

Karstwasser Dachstein

GERHARD SCHUBERT (1)

Einleitung

Das Dachsteingebirge ist mit einer Ausdehnung von etwa 400 km² eines der größten geschlossenen Karstareale Österreichs. Seine höchste Erhebung bildet der Hohe Dachstein mit einer Seehöhe von 2.995 m ü. A., das tiefst gelegene Gelände befindet sich mit etwa 508 m ü. A. am Ufer des Hallstätter Sees (vgl. Österreichische Karte 1:50.000 des BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesens).

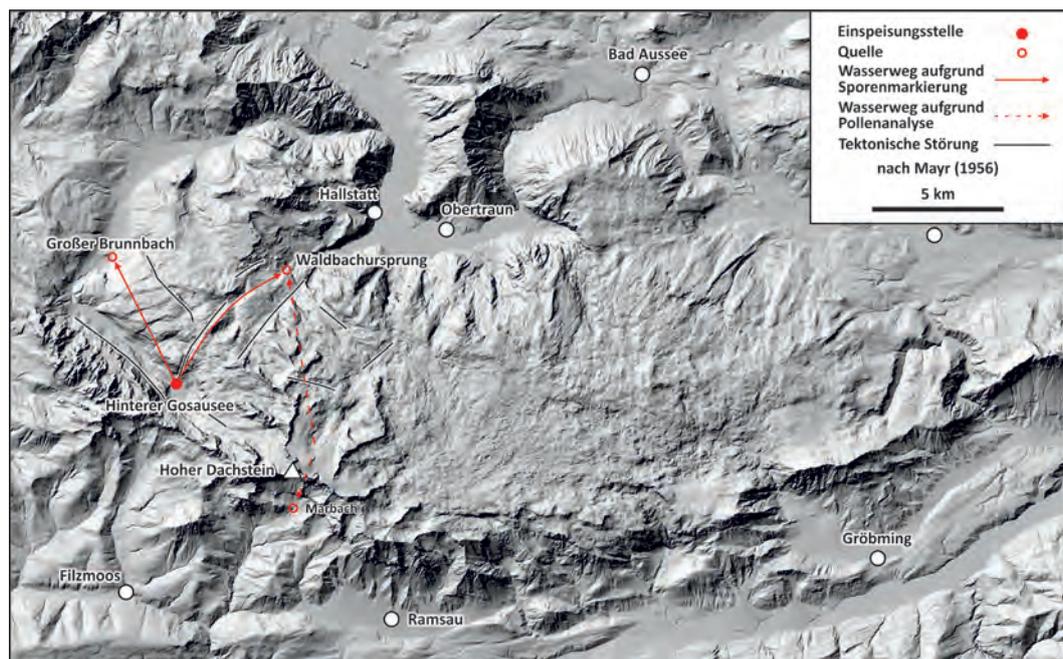
Im Dachsteinmassiv zeugen u.a. zahlreiche Höhlen mit einer Gesamtlänge von etwa 200 km von einer intensiven Verkarstung (HENNE et al., 1994). Das Gebiet zeichnet sich auch durch ein ergiebige Wasserdargebot aus, das in den großen Niederschlagshöhen begründet ist – im langjährigen Durchschnitt beträgt die Jahresniederschlagshöhe beispielsweise an der Messstelle Lahn-Hallstatt (510 m ü. A.) 1.725 mm und oben am Krippenstein (2.050 m ü. A.) 1.919 mm (BMLFUW, 2012). Dieses ist jedoch ungleichmäßig verteilt: Auf den Hochflächen des Dachsteingebirges herrscht aufgrund der intensiven Verkarstung Wassermangel, während vor allem im Norden des Gebirges große Karstquellen zum Austritt kommen.

Bereits in den frühen 1950er Jahren wurde damit begonnen, den unterirdischen Abfluss des Dachsteingebietes intensiv zu untersuchen. Anfangs wurden Markierungsversuche mit Lycopodium-Sporen durchgeführt (MAYR, 1956; ZÖTL, 1974). Diesen folgten später Markierungsversuche mit Fluoreszenzfarbstoffen (BAUER & VÖLKL, 1989; HERLICKSKA & HOBIGER, 1991). In den 1990er Jahren wurden auch die Lösungsinhalte und Isotope der Quellwässer näher untersucht, nämlich im Rahmen des „Pilotprojektes ‚Karstwasser Dachstein‘“ (HERLICKSKA et al., 1994; SCHEIDLEDER et al., 2001). In diesem Zusammenhang entstand auch die „Geologische Karte der Dachsteinregion“ 1:50.000 mit 17 geologischen Schnitten im gleichen Maßstab (MANDL, 1998). Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Arbeiten in ihren Grundzügen dargestellt und hinsichtlich der unterirdischen Abflussverhältnisse zusammenfassend interpretiert.

Sporentriftversuche 1953 bis 1960

Am Beginn der Markierungsversuche mit Sporen stand die Analyse der natürlichen Pollenfracht in den Quellwässern durch MAYR (1956). Dieser kam

Abb. 1. Ergebnis der Pollenanalytik im Wasser des Waldbachsprungs (und des Marbachs) sowie der Sporenmarkierung in der Schwinde am Hinteren Gosausee nach MAYR (1956). Hintergrund: „Digitales 10m-Geländemodell aus Airborne Laserscan Daten“ von Geoland.at lizenziert unter CC BY 3.0.



(1) Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien. gerhard.schubert@geologie.ac.at

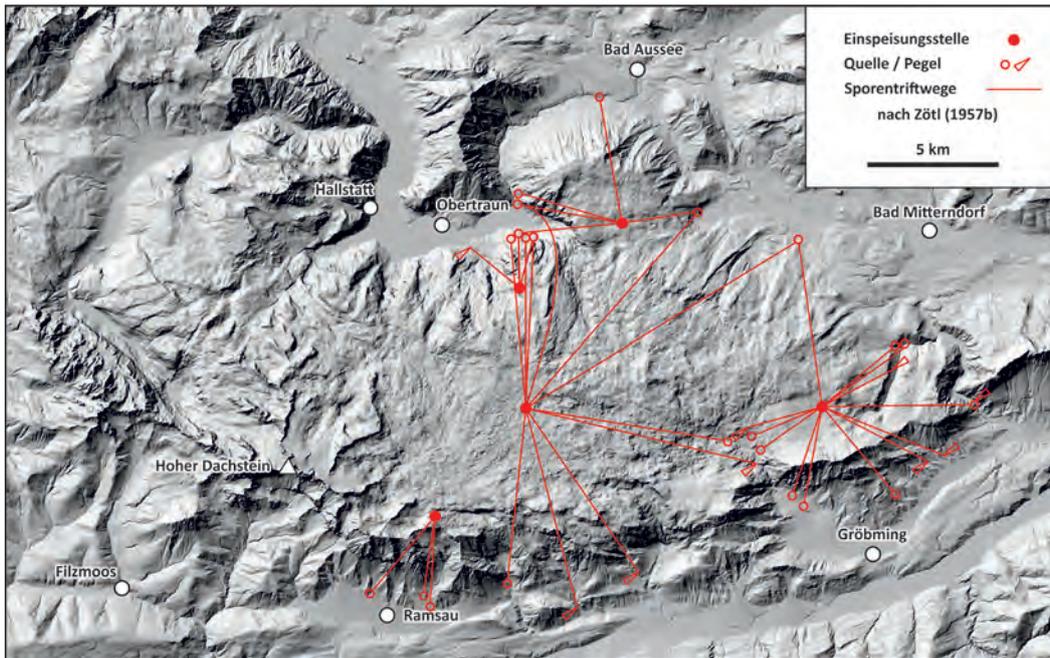


Abb. 2. Ergebnis des kombinierten Sporendriftversuchs 1956 nach ZÖTL (1957b). Hintergrund: „Digitales 10m - Geländemodell aus Airborne Laserscan Daten“ von Geoland.at lizenziert unter CC BY 3.0.

aufgrund des Vergleichs der Pollenfracht im Waldbachursprung, der größten Quelle des Dachsteinmassivs, mit dem Pießling-Ursprung, einer Karstriesenquelle im Norden des Warschenecks, zum Schluss, dass das Wasser des Waldbachursprungs von Gletschern gespeist werden muss. Während im Pießling-Ursprung, der in seinem Einzugsgebiet keine Gletscher aufweist, die Pollenfracht jeweils der Jahreszeit entsprach, wies der Waldbachursprung über das ganze Jahr hinweg ein gemischtes Pollenspektrum auf. Dies führte MAYR (1956) auf den Schmelzwasseranteil aus Gletschereis zurück, das über einen längeren Zeitraum hinweg Pollen zu speichern vermag (Abb. 1).

Durch dieses Ergebnis ermutigt, führte er im Jahr 1953 (MAYR, 1956) im Westen des Dachsteingebirges einen Markierungsversuch mit künstlich eingebrachten Sporen durch. Er verwendete dabei acht Kilogramm Sporen einer im Dachsteingebiet nicht heimischen Lycopodium-Art. Diese wurden in einer Schwinde am Hinteren Gosausee eingebracht, wobei in der Folge der Große Brunnbach sowie der Waldbachursprung auf Sporen beprobt wurden. Bei diesem Markierungsversuch traten die Sporen im Waldbachursprung bereits nach 165 Stunden und im Großen Brunnbach nach 190 Stunden auf (Abb. 1). Damit konnte der Nachweis erbracht werden, dass das Einzugsgebiet des Waldbachursprungs weit nach Westen ausgreift, was MAYR (1956) auf das stark verkarstete, SSW–NNE verlaufende Störungssystem östlich des Hinteren Gosausees zurückführt (Abb. 1).

Die von MAYR (1956) ermittelten Durchgangszeiten sind deutlich länger als die in Abbildung 6 wiedergegebenen. Bei den in Abbildung 6 abgebildeten Zahlen handelt es sich um die bei späteren Markierungsversuchen gemessenen, kürzesten Durchgangszeiten. Die Geschwindigkeit des unterirdischen Abflusses kann je nach hydrologischer Situation variieren. Lokal kann sich sogar die Fließrichtung ändern, wie folgende Beobachtung von MAYR (1956) zeigt: Er führt in seinem Bericht an, dass die später für die Einspeisung genutzte Kluft am Hinteren Gosausee, die bei niederem Seewasserstand als Schinde fungiert, im Frühjahr 1953 aufgrund des starken Schmelzwasserandranges als Wasserspeicher aktiv war.

1956 wurde von ZÖTL (1957a, b) im Osten des Dachsteingebietes ein Sporendriftversuch durchgeführt, bei dem zu unterschiedlichen Zeiten fünf Einspeisungsstellen mit Lycopodium-Sporen besetzt wurden. Die Einspeisungsstellen befanden sich bei der Dachstein-Rieseneishöhle, auf der Herrenalm, im Landfriedtal, auf der Maisenberg Alm und am Miesboden (vgl. Abb. 2). Bei diesem Sporendriftversuch wurden an vier Einspeisungsstellen gefärbte Sporen und bei einer ungefärbte Sporen verwendet, um in den Quellen die Herkunft der Sporen unterscheiden zu können. DECHANT (1967) entwickelte für diesen Zweck eine geeignete Färbemethode. Die Interpretation des Markierungsergebnisses durch ZÖTL (1957b) ist in Abbildung 2 wiedergegeben.

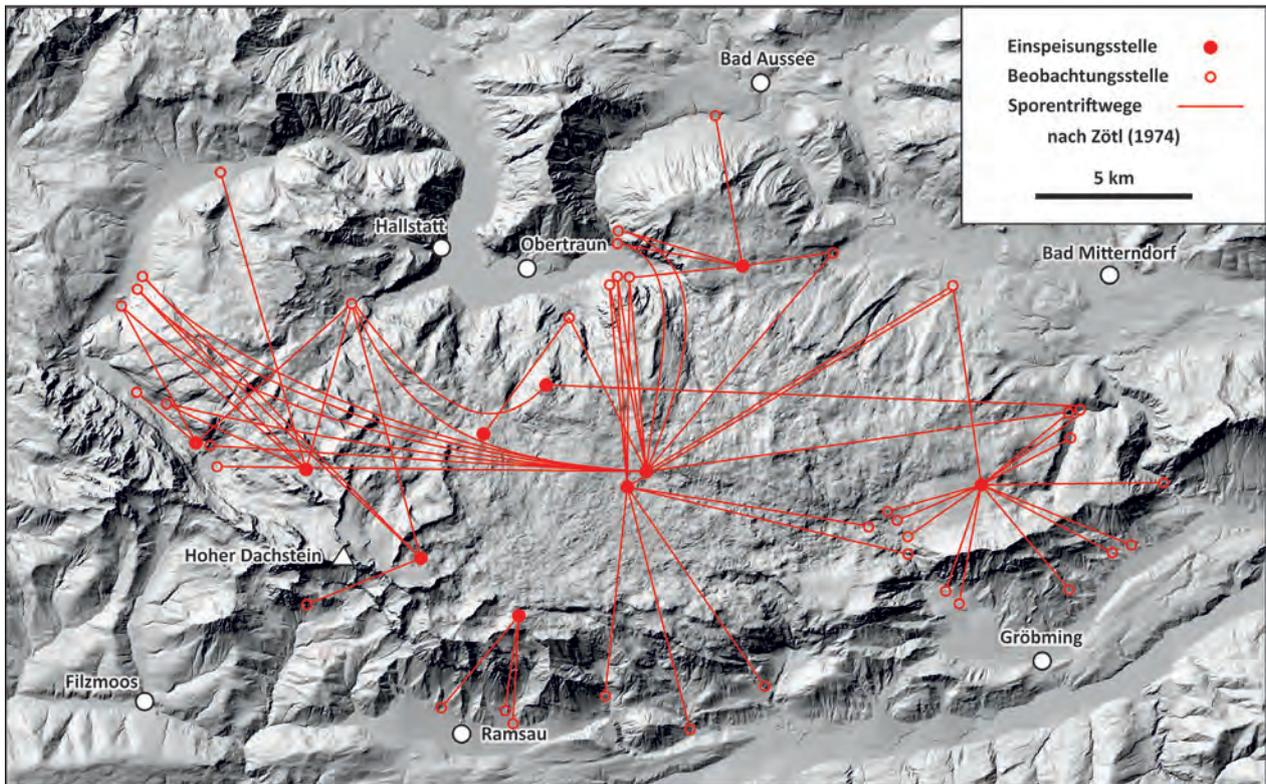


Abb. 3. Interpretation der Sporentriftversuche im Dachsteingebiet nach BAUER et al. (1958) bzw. ZÖTL (1974); die Autoren nahmen damals an, dass das verkarstete Dachsteingebirge unterirdisch radialstrahlig nach allen Richtungen entwässert. Hintergrund: „Digitales 10m - Geländemodell aus Airborne Laserscan Daten“ von Geoland.at lizenziert unter CC BY 3.0.

1957 wurde von BAUER (1958) im Bereich des Oberfeldes ein Sporentriftversuch mit gefärbten Sporen durchgeführt. 1958 folgte ein großräumiger kombinierter Sporentriftversuch mit unterschiedlich gefärbten Sporen im zentralen Teil des Dachsteingebietes. Dabei wurden gleichzeitig gefärbte Sporen im Bereich des Schladminger Gletschers, des Schneelochgletschers, des Wurzerkars und des Krippensteins sowie bei der

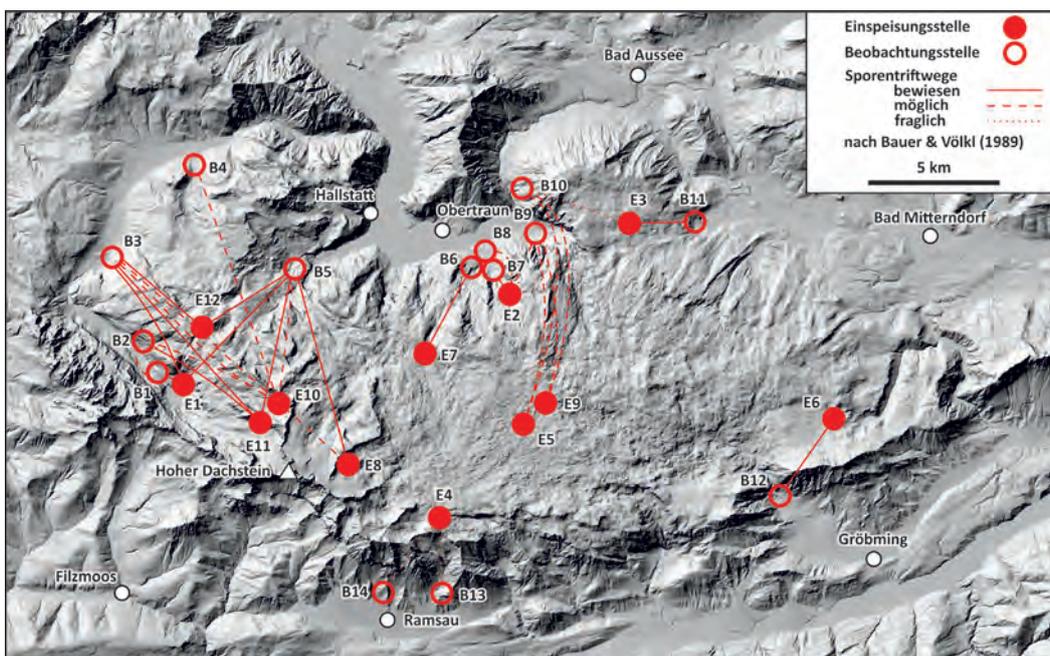


Abb. 4. Revidiertes Ergebnis der Sporentriftversuche im Dachsteingebiet nach BAUER & VÖLKL (1989); die nachgewiesene Fließrichtung des Karstwassers ist demnach hauptsächlich nordgerichtet. Hintergrund: „Digitales 10m - Geländemodell aus Airborne Laserscan Daten“ von Geoland.at lizenziert unter CC BY 3.0.

Schönbergalm ungefärbte Sporen versickert. Das Ergebnis dieses Versuches schien nach BAUER & VÖLKL (1989: 7) die schon beim Großmarkierungsversuch des Jahres 1956 sich abzeichnende radialstrahlige Entwässerung des Dachsteingebirges zu bestätigen (vgl. Abb. 3).

1960 wurde des Weiteren vom Speläologischen Institut ein Markierungsversuch mit unterschiedlich gefärbten Sporen an einer Schmelzwasserschwinde am Großen Gosaugletscher und an einer Schwinde bei der Angeralm durchgeführt, dessen Ergebnis ebenfalls in das Bild einer radialstrahligen Entwässerung passte (BAUER & VÖLKL, 1989: 7).

BAUER & VÖLKL (1989) gingen von dieser Interpretation ab. Aufgrund möglicher Fehler bei der Ansprache der Sporen und vor allem aufgrund möglicher Kontaminationen erachteten sie im Prinzip nur dann einen Tracerdurchgang als nachgewiesen, wenn in einer Quelle mehrmals hintereinander die gleichen Sporen auftraten.

Insbesondere wiesen sie darauf hin, dass bei der Interpretation die beim jeweiligen Tracerversuch herrschenden Rahmenbedingungen zu berücksichtigen sind. Nach Durchsicht der Rohdaten der Sporenriftversuche kommen sie zum Schluss, dass diese im Dachsteingebiet vor allem nur Verbindungen nach Norden nachweisen, was im Gegensatz zur bisherigen Auffassung stand (vgl. Abb. 3 und 4). Dieses neue Ergebnis wurde durch die Markierungen mit Fluoreszenzfarbstoffen bestätigt (Abb. 5).

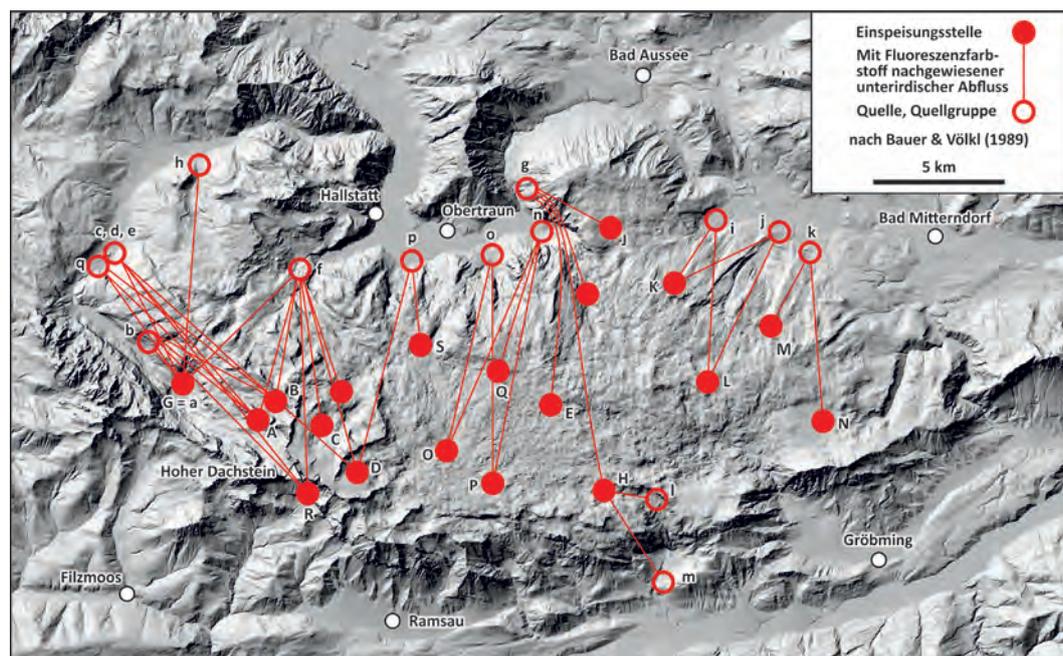
Markierungsversuche mit Fluoreszenzfarbstoffen

In den Jahren 1984 bis 1986 wurden im Dachsteingebiet an insgesamt 19 Einspeisestellen Fluoreszenztracer in den Untergrund eingebracht. Dies erfolgte durchwegs an Schwinden bzw. Schlucklöchern. Dabei wurde auf die Vermeidung von Kontaminationen besonders geachtet (BAUER & VÖLKL, 1989). Untersucht wurden Wasserproben und Aktivkohlesäckchen. Das Ergebnis dieser Markierungsversuche ist in Abbildung 5 zu sehen. Es zeichnete sich ein rascher, vorwiegend nordgerichteter unterirdischer Abfluss ab; zumeist war der Farbstoff innerhalb weniger Tage im Quellwasser nachzuweisen.

1990 wurden – als Fortführung der bisherigen Markierungsversuche mit Fluoreszenzfarbstoffen – im Westen des Dachsteingebietes zwei weitere Markierungsversuche mit Fluoreszenzfarbstoffen durchgeführt (HERLICKSKA & HOBIGER, 1991). Ziel der Untersuchungen war es, die unterirdische Wasserscheide zwischen den Brunnbächen im Gosautal und dem Waldbach im Echerntal bei Hallstatt bei unterschiedlichen hydrologischen Verhältnissen zu erfassen – nämlich in Hinblick auf eine geplante Schongebietsverordnung.

An jeweils vier Stellen (Seekarwand, Beim Kreuz, Radltal und Steirerloch) wurden nördlich bzw. nordöstlich des Hinteren Gosausees bei Hoch- und bei Niederwasser Fluoreszenzfarbstoffe eingespeist. Im besagten Untersuchungsgebiet konn-

Abb. 5. Ergebnis der Markierungsversuche mit Fluoreszenzfarbstoffen nach BAUER & VÖLKL (1989). Hintergrund: „Digitales 10m - Geländemodell aus Airborne Laserscan Daten“ von Geoland.at lizenziert unter CC BY 3.0.



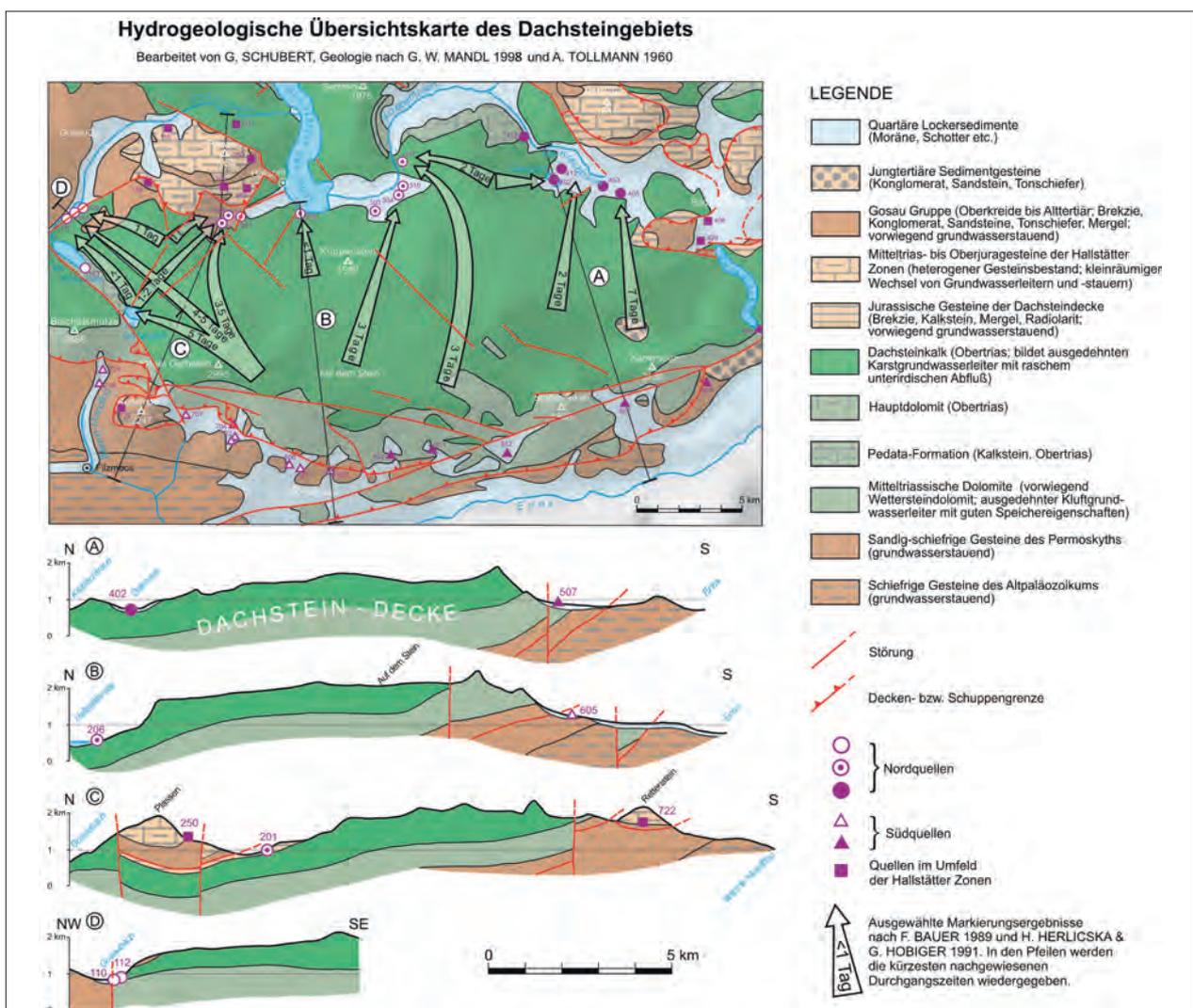
te aufgezeigt werden, dass sich die Einzugsgebiete der Wasserversorgungsanlage (WVA) von Gosau (Quellbezirk Brunnbäche) und der WVA von Hallstatt (Quellbezirk Waldbachursprung) überschneiden und sich dabei je nach Witterungslage ändern. Die Publikation von HERLICKA & HOBIGER (1991) enthält übrigens umfangreiche Detailergebnisse dazu, u.a. Durchgangskurven und statistische Auswertungen zu den Messreihen. Gerhard Völkl war

an der Vorbereitung dieser Markierungsversuche und an der Interpretation maßgeblich beteiligt, wie aus HERLICKA & HOBIGER (1991) hervorgeht.

Ergebnisse des „Pilotprojektes ‚Karstwasser Dachstein‘“

Das „Pilotprojekt ‚Karstwasser Dachstein‘“ (HERLICKA et al., 1994; SCHEIDLEDER et al., 2001) hatte zum Ziel, die Qualität des Karstwassers im Dachsteingebiet zu untersuchen und die maßgeblichen Einflussfaktoren zu erfassen. Es sollten auch Erkenntnisse in Hinblick auf den weiteren Ausbau des staatlichen Gewässermessnetzes (heute Gewässerzustandsüberwachungsverordnung, GZÜV) und für den Karstwasserschutz gewonnen werden. Unter anderem wurden im Zeitraum August 1991 bis August 1992 an mehr als 40 Quellen jeweils fünf hydrochemische Proben sowie Proben auf Deuterium und Sauerstoff-18 untersucht, wobei die hydrochemischen Messwerte in HERLICKA et al. (1994) und die Isotopendaten in

Abb. 6. Hydrogeologische Übersichtskarte zum Dachsteingebiet mit Lage der im „Pilotprojekt ‚Karstwasser Dachstein‘“ untersuchten Quellen und ausgewählten Ergebnissen der früheren Markierungsversuche. In einigen Bereichen liegen Ergebnisse mehrerer Markierungsversuche vor. Die in den Pfeilen angegebene Durchgangszeit ist die jeweils kürzeste, die gemessen wurde. Der wichtigste Aquifer im Dachsteingebiet ist der stark verkarstete Dachsteinkalk, der generell nach Norden einfällt und den starken unterirdischen Karstwasserabfluss zu den großen Karstquellen im Norden verursacht.



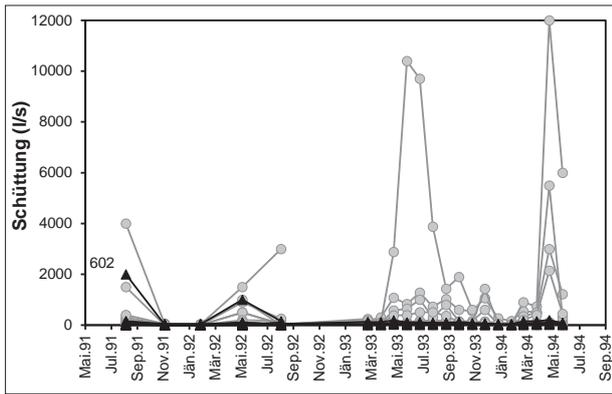


Abb. 7. Schüttungsganglinien der Karstquellen im Dachsteingebiet. In Grau gehalten sind die großen Karstquellen im Norden, in Schwarz die dolomitbetonten Quellen im Süden. Unter letzteren stellt die Quelle 602 aufgrund der größeren Schüttungsschwankung eine Ausnahme dar. Quellen der Hallstätter Zonen kommen – wie in den folgenden Diagrammen – nicht zur Darstellung.

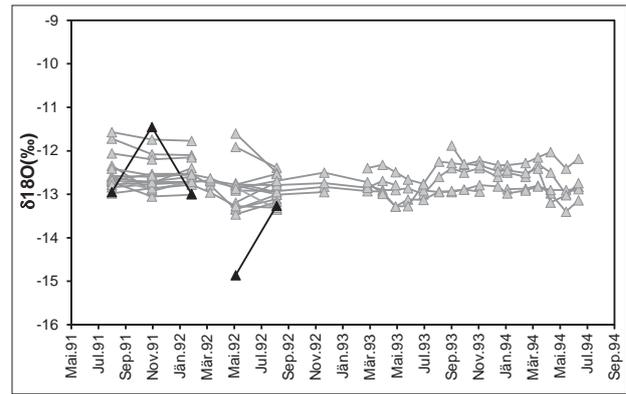


Abb. 9. Sauerstoff-18-Ganglinien der dolomitbetonten Quellen im Süden des Dachsteingebietes; die schwarz eingefärbte Quelle 602 stellt aufgrund der starken Schwankungen eine Ausnahme dar (Abb. 7).

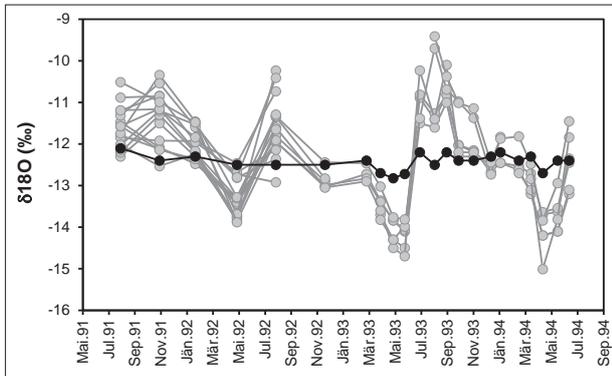


Abb. 8. Sauerstoff-18-Ganglinien der großen Karstquellen im Norden des Dachsteingebietes; die schwarz eingefärbte Quelle 110 stellt aufgrund des ausgeglichenen Verlaufs eine Ausnahme dar (vgl. Tab. 1). Wie ihr Chemismus aufzeigt (Abb. 10), besitzt sie ein dolomitreicheres Einzugsgebiet als die anderen Nordquellen. Vermutlich ist es der Wettersteindolomit im Liegenden des Dachsteinkalkes, der auch das bessere Speicherverhalten bedingt.

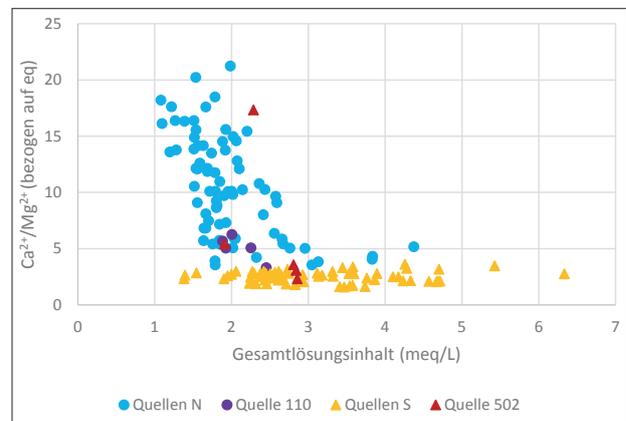


Abb. 10. $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis der großen Karstquellen im Norden (Quellen N und Quelle 110) sowie der dolomitbetonten Quellen im Süden (Quellen S und Quelle 502). Die Quellen im Norden haben zumeist ein relativ hohes $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -Verhältnis, was mit dem kalkbetonten Einzugsgebiet (Dachsteinkalk) zusammenhängt. Nur die Quelle 110 weist – verglichen mit den anderen Nordquellen – stets einen relativ geringen Wert auf. Ihr Lösungsinhalt wird offensichtlich durch den Wettersteindolomit im Liegenden des Dachsteinkalkes stärker beeinflusst. Bei den Quellen im Süden stellt die Quelle 502 zeitweise eine Ausnahme dar (vgl. Abb. 6).

SCHEIDLER et al. (2001) wiedergegeben werden. Bei ausgewählten Quellen wurde auch Tritium bestimmt sowie Deuterium und Sauerstoff-18 häufiger beprobt. In SCHEIDLER et al. (2001) werden zudem auch zum Niederschlag Sauerstoff-18-Werte wiedergegeben.

Im „Pilotprojekt ‚Karstwasser Dachstein‘“ war auch die Geologische Bundesanstalt (GBA) eingebunden, nämlich in Hinblick auf die Erstellung einer geologischen Karte zum Dachsteingebiet (MANDL, 1998, 2001b) und die hydrogeologische Interpretation der Messergebnisse (BOROVICZENY,

2001; MANDL, 2001a; SCHUBERT, 2001). TRIMBORN et al. (2001) interpretierten die Isotopendaten im Hinblick auf die Verweilzeit. Basierend auf einer Modellierung des Speicherdurchflusses zeigten sie auf, dass die typischen Quellen im Norden des Dachsteins deutlich geringere mittlere Verweilzeiten aufweisen als die im Süden (vgl. Tab. 1).

Wenn man von jenen Quellen absieht, die im Bereich von Hallstätter Schollen entspringen –

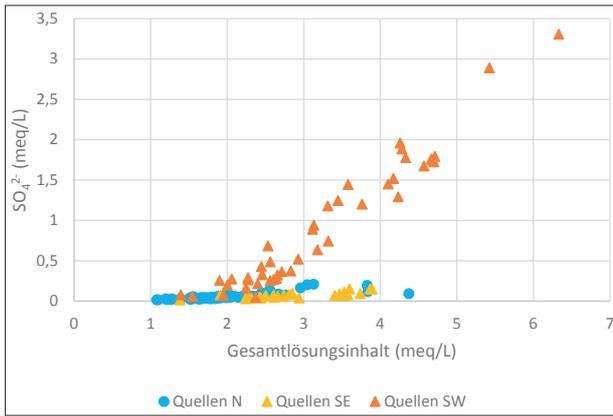


Abb. 11. Sulfatgehalt der großen Karstquellen im Norden (Quellen N) und der dolomitbetonten Quellwässer im Süden des Dachsteingebirges. Unter den Quellen im Süden kommen Nr. 605 bis 724 (Quellen SW) aufgrund des vielfach hohen Sulfatgehaltes offenbar mit Gips der Werfener Schichten in Kontakt, die weiter östlich gelegenen Quellen 502 bis 602 (Quellen SE) weisen hingegen stets einen geringen Wert auf (vgl. Abb. 6).

diese sind im Unterschied zum großen Rest des Dachsteinmassivs zumeist durch einen wechselhafteren geologischen Bau und kleinräumigere Verhältnisse gekennzeichnet – so kann man die Quellen des Dachsteingebietes aus hydrogeologischer Sicht in zwei Gruppen gliedern: Nämlich in die tief gelegenen, großen Karstquellen im Norden und die zahlreicheren kleinen Quellen mit vorwiegend dolomitischem Einzugsgebiet im Süden (Abb. 6).

Die großen Karstquellen im Norden weisen für Karstquellen typische, große Schüttungsschwankungen auf und erreichen besonders hohe Maximalschüttungen (Abb. 7). Ihr Aquifer ist der stark verkarstete Dachsteinkalk, der generell nach Norden einfällt und so den unterirdischen Abfluss in diese Richtung lenkt. Die Quellen im Süden hingegen entspringen vielfach über den stauenden Werfener Schichten bzw. den Schiefern der Grauwackenzone. Ihr Einzugsgebiet ist wesentlich kleiner und besteht vorwiegend aus mitteltriasischem Dolomit und Dolomitschutt (hauptsächlich Wettersteindolomit). Im Unterschied zu den Karstquellen im Norden weisen sie zumeist geringe Schüttungsschwankungen auf, ihre Gesamtschüttung ist aber in der Regel vergleichsweise bescheiden (Abb. 7).

Die unterschiedliche Schüttungsdynamik der Nord- und der Südquellen äußert sich auch in ihrem Isotopengehalt. Während die Nordquellen

Quelle	jüngere Komponente		ältere Komponente	
	Anteil (%)	mittlere Verweilzeit	Anteil (%)	mittlere Verweilzeit
110	7	0,4	93	6
201	38	≤ 0,1	62	3
203	35	≤ 0,1	65	3
507	14	0,3	86	6
512	9	0,3	91	3
605	6	0,4	94	6

Tab. 1. Verweilzeiten ausgewählter Nord- (Quellen 110, 201 und 203) und Südquellen (507, 512 und 605) nach TRIMBORN et al. (2001); die Nordquellen haben – wenn man von Quelle 110 absieht – eine geringere Verweilzeit als die Südquellen.

beim Sauerstoff-18 großen Schwankungen unterliegen (Abb. 8), ist die Ganglinie bei den Südquellen zumeist ausgeglichen (Abb. 9). TRIMBORN et al. (2001) errechneten für ausgewählte Karstquellen im Norden deutlich geringere Verweilzeiten als für jene im Süden (Tab. 1).

Die beiden genannten Quellgruppen haben auch in Bezug auf ihren Lösungsinhalt ihre jeweiligen Eigenheiten. Abbildung 10 zeigt das Ca²⁺/Mg²⁺-Verhältnis dieser Quellen. Während dieses bei den Karstquellen im Norden (wenn man von Quelle 110 absieht) stets über 3,5 zu liegen kommt, ist dieses bei den Quellen im Süden in der Regel niedriger. Innerhalb der Quellwässer des Südens lassen sich diejenigen, die mit Gipsen der Werfener Schichten in Kontakt treten, hydrochemisch von jenen unterscheiden, die dies nicht tun (Abb. 11).

Literatur

- BAUER, F. (1958): Quellwassergefährdung in Karstgebieten (Untersuchungsergebnisse aus dem Dachsteingebiet). – Österreichische Wasserwirtschaft, **10**, 100–103, Wien.
- BAUER, F. (1958): Die unterirdischen Abflussverhältnisse im Dachsteingebiet und ihre Bedeutung für den Karstwasserschutz. – Reports Umweltbundesamt, **28**, 73 S., Wien.
- BAUER, F. & VÖLKL, G. (1989): Die Unterirdischen Abflussverhältnisse im Dachsteingebiet und ihre Bedeutung für den Karstwasserschutz. – UBA-Report, **28**, 73 S., Umweltbundesamt, Wien.
- BAUER, F., ZÖTL, J. & MAYR, A. (1958): Neue karsthydrographische Forschungen und ihre Bedeutung für Wasserwirtschaft und Quellschutz. – Wasser und Abwasser, **3**, 280–297, Wien.
- BMLFUW (2012): Hydrographisches Jahrbuch von Österreich, **118** (2010), 968 S., Hydrographischer Dienst, Wien.
- BOROVICZENY, F. (2001): Klassifizierung der Gesteinseinheiten nach hydrogeologischen Gesichtspunkten. – In: SCHEIDLEDER, A., BOROVICZENY, F., GRAF, W., HOFMANN, T., MANDL, G.W., SCHUBERT, G., STICHLER, W., TRIMBORN, P. & KRALIK, M.: Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“. Band 2: Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen. – Archiv für Lagerstättenforschung, **21** und Monographien, **108**, 37–38, Geologische Bundesanstalt und Umweltbundesamt, Wien.
- DECHANT, M. (1967): Das Anfärben von Lycopodiumsporen. – Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, **18/19**, 241–247, Graz.
- HENNE, P., KRAUTHAUSEN, B. & STUMMER, G. (1994): Höhlen im Dachstein. Derzeitiger Forschungsstand, Anlage der Riesenhöhle am Dachstein-Nordrand und Bewertung der unterirdischen Abflussverhältnisse. – Die Höhle, **45**, 48–67, Wien.
- HERLICKA, H. & HOBIGER, G. (1991): Karsthydrologische Untersuchungen im westlichen Dachsteinmassiv in Hinblick auf die Erlassung einer Wasserschongebietsverordnung. Markierungsversuche Dachstein-West 1990. – UBA-Report, **56**, 62 S., Umweltbundesamt, Wien.
- HERLICKA, H., LORBEER, G.E., BOROVICZENY, F., LASSING, M., MANDL, G.W., PAVUZA, R. & STUMMER, G. (1994): Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“. Band 1: Karstwasserqualität. – Monographien, **41**, 233 S., Umweltbundesamt, Wien.
- MAYR, A. (1956): Das Hallstätter Trinkwasser. – Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereines, **101**, 319–331, Linz.
- MANDL, G. (1998): Geologische Karte der Dachsteinregion. – In: SCHEIDLEDER, A., BOROVICZENY, F., GRAF, W., HOFMANN, T., MANDL, G.W., SCHUBERT, G., STICHLER, W., TRIMBORN, P. & KRALIK, M.: Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“. Band 2: Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen. – Archiv für Lagerstättenforschung, **21** und Monographien, **108**, Geologische Bundesanstalt und Umweltbundesamt, Wien.
- MANDL, G.W. (2001a): Schichtenfolge. – In: SCHEIDLEDER, A., BOROVICZENY, F., GRAF, W., HOFMANN, T., MANDL, G.W., SCHUBERT, G., STICHLER, W., TRIMBORN, P. & KRALIK, M.: Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“. Band 2: Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen. – Archiv für Lagerstättenforschung, **21** und Monographien, **108**, 13–29, Geologische Bundesanstalt und Umweltbundesamt, Wien.
- MANDL, G.W. (2001b): Tektonischer Bau der Dachsteingruppe. – In: SCHEIDLEDER, A., BOROVICZENY, F., GRAF, W., HOFMANN, T., MANDL, G.W., SCHUBERT, G., STICHLER, W., TRIMBORN, P. & KRALIK, M.: Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“. Band 2: Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen. – Archiv für Lagerstättenforschung, **21** und Monographien, **108**, 29–37, Geologische Bundesanstalt und Umweltbundesamt, Wien.
- SCHEIDLEDER, A., BOROVICZENY, F., GRAF, W., HOFMANN, T., MANDL, G.W., SCHUBERT, G., STICHLER, W., TRIMBORN, P. & KRALIK, M. (2001): Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“. Band 2: Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen. – Archiv für Lagerstättenforschung, **21** und Monographien, **108**, 155 S., Geologische Bundesanstalt und Umweltbundesamt, Wien.
- SCHUBERT, G. (2001): Hydrogeologie des Dachsteinmassivs. – In: SCHEIDLEDER, A., BOROVICZENY, F., GRAF, W., HOFMANN, T., MANDL, G.W., SCHUBERT, G., STICHLER, W., TRIMBORN, P. & KRALIK, M.: Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“. Band 2: Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen. – Archiv für Lagerstättenforschung, **21** und Monographien, **108**, 111–125, Geologische Bundesanstalt und Umweltbundesamt, Wien.
- TOLLMANN, A. (1960): Die Hallstätter Zone des östlichen Salzkammergutes und ihr Rahmen. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **103**, 37–131, Wien.
- TRIMBORN, P., STICHLER, W. & GRAF, W. (2001): Umweltsotopen (^2H , ^3H , ^{18}O). – In: SCHEIDLEDER, A., BOROVICZENY, F., GRAF, W., HOFMANN, T., MANDL, G.W., SCHUBERT, G., STICHLER, W., TRIMBORN, P. & KRALIK, M.: Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“. Band 2: Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen. – Archiv für Lagerstättenforschung, **21** und Monographien, **108**, 86–100, Geologische Bundesanstalt und Umweltbundesamt, Wien.
- ZÖTL, J. (1957a): Der Einzugsbereich von Quellen im Karstgebirge. – Österreichische Wasserwirtschaft, **9**, 77–86, Wien.
- ZÖTL, J. (1957b): Neue Ergebnisse der Karsthydrologie. Untersuchungen im Dachsteingebiet mit Hilfe der Sporenriftmethode. – Erdkunde, **11**, 107–117, Bonn.
- ZÖTL, J. (1974): Karsthydrogeologie. – 291 S., Wien–New York.