

**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 KRÁLIK

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“ (HERLICSKA & 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 – Gröbming and Filzmoos – Ramsau areas have the lowest parameter concentrations although the potential for contamination was found in a few places.