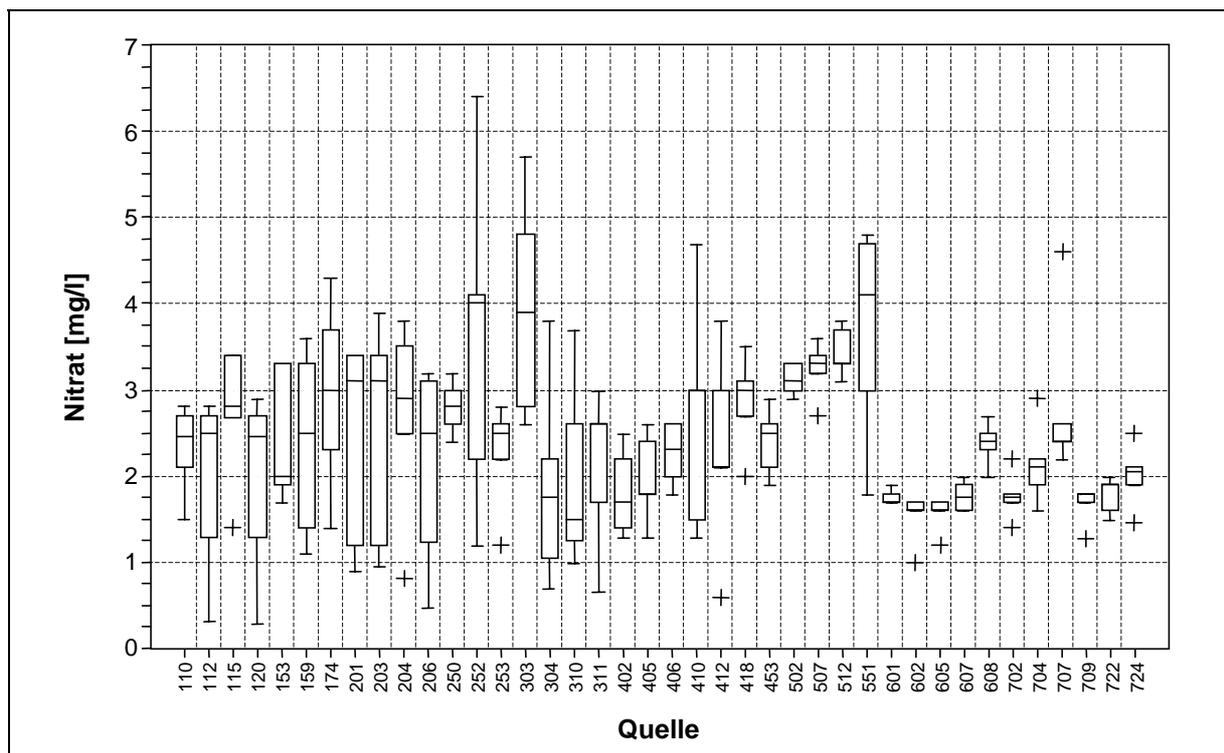


Abb. 24: Dachstein – Nitrat – 40 Quellen zu fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichem Abstand – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

Tab. 9: Dachstein – Quellen mit positiven Nachweisen von Ammonium oder Nitrit (in mg/l).

Quelle/Turnus	August 91	November 91	Februar 92	Mai 92	August 92
110	NH ₄ 0,028	–	–	–	–
	NO ₂ –	–	–	–	–
	NO ₃ 2,4	2,7	2,5	2,1	2,8
201	NH ₄ –	–	0,017	–	–
	NO ₂ –	–	–	–	–
	NO ₃ 0,9	3,1	3,4	3,4	1,2
252	NH ₄ –	–	0,015	–	–
	NO ₂ –	–	–	–	–
	NO ₃ 1,2	6,4	4,1	2,2	4,0
253	NH ₄ –	–	–	–	0,019
	NO ₂ –	0,016	–	–	–
	NO ₃ 1,2	2,5	2,6	2,8	2,2
402	NH ₄ –	0,045	0,037	0,044	0,023
	NO ₂ –	–	–	–	–
	NO ₃ 1,4	1,7	2,5	2,2	1,3
428	NH ₄ 0,158	0,169	0,162	0,065	0,143
	NO ₂ 0,012	–	–	–	–
	NO ₃ < 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
551	NH ₄ –	–	0,015	–	–
	NO ₂ –	–	–	–	–
	NO ₃ 4,8	4,1	4,7	1,8	3,0
601	NH ₄ –	0,027	–	–	0,112
	NO ₂ –	–	–	–	–
	NO ₃ 1,9	1,7	1,8	1,7	1,7
724	NH ₄ –	0,025	–	–	–
	NO ₂ –	–	–	–	–
	NO ₃ 2,1	2,1	1,9	2,5	2,0

3.6.5 Orthophosphat

Ebenso wie Ammonium und Nitrit gilt Orthophosphat in Verbindung mit anderen Parametern als Indikator für fäkale Verunreinigungen (HÖLL, 1986).

Der Grundwasserswellenwert (GSwV, BGBl. Nr. 502/1991 und BGBl. Nr. 213/1997) liegt bei 0,3 mg/l und wurde in keinem Fall überschritten. Wie bereits im Band 1 vermerkt, erfolgten gehäufte Nachweise von Orthophosphat im Probenahmezyklus August 1992 und ein Vergleich mit den bakteriologischen Analyseergebnissen läßt auf fäkale Verunreinigungen schließen (HERLICKSKA & LORBEER, 1994). In Tab. 10 sind sämtliche positiven Nachweise von Orthophosphat (Nachweisgrenze: 0,01 mg/l) aufgelistet.

Tab. 10: Dachstein – Quellen mit Nachweisen von Orthophosphat – Angaben in mg/l.

Quelle	August 91	November 91	Februar 92	Mai 92	August 92
204		0,02		0,014	
206		0,02			0,010
250			0,017		
252				0,021	
253					0,021
303					0,014
304					0,014
311					0,010
406					0,013
410					0,011
418					0,013
428	0,028				0,012
709			0,016		
724			0,017		

3.6.6 Metalle

In den Quellwässern des Dachsteins wurden die Gehalte folgender Metalle analysiert: Eisen, Mangan, Zink, Cadmium, Quecksilber, Kupfer, Aluminium, Blei, Nickel, Arsen, Selen, Barium und Strontium. Selen wurde lediglich in den ersten drei Meßzyklen der vierteljährlichen Beprobungsreihe analysiert, Barium, Strontium und Aluminium in den beiden letzten. Die untersuchten Metalle wurden bereits im Band 1 beschrieben und statistisch ausgewertet.

Es wurde festgestellt, daß während der Schneeschmelze (Mai 1992) die Eisen-, Aluminium- und Nickelgehalte ihre höchsten Werten zeigen. Im Februar traten besonders häufig Zink- und Kupfergehalte auf, die über der Bestimmungsgrenze lagen. Die Gehalte an Mangan, Cadmium, Strontium und Barium zeigten im August 1992 ihre höchsten Mediane. Blei wurde nur vereinzelt in den Quellwässern in quantifizierbaren Mengen festgestellt, wobei im August 1991 die meisten Nachweise über der Bestimmungsgrenze erfolgten.

Quecksilber, Arsen und Selen zeigten keine quantifizierbaren Nachweise.

Die folgende Tab. 11 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Wertebereiche der Analyseergebnisse und statistische Kennzahlen.

Tab. 11: Dachstein – Überblick zu den Quellmeßdaten der Metallgehalte (in mg/l).

Metall [in mg/l]	GSW	MBG	Min	Max	Mittelw.	Perzentile		
						25 %	50 %	75 %
Blei	0,03	0,0005 bzw. 0,001	< 0,0005	0,0026	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Eisen	0,1 (RW)	0,001	< 0,001	0,308	0,011	0,001	0,005	0,0125
Mangan	0,05 (RW)	0,001	< 0,001	0,198	0,003	< 0,001	< 0,001	0,001
Aluminium	0,12	0,007 bzw. 0,015	< 0,007	0,087	0,017	< 0,007	0,01	0,024
Nickel	0,03	0,001 bzw. 0,002	< 0,001	0,015	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zink	1,8	0,001	< 0,001	0,091	0,002	< 0,001	< 0,001	0,002
Kupfer	0,06	0,0005 bzw. 0,001	< 0,0005	0,0187	0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,0006
Strontium		0,001	< 0,001	3,88	0,158	0,024	0,041	0,07
Barium		0,001	< 0,001	0,032	0,008	0,003	0,005	0,012
Cadmium	0,003	0,00005	< 0,00005	0,0018	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005

GSW ... Grundwasserschwellenwert; (RW) ... Richtwert; MBG ... Bestimmungsgrenze

Blei: Im Meßzyklus August 1991 (starkes sommerliches Hochwasser) wurden zwar generell die niedrigsten Metallgehalte nachgewiesen, einzig Blei trat relativ häufig im Westteil des Dachsteinmassivs bei den Quellen 112, 120, 201, 203, 304, 707 und 724 auf, die mit dem Hoch- und Gletscherbereich in Verbindung stehen dürften. Die Quelle 201 zeigte als einzige einen mehrfachen quantifizierbaren Nachweis von Blei und zwar im Mai und August 1992.

Eisen: Der Median von Eisen ist während der Schneeschmelze am höchsten. Der Maximalwert von 0,31 mg/l trat bei der Quelle 159 im November 1991 auf und überschritt die zulässige Höchstkonzentration von 0,2 mg/l lt. Trinkwasserverordnung (BGBl. Nr. 235/1998). Bei der Quelle 201 trat im Mai 1992 eine weitere hohe Eisenkonzentration im Quellwasser auf und unterschritt mit einem Analysewert von 0,19 mg/l den Grenzwert nur knapp. Bei der Gesamtbetrachtung der Eisengehalte in den Karstquellwässern läßt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den nördlich und den südlich gelegenen Quellen erkennen. Die nördlich gelegenen Quellen weisen mit Ausnahmen der Quellen 110 und 303 eine höhere Schwankungsbreite und einen höheren Median auf als die südlich gelegenen.

Mangan: Bei Mangan ist wie bei Eisen die Nord-Süd-Teilung deutlich zu beobachten, denn dieses Metall wurde bei den Südlich gelegenen Quellen lediglich in den Wintermeßzyklen November und Februar bei den Quellen 551, 601, 608, 709 und 724 in geringen quantifizierbaren Konzentrationen nachgewiesen. Die Maximalgehalte wies die Schwefelquelle 428 auf, die den Grenzwert der österreichischen Trinkwasserverordnung von 0,05 mg/l in den vier Meßzyklen Aug. 91 (0,198 mg/l), Nov. 91 (0,061 mg/l), Feb. 92 (0,095 mg/l) und Aug. 92 (0,062 mg/l) überschritt. Die Quelle 159 überschritt den Grenzwert im November 1991 mit 0,053 mg/l knapp und Quelle 153 zeigte im November einen ebenfalls erhöhten Manganwert von 0,034 mg/l. Die restlichen Mangangehalte lagen alle unter 0,007 mg/l.

Aluminium wurde in den Meßzyklen Mai und August 1992 analysiert. Nach den Auswertungen im Band 1 lagen während der Schneeschmelze im Mai 1992 unter Zugrundelegung der

damals geltenden Fassung der Grundwasserschwellenwertverordnung (GSwV, BGBl. Nr. 502/1991) sechs Überschreitungen des Grundwasserschwellenwertes von 0,06 mg/l vor und zwar bei den Quellen 428, 704, 115, 250, 252 und 206. Im Meßturnus August 1992 wurden bei vier Quellen (250, 412, 418 und 428) Aluminiumgehalte über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen, wobei die Schwefelquelle 428 den Grundwasserschwellenwert mit einem Gehalt von 0,083 mg/l wiederum überschritt.

Mit der Abänderung der Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. Nr. 213/1997) wurde der Schwellenwert für Aluminium von 0,06 mg/l auf 0,12 mg/l hinaufgesetzt, womit sich bei einem nachgewiesenen Maximalwert von 0,087 mg/l die einstigen Überschreitungen wieder im zulässigen Rahmen bewegen.

Nickel: Ähnlich wie bei Aluminium traten erhöhte Nickelgehalte speziell während der Schneeschmelze im Mai 1992 auf, der Maximalwert von 0,015 mg/l, festgestellt bei der Quelle 418, blieb jedoch unter dem derzeit geltenden Grundwasserschwellenwert von 0,03 mg/l. Dieser Schwellenwert wurde zwischenzeitlich durch die Abänderung der Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. Nr. 213/1997) von 0,06 mg/l auf 0,03 mg/l erniedrigt. Bei der Quelle 159 und der Schwefelquelle 428 konnten bei drei Meßturni Nickelgehalte über der Bestimmungsgrenze festgestellt werden, bei den Quellen 153, 174, 201, 204, 304 und 453 je zweimal. Im Meßzyklus August 1991 lagen die Nickelgehalte sämtlicher Quellwässer unter der Bestimmungsgrenze.

Zink wurde hauptsächlich im Februar 1992 in den Quellwässern des Dachsteins gefunden, wobei der Maximalwert von 0,091 mg/l bei der Koppenwinkellacke (310) festgestellt wurde – der Grundwasserschwellenwert liegt bei 1,8 mg/l. Erhöhte Zinkwerte sind in den Quellen des Ostteils (Bereich Kainischtraun, Grubegg) feststellbar.

Kupfer tritt besonders während der Wintermonate auf, der Maximalwert von 0,0187 mg/l war jedoch im Mai 1992 beim Waldbachursprung (201) zu verzeichnen. Während Kupfergehalte über der Bestimmungsgrenze besonders gehäuft im Nordwestteil des Dachsteinmassivs (Bereich Plassen und Waldbachursprung) auftreten, sind sie im Süden nur vereinzelt nachweisbar.

Strontium wurde im Mai und August 1992 bestimmt und die Gehalte lagen im August über jenen im Mai. Die Maximalwerte wurden bei der Schwefelquelle 428 festgestellt und lagen im Bereich von 3,8 mg/l. Ein Großteil der Quellen weist Strontiumgehalte zwischen 0,02 und 0,07 mg/l auf. Sowohl die Quellen im Bereich Grubegg als auch die Quellen 605, 607, 702, 703, 707, 709 und 724 im Bereich Filzmoos-Ramsau und nicht zuletzt die Quelle 110 liegen über dem Durchschnittsgehalt.

Barium: Das Auftreten von Barium entspricht dem von Strontium und es konnten ebenso im August 1992 die höchsten Werte festgestellt werden. Der Großteil der Quellwässer weist Gehalte zwischen 0,003 und 0,012 mg/l auf. Die Quelle 453 und sämtliche Quellen im Bereich Haus-Gröbming (502 bis 602) zeigten maximal einen Nachweis über der Bestimmungsgrenze, hingegen lagen die Bariumkonzentrationen bei den Quellen 159, 310, 428, 605, 607, 707, 709 und 724 überdurchschnittlich hoch.

Cadmium: Im Probenahmezyklus August 1992 wurde in 19 von 24 Fällen Cadmium über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die Konzentrationen lagen relativ niedrig, das Maximum trat bei der Quelle 153 im August 1992 mit 0,0018 mg/l auf. Sämtliche Quellen im Bereich Hintertal und die Quellen im Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel, welche zu den vom Hoch- und Gletscherbereich des Dachsteins beeinflussten zählen, zeigten quantifizierbare Cadmiumgehalte im Quellwasser.

3.7 Chlorierte Kohlenwasserstoffe

Um einen Überblick über das Vorkommen und die Größenordnung der in den Karstquellwässern auftretenden organischen Spurenverunreinigungen zu bekommen, wurden im Rahmen der Untersuchungen im Bereich Dachstein umfangreiche Analysen mit sehr tief angesetzten Nachweisgrenzen vorgenommen (HERLICKSKA & LORBEER, 1994). Nachfolgend werden die Ergebnisse aus dem Band 1 zu den am häufigsten nachgewiesenen Substanzen tabellarisch zusammengefaßt (siehe Tab. 12).

Folgende Substanzen konnten in den fünf Probenahmezyklen nicht nachgewiesen werden: 1,1,2-Trichlorethan, Trichlornitromethan, 1,1-Dichlorethen, 1,2-Dichlorethen, 1,1,2,2-Tetrachlorethan, verschiedene Polychlorierte Biphenyle, Atrazin, Lindan.

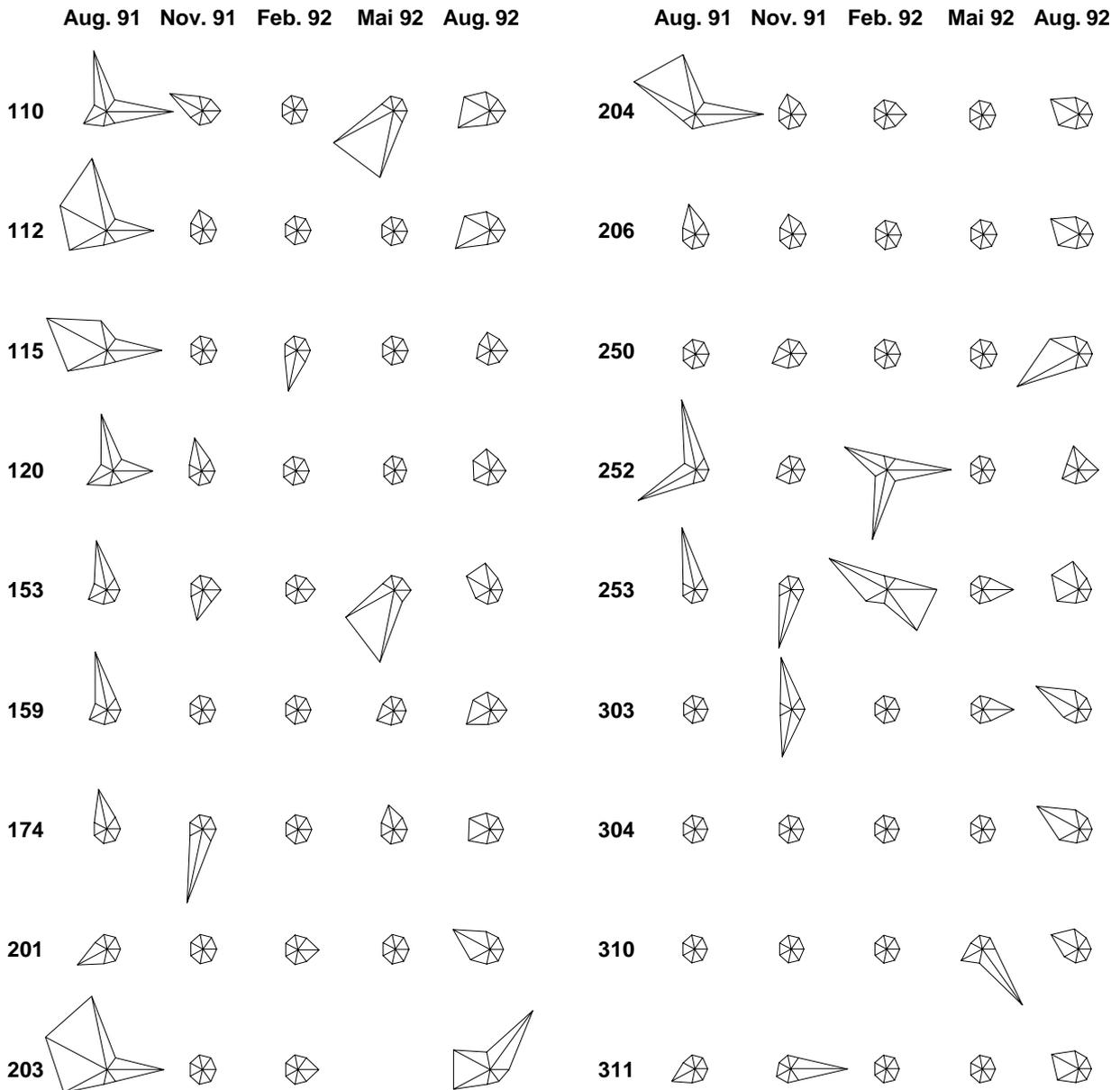
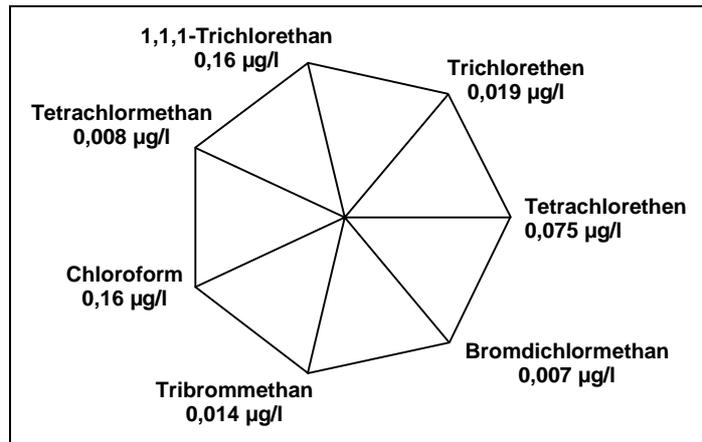
Abb. 25 stellt das Auftreten der am häufigsten nachgewiesenen chlorierten Kohlenwasserstoffe zu den jeweiligen Meßzyklen an den einzelnen Quellen in Form eines Star Plots dar.

Tab. 12: Dachstein – Übersicht der Auswertungen zu den chlorierten Kohlenwasserstoffen.

Parameter [Angaben in µg/l]	Mindestbestimmungsgrenze (WGEV, BGBl. Nr. 338/91)	Schwellenwert (GSwV, BGBl. Nr. 502/1991 und 213/1997)	Konzentration in den Schneeproben (Gletscherbereich)	Maximalwert im Quellwasser	Bemerkung
Tetrachlorethen	0,1	6,0	0,1	0,075	erhöhte Werte im Probenahmezyklus August 1991; bei allen Probenahmezyklen in Spuren nachweisbar
Trichlorethen	0,1		0,5-0,9	0,019	viermal im November 1991 und einmalig im August 1992 nachgewiesen
1,1,1-Trichlorethan	0,1		0,7-0,9	0,16	erhöhte Werte im Probenahmezyklus August 1991; häufig nachweisbar
Tetrachlormethan	0,1	1,8		0,008	Nachweis in Einzelfällen im August 1991 und August 1992
Chloroform	0,1		0,2-0,4	0,16	häufigste Nachweise und höchste Werte im Probenahmezyklus August 1991; häufig nachgewiesen
Tribrommethan				0,014	ab November 1991 vereinzelt nachgewiesen
Bromdichlormethan				0,007	im Mai 1992 relativ häufig nachgewiesen
Dibromchlormethan					Nachweis bei Quelle 253 im Februar 1992 mit 0,003 µg/l
Dichlormethan	20,0				Nachweis bei Quelle 174 im Februar 1992 mit 4,62 µg/l

Abb. 25: Dachstein – Übersicht über das Auftreten von chlorierten Kohlenwasserstoffen in den einzelnen Quellwasserproben (Star Plot).

Anmerkung: Die beigegefügte Werte entsprechen den aufgetretenen Maxima und erzeugen den längstmöglichen Strahl.



	Aug. 91	Nov. 91	Feb. 92	Mai 92	Aug. 92		Aug. 91	Nov. 91	Feb. 92	Mai 92	Aug. 92
402						601					
405						602					
406						605					
410						607					
412						608					
418						702					
428						703					
453						704					
502						707					
507						709					
512						722					
551						724					

Es ist ersichtlich, daß bei jeder Quelle zu mindestens einem Probenahmezyklus organische Spurenverunreinigungen nachgewiesen werden konnten. Speziell im Meßturnus August 1992 lagen lediglich bei fünf im Süden gelegenen Quellen die Gehalte der chlorierten Kohlenwasserstoffe unter den jeweiligen Nachweisgrenzen.

Im August 1991 zeigten die Nord-Quellen, die aus dem Gletscher- und Hochbereich des Dachsteinmassivs alimentiert werden, gehäufte quantifizierbare Gehalte an chlorierten Kohlenwasserstoffen. Bei den südlich gelegenen Quellen ist eine deutliche Zweiteilung zu erkennen, wobei die Quellen im Bereich Filzmoos-Ramsau nur sehr vereinzelt CKW aufweisen, die Quellen im Bereich Haus-Gröbming hingegen relativ stärker belastet sind.

Die wenigsten quantifizierbaren Nachweise waren im Februar 1992 zu verzeichnen.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß die analysierten Gehalte zumeist weit unter den Mindestbestimmungsgrenzen laut Wassergütererhebungsverordnung WGEV (BGBl. 338/1991) liegen.

3.8 Umweltisotopen (Deuterium, Sauerstoff-18)

Das Wasserstoffisotop Deuterium (^2H) und das Sauerstoffisotop ^{18}O sind im natürlichen Wasserkreislauf in geringen Mengen enthalten. Analysewerte von Deuterium und Sauerstoff-18 werden in ‰ angegeben und zwar als Abweichung von einem standardisierten Wert, dem V-SMOW (= Vienna – Standard Mean Ocean Water), der von der IAEA (Internationale Atomenergiebehörde) 1966 als Standard definiert wurde und dem mittleren Isotopenverhältnis des Wassers im Ozean entspricht (HUMER, 1995).

Für das Projekt „Karstwasser Dachstein“ wurden während der Probenahmen gezogene Rückstellproben auf die stabilen Isotope Deuterium und Sauerstoff-18 analysiert.

Tab. 13 vergleicht die statistischen Kenndaten des vierteljährlichen Beprobungszyklus (40 Quellen zu je fünf Meßterminen) mit den statistischen Kennzahlen der längsten Beobachtungsreihen (13 Quellen zu 16 monatlichen und fünf vierteljährlichen Meßterminen).

Tab. 13: Dachstein – Statistische Kennzahlen der Umweltisotopen Sauerstoff-18 und Deuterium in ‰.

Parameter	Beprobungsreihe	Anzahl Werte	Min	Max	Mittelw.	Perzentile		
						25 %	50 %	75 %
Sauerstoff-18 [‰]	40 Quellen vierteljährlich	205	-14,9	-10,2	-12,21	-12,8	-12,3	-11,6
	13 Quellen vierteljährlich und monatlich	267	-15,0	-9,4	-12,48	-12,9	-12,5	-12,1
Deuterium [‰]	40 Quellen vierteljährlich	205	-107,1	-71,0	-86,93	-91,6	-87,4	-82,1
	13 Quellen vierteljährlich und monatlich	267	-108,6	-64,7	-89,21	-93,0	-89,9	-86,2

vierteljährliche Beprobung von Aug. 91 bis Aug. 92, monatliche Beprobung von März 93 bis Juni 94

Die Ursache für die Abweichung zwischen den beiden Meßreihen liegt darin, daß bei der vierteljährlichen Beprobung (Aug. 91 bis Aug. 92) zwei Augustwerte in der Statistik auftreten, die den Maximalwerten im Jahresgang entsprechen, während bei der monatlichen Beprobungsreihe (März 92 bis Juni 94) die Frühjahrsmonate März bis Juni doppelt im Jahresgang auftreten, welche den Minimalwerten im Jahresgang entsprechen.

Da eine starke Beziehung zwischen Deuterium und Sauerstoff-18 besteht, angenähert durch die Globale Meteorologische Wasser Linie (Global Meteoric Water Line), gilt diese Erklärung für beide Isotope (siehe Abb. 26). Die eingetragene Linie der Global Meteoric Water Line entspricht einer Näherungsgeraden mit der Beziehung $\delta^2H = 8 \times \delta^{18}O + 10$. Ausgehend von der Global Meteoric Water Line definierte Dansgaard das Maß für die Abweichung von dieser Geraden als Deuteriumexzeß mit $d_D = \delta^2H - 8 \times \delta^{18}O$. Üblicherweise liegen die Werte der Exzesse um zehn und Abweichungen von diesem Wert sind auf dynamische Effekte bei der Verdunstung oder Kondensation zurückzuführen (MOSER & RAUERT, 1980).

An den stabilen Isotopen Deuterium und Sauerstoff-18 läßt sich eine deutliche Nord-Süd Gliederung der Quellen erkennen. Der Schwankungsbereich der südlich gelegenen Quellen ist wesentlich ausgeglichener und der Wertebereich liegt deutlich niedriger als bei den nördlich gelegenen Quellen, die sich im Größenbereich des Niederschlags am Krippenstein bewegen. In der nachfolgenden Abb. 27 erkennt man am Beispiel des Sauerstoff-18 sehr deutlich die unterschiedliche Schwankungsbreite zwischen den Nord- und Süd-Quellen, wobei die Quelle 110 eine Ausnahme darstellt und in ihrem Erscheinungsbild den südlich gelegenen Quellen zuzurechnen ist, während die Quelle 602 dem Erscheinungsbild der nördlich gelegenen Quellen entspricht.

Die am Nordrand des Dachsteinmassivs gelegenen Quellen (inkl. Quelle 602) weisen einen Schwankungsbereich zwischen -14,86 und -10,23 ‰ auf und die Analyseergebnisse der südlich gelegenen Quellen (inkl. Quelle 110) liegen zwischen -13,46 und -11,57 ‰.

Es läßt sich bei den im Nordteil des Dachsteinmassivs gelegenen Quellen ein sehr ausgeprägter Jahresgang feststellen, wohingegen die südlich gelegenen Quellen eine sehr gleichmäßige Ganglinie zeigen (siehe Abb. 28 und Abb. 29), was auf eine gute Durchmischung des Quellwassers bzw. eine längere Aufenthaltszeit im Untergrund deutet. Detaillierte Auswertungen zu den Umweltisotopen finden sich im anschließenden Kapitel 1.

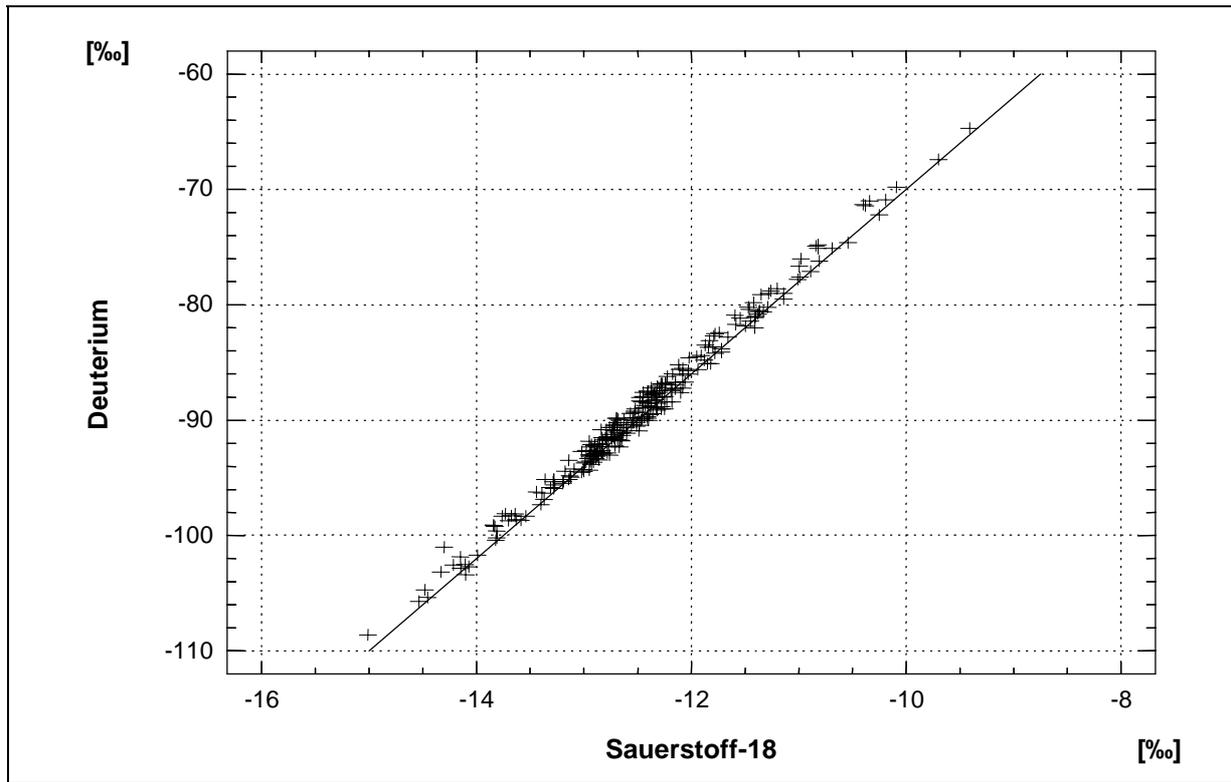


Abb. 26: Dachstein – Deuterium/Sauerstoff-18 und Global Meteoric Water Line.

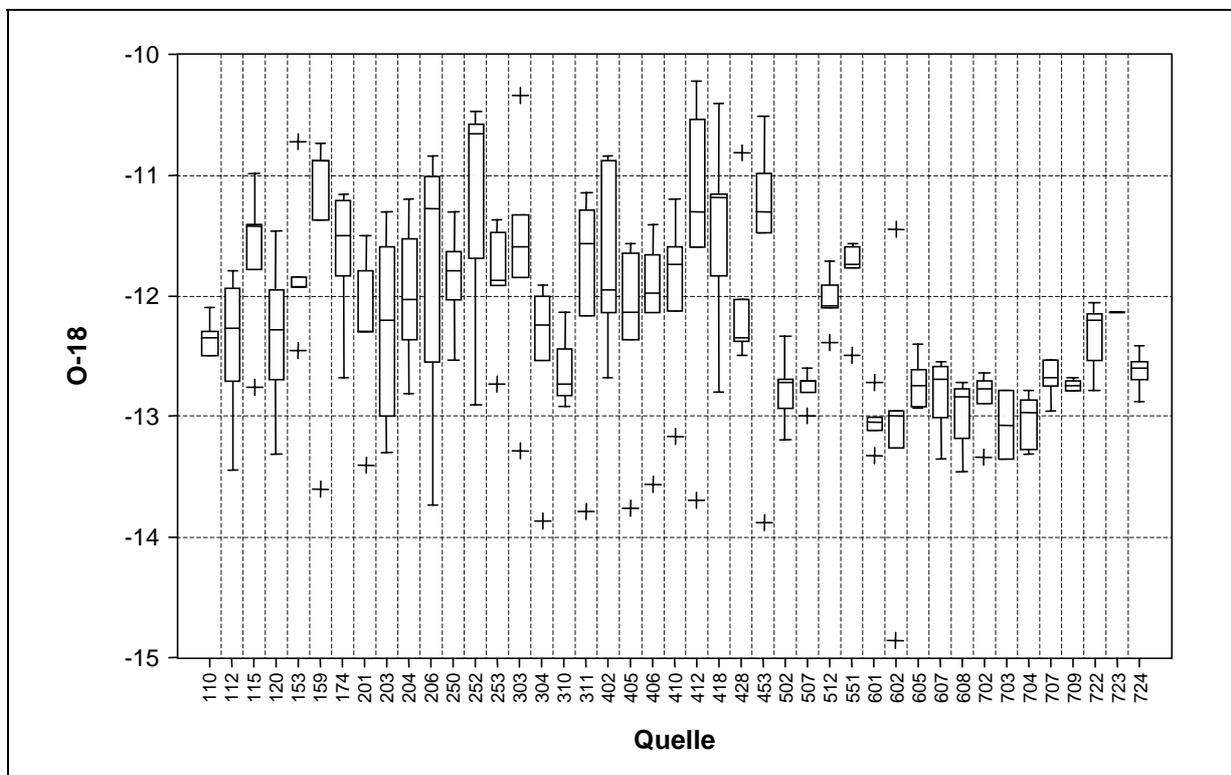


Abb. 27: Dachstein – Sauerstoff-18 – fünf Probenahmeterminen in vierteljährlichem Abstand – Aug. 91 bis Aug. 92 (Multiple Box-and-Whisker Plot).

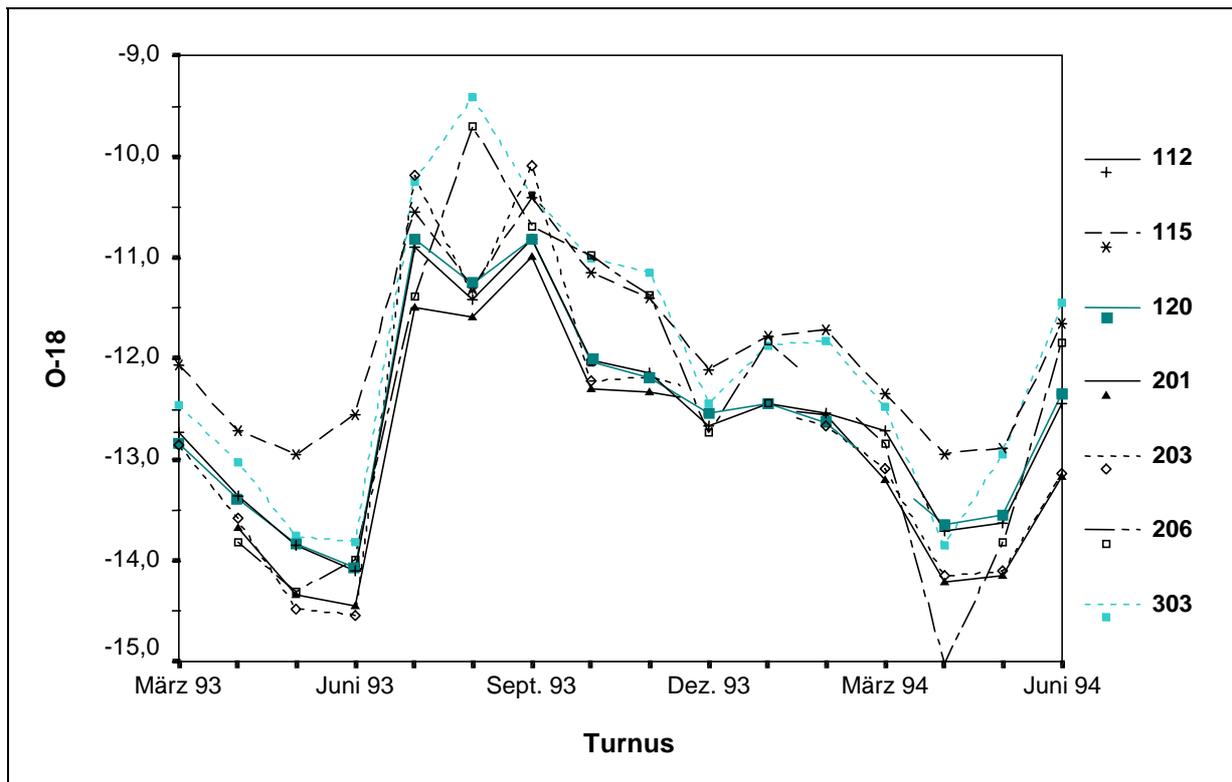


Abb. 28: Dachstein – Sauerstoff-18 – sieben nördlich gelegene Quellen (Zeitreihe).

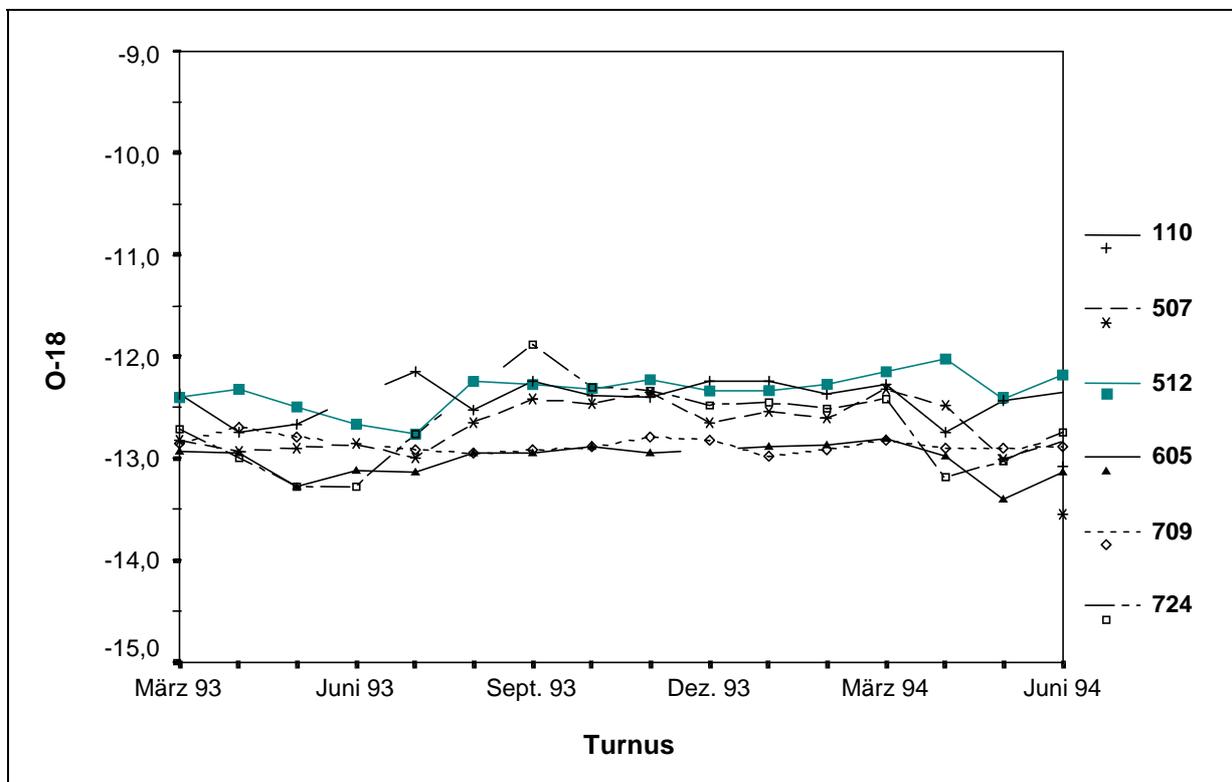


Abb. 29: Dachstein – Sauerstoff-18 – fünf südlich gelegene Quellen und eine nördlich gelegene (Zeitreihe).

3.9 DOC, TOC

Der DOC-Gehalt entspricht dem Gehalt an gelöstem, organischem Kohlenstoff, der TOC-Gehalt ist ein Maß für den gesamten, organisch gebundenen Kohlenstoff. In den meisten Fällen sind beide Werte gleich groß, bei Karstgrundwässern können aber beträchtliche Anteile von Schwebstoffen erhalten sein, was sich in einer deutlichen Erhöhung der TOC-Werte gegenüber dem DOC-Gehalt widerspiegelt.

Die Abb. 30 stellt die Parameter DOC und TOC einander gegenüber, wobei Quellen mit deutlich höheren TOC-Gehalten gegenüber den DOC-Werten in der Grafik hervorgehoben wurden. Überwiegend treten diese deutlichen Unterschiede im Meßturnus November 1991 und zu einem geringeren Anteil im August 1991 (Hochwasser) auf.

Die hochgelegenen Quellen im Bereich Filzmoos-Ramsau sind durch relativ geringe DOC-Gehalte gekennzeichnet, wohingegen die Quellen im Nordosten (Bereich Grubegg und Kainischtraun), in den stark bewaldeten Gegenden, durchwegs höhere Gehalte aufweisen.

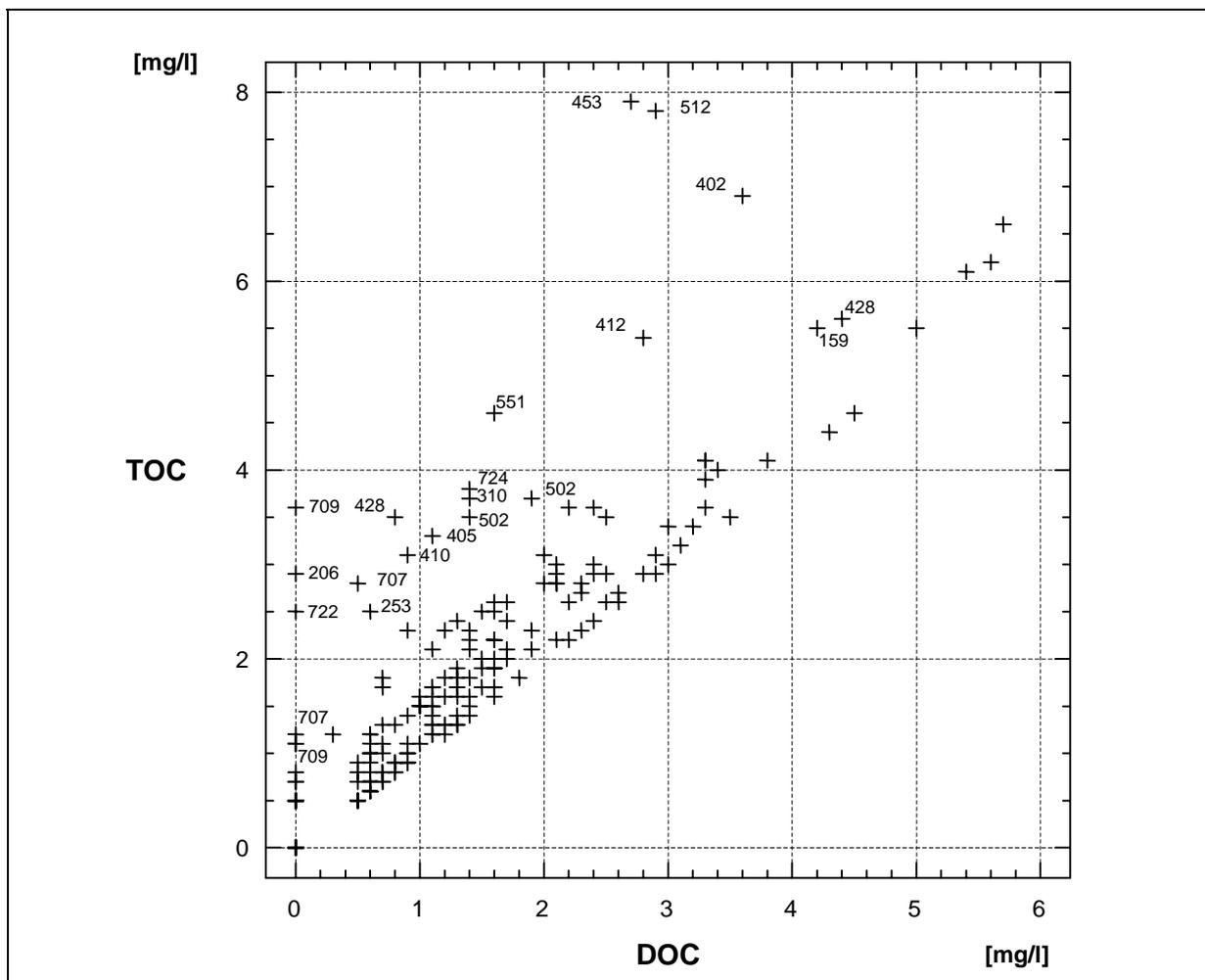


Abb. 30: Dachstein – Gegenüberstellung der Gehalte an gesamtem organischem Kohlenstoff (TOC) und gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) samt Quellnummern verschiedener abweichender Analyseergebnisse.

3.10 Trübung

Trübungen treten besonders häufig zu Zeiten der Schneeschmelze und bei Hochwasserereignissen auf, und geben im Zusammenhang mit anderen Faktoren Auskunft über die Queldynamik. Als Grenzwert für die Trübung wird in der Trinkwasserverordnung (BGBl. Nr. 235/1998) ein Wert von 1,5 Trübungseinheiten/Formazin (FNU) angegeben, der bei dem Hochwasserereignis während des Beprobungsturnus August 1991 von insgesamt 21 Quellen überschritten wurde (HERLICKSKA & LORBEER, 1994).

Von diesem Hochwasserereignis waren hauptsächlich die Quellen im Südwesten des Dachsteinmassivs betroffen. Sämtliche im Bereich Filzmoos-Ramsau gelegenen Quellen mit Ausnahme der Quelle 605 wiesen zum Teil erhebliche Trübungen auf. Auch in den östlich gelegenen Bereichen des Dachsteinmassivs verursachte dieses starke sommerliche Hochwasser im August 1991 massive Trübungen im Quellwasser.

Es erscheint auch bemerkenswert, daß von den 17 südlich gelegenen Quellen lediglich vier Quellen (507, 512, 601 und 605) den Grenzwert für die Trübung von 1,5 FNU zu keinem Probenahmeturnus überschritten, obgleich beinahe alle Quellen im Südteil des Dachsteinmassivs bezüglich Schüttungsschwankung und dem Schwankungsverhalten der stabilen Isotope sehr viel ausgeglichener erscheinen als die Nord-Quellen. Grund dafür dürften Stoffeinträge im unmittelbaren Quellbereich gewesen sein. Von den 26 Quellen im Nordteil des Dachsteinmassivs zeigten 13 Quellen keine Überschreitung des Grenzwerts für die Trübung, wobei jene hauptsächlich in den nordwestlich gelegenen Bereichen liegen.

3.11 Bakteriologische Parameter

Das Eindringen und die Ausbreitung von Mikroorganismen und Viren im Grundwasser hängt im wesentlichen von den Untergrundverhältnissen ab. Besonders gefährdet sind Karst- und Klufftgrundwasserleiter, da die Bodendeckschicht zumeist nicht ausreichend ausgebildet oder unterbrochen ist (MATHESS, 1990).

In den Probenahmedurchgängen Februar, Mai und August 1992 wurden bakteriologische Untersuchungen an den Quellwässern durchgeführt. Folgende Parameter wurden diesbezüglich untersucht:

- Koloniezahl 22°C
- Koloniezahl 37°C

und die Indikatorkeime:

- Enterokokken
- Fäkal-Coliforme Bakterien
- Escherichia Coli.

Für nicht desinfiziertes Wasser sind in der Trinkwasserverordnung (BGBl. Nr. 235/1998) folgende Richt- und Grenzwerte für die genannten bakteriologischen Parameter vorgegeben:

- Koloniezahl 22°C..... 100 per 1 ml (Richtwert)
- Koloniezahl 37°C..... 10 per 1 ml (Richtwert)
- Enterokokkenin 100 ml nicht nachweisbar (Grenzwert)
- Fäkal-Coliforme Bakterien.....in 100 ml nicht nachweisbar (Grenzwert)
- Escherichia Coliin 100 ml nicht nachweisbar (Grenzwert).

Als potentielle Ursachen für bakterielle Belastungen des Quellwassers können der Wildbestand, die Almbewirtschaftung und die Hüttenabwässer genannt werden. Erhöhte Werte koloniebildender Keime ohne Nachweis von Fäkalindikatoren in Karstquellen sind auf Bodenbakterien zurückzuführen (HERLICKA & LORBEER, 1994).

Im Februar 1992 entsprachen 77 % der beprobten Quellen den bakteriologischen Anforderungen der Trinkwasserverordnung. Beim Probenahmeturnus Mai, während der Frühjahrschneeschmelze, entsprachen 44 % den Trinkwasseranforderungen und im August 1992, dem Ende einer sommerlichen Trockenperiode, lediglich 21 % der beprobten Quellen (HERLICKA & LORBEER, 1994).

Tab. 14 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung. Die Quellen 507, 512, 601 und 724 entsprechen den Anforderungen der Trinkwasserverordnung zu allen drei Meßturni. Die Quellen 608 und 702 überschreiten die Richtwerte für die Keimzahl, zeigen aber bei keinem Meßtermin einen Nachweis von coliformen Bakterien oder Fäkalkeimen. Alle diese Quellen liegen an der Südseite des Dachsteinmassivs.

Es ist ganz deutlich zu erkennen, daß die südlich gelegenen Quellen eher vereinzelt mit Fäkalkeimen belastet sind, wohingegen keine einzige Nord-Quelle zu allen drei Untersuchungszeiten den Anforderungen der Trinkwasserverordnung gerecht wird.

Tab. 14: Dachstein – Bakteriologische Untersuchungsergebnisse.

Nord-Quellen				Süd-Quellen			
	Feb. 92	Mai 92	Aug. 92		Feb. 92	Mai 92	Aug. 92
110	erhöhte Koloniezahl	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime	502	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Fäkalkeime
112	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime	507	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen
115	erhöhte Koloniezahl	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime	512	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen
120	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Fäkalkeime	551	erhöhte Koloniezahl	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Fäkalkeime
153	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Fäkalkeime	601	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen
159	erhöhte Koloniezahl	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime	602	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	erhöhte Koloniezahl
174	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime	605	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	entspr. den Anforderungen
201	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime	607	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime
203	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Fäkalkeime	608	erhöhte Koloniezahl	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen
204	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	702	entspr. den Anforderungen	erhöhte Koloniezahl	entspr. den Anforderungen
206	Ø Ø	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime	703	Ø Ø	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime
250	erhöhte Koloniezahl	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime	704	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien
252	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Fäkalkeime	707	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien
253	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Fäkalkeime	709	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien
303	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime	722	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Fäkalkeime
304	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime	724	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen	entspr. den Anforderungen
310	Ø Ø	Nachweis – Coliforme Bakterien	entspr. den Anforderungen				
311	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime				
402	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime				
405	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime				
406	erhöhte Koloniezahl	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime				
410	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime				
412	Nachweis – Fäkalkeime	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime				
418	Nachweis – Fäkalkeime	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime				
428	erhöhte Koloniezahl	Nachweis – Coliforme Bakterien	Nachweis – Fäkalkeime				
453	erhöhte Koloniezahl	entspr. den Anforderungen	Nachweis – Fäkalkeime				

Ø Ø	nicht analysiert
□	entspr. den Anforderungen (Proben entsprechen den Anforderungen der Trinkwasserverordnung (BGBl. Nr. 235/1998))
▤	erhöhte Koloniezahl (Überschreitung des Richtwertes)
▨	Nachweis – Coliforme Bakterien
■	Nachweis – Fäkalkeime

3.12 Zusammenfassende Betrachtung der Ereignisbeprobungen (vierteljährliche Beprobung – Aug. 1991 bis Aug. 1992)

3.12.1 Sommerliches Hochwasser (Aug. 1991)

Der erste Probenahmezyklus im August 1991 war geprägt von einem starken sommerlichen Hochwasser. Besonders die Quellen 115, 153, 174, 201, 311 und 602 zeigten relativ hohe Schüttungsspitzen. Die Ionenkonzentrationen im Quellwasser lagen durchwegs unter jenen der anderen Beobachtungszeitpunkte.

Verschiedentlich erhöhte Sulfat- und Chloridkonzentrationen waren vorwiegend im Bereich Grubegg (NE-Teil des Dachsteinmassiv) und im Bereich Filzmoos-Ramsau (SW-Teil des Dachsteinmassiv) zu verzeichnen und sind auf Vorkommen von Evaporiten des Permoskyths zurückzuführen.

Der vermehrte Bodeneintrag bzw. hochwasserbedingte Turbulenzen verursachten im Untersuchungsgebiet zum Teil beträchtliche Trübungen und erhöhte Gehalte an Gesamtem und gelöstem organischem Kohlenstoff (TOC und DOC). Davon nicht betroffen waren die Quellen im NW-Teil des Dachsteinmassivs (Bereich Hintertal, Waldbachursprung-Koppenwinkel) und die Quellen 507, 512, 601 und 605 im Süden.

Die Metallgehalte lagen vergleichsweise niedrig, lediglich Blei konnte im Westteil des Dachsteinmassivs gehäuft nachgewiesen werden. Besonders davon betroffen waren Quellen, die mit dem Hoch- bzw. Gletscherbereich in Verbindung stehen.

3.12.2 Spätherbstliches und winterliches Niedrigwasser (Nov. 1991, Feb. 1992)

Die Meßturni November 1991 und Februar 1992 lieferten sehr ähnliche Ergebnisse im Wasserchemismus der einzelnen Quellen und waren aufgrund des weitgehenden Wegfallens von Niederschlagsereignissen vorwiegend von geogenen Einflüssen geprägt.

Aufgrund der verlängerten Kontaktzeit des Grundwassers mit dem Gestein infolge der geringeren Durchflußmenge erhöht sich der Gehalt an gelösten Ionen im Quellwasser. Da Magnesium verglichen mit Calcium eine längere Kontaktzeit zur Lösung benötigt, steigt in dieser Zeit der Anteil an Magnesium in größerem Maße als der von Calcium wodurch das Calcium-Magnesium-Verhältnis sinkt. Vor allem die Sulfat- und Chloridgehalte liegen deutlich über den Ergebnissen der übrigen Probenahmezyklen.

Bor und Kupfer (im NW-Teil) wiesen ebenso deutliche Erhöhungen auf, auch lagen die Gehalte an Mangan und Zink (im NE-Teil) während der Wintermonate über den Gehalten der übrigen Meßturni.

Vom bakteriologischen Standpunkt lagen lediglich zwei positive Nachweise von Fäkalkeimen vor und zwar bei den Quellen 412 und 418. Vereinzelt konnten erhöhte Koloniezahlen nachgewiesen werden.

3.12.3 Schneeschmelze (Mai 1992)

Der Meßzyklus Mai 1992 war geprägt von der Frühjahrs-Schneeschmelze. Die Gehalte an Calcium, Magnesium und Sulfat sowie die elektrische Leitfähigkeit waren relativ gering gestreut.

Das Calcium-Magnesium-Verhältnis ist zu diesem Meßtermin am höchsten.

Die Medianwerte bei Eisen, Nickel und Aluminium lagen während der Schneeschmelze am höchsten, wobei bezüglich Aluminium der ehemalige Grundwasserswellenwert von 0,06 mg/l

(GSwV, BGBl. Nr. 502/1991) bei sechs von insgesamt 41 Quellen überschritten wurde. Davon betroffen waren die Quellen 115, 206, 250, 252, 428 und 704. Der derzeit gültige Grundwasserschwellenwert (BGBl. Nr. 213/1997) liegt mit 0,12 mg/l über dem im Untersuchungsgebiet aufgetretenen Maximalwert von 0,087 mg/l.

Aus bakteriologischer Sicht, entsprachen lediglich 44 % der Quellen den Anforderungen der Trinkwasserverordnung (BGBl. Nr. 235/1998). 19 von insgesamt 26 nördlich gelegenen Quellen und fünf von 16 südlich gelegenen Quellen waren bakteriell verunreinigt.

3.12.4 Ende einer sommerlichen Trockenperiode (Aug. 1992)

Der Meßturnus August 1992 entsprach dem Ende einer sommerlichen Trockenperiode. Hinsichtlich der Quellwassertemperatur war festzustellen, daß die aus dem Hoch- und Gletscherbereich des Dachsteins beeinflussten Quellen ihre tiefsten Werte in den Sommermonaten aufwiesen. Speziell die Quellen im Bereich der Gemeinde Hallstatt als auch die Hochquellen 608, 702, 704 und 707 im Süden waren davon betroffen.

Gehäufte Nachweise von Orthophosphat traten im Nordteil des Dachsteinmassivs in den Bereichen Waldbachursprung (Quellen 206, 303, 304, 311) und Grubegg (Quellen 406, 410, 428) auf, ebenso bei der Quelle 253 (Bereich Plassen) und der Quelle 418 (Bereich Kainischtraun), die einhergehend mit positiven bakteriologischen Analyseergebnissen auf fäkale Verunreinigungen schließen lassen.

Aus bakteriologischer Sicht entsprachen lediglich 21 % der Quellen den Trinkwasseranforderungen. Von den 26 nördlich gelegenen Quellen entsprachen nur zwei Quellen den Anforderungen der Trinkwasserverordnung und von den 16 südlich gelegenen Quellen nur sieben.

4 UMWELTISOTOPEN (^2H , ^3H , ^{18}O)

Ziel der Untersuchungen war es, mit Hilfe von Umweltisotopen die mittlere Verweilzeit (MVZ) des Wassers im Untergrund und die mittlere Höhe des Einzugsgebietes zu bestimmen. Im Karst ist im wesentlichen von zwei Grundwasserkomponenten mit unterschiedlicher MVZ auszugehen: Wasser, das im Kluftsystem von der Geländeoberfläche schnell zu den Quellen gelangt, und Wasser, das in der porösen Matrix zwischengespeichert wird und damit eine höhere MVZ hat als die erste Komponente. Neben der MVZ der beiden Komponenten sind auch deren relative Anteile im Quellwasser zu bestimmen.

In dieser Studie werden diese drei Parameter allein durch Auswertung der Ganglinien der Isotopendaten mit Speicherdurchflußmodellen bestimmt. Da die Schüttung der Quellen nur sporadisch an den Tagen gemessen wurde, an denen Isotopenproben genommen wurden, konnten die Anteile des Wassers aus den beiden Speichern nicht unabhängig aus Abflußganglinien ermittelt werden. Ferner war keine unabhängige Abschätzung der MVZ der jungen Komponente durch geeignete Tracerversuche bekannt. Die Ergebnisse sind vor diesem Hintergrund zu sehen. Das Speicherdurchflußmodell kann ohne zusätzliche Informationen über die Schüttung aus den beiden Speichern nur mittlere Anteile der beiden Wasserkomponenten liefern, in Wirklichkeit dürften die Anteile je nach Schüttung variieren. Das bedeutet natürlich auch, daß mit bekannten Anteilen als zusätzliche Information die Auswertung der Isotopendaten u. U. zu anderen MVZ insbesondere für die ältere der beiden Wasserkomponenten führen kann. Eine Bewertung der Ergebnisse im Zusammenhang mit den Schlußfolgerungen, die die chemischen Analysen und Versuche mit künstlichen Tracern (falls vorhanden) nahelegen, sowie mit bekannten hydrologischen Eigenschaften des Karstgrundwasserleiters im Dachsteinmassiv ist unbedingt erforderlich.

Generell ist zu bemerken, daß das Modell keine kleinere MVZ als einen Monat liefern kann (die tatsächliche MVZ kann jedoch kleiner sein), da die Eingangsdaten als Monatsmittel und nicht in höherer zeitlicher Auflösung vorliegen. Die MVZ der alten Komponente folgt im wesentlichen aus den ^3H -Gehalten der Quellwässer. Ihre Genauigkeit wird durch die geringe Variation der ^3H -Gehalte in den Niederschlägen der letzten Jahre eingeschränkt. Wässer, deren ^3H -Gehalte nicht bekannt sind, können nur unvollständig charakterisiert werden.

4.1 Interpretation von Isotopengehalten mit Speicherdurchflußmodellen

Die Isotopengehalte werden mit einem Speicherdurchflußmodell (Gl. 1) interpretiert, welches dispersive Altersverteilungen der Grundwasserkomponenten, die in Mischungen auftreten, voraussetzt (MALOSZEWSKI & ZUBER, 1982). Ausgehend von den ^{18}O und ^3H Gehalten der Niederschläge in der Vergangenheit als Input werden durch Variation von MVZ und Dispersivität (t_0 , P) in der Verteilungsfunktion (Gl. 2) diejenigen Parameterwerte gesucht, mit denen eine optimale Anpassung zwischen Modellergebnissen und Meßwerten erreicht werden kann.

Die Lösungsmenge und damit die Streubreite möglicher MVZ der Wässer im Untergrund kann groß sein, nimmt aber im allgemeinen drastisch mit der Anzahl der zur Verfügung stehenden Meßwerte, dem Umfang der Zeitreihen und der Anzahl der betrachteten Tracer ab, da alle Meßwerte mit ein und demselben Parametersatz modellierbar sein müssen und die Inputfunktionen für die verschiedenen Isotope jeweils einen anderen Verlauf haben.

$$C_{\text{out}}(t) = \int_0^{\infty} C_{\text{in}}(t-\tau)g(\tau)e^{-\lambda\tau}d\tau \quad \text{Gl. 1}$$

$$g(t) = \frac{1}{\sqrt{4\pi P_D t/t_0}} \frac{1}{t} \exp\left(-\frac{[1-t/t_0]^2}{4P_D t/t_0}\right) \quad \text{Gl. 2}$$

C_{out}berechnete Isotopenkonzentration an der Meßstelle

C_{in}Isotopenkonzentration im Niederschlag

$g(t)$Wichtungsfunktion für das Dispersionsmodell

tBeobachtungszeit

τIntegrationskonstante

λZerfallskonstante

t_0mittlere Verweilzeit des Wassers

P_DDispersionsparameter (=D/(vx))

Parametersätze, mit denen die Meßwerte innerhalb der Fehlergrenzen modellierbar sind, sind mögliche Lösungen des Problems. Das Karstgrundwasser wird als Mischung von zwei Komponenten angesehen. Es wird also nach einer Lösung gemäß

$$C_{\text{out}}(t) = x C_{\text{out}\#1}(t, t_{01}) + (1-x) C_{\text{out}\#2}(t, t_{02}) \quad \text{Gl. 3}$$

gesucht, wobei x für den relativen Anteil der jungen Komponente steht. Die Unsicherheit der optimalen Lösung folgt aus der Streubreite der Parameter, mit denen die Isotopenganglinien verstanden werden können.

4.1.1 ^{18}O -Gehalte der Niederschläge

Beobachtungen von ^{18}O -Gehalten in Niederschlägen liegen im Untersuchungsgebiet (Station Krippenstein) nur über einen Zeitraum von etwas mehr als 3 Jahren vor (Abb. 31). Diese Zeitreihe ist zu kurz für eine modellmäßige Interpretation der ^{18}O -Gehalte der Quellwässer. Da sie in ihrem Verlauf eine gute Übereinstimmung mit derjenigen von der Niederschlagsstation Lahn bzw. Gosau erkennen läßt (Abb. 31), können die ^{18}O -Gehalte der Niederschläge in Lahn zur Modellierung herangezogen werden. Sie müssen nur an die unterschiedlichen Höhenlagen von Lahn und den Einzugsgebieten der Quellen angepaßt werden. Die Mittelwerte (Tab. 8) sind abhängig von der Höhenlage der Stationen; gleichfalls erkennbar sind Schwankungen von Jahr zu Jahr. Werden die mit der Niederschlagsmenge gewichteten Mittelwerte der Jahre 1985 bis 1994 der Stationen Lahn (510 m ü. A.) und Gosau (765 m ü. A.) herangezogen, ergibt sich ein Gradient der ^{18}O -Gehalte mit der Höhenlage (h) der Stationen von $d\delta^{18}\text{O}/dh = -0,125 \text{‰}/100 \text{ m}$, der z. B. ähnlich dem, aus den ^{18}O -Gehalten der Niederschläge an den Schweizer Stationen Meiringen, Guttannen und Grimsel berechneten Wert von $d\delta^{18}\text{O}/dh = -0,14 (\pm 0,03) \text{‰}/100 \text{ m}$ ist. Daß zwischen den Stationen Gosau bzw. Lahn und Krippenstein (2100 m ü. A.) in Relation zu ihrer Höhenlage kaum Änderungen des Isotopengehalts erkennbar sind, ist unter Umständen auf die Topographie des Geländes in Zugrichtung niederschlagswirksamer Tiefdruckgebiete zurückzuführen. Es ist zu prüfen ob dies auch auf die Einzugsgebiete mancher Quellen zutrifft und somit aus den Isotopengehalten prinzipiell keine Einzugsgebietshöhen abschätzbar sind.

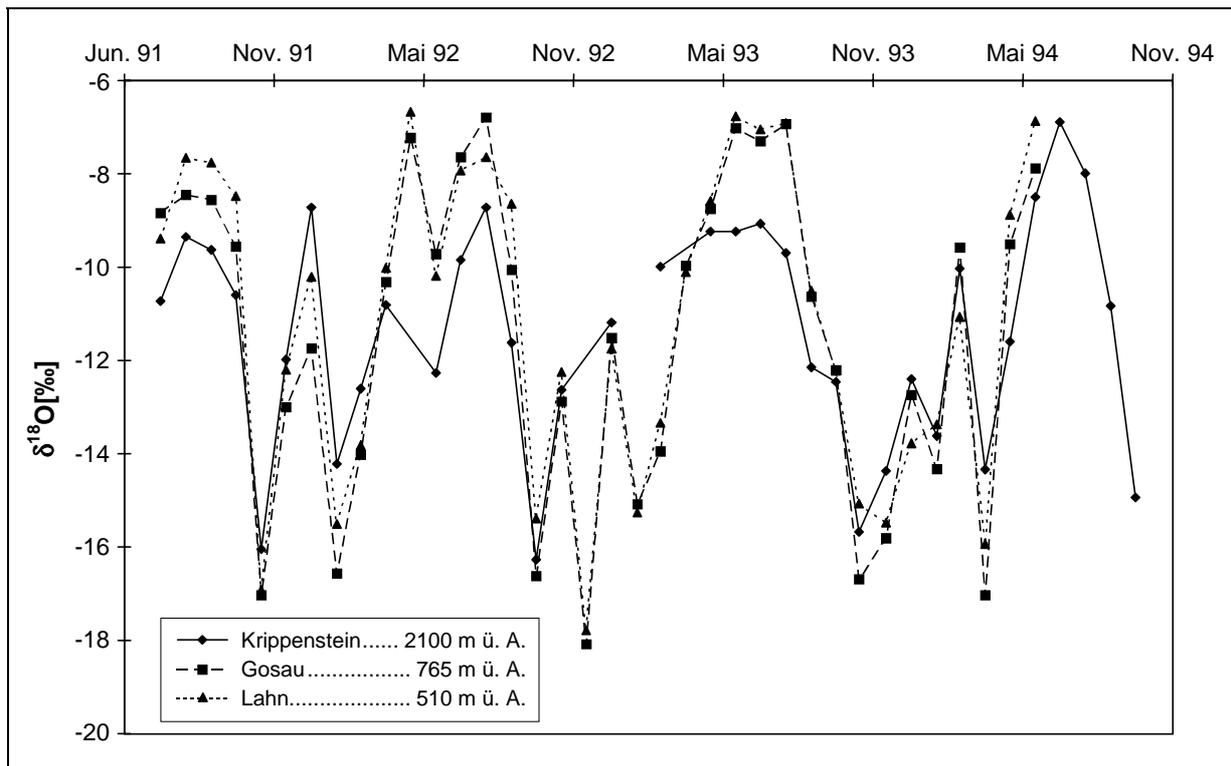


Abb. 31: Dachstein – Gang der ^{18}O -Gehalte im Niederschlag der Stationen Lahn, Gosau und Krippenstein.

Für die Modellierung ist der Zeitpunkt der Infiltration der Niederschläge in den Aquifer relevant, die Zwischenspeicherung der Niederschläge in der Schneedecke im Winter und seine Remobilisierung während der Schneeschmelze im Frühjahr sind also zu berücksichtigen. Der Zeitpunkt der Infiltration des akkumulierten Winterniederschlags wurde aus den Quellschüttungen abgeleitet; die Maxima in den Ganglinien im Frühjahr (zwischen März und Mai) wurden als durch die Schneeschmelze bedingt angesehen.

4.1.2 ^3H -Gehalte der Niederschläge

Als Input für die ^3H -Gehalte wurden die mittleren ^3H -Gehalte in den Niederschlägen an den Stationen Salzburg und Feuerkogel verwendet. Er wurde von 1960 bis 1972 durch Werte der Station Hohe Warte (Wien) und von 1954 bis 1959 durch Werte der meteorologischen Station Ottawa ergänzt (IAEA, 1969-90). Trotz der großen Entfernung zwischen den beiden letzten Stationen zeigen die ^3H -Konzentrationen in überlappenden Zeiträumen eine sehr gute Übereinstimmung. Die Niederschlagsmengen wurden an jene der Station Lahn angepaßt. Wieder wurde die Zwischenspeicherung des Winterniederschlags in der Schneedecke berücksichtigt.

4.2 Quellenbezogene Interpretation der Isotopenganglinien

Ganglinien der ^{18}O -Gehalte wurden an allen Quellen aufgenommen, allerdings in unterschiedlichem Umfang von Mitte 1991 bis Mitte 1992 bzw. bis Mitte 1994. An vier Quellen (110, 201, 203 und 507) wurden zusätzlich die ^3H -Gehalte des Quellwassers in den Jahren 1991 bis 1994 bestimmt. Nur dort können im allgemeinen die drei Parameter mit einiger Wahrscheinlichkeit genau angegeben werden. In den Wässern der anderen Quellen ist im allgemeinen

nur die MVZ der jungen Komponente faßbar. Bei kleiner Datenbasis hat die Verteilung der Wahrscheinlichkeiten möglicher Lösungen oft ein scharfes Maximum. Daraus würde unter den gemachten Annahmen (Zeitpunkt der Schneeschmelze und konstante Anteile der Wasserkomponenten) eine gute Lösung folgen; ob ihr eine Bedeutung zukommen kann, muß von Fall zu Fall entschieden werden.

4.2.1 Die Quellen auf der Nordseite des Dachsteinmassivs

4.2.1.1 Bereich Hintertal

In der Umgebung von Hintertal bei Gosau wurden die Quellen **110**, **112**, **120** und **153** (Abb. 32) beprobt. Diese Quellen treten nahe dem Vorflutniveau aus, welches hier vor allem durch die wasserhemmenden Gosasedimente im Gosaubecken bestimmt wird. Ihre Austrittshöhen liegen zwischen 800 m ü. A. (Quelle 110) und 930 m ü. A. (Quelle 153).

Die Quellen 110, 112 und 120 wurden über einen Zeitraum von drei Jahren, die Quelle 153 nur über ein Jahr beprobt; es wurden die ^{18}O -Gehalte und an Quelle 110 zusätzlich die ^3H -Gehalte bestimmt. Von der Quelle 112 ist ferner ein ^3H -Wert aus dem Jahr 1983 bekannt. Die ^{18}O -Gehalte allein reichen nicht aus, die MVZ der älteren Komponente zu bestimmen; auch der einzelne ^3H -Wert der Quelle 112 verbessert die Situation nicht.

Die Ganglinie der ^{18}O -Gehalte des Wassers der Quelle 110 ist über einen Zeitraum von drei Jahren relativ ausgeglichen und zeigt nur nach der Schneeschmelze Ende März 1993 und bei dadurch bedingter hoher Quellschüttung signifikante Variationen. Vermutlich ebenfalls auf die Schneeschmelze zurückzuführen sind tritiumarme Wässer, die im Frühjahr 1992 und 1993 auftreten. Die geringen Variationen sind qualitativ durch eine relativ hohe MVZ des Hauptanteils des Quellwassers zu erklären. Diese Hauptkomponente hat nach der Modellierung eine MVZ von ca. sechs Jahren. Eine junge Komponente ist nur zu etwa 7 % vertreten.

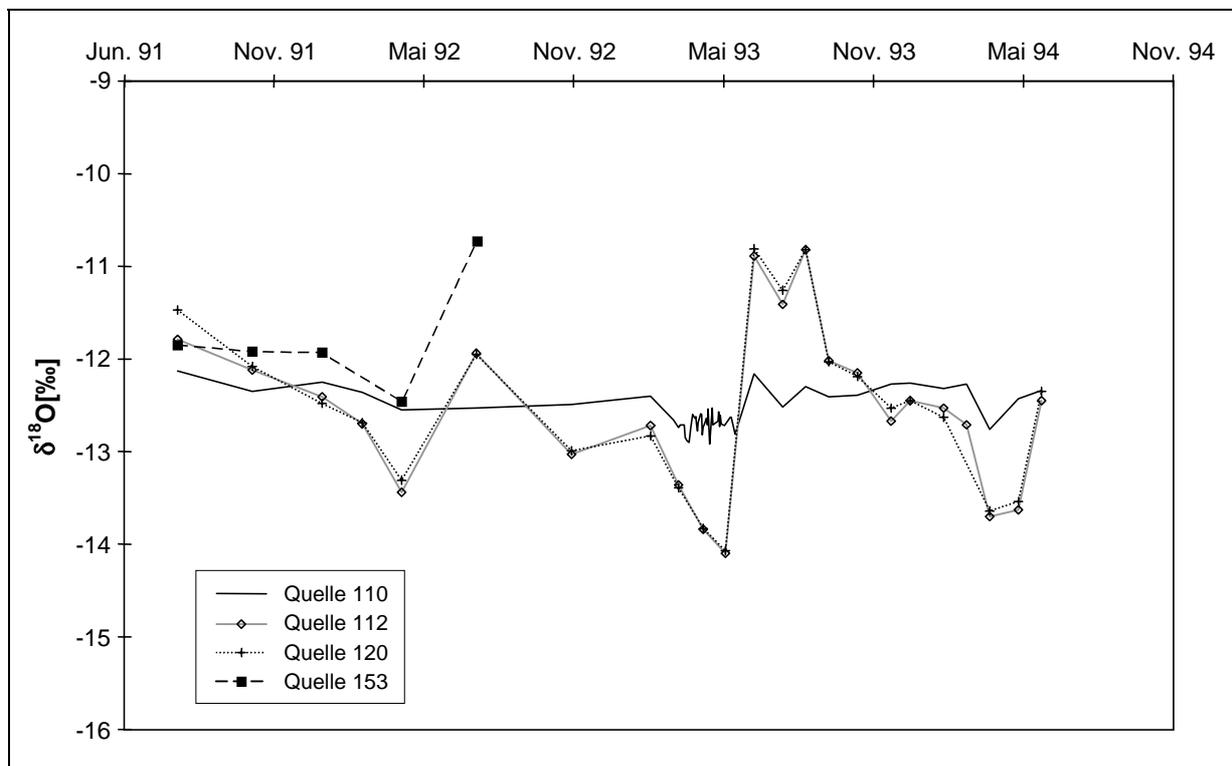


Abb. 32: Dachstein – Gang der ^{18}O -Gehalte der Quellwässer im Bereich Hintertal.

Tab. 15: Dachstein – Die mit dem Speicherdurchflußmodell bestimmten mittleren Verweilzeiten der Wasserkomponenten und deren Anteile in den Quellen im Bereich **Hintertal**. Die Quellen, die ca. drei Jahre beprobt wurden, sind hervorgehoben.

Quelle	$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	jüngere Komponente		ältere Komponente	
		Anteil [%]	MVZ [Jahre]	Anteil [%]	MVZ [Jahre]
110	0,21	7 (5-9)	0,4 (< 0,3-0,4)	93 (91-95)	6 (5,5-7)
112	0,88	21 (20-28)	0,1 (0,1-0,2)	79 (72-80)	
120	0,91	30 (22-30)	0,1 (0,1-0,2)	70 (70-78)	
153	0,63		≤ 0,1		

Die Ganglinien der ^{18}O -Gehalte der anderen Quellen zeigen im Gegensatz zur Quelle 110 ausgeprägte Variationen. Dies korreliert mit relativ hohen Schüttungsschwankungen. Qualitativ sind also höhere Anteile einer schnell zur Quelle gelangenden Wasserkomponente zu erwarten, was durch die Modellierung bestätigt wird.

4.2.1.2 Bereich Plassen

In der Umgebung des Plassen, d. h. im Bereich der zwischen Hallstatt und Gosau gelegenen, sehr heterogenen jurassischen Deckscholle wurden die Quellen **115**, **159**, **174**, **250**, **252** und **253** (Abb. 33) beprobt. Ihre Austrittshöhen liegen zwischen 700 m ü. A. (Quelle 174) und 1.190 m ü. A. (250, 252, 253). Sämtliche Quellen wiesen größere Schüttungsschwankungen auf. Es handelt sich um Quellen mit vergleichbarer mittlerer Höhe ihres Einzugsgebietes.

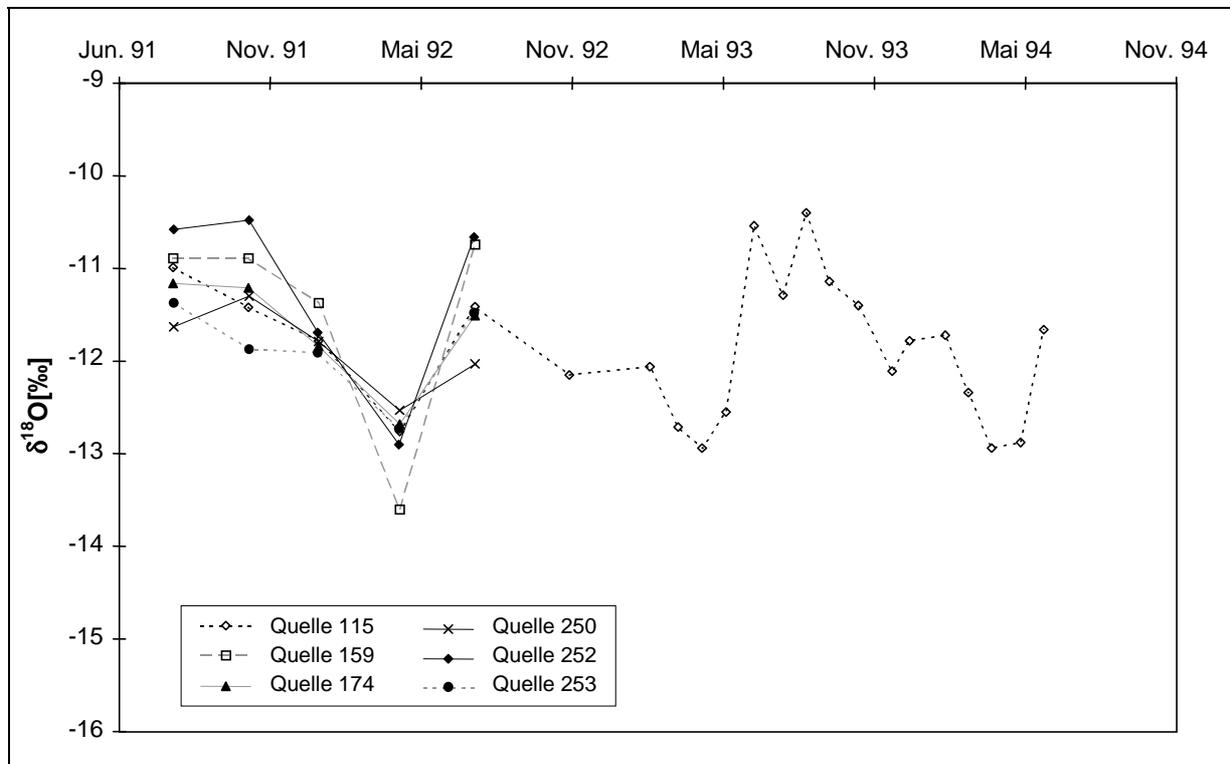


Abb. 33: Dachstein – Gang der ^{18}O -Gehalte der Quellwässer im Bereich Plassen.

Tab. 16: Dachstein – Die mit dem Speicherdurchflußmodell bestimmten mittleren Verweilzeiten der Wasserkomponenten und deren Anteile in den Quellen um den **Plassen**. Die Quellen, die ca. drei Jahre beprobt wurden, sind hervorgehoben.

Quelle	$\sigma^{18}\text{O}$ [‰]	jüngere Komponente		ältere Komponente					
		Anteil [%]	MVZ [Jahre]	Anteil [%]	MVZ [Jahre]				
115	0,75	16	(9-32)	0,2	(<0,1-0,3)	84	(68-91)	2	(1,5-3)
159	1,20			≤ 0,1					
174	0,62			≤ 0,1					
250	0,46			0,2	(<0,1-0,3)				
252	1,04			≤ 0,1					
253	0,53			≤ 0,1					

Von dem Wasser der Quelle 115 liegen ^{18}O -Gehalte aus einem Zeitraum von drei Jahren und ein einzelner ^3H -Wert aus dem Jahr 1983 vor. An allen anderen Quellen ist die Datenbasis mit jeweils fünf oder sechs Werten äußerst spärlich und erlaubt nur die Angabe der MVZ der jüngeren Komponente. Da die ^{18}O -Gehalte der älteren Komponente offensichtlich noch saisonale Variationen zeigen, ist das Problem unbestimmt.

4.2.1.3 Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel

Im Gebiet Obertraun-Hallstatt wurden die Quellen **201, 203, 204, 206, 303, 304, 310** und **311** (Abb. 34) beprobt. Sie sind ebenso charakterisiert durch starke Schüttungsschwankungen mit enormen Maximalschüttungen (z. B. Quelle 201 mit 20 bis 12.000 l/s). Die Austrittshöhen der Quellen 206, 303, 304, 310 und 311 liegen nur wenig über Vorflutniveau (510 bis 570 m ü. A.), während die Quellen 201, 203 und 204 weit oberhalb des Vorflutniveaus (660 bis 920 m ü. A.) austreten. Das Einzugsgebiet dieser Quellen liegt vor allem im Dachsteinkalk des zentralen und westlichen Dachsteinmassivs.

^{18}O -Gehalte der Wässer der Quellen 204, 304, 310 und 311 wurden über ca. ein Jahr gemessen, ansonsten von Mitte 1991 bis Mitte 1994. Ferner sind die ^3H -Gehalte der Wässer der Quellen 201 und 203 bekannt. Die Schneeschmelze in dem Einzugsgebiet dieser Quellen tritt nach den Quellschüttungen zu beurteilen 1993 und 1994 im Mai ein. Die ^{18}O -Gehalte in diesem Monat spiegeln deutlich die niedrigen ^{18}O -Gehalte in den Winterniederschlägen wider. Die starken Variationen der ^{18}O -Gehalte deuten, ebenso wie die Schüttungsschwankungen, auf einen raschen Wasserumsatz hin. Ein Großteil des Schmelzwassers wird im Kluftsystem ohne lange Verzögerung zur Quelle geleitet.

Die Isotopenwerte des Wassers der Quelle 203, insbesondere die ^3H -Gehalte, können modellmäßig relativ schlecht nachvollzogen werden. Dies mag daran liegen, daß die relativen Anteile dieser beiden Komponenten zeitlich mehr schwanken als an anderen Quellen oder daran, daß zur Beschreibung diese Wässer zwei Komponenten nicht ausreichen. Die ^{18}O -Gehalte und die einzelnen ^3H -Werte der Wässer der Quellen 206 und 303 lassen nur die Abschätzung der MVZ der jüngeren Komponente zu, die der älteren kann in weiten Bereichen schwanken und ist damit unbestimmt. Da die relativen Anteile stark von der MVZ der älteren Komponente abhängen (eine große MVZ würde höhere Anteile der jüngeren Komponente zulassen und umgekehrt), können auch sie nicht angegeben werden, außer der Bereich der MVZ der älteren Komponente kann aus hydrogeologischen Gründen eingeschränkt werden. Von den Wässern der Quellen 204, 304 und 311 liegen nur 6, 6 bzw. 5 ^{18}O -Werte vor, mit denen die MVZ der jüngeren, nicht aber der älteren Komponente angegeben werden kann. Das Wasser der Quelle 310 ist mit drei ^{18}O -Werten nicht charakterisierbar.

Aus hydrogeologischer Sicht ist zu beurteilen, ob eine Größe des Einzugsgebiets der Quelle 201 von mindestens 20 km² realistisch ist, die daraus folgt, daß 40 % des Wassers im Kluftsystem drainiert wird, im Mai/Juni während der Schneeschmelze ca. 920 mm akkumulierter Winterniederschlag infiltriert und zur selben Zeit eine Quellschüttung von bis zu 12 m³/s zu beobachten ist.

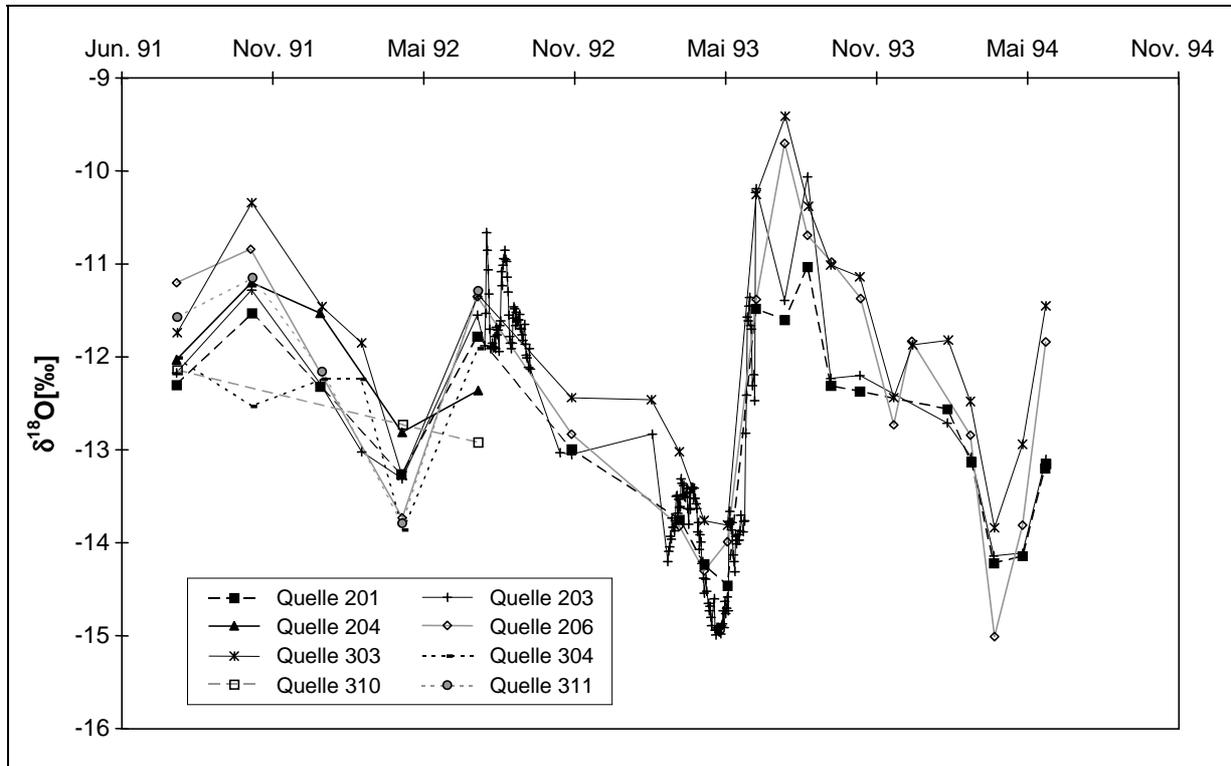


Abb. 34: Dachstein – Gang der ^{18}O -Gehalte der Quellwässer im Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel.

Tab. 17: Dachstein – Die mit dem Speicherdurchflußmodell bestimmten mittleren Verweilzeiten der Wasserkomponenten und deren Anteile in den Quellen im **Waldbachursprung-Koppenwinkel**. Die Quellen, die ca. drei Jahre beprobt wurden, sind fett hervorgehoben.

Quelle	$\sigma^{18}\text{O}$ [‰]	jüngere Komponente		ältere Komponente	
		Anteil [%]	MVZ [Jahre]	Anteil [%]	MVZ [Jahre]
201	1,05	38 (36-40)	≤ 0,1	62 (60-64)	3 (2-4)
203	1,27	35 (33-37)	≤ 0,1	65 (63-67)	3 (2-4)
204	0,64		≤ 0,1		
206	1,47		0,1 (<0,1-0,2)		
303	1,21		0,1 (<0,1-0,2)		
304	0,71		≤ 0,1		
311	1,08		≤ 0,1		

4.2.1.4 Bereich Kainischtraun

Im Einzugsgebiet der Kainischtraun wurden die Quellen **402**, **405**, **412**, **418** und **453** (Abb. 35) beprobt. Ihre Austrittshöhen liegen zwischen 780 m ü. A. (402, 412) und 810 m ü. A. (Quelle 405). Das Einzugsgebiet der Quelle 418 besteht zum einen aus Dachsteinkalk und zum anderen aus Hauptdolomit, während die anderen Quellen ihr Wasser aus dem Dachsteinkalk des östlichen Dachsteinmassivs beziehen. Die Quellen weisen enorme Schüttungsschwankungen mit hohen Spitzenwerten auf (z. B. Quelle 453 mit 0,02 bis 1.000 l/s).

Von den Quellwässern dieses Bereichs liegen nur ^{18}O -Gehalte über ca. ein Jahr vor. Aufgrund der geringen Datenbasis läßt sich eindeutig nur die MVZ der jüngeren Komponente mit genügender Genauigkeit charakterisieren. Nach der Modellierung hat auch die ältere Komponente eine relativ geringe MVZ, die mit ^{18}O -Gehalten zu fassen ist. Inwieweit die in Tab. 18 angegebenen Werte der relativen Anteile und der MVZ der älteren Komponente, obwohl rein rechnerisch gut definiert, zutreffen, kann nur durch unabhängige Informationen entschieden werden. Es ist darauf hinzuweisen, daß die MVZ der jüngeren Komponenten stark von den getroffenen Annahmen (Schneesmelze in den Monaten März/April und konstante Anteile der Wasserkomponenten) abhängen.

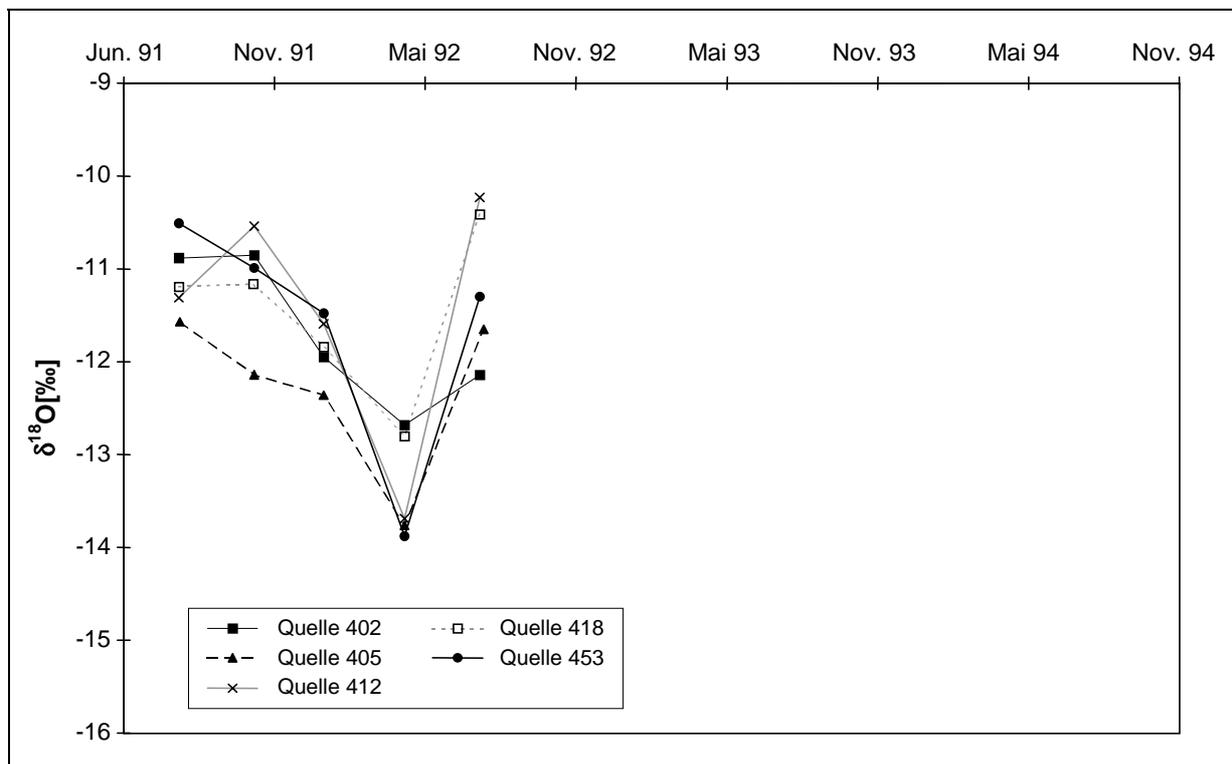


Abb. 35: Dachstein – Gang der ^{18}O -Gehalte der Quellwässer im Bereich Kainischtraun.

Tab. 18: Dachstein – Die mit dem Speicherdurchflußmodell bestimmten mittleren Verweilzeiten der Wasserkomponenten und deren Anteile in den Quellen im Einzugsbereich der **Kainischtraun**.

Quelle	$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	jüngere Komponente			ältere Komponente		
		Anteil [%]		MVZ [Jahre]	Anteil [%]		MVZ [Jahre]
402	0,81	6	(5-7)	$\leq 0,1$	94	(93-95)	0,5 (0,3-0,5)
405	0,88	12	(11-13)	$\leq 0,1$	88	(87-89)	0,4 (0,3-0,5)
412	1,36	4	(3-5)	$\leq 0,1$	96	(95-97)	0,4 (0,3-0,5)
418	0,89	12	(11-13)	$\leq 0,1$	88	(87-89)	0,4 (0,3-0,5)
453	1,31	5	(4-5)	$\leq 0,1$	95	(94-96)	0,4 (0,3-0,5)

4.2.1.5 Bereich Grubegg

In der Umgebung von Grubegg bei Bad Mitterndorf wurden die Quellen **406**, **410** und **428** (Abb. 36) beprobt. Sie entspringen im Verbreitungsgebiet der hier anzutreffenden, vor allem aus Werfener Schichten bestehenden jurassischen Gleitscholle. Ihre Austrittshöhen liegen bei 780 m ü. A. (Quellen 406 und 410) bzw. 820 m ü. A. (Quelle 428).

Von den Quellwässern dieses Bereichs liegen nur fünf bis sechs ^{18}O -Werte aus den Jahren 1991/92 vor. Es gelten dieselben Bemerkungen wie zuvor für den Bereich Kainischtraun.

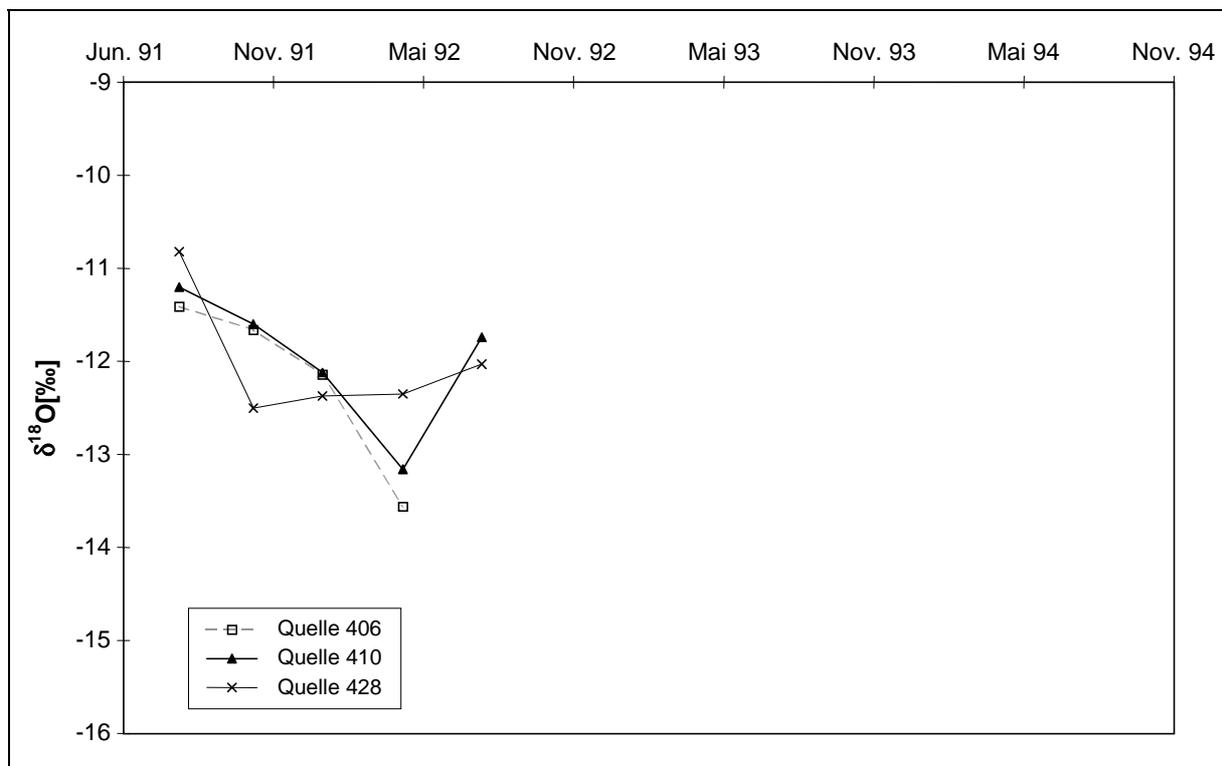


Abb. 36: Dachstein – Gang der ^{18}O -Gehalte der Quellwässer im Bereich Grubegg.

Tab. 19: Dachstein – Die mit dem Speicherdurchflußmodell bestimmten mittleren Verweilzeiten der Wasserkomponenten und deren Anteile in den Quellen bei **Grubegg**.

Quelle	$\sigma^{18}\text{O}$ [‰]	jüngere Komponente			ältere Komponente		
		Anteil [%]		MVZ [Jahre]	Anteil [%]		MVZ [Jahre]
406	0,84	9	(8-10)	≤ 0,1	91	(90-92)	0,4 (0,3-0,5)
410	0,75	11	(9-12)	≤ 0,1	89	(88-91)	0,4 (0,3-0,5)
428	0,69	21	(20-22)	≤ 0,1	79	(78-80)	0,5 (0,4-0,6)

4.2.2 Die Quellen auf der Südseite des Dachsteinmassivs

Die ^{18}O -Ganglinien der Quellwässer auf der Südseite des Dachsteinmassivs sind relativ ausgeglichen (eine Ausnahme bildet die Ganglinie der Quelle 602). Dies deutet auf eine gute Durchmischung des infiltrierten Wassers im Untergrund hin und/oder auf kleine Anteile von im Kluftsystem drainiertem Wasser. Schüttungsschwankungen, die beträchtlich sein können, sind also eher auf eine hydraulische Reaktion des Grundwasserspeichers auf infiltrierendes Wasser als auf dessen schnelle Dränierung im Kluftwassersystem zurückzuführen. Die Anteile der beiden Wasserkomponenten sind weitgehend unabhängig von der MVZ der älteren Komponente (da sie so groß ist, daß die saisonalen ^{18}O -Amplituden weitgehend ausgeglichen sind) und können im allgemeinen angegeben werden.

4.2.2.1 Bereich Haus-Gröbming

Im Bereich Haus-Gröbming wurden die Quellen **502, 507, 512, 551, 601** und **602** (Abb. 37) beprobt, die ihr Einzugsgebiet vor allem in der aus dem Anis bis Karn stammenden dolomitischen Serie im Liegenden des Dachsteinkalkes finden. Ihre Austrittshöhe liegt zwischen 800 m ü. A. (Quellen 502 und 512) und 1.160 m ü. A. (Quelle 601).

Die Quellen 502, 507 und 512 wurden über einen Zeitraum von knapp drei Jahren, die anderen über ca. ein Jahr für ^{18}O -Analysen beprobt. Am Wasser der Quelle 507 wurden zusätzlich die ^3H -Gehalte bestimmt. Aufgrund der ^{18}O -Ganglinien sollten alle Wässer relativ gut durchmischt sein und nur geringe Anteile einer jüngeren Komponente enthalten; sie übersteigen nach der Modellierung 14 % nicht. Eine Ausnahme bildet das Wasser der Quelle 602, die mit $\sigma = \pm 1,2$ ‰ größere Schwankungen zeigt und ca. 50 % junges Wasser enthält.

Tab. 20: Dachstein – Die mit dem Speicherdurchflußmodell bestimmten mittleren Verweilzeiten der Wasserkomponenten und deren Anteile in den Quellen im Bereich **Haus-Gröbming**. Die Quellen, die ca. drei Jahre beprobt wurden, sind fett hervorgehoben.

Quelle	$\sigma^{18}\text{O}$ [‰]	jüngere Komponente			ältere Komponente		
		Anteil [%]		MVZ [Jahre]	Anteil [%]		MVZ [Jahre]
502	0,31	4	(3-5)	0,1 (<0,1-0,2)	96	(95-97)	5 (4,5-5,5)
507	0,21	14	(12-16)	0,3 (0,2-0,4)	86	(84-88)	6 (5,5-6,5)
512	0,23	9	(7-11)	0,3 (0,2-0,4)	91	(89-93)	3 (2,5-3,5)
551	0,38	7	(3-11)	0,2 (0,1-0,3)	93	(89-97)	
601	0,22	8	(5-8)	≤ 0,1	92	(92-95)	
602	1,21	52	(50-55)	≤ 0,1	48	(45-50)	

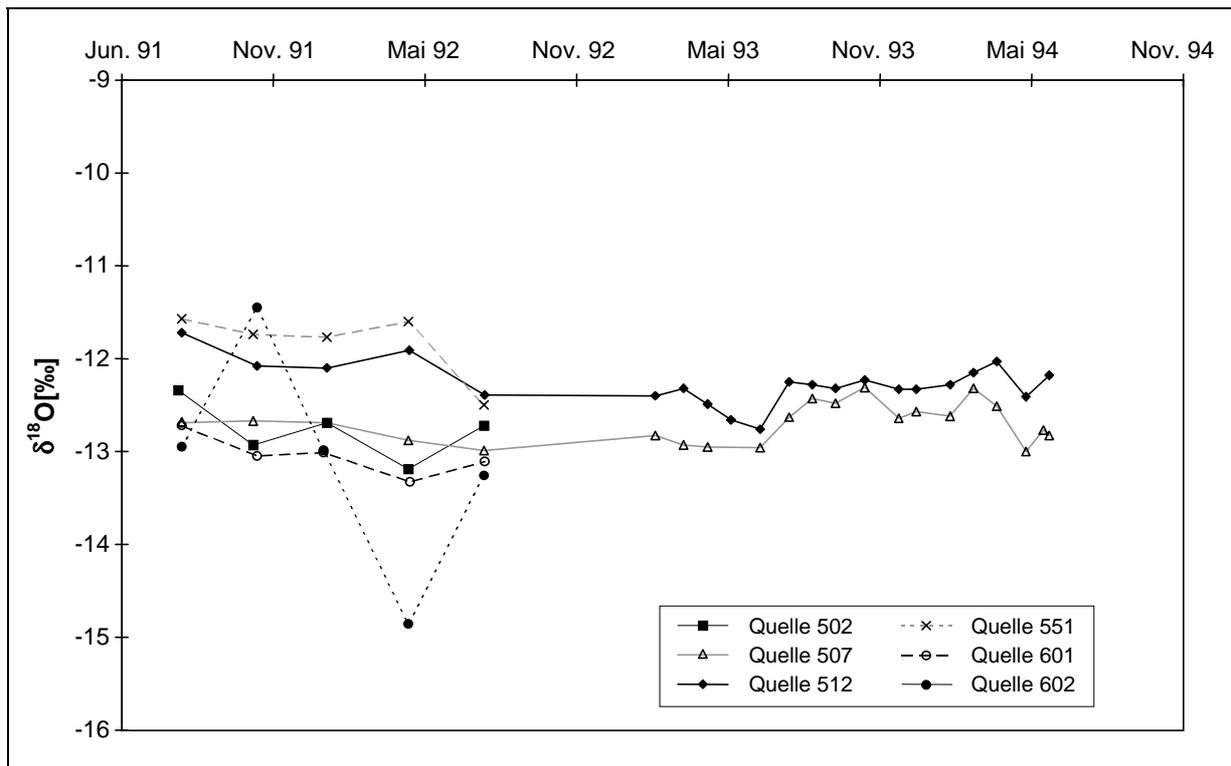


Abb. 37: Dachstein – Gang der ^{18}O -Gehalte der Quellwässer im Bereich Haus-Gröbming.

4.2.2.2 Bereich Filzmoos-Ramsau

Im Bereich Filzmoos-Ramsau wurden die Quellen **605, 607, 608, 702, 703, 704, 707, 709, 722, 723, und 724** (Abb. 38) beprobt. Allen gemein ist, daß das bei ihnen austretende Wasser durch die hier in großer Höhe ausbeißenden Werfener Schichten in den diversen darüberliegenden Karbonaten aufgestaut werden und an ihrer Oberkante überlaufen. Die Austrittsstellen sind zumeist durch darüberliegende jüngere Lockersedimente etwas verschleppt. Die Austrittshöhen der Quellen liegen zwischen 1.240 m ü. A. (Quelle 605) und 1.640 m ü. A. (Quelle 722).

Von den Quellwässern dieses Bereichs liegen nur ^{18}O -Gehalte vor. Die Quellen 605, 709 und 724 wurden über einen Zeitraum von ca. drei Jahren, die anderen über ca. ein Jahr beprobt. Die Anteile von im Kluftsystem drainiertem Wasser haben nach der Modellierung eine MVZ von maximal 0,5 Jahren, sind aber zu höchstens 16 % vertreten. Daß die Modellierung für die schnelle Komponente der Quellwässer, von denen nur fünf bis sechs Werte vorliegen, kleinere MVZ liefert, mag ein Artefakt sein und mit der Kürze des Beobachtungszeitraums zusammenhängen. Die MVZ der älteren Komponente läßt sich aufgrund der Wahrscheinlichkeitsverteilung der möglichen Lösungen nur in dem Wasser der Quelle 605 mit genügender Genauigkeit abschätzen. Die Wässer der Quellen 723 und 703 sind mit einem ^{18}O -Wert bzw. zwei ^{18}O -Werten nicht zu charakterisieren.

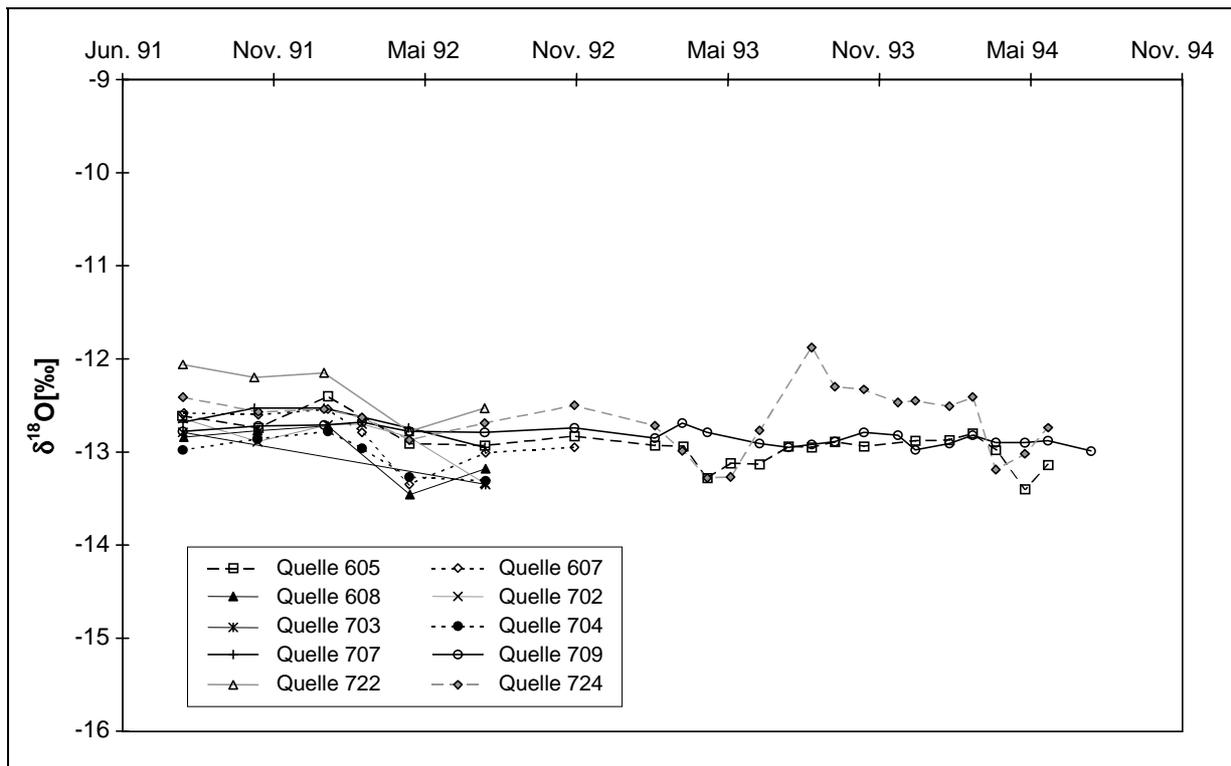


Abb. 38: Dachstein – Gang der ^{18}O -Gehalte der Quellwässer im Bereich Filzmoos-Ramsau.

Tab. 21: Dachstein – Die in den Quellwässern im Bereich **Filzmoos-Ramsau** mit dem Speicherdurchflußmodell bestimmten mittleren Verweilzeiten und Anteile der Komponenten. Die Quellen, die ca. drei Jahre beprobt wurden, sind fett hervorgehoben.

Quelle	$\sigma^{18}\text{O}$ [‰]	jüngere Komponente		ältere Komponente	
		Anteil [%]	MVZ [Jahre]	Anteil [%]	MVZ [Jahre]
605	0,21	6 (5-7)	0,4 (0,3-0,5)	94 (93-95)	6 (4-8)
607	0,29	9 (8-10)	≤ 0,1	91 (90-92)	
608	0,32	16 (14-18)	≤ 0,1	84 (82-86)	
702	0,26	2 (2-10)	≤ 0,1	98 (90-98)	
704	0,22	10 (6-10)	≤ 0,1	90 (90-94)	
707	0,17	7 (5-7)	≤ 0,1	93 (93-95)	
709	0,09	3 (2-4)	0,4 (0,2-0,4)	97 (96-98)	
722	0,30	14 (9-14)	≤ 0,1	86 (86-91)	
724	0,34	12 (9-12)	0,2 (0,1-0,2)	88 (88-91)	

4.2.3 Abschätzung der mittleren Höhe der Einzugsgebiete der Quellen

Diese erste Abschätzung der Einzugsgebietshöhen berücksichtigt die Altersstruktur der Wässer nicht. Die Abschätzung beruht lediglich auf einem Vergleich der mittleren Isotopengehalte der Quellen mit denen der Niederschläge und deren Höhenabhängigkeit. Korrekte Abschätzungen sind nur zu erwarten, falls die mittleren jährlichen ^2H - und ^{18}O -Gehalte in der Vergangenheit konstant waren und ein Linearmodell anwendbar ist, also Wässer mit unterschiedlichen Verweilzeiten, die eventuell in unterschiedlichen Höhen infiltrierten, mit gleichem Gewicht eingehen. Korrekte relative Höhen der Einzugsgebiete von Quellen sind aus diesen Abschätzungen zu erhalten, falls die Altersstruktur der Wässer, der Probenumfang und die Probenahmetermine übereinstimmen.

Eine notwendige Voraussetzung für die Anwendung dieser Methode zur Höhenabschätzung der Einzugsgebiete ist, daß die ^2H - und ^{18}O -Ganglinien der Quellen mindestens über ein Jahr vorliegen, um bei kurzen Verweilzeiten der Wässer im Untergrund (<1-2 Jahre) eventuell noch vorhandene saisonale Schwankungen der ^2H - und ^{18}O -Gehalte zu erkennen und für die Quellwässer repräsentative Mittelwerte berechnen zu können. Da die Quellen in unterschiedlichen Intervallen beprobt wurden, liefert das Mittel über die Meßwerte nicht unbedingt einen repräsentativen Wert für die Quellwässer. Die Mittelwerte und Streuungen sind in Tab. 22 zusammengestellt. Die Streuung der Mittelwerte hängt im wesentlichen von der Verweilzeit des Wassers im Untergrund ab und sagt nichts darüber aus, wie genau die Mittelwerte der ^2H - und ^{18}O -Gehalte der Quellwässer bestimmt werden konnten. Mit zunehmender Höhendifferenz zwischen Einzugsgebiet und Quellaustritt ist eine höhere Verweilzeit der Wässer im Untergrund und damit eine Abnahme der saisonalen Schwankungen zu erwarten. Die mittleren Höhen der Einzugsgebiete sind auf 50 m gerundet angegeben und die tatsächlichen Schwankungsbreiten der Ergebnisse hängen von den Schwankungsbereichen der Isotopengehalte und der Dauer der Beobachtungsreihe ab. Eine endgültige Beurteilung der Aussagekraft der errechneten mittleren Einzugsgebietshöhen, kann erst unter Einbeziehung sämtlicher hydrogeologischer Ergebnisse (Markierungsversuche, Hydrogeologie, Topographie, chemische Analysen etc.) erfolgen und wird im Kapitel 7 behandelt.

Tab. 22: Dachstein – Mit dem Regressionsmodell berechnete mittlere Höhen der Quelleinzugsgebiete. (Lange Meßreihen sind fett hervorgehoben)

Bereich	Quelle Nr.	Mittlerer $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalt	$\sigma^{18}\text{O}$ [‰]	Quell-Austritt [m ü. A.]	mittl. Höhe des Einzugsgeb. [m ü. A.]	mittl. Höhe des Einzugsgeb. über Quell-Austritt [m]
Hintertal	110	-12,54	±0,21	800	2.000	1.200
	112	-12,55	±0,88	800	2.000	1.200
	120	-12,51	±0,91	820	1.950	1.130
	153	-11,78	±0,63	930	1.400	470
Plassen	115	-11,86	±0,75	750	1.450	700
	159	-11,50	±1,20	1.040	1.150	110
	174	-11,68	±0,62	700	1.300	600
	250	-11,86	±0,46	1.190	1.450	260
	252	-11,26	±1,04	1.190	950	-240
	253	-11,87	±0,53	1.160	1.450	290

Bereich	Quelle Nr.	Mittlerer $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalt	$\sigma^{18}\text{O}$ [‰]	Quell-Austritt [m ü. A.]	mittl. Höhe des Einzugsgeb. [m ü. A.]	mittl. Höhe des Einzugsgeb. über Quell-Austritt [m]
Waldbachursprung-Koppenwinkel	201	-12,77	±1,05	920	2.200	1.280
	203	-12,92	±1,27	820	2.300	1.480
	204	-11,99	±0,64	660	1.550	890
	206	-12,33	±1,47	510	1.850	1.340
	303	-11,94	±1,21	570	1.500	930
	304	-12,46	±0,71	530	1.950	1.420
	310	-12,60	±0,41	530	2.050	1.520
	311	-11,99	±1,08	540	1.550	1.010
Kainischtraun	402	-11,70	±0,81	780	1.350	570
	405	-12,29	±0,88	810	1.800	990
	412	-11,47	±1,36	780	1.150	370
	418	-11,48	±0,89	800	1.150	350
	453	-11,63	±1,31	790	1.250	460
Grubegg	406	-12,15	±0,84	780	1.700	920
	410	-11,96	±0,75	780	1.550	770
	428	-12,01	±0,69	820	1.550	730
Haus-Gröbming	502	-12,77	±0,31	800	2.200	1.400
	507	-12,69	±0,21	880	2.100	1.220
	512	-12,27	±0,23	800	1.800	1.000
	551	-11,84	±0,38	870	1.450	580
	601	-13,05	±0,22	1.160	2.400	1.240
	602	-13,10	±1,21	1.110	2.450	1.340
Filzmoos-Ramsau	605	-12,93	±0,21	1.240	2.300	1.060
	607	-12,83	±0,29	1.280	2.250	970
	608	-12,99	±0,32	1.360	2.350	990
	702	-12,85	±0,26	1.460	2.250	790
	703	-13,07	±0,40	1.480	2.400	920
	704	-13,03	±0,22	1.560	2.400	840
	707	-12,69	±0,17	1.350	2.100	750
	709	-12,83	±0,09	1.250	2.250	1.000
	722	-12,35	±0,30	1.640	1.850	210
	724	-12,66	±0,34	1.260	2.100	840

4.3 Zusammenfassung

Mit Hilfe von Umweltisotopen wurden die mittlere Verweilzeit (MVZ) von Quellwässern im Untergrund der Dachsteingebietes und die mittlere Höhe ihres Einzugsgebietes bestimmt. Im Karst ist im wesentlichen von zwei Grundwasserkomponenten mit unterschiedlicher MVZ auszugehen: Wasser, das im Kluftsystem von der Geländeoberfläche schnell zu den Quellen gelangt, und Wasser, das in der porösen Matrix zwischengespeichert wird und damit eine höhere MVZ hat als das erstere. Neben der MVZ der beiden Komponenten wurde auch deren relative Anteile im Quellwasser bestimmt. In dieser Studie wurden diese Parameter allein durch Auswertung der Ganglinien der Isotopendaten mit Speicherdurchflußmodellen bestimmt.

Infolge der vielfach sehr kleinen Datenbasis von fünf bis sechs Werten je Quelle konnten in vielen Fällen über die MVZ der älteren Komponente keine Angaben mit genügender Genauigkeit gemacht werden. Die Berechnungen der mittleren Höhen der Einzugsgebiete scheinen in Anbetracht der geologischen Gegebenheiten, der Ergebnisse der Markierungsversuche und der chemischen Analysen größtenteils sehr realistisch. Die wenigen unplausiblen Ergebnisse sind auf die zu kurze Meßreihe und die beträchtlichen Schwankungen der Isotopengehalte zurückzuführen, welche nicht unbedingt einen repräsentativen Mittelwert für die Quellwässer lieferten und im Einzelfall zu berücksichtigen sind.

5 MARKIERUNGSVERSUCHE

Die karsthydrologische Erforschung des Dachsteingebietes mittels Tracerversuchen geht bereits mehr als 45 Jahre zurück, wobei sich die Erkenntnisse über die Entwässerung dieses Karststocks in der letzten Dekade sehr grundsätzlich geändert haben.

Seit 1953 wurden zur Untersuchung der Abflußwege im Dachstein insgesamt 28 Markierungsversuche durchgeführt, die im Folgenden zusammengefaßt dargestellt werden.

5.1 Sporentriftversuche 1953 bis 1960

Um die Herkunft von Quellwässern zu erforschen, widmete sich Alfred Mayr bereits 1949 – gezwungenermaßen aus Geldmangel – der pollenanalytischen Untersuchung des Quellwassers. Begonnen wurde mit der Untersuchung des Waldbachursprung, von dem man annahm, daß er vom Gletscher gespeist wird. Dabei wurde das Ergebnis der Pollenanalyse vom Hallstättergletscher mit dem pollenanalytischen Bild des Quellwassers verglichen.

Die systematische Erforschung der Abflußverhältnisse des Dachsteinmassivs nahm im August 1953 unter MAYR mit einer Einspeisung von 8 kg ungefärbter Sporen des Bärlapp (*Lycopodium clavatum*) in die Kluftschwinde am Hinteren Gosausee ihren Anfang. Die Sporen konnten sowohl am Waldbachursprung (bereits 165 Stunden später), als auch am Großen Brunnbach (Gosautal), am Kessel und dem Einlauf zum Vorderen Gosausee nachgewiesen werden (MAYR, 1958; BAUER, 1989).

Um mehrere Einspeisungen gleichzeitig durchführen zu können, färbte man die Sporen unterschiedlich ein, wobei ZÖTL im Jahr 1956 fünf zeitlich voneinander getrennte Sporentriftversuche mit gefärbten und ungefärbten Sporen durchführte. Die Einspeisungsstellen waren: Dachstein-Rieseneishöhle, Herrenalm, Landfriedtal, Maisenberg Alm und Miesboden. Es ergab sich das Bild eines radialstrahligen Abflusses nach allen Richtungen – siehe Abb. 39 (ZÖTL, 1957a).

Ein Markierungsversuch im Jahr 1957 stellte eine unterirdische Verbindung zwischen dem Überlauf der Kläranlage des in Bau befindlichen Berghauses „Oberfeld“ und der damaligen Sportheimquelle in Obertraun fest (BAUER, 1958).

Ein großräumiger Sporentriftversuch im Jahr 1958 mit vier gleichzeitigen Einspeisungen – Schladminger Gletscher, Schneelochgletscher, Wurzkar und Krippenstein – zur Erforschung der Abflußverhältnisse im Bereich des Kargebirges, bestätigte die Ergebnisse eines radialstrahligen Abflusses aus dem Jahr 1956 – siehe Abb. 40 (BAUER et al., 1958).

Eine Einspeisung vom Speläologischen Institut in eine Schmelzwasserschwinde am Großen Gosaugletscher und in eine Schwinde bei der Angeralm im Jahr 1960 ergab ein ebensolches Ergebnis, wie in den Jahren zuvor (SPELÄOLOGISCHES INSTITUT, 1960).

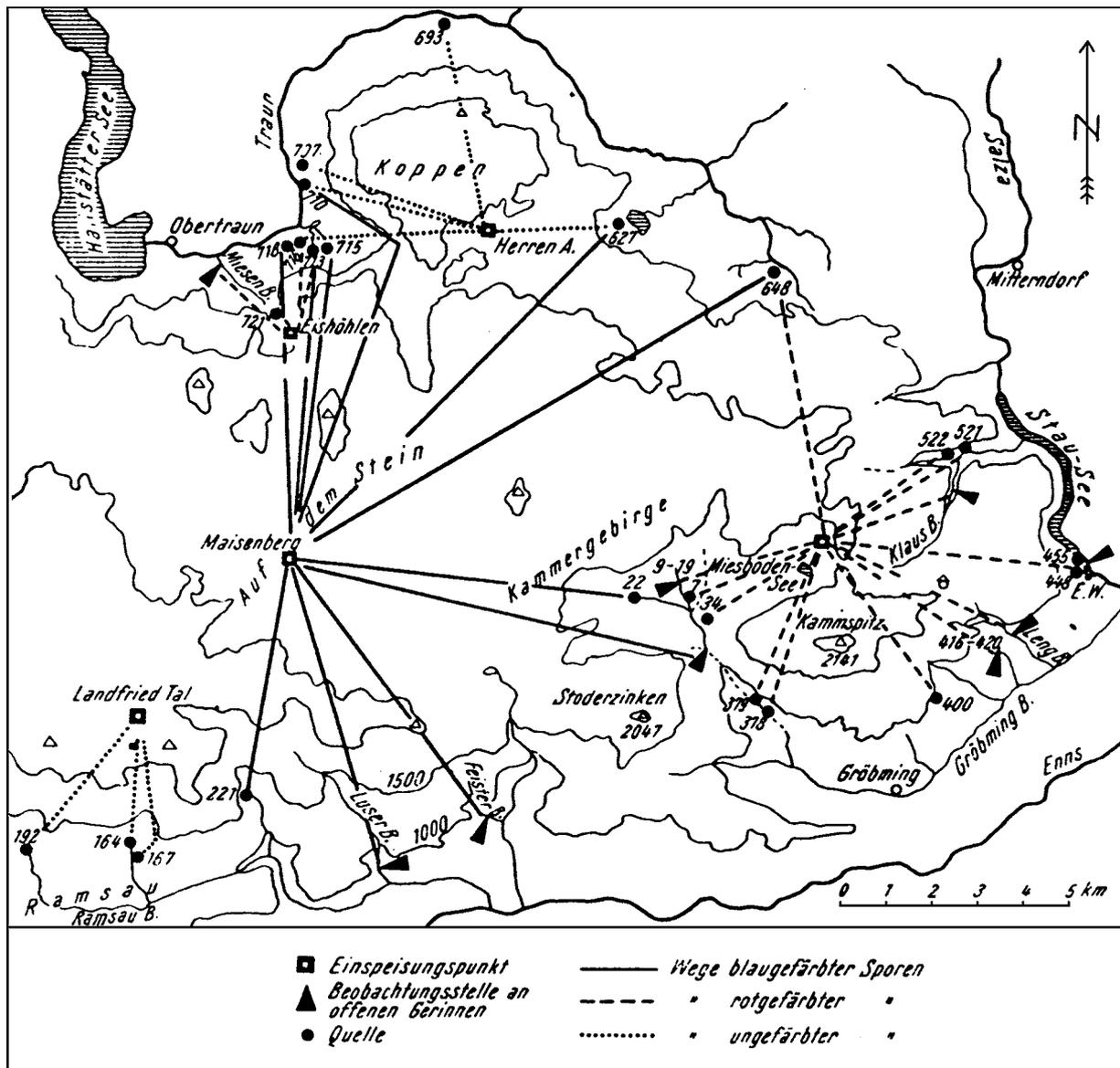


Abb. 39: Dachstein – Sporentriftversuch 1956 (*Lycopodium* Sporen) im östlichen Dachsteingebiet (ZÖTL, 1957a).

5.2 Farbtracerversuche 1984-1986 und 1990

Ab 1984 wurden nur mehr Fluoreszenztracer verwendet, womit sich das Bild des Entwässerungsregimes sehr deutlich änderte.

Anhand neuerer Erkenntnisse überprüfte BAUER in den Jahren 1984 bis 1986 mit Hilfe von Fluoreszenztracerversuchen sehr kritisch die Ergebnisse der Sporentriftversuche und revidierte sie. Die Sporentriftversuche aus den Jahren 1956 bis 1960 erwiesen sich als sehr problematisch, denn einerseits galt eine unterirdische Abflußbeziehung bereits aufgrund weniger entdeckter Sporen als nachgewiesen und bestätigt, andererseits wurden die Tracerzugabe, die Beprobung an den Quellen und die Auswertung oft von ein und derselben Personen durchgeführt. Die verwendeten Sporen des Bärlapp weisen zudem eine sehr große Haftfähigkeit insbesondere auf Textilien auf, wodurch Kontaminationen der Proben aufgrund von Verschleppungen sehr wahrscheinlich waren und der Grund für das Modell der radialstrahligen Abflußverhältnisse am Dachstein. In der Folge galten Nachweise von Triftstoffen nur dann als bewiesen, wenn sich aus den analysierten Stoffkonzentrationen Durchgangskurven erkennen ließen.

Der radialstrahlige Abfluß konnte nicht bestätigt werden, im Gegenteil, es traten deutlich bevorzugte Abflußrichtungen zu Tage, die eine grobe Abgrenzung von Gebieten mit nachgewiesenem Abfluß nach Norden und Süden zuließen. Die Hauptentwässerungsrichtung ist nach Norden gerichtet, lediglich in zwei Fällen konnte eine Tracerbeeinflussung von Quellen an der Südseite des Dachsteinmassivs bestätigt werden – siehe Abb. 41 (BAUER, 1989).

In den Jahren 1984 bis 1986 wurden insgesamt 19 Einspeisungen durchgeführt – 17 in den Monaten Juli und August und zwei in den Monaten September und Oktober. Die Einspeisungen erfolgten durchwegs in natürliche Schwinden und Schlucklöcher. Die Beobachtung der Traceraustritte fand je nach Aufgabenstellung an je 100 bis 150 Quellen statt. Es kamen ausschließlich Fluoreszenztracer zur Anwendung, und besonderes Augenmerk wurde auf eine kontaminationssichere, personelle Trennung der einzelnen Verfahrensschritte bei den Markierungsversuchen gelegt. Die Traceranalysen erfolgten in der Folge an den Wasserproben bzw. den Aktivkohleproben. Im Unterschied zu den Sporentriftstoffen war bei den Fluoreszenztracern eine quantitative Auswertung an den Wasserproben möglich. (BAUER, 1989).

Die Markierungsversuche in der Zeit von 1984 bis 1986 hatten nach BAUER (1989) im einzelnen folgende Zielsetzungen:

Beim Markierungsversuch im August 1984 stand einerseits die Erforschung des unterirdischen Abflusses vom touristisch genutzten Bereich des Kargebirges und andererseits eine Überprüfung der Triftversuche von 1958 im Vordergrund.

Im Oktober 1984 überprüfte BAUER den von MAYR im Jahr 1953 nachgewiesenen Zusammenhang zwischen dem Waldbachursprung und dem Hinteren Gosausee und stellte fest, daß je nach hydrologischen Verhältnissen völlig unterschiedliche Fließrichtungen vorherrschen. Bei hohen Seewasserständen, wie im August 1984, fungiert die Kluft am Hinteren Gosausee als Quelle, die unter anderem sowohl vom Großen Gosaugletscher als auch vom Hallstättergletscher beeinflusst wird. Bei tiefen Seewasserständen, wie im Oktober 1984, ist diese Kluft als Schwinde wirksam und speist Quellen im Gosautal und den Waldbachursprung in Hallstatt.

Im August 1985 erfolgte die Erforschung des östlichen Teiles des Dachsteinmassivs in zwei Einspeisungsetappen. Die erste Einspeisung ging mit einem sommerlichen Starkregen- bzw. Hochwasserereignis einher und dem zweiten Turnus folgte ein niederschlagsarmer Zeitabschnitt.

Der Markierungsversuch im Juli bzw. im September 1986 hatte zum Ziel, den Mittelteil des Dachsteinmassivs zu erforschen. Zu dieser Zeit herrschten ausgesprochene Niederwasserhältnisse. Es erfolgte auch eine Einspeisung in der Dachstein-Südwandhöhle, die im Ba-

sisbereich der nach Norden gerichteten Kalkmasse liegt und es zeigte sich in der Folge ein Tracernachweis dieser Eingabe sowohl in Quellen des Bereiches Gosau als auch im Quellbezirk des Waldbachursprung in Hallstatt.

Abb. 42 zeigt zusammengefaßt die Ergebnisse der Markierungsversuche bis 1986 und stellt alle eindeutig nachgewiesenen Wasserwege und die notwendigen Schutzzonen dar.

Markierungsversuche des Umweltbundesamtes mit Fluoreszenztracern im Westteil des Dachsteingebietes, wurden im Jahr 1990 bei hohem sowie bei niedrigem Bergwasserstand durchgeführt und hatten zum Ziel, die beträchtlichen Änderungen des Abflußverhaltens der Karstgrundwässer zu den verschiedenen Jahreszeiten zu erforschen, um eine sinnvolle Abgrenzung des zu erlassenden Schongebietes zu ermöglichen. Die Untersuchungsergebnisse zeigen eine deutliche Überlappung der Einzugsgebiete der Quellen im Bereich Gosau mit jenen Einzugsgebieten der Quellen im Bereich Hallstatt, wie bereits in früheren Tracerversuchen festgestellt (HERLICKA & HOBIGER, 1991) – siehe Abb. 43.

Erläuterungen zu den nachfolgenden Abbildungen:

Die den Kurzbezeichnungen entsprechenden Namen der Einspeisungsstellen können der Tab. 23 entnommen werden.

Nachfolgend die Kurzbezeichnungen der Beobachtungsstellen:

- a Spaltquelle am Hinteren Gosausee (entspricht auch der Einspeisungsstelle G)
- B1 Kesselquellen nördl. des Hinteren Gosausees
- B2, b Quellbereich Launigfall (Gosaulacke)
- B3, c,d,e Quellbezirk Brunnbach-Beereiblbach (110, 112)
- q Quelle der WV Gosau (120)
- B4, h Brielgrabenbach (159)
- B5, f Waldbachursprung (201)
- p Hirschbrunn (206)
- B6 Sportheimquelle Obertraun
- B7 Stubenbodenquelle
- B8, o Miesenbach (303)
- B9, n Quellbezirk Koppenwinkel (304, 310)
- B10, g Quellbezirk Koppenbrüllerhöhle (311)
- B11, i Quellbezirk Ödensee
- j Quellbezirk Strummern (453)
- k Quellbezirk Riedlbach (405)
- B12 Quelle am oberen Gröbmingbach
- l Quelle am Ahornsee
- m Siebenbrunn (512)
- B13 Feisterrerbach (605)
- B14 608

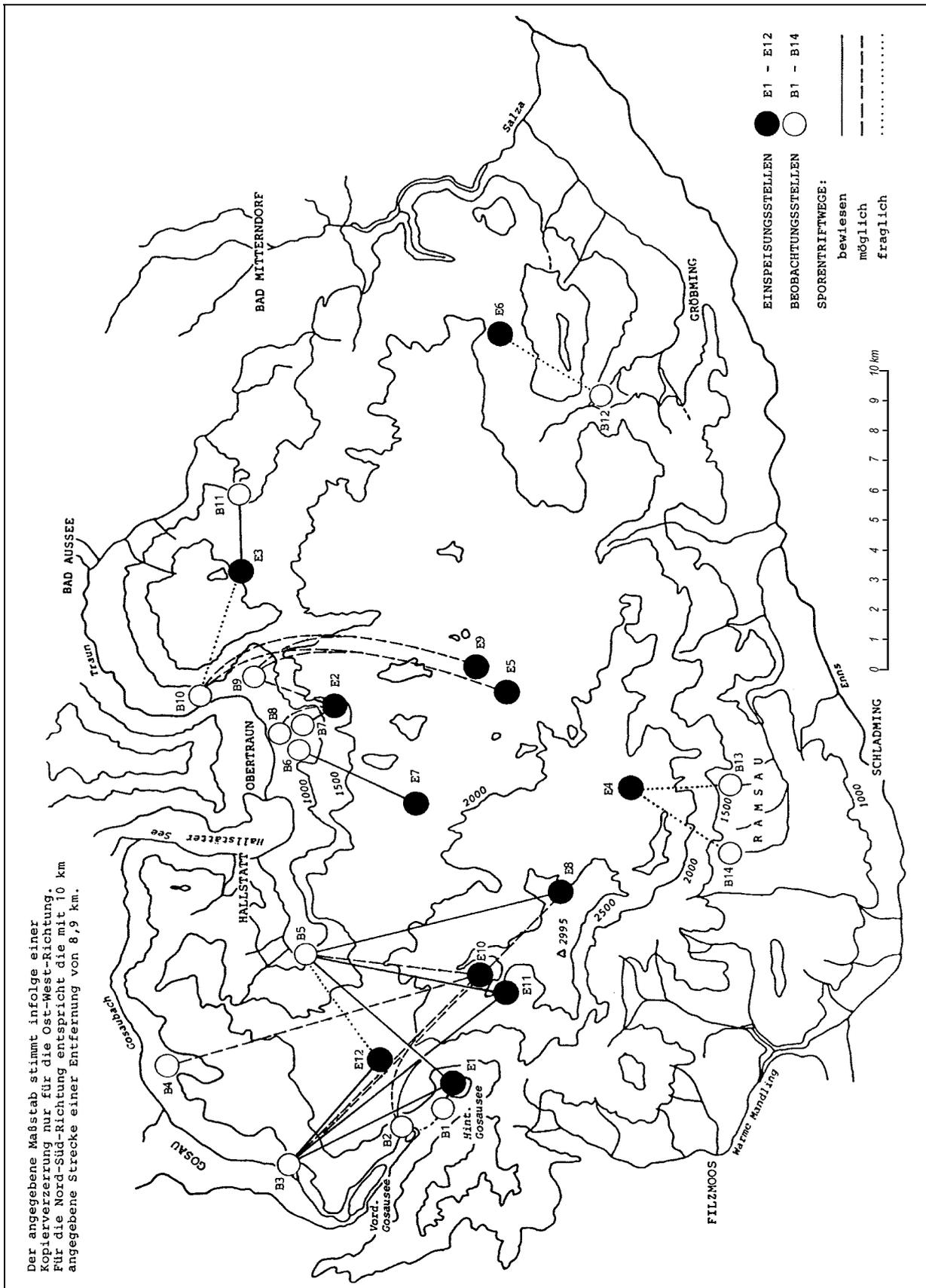


Abb. 41: Dachstein – Revidierte Ergebnisse der Sporenriftversuche von 1953 bis 1960 (BAUER, 1989).

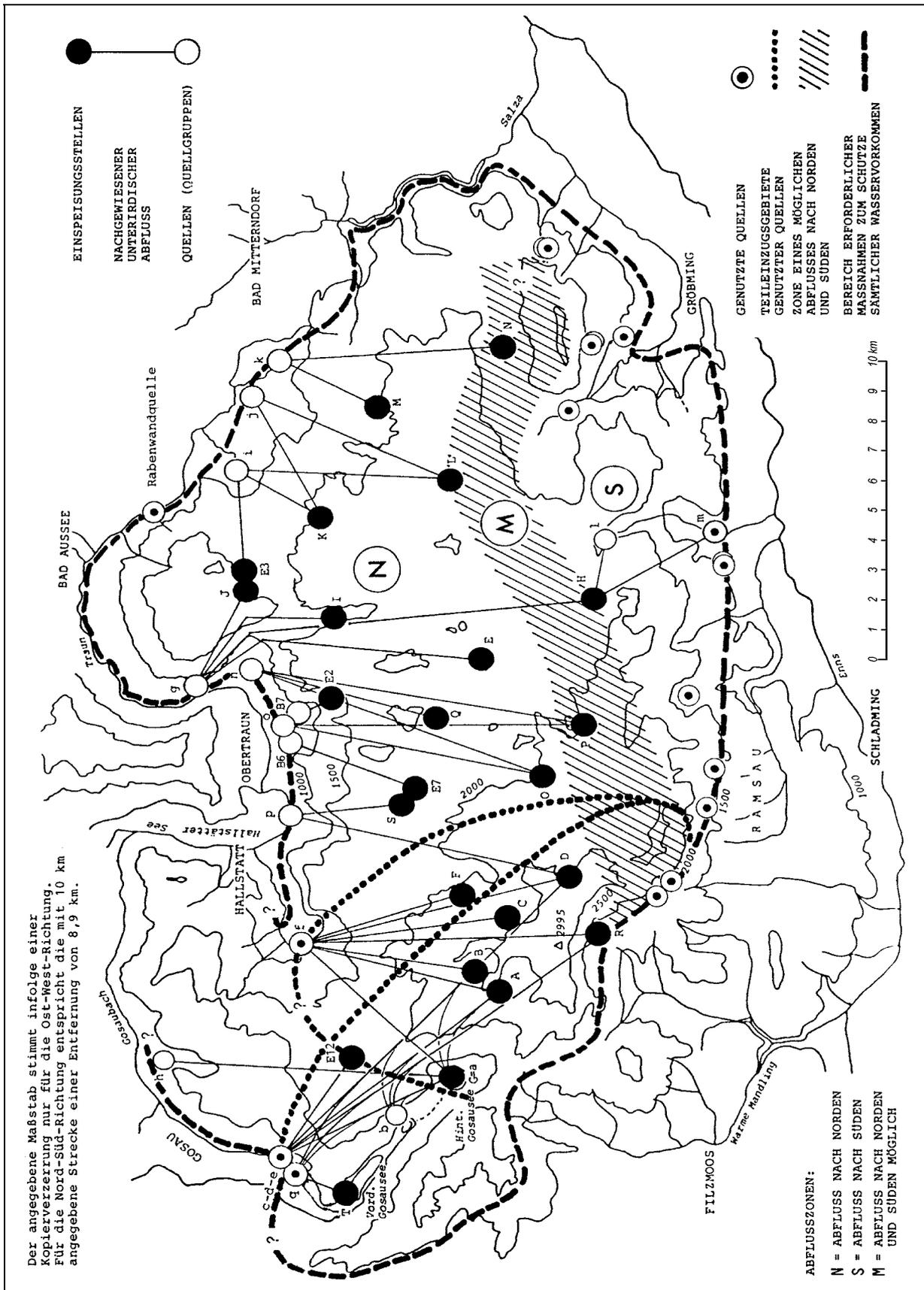


Abb. 42: Dachstein – Abflußverhältnisse und Quellschutz-zonen (BAUER, 1989).

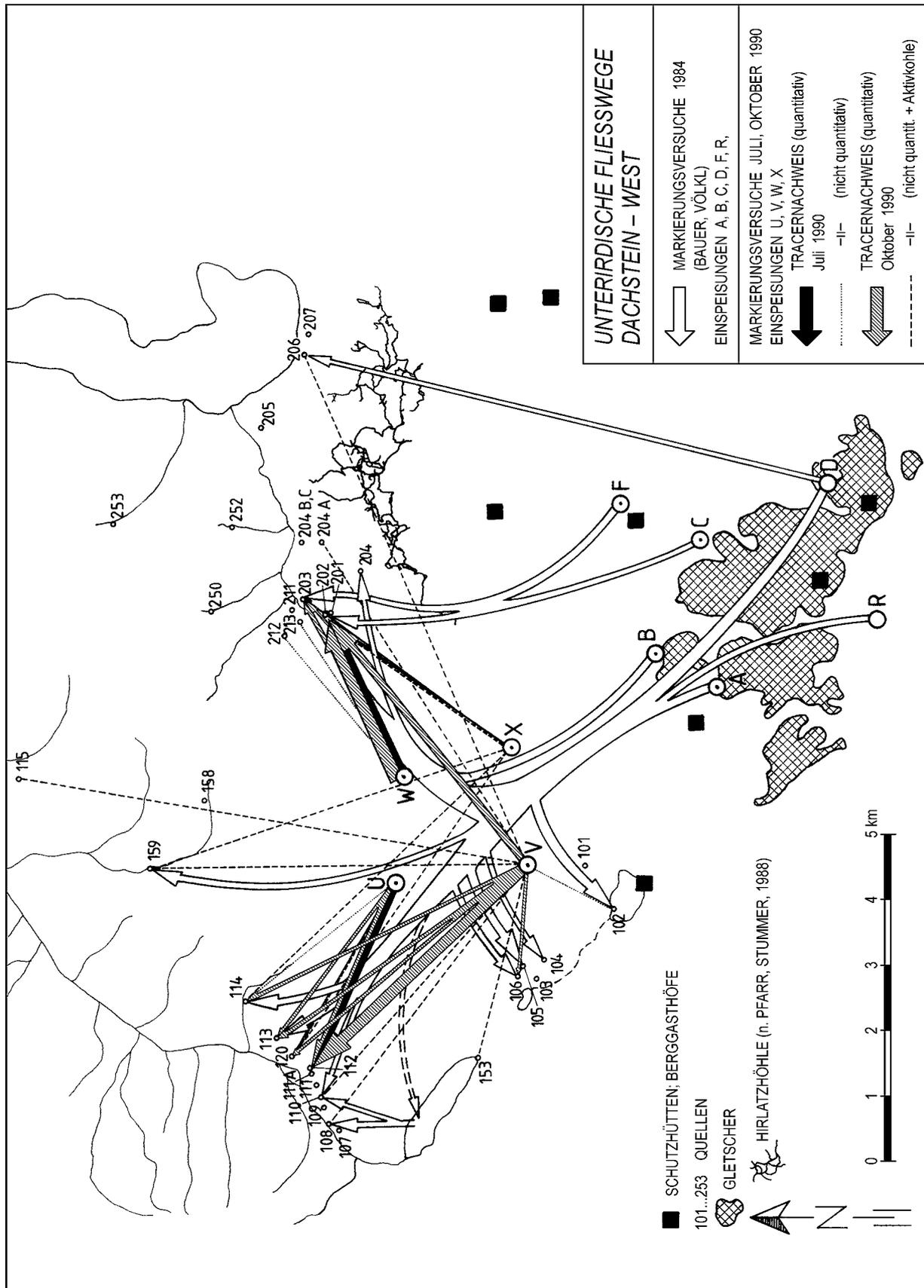


Abb. 43: Dachstein – Abflußverhältnisse im Bereich Dachstein-West mit quantitativer Abschätzung (HERLICKSA & HOBIGER, 1991).

5.3 Quellbezogene Ergebnisse der Markierungsversuche

Zusammenfassend ist zu den Ergebnissen dieser Tracerversuche zu sagen, daß im Dachsteingebiet ein rascher nach Norden gerichteter unterirdischer Abfluß dominiert. Lediglich beim Markierungsversuch 1985 konnte ein (allerdings nur geringer) Abfluß nach Süden (zur Quelle 512) nachgewiesen werden. Die Größenordnung der Abstandsgeschwindigkeiten läßt sich gut durch die in BAUER (1989) und HERLICKSKA & HOBIGER (1991) angegebenen minimalen Durchgangszeiten veranschaulichen, welche ein wichtiges Kriterium für einen potentiellen Schadstoffeintrag darstellen. Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, daß unter verschiedenen Witterungsbedingungen die hydraulischen Verhältnisse und damit die Fließgeschwindigkeiten variieren können.

Die nachfolgende Tabelle zeigt alle nachgewiesenen Beziehungen und Fließzeiten zwischen den Einspeisungspunkten und den ausgewählten Quellen.

Die Einspeisungspunkte sind entsprechend ihrer geographischen Lage (W-E) aneinandergereiht und mit ihrer Kurzbezeichnung und Höhenlage ergänzt. Die einzelnen Markierungsversuche wurden mit der Jahreszahl bezeichnet, in der sie durchgeführt wurden und einer laufenden Zahl ergänzt, sofern mehrere Markierungsversuche in einem Jahr stattgefunden haben. Die Durchflußzeiten beziehen sich auf Tage sofern sie nicht als Stunden (h) oder Jahre (a) bezeichnet sind. Nachweise ohne Zeitangabe (Aktivkohle) sind mit einem X gekennzeichnet.

Wie die Einspeisung in der Südwandhöhle am Südabsturz des Dachsteins bestätigt, ist das Einzugsgebiet des unterirdischen Abflusses gänzlich unabhängig vom orographischen Einzugsgebiet. Nachweise dieser Einspeisung konnten sowohl in den Quellen 110, 112 und 120 im Bereich Hintertal als auch im Quellbereich Waldbachursprung (201 und 203) gefunden werden, welche allesamt im Norden des Dachsteinmassivs liegen. Die Durchflußzeiten betragen in etwa 3,5 Tage.

Die unterirdischen Verbindungen diese Quellen sind offensichtlich besonders gut ausgebildet. Diese Quellbereiche werden sowohl aus den Gletscherbereichen als auch aus den mittelhohen Bereichen im Westteil des Dachsteins alimentiert und ihre Einzugsgebiete überschneiden sich. Die Durchflußgeschwindigkeiten sind zum Teil sehr hoch und variieren beträchtlich in Abhängigkeit vom Bergwasserstand.

Die Einzugsgebiete der Quellen 303, 304, 310 und 311 erstrecken sich – wie die Markierungsversuche gezeigt haben – über den Mittelteil des Dachsteinmassivs weit nach Süden, mit maximalen Durchflußzeiten von ca. zwei bis fünf Tage.

Die Quellen 402, 405 und 453 im Bereich Kainischtraun zeigten Verbindungen zu den mittelhohen Bereichen im Ostteil des Dachsteinmassivs mit Durchgangszeiten zwischen zwei und sieben Tagen.

6 HYDROGEOLOGIE DES DACHSTEINMASSIVS

Im Zuge des Pilotprojekts „Karstwasser Dachstein“ wurden seitens des Umweltbundesamtes von August 1991 bis August 1992 42 Quellen einer vierteljährlichen Beprobung unterzogen und in weiterer Folge 13 ausgewählte Quellen von März 1993 bis Juni 1994 monatlich untersucht (siehe Kapitel 3). Die hierbei erhaltenen Schüttungs-, Temperatur- und Leitfähigkeitswerte sowie Chemie- und Isotopendaten werden im vorliegenden Kapitel in Hinblick auf den geologischen Bau des Dachsteinmassivs interpretiert.

Die untersuchten Quellen liegen zwischen den Talschaften Gosaubach – Hallstättersee – Koppentraun – Kainischtraun im Norden und dem Ennstal im Süden. Nach Westen bilden die Gosauseen und die Warme Mandling, nach Osten die Salza die Begrenzung des Untersuchungsgebietes.

Hinweis: Die im weiteren gemachten Angaben zum Einzugsgebiet beziehen sich stets auf das hydrographische. Die Höhenangaben zu den Quellen sind den entsprechenden Blättern der ÖK 50 entnommen. Das $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis – bezogen auf $\text{mmol}(\text{eq})/\text{l}$ – stellt eine wichtige Kenngröße für Wässer in kalkalpinen Gebieten dar. Dieses Ionenverhältnis gibt Auskunft, ob das Einzugsgebiet einer Quelle vorwiegend von Kalk- oder Dolomitgesteinen eingenommen wird. Nach den Erfahrungen von TOUSSAINT (1971) im Tennengebirge ist bei $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnissen unter 4 ein Einzugsgebiet mit vorwiegend Dolomit zu erwarten.

6.1 Überblick

Die unterirdischen Abflußverhältnisse im Dachsteingebiet lassen sich in groben Zügen folgendermaßen charakterisieren:

Den Hauptaquifer des etwa 35 km langen und 15 km breiten Dachsteinmassivs bildet die bis etwa 1.000 m mächtige obertriadische Dachsteinkalkabfolge. Diese fällt mit lokalen Ausnahmen flach nach Norden ein und ist stark verkarstet. Anhand zahlreicher Tracerversuche konnte bereits in der Vergangenheit nachgewiesen werden, daß sich ihr Verbreitungsgebiet durch einen raschen, etwa nordgerichteten unterirdischen Abfluß zu den im Norden des Dachsteinmassivs gelegenen Karstquellen auszeichnet (siehe Abb. 44).

Dementsprechend waren im Zuge des vorliegenden Projekts bei diesen Karstquellen starke Schüttungsschwankungen mit enormen Maximalwerten sowie erhebliche Schwankungen im ^{18}O -Gehalt zu beobachten. Die im Durchschnitt relativ niedrigen Wassertemperaturen dieser Quellen sind auf das bis in die Gletscherregion hochreichende Einzugsgebiet zurückzuführen. Das zumeist deutlich über 4 liegende $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis entspricht der lithologischen Beschaffenheit des Einzugsgebietes (vorwiegend Kalke).

Eine Ausnahme bei den im Norden des Dachsteinmassivs aus dem Dachsteinkalk entspringenden Quellen bildet der Wasseraustritt 110 (Baumbachquelle). Diese Quelle ähnelt in ihrem Verhalten vielmehr den an der Dachsteinsüdseite austretenden dolomitbetonten Wässern (siehe unten). Vermutlich wird die Quelle 110 zu einem erheblichen Teil aus dem im Liegenden des Dachsteinkalkes zu erwartenden Wettersteindolomit angespeist.

Im Liegenden der Dachsteinkalkabfolge ist eine ebenfalls bis 1.000 m mächtige, anisische bis unterkarnische Dolomitabfolge (hauptsächlich Wettersteindolomit) ausgebildet. Sie stellt für die darüberliegende, stark verkarstete Dachsteinkalkabfolge einen im wesentlichen nach Norden einfallenden, relativen Stauhorizont dar. Im Süden des Dachsteingebietes ist diese Dolomitabfolge über einen weiten Bereich aufgeschlossen und bildet mit dem an sie anschlie-

ßenden Wettersteindolomit des Mandlingzuges einen weitgehend zusammenhängenden Dolomitaquifer. An der Basis dieses Aquifers folgt ein mehr oder weniger einheitlicher Stauhorizont aus permoskythischen und altpaläozoischen schiefrig-siliziklastischen Gesteinen verschiedener tektonischer Zugehörigkeit, dessen Oberkante im Südwesten des Dachsteingebietes wesentlich höher ausbeißt als im Südosten.

An diesem Stauhorizont laufen zahlreiche Quellen über, die sich in der Regel durch geringere Schüttungen, relativ konstante ^{18}O -Gehalte und ein geringes $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis (zumeist unter 4) von den großen Karstquellen im Norden des Dachsteinmassivs deutlich unterscheiden. Dieser langsame, gut durchmischte unterirdische Abfluß ist zum Großteil auf den Dolomitreichtum im Einzugsgebiet zurückzuführen; bekanntlich ist in Dolomiten die Wasserwegsamkeit im wesentlichen durch eine engständige Klüftung und weniger durch Verkarstungserscheinungen bestimmt, was mit einem höheren Speichervermögen einhergeht. Teilweise dürfte aber auch die Lockersedimentbedeckung auf die Verweilzeit einen maßgeblichen Einfluß ausüben.

Auffallend ist bei diesen Wässern, daß ihre Wassertemperatur gegenüber der in der Höhenlage ihres Austritts zu erwartenden mittleren Lufttemperatur zumeist leicht erhöht ist. Vermutlich ist dies ein Resultat der Südexposition und des langsameren unterirdischen Abflusses, der – im Unterschied zum raschen Karstwasserabfluß innerhalb der Dachsteinkalkabfolge – einen weitgehenden Temperatúrausgleich mit dem umgebenden Gestein zuläßt.

Im Bereich der jurassischen Gleitschollen des Plassen und bei Bad Mitterndorf treten zahlreiche unterschiedlich beschaffene Quellwässer mit einem zumeist kleineren Einzugsgebiet aus. Ihr Lösungsinhalt ist durch den heterogenen Aufbau dieser Gleitschollen bestimmt.

Entsprechend der Lage, dem geologischen Umfeld und den Quellmeßdaten (Schüttung, Temperatur, Lösungsinhalt, Isotopen) lassen sich die Quellen des Dachsteingebietes folgenden hydrogeologischen Bereichen zuordnen, auf die im weiteren noch im Detail eingegangen wird; die räumliche und hydrogeologische Situation dazu ist in Abb. 44 und Abb. 45 dargestellt.

Hydrogeologische Bereiche:

- **Nordseite des Dachsteinmassivs**
 - Bereich Hintertal
 - Bereich Plassen
 - Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel
 - Bereich Kainischtraun
 - Bereich Grubegg
- **Südseite des Dachsteinmassivs**
 - Bereich Haus-Gröbming
 - Bereich Filzmoos-Ramsau.

In den nun folgenden Kapiteln 6.2 und 6.3 werden die Ergebnisse der Quellbeobachtung – gegliedert nach den hydrogeologischen Bereichen – aus hydrogeologischer Sicht interpretiert. Dabei werden die Meßdaten (im wesentlichen Schüttung, Temperatur, Gesamtlösungsinhalt, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis, SO_4^{2-} - und Cl^- -Gehalt sowie $\delta^{18}\text{O}$) zumeist nur zu qualitativen Aussagen herangezogen. Bezüglich einer quantitativen Auswertung sämtlicher Isotopen (in Hinblick auf die Verweilzeit einzelner Abflußkomponenten und die mittlere Einzugsgebietshöhe) sei auf Kapitel 1 verwiesen. Detaillierte statistische Auswertungen der übrigen Meßparameter sind hingegen im Kapitel 3 zu finden.

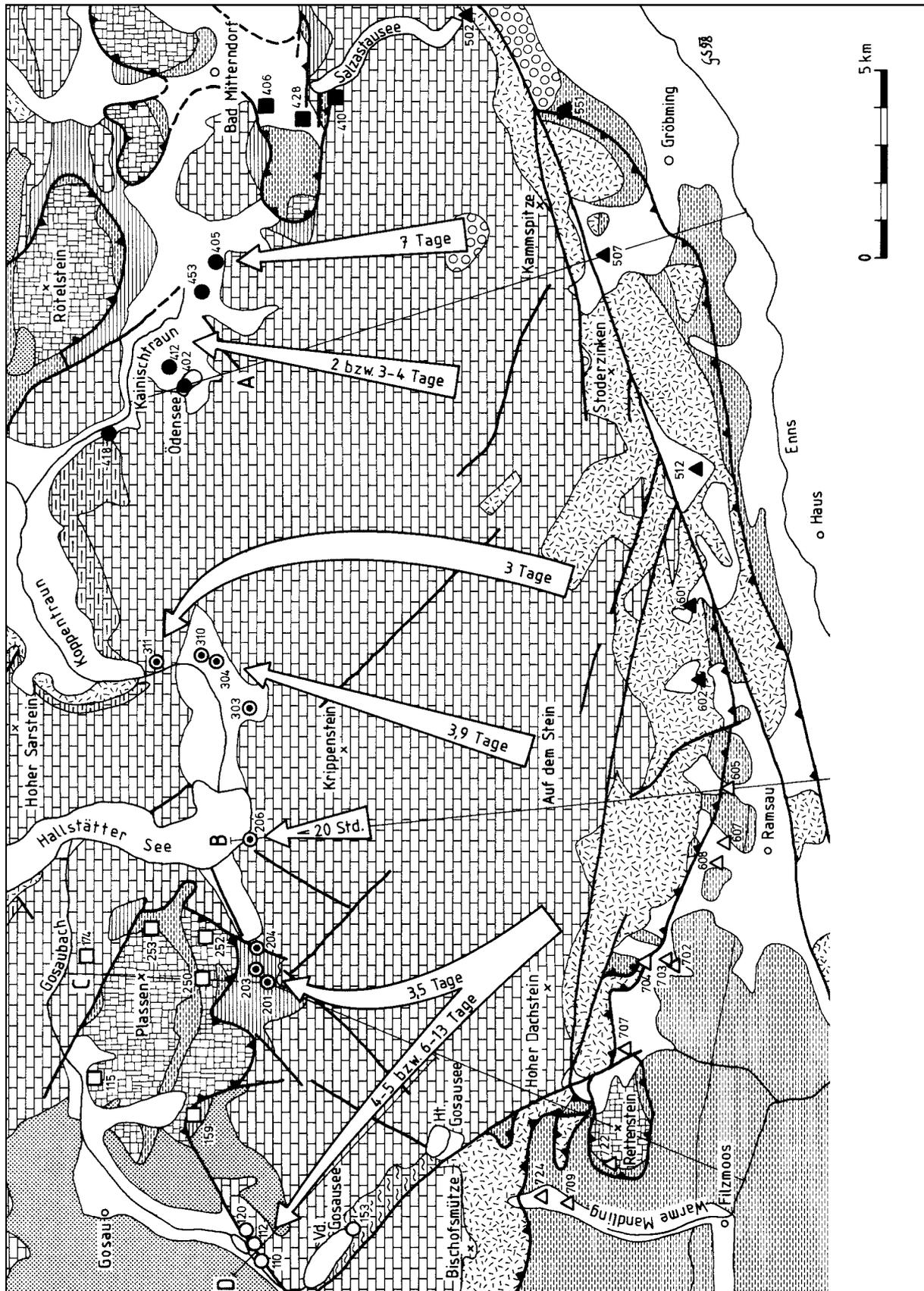


Abb. 44: Dachstein – Hydrogeologische Übersichtskarte des Dachsteingebietes mit Lage der untersuchten Quellen. Die dazugehörige Legende befindet sich auf Abb. 45.

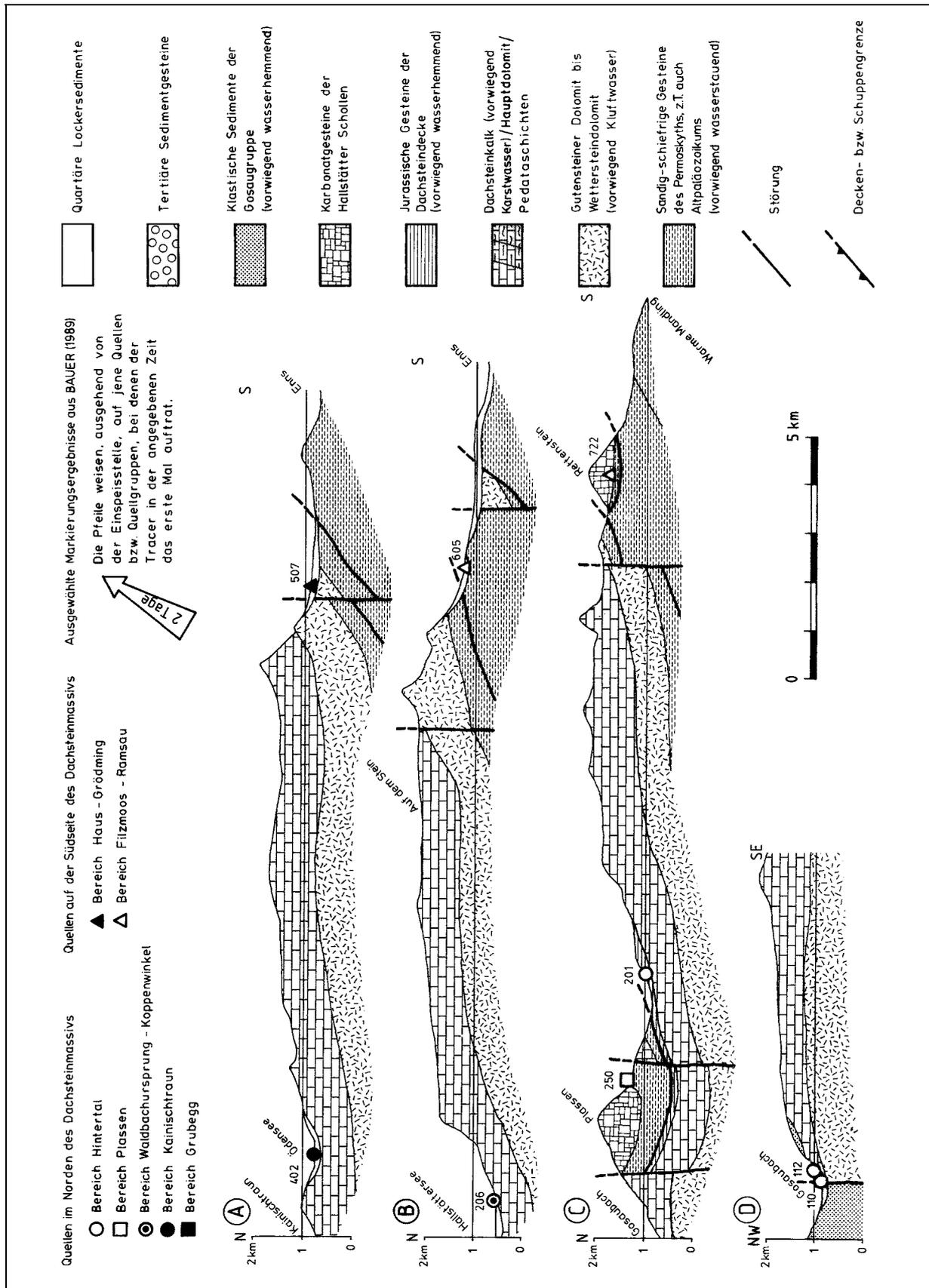


Abb. 45: Dachstein – Hydrogeologische Schnitte durch das Dachsteingebiet. Die Lage der Schnitte ist in Abb. 44 ersichtlich.

Einen Überblick über die für die hydrogeologische Interpretation wichtigsten Quellmeßdaten verschafft Tab. 24. Die angegebenen Werte berücksichtigen sowohl die Meßdaten der Untersuchung August 1991 bis August 1992 als auch jene des erweiterten Beprobungsprogramms März 1993 bis Juni 1994. Bei den Temperaturwerten ist zu berücksichtigen, daß diese mitunter nicht direkt am Quellaustritt bestimmt werden konnten und dann vor allem bei geringeren Schüttungen gegenüber den eigentlichen Austrittstemperaturen verändert sein können (siehe Kapitel 6.4).

Tab. 24: Dachstein – Überblick zu den Quellmeßdaten der jeweiligen hydrogeologischen Bereiche.

Quelle	Höhe (m ü. A.)	Schüttung (l/s)	Temp. (°C)	Lösungs- inhalt (mg/l)	Ca ²⁺ /Mg ²⁺ bezogen auf mmol(eq)/l	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	δ ¹⁸ O (‰)
Bereich Hintertal								
110*	800	25-245	5,1-6,4	148-190	3,3-6,3	3,0-5,0	0,5-1,0	-12,9- -12,1
112*	800	3-3.000	4,1-6,3	96-144	5,8-17,6	1,0-2,3	0,1-0,4	-14,1- -10,8
120*	820	2,5-115	4,1-5,4	99-143	5,4-16,4	1,0-2,4	0,1-0,4	-14,1- -10,8
153	930	0,1-1.500	4,7-23,3	131-159	8,1-11,9	2,1-2,7	0,2-0,5	-12,5- -10,7
Bereich Plassen								
115*	750	20-500	3,9-6,7	163-219	4,9-11,2	2,6-5,5	0,7-10,7	-12,9- -10,4
159	1040	0,2-50	0,7-7,7	138-267	2,9-5,9	1,5-19,5	0,2-0,8	-13,6- -10,7
174	700	5-150	0,9-10,7	171-227	4,2-5,7	3,6-8,8	0,3-1,1	-12,7- -11,2
250	1190	1,5-40	3,7-4,6	144-202	16,9-27,3	3,1-11,4	1,3-23,8	-12,5- -11,3
252	1190	0,2-50	4,2-9,5	142-269	3,5-19,4	2,3-10,0	1,4-16,5	-12,9- -10,5
253	1160	1-40	3,4-5,2	175-239	2,2-16,6	3,3-17,2	0,4-2,5	-12,7- -11,4
Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel								
201*	920	20-12.000	3,6-4,9	84-142	8,7-18,2	0,8-2,2	0,1-0,4	-14,5- -11,0
203*	820	5-60	3,9-4,8	86-142	9,3-16,1	0,8-2,3	0,1-0,4	-15,0- -10,1
204	660	5-200	4,9-5,4	120-163	13,8-15,0	1,5-2,6	0,2-0,5	-12,8- -11,2
206*	510	0-5.500	5,1-8,6	127-154	13,5-20,2	1,6-2,1	0,1-0,4	-15,0- -9,7
303*	570	3-2.145,3	4,2-7,3	135-181	4,2-12,8	2,0-3,0	0,3-0,7	-13,8- -9,4
304	530	0,5-30	4,4-5,0	120-140	3,6-12,1	1,1-2,0	0,2-0,5	-13,9- -11,9
310	530	0-10	4,9-5,8	129-147	5,4-5,7	1,2-2,5	0,3-0,5	-12,9- -12,1
311	540	5-300	5,5-7,4	126-161	5,1-9,1	1,5-3,4	0,2-0,5	-13,8- -11,2
Bereich Kainischtraun								
402	780	0-900	0,2-22	123-194	9,8-12,1	1,6-3,1	0,3-0,6	-12,7- -10,9
405	810	5-20	5,5-5,7	156-218	5,1-21,2	2,1-3,7	0,3-0,6	-13,8- -11,6
412	780	20-40	5,0-5,5	128-206	8,0-14,2	1,6-4,0	0,2-0,6	-13,7- -10,2
418	800	0,2-30	6,2-7,6	160-244	3,6-6,4	3,6-10,1	0,6-2,0	-12,8- -10,4
453	790	0,02-1.000	3-10,4	131-351	4,1-17,6	1,6-9,4	0,3-3,2	-13,9- -10,5
Bereich Grubegg								
406	780	10-30	5,7-6,5	161-270	4,8-22,5	2,0-24,0	0,3-4,4	-13,6- -11,4
410	780	5-120	6,9-7,9	172-335	3,4-16,9	5,3-67,0	0,3-0,9	-13,2- -11,2
428	820	0,1-0,2	1,1-17,6	588-2134	6,7-8,8	224-1.212	1,4-20,3	-12,5- -10,8

Quelle	Höhe (m ü. A.)	Schüttung (l/s)	Temp. (°C)	Lösungs- inhalt (mg/l)	Ca ²⁺ /Mg ²⁺ bezogen auf mmol(eq)/l	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	δ ¹⁸ O (‰)
Bereich Haus-Gröbming								
502	800	30-150	5,7-7,8	166-222	2,3-17,3	2,9-4,6	0,4-0,8	-13,2- -12,3
507*	880	5-200	6,4-7,0	194-213	2,3-2,8	2,8-3,7	0,5-0,7	-13,0- -12,3
512*	800	10-50	6,7-7,9	266-289	1,6-1,7	3,5-4,5	0,6-0,9	-12,8- -11,7
551	870	0,25-20	6,7-7,9	178-304	2,2-2,8	2,0-7,4	0,3-0,9	-12,5- -11,6
601	1160	25-50	4,9-8,2	189-226	2,1-3,2	2,0-2,7	0,3-0,6	-13,3- -12,7
602	1110	20-2.000	5,1-6,4	107-185	1,9-2,3	0,8-2,1	0,1-0,6	-14,9- -11,5
Bereich Filzmoos-Ramsau								
605*	1240	0-24,2	3,8-7,1	200-307	1,8-2,3	12,9-62,2	0,6-12,8	-13,4- -13,4
607	1280	2-6	4,9-6,2	197-307	2,4-2,6	12,3-73,1	0,6-2,2	-13,4- -12,5
608	1360	0,1-20	1,2-4,6	116-313	2,7-3,3	3,9-90,7	0,4-3,1	-13,5- -12,7
702	1460	5-15	2,4-5	260-390	3,2-3,6	60,0-139,0	0,7-1,0	-13,3- -12,6
703	1480	0-40	4,1-4,2	167-188	3,2-3,6	60,0-139,0	0,7-3,1	-13,4- -12,8
704	1560	1-150	3,6-4,2	127-184	2,5-2,9	2,4-10,4	0,4-0,5	-13,3- -12,8
707	1350	3-30	3,9-4,3	154-234	1,9-2,9	12,4-45,3	0,9-4,0	-13,0- -12,5
709*	1250	10-76	4,5-5,9	320-345	2,1-2,2	80,5-86,3	4,5-4,9	-13,0- -12,7
722	1640	10-20	4,0-5,1	121-169	12,5-23,5	2,9-9,5	0,4-0,5	-12,8- -12,1
724*	1260	12-130	3,5-5,6	183-250	2,6-3,0	13,5-35,8	1,5-3,6	-13,3- -11,9

* Bei diese Quellen sind auch die Meßdaten des erweiterten Meßprogramms März 1993 bis Juni 1994 berücksichtigt.

6.2 Die Quellen auf der Nordseite des Dachsteinmassivs

6.2.1 Allgemeines

Die Nordseite des Dachsteinmassivs zeichnet sich durch das Auftreten von überaus ergiebigen Karstquellen aus. Diese in den **Bereichen Hintertal, Waldbachursprung-Koppenwinkel** und **Kainischtraun** gelegenen Quellen entwässern die bis etwa 1.000 m mächtige, nach Norden einfallende und stark verkarstete Dachsteinkalkabfolge des Dachsteinplateaus (siehe Abb. 44 und Abb. 45), welche den ergiebigsten Aquifer des Projektgebietes bildet. Zum Großteil besteht diese der Dachsteindecke angehörende Karbonatabfolge aus mächtigem gebanktem Dachsteinkalk, vor allem an ihrem Südrand beinhaltet sie daneben aber auch Dachsteinkalk in massiger Ausbildung, während sie Richtung Norden zunehmend Loferite (geringmächtige laminierte Dolomitzwischenlagen) eingeschaltet hat, welche südlich der Koppenstraun in den dort verbreiteten Hauptdolomit überleiten.

Die starke Verkarstung innerhalb der Dachsteinkalkabfolge äußert sich am deutlichsten in der Ausbildung zahlreicher großer Karsthöhlen. Mit Jänner 1994 waren nach HENNE et al. (1994) bereits 512 Karsthöhlen mit einer Gesamtlänge von etwa 200 km bekannt. Die Ausrichtung dieser im Nordabschnitt des Dachsteinmassivs gehäuft auftretenden Höhlen orientiert sich an den vorgegebenen Bankungsfugen und Kluffflächen. Eine Bindung an Höhlenbildungsniveaus ist laut HENNE et al. bei den Höhlen des Dachsteingebiets nicht festzustellen.

Entsprechend der Beschaffenheit ihres Einzugsgebietes (vorwiegend Kalk, starke Verkarstung) sind für die Bereiche Hintertal, Waldbachursprung-Koppenwinkel und Kainischtraun starke Schüttungsschwankungen mit z. T. enormen Spitzenwerten und starke Änderungen der ^{18}O -Konzentrationen sowie in der Regel über 4 liegende $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnisse typisch.

Wie rasch der unterirdische Abfluß zu diesen Quellen vor sich geht, wurde bereits in zahlreich Tracerversuche nachgewiesen (siehe Kapitel 5). Am besten sind die unterirdischen Abflußverhältnisse mit den in BAUER (1989) angeführten Fluoreszenztracerdurchgangszeiten zu veranschaulichen: BAUER gibt beispielsweise für die Strecke Schladminger Gletscher – Quellbezirk Brunnbach (in Hintertal) eine minimale Durchgangszeit von 4 bis 5 Tagen, für die Strecke Schladminger Gletscher – Quellbezirk Waldbachursprung 3,5 Tage und für die Strecke Grafenbergalm – Koppenbrüllerhöhle 3 Tage an. Von der Hochstube zum Quellbezirk Ödensee war das Erstauftreten des Tracers nach 3 bis 4 Tagen zu verzeichnen (siehe Abb. 44). Bei diesen Werten ist natürlich zu beachten, daß unter verschiedenen Witterungsbedingungen die hydraulischen Verhältnisse und damit auch die Fließgeschwindigkeiten variieren können.

Im Nordwesten des Dachsteingebietes bilden die im Becken von Gosau abgelagerten Sedimente der Gosaugruppe (vorwiegend Tonstein, Mergel und Sandstein) in Verbindung mit dem nach Osten anschließenden Haselgebirge und Werfener Schichten der Plassenscholle – das Haselgebirge ist mindestens bis auf das Niveau des Hallstättersees in die Dachsteindecke eingesenkt – eine wichtige Barriere für den Karstwasserstrom in den Dachsteinkalken. Sie lenkt den aus Süden kommenden unterirdischen Abfluß zum einen nach Westen zum Quellbezirk Brunnbach (Hintertal) und zum anderen nach Osten in Richtung Waldbachursprung und Hallstättersee um. Diese Fließrichtungen gehen aus den in BAUER (1989) sowie in HERLICKSKA & HOBIGER (1991) wiedergegebenen Fluoreszenztracerversuchen hervor, wengleich BAUER (1989: 59) dieses Phänomen lediglich „auf ein ausgeprägtes vom Hintere Gosausee zum Echerntal verlaufendes Störungssystem“ zurückführte. Durch die in HERLICKSKA & HOBIGER (1991) beschriebenen Färbeversuche konnte nachgewiesen werden, daß sich der zwischen den Quellbezirken Brunnbach und Waldbachursprung ausgebildete Scheitel des Karstwasserspiegels entsprechend den Niederschlagsverhältnissen verschiebt.

Die etwa 1.000 m mächtige, vor allem aus Wettersteindolomit bestehende dolomitreiche Karbonatabfolge im Liegendanteil der Dachsteindecke (siehe Abb. 44) stellt aufgrund ihres Gesteinsbestandes für die darüber befindliche, stark verkarstete Dachsteinkalkabfolge einen relativen Stauhorizont dar. Dieser ist am Südabfall des Dachsteinmassivs über weite Bereiche aufgeschlossen, wobei seine Oberkante stellenweise bis über 2.500 m ü. A. zu liegen kommt. Im Norden des Projektgebietes hingegen sind südlich der Linie Gosaubach-Hallstättersee-Koppentraun selbst auf Talniveau keine Aufschlüsse von Wettersteindolomit bekannt, was auf das generelle Nordeinfallen der Dachsteindecke im Projektgebiet zurückzuführen ist. Auf diese dolomitreiche Karbonatabfolge wird im Kapitel 6.3 noch näher eingegangen.

Im Dachsteingebiet sind zwischen der Dachsteinkalkabfolge und dem Wettersteindolomit nur lokal kleinere Vorkommen von Raibler Schichten (Tonstein, Sandstein) eingeschaltet. Diese haben daher – im Gegensatz zu anderen Bereichen der nördlichen Kalkalpen – im Dachsteingebiet für den unterirdischen Abfluß keine regionale Bedeutung.

Auch die vereinzelt Juravorkommen im Hangendanteil der Dachsteindecke haben zumeist nur einen geringen Einfluß auf die unterirdischen Abflußverhältnisse. Eine Ausnahme stellen die in der weiteren Umgebung des Waldbachursprungs (Quelle 201) verbreiteten Allgäuschichten (kalkig-mergelig) und Grünanger Schichten (eine vorwiegend aus Breccien bestehende sedimentäre Gleitmasse) dar. Diese bilden – in Kombination mit der Barrierewirkung der Plassen Scholle und dem im Dachsteinkalk ausgebildeten Störungssystem – vermutlich die Austrittsursache für den Waldbachursprung.

Die in der Umgebung der Plassen-Scholle und der Mitterndorfer-Schollen beobachteten Quellen – beide Komplexe sind in Hallstätter Fazies ausgebildet und verdanken ihre Position

einer jurassischen Gleittektonik – sind in den **Bereichen Plassen** und **Grubegg** zusammengefaßt (siehe Abb. 44). Im Bereich Grubegg liegt ein südlicher Ausläufer der Mitterndorfer-Schollen der Dachsteindecke schüsselförmig auf (siehe Abb. 45). Dieser besteht in der Hauptsache aus Haselgebirge und Werfener Schichten, die hier gemeinsam einen wichtigen Stauer bilden. Am Wandlkogel treten auch Gutensteinerdolomit, Steinalmkalk, Hallstätterkalke und Reiflinger Schichten zutage. Bei Quellen 428 war ein besonders auffälliger Wasserchemismus zu beobachten, der auf eine starke Gipslösung (Haselgebirge) zurückzuführen ist.

Auch im Bereich Plassen treten aufgrund des abwechslungsreichen geologischen Rahmens stark unterschiedliche Wässer zutage. Die der Dachsteindecke aufliegende Plassen-Scholle setzt sich aus einer Vielfalt von permischen bis jurassischen Schichtgliedern zusammen, von denen Haselgebirge und Werfener Schichten die Basis bilden. Darüber folgen Gutensteiner Kalk, Gutensteiner Dolomit, Steinalmkalk, Schreieralmkalk (dieser ist lokal mit Mergel vergesellschaftet), Reingrabener Schichten (Tonschiefer und Kalke), Bunte Hallstätterkalke und Zlambachschichten (vor allem Mergel). Diesem Schichtstoß ruht der Kalkstock des Plassen (bestehend aus Plassenkalk) diskordant auf. Im Norden und Osten ist die Plassen Scholle an Brüchen in die Dachsteindecke eingesenkt, während sie im Süden dieser eher flach aufliegt. Aufgrund ihres Tiefganges – das Haselgebirge reicht zumindest bis auf das Niveau des Hallstättersees hinab – bildet die Plassen-Scholle, wie bereits erwähnt, eine wichtige Barriere für das Karstwasser innerhalb der Dachsteindecke.

6.2.2 Bereich Hintertal

In der Umgebung von Hintertal bei Gosau wurden die Quellen **110**, **112**, **120** und **153** einer Beprobung unterzogen. Diese Quellen treten nahe dem Vorflutniveau (Gosaubach) aus, welches im wesentlichen durch die wasserhemmenden Gosasedimente des Gosaubeckens bestimmt wird. Die Quellaustritte 112 und 120 liegen etwas über dem Talniveau, was vermutlich mit der dort verbreiteten Moränenschürze in Zusammenhang steht. Die Quelle 153 ist aufgrund ihrer Lage (Lockersedimente am Ufer des Gosausees) als Folgequelle anzusprechen.

Die Quellen 112, 120 und 153 weisen entsprechend ihrem vorwiegend aus Dachsteinkalk bestehenden Einzugsgebiet (dieses reicht nach BAUER (1989) bis in die Gegend des Hohen Dachsteins) vergleichsweise hohe $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnisse auf; diese liegen im Beobachtungszeitraum zwischen 5,4 und 17,6.

Im Unterschied dazu sind bei Quelle 110, die unweit der Quellen 112 und 120 entspringt, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnisse zwischen 3,3 und 6,3 festzustellen. Das zeigt deutlich, dass diese Quelle zumindest zeitweise Wasser aus einem dolomitischen Aquifer beziehen muß. Ein anderer Teil stammt aus der Dachsteinkalkabfolge, wie die in BAUER (1989) wiedergegebenen raschen Tracerdurchgänge beweisen.

Auch bei Schüttung und Isotopengehalt unterscheidet sich die Quelle 110 von den anderen Wasseraustritten des Bereichs Hintertal. Während bei den Quellen 112, 120 und 153 starke Schüttungsschwankungen mit ausgeprägten Maxima typisch sind – für Quelle 153 werden beispielsweise Werte von 0 l/s bis 1.500 l/s und für Quelle 112 von 3 l/s bis 500 l/s angegeben –, ist die Schüttung von Quelle 110 wesentlich ausgeglichener. Bei ihr wurden Werte zwischen 25 l/s und 60 l/s gemessen. Sinngemäß gilt das gleiche auch für die Isotopengehalte der Quellwässer. Während also bei den Quellen 112, 120 und 153 in der Hauptsache typisches Karstwasser mit raschem Durchsatz austritt, besitzt die Quelle 110 einen höheren Anteil an gut durchmischtem, älterem Wasser.

Dem Lösungsinhalt und dem Abflußverhalten zufolge wird die Quelle 110 zu einem erheblichen Anteil von Wasser aus einem obertägig nicht aufgeschlossenen Dolomitaquifer gespeist – wahrscheinlich aus dem Wettersteindolomit im Liegenden der Dachsteinkalkabfolge.

6.2.3 Bereich Plassen

Im Nahbereich der zwischen Gosau und Hallstatt gelegenen Plassen-Scholle wurden die Quellen **115, 159, 174, 250, 252, und 253** untersucht. Aufgrund des heterogenen Gesteinsbestandes der Plassen-Scholle weisen diese Wasseraustritte unterschiedliche und mit den Niederschlagsverhältnissen stark wechselnde Chemismen auf; die beobachteten $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnisse beispielsweise reichen von 2,2 bis 27,3, wobei diesbezüglich die stärksten Änderungen bei Quelle 252 zu verzeichnen sind (3,5 bis 19,4). Zeitweilig machen sich bei einigen Quellen auch die Evaporitgesteine des Haselgebirges bemerkbar; die höchste gemessene SO_4^{2-} -Konzentration beträgt 19,5 mg/l, die von Cl^- 23,8 mg/l.

Quelle 115 – bei ihr wurden Schüttungen zwischen 20 l/s und 500 l/s beobachtet – stellt den ergiebigsten Wasseraustritt im Bereich Plassen dar. Aufgrund des geologischen Bauplans ist anzunehmen, daß diese ausgeprägte Karstquelle einen Großteil der Plassen-Scholle entwässert. Ihr Einzugsgebiet wird aller Wahrscheinlichkeit nach vom südlich und östlich des Plassen ausbeißenden Haselgebirge sowie dem im Norden der Plassen-Scholle zutagetretenden Werfener Schichten begrenzt, die beide Teil der mächtigen permoskythischen Basis dieser Scholle sind. Nach HERLICKSKA & HOBIGER (1991, 36-40) wurde in Quelle 115 zwar in Aktivkohleproben Spuren eines im Herbst 1990 Beim Kreuz – also bereits 4 km südlich der Plassen-Scholle – eingebrachten Tracers nachgewiesen, es ist jedoch trotzdem anzunehmen, daß diese Quelle einen höchstens unwesentlichen Beitrag aus dem Gebiet südlich der Plassen-Scholle enthält: Zum einen war in den entsprechenden Wasserproben kein Tracer festzustellen, zum anderen wurde im Zuge der zahlreichen weiteren in diesem Gebiet durchgeführten Fluoreszenztracereinspeisungen (BAUER, 1989, HERLICKSKA & HOBIGER, 1991) kein weiterer Nachweis erbracht.

Für die anderen Quellen des Bereichs Plassen (159, 174, 250, 252 und 253) sind aufgrund der geringeren Schüttung und des in ihrer Umgebung starken lithologischen Wechsels von verkarstungsfähigen Gesteinen und Stauern kleinere Einzugsgebiete zu erwarten. Lediglich bei Quelle 159 (Brielbachquelle) konnten im Zuge des im Herbst 1990 durchgeführten Tracerversuchs in Aktivkohleproben Spuren der Beim Kreuz und im Steirerloch – also in 5 km Entfernung – eingebrachten Tracers nachgewiesen werden (HERLICKSKA & HOBIGER, 1991, 36-40). Der entsprechende Nachweis in den Wasserproben war jedoch negativ. Weiters konnte im Zuge der zahlreichen anderen im Verbreitungsgebiet der Dachsteinkalkabfolge durchgeführten Fluoreszenztracereinspeisungen nur ein einziger Nachweis erbracht werden (BAUER, 1989, 16-17), dieser jedoch nicht direkt in der Brielbachquelle selbst, sondern im Abfluß des Brielgrabenbaches. Es spricht also seitens der Tracerversuche auch bei dieser Quelle nichts gegen ein im wesentlichen nur lokales Einzugsgebiet.

6.2.4 Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel

Im Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel wurden die Quellen **201, 203, 204, 206, 303, 304, 310 und 311** eingehend untersucht. Diese Quellen zeichnen sich durch erhebliche Schüttungsschwankungen und enorme Maximalschüttungen aus. Bei Quelle 201 (Waldbachursprung) beispielsweise wurden im Beobachtungszeitraum Schüttungen zwischen 20 l/s und 12.000 l/s, bei Quelle 206 zwischen 0 l/s und 5.500 l/s und bei Quelle 311 zwischen 5 l/s und 300 l/s gemessen. Daß es sich bei diesen Quellen um typische Karstwässer mit einem raschen Durchsatz handelt, geht auch aus den stark schwankenden ^{18}O -Werten deutlich hervor (siehe Tab. 24).

Das Einzugsgebiet der Quellen des Bereichs Waldbachursprung-Koppenwinkel liegt im Verbreitungsgebiet der Dachsteinkalkabfolge des zentralen und westlichen Dachsteinmassivs, wie die Tracerversuche von BAUER (1989) beweisen (siehe Abb. 44). Für die in der Gegend des Waldbachursprungs und am Hallstättersee entspringenden Quellen (201, 203, 204, 206)

werden $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnisse zwischen 8,7 und 20,2 angegeben, was auf einen stark von Kalklösung geprägten Lösungsinhalt zurückzuführen ist. Südlich der Koppentraun und dem Koppwinkel hingegen geht der Dachsteinkalk in Hauptdolomit über, was sich im Chemismus der hier befindlichen Quellen (303, 304, 310 und 311) niederschlägt. Dieser ist im großen und ganzen zwar ebenfalls noch als von Kalklösung dominiert zu bezeichnen, die $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnisse dieser Quellen liegen jedoch deutlich niedriger als bei den Quellen des Quellbezirks Waldbachursprung und am Hallstättersee; für sie werden Werte zwischen 3,6 und 12,8 angegeben (siehe Tab. 24).

Die Quellen 206, 303, 304, 310 und 311 liegen nur wenig über dem Vorflutniveau des Hallstättersees und der Koppentraun, wobei 303, 304 und 310 durch eine wasserstauende Moränenschürze etwas weiter hangwärts zum Austritt gezwungen werden. Die Quellen 201, 203 und 204 hingegen treten weit oberhalb des Vorflutniveaus (410, 310 bzw. 150 Höhenmeter darüber) aus. Dies steht vermutlich mit der Barrierewirkung der Plassen Scholle (siehe oben), dem großflächigen Auftreten von Allgäuschichten und Grünanger Schichten im hangendsten Anteil der Dachsteindecke sowie den durch die Tektonik vorgezeichneten Wasserwegsamkeiten in Zusammenhang. Die Quelle 201 repräsentiert mit ihren enormen Schüttungsschwankungen (20 l/s bis 12.000 l/s) den Prototyp eines Karstüberlaufes.

6.2.5 Bereich Kainischtraun

Im Bereich Kainischtraun kommen die Quellen **402**, **405**, **412**, **418** und **453** zu liegen. Diese Quellen entspringen nur wenig über dem durch die Kainischtraun vorgegebenen Vorflutniveau. In der Umgebung der Quellen 402, 405, 412 und 453 wird der im Untergrund zu erwartende Dachsteinkalk von Moränen, Seetonen und Terrassenkiesen verhüllt.

Die Quellen des Bereichs Kainischtraun weisen im Beobachtungszeitraum teilweise enorme Schüttungsschwankungen mit hohen Spitzenwerten auf. Für die Quelle 453 werden Schüttungen von 0,01 l/s bis 1.000 l/s, für die Quelle 402 von 0 l/s bis 900 l/s angegeben. Die Isotopengehalte sind bei sämtlichen Quellen des Bereichs Kainischtraun stark wechselhaft (siehe Tab. 24). Offensichtlich handelt es sich bei ihnen um typische Karstquellen.

Wie die Fluoreszenztracerversuche von BAUER (1989) beweisen, beziehen die Quellen 402, 412, 405 und 453 ihr Wasser aus dem Dachsteinkalk des östlichen Dachsteinmassivs, wobei das Einzugsgebiet zumindest bis zur Hochstube nach Süden reicht (siehe Abb. 44). Dementsprechend besitzen diese Quellen auch ein hohes $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis; die an ihnen bestimmten Werte liegen zwischen 4,1 und 21,2. Im Umfeld der Quelle 418 ist neben Dachsteinkalk auch Hauptdolomit zu finden, was sich in einem z. T. niedrigeren $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis widerspiegelt (3,6 bis 6,4).

6.2.6 Bereich Grubegg

In der Umgebung von Grubegg bei Bad Mitterndorf wurden die Quellen **406**, **410** und **428** ins Untersuchungsprogramm aufgenommen. Diese entspringen im Verbreitungsgebiet eines vor allem aus Haselgebirge und Werfener Schichten bestehenden Ausläufers der Mitterndorfer Schollen. Im Umfeld der Quelle 406 wird dessen Gesteinsbestand von Moränen und Alluvionen verhüllt. Die Quelle 410 entspringt im Nahbereich eines in die Dachsteindecke eingeschuppten Spans aus Werfener Schichten. Bei beiden Quellen ist ein stark wechselndes $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis sowie ein zeitweise erhöhter SO_4^{2-} -Gehalt festzustellen. Das $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis liegt zwischen 4,8 und 22,6 bzw. 3,4 und 16,9. Die Sulfatkonzentrationen erreichen 24,0 bzw. 67,0 mg/l. Bei der Quelle 410 ist auffällig, daß die Wassertemperatur in bezug auf die in ihrer Höhenlage zu erwartenden mittlere Lufttemperatur etwas erhöht ist (siehe Kapitel 6.4).

Der ungewöhnliche Chemismus der Quelle 428 – hier wurden Sulfatgehalte von 224 mg/l bis 1.212 mg/l gemessen – geht wahrscheinlich auf einen Kontakt mit Evaporiten des Haselgebirges zurück. Der geringe Abfluß aus diesem Quelltopf (0,1 l/s bis 0,2 l/s) und das geologische Umfeld (Moränen, Haselgebirge und Werfener Schichten) sprechen für ein eher lokales Einzugsgebiet.

6.3 Die Quellen auf der Südseite des Dachsteinmassivs

6.3.1 Allgemeines

Die hydrogeologischen Verhältnisse an der Südseite des Dachsteinmassivs werden im wesentlichen von einer aus altpaläozoischen und permoskythischen Schichtgliedern bestehenden wasserstauenden Basis und einer darüberliegenden, bis etwa 1.000 m mächtigen dolomitbetonten Karbonatabfolge bestimmt (siehe Abb. 44 und Abb. 45).

Die wasserstauende Basis setzt sich vor allem aus Schiefern und Phylliten der Grauwackenzone, permischen Basisbreccien und Phylliten sowie Quarziten, Sandsteinen und Schiefern der Werfener Schichten zusammen. Diese Gesteine sind verschiedenen tektonischen Einheiten zuzurechnen: Im Bereich Filzmoos-Ramsau gehört die Hauptmasse dieser Gesteine der Werfener Schuppenzone und nur ein kleiner Teil dem basalen Anteil der darüberfolgenden Dachsteindecke und der Rettenstein-Scholle an. Im Bereich Haus-Gröbming sind die wasserstauenden Schichtglieder zum Großteil der Basis des Mandlingzuges zuzurechnen. Für den Wasserchemismus ist der Umstand von Bedeutung, daß der Grenzbereich Dachsteindecke-Werfener Schuppenzone sowie der basale Anteil der Rettenstein-Scholle von permoskythischen Evaporitvorkommen begleitet werden, während solche im Mandlingzug fehlen.

Die über diesem schiefrig-siliziklastischen Stauhorizont folgende, bis etwa 1.000 m mächtige dolomitbetonte Karbonatabfolge und die von ihr ausgehenden Schuttfluren bilden den Grundwasserträger für die am Südabfall des Dachsteinmassivs austretenden Quellen. Die Karbonatabfolge besteht in der Hauptsache aus anisichen bis unterkarnischen Dolomiten und Kalken, wobei der Wettersteindolomit der Dachsteindecke und des Mandlingzuges das beherrschende Schichtglied darstellt. Im Bereich der Rettenstein-Scholle findet auch jurassischer Plassenkalk weitere Verbreitung. Der Wettersteindolomit der Dachsteindecke setzt sich im Liegenden der Dachsteinkalkabfolge weiter nach Norden fort.

Der Dolomitreichtum im Einzugsgebiet spiegelt sich im zumeist dolomitgeprägten Wasserchemismus (niedriges $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis) und in einer längeren mittleren Verweilzeit (verhältnismäßig konstante ^{18}O -Konzentrationen) wider. Bekanntlich ist für Dolomite eine stark ausgeprägte, engständige Klüftung typisch, die sich auf das Speicherverhalten positiv auswirkt. Teilweise wird jedoch die längere mittlere Verweilzeit auch durch die Lockersedimentbedeckung mitverursacht werden.

Die im Bereich Filzmoos-Ramsau untersuchten Wasseraustritte unterscheiden sich von jenen im Bereich Haus-Gröbming durch einen deutlich höheren Sulfatgehalt, der mit den erwähnten Evaporitvorkommen im Grenzbereich Dachsteindecke-Werfener Schuppenzone in Zusammenhang steht.

6.3.2 Bereich Haus-Gröbming

In diesem Bereich liegen die Quellen **502, 507, 512, 551, 601** und **602**. Die stauende Basis in diesem Gebiet bilden die diversen altpaläozoischen und permoskythischen Gesteine an der Basis der Dachsteindecke und des Mandlingzuges. Die Lage der Quellaustritte wird durch die Ausbildung der quartären Bedeckung (Hangschutt, Schwemmfächer und Moränen) mitbestimmt.

Ihr Einzugsgebiet finden die Quellen des Bereichs Haus-Gröbming innerhalb des Verbreitungsgebietes der aus dem Anis bis Karn stammenden dolomitreichen Karbonatabfolge der Dachsteindecke und des Mandlingzuges. Dies spiegelt sich vor allem im niedrigen $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis dieser Wässer wider, welches – wenn man von Quelle 502 absieht – zwischen 1,6 und 3,2 zu liegen kommt. Eine Ausnahme bildet Quelle 502, die mit einem $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis zwischen 2,3 und 17,2 zeitweilig einen stark von Kalklösung geprägten Chemismus aufweist. Sie entspringt im Grenzbereich Wettersteindolomit-Dachsteinkalk und bezieht offensichtlich vorübergehend auch Wasser aus dem Dachsteinkalk.

Bei den Quellen des Bereichs Haus-Gröbming sind relativ geringe SO_4^{2-} -Konzentrationen (bis 7,4 mg/l) zu verzeichnen. Die hier austretenden Wässer kommen offensichtlich kaum mit dem evaporitführenden Permoskyth der Dachsteindecke in Berührung.

Die Schüttungen der Quellen des Bereichs Haus-Gröbming sind im Vergleich zu den großen Karstquellen im Norden des Dachsteinmassivs – wenn man von Quelle 602 (Silberkarbach) absieht – eher mäßig; sie erreichen maximal 150 l/s. Bei Quelle 602 hingegen sind Schüttungen von 20 bis 2.000 l/s zu verzeichnen. Ähnlich verhält es sich auch mit den ^{18}O -Konzentrationen; während bei den Quellen 502, 507, 512, 551 und 601 die ^{18}O -Konzentrationen über das Jahr hinweg relativ konstant sind, zeigen sich bei Quelle 602 größere Schwankungen. Offensichtlich ist am Abfluß der Quelle 602 zu einem erheblichen Teil Karstwasser oder oberflächennahes Wasser aus dem Schutt des Silberkares beteiligt, wohingegen die übrigen Quellen vorwiegend gut durchmischtes Grundwasser der dolomitreichen Karbonatabfolge mit einer höheren mittleren Verweilzeit schütten. Vor allem bei den Quellen 507 und 512 dürfte die längere mittlere Verweilzeit auch durch die mächtige Quartärbedeckung mitverursacht sein.

Aufgrund der in BAUER (1989) wiedergegebenen Fluoreszenztracerversuche ist für die im Süden des Dachsteingebietes entspringenden Quellen – zu diesen sind sowohl die Quellen des Bereichs Haus-Gröbming als auch jene des Bereichs Filzmoos-Ramsau zu zählen – zu erwarten, daß sich ihr Einzugsgebiet im wesentlichen auf den Südabfall des Dachsteingebietes beschränkt und nicht weiter nach Norden reicht. Der Nachweis des im Umfeld der Grafenbergalm eingebrachten Tracers im Wasser der Quelle 512 (Siebenbrunn) – dies war der einzige Fluoreszenztracernachweis bei den am Südfuß des Dachsteingebietes gelegenen Quellen – geht vermutlich auf einen oberflächennahen bis oberirdischen Abfluß über den Ahornsee und Gradenbachfall und nicht auf einen unterirdischen Abfluß zurück.

6.3.3 Bereich Filzmoos-Ramsau

Im Bereich Filzmoos-Ramsau wurden die Quellen **605, 607, 608, 702, 703, 704, 707, 709, 722** und **724** einer näheren Untersuchung unterzogen. Ihnen ist gemein, daß sie im Bereich der Oberkante der hier in großer Höhe ausbeißenden, aus schiefrig-siliziklastischen Gesteinen bestehenden Basis der Werfener Schuppenzone, Dachsteindecke bzw. Rettenstein-Scholle überlaufen. Die Austrittsstellen sind zumeist durch darüberliegende jüngere Lockersedimente (Hangschutt, Schwemmfächer und Moränen) gegenüber der eigentlichen Staueroberkante etwas verlagert.

Das Einzugsgebiet dieser Quellen liegt – mit Ausnahme der Quelle 722 – in der dolomitreichen anisischen bis karnischen Karbonatabfolge im Liegenden des Dachsteinkalks und den davon

ausgehenden Schuttfuren. Quelle 722 hingegen bezieht ihr Wasser aus dem Plassenkalk des Rettensteins. Dies spiegelt sich deutlich im $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis wider; während Quelle 722 Werte von 12,5 bis 23,5 aufweist, liegt dieses bei sämtlichen anderen Quellen des Bereichs Filzmoos-Ramsau zwischen 1,8 und 3,6.

Der Großteil der Quellen des Bereichs Filzmoos-Ramsau weist zumindest zeitweilig einen erhöhten SO_4^{2-} -Gehalt auf. Die maximalen SO_4^{2-} -Konzentrationen der Quellen 605, 607, 608, 702, 703, 707, 709 und 724 liegen zwischen 35,8 mg/l und 139,0 mg/l. Die Ursache für diese erhöhten SO_4^{2-} -Konzentrationen sind Evaporitvorkommen im Grenzbereich Dachsteindecke-Werfener Schuppenzone.

Wie im Bereich Haus-Gröbming sind auch hier in den Quellwässern verhältnismäßig konstante ^{18}O -Konzentrationen zu beobachten. Die sich darin ausdrückende stärkere Durchmischung und die höhere mittlere Verweilzeit des Grundwassers ist vor allem auf den Dolomitreichtum des Einzugsgebietes zurückzuführen. In dieses Bild fügen sich auch die im Vergleich zu den großen Karstquellen im Norden des Dachsteinmassivs geringeren Maximalschüttungen. Die stärkste im Bereich Haus-Gröbming gemessene Schüttung beträgt 150 l/s.

6.4 Quellwassertemperatur

Allgemein liegt die Wassertemperatur vieler Quellen nahe der mittleren Jahrestemperatur des Austrittsortes. Abweichungen sind vor allem bei Quellen mit geringer Schüttung und längerer Aufenthaltszeit in Oberflächennähe oder bei großen Abstandsgeschwindigkeiten, wie sie in stark verkarsteten Gebieten gegeben sind, zu erwarten. Im zweiten Fall können sich die Neubildungsperiode oder ein Neubildungsgebiet, das erheblich höher liegt als der Quellaustritt, auf die Wassertemperatur auswirken (siehe MATTHESS, 1990).

Von den vorliegenden Temperaturmeßdaten können nicht alle für eine sichere Interpretation herangezogen werden, da sie teilweise erst unterhalb der eigentlichen Quellaustritte (Quellbach, Überlauf einer Quellstube etc.) bestimmt werden konnten und daher vor allem bei geringeren Schüttungen Abweichungen von der tatsächlichen Austrittstemperatur auftreten können. Aus diesem Grund sind in Abb. 46 (Austrittshöhe gegen mittlere Wassertemperatur) nur jene Quellen enthalten, von denen über den Untersuchungszeitraum August 1991 bis Juni 1994 relativ konstante Temperaturen vorliegen und daher ein derartiger Einfluß nur unwesentlich sein kann. Darüber hinaus sind aber auch die Quellen 405 und 412, die den Bereich Kainischtraun vertreten, sowie die Quelle 410, die eine Sonderstellung in bezug auf die Wassertemperatur einnimmt, berücksichtigt. Von diesen drei Quellen liegen zwar nur vierteljährliche Messungen von August 1991 bis August 1992 vor, sie weisen in diesem Zeitraum aber ebenfalls relativ konstante Wassertemperaturen auf. Weiters ist in Abb. 46 die zu erwartende mittlere Lufttemperatur in Form einer Ausgleichsgeraden dargestellt. Sie beruht auf einer linearen Regression der zehnjährigen Mittel der Meßstellen Filzmoos, Gröbming, Grubegg, Lahn, Krippenstein und Obertraun aus HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO (1994).

Aus Abb. 46 geht hervor, daß bei den im Norden entspringenden Karstquellen der Dachsteinkalkabfolge (Bereiche **Hintertal**, **Waldbachursprung-Koppenwinkel** und **Kainischtraun**) die Wassertemperaturen – wenn man von den Quellen 110 und 405 absieht – deutlich niedriger liegen, als entsprechend ihrer Austrittshöhe zu erwarten wäre. In den niedrigen Wassertemperaturen kommt das zum Teil bis in die Gletscherregion hinaufreichende Einzugsgebiet dieser Quellen deutlich zum Ausdruck.

Die Durchschnittstemperatur der Quelle 110 liegt im Gegensatz zu den anderen Wasseraustritten des Bereichs Hintertal nur wenig unter dem zu erwartenden Wert. Die in bezug auf die Höhenlage des Quellaustritts stärker angepaßte Wassertemperatur ist auf eine aus dem Wet-

tersteindolomit im Liegenden des Dachsteinkalks stammende Abflußkomponente mit einer höheren durchschnittlichen Verweilzeit (siehe Kapitel 6.2.2) zurückzuführen.

Bei der nordwestlich des **Plassen** entspringenden Quelle 115 schlägt sich – wie bei den Karstquellen der Dachsteinkalkabfolge – ebenfalls das höher liegende Einzugsgebiet in der niedrigen Wassertemperatur nieder. Aufgrund des geologischen Baues der Plassen Scholle muß angenommen werden, daß das Einzugsgebiet dieser Quelle bis in den Kalkstock des Plassen reicht (siehe Kapitel 6.2.3).

Die Quelle 410 (**Bereich Grubegg**) geht offensichtlich auf die stauende Wirkung der im Norden des Salzastausees in den Dachsteinkalk eingesenkte, WE-streichende Permoskythschuppe zurück. Im Gegensatz zu den anderen auf der Nordseite des Dachsteinmassivs entspringenden Quellen weist sie eine in bezug auf ihren Austrittsortes zu hohe Wassertemperatur auf. Eventuell macht sich bei dieser Quelle ein Einfluß der Thermalwässer von Heilbrunn (siehe ZÖTL & GOLDBRUNNER, 1993) bemerkbar.

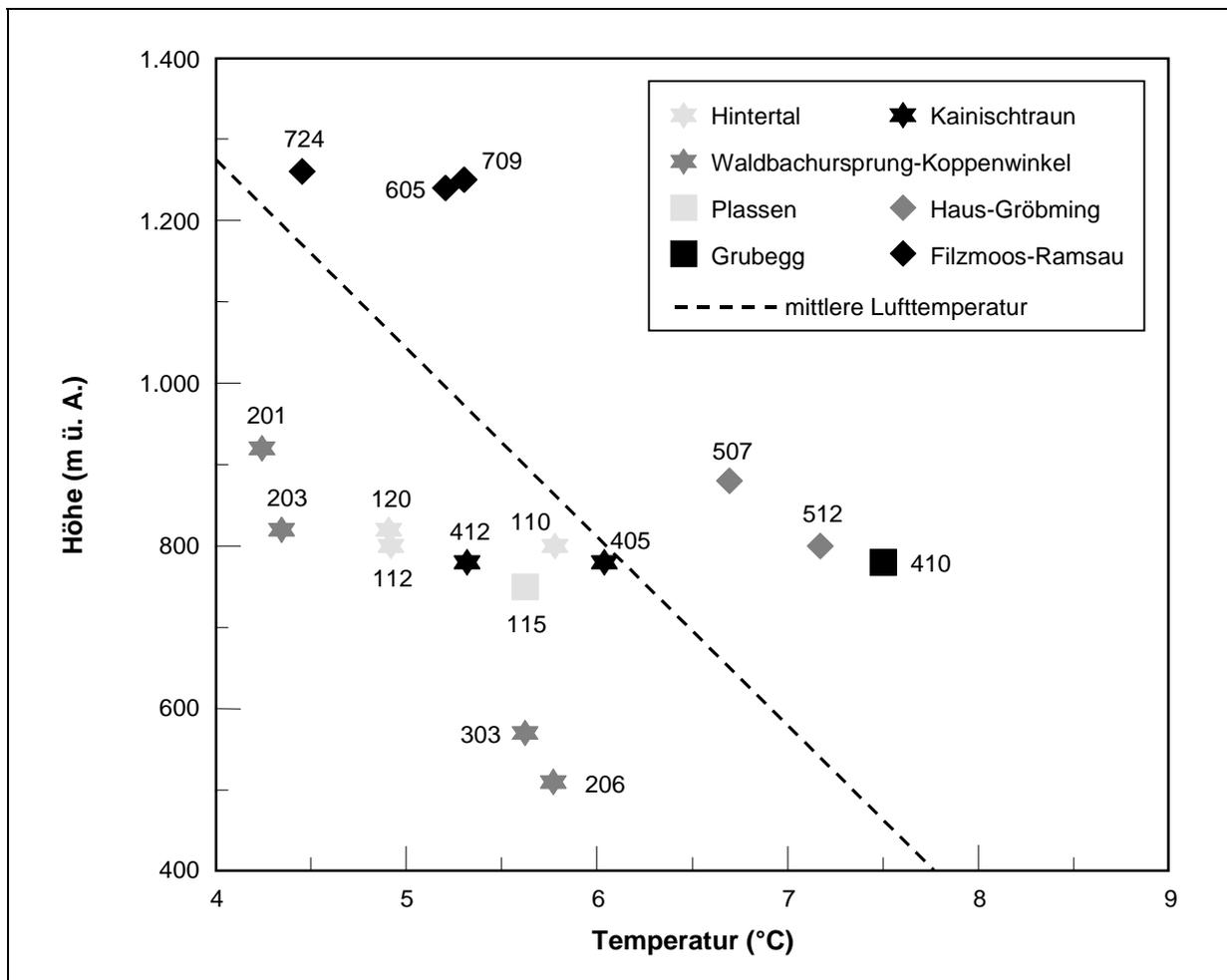


Abb. 46: Dachstein – Höhenlage der Quellaustritte gegen mittlere Wassertemperatur. Dargestellt sind – mit Ausnahme der Quellen 405, 410 und 412 – nur jene, die bis Juni 1994 beprobt wurden und über den gesamten Beobachtungszeitraum lediglich geringe Temperaturschwankungen aufwiesen. Zum Vergleich ist die entsprechend den Meßstellen Filzmoos, Gröbming, Grubegg, Lahn, Krippenstein und Obertraun (HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO, 1994) zu erwartende mittlere Lufttemperatur in Form einer Ausgleichsgeraden angegeben.

Im Unterschied zu den großen Karstquellen im Norden des Dachsteingebietes weisen die im Süden liegenden Quellen – diese finden ihr Einzugsgebiet größtenteils in der anisichen bis unterkarnischen Dolomitabfolge der Dachsteindecke bzw. des Mandlingzuges – eine in bezug auf ihre Höhenlage leicht erhöhte Wassertemperatur auf. Dies ist auf die Südexposition ihres Einzugsgebietes sowie die geringere Grundwasserströmungsgeschwindigkeit zurückzuführen, die – im Unterschied zu einem raschen Karstwasserabfluß – einen Temperaturausgleich mit dem umgebenden Gestein zuläßt.

7 KONTAMINATIONSRISIKO

Unter Kontaminations- oder Verschmutzungsrisiko für das Grundwasser bzw. das Quellwasser versteht man die Wahrscheinlichkeit einer Grund- bzw. Quellwasserkontamination infolge beeinträchtigender Ereignisse, die stattfinden oder stattfinden werden. Das Kontaminationsrisiko wird von der sogenannten Verwundbarkeit (*vulnerability*) des Grund- bzw. Quellwassers bestimmt, welche sich in die intrinsische und die spezifische Verwundbarkeit unterteilen läßt.

Die intrinsische Verwundbarkeit wird definiert als die Verwundbarkeit des Grundwassers gegenüber Verunreinigungen durch menschliche Aktivitäten. Sie berücksichtigt die systemimmanente geologische, hydrologische und hydrogeologische Charakteristik eines Gebietes, unabhängig von der verschmutzenden Substanz.

Die spezifische Verwundbarkeit bezieht sich auf die Verwundbarkeit des Grundwassers gegenüber einer bestimmten Verschmutzung oder einer Gruppe von verschmutzenden Substanzen. Sie berücksichtigt die Eigenschaften einer verschmutzenden Substanz und die Beziehung dieser zu den verschiedenen Komponenten der intrinsischen Verwundbarkeit (COST 620, 1998).

Quellwässer in Karstgebieten sind aufgrund der meist geringen Verweilzeiten und kurzen Kontaktzeiten mit Gesteinsoberflächen in der Regel einem außerordentlich hohen Verschmutzungsrisiko ausgesetzt. Da Karstaquifere samt der darüberliegenden Überdeckung sehr inhomogen aufgebaut sein können, ist an bestimmten lokalen Zonen (z. B. Dolinen) eine besonders hohe intrinsische Verwundbarkeit der Karstwässer gegeben. An diesen Stellen können die eintretenden Oberflächenwässer mitsamt den Verunreinigungen den Karstgrundwasserkörper in sehr kurzen Zeiträumen (wenige Stunden) durchlaufen.

Im vorliegenden Kapitel wird das Kontaminationsrisiko für die einzelnen untersuchten Quellen im Dachsteingebiet beurteilt. Einerseits wird auf die intrinsische Verwundbarkeit der Quellen gegenüber anthropogenen Verunreinigungen im Einzugsgebiet eingegangen, andererseits die in den jeweiligen Einzugsgebieten bestehenden Gefahrenherde und die anthropogen verursachten Verunreinigungen aufgezeigt. Diese Beurteilung baut im wesentlichen auf den folgenden im Untersuchungsgebiet durchgeführten Erhebungen und den im weiteren gewonnenen Erkenntnissen auf:

Die regelmäßige Beobachtung diverser, methodisch einfach zu erhebender **Feldparameter** (Quellschüttung, Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert) lieferte erste Anhaltspunkte für Aussagen zur Quelldynamik.

Die vierteljährliche **Quellbeprobung** und detaillierte Analysen der Wasserqualität gaben weitere Anhaltspunkte zum Abflußverhalten und zum Belastungsgrad der einzelnen Quellen. Die Interpretation der einzelnen Parameter in Kombination mit der Quellschüttung gab Hinweise auf eine geogene bzw. anthropogene Herkunft von Inhaltsstoffen.

Besondere Bedeutung kommt den **Umweltisotopen** (Deuterium und ^{18}O) zu, die sowohl in den Rückstellproben aus der vierteljährlichen als auch aus der anschließenden monatlichen Quellbeobachtung analysiert wurden. Sie gaben Hinweise auf die mittleren Höhen des Einzugsgebietes und damit auf dessen ungefähre Lage. Weiters konnte die Verweildauer des Quellwassers im Untergrund, aufgeteilt in eine ältere und eine jüngere Komponente, bestimmt werden.

Bei der Beurteilung des Kontaminationsrisikos wurden auch zahlreiche, länger zurückliegende **Markierungsversuche** berücksichtigt. Ergebnisse aus Tracerversuchen zeigen eindeutige Beziehungen zwischen bestimmten Eingabestellen und Quellen auf und können so die Berechnungen aus den Isotopengehalten absichern bzw. verifizieren. Auf diese Weise nachgewiesene Verbindungen und Durchflußzeiten sind immer in Abhängigkeit von der momentanen hydrologischen Situation zu sehen.

Eine **hydrogeologische Interpretation** der Quellmeßdaten in Hinblick auf den geologischen Bau des Dachsteinmassivs stellt eine wesentliche Basis für eine Abschätzung von potentiellen Kontaminationsrisiken dar.

Im Zuge von **Begehungen** im Untersuchungsgebiet wurden anthropogene Einflußfaktoren erhoben, die Quellen potentiell beeinträchtigen. Diese Faktoren sind hauptsächlich Siedlungsgebiete, touristische Einrichtungen, Verkehrswege sowie land- und forstwirtschaftliche Tätigkeiten.

7.1 Potentielle, anthropogene Einflußfaktoren im Quelleinzugsgebiet

Die spezifische Verwundbarkeit bezieht sich, wie bereits erwähnt, auf die Auftretswahrscheinlichkeit von Substanzen im Quellwasser und berücksichtigt dabei die Eigenschaften und das Verhalten dieser Stoffe in Wechselwirkung mit den standörtlichen Gegebenheiten und den intrinsischen Eigenschaften eines Gebiets.

Aufgrund der Fülle von Substanzen und Substanzkombinationen sowie von einwirkenden Faktoren und Interaktionen im Untergrund ist die Beurteilung der spezifischen Verwundbarkeit von außerordentlicher Komplexität.

Kennt man die möglichen Einflußfaktoren im Einzugsgebiet, so kann man anhand des im Quellwasser aufgefundenen Stoffkonzentrationsmusters auf die potentiellen Kontaminationen rückschließen. Es wäre dann möglich, für jeden Einflußfaktor die Anzahl der für die Quellwasserqualität relevanten Stoffe zumindest einigermaßen einzugrenzen. Dies bedarf jedoch weitergehender systematischer Untersuchungen, auch im Hinblick darauf, die geogenen Faktoren von den anthropogenen vor Ort vorhandenen sowie den anthropogenen ferntransportierten Belastungen zu trennen.

Eine wesentliche Grundlage für die Beurteilung des Kontaminationsrisikos ist demnach die Kenntnis potentieller anthropogener Einflüsse im Einzugsgebiet. Eine Übersicht zu den potentiellen anthropogenen Einflußfaktoren, ergänzt mit den jeweiligen Nutzungen der einzelnen Quellen, gibt Tab. 25.

Tab. 25: Dachstein – Bereichseinteilung, Bezeichnung, Nutzung und mögliche Beeinflussungen.

Bereich	Quelle Nr.	Bezeichnung	Nutzung ^{*)}	mögliche Beeinflussungen ^{**)}					
				VW	LW	FW	TO	SH	sonstige
Hintertal	110	Baumbachquelle	ZWV			•	•		
	112	Hauptquelle der Brunnbäche							
	120	Nebenquelle Brunnbach	ZWV						
	153	Gosauseequelle	KW	•	•		•		
Plassen	115	Jägerwaldquelle	ZWV	•					
	159	Brielbachquelle		•		•			
	174	Steggrabenbach							
	250	Lauterbachquellen		•					
	252	Spraterbach		•					Großdeponie
	253	Mühlbachquellen	Salzbergwerk			•			

Bereich	Quelle Nr.	Bezeichnung	Nutzung ^{*)}	mögliche Beeinflussungen ^{**)}					
				VW	LW	FW	TO	SH	sonstige
Waldbachursprung-Koppenwinkel	201	Waldbachursprung					•	•	
	203	Waldbachursprung-Klausbrunn	ZWV				•	•	
	204	Untere Dürrenbachquellen		•					
	206	Hirschbrunn			•		•		Militärstation Oberfeld
	303	Miesenbachquelle		•			•		
	304	Koppenbrüllerquellen							
	310	Koppenwinkellacke		•	•				
	311	Koppenbrüllerhöhle	Schauhöhle						
Kainischtraun	402	Abfluß Ödensee		•			•	•	
	405	Riedlbachquelle		•					
	412	Kalte Lacke		•	•	•		•	
	418	Rabenwandquelle	ZWV	•					
	453	Mühlreitherquellen „Strummern“		•	•				
Grubegg	406	Grubereggquelle	ZWV	•	•				
	410	Quelle am Stausee		•					
	428	Schwefelquelle Hallerbachgraben		•					
Haus-Gröbming	502	Staumauer Frauenbild	KW						
	507	Quelle beim Jägerwirt	ZWV	•	•				
	512	Siebenbrünn	ZWV	•			•		
	551	Kranzbach							
	601	Luserbachquelle	ZWV		•				
	602	Silberkarbach			•		•	•?	
Filzmoos-Ramsau	605	Feistererbach	ZWV					•	
	607	Eiskarbach, Mayerhoferquelle	ZWV						
	608								
	702	Schütterzipf							
	703	Schildlehenbach	ZWV		•			•	
	704	Quellfassung DAG im Scharfensteingraben							
	707	Untere Bachalmquelle			•				
	709	Bögreinalm	ZWV		•				
	722	Löckenwaldquelle	ZWV						
	724	Unterer Parkplatz Oberhofalm		•	•		•		

*) ZWV = Zentrale Wasserversorgung, KW = Kraftwerk

**) VW = Verkehrswege (Forststraße, -weg, Parkplatz), LW = Landwirtschaft (Alm-, Weide, Viehwirtschaft), FW = Forstwirtschaft, TO = Tourismus, SH = Schutzhütte

7.2 Kontaminationsrisiko der Quellen im Norden des Dachsteinmassivs

7.2.1 Bereich Hintertal

In der Umgebung von Hintertal bei Gosau liegen die Quellen **110**, **112**, **120** und **153**. Während die Quellen 112, 120 und 153 typische Karstwässer mit raschem Umsatz führen dürften, tritt bei der Quelle 110 ein relativ gut durchmischtes Wasser mit geringeren Schüttungsschwankungen aus.

Die aus den Isotopengehalten berechneten mittleren Einzugsgebietshöhen der Quellen **110**, **112** und **120** liegen bei ca. 2.000 m ü. A. und reichen somit bis in die Hoch- und Gletscherbereiche des Dachsteins.

Diese Berechnungen stimmen sehr gut mit den geologischen Verhältnissen und den Ergebnissen aus verschiedenen Markierungsversuchen überein, welche Verbindungen zu Tracereingaben am Schladminger Gletscher beim Gjaidsteinsattel (2.640 m ü. A.), bei der Dachstein Südwandhöhle (1.770 m ü. A.), Beim Kreuz (1.710 m ü. A.) und beim Hinteren Gosausee (1.160 m ü. A.) nachweisen konnten. In den Quellwässern der Quellen 112 und 120 konnten weitere Tracereingaben bei der Seekarwand (1.580 m ü. A.) und beim Steirerloch (1.930 m ü. A.) aufgefunden werden. Den Färbeversuchen und dem geologischen Bauplan zufolge erstreckt sich das Einzugsgebiet der Quellen 110, 112 und 120 auf das Dachsteinkalkareal zwischen der Linie Vorderer Gosausee – Hinterer Gosausee – Eiskarl im Westen und der Linie Schwarzkogel – Mitterstein im Osten. Das erste Auftreten der diversen Tracer in den Quellen 110, 112 und 120 erfolgte bereits wenige Tage nach der Einspeisung, was im Falle einer Kontamination im Einzugsgebiet ein ebenso rasches Auftreten dieser in den Quellen bedeutet.

Aufgrund der dolomitischen Beeinflussung der Quelle 110 liegt die mittlere Verweilzeit des Hauptanteils des Quellwassers (ca. 93 % Anteil der älteren Komponente) bei etwa sechs Jahren und unterscheidet sich wesentlich von den übrigen Quellen in diesem Bereich. Dies bedeutet, daß sich eine Kontamination im Einzugsgebiet aufgrund der Durchmischung im Untergrund bzw. aufgrund der längeren Kontaktzeit mit Gesteinsoberflächen vermutlich wesentlich stärker verdünnt. Bei den bakteriologischen Untersuchungen konnten dennoch bei einem von drei Meßturni Belastungen mit coliformen Bakterien nachgewiesen werden. Auch bei Ammonium war ein Nachweis zu verzeichnen. Die Nitratgehalte liegen im Durchschnitt, Belastungen mit Orthophosphat waren nicht zu verzeichnen. Wie bei allen vom Hoch- und Gletscherbereich beeinflussten Quellen wurden im Quellwasser Spuren von Blei (<0,001 mg/l) und Cadmium (bis 0,00011 mg/l) festgestellt.

Bei den Quellen 112 und 120 liegt der Anteil der jüngeren Wasserkomponente mit 20-30 % relativ hoch und die Konzentrationsänderungen im Quellwasser finden in einem größeren Ausmaß statt. Verschmutzungen im Einzugsgebiet wirken sich daher rasch auf die Qualität der Quellwässer aus. Die bakteriologischen Untersuchungen wiesen Belastungen mit coliformen Bakterien und mit Fäkalkeimen nach, die Nitratgehalte liegen im Durchschnitt, auch waren keine Nachweise von Orthophosphat zu verzeichnen. Wie bei allen vom Hoch- und Gletscherbereich beeinflussten Quellen waren auch hier Nachweise von Blei (bis 0,0013 mg/l) und Cadmium (bis 0,00007 mg/l) evident.

Als potentielle Einflußfaktoren für diese Quellen kommen die Adamekhütte, die Dachsteinwarte-hütte, die Bergstation der Dachsteinbahn, Skilifte und Liftrassen am Schladminger Gletscher, touristische Aktivitäten speziell am Gletscher und verschiedene Almen im westlichen Hochbereich in Frage, die in den vermuteten Einzugsbereichen liegen bzw. stattfinden.

Die errechnete Höhe des Einzugsgebietes der Quelle **153** mit ca. 1.400 m ü. A. wird in Markierungsversuchen bestätigt, welche eine Verbindung zur Eingabestelle Beim Kreuz (1.710 m ü. A.) nachweisen konnten. Das Einzugsgebiet dieser Quelle umfaßt aufgrund ihrer Lage vermut-

lich denselben Bereich wie bei den bereits erwähnten Quellen und zusätzlich den Gosaukamm zwischen Bischofsmütze und Mandlkogel.

Der Anteil der jüngeren und älteren Wasserkomponenten ließ sich aufgrund der geringen Datenbasis nicht eindeutig bestimmen, dürfte aber im Größenordnungsbereich wie bei den Quellen 112 und 120 liegen; Verschmutzungen im Einzugsgebiet würden somit binnen kurzer Zeit im Quellwasser auftreten. Die bakteriologischen Untersuchungen wiesen ebenso Belastungen mit Fäkalkeimen nach.

Aufgrund von Begehungen im Untersuchungsgebiet konnten sowohl Verkehrswege als auch touristische und landwirtschaftliche Aktivitäten als potentielle anthropogene Einflußfaktoren festgestellt werden.

7.2.2 Bereich Plassen

In der Umgebung des Plassen – d. h. im Bereich der zwischen Hallstatt und Gosau gelegenen, sehr heterogenen jurassischen Deckscholle – wurden die Quellen **115**, **159**, **174**, **250**, **252**, und **253** genauer untersucht. Sämtliche hier entspringenden Quellen waren größeren Schüttungsschwankungen und auch Schwankungen im Isotopengehalt unterworfen. Die größten Schüttungen (bis 500 l/s) waren bei den zwischen Vordertal und Gosauzwang gelegenen Quellen 115 und 174 festzustellen.

Die berechnete mittlere Einzugsgebietshöhe der Quelle **115** liegt bei ca. 1.450 m ü. A. Das Einzugsgebiet der Quelle 115 erstreckt sich den hydrogeologischen Erkenntnissen zufolge auf die nördlich der Haselgebirgsaufschlüsse gelegenen Karbonate der Plassenscholle einschließlich des Kalkstockes des Plassen.

Der Anteil der jüngeren Wasserkomponente mit einer mittleren Verweilzeit von durchschnittlich 0,2 Jahren liegt bei etwa 10-30 %.

Die Quelle **159** dürfte von einem lokalen Einzugsbereich alimentiert werden, wie auch die aus den Isotopengehalten berechnete mittlere Einzugsgebietshöhe von 1.150 m ü. A. belegt. Die mittleren Verweilzeiten der einzelnen Wasserkomponenten konnten aufgrund der geringen Datenbasis nicht ausreichend genau bestimmt werden. Auch diese Quelle weist stärkere Isotopenschwankungen auf und reagiert rasch auf Verunreinigungen im Einzugsgebiet.

Bakteriologische Belastungen (erhöhte Koloniezahl, Nachweise coliformer Bakterien und Fäkalkeime) waren bei beiden Quellen zu allen drei Meßturni zu verzeichnen, und auch der Nitratgehalt schwankt in einem etwas breiteren Bereich. Im Hinblick auf Metallbelastungen zeigte die Quelle 159 während der Schneeschmelze eine Überschreitung des Grundwasserschwellenwertes für Eisen mit 0,071 mg/l, erhöhte Gehalte an Barium (bis 0,017 mg/l) und gehäufte Nachweise von Nickel (bis 0,0075 mg/l). Die Quelle 115 fällt durch einen erhöhten Aluminiumgehalt (bis 0,069 mg/l) während der Schneeschmelze auf. Für beide Quellen wurde mehrfach Kupfer (bis 0,0036 mg/l) nachgewiesen.

Als potentielle Kontaminationsrisiken für diese beiden Quellen (115 und 159) kommen sowohl verschiedene Verkehrswege als auch landwirtschaftliche und touristische Aktivitäten in den vermuteten Einzugsbereichen in Frage.

Die Interpretation der Isotopengehalte ist angesichts der geringen Anzahl von Daten unter Vorbehalt zu sehen. Die zeitliche Entwicklung der wenigen vorhandenen Werte zeigten jedoch eine große Ähnlichkeit zur zeitlichen Entwicklung der Gehalte von Quelle 115. Die aus den Isotopengehalten berechneten mittleren Höhen der Einzugsgebiete für die Quellen **174**, **250** und **253** liegen im Bereich von 1.300 m ü. A. bis 1.450 m ü. A. und scheinen entsprechend den topographischen Verhältnissen sehr plausibel. Die Ergebnisse für die Quelle **252** sind jedenfalls eindeutig zu niedrig, da die berechnete mittlere Einzugsgebietshöhe etwa 250 m unter der Quellaustrittshöhe zu liegen käme. Aufgrund der geologischen Gegebenheiten wa-

ren für diese Quellen eher kleine Einzugsgebiete zu erwarten. Die starken Konzentrationschwankungen bei den Umweltisotopen zeigen auch hier, daß bei den Quellen im Bereich Plassen ein hoher Anteil an sehr jungem Wasser beteiligt ist, d. h. daß diese Quellen bei Verunreinigungen im Einzugsgebiet vermutlich rasch betroffen wären.

Mögliche anthropogene Beeinflussungen durch Verkehrswege sind für die Quellen 250 und 252 gegeben, letztere wird vermutlich auch von einer Großdeponie im Echerntal beeinflusst. Fäkale Belastungen waren bei allen Quellen des Bereichs zu verzeichnen. Mit Ausnahme der Quellen 250 und 253 schwanken die Nitratgehalte in einem etwas breiteren Bereich; die höchste Nitratbelastung (6,4 mg/l) des gesamten Dachsteinmassivs war bei der Quelle 252 im November 1991 zu verzeichnen. Nachweise von Orthophosphat wurden bei den Quellen 250, 252 und 253 im Ausmaß von 0,017 mg/l bzw. 0,021 mg/l festgestellt. Im Hinblick auf Metallbelastungen zeigte die Quelle 174 gehäufte Nachweise von Nickel (0,003 bzw. 0,0033 mg/l), die Quellen 250 und 252 heben sich durch erhöhte Aluminiumkonzentrationen (<0,015-0,079 mg/l) hervor. Allen Quellen um den Plassen waren mehrfach Gehalte von Kupfer im Bereich von <0,0005-0,0046 mg/l gemein.

7.2.3 Bereich Waldbachursprung-Koppenwinkel

Erhebliche Schüttungsschwankungen mit enormen Maximalschüttungen (bis 12.000 l/s) sind für die im Gebiet Obertraun-Hallstatt untersuchten Quellen – zu ihnen gehören die Quellen **201, 203, 204, 206, 303, 304, 310** und **311** – bezeichnend. Daß es sich bei diesen Quellen um typische Karstwässer mit einem raschen Umsatz handelt, geht auch deutlich aus den stark schwankenden Isotopenkonzentrationen hervor.

Die aus den Isotopengehalten berechneten mittleren Einzugsgebietshöhen der Quellen **201** und **203** liegen bei etwa 2.200-2.300 m ü. A. und ihre Verbindungen zu den Gletscherbereichen wurden sowohl durch die Ergebnisse verschiedener Markierungsversuche mehrmals verifiziert als auch durch die beobachteten Quellwassertemperaturen, die Leitfähigkeitswerte und Schüttungscharakteristika zur Zeit der Schneeschmelze untermauert. Es wurden eindeutige Verbindungen zu Einspeisungen am Großen Gosaugletscher (2.300 m ü. A.), am Schneelochgletscher (2.200 m ü. A.), am Hallstätter Gletscher (2.400 m ü. A.), am Schladminger Gletscher im Bereich des Gjaidstein Sattels (2.640 m ü. A.), nördlich der Simonyhütte (2.150 m ü. A.), in der Dachstein Südwandhöhle (1.770 m ü. A.), beim Steirerloch (1.930 m ü. A.), beim Radltal (1.515 m ü. A.), Beim Kreuz (1.710 m ü. A.) und beim Hinteren Gosausee (1.160 m ü. A.) nachgewiesen. Das Einzugsgebiet kann somit durch die Linie Waldbachursprung – Schwarzkogel – Hinterer Gosausee – Hoher Dachstein – Mitterstein – Waldbachursprung umgrenzt werden. Die Zeiträume, in denen die Tracer in den Quellbezirk Waldbachursprung gelangten, reichten von einigen Stunden bis zu Tagen.

Das Einzugsgebiet der Quelle **204** ist aufgrund seiner mittleren Höhe von ca. 1.550 m. ü. A. vermutlich lokal begrenzt. Angenommen wird, daß es bis zum Wiesberghaus reicht.

Der Anteil der jüngeren Wasserkomponenten konnte zwar nur für die Quellen 201 und 203 angegeben werden, ist aber repräsentativ für die Quellen im gesamten Bereich. Der jüngere Anteil liegt mit ca. 35 % vergleichsweise hoch.

Sämtliche Quellen weisen starke Schwankungen in den Isotopengehalten und den Schüttungen auf und werden von den Tracern rasch durchlaufen. Diese Merkmale weisen darauf hin, daß im Einzugsgebiet auftretende Kontaminationen die Quellen binnen kurzem erreichen. Im Meßturnus Mai und insbesondere im August 1992 waren sämtliche Quellwässer dieses Bereichs um den Waldbachursprung mit Fäkalkeimen bzw. coliformen Bakterien belastet. Die Nitratgehalte schwankten allesamt in einem breiteren Bereich (0,81-3,9 mg/l), weiters wurden Cadmium (<0,00005-0,00013 mg/l), Kupfer (<0,0005-0,0187 mg/l) und Nickel (<0,001-0,004 mg/l) nachgewiesen.

Als potentielle Kontaminationsherde für die Quellen 201 und 203 kommen demnach die Adamekhütte, die Simonyhütte, das Wiesberghaus, die Dachsteinwarthütte, die Bergstation der Dachsteinbahn, Skilifte und Liftrassen am Hallstätter und Schladminger Gletscher und touristische Aktivitäten insbesondere jene am Gletscher in Frage, die in den vermuteten Einzugsbereichen liegen. Quelle 204 dürfte von land- und forstwirtschaftlichen Aktivitäten und Verkehrswegen beeinflusst sein.

Die Quelle **206** wird aus dem durch die Linie Hirschbrunn – Brettkogel – Schladminger Gletscher – Gjaidalm – Hirschbrunn umgrenzten Gebiet gespeist, aber zu einem größeren Anteil von den darunterliegenden Hochbereichen alimentiert. Aus dem westlichen Bereich ihres Einzugsgebietes, d. h. aus dem Raum östlich der Linie Hirschbrunn – Niederer Gjaidstein – Koppenkarstein gelangt nur zeitweilig Wasser zur Austrittsstelle, wie ein Tracernachweis von der Eingabestelle beim Schladminger Gletscher belegt. Der Farbstoff benötigte in diesem Fall etwa ein halbes Jahr bis zur Quelle. Eindeutige Tracerverbindungen wurden zur Eingabestelle Gjaidsteinsattel (2.640 m ü. A.), Gjaidalm-Moos (1.750 m ü. A.) und Beim Kreuz (1.710 m ü. A.) (allerdings nur unter Niederwasserverhältnissen) nachgewiesen. Dies spiegelt sich auch in den Isotopenberechnungen wider, die eine mittlere Einzugsgebietshöhe von ca. 1.850 m ü. A. ergeben.

Der Hirschbrunn weist starke Schwankungen der Isotopengehalte und der Schüttungen auf, und auch die raschen Tracerdurchgänge untermauern die Vermutung, daß Kontaminationen im Einzugsgebiet die Quelle in kurzer Zeit erreichen. Im Meßturnus Mai und August 1992 war die Quelle mit Fäkalkeimen belastet. Die Nitratgehalte schwanken in einem Bereich von 0,48-3,2 mg/l. Orthophosphat wurde zweimal (0,01 bzw. 0,02 mg/l) nachgewiesen. Im Mai 1992 wurde ein erhöhter Aluminiumgehalt von 0,066 mg/l gemessen.

Die Quelle 206 liegt demnach im Einflußbereich der Bergstation der Dachsteinbahn, des Schilcherhauses auf der Gjaidalm, der Militärstation Oberfeld sowie touristischer Aktivitäten am Schladminger Gletscher und landwirtschaftlicher Aktivitäten im Bereich nördlich des Gjaidalm-Mooses.

Für die Quelle **303** ergeben die Isotopenberechnungen eine mittlere Einzugsgebietshöhe von 1.500 m ü. A., die durch die Ergebnisse von Markierungsversuchen und die mittlere Quellwassertemperatur untermauert wird. Das Einzugsgebiet erstreckt sich auf einen schmalen, bis Oberfeld und Auf den Stein nach Südwesten bzw. Süden reichenden Sektor, wie Tracereingaben beim Schneebergseelein (2.050 m ü. A.) und bei der Lackenmoosalm (2.000 m ü. A.) belegen. Diese Quelle wird unmittelbar von Schmelzwässern beeinflusst; sowohl die Quellschüttung als auch die Isotopengehalte schwanken beträchtlich.

Für die Quellen **304** und **310** wurde aus den Isotopengehalten eine mittlere Einzugsgebietshöhe von etwa 2.000 m ü. A. berechnet. Dies scheint angesichts der Tatsache daß in den Markierungsversuchen keine Verbindungen zu den Gletscherbereichen nachgewiesen wurden, sowie aufgrund der geringen Datenbasis an Isotopenwerten und der fehlenden Winterwerte bei Quelle 310 als unplausibel, wenngleich die SW-NE verlaufenden Bruchlinien vom Gletscherbereich zu den Quellen weisen. Verbindungen konnten zu den Tracereingabestellen am Schneebergseelein (2.050 m ü. A.), bei der Lackenmoosalm (2.000 m ü. A.) und beim Hirzkarseelein (1.800 m ü. A.) festgestellt werden; das Einzugsgebiet entspricht größtenteils dem der Quelle 303.

Die außerordentliche Dynamik der Quellen 303, 304 und 310 und die Einflüsse in den Einzugsgebieten spiegeln sich in der Wasserqualität wider. Sämtliche Quellen waren – wenn gleich mehr oder weniger stark – mit Fäkalkeimen bzw. coliformen Bakterien belastet. Die Nitratgehalte schwankten allesamt in einem breiteren Bereich (0,71-5,7 mg/l), wobei die Quelle 303 deutlich im oberen Wertebereich lag. Die Quelle 310 zeichnete sich dadurch aus, daß sie als einzige im Quellbereich Koppenwinkel zu keiner Zeit mit Orthophosphat belastet war.

Hinsichtlich der Metallbelastung wurden bei Quelle 310 erhöhte Bariumkonzentrationen (0,003 bzw. 0,029 mg/l) nachgewiesen.

Mögliche anthropogene Verschmutzungsrisiken gehen von der Militärstation Oberfeld, vom Schilcherhaus, der Seilbahnstation Krippenbrunn, dem Berghotel und der Seilbahnstation am Krippenstein, dem Berghotel Schönberghaus und der Seilbahnstation auf der Schönbergalm aus. Neben den touristischen Aktivitäten im Einzugsgebiet (Wander- und Schigebiet, Schauhöhlen) stellen Verkehrswege und Almbewirtschaftung potentielle Kontaminationsquellen dar.

Das Einzugsgebiet der Quelle **311** liegt etwas östlicher und erstreckt sich von der lokalen Umgebung bis Wurzkar, Grafenbergalm, Roßkogel und Brunnkogel in die Hochbereiche, wie die mit Tracern nachgewiesenen Verbindungen zum Wurzkar (1.760 m ü. A.), zur Grafenbergalm (1.800 m ü. A.), zur Herrenalm (1.420 m ü. A.) und zum Landfriedtal (1.400 m ü. A.) belegen. Gegenüber der im Osten gelegenen Vorflut Ödensee (Bereich Kainischtraun) ist in der Gegend des Brunnkogels offensichtlich ein Karstwasserscheitel ausgebildet. Die Verursacher anthropogener Belastungen im Einzugsgebiet konnten nicht identifiziert werden, dennoch ist die Quelle 311 aufgrund ihrer Dynamik im selben Maß geringfügig belastet wie die übrigen Quellen im Bereich Koppenwinkel.

7.2.4 Bereich Kainischtraun

Im Einzugsgebiet der Kainischtraun wurden die Quellen **402**, **405**, **412**, **418** und **453** in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Die beobachteten Quellen wiesen enorme Schüttungsschwankungen mit hohen Spitzenwerten auf. Es handelt sich hier also um typische Karstquellen mit raschem Wasserumsatz.

Für die Quellen **402** und **453** wurden anhand von Markierungsversuchen direkte Verbindungen zu den Eingabestellen Finetsee (1.580 m ü. A.) und Hochstube östlich des Hirzberg (1.800 m ü. A.) nachgewiesen. Das Einzugsgebiet erstreckt sich somit nach Westen bis zum Brunnkogel und nach Süden bis zu den beiden Tracereingabestellen. Für die Quelle **418** ist jedoch anzunehmen, daß ihr Einzugsgebiet lediglich bis zur Umgebung des Mattkogels und der Gsprangalm reicht, da das Umfeld des südlich davon gelegenen Brunnkogels bereits in Richtung Koppenbrüllerhöhle nach Westen bzw. in Richtung Ödensee nach Osten entwässert. Das Einzugsgebiet der Quelle **405** schließt nach Osten an und erstreckt sich zu den Tracereingabestellen Achlesbrunn (1.500 m ü. A.) und zur Miesboden Schwinde (1.418 m ü. A.). Daher scheint eine berechnete mittlere Höhe des Einzugsgebietes mit etwa 1.800 m ü. A., was eine Herkunft der Wässer aus dem Hochplateaubereich bedeuten würde, unplausibel. Für eine genaue Abschätzung dieser Höhe war die Zahl der Isotopendaten zu niedrig.

Die Schüttungsschwankungen sind zum Teil enorm (z. B. 0,02-1.000 l/s bei Quelle 453). Die hohe Dynamik und die kurzen Fließzeiten der Markierungsstoffe von den Eingabestellen bis zu den Quellen machen deutlich, daß eine Kontamination im Einzugsgebiet diese Quellen rasch erreichen kann. Demnach war bei allen Quellen eine bakteriologische Belastung durch Fäkalkeime nachweisbar. Die Quellen 412 und 418 wiesen zu allen Probenahmeterminen fäkale Belastungen auf, für die Quelle 418 wurde im August 1992 zusätzlich Orthophosphat (0,013 mg/l) nachgewiesen. Bei Quelle 402 wurde zu vier von fünf Probenahmeterminen Ammonium im Bereich von 0,023-0,045 mg/l festgestellt. Aluminium wurde in den Quellen 412 und 418 in erhöhten Konzentrationen (0,045-0,061 mg/l) nachgewiesen und auch Zinkgehalte (bis 0,018 mg/l) und Spuren von Nickel (bis 0,015 mg/l) waren feststellbar.

Zu den potentiellen anthropogenen Einflußfaktoren zählen insbesondere Verkehrswege. Auch land- und forstwirtschaftliche Tätigkeiten und verschiedene Schutz- und Jagdhütten in den jeweiligen Einzugsgebieten tragen vermutlich zur Beeinträchtigung der Qualität der Quellwässer bei. Die Quelle 402 liegt zudem im Einflußbereich des Ödensees, der für den Badebetrieb genutzt wird.

7.2.5 Bereich Grubegg

In der Umgebung von Grubegg bei Bad Mitterndorf wurden die Quellen **406**, **410** und **428** genauer untersucht. Aus den Markierungsversuchen liegen keine Informationen zu diesen Quellen vor. Von den drei Quellen reicht vermutlich das Einzugsgebiet der Quelle 406 am weitesten hinauf; aufgrund der geologischen und morphologischen Verhältnisse ist anzunehmen, daß sich das Einzugsgebiet nach Westen in Richtung Roßkogel und Almgraben erstreckt. Bei Quelle 410 muß das Einzugsgebiet zumindest zeitweise weiter nach Süden in die Dachsteinkalkabfolge reichen, wie die starke Schüttung verbunden mit dem hohen $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis bei der Beprobung im Mai 1992 nahelegt. Für die Quelle 428 wurde aufgrund der geringen Schüttung und ihrem Umfeld aus Haselgebirge und Moränen wird vermutet, daß das Einzugsgebiet lokal begrenzt ist.

Die Belastung durch fäkale Verunreinigungen ist bei diesen Quellen relativ hoch. Es wurden im Quellwasser sämtlicher Quellen an zwei von drei Meßterminen Fäkalbelastungen festgestellt. Zudem erfolgten positive Nachweise von Orthophosphat. Bezüglich der Stickstoffgehalte ist die Quelle 428 hervorzuheben, die aufgrund des reduzierenden Milieus hohe Ammoniumgehalte (0,065-0,169 mg/l) und Nitratkonzentrationen unter der Bestimmungsgrenze aufwies. Die elektrische Leitfähigkeit schwankt im Bereich von 928-2.310 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Nitratgehalte in Quelle 410 lagen über dem Durchschnitt und in einem breiteren Schwankungsbereich (1,3-4,7 mg/l). Auch die Metallgehalte dieser Quellwässer lagen teilweise über dem Durchschnitt. Die Quelle 428 zeichnet sich durch die höchsten Mangan- (bis 0,198 mg/l) und Aluminiumkonzentrationen aus (0,083 bzw. 0,087 mg/l). Auch Nickel (<0,001-0,0106 mg/l), Zink (<0,001-0,036 mg/l), Strontium (0,024-3,88 mg/l) und Barium (0,005-0,017 mg/l) wurden in den Quellwässern dieses Bereichs mehrfach nachgewiesen, wobei die Gehalte sind ungewöhnlich hoch sind.

Bei Begehungen der vermuteten Einzugsgebiete wurden für sämtliche Quellen potentielle anthropogene Kontaminationsrisiken in Form von Verkehrswegen sowie land- und forstwirtschaftlicher Tätigkeit festgestellt. Daß die Isotopengehalte dieser Quellen stärker schwankten als bei anderen ist auf einen deutlichen Oberflächeneinfluß zurückzuführen, was die errechneten mittleren Verweilzeiten der Wasserkomponenten bestätigen.

7.3 Kontaminationsrisiko der Quellen im Süden des Dachsteinmassivs

7.3.1 Bereich Haus-Gröbming

Im Bereich Haus-Gröbming wurden die Quellen **502**, **507**, **512**, **551**, **601** und **602** näher untersucht. Die Berechnungen der mittleren Einzugsgebietshöhen aus den Isotopengehalten liefern mit Ausnahme der Quellen 512 und 551 gänzlich unplausible, nämlich viel zu hohe Ergebnisse. Vermutlich ist die Anwendung der Höhenbeziehung aus dem Niederschlag der Stationen Lahn und Gosau für diesen Bereich problematisch. Die Niederschlagssituation an der Nordseite des Dachsteins differiert infolge der Stauwirkung des Gebirges erheblich von jener im Süden. Da im Süden geeignete Niederschlagsmeßstellen fehlen, mußte jedoch auf diese Höhenbeziehung zurückgegriffen werden. Auch die Ergebnisse zur Quelle 602 sind aufgrund der extremen Schwankungen und der geringen Anzahl an Beprobungen als sehr unsicher anzusehen.

Entsprechend den Ergebnissen der Markierungsversuche beschränkt sich das Einzugsgebiet dieser Quellen auf den Südabfall des Dachsteingebietes und reicht nicht weiter nach Norden. Quelle 502 findet ihr Einzugsgebiet im Bereich des Bergecks. Aus dem $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis geht deutlich hervor, daß ihr Wasser teils aus dem Wettersteindolomit, teils aus dem Dach-

steinkalk stammt. Die Quellen 507, 512, 551, 601 und 602 beziehen ihr Wasser überwiegend aus der Dolomitabfolge und den davon ausgehenden Schutthalden und Schwemmfächern am Südfall des Dachsteinmassivs. Dies legt zum einen das niedrige $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis nahe, zum anderen konnte bei den Fluoreszenztracerversuchen – mit Ausnahme von Quelle 512 – kein Nachweis erbracht werden, daß auch Wasser aus der nördlich anschließenden Dachsteinkalkabfolge beteiligt ist. Eine Verbindung zur Grafenbergalm (1.800 m ü. A.) wurde lediglich für die Quelle 512 nachgewiesen. Der Merkkierungsversuch untermauert zwar die Isotopenberechnung, ist aber vermutlich auf einen oberflächennahen bis oberirdischen Abfluß des Tracers über den Ahornsee und den Gradenbachfall zurückzuführen.

Die Isotopengehalte der Quellen 507 und 512 zeigten sich über das Jahr hinweg relativ gleichmäßig. Es findet hier also eine Durchmischung der infiltrierten Niederschläge statt. Die Datenreihe der Isotopengehalte für die Quellen 502, 551 und 601 ist mit jeweils 5 Werten viel zu kurz, um sie in der Interpretation eingehend berücksichtigen zu können; die zeitliche Variabilität stimmt jedoch mit den länger beobachteten Quellen 507 und 512 gut überein. Der Anteil jüngerer Wasserkomponenten ist relativ gering (9 % bzw. 14 %), die mittlere Verweilzeit der älteren Komponenten konnte nur für die Quellen 507 und 512 ausreichend abgesichert bestimmt werden und liegt mit 3 bzw. 6 Jahren sehr hoch. In dieses Bild fügen sich auch die bei diesen Quellen gemessenen Schüttungswerte gut ein. Die Schüttung war im Gegensatz zu den Karstquellen im Norden des Dachsteinmassivs zumeist relativ ausgeglichen und lag bei maximal 150 l/s. Dies ist auf die geologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet zurückzuführen, das in der Hauptsache von Dolomit geprägt ist. Momentane Verunreinigungen in den jeweiligen Einzugsgebieten werden sich daher bei diesen Quellen stark verdünnt bemerkbar machen.

Bei Quelle 507 ist hervorzuheben, daß ihr nicht gefaßter südöstlicher Teilaustritt als Waller vorliegt. Vermutlich tritt diese Quelle unter einer wasserhemmenden Moränenschürze hervor, was sich positiv auf ihren Schutz auswirkt, da Quellen gerade gegenüber Grundwasserverunreinigungen in ihrer näheren Umgebung besonders empfindlich reagieren.

Die Isotopenkonzentrationen der Quelle 602 hingegen waren größeren Schwankungen unterworfen; ihre von 20 bis 2.000 l/s reichenden Schüttungswerte weisen auf einen stärkeren Oberflächeneinfluß hin. Es ist zu vermuten, daß es sich bei diesem Wasser zu einem erheblichen Teil um oberflächennahes Wasser aus dem mit Schutt gefüllten Silberkar handelt, das an dessen Ausgang zur Silberkarklamm überfließt und weniger um Kluftwasser aus den Karbonatgesteinen des Dachsteinsüdfalles. Verunreinigungen im Einzugsgebiet werden sich daher rasch im Quellwasser wiederfinden.

Im Vergleich zum Gesamtergebnis der bakteriologischen Untersuchung sind die Quellen dieses Bereiches nur vereinzelt mit Fäkalkeimen belastet; die Quellen 507, 512 und 601 entsprachen zu jedem Meßtermin den Anforderungen der Trinkwasserverordnung (BGBl. Nr. 235/1998). Es wurde bei diesen Quellen zu keinem Zeitpunkt der Grenzwert für Trübungen überschritten. Die Nitratkonzentrationen bewegen sich mit Ausnahme der Quelle 551 in einem sehr engen Schwankungsbereich, wobei die beiden westlichsten Quellen dieses Bereiches (601 und 602) Nitratwerte unter 2 mg/l zeigen und die östlichen Quellen über dem Gesamtdurchschnitt liegen. Orthophosphat konnte zu keinem Zeitpunkt nachgewiesen werden und auch hinsichtlich der Metallgehalte konnten keine Auffälligkeiten festgestellt werden.

Als mögliche Kontaminationsrisiken im Einzugsgebiet der Quellen 507 und 512 kommen Verkehrswege sowie land- und forstwirtschaftliche Aktivitäten in Frage. Auch im Einzugsgebiet der Quellen 601 und 602 finden land- und forstwirtschaftliche Tätigkeiten statt, im Einflußbereich der Quelle 602 liegt zudem die Silberkarklamm.

7.3.2 Bereich Filzmoos-Ramsau

Im Bereich Filzmoos–Ramsau wurden die Quellen **605, 607, 608, 702, 703, 704, 707, 709, 722** und **724** näheren Untersuchungen unterzogen. Es ist besonders hervorzuheben, daß die hier gemessenen Isotopenkonzentrationen im Vergleich zu den meisten anderen Quellen des Dachsteingebietes über das Jahr hinweg äußerst konstant waren. Zu berücksichtigen ist jedoch, daß längere Zeitreihen lediglich für die Quellen 605, 709 und 724 vorliegen. Die übrigen, kürzer beobachteten Quellen lassen jedoch eine vergleichbare zeitliche Entwicklung der Isotopengehalte erkennen.

Die aus den Isotopengehalten errechneten mittleren Einzugsgebietshöhen liegen mit Ausnahme der Quelle 722 über 2.000 m ü. A. (2.100-2.400 m ü. A.), wodurch die Einzugsgebiete weiter hinter den Kamm in den Hoch- und Gletscherbereich des Dachsteins reichen müssen, als von BAUER (1989) aufgrund seiner Fluoreszenztracerversuche angenommen wurde. Seine negativen Resultate bezüglich des unterirdischen Abflusses nach Süden könnten zum Teil auch Resultat der starken Durchmischung in den Dolomiten, d. h. einer zu starken Verdünnung der Tracer bzw. lange Verweilzeiten, gewesen sein. Die Quellen 607, 608, 702, 703, 704, 707, 709 und 724 finden ihr Einzugsgebiet vorwiegend innerhalb der Dolomitabfolge und den Schutthalden und Schwemmfächern am Südabfall des Dachsteinmassivs, wie der Wasserchemismus und die negativen Ergebnisse der Fluoreszenztracerversuche zeigen. Lediglich die Quelle 722 bezieht ihr Wasser aus dem Kalkstock des Rötelsteins.

Aufgrund der konstanten Isotopengehalte werden die infiltrierten Niederschläge im Untergrund offenbar stark durchmischt; der Anteil jüngerer Wasserkomponenten ist relativ gering. Die mittlere Verweilzeit der älteren Komponenten konnte lediglich für die Quelle 605 mit ausreichender Wahrscheinlichkeit bestimmt werden und liegt mit sechs Jahren sehr hoch. Auch die übrigen Quellen in diesem Bereich dürften Ergebnisse dieser Größenordnungen aufweisen. In dieses Bild passen auch die im Vergleich zu den großen Karstquellen am Nordabfall des Dachsteinmassivs meist geringen Schüttungsschwankungen und Schüttungsmaxima. Momentane Verunreinigungen im Einzugsgebiet werden sich bei diesen Quellen daher stärker verdünnt bemerkbar machen.

Im Vergleich zum Gesamtergebnis der bakteriologischen Untersuchung sind die Quellen dieses Bereiches nur vereinzelt mit Fäkalkeimen belastet, wobei diese vermutlich auf einen Eintrag im unmittelbaren Quellbereich zurückzuführen sind. Die Quelle 724 entsprach zu jedem Meßtermin den Anforderungen der Trinkwasserverordnung (BGBl. Nr. 235/1998) und dürfte von den nahen Kontaminationsherden unbeeinflusst sein. Die Nitratkonzentrationen liegen mit Ausnahme von Quelle 707 unter 3 mg/l bei sehr geringen Schwankungen. Die Analyse der Parameter TOC und DOC ergab speziell für diese Quellen eine vergleichsweise geringe Belastung mit organischen Substanzen. Obwohl die Schüttungscharakteristik hier als sehr ausgeglichen zu bezeichnen ist, traten im Beprobungsturnus August 1991 (starkes sommerliches Hochwasser) erhebliche Trübungen auf (bis 32 FNU), die vermutlich auf Einträge im unmittelbaren Quellbereich zurückzuführen sein dürften.

Bezüglich der Metallkonzentrationen im Quellwasser sind die Quellen 707 und 724 zu erwähnen, in deren Wasser gehäuft Blei (bis 0,0007 mg/l) festgestellt wurde. Ähnliche Nachweise waren auch im Westteil des Dachsteinmassivs zu verzeichnen, und zwar bei den vom Hoch- und Gletscherbereich dominierten Quellen. Die Quelle 704 zeigte einen einmaligen, hohen Aluminiumgehalt von 0,087 mg/l; die überdurchschnittlichen Strontium- (bis 0,561 mg/l) und Bariumgehalte (bis 0,032 mg/l) am Ende einer sommerlichen Trockenperiode, welche bei vielen Quellen in diesem Bereich nachgewiesen wurden, sind offensichtlich geogen verursacht.

Als potentieller Verursacher für Kontaminationen der Quelle 605 kommt das Gutenberghaus in Frage; im Einzugsgebiet der Quelle 702, 703 und 704 liegen die Dachsteinsüdwandhütte und verschiedene Verkehrswege, bei den Quellen 702 und 703 zudem die Dachsteinbahn und die Austriahütte. Land- und forstwirtschaftliche Aktivitäten beeinträchtigen möglicherweise die Quellen 707 und 709; in unmittelbarer Nähe der Quelle 724 liegen die Gasthöfe Oberhofalm und Unterhofalm sowie Verkehrswege und Parkplätze, von denen ebenfalls Kontaminationsrisiken ausgehen.

8 LITERATUR

- APPELO, C. A. J. & POSTMA, D. (1993): *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. A. A. Balkema. Rotterdam, Brookfield.
- BAUER, F. (1958): Quellwassergefährdung in Karstgebieten (Untersuchungsergebnisse aus dem Dachsteingebiet). *Österr. Wasserwirtschaft*, **10**, 100-103, Wien 1958.
- BAUER, F. (1989): Die unterirdischen Abflußverhältnisse im Dachsteingebiet und ihre Bedeutung für den Karstwasserschutz. Report UBA-89-28. Wien.
- BAUER, F. & ZÖTL, J. (1971): Karst of Austria. In: *Important Karst Regions of the Northern Hemisphere*. Elsevier, Amsterdam 1971.
- BAUER, F., ZÖTL, J. G. & MAYR, A. (1958): Neue karsthydrographische Forschungen und ihre Bedeutung für Wasserwirtschaft und Quellschutz. *Wasser und Abwasser*. 280-297. Wien.
- BÖHM, F. (1986): Der Grimming: Geschichte einer Karbonatplattform von der Obertrias bis in den Dogger (Nördliche Kalkalpen, Steiermark). *Facies*, **15**, 195-232, Taf 34-38, 15 Abb., Erlangen.
- BÖHM, F. (1988): Geologie des Grimming-Westabschnittes. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, **34/35**, 151-184, 10 Abb., 2 Taf., 1 Beil. Kt., Wien.
- BUCHEGGER, G. & GREGER, W. [Red.] (1998): Die Hirlatzhöhle im Dachstein. ARGE Hirlatzhöhlenbuch, (Wiss. Beiheft zur Zeitschrift „Die Höhle“ 52), 408 S., 144 Abb., Hallstatt.
- BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH BGBl. Nr. 502/1991: Grundwasserschwellenwertverordnung.
- BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH BGBl. Nr. 213/1997: Änderung der Grundwasserschwellenwertverordnung (GSwV).
- BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH BGBl. Nr. 235/1998: Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1991): Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft über die Erhebung der Wassergüte in Österreich (WGEV). BGBl. Nr. 338/1991.
- COST 65 (1995): COST-action 65. Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas. Final report. European Commission, DG XII. ECSC-EC-EAEC, Brüssel, Luxemburg.
- COST 620 (1998): Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers. Minutes 3rd Management Committee Meeting, Liège 12-13 March.
- DECKER, K., PERESSON, H. & FAUPL, P. (1994): Die miozäne Tektonik der östlichen Kalkalpen: Kinetik, Paläospannungen und Deformationsaufteilung während der „lateralen Extrusion“ der Zentralalpen. *Jb. Geol. B. A.*, **137/1**, 5-18, 10 Abb., Wien.
- DRAXLER, I. (1977): Pollenanalytische Untersuchungen von Mooren zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Einzugsgebiet der Traun. *Jb. Geol. B. A.*, **120/1**, 131-163, Wien.
- ECE (1994): Possible Impact Of Acid Deposition On The Quality Of Groundwater In The ECE Region. Economic Commission for Europe, Executive Body for the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Working Group on Effects. Geneva, 29 June-1 July 1994.
- ERKAN, E. (1977): Uran- und gipsführendes Permoskyth der östliche Ostalpen. *Jb. Geol. B. A.*, **120**, H. 2, 343-400, 15 Abb., 1 Taf., Wien.
- FENNINGER, A. & HOLZER, H. (1972): Fazies und Paläogeographie des ostalpinen Malm. *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **63** (1970), 52-141, 15 Abb., 1 Tab., 2 Beil., Taf. 1-19, Wien.
- FISCHER, A. G. (1964): The Lofer Cyclothems of the Alpine Triassic. *Bull. geol. Surv. Kansas*, **169**, 107-149, 38 Abb., Lawrence.

- FLÜGEL, E., LEIN, R. & SENOWBARI-DARYAN, B. (1978): Kalkschwämme, Hydrozoen, Algen und Mikroproblematica aus den Cidarisschichten (Karn, Obertrias) der Mürztaler Alpen (Steiermark) und des Gosaukammes (Oberösterreich). Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 25, 153-195, 5 Abb., 1 Tab., 6 Taf, Wien.
- FUCHS, W. (1980): Das Inneralpine Tertiär. (In): OBERHAUSER, R. (Red.): Der geologische Aufbau Österreichs. 452-483, Abb. 131-135, Springer, Wien-New York.
- GANSS, O., KÜMEL, F. & SPENGLER, E. (1954): Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteingruppe. Wiss. Alpenvereins., 15, 82 S., 3 Abb., Taf. 1-6, 1 geol. Kt., Innsbruck.
- GAWLICK, H.-J. (1991): Die Lammereinheit – eine oberjurassische Beckenfüllung (Nördliche Kalkalpen, Salzburger Land, Österreich). Nachr. dt. geol. Ges., 46, 23-24, Hannover.
- GAWLICK, H.-J., LEUSCHNER, K. & ZANKL, H. (1990): Neuinterpretation eines Querprofiles durch die westliche Lammereinheit (Nördliche Kalkalpen, Österreich). Jb. Geol. B. A., 133/4, 561-566, 2 Abb., Wien.
- GROTTENTHALER, W. (1978): Die Raibler Schichten der Nördlichen Kalkalpen zwischen Salzach und Pyhrnpaß. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 25, 11-32, 1 Abb., Taf. 15, Wien.
- HAHN, F. (1913): Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Enns. Mitt. geol. Ges. Wien, 6, 238-257 u. 374-501, 6 Abb., Taf. 11-17, Wien.
- HENNE, P., KRAUTHAUSEN, B., & STUMMER, G. (1994): Höhlen im Dachstein. Derzeitiger Forschungsstand, Anlage der Riesenhöhlensysteme am Dachstein-Nordrand und Bewertung der unterirdischen Abflußverhältnisse. Zeitschrift für Karst- und Höhlenkunde, 45, 2. Wien.
- HERLICKSKA, H. & HOBIGER, G. (1991): Karsthydrologische Untersuchungen im westlichen Dachsteinmassiv in Hinblick auf die Erlassung einer Wasserschongebietsverordnung. Markierungsversuche Dachstein-West 1990. UBA Report 91-56. Wien.
- HERLICKSKA, H. & LORBEER, G.E. (1994): Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“. Band 1: Karstwasserqualität. Monographie Band 41. UBA. Wien.
- HERLICKSKA, H., SCHEIDLEDER, A. & HUMER, G. (1994): Excursion Guide for the COST-65 Meeting in Austria/Slovakia 5th to 10th of October 1994. Part 1, Austria. Wien.
- HIRSCHBERG, K. (1965): Die Geologie des Mandlingzuges (Oberes Ennstal, Österreich). Diss. natw. Fak. Philipps-Univ. Marburg, 110 S., 19 Abb., 5 Diagr.-Taf., 4 Beil., Marburg/Lahn.
- HÖLL, K. (1986): Wasser – Untersuchung – Beurteilung – Aufbereitung – Chemie – Bakteriologie – Virologie. Walter de Gruyter. Berlin, New York.
- HUMER, G. (1995): Niederschlagsisotopenmeßnetz Österreich. Monographie Band 52. UBA. Wien.
- HÜTTER, L. P. (1981): Die chemische Untersuchung der Wässer des Quellgebietes im Halltal und deren Beeinflussung durch Abflüsse und Ableitungen des Salzbergbaues. Haller Lokalanzeiger. Nr. 27. 3. Juli 1981. 3-5.
- HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO (1983): Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1971-1980. Wien.
- HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO (1994): Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1981-1990. Beitr. Hydrogr. Österr., 52, Wien.
- IAEA (1969-1990): Environmental isotopes data Nos.1-9. World survey of isotope concentrations in precipitation (1953-1987). International Atomic Energy Agency, Technical Reports Series, Nos. 69, 117, 129, 147, 165, 192, 226, 264, 311, Wien.
- JAMBU, M. (1992): Explorative Datenanalyse. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Jena, New York.
- KOVAR, A., PUXBAUM, H. & KALINA, M. (1990): Immissionsmessung Nasse Deposition im Bundesland Salzburg. Oktober 88 bis September 89. Hochschülerschaft TU Wien. Wirtschaftsbetriebe GmbH.

- KRYSTYN, L., SCHÄFFER, G. & SCHLAGER, W. (1969): Stratigraphie und Sedimentationsbild ober-triadischer Hallstätterkalke des Salzkammergutes.- Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-natwiss.Kl., 105 (1968), 329-332, Wien.
- LEIN, R. (1976): Neue Ergebnisse über die Stellung und Stratigraphie der Hallstätter Zone südlich der Dachsteindecke. Sitzber. österr. Akad. Wiss., math.-natw. Kl, Abt. I, 184 (1975), 197-235, 6 Abb., Wien.
- MALOSZEWSKI, P. & ZUBER, A. (1982): Determining the turnover time of groundwater systems with the aid of environmental tracers. *Journal of Hydrology*, 57, 207-231, Amsterdam.
- MANDL, G. W. (1984a): Zur Trias des Hallstätter Faziesraumes – ein Modell am Beispiel Salzkammergut (Nördliche Kalkalpen, Österreich). *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, 30/31, 133-176, 5 Abb., 5 Taf., 8 Beil., Wien.
- MANDL, G. W. (1984b): Zur Tektonik der westlichen Dachsteindecke und ihres Hallstätter Rahmens (Nördliche Kalkalpen, Österreich). *Mitt. österr. geol. Ges.*, 77 (1984), 1-31, 7 Abb., 1 Taf., Wien.
- MANDL, G. W. & MATURA, A. (1995): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 127/ Schladming, Wien (Geol.B.-A.).
- MANDL, G. W., HOLZER, H. L., LOBITZER, H. & PIROS, O. (1987): Das kalkalpine Stockwerk der Dachstein-Region. [In:] MATURA, A.: Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1987, Blatt 127/Schladming, 168 S., 57 Abb., Wien (Geol.B.-A.).
- MATTHESS, G. (1990): Die Beschaffenheit des Grundwassers. *Lehrbuch der Hydrogeologie*. Band 2. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart.
- MAURIN, V. & ZÖTL, J. (1959): Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. *Steirische Beiträge zur Hydrogeologie*. Graz.
- MAYR, A. (1956): Das Hallstätter Trinkwasser. *Hydrogeologische Studien aus dem Dachsteingebiet*. Jb. des Oberösterreichischen Musealvereins. 101. 319-331. Linz.
- MAYR, A. (1958): Die Karstentwässerung des Dachsteinstock. *Jahrbuch des Österreichischen Alpenvereins*. Alpenvereinszeitschrift Band 83. 21-25. Universitätsverlag Wagner. Innsbruck.
- MOSER, H. & RAUERT, W. (1980): Isotopenmethoden in der Hydrologie. *Lehrbuch der Hydrogeologie*. Band 8. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart.
- MOSTLER, H. & ROSSNER, R. (1984): Mikrofazies und Ökologie der höheren Werfener Schichten (Untertrias) der Nördlichen Kalkalpen. *Facies*, 10, 87-144, Taf. 12-18, 16 Abb., 1 Tab., Erlangen.
- MOUSSAVIAN, E. (1984): Die Gosau- und Alttertiär-Gerölle der Angerberg Schichten (Höheres Oligozän, Unterinntal, Nördliche Kalkalpen). *Facies*, 10, 86 S., 11 Taf., 4 Abb., 7 Tab., Erlangen.
- PAVUZA, R., TRAINDL, H. (1983): Über Dolomitkarst in Österreich. *Die Höhle*. Zeitschrift für Karst- und Höhlenkunde. Heft 1. 34. Jahrgang. 15-25.
- PLÖCHINGER, B. (1982): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 95/St.Wolfgang. Wien (Geol.B.-A.).
- PLÖCHINGER, B., KOLLMANN, H. A., KOLLMANN, W., SCHÄFFER, G. & van HUSEN, D. (1982): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich, Blatt 95/St.Wolfgang, 74 S., 17 Abb., 2 Taf., Wien (Geol.B.-A.).
- REIJMER, J.J.G. (1991): Sea level and sedimentation on the flanks of carbonate platforms. *Diss. Geol. Inst. Univ. Amsterdam*, 162 S., Amsterdam.
- REINISCH, G. (1993): Zwischen Vergangenheit und Gegenwart. Teil I. Berg 93. *Alpenvereinsjahrbuch*. „Zeitschrift“ Band 117. 55-57. Hrsg. vom Deutschen und Österreichischen Alpenverein und vom Alpenverein Südtirol. München, Innsbruck, Bozen.
- SCHÄFFER, G. (1971): Die Hallstätter Triasentwicklung um den Plassen (O.Ö.). Unveröff. Diss. phil. Fak. Univ. Wien, 198 S., 93 Abb., 22 Taf., Wien.

- SCHÄFFER, G. (1976): Einführung zur Geologischen Karte der Republik Österreich, Blatt 96/Bad Ischl. [In:] GATTINGER, T. et al.: Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1976, 6-26, Abb.4-24, 3 Tab., Wien (Geol.B.-A.).
- SCHÄFFER, G. (1982): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 96/Bad Ischl. Wien (Geol.B.-A.).
- SCHAUBERGER, O. (1986): Bau und Bildung der Salzlagerstätten des ostalpinen Salinars. Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 7, 217-254, Wien (Geol.B.-A.).
- SCHLAGER, W. (1967): Fazies und Tektonik am Westrand der Dachsteinmasse (Österreich) II. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, 17 (1966), 205-282, 8 Abb., 3 Taf., Wien.
- SCHLAGER, W. (1969): Das Zusammenwirken von Sedimentation und Bruchtektonik in den triadischen Hallstätterkalken der Ostalpen. Geol. Rdsch., 59/1, 289-308, Stuttgart.
- SCHÖLLNERBERGER, W. (1974): Zur Verzahnung von Dachsteinkalk-Fazies und Hallstätter Fazies am Südrand des Toten Gebirges (Nördliche Kalkalpen, Österreich). Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 22, 95-153, 9 Abb., Taf. 6-9, Wien.
- SPELÄOLOGISCHES INSTITUT (1960): Bericht über den Sporentriftversuch 1960. Unveröffentlichter Bericht. BM für Land- und Forstwirtschaft. Wien.
- SPENGLER, E. (1934): Über den Zusammenhang zwischen Dachstein und Totem Gebirge. Verh. Geol. B. A., 1934, 80-86, Wien.
- SPÖTL, Ch. & PAK, E. (1996): A strontium and sulfur isotopic study of Permo-Triassic evaporites in the Northern Calcareous Alps, Austria. Chemical Geology, 131 (1996), 219-234, Amsterdam (Elsevier).
- STEIGER, T. & WURM, D. (1981): Faziesmuster oberjurassischer Plattformkarbonate (Plassen-Kalke, Nördliche Kalkalpen, Steirisches Salzkammergut, Österreich). Facies, 4, 215-348, Erlangen.
- STEININGER, F. F., RÖGL, F., HOCHULI, P. & MÜLLER, C. (1989): Lignite deposition and marine cycles. The Austrian Tertiary lignite deposits – a case history. Sitz.-Ber. Österr. Akad. Wiss., math.-natw. Kl., Abt. I, 197, 309-332, Wien.
- TOLLMANN, A. (1960): Die Hallstätterzone des östlichen Salzkammergutes und ihr Rahmen. Jb. Geol. B. A., 103, 37-131, 4 Abb., Taf. 2-5, Wien.
- TOLLMANN, A. (1976a): Analyse des Klassischen Nordalpinen Mesozoikums. Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Band 2. XVI+580 S., 256 Abb., 3 Taf., Deuticke, Wien.
- TOLLMANN, A. (1976b): Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Band 3. X+449+7 S., 130 Abb, 7 Taf., Deuticke, Wien.
- TOLLMANN, A. (1981): Oberjurassische Gleittektonik als Hauptformungsprozeß der Hallstätter Region und neue Daten zur Gesamttektonik der Nördlichen Kalkalpen in den Ostalpen. Mitt. österr. geol. Ges., 74/75 (1981/82), 167-195, 4 Abb., Tab., Wien.
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich, Band II: Außerzentralalpiner Anteil. XIII+ 710 S., 286 Abb., 27 Tab., Deuticke, Wien.
- TOUSSAINT, B. (1971): Hydrogeologie und Karstgenese des Tennengebirges (Salzburger Kalkalpen). Steir. Beiträge zur Hydrogeologie. 23. Graz.
- TRAUTH, F. (1925): Geologie der nördlichen Radstätter Tauern und ihres Vorlandes. Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math. natwiss. Kl., 100, 101-212, Taf. 1-5, Wien.
- van HUSEN, D. (1977): Zur Fazies und Stratigraphie der jungpleistozänen Ablagerungen im Trauntal. Jb. Geol. B. A., 120/1, 1-130, 69 Abb., Taf. 1-4, 1 Kt., Wien.
- WAGREICH, M. & FAUPL, P. (1994): Palaeogeography and geodynamic evolution of the Gosau Group of the Northern Calcareous Alps (Late Cretaceous, Eastern Alps, Austria). Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecology, 110 (1994), 235-254.
- WINKLER-HERMADEN, A. (1950): Tertiäre Ablagerungen und junge Landformung im Bereich des Längstales der Enns. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natw. Kl., Abt.I, 159, 255-280, 7 Abb., Wien.

- WURM, D. (1982): Mikrofazies, Paläontologie und Palökologie der Dachsteinriffkalke (Nor) des Gosaukammes, Österreich. *Facies*, 6, 203-296, Taf. 27-41, 32 Abb., Erlangen.
- ZANKL, H. (1969): Der Hohe Göll. Aufbau und Lebensbild eines Dachsteinkalk-Riffes in der Obertrias der nördlichen Kalkalpen. *Abh. Senckenberg. naturforsch. Ges.*, 519, 1-123, 74 Abb., 15 Taf., Frankfurth/M.
- ZÖTL, J. (1957a): Der Einzugsbereich von Quellen im Karstgebirge. *Österreichische Wasserwirtschaft*, 9, 77-86. Wien.
- ZÖTL, J. (1957b): Hydrologische Untersuchungen im östlichen Dachsteingebiet. *Mitt. Naturwiss. Verein Steiermark*, 87, Graz.
- ZÖTL, J. (1957c): Neue Ergebnisse der Karsthydrologie. *Erdkunde*, 9, H. 2, Bonn.
- ZÖTL, J. (1961): Die Hydrographie im ostalpinen Karst. *Steir. Beiträge zur Hydrogeologie*, 1960/61, 2, Graz.
- ZÖTL, J. (1974): *Karsthydrogeologie*. Springer, Wien.
- ZÖTL, J. & GOLDBRUNNER, J. E. (1993): *Die Mineral- und Heilwässer Österreichs*. Springer, Wien.

ANHANG

Messergebnisse zu den Untersuchungen

- A.1** ^{18}O -Gehalte im Niederschlag der Stationen Krippenstein, Gosau und Lahn
A.2 Tritiumgehalte (^3H) der Quellen 110, 201, 203 und 507
A.3 Quellgehalte an Deuterium (^2H), ^{18}O und Exzeß
A.4 Vor-Ort-Parameter Abfluß, Quellwassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert aus dem monatlichen Meßprogramm (März 1993 bis Juni 1994).

A.1 ^{18}O -Gehalte im Niederschlag der Stationen Krippenstein, Gosau und Lahn

Datum	Niederschlagsstationen		
	Krippenstein 2.100 m ü. A.	Gosau 765 m ü. A.	Lahn 510 m ü. A.
15.01.91		-12,61	-11,73
15.02.91		-18,93	-18,87
15.03.91		-9,57	-10,27
15.04.91		-11,72	-11,34
15.05.91		-11,03	-11,05
15.06.91		-8,8	-8,54
15.07.91	-10,73	-8,84	-9,39
15.08.91	-9,35	-8,45	-7,66
15.09.91	-9,63	-8,56	-7,76
15.10.91	-10,60	-9,56	-8,48
15.11.91	-16,05	-17,03	-16,92
15.12.91	-11,98	-13	-12,2
15.01.92	-8,72	-11,74	-10,21
15.02.92	-14,22	-16,57	-15,51
15.03.92	-12,61	-14,02	-13,82
15.04.92	-10,81	-10,32	-10,02
15.04.92		-7,23	-6,67
15.06.92	-12,27	-9,72	-10,19
15.07.92	-9,85	-7,64	-7,93
15.08.92	-8,72	-6,79	-7,64
15.09.92	-11,62	-10,06	-8,64
15.10.92	-16,27	-16,62	-15,39
15.11.92	-12,63	-12,88	-12,25
15.12.92		-18,08	-17,79
15.01.93	-11,19	-11,52	-11,75
15.02.93		-15,08	-15,26

Datum	Niederschlagsstationen		
	Krippenstein 2.100 m ü. A.	Gosau 765 m ü. A.	Lahn 510 m ü. A.
15.03.93	-9,99	-13,95	-13,34
15.04.93		-9,97	-10,11
15.05.93	-9,68	-8,75	-8,58
18.05.93	-1,44		
21.05.93	-12,76		
27.05.93	-10,61		
28.05.93	-9,61		
30.05.93	-11,56		
15.06.93	-9,24	-7,02	-6,77
15.07.93	-9,07	-7,3	-7,05
15.08.93	-9,70	-6,93	-6,91
15.09.93	-12,15	-10,63	-10,51
15.10.93	-12,46	-12,21	-12,22
12.11.93	-15,68	-16,69	-15,07
15.12.93	-14,37	-15,81	-15,48
15.01.94	-12,40	-12,74	-13,78
15.02.94	-13,62	-14,33	-13,37
15.03.94	-10,03	-9,58	-11,07
15.04.94	-14,34	-17,03	-15,94
15.05.94	-11,60	-9,51	-8,88
15.06.94	-8,50	-7,88	-6,87
15.07.94	-6,89		
15.08.94	-7,99		
15.09.94	-10,83		-8,24
15.10.94	-14,94		

A.2 Tritiumgehalte (^3H) der Quellen 110, 201, 203 und 507

Datum	Quelle							
	110		201		203		507	
	TE	$\pm 2\sigma$	TE	$\pm 2\sigma$	TE	$\pm 2\sigma$	TE	$\pm 2\sigma$
Aug 91	24,3	2,6	24,1	2,8	24,4	2,8	24,6	2,6
Nov 91	28,2	3,6	26,1	3,4	18,6	2,4	23,7	2,7
Feb 92	22,2	2,7	17,0	2,6	17,2	2,4	21,3	2,9
Mär 92	21,1	3,1			11,7	2,1		
Mai 92	13,9	2,6	13,7	2,8	12,9	2,5	21,9	2,6
Aug 92	21,0	3,0	14,5	2,1	12,9	2,1	19,6	2,5
Sep 92					18,1	2,4		
Okt 92					16,9	2,1		
Nov 92	18,4	2,5	13,1	2,2	13,9	1,7		
Mär 93	20,6	2,1			21,3	2,2	16,4	2,4
Apr 93	16,2	2,1	16,5	2,4	22,7	2,2	16,2	2,0
Mai 93	13,4	1,9	16,3	2,2	13,6	1,7	19,3	2,0
Jun 93			14,8	2,2	14,1	2,0		
Jul 93	20,2	2,1	18,6	2,1	20,7	2,1	20,3	2,6
Aug 93	20,3	2,3	16,3	1,9	12,6	1,7	20,3	2,0
Sep 93	18,4	2,1	17,5	2,1	18,6	1,9	18,9	1,9
Okt 93	20,2	2,1	14,5	1,5	14,2	1,4	20,5	1,8
Nov 93	17,0	1,5	13,7	1,4	14,3	1,4	18,2	1,6
Dez 93	17,4	1,5					18,6	1,6
Jan 94	16,8	1,5					17,6	1,5
Feb 94	18,3	1,7	14,6	1,7	14,5	1,4	17,0	1,6
Mär 94	14,9	1,4	13,3	1,3	13,5	1,5	18,8	1,7
Apr 94	18,8	2,3	15,4	2,0	14,5	2,1	18,4	2,6
Mai 94	17,7	2,2	14,7	2,1	12,8	1,8	19,2	2,2
Jun 94	16,4	2,3	18,7	2,6	17,5	2,4	18,9	2,4

TE... Tritiumeinheiten

A.3 Quellgehalte an Deuterium (^2H), ^{18}O und Exzeß

Quelle	Datum	^2H [‰]	^{18}O [‰]	Exzeß [‰]
110	05.08.91	-86,1	-12,10	10,5
110	04.11.91	-87,8	-12,40	11,25
110	28.01.92	-86,9	-12,30	11,3
110	17.03.92	-87,1	-12,30	11,5
110	04.05.92	-89,3	-12,50	10,65
110	03.08.92	-90,2	-12,50	9,9
110	27.11.92	-89,0	-12,50	11,15
110	03.03.93	-88,3	-12,40	10,7
110	31.03.93	-90,3	-12,66	11,0
110	06.04.93	-91,2	-12,70	10,75
110	07.04.93	-91,1	-12,73	10,7
110	08.04.93	-91,7	-12,71	10,0
110	13.04.93	-91,5	-12,71	10,2
110	14.04.93	-91,7	-12,85	11,1
110	15.04.93	-91,2	-12,86	11,7
110	16.04.93	-91,5	-12,88	11,5
110	19.04.93	-93,1	-12,90	10,1
110	20.04.93	-92,2	-12,81	10,3
110	21.04.93	-91,0	-12,75	11,0
110	23.04.93	-91,1	-12,60	9,7
110	26.04.93	-91,2	-12,64	9,9
110	27.04.93	-90,8	-12,62	10,2
110	28.04.93	-90,8	-12,70	10,8
110	29.04.93	-90,8	-12,78	11,4
110	30.04.93	-90,6	-12,69	10,9
110	03.05.93	-91,2	-12,59	9,5
110	04.05.93	-90,1	-12,60	10,8
110	05.05.93	-91,9	-12,82	10,7
110	06.05.93	-90,4	-12,70	10,95
110	07.05.93	-92,5	-12,72	9,3
110	10.05.93	-90,2	-12,64	10,9
110	11.05.93	-91,4	-12,71	10,3
110	12.05.93	-90,5	-12,54	9,9
110	13.05.93	-91,2	-12,77	10,9
110	14.05.93	-91,9	-12,92	11,5
110	17.05.93	-90,2	-12,53	10,1
110	18.05.93	-90,2	-12,71	11,5
110	24.05.93	-90,3	-12,67	11,1
110	25.05.93	-89,4	-12,57	11,2

Quelle	Datum	^2H [‰]	^{18}O [‰]	Exzeß [‰]
110	26.05.93	-90,6	-12,73	11,3
110	27.05.93	-89,2	-12,61	11,7
110	28.05.93	-90,5	-12,70	11,1
110	01.06.93	-90,3	-12,72	11,5
110	08.06.93	-91,5	-12,63	9,5
110	09.06.93	-90,2	-12,63	10,8
110	14.06.93	-91,5	-12,81	11,0
110	07.07.93	-87,0	-12,20	10,25
110	11.08.93	-89,0	-12,50	11,2
110	08.09.93	-86,8	-12,20	11,2
110	06.10.93	-88,8	-12,40	10,3
110	10.11.93	-88,9	-12,40	10,35
110	21.12.93	-87,9	-12,30	10,1
110	13.01.94	-86,9	-12,20	11,1
110	23.02.94	-87,2	-12,40	11,8
110	23.03.94	-88,0	-12,30	10,25
110	20.04.94	-91,4	-12,70	10,5
110	25.05.94	-88,7	-12,40	10,7
110	22.06.94	-87,8	-12,40	11,05
112	05.08.91	-82,7	-11,79	11,6
112	04.11.91	-85,2	-12,12	11,8
112	28.01.92	-87,5	-12,41	11,8
112	17.03.92	-89,8	-12,70	11,8
112	04.05.92	-96,2	-13,44	11,3
112	03.08.92	-85,6	-11,94	9,9
112	27.11.92	-94,1	-13,03	10,1
112	03.03.93	-90,4	-12,72	11,4
112	06.04.93	-95,1	-13,36	11,8
112	06.05.93	-99,1	-13,84	11,6
112	02.06.93	-103,4	-14,10	9,4
112	07.07.93	-77,1	-10,89	10,0
112	11.08.93	-81,1	-11,41	10,2
112	08.09.93	-75,1	-10,82	11,5
112	06.10.93	-84,6	-12,02	11,5
112	10.11.93	-86,7	-12,15	10,5
112	21.12.93	-92,3	-12,67	9,1
112	13.01.94	-87,6	-12,45	12,0
112	23.02.94	-89,3	-12,53	10,9
112	23.03.94	-90,4	-12,71	11,2

Quelle	Datum	² H [‰]	¹⁸ O [‰]	Exzeß [‰]
112	20.04.94	-98,7	-13,70	11,0
112	25.05.94	-98,6	-13,63	10,5
112	22.06.94	-88,9	-12,45	10,7
115	05.08.91	-77,6	-10,99	10,3
115	04.11.91	-79,8	-11,42	11,6
115	28.01.92	-84,2	-11,78	10,0
115	05.05.92	-90,6	-12,76	11,4
115	04.08.92	-82,0	-11,41	9,3
115	26.11.92	-88,1	-12,15	9,1
115	03.03.93	-86,7	-12,06	9,8
115	06.04.93	-92,2	-12,71	9,5
115	05.05.93	-93,3	-12,94	10,3
115	03.06.93	-90,0	-12,55	10,4
115	07.07.93	-74,6	-10,54	9,7
115	11.08.93	-80,2	-11,29	10,1
115	08.09.93	-71,3	-10,40	11,9
115	06.10.93	-79,0	-11,14	10,1
115	10.11.93	-81,0	-11,40	10,2
115	21.12.93	-85,6	-12,11	11,3
115	11.01.94	-82,5	-11,78	11,7
115	23.02.94	-83,8	-11,72	10,0
115	23.03.94	-88,2	-12,34	10,5
115	20.04.94	-93,5	-12,94	10,0
115	25.05.94	-93,1	-12,88	9,9
115	22.06.94	-82,8	-11,66	10,4
120	05.08.91	-80,2	-11,47	11,6
120	04.11.91	-85,5	-12,08	11,1
120	28.01.92	-88,0	-12,48	11,9
120	17.03.92	-89,8	-12,69	11,7
120	04.05.92	-95,8	-13,31	10,7
120	03.08.92	-84,5	-11,95	11,1
120	27.11.92	-92,9	-12,99	11,0
120	03.03.93	-91,5	-12,83	11,1
120	06.04.93	-96,3	-13,39	10,8
120	06.05.93	-99,2	-13,83	11,4
120	02.06.93	-102,7	-14,07	9,9
120	07.07.93	-76,2	-10,81	10,2
120	11.08.93	-78,8	-11,26	11,3
120	08.09.93	-74,8	-10,82	11,8
120	06.10.93	-86,0	-12,03	10,3
120	10.11.93	-87,4	-12,19	10,2

Quelle	Datum	² H [‰]	¹⁸ O [‰]	Exzeß [‰]
120	21.12.93	-89,2	-12,53	11,1
120	13.01.94	-87,9	-12,45	11,7
120	23.02.94	-90,9	-12,63	10,1
120	20.04.94	-98,1	-13,64	11,0
120	25.05.94	-98,3	-13,54	10,0
120	22.06.94	-87,7	-12,35	11,1
153	05.08.91	-84,5	-11,85	10,3
153	04.11.91	-84,2	-11,92	11,2
153	28.01.92	-84,3	-11,93	11,1
153	04.05.92	-89,1	-12,46	10,6
153	04.08.92	-76,7	-10,73	9,1
159	05.08.91	-75,6	-10,89	11,5
159	04.11.91	-75,8	-10,89	11,3
159	28.01.92	-79,6	-11,37	11,4
159	05.05.92	-98,1	-13,60	10,7
159	04.08.92	-75,7	-10,74	10,2
174	05.08.91	-79,1	-11,16	10,2
174	04.11.91	-78,2	-11,21	11,5
174	28.01.92	-83,1	-11,84	11,6
174	05.05.92	-90,5	-12,68	10,9
174	04.08.92	-81,0	-11,51	11,1
201	06.08.91	-86,9	-12,30	11,4
201	05.11.91	-81,2	-11,50	11,2
201	27.01.92	-86,9	-12,30	11,4
201	04.05.92	-96,9	-13,40	10,05
201	04.08.92	-83,7	-11,80	10,75
201	26.11.92	-92,7	-12,90	10,55
201	05.04.93	-98,3	-13,70	11,2
201	05.05.93	-103,2	-14,30	11,5
201	02.06.93	-105,4	-14,50	10,3
201	06.07.93	-81,9	-11,50	10,05
201	10.08.93	-81,7	-11,60	11
201	07.09.93	-76,7	-11,00	11,3
201	05.10.93	-87,5	-12,30	10,9
201	09.11.93	-87,6	-12,30	11,1
201	23.02.94	-90,4	-12,60	10,15
201	24.03.94	-95,5	-13,20	10,1
201	20.04.94	-102,6	-14,20	11,15
201	25.05.94	-102,9	-14,10	10,3
201	21.06.94	-94,4	-13,20	11

Quelle	Datum	² H [‰]	¹⁸ O [‰]	Exzeß [‰]
203	06.08.91	-86,0	-12,20	11,4
203	05.11.91	-79,0	-11,30	11,25
203	27.01.92	-87,2	-12,20	10,8
203	17.03.92	-93,3	-13,00	10,35
203	05.05.92	-95,3	-13,30	11
203	04.08.92	-80,9	-11,60	11,85
203	13.08.92	-84,7	-11,88	10,3
203	14.08.92	-81,9	-11,53	10,3
203	15.08.92	-74,9	-10,66	10,4
203	16.08.92	-75,7	-10,85	11,1
203	17.08.92	-76,0	-11,06	12,5
203	18.08.92	-78,9	-11,32	11,7
203	19.08.92	-82,2	-11,70	11,5
203	20.08.92	-84,5	-11,91	10,9
203	21.08.92	-85,4	-11,89	9,7
203	22.08.92	-84,9	-11,85	9,9
203	23.08.92	-85,8	-11,90	9,4
203	24.08.92	-84,8	-11,89	10,3
203	25.08.92	-83,7	-11,78	10,6
203	26.08.92	-83,9	-11,91	11,3
203	27.08.92	-82,7	-11,68	10,7
203	28.08.92	-82,6	-11,76	11,4
203	29.08.92	-83,9	-11,71	9,8
203	30.08.92	-84,6	-11,94	10,9
203	31.08.92	-83,8	-11,66	9,5
203	01.09.92	-83,3	-11,61	9,7
203	02.09.92	-78,8	-11,08	9,8
203	03.09.92	-79,4	-11,23	10,4
203	04.09.92	-77,1	-11,01	11,0
203	05.09.92	-77,4	-10,94	10,1
203	06.09.92	-77,0	-10,85	9,8
203	07.09.92	-76,9	-10,95	10,7
203	08.09.92	-76,2	-10,97	11,6
203	09.09.92	-79,1	-11,14	10,0
203	10.09.92	-79,8	-11,30	10,6
203	11.09.92	-81,1	-11,55	11,3
203	12.09.92	-84,3	-11,78	10,0
203	13.09.92	-83,0	-11,85	11,8
203	14.09.92	-83,7	-11,91	11,6
203	15.09.92	-83,7	-11,80	11
203	16.09.92	-80,8	-11,58	11,8

Quelle	Datum	² H [‰]	¹⁸ O [‰]	Exzeß [‰]
203	17.09.92	-80,1	-11,46	11,6
203	18.09.92	-80,0	-11,48	11,8
203	19.09.92	-81,8	-11,66	11,5
203	20.09.92	-80,6	-11,52	11,6
203	21.09.92	-81,8	-11,62	11,2
203	22.09.92	-81,3	-11,60	11,5
203	23.09.92	-81,1	-11,60	11,7
203	24.09.92	-80,4	-11,54	11,9
203	25.09.92	-81,7	-11,69	11,8
203	26.09.92	-82,6	-11,70	11,0
203	27.09.92	-82,9	-11,76	11,1
203	28.09.92	-83,2	-11,82	11,3
203	30.09.92	-82,2	-11,65	11,0
203	01.10.92	-84,0	-11,86	10,9
203	02.10.92	-84,2	-11,98	11,6
203	03.10.92	-84,1	-12,01	11,9
203	05.10.92	-85,9	-12,11	10,9
203	06.10.92	-84,5	-11,91	10,8
203	07.10.92	-86,5	-12,20	11,05
203	12.11.92	-92,7	-13,03	11,5
203	26.11.92	-93,5	-13,05	10,9
203	03.03.93	-92,0	-12,90	10,8
203	22.03.93	-104,1	-14,20	9,5
203	23.03.93	-102,3	-14,09	10,4
203	24.03.93	-101,9	-14,04	10,4
203	25.03.93	-100,7	-13,93	10,7
203	26.03.93	-101,2	-13,96	10,5
203	27.03.93	-99,6	-13,73	10,2
203	28.03.93	-100,3	-13,83	10,3
203	29.03.93	-100,1	-13,83	10,5
203	30.03.93	-100,8	-13,87	10,1
203	31.03.93	-99,0	-13,76	11,0
203	01.04.93	-97,1	-13,50	10,9
203	02.04.93	-97,7	-13,49	10,3
203	03.04.93	-98,6	-13,68	10,8
203	04.04.93	-97,7	-13,53	10,6
203	05.04.93	-98,7	-13,60	10,05
203	06.04.93	-99,4	-13,61	9,6
203	07.04.93	-96,2	-13,31	10,2
203	08.04.93	-97,6	-13,36	9,3
203	09.04.93	-97,5	-13,48	10,3

Quelle	Datum	² H [‰]	¹⁸ O [‰]	Exzeß [‰]
203	10.04.93	-96,5	-13,38	10,5
203	11.04.93	-96,8	-13,50	11,3
203	12.04.93	-98,2	-13,51	9,8
203	13.04.93	-97,6	-13,47	10,1
203	14.04.93	-97,9	-13,41	9,4
203	15.04.93	-97,8	-13,63	11,3
203	16.04.93	-99,9	-13,80	10,5
203	17.04.93	-97,2	-13,45	10,4
203	18.04.93	-98,0	-13,64	11,1
203	19.04.93	-96,3	-13,40	10,9
203	20.04.93	-95,9	-13,42	11,5
203	21.04.93	-96,3	-13,40	11,0
203	22.04.93	-96,8	-13,52	11,4
203	23.04.93	-96,0	-13,41	11,3
203	24.04.93	-97,7	-13,52	10,5
203	25.04.93	-98,5	-13,58	10,2
203	26.04.93	-97,1	-13,63	11,9
203	27.04.93	-99,7	-13,88	11,3
203	28.04.93	-98,8	-13,78	11,4
203	29.04.93	-101,6	-14,07	10,9
203	30.04.93	-100,4	-13,91	10,8
203	01.05.93	-100,4	-13,99	11,6
203	02.05.93	-103,2	-14,22	10,5
203	03.05.93	-102,6	-14,20	11,0
203	04.05.93	-103,3	-14,38	11,7
203	05.05.93	-104,7	-14,50	11,15
203	07.05.93	-103,9	-14,39	11,3
203	08.05.93	-106,3	-14,52	9,8
203	10.05.93	-106,8	-14,65	10,4
203	11.05.93	-107,1	-14,73	10,7
203	12.05.93	-106,7	-14,68	10,8
203	13.05.93	-106,7	-14,80	11,7
203	14.05.93	-107,2	-14,89	11,9
203	17.05.93	-106,9	-14,60	9,9
203	18.05.93	-107,8	-14,94	11,7
203	19.05.93	-108,4	-14,99	11,5
203	20.05.93	-108,3	-14,91	11,0
203	21.05.93	-107,6	-14,93	11,8
203	22.05.93	-107,6	-14,91	11,7
203	23.05.93	-108,4	-14,96	11,3
203	24.05.93	-107,9	-14,91	11,4

Quelle	Datum	² H [‰]	¹⁸ O [‰]	Exzeß [‰]
203	25.05.93	-108,5	-14,98	11,3
203	26.05.93	-107,5	-14,89	11,6
203	27.05.93	-107,2	-14,87	11,8
203	28.05.93	-106,1	-14,73	11,7
203	29.05.93	-107,8	-14,91	11,4
203	30.05.93	-106,9	-14,63	10,1
203	31.05.93	-106,3	-14,76	11,7
203	01.06.93	-105,8	-14,70	11,8
203	02.06.93	-105,7	-14,50	10,55
203	03.06.93	-106,3	-14,73	11,5
203	04.06.93	-98,5	-13,77	11,6
203	05.06.93	-98,0	-13,66	11,3
203	06.06.93	-98,7	-13,78	11,5
203	07.06.93	-99,9	-13,86	11,0
203	08.06.93	-99,8	-13,78	10,5
203	09.06.93	-101,3	-14,13	11,8
203	10.06.93	-102,4	-14,20	11,2
203	11.06.93	-102,7	-14,31	11,7
203	12.06.93	-101,1	-13,93	10,3
203	13.06.93	-100,8	-14,01	11,3
203	14.06.93	-101,2	-13,97	10,5
203	15.06.93	-100,9	-13,91	10,4
203	16.06.93	-100,7	-13,97	11,1
203	17.06.93	-99,1	-13,87	11,9
203	18.06.93	-98,3	-13,70	11,3
203	21.06.93	-99,8	-13,88	11,2
203	22.06.93	-98,3	-13,77	11,9
203	23.06.93	-98,4	-13,76	11,7
203	24.06.93	-92,4	-12,82	10,2
203	25.06.93	-89,2	-12,41	10,1
203	26.06.93	-81,9	-11,57	10,6
203	27.06.93	-83,3	-11,61	9,6
203	28.06.93	-81,6	-11,45	10,0
203	29.06.93	-80,9	-11,36	9,9
203	30.06.93	-82,8	-11,66	10,6
203	01.07.93	-84,0	-11,70	9,6
203	02.07.93	-88,2	-12,31	10,3
203	04.07.93	-88,3	-12,19	9,2
203	05.07.93	-89,6	-12,47	10,1
203	06.07.93	-71,9	-10,23	10,0
203	07.07.93	-70,9	-10,19	10,6

Quelle	Datum	² H [‰]	¹⁸ O [‰]	Exzeß [‰]
203	10.08.93	-80,5	-11,40	10,45
203	07.09.93	-69,8	-10,10	10,95
203	05.10.93	-86,2	-12,20	11,6
203	09.11.93	-87,4	-12,20	10,05
203	23.02.94	-91,1	-12,70	10,25
203	24.03.94	-94,2	-13,10	10,55
203	20.04.94	-101,9	-14,20	11,4
203	25.05.94	-102,5	-14,10	10,35
203	22.06.94	-93,5	-13,10	11,65
204	06.08.91	-85,1	-12,03	11,1
204	05.11.91	-79,4	-11,20	10,2
204	27.01.92	-80,7	-11,53	11,6
204	05.05.92	-92,2	-12,81	10,2
204	05.08.92	-89,4	-12,36	9,4
206	06.08.91	-78,6	-11,20	11,0
206	04.11.91	-74,9	-10,84	11,8
206	05.05.92	-98,1	-13,73	11,7
206	04.08.92	-79,1	-11,35	11,7
206	26.11.92	-93,2	-12,83	9,4
206	05.04.93	-100,4	-13,82	10,2
206	05.05.93	-101,0	-14,30	13,4
206	02.06.93	-101,7	-13,99	10,2
206	07.07.93	-80,8	-11,38	10,2
206	10.08.93	-67,4	-9,70	10,2
206	07.09.93	-75,1	-10,69	10,4
206	06.10.93	-76,0	-10,98	11,8
206	10.11.93	-80,6	-11,37	10,4
206	20.12.93	-90,6	-12,73	11,3
206	11.01.94	-83,1	-11,83	11,5
206	23.03.94	-90,8	-12,84	11,9
206	21.04.94	-108,6	-15,01	11,5
206	25.05.94	-100,2	-13,81	10,3
206	22.06.94	-83,7	-11,84	11,0
250	06.08.91	-83,0	-11,63	10,0
250	05.11.91	-78,5	-11,30	11,9
250	28.01.92	-83,0	-11,79	11,3
250	05.05.92	-89,0	-12,53	11,2
250	04.08.92	-86,0	-12,03	10,2
252	06.08.91	-74,7	-10,58	9,9
252	05.11.91	-73,8	-10,48	10,0
252	27.01.92	-83,3	-11,69	10,2

Quelle	Datum	² H [‰]	¹⁸ O [‰]	Exzeß [‰]
252	04.05.92	-92,6	-12,90	10,6
252	03.08.92	-75,5	-10,66	9,7
253	06.08.91	-80,6	-11,37	10,4
253	05.11.91	-83,9	-11,87	11,1
253	27.01.92	-83,5	-11,91	11,8
253	04.05.92	-91,0	-12,73	10,8
253	03.08.92	-82,1	-11,48	9,7
303	07.08.91	-82,4	-11,74	11,5
303	05.11.91	-71,0	-10,34	11,7
303	29.01.92	-80,4	-11,46	11,3
303	17.03.92	-85,1	-11,85	9,7
303	05.05.92	-95,1	-13,28	11,2
303	05.08.92	-80,6	-11,33	10,0
303	26.11.92	-89,9	-12,44	9,6
303	02.03.93	-88,4	-12,46	11,3
303	05.04.93	-94,5	-13,02	9,6
303	05.05.93	-98,3	-13,76	11,8
303	02.06.93	-99,6	-13,81	10,9
303	07.07.93	-72,2	-10,25	9,8
303	11.08.93	-64,7	-9,41	10,6
303	08.09.93	-71,4	-10,38	11,6
303	05.10.93	-77,8	-11,01	10,3
303	09.11.93	-79,5	-11,14	9,6
303	20.12.93	-89,7	-12,44	9,9
303	12.01.94	-83,5	-11,87	11,5
303	24.02.94	-85,1	-11,82	9,5
303	23.03.94	-88,3	-12,48	11,6
303	21.04.94	-99,1	-13,84	11,6
303	25.05.94	-92,6	-12,94	11,0
303	22.06.94	-81,4	-11,45	10,2
304	07.08.91	-84,8	-12,01	11,3
304	05.11.91	-89,0	-12,53	11,3
304	29.01.92	-86,9	-12,24	11,0
304	16.03.92	-86,1	-12,24	11,8
304	06.05.92	-99,4	-13,86	11,4
304	05.08.92	-85,8	-11,91	9,5
310	07.08.91	-87,1	-12,14	10,0
310	06.05.92	-91,6	-12,73	10,2
310	05.08.92	-93,3	-12,92	10,1
311	07.08.91	-81,5	-11,57	11,1
311	06.11.91	-77,6	-11,15	11,6

Quelle	Datum	^2H [‰]	^{18}O [‰]	Exzeß [‰]
311	29.01.92	-87,2	-12,16	10,1
311	05.05.92	-99,9	-13,79	10,4
311	05.08.92	-81,0	-11,29	9,3
402	07.08.91	-77,5	-10,88	9,5
402	06.11.91	-76,2	-10,85	10,6
402	29.01.92	-84,2	-11,95	11,4
402	06.05.92	-89,9	-12,68	11,5
402	05.08.92	-87,6	-12,14	9,5
405	08.08.91	-81,2	-11,57	11,4
405	06.11.91	-86,4	-12,14	10,7
405	29.01.92	-87,8	-12,36	11,1
405	06.05.92	-99,2	-13,76	10,8
405	10.08.92	-82,6	-11,65	10,6
406	08.08.91	-81,0	-11,41	10,3
406	06.11.91	-82,0	-11,66	11,3
406	29.01.92	-85,8	-12,14	11,3
406	06.05.92	-97,5	-13,56	11,0
406	10.08.92	-84,5	-11,98	11,3
410	08.08.91	-80,1	-11,20	9,5
410	06.11.91	-82,0	-11,60	10,8
410	29.01.92	-85,2	-12,12	11,8
410	06.05.92	-93,8	-13,16	11,5
410	10.08.92	-83,4	-11,74	10,5
412	07.08.91	-79,1	-11,31	11,4
412	06.11.91	-73,0	-10,54	11,3
412	29.01.92	-80,8	-11,59	11,9
412	06.05.92	-98,3	-13,69	11,2
412	05.08.92	-71,2	-10,23	10,6
418	07.08.91	-77,9	-11,19	11,6
418	05.11.91	-77,8	-11,16	11,5
418	29.01.92	-83,1	-11,84	11,6
418	06.05.92	-91,4	-12,80	11,0
418	05.08.92	-73,2	-10,41	10,1
428	08.08.91	-75,2	-10,82	11,3
428	06.11.91	-88,9	-12,50	11,1
428	29.01.92	-87,9	-12,37	11,1
428	06.05.92	-87,4	-12,35	11,4
428	10.08.92	-86,0	-12,03	10,3
453	07.08.91	-74,3	-10,51	9,8
453	06.11.91	-78,5	-10,99	9,4
453	29.01.92	-82,4	-11,48	9,4

Quelle	Datum	^2H [‰]	^{18}O [‰]	Exzeß [‰]
453	06.05.92	-100,9	-13,88	10,1
453	05.08.92	-81,0	-11,30	9,4
502	08.08.91	-88,2	-12,34	10,5
502	06.11.91	-91,7	-12,93	11,7
502	03.02.92	-89,8	-12,69	11,8
502	11.05.92	-95,0	-13,19	10,5
502	10.08.92	-90,0	-12,72	11,8
507	12.08.91	-91,7	-12,70	9,85
507	06.11.91	-91,8	-12,70	9,45
507	03.02.92	-90,4	-12,60	10,4
507	11.05.92	-92,8	-12,80	9,95
507	10.08.92	-93,0	-13,00	10,6
507	04.03.93	-92,8	-12,80	9,8
507	07.04.93	-93,8	-12,90	9,65
507	06.05.93	-92,9	-12,90	10,25
507	03.06.93	-93,4	-12,86	9,5
507	08.07.93	-94,4	-13,00	9,6
507	12.08.93	-91,0	-12,60	10,15
507	09.09.93	-89,7	-12,40	9,7
507	07.10.93	-89,9	-12,50	9,85
507	11.11.93	-89,4	-12,40	9,45
507	22.12.93	-91,3	-12,60	9,9
507	12.01.94	-89,8	-12,50	10,65
507	22.02.94	-91,1	-12,60	9,75
507	22.03.94	-87,7	-12,30	10,85
507	19.04.94	-90,4	-12,50	9,5
507	24.05.94	-94,3	-13,00	9,75
507	21.06.94	-92,6	-12,83	10,0
512	12.08.91	-84,1	-11,72	9,6
512	11.11.91	-87,2	-12,08	9,4
512	03.02.92	-87,6	-12,10	9,2
512	12.05.92	-84,4	-11,91	10,9
512	11.08.92	-89,5	-12,39	9,6
512	04.03.93	-90,0	-12,40	9,2
512	07.04.93	-88,5	-12,32	10,0
512	06.05.93	-90,9	-12,49	9,0
512	03.06.93	-91,7	-12,66	9,6
512	08.07.93	-93,0	-12,76	9,1
512	12.08.93	-89,0	-12,25	9,0
512	09.09.93	-89,0	-12,28	9,2
512	07.10.93	-89,1	-12,32	9,5

Quelle	Datum	² H [‰]	¹⁸ O [‰]	Exzeß [‰]
512	11.11.93	-88,4	-12,23	9,4
512	22.12.93	-88,9	-12,33	9,7
512	12.01.94	-88,0	-12,33	10,7
512	22.02.94	-88,8	-12,28	9,4
512	22.03.94	-87,3	-12,15	9,9
512	19.04.94	-85,7	-12,03	10,6
512	24.05.94	-89,8	-12,41	9,5
512	21.06.94	-88,4	-12,18	9,0
551	12.08.91	-82,3	-11,57	10,3
551	06.11.91	-83,8	-11,74	10,1
551	03.02.92	-84,9	-11,77	9,3
551	11.05.92	-81,7	-11,60	11,1
551	10.08.92	-91,0	-12,50	9,0
601	12.08.91	-91,5	-12,72	10,3
601	11.11.91	-92,9	-13,05	11,5
601	30.01.92	-93,9	-13,01	10,2
601	13.05.92	-95,6	-13,33	11,0
601	11.08.92	-93,8	-13,11	11,1
602	12.08.91	-92,1	-12,95	11,5
602	11.11.91	-81,5	-11,45	10,1
602	30.01.92	-93,2	-12,99	10,7
602	11.05.92	-107,1	-14,86	11,8
602	10.08.92	-95,7	-13,26	10,4
605	12.08.91	-90,6	-12,61	10,2
605	12.11.91	-90,8	-12,74	11,1
605	04.02.92	-88,5	-12,40	10,7
605	12.05.92	-92,6	-12,91	10,7
605	11.08.92	-93,0	-12,93	10,4
605	27.11.92	-91,0	-12,83	11,6
605	04.03.93	-92,1	-12,93	11,3
605	07.04.93	-93,3	-12,94	10,3
605	06.05.93	-95,1	-13,28	11,1
605	03.06.93	-94,9	-13,12	10,1
605	08.07.93	-94,8	-13,13	10,3
605	12.08.93	-93,1	-12,94	10,4
605	09.09.93	-94,3	-12,95	9,3
605	07.10.93	-93,3	-12,89	9,8
605	11.11.93	-92,3	-12,94	11,2
605	12.01.94	-92,9	-12,88	10,1
605	22.02.94	-93,0	-12,87	10,0
605	22.03.94	-91,5	-12,80	10,9

Quelle	Datum	² H [‰]	¹⁸ O [‰]	Exzeß [‰]
605	19.04.94	-93,6	-12,98	10,3
605	24.05.94	-97,3	-13,40	9,9
605	21.06.94	-95,1	-13,14	10,0
607	14.08.91	-89,1	-12,58	11,5
607	12.11.91	-90,0	-12,60	10,8
607	04.02.92	-88,6	-12,54	11,7
607	16.03.92	-90,5	-12,79	11,8
607	12.05.92	-96,0	-13,35	10,8
607	12.08.92	-93,7	-13,01	10,4
607	27.11.92	-93,6	-12,95	10,0
608	14.08.91	-91,7	-12,84	11,0
608	11.11.91	-90,7	-12,77	11,5
608	04.02.92	-91,1	-12,72	10,7
608	13.05.92	-95,9	-13,46	11,8
608	12.08.92	-94,1	-13,18	11,3
702	13.08.91	-89,4	-12,64	11,7
702	11.11.91	-91,6	-12,89	11,5
702	04.02.92	-91,9	-12,71	9,8
702	16.03.92	-91,0	-12,70	10,6
702	12.05.92	-92,3	-12,84	10,4
702	11.08.92	-95,2	-13,34	11,5
703	13.08.91	-91,7	-12,79	10,6
703	12.08.92	-96,8	-13,35	10,0
704	13.08.91	-92,7	-12,98	11,1
704	11.11.91	-91,1	-12,86	11,8
704	04.02.92	-91,5	-12,78	10,7
704	16.03.92	-93,2	-12,96	10,5
704	12.05.92	-95,2	-13,27	11,0
704	12.08.92	-96,5	-13,31	9,9
707	13.08.91	-89,9	-12,68	11,5
707	07.11.91	-89,2	-12,53	11,0
707	30.01.92	-88,8	-12,53	11,4
707	11.05.92	-90,0	-12,74	11,9
707	11.08.92	-92,4	-12,95	11,2
709	13.08.91	-92,8	-12,78	9,4
709	12.11.91	-91,5	-12,72	10,3
709	30.01.92	-91,5	-12,71	10,2
709	16.03.92	-89,9	-12,68	11,5
709	12.05.92	-91,4	-12,78	10,8
709	11.08.92	-91,6	-12,79	10,7
709	27.11.92	-92,7	-12,74	9,3

Quelle	Datum	^2H [‰]	^{18}O [‰]	Exzeß [‰]
709	04.03.93	-92,1	-12,85	10,7
709	06.04.93	-90,6	-12,69	10,9
709	06.05.93	-90,8	-12,79	11,5
709	08.07.93	-93,0	-12,91	10,3
709	12.08.93	-91,8	-12,95	11,8
709	09.09.93	-93,3	-12,92	10,1
709	07.10.93	-92,9	-12,89	10,2
709	11.11.93	-91,7	-12,79	10,6
709	22.12.93	-92,9	-12,82	9,6
709	12.01.94	-92,6	-12,98	11,3
709	22.02.94	-93,6	-12,91	9,7
709	22.03.94	-91,7	-12,82	10,9
709	19.04.94	-92,1	-12,90	11,1
709	24.05.94	-92,2	-12,90	11,0
709	21.06.94	-92,7	-12,88	10,4
722	13.08.91	-86,0	-12,06	10,5
722	07.11.91	-87,4	-12,20	10,2
722	30.01.92	-86,7	-12,15	10,5
722	12.05.92	-91,5	-12,78	10,7
722	11.08.92	-89,9	-12,53	10,4
723	30.01.92	-86,6	-12,14	10,5

Quelle	Datum	^2H [‰]	^{18}O [‰]	Exzeß [‰]
724	13.08.91	-87,5	-12,41	11,8
724	12.11.91	-89,4	-12,57	11,1
724	30.01.92	-90,2	-12,54	10,1
724	16.03.92	-89,9	-12,63	11,1
724	12.05.92	-92,3	-12,87	10,7
724	11.08.92	-90,2	-12,69	11,3
724	27.11.92	-90,3	-12,50	9,7
724	04.03.93	-90,9	-12,72	10,9
724	06.04.93	-93,7	-12,99	10,2
724	06.05.93	-95,9	-13,28	10,3
724	03.06.93	-95,6	-13,27	10,6
724	08.07.93	-92,3	-12,77	9,9
724	09.09.93	-84,8	-11,88	10,2
724	07.10.93	-87,6	-12,30	10,8
724	11.11.93	-88,8	-12,33	9,9
724	22.12.93	-90,0	-12,47	9,8
724	12.01.94	-88,0	-12,45	11,6
724	22.02.94	-90,5	-12,51	9,6
724	22.03.94	-88,5	-12,41	10,7
724	19.04.94	-95,3	-13,19	10,3
724	24.05.94	-92,7	-13,02	11,5
724	21.06.94	-91,6	-12,74	10,4

A.4 Abfluß, Quellwassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert aus dem monatlichen Meßprogramm (März 1993 bis Juni 1994)

Quelle	Datum	Abfluß [l/s]	Temp [°C]	Leitf. [µS/cm]	pH-Wert
110	Mär-93	245	5,1	158,4	
110	Apr-93	111	5,2	253,8	
110	Mai-93	108,7	5,9	213,9	
110	Jun-93	117,9	5,8	185,4	
110	Jul-93	167,8	6,3	186	
110	Aug-93	178	6,2	180,1	
110	Sep-93	167	6,4	189	
110	Okt-93	76,9	6,2	180,3	8,1
110	Nov-93	110,9	5,9	174,5	8,1
110	Dez-93	145	5,5	179,4	8,1
110	Jan-94	96,2	5,5	230	7,9
110	Feb-94	77,4	5,3	242	8,1
110	Mär-94	118,3	6	228	8,1
110	Apr-94	116,8	6,1	219	8,1
110	Mai-94	120	5,4	184	8,2
110	Jun-94	142,2	5,6	179	8,1
112	Mär-93	174	4,5	109,8	
112	Apr-93	303		159,6	
112	Mai-93	1075	4,5	146,4	
112	Jun-93	830	4,1	135,5	
112	Jul-93	1280	6,3	144,4	
112	Aug-93	728	4,1	139,2	
112	Sep-93	1024	5,4	167,5	
112	Okt-93	600	5,4	166,5	8,1
112	Nov-93	546	5,5	162,7	8,1
112	Dez-93	1063,3	5,3	167	8,1
112	Jan-94	265,1	5,2	167	7,9
112	Feb-94	164,5	5,2	172	8,1
112	Mär-94	546	5,2	169	8,2
112	Apr-94	504,1	5	159	8,1
112	Mai-94	3000	4,5	126	8,2
112	Jun-94	1222	4,6	138	8,3
115	Mär-93	22	3,9	180,9	
115	Apr-93	42	4,8	259,2	
115	Mai-93	175	5,1	195,1	
115	Jun-93	130	6,1	209	
115	Jul-93	275	6	225,1	
115	Aug-93	94	6,1	261,2	

Quelle	Datum	Abfluß [l/s]	Temp [°C]	Leitf. [µS/cm]	pH-Wert
115	Sep-93	86	6,1	229	
115	Okt-93	48,3	6,7	247,8	8,4
115	Nov-93	30,3	6	252	8,4
115	Dez-93	186,5	5,6	202	8,3
115	Jan-94	63,8	5,6	238	8,2
115	Feb-94	80	5,1	258	8,4
115	Mär-94	134	5,8	212	8,4
115	Apr-94	130,3	5,7	210	8,3
115	Mai-94	400	5,6	188	8,3
115	Jun-94	92,8	6,2	226	8,3
120	Mär-93	37,5	4,6	111,2	
120	Apr-93	65,1	4,9	122,3	
120	Mai-93	115	4,5	151,4	
120	Jun-93	73,2	4,1	137,7	
120	Jul-93	89	4,4	151,7	
120	Aug-93	95	5,1	136,5	
120	Sep-93	30	5,4	180,7	
120	Okt-93	37,5	5,4	155	8,1
120	Nov-93	60	5,4	161,7	8,1
120	Dez-93	80	5,3	170	8,1
120	Jan-94	50	5,2	168	7,9
120	Feb-94	2,5	4,9	172	8,1
120	Mär-94	40	5,2	170	8,2
120	Apr-94	45	5,2	162	8,1
120	Mai-94	100	4,7	134	8,2
120	Jun-94	40	4,7	147	8,2
201	Mär-93				
201	Apr-93	106,1	4,9	181	
201	Mai-93	2880	3,9	141	
201	Jun-93	10400	4,2	123,8	
201	Jul-93	9700	4,1	113	
201	Aug-93	3877	4	112,3	
201	Sep-93	1428	4,4	144	
201	Okt-93	1900	4,5	153,7	
201	Nov-93	600	4,7	160	8,2
201	Dez-93				
201	Jan-94				
201	Feb-94	40	4,8	168	

Quelle	Datum	Abfluß [l/s]	Temp [°C]	Leitf. [µS/cm]	pH-Wert
201	Mär-94	905	4,7	161	8,2
201	Apr-94	731,8	4,6	155	8,3
201	Mai-94	12000	3,8	118	8,3
201	Jun-94	6000	3,6	114	8,4
203	Mär-93	21,5	4,5	109,8	
203	Apr-93	33	4,2	154,7	
203	Mai-93	17,3	4,4	138	
203	Jun-93	24	4,4	113,3	
203	Jul-93	20,7	4,6	122,4	
203	Aug-93	21,5	4,3	101,6	
203	Sep-93	21,5	4,6	148	
203	Okt-93	20,5	4,4	133	8,1
203	Nov-93	16,1	4,5	160	8,2
203	Dez-93				
203	Jan-94				
203	Feb-94	14,5	4,8	168	
203	Mär-94	15,5	4,7	165	8,2
203	Apr-94	15,5	4,6	158	8,2
203	Mai-94	32,5	4,2	125	8,2
203	Jun-94	15,5	3,9	116	8
206	Mär-93	0			
206	Apr-93	80	5,5	157,5	
206	Mai-93	580	5,3	133	
206	Jun-93	650	5,4	117,7	
206	Jul-93	1000	5,7	153,8	
206	Aug-93	300	5,3	165,4	
206	Sep-93	800	5,8	165	
206	Okt-93	150	5,8	174	8,2
206	Nov-93	150	5,9	183,5	8,4
206	Dez-93	600	5,6	147	8,2
206	Jan-94	20	6,4	197	8,2
206	Feb-94	0			
206	Mär-94	350	6,3	182	8,2
206	Apr-94	500	5,7	154	8,2
206	Mai-94	5500	5,1	118	8,3
206	Jun-94	300	5,2	143	8,3
303	Mär-93	6	4,2	144,6	
303	Apr-93	71,1	5,3	198,6	
303	Mai-93	380	5,4	155	
303	Jun-93	395	5,3	148,4	
303	Jul-93	510	5,7	179,9	

Quelle	Datum	Abfluß [l/s]	Temp [°C]	Leitf. [µS/cm]	pH-Wert
303	Aug-93	504	5,8	190,5	
303	Sep-93	368	5,8	186,3	
303	Okt-93	116	6,1	192,6	
303	Nov-93	83,7	6	189,2	8,2
303	Dez-93	1426,2	5,5	164	8,1
303	Jan-94	49,2	6,1	9	8,3
303	Feb-94	3	6	200	8,1
303	Mär-94	201,9	5,8	184	8,2
303	Apr-94	404,4	5,5	175	8,2
303	Mai-94	2145,3	5	129	8,1
303	Jun-94	443,7	5,3	161	8,2
507	Mär-93	120			
507	Apr-93	121,5		251	
507	Mai-93	185	6,8	233,4	
507	Jun-93	110	6,7	232,5	
507	Jul-93	108,2	7	239,6	
507	Aug-93	84,4	7	238,9	
507	Sep-93	79,3	7	241,5	
507	Okt-93	126,3	6,9	248,2	8
507	Nov-93	82,1	6,7	260	7,9
507	Dez-93	71,7	6,7	247	8,1
507	Jan-94	42,7	6,7	248	7,6
507	Feb-94	41,6	6,7	247	7,6
507	Mär-94	155,7	6,4	280	7,9
507	Apr-94	155	6,6	272	
507	Mai-94	200	6,8	256	8,1
507	Jun-94	86,5	6,5	252	8,1
512	Mär-93	25			
512	Apr-93	22			
512	Mai-93	46	6,7	309,2	
512	Jun-93	14	7,3	307,2	
512	Jul-93	19	7,9	358	
512	Aug-93	11,5	7,3	313,2	
512	Sep-93	27,7	7,4	314,2	
512	Okt-93	11,3	7,4	320,5	7,8
512	Nov-93	18,7	7,4	327	7,9
512	Dez-93	17,4	7,3	327	7,8
512	Jan-94	20	7,2	327	7,6
512	Feb-94	14,6	7,2	327	7,6
512	Mär-94	19,8	7,2	334	7,6
512	Apr-94	30,9	7,2	325	7,8

Quelle	Datum	Abfluß [l/s]	Temp [°C]	Leitf. [µS/cm]	pH- Wert
512	Mai-94	21,7	7	314	7,8
512	Jun-94	25,5	7	317	7,8
605	Mär-93	4,3			
605	Apr-93	7,5			
605	Mai-93	12,4	4,5	263	
605	Jun-93	12,6	5,1	243	
605	Jul-93	10,7	5,2	236	
605	Aug-93	8,9	5,8	255	
605	Sep-93	7,2	5,4	246	
605	Okt-93	6,9	5,4	256	8,1
605	Nov-93	6,1	5,4	261	8,2
605	Dez-93	6			
605	Jan-94	5,8	5,2	268	8
605	Feb-94	4,3	5,1	272	8,2
605	Mär-94	5,8	5,3	266	8,1
605	Apr-94	8,5	5,3	263	7,9
605	Mai-94	10,8	5	244	8
605	Jun-94	12,4	5,1	226	8
709	Mär-93	32,5			
709	Apr-93	31	4,9	457	
709	Mai-93	76	5,1	460,5	
709	Jun-93	45	5,1	440	
709	Jul-93	41,3	5,9	447,6	
709	Aug-93	36,6	5,2	442	
709	Sep-93	41,3	4,9	443	

Quelle	Datum	Abfluß [l/s]	Temp [°C]	Leitf. [µS/cm]	pH- Wert
709	Okt-93	50,7	5,6	448,6	7,9
709	Nov-93	39,6	5,5	440	7,9
709	Dez-93	35,6	5,6	441	7,9
709	Jan-94	33,9	5,5	444	7,2
709	Feb-94	33,3	4,5	446	7,8
709	Mär-94	23,6	5,5	443	7,9
709	Apr-94	36,8	5,6	442	7,9
709	Mai-94	51,2	5,6	451	7,9
709	Jun-94	25,3	5,3	448	7,9
724	Mär-93	120			
724	Apr-93	55	3,6	312,6	
724	Mai-93	90	3,5	252,5	
724	Jun-93	96	4,2	244,9	
724	Jul-93	91,9	4,9	261,7	
724	Aug-93	91,8	5,1	274,8	
724	Sep-93	88	5,6	273,6	
724	Okt-93	61,9	5,4	283	8
724	Nov-93	42,1	5	281	8
724	Dez-93	39	4,2	292	8,1
724	Jan-94	27,6	4,2	300	7,2
724	Feb-94	20,3	4,1	311	8
724	Mär-94	75,4	4,1	280	8
724	Apr-94	87,3	4,1	258	8,1
724	Mai-94	104,1	3,9	232	8,1
724	Jun-94	91,4	4,2	239	8,1