

Band / Volume 46, Jahrgang / Issue 1995

BRENCIC, M., T. BUDKOVIC, L. FERJANCIC & W. POLTNIIG: Hydrogeologie der Westlichen Karawanken

Hydrogeology of Western Karawanks

Zusammenfassung

Der im Jahre 1986 begonnene und Ende 1991 fertiggestellte Bau des Karawanken-Autobahntunnels, der Österreich mit Slowenien verbindet, traf große Wasservorkommen an, die z. T. einem tiefliegenden Karstwasserkörper angehören. Die während der Baumaßnahmen durchgeführten ersten Untersuchungen dieser Wässer zeigten, dass verschiedene Wassersysteme angezapft wurden. In einer vom Land Kärnten und von der Republik Slowenien beauftragten Studie sollten diese Karstwasservorkommen in Gemeinschaftsarbeit slowenischer und österreichischer Wissenschaftler in einem Dreijahresprogramm untersucht werden. Die hydrogeologischen Untersuchungen in den Westlichen Karawanken hatten zum Ziel, die Entwässerungsverhältnisse im slowenisch-kärntnerischen Grenzgebiet im möglichen Einflussbereich des Karawanken-Autobahntunnels zu untersuchen.

Als Grundlage für die hydrogeologische Interpretation der Entwässerungsverhältnisse wurde eine geologische Karte des Gebietes zwischen Wurzenpaß und Kahlkogel kompiliert, die einen Einblick in den geologischen Bau des Gebietes gibt. Als für die Entwässerung des Gebirges bedeutende geologische Elemente können drei tektonische Einheiten angesehen werden. Es sind dies das „Jüngere Paläozoikum der Südkarawanken“ sowie das „Ältere Paläozoikum der Westkarawanken“, welche die „Koschuta-Einheit“ im S und N begrenzen und wasserstauende Wirkung aufweisen. Die zwischen diesen beiden paläozoischen Einheiten gelegene Koschuta-Einheit wird zum Großteil aus karbonatischen Gesteinen der Trias aufgebaut und bildet daher gute Voraussetzungen für die Versickerung und Speicherung von Wasser. Die Grundstruktur der Koschuta-Einheit ist die Kahlkogel-Synklinale, deren Achse gegen E einfällt.

Die hydrochemischen und isopenhydrologischen Untersuchungen zeigten, dass – neben lokalen Entwässerungssystemen – zwei große Karstsysteme vorhanden sind. Das höhere System entwässert den Mittagkogel zum Ardeschitzagraben, ein tiefzirkulierendes System entwässert die Schlerndolomite südlich und südwestlich des Mittagkogels zu den Quellen im Karawankentunnel. Die hier austretenden Wässer sind gut gespeichert, weisen ein hohes mittleres Wasseralter auf und sind für die Trinkwassernutzung vorgesehen.

JEANNIN, P.-Y., A. WILDBERGER & P. ROSSI: Multitracing-Versuche 1992 und 1993 im Karstgebiet der Silberer (Muotatal und Klöntal, Zentralschweiz)

Multitracing Tests 1992 and 1993 in the Karstic Region of Silberer (Muotatal and Klöntal, Central Switzerland)

Zusammenfassung

Der vorgestellte Versuch von 1992 hatte primär zum Ziel, das Einzugsgebiet der Schlichenden Brünnen genannten Karstquelle zu definieren. Diese Quelle repräsentiert den Hauptaustritt der im Hölloch (mit 165 km die längste Höhle Westeuropas) zirkulierenden Wässer. Im weiteren sollten Informationen über die hydraulischen Bedingungen und die Transporteigenschaften des Karstsystems gewonnen werden. Schließlich sollte die Anwendung von Bakteriophagen als Tracer deren Eignung als Markierstoff im Karstmilieu aufzeigen und mit den Ergebnissen des Einsatzes von Fluoreszenztracern verglichen werden. Fünf Fluoreszenzmarker (Uranin, Sulforhodamin G-extra, Eosin, Duasyn gelb T, Natrium-Naphtionat) und vier Bakteriophagen-Typen (T7, f1, Pm7a, Vh5a) wurden an neun verschiedenen, im Bereich der angenommenen Einzugsgebietsgrenze angeordneten Stellen, eingegeben.

Ein weiterer Tracerversuch wurde 1993 nahe der Schlichenden Brünnen durchgeführt. Rund 400 m von dieser Quelle entfernt wurden Sulforhodamin G-extra in einem Ponor und Uranin in einer Bohrung eingegeben. Dieser Test sollte die Interferenzen zwischen gut durchlässiger Zonen (Ponor) und den benachbarten, schlechter permeablen Blöcken (Bohrung) aufzeigen.

Die Versuchsergebnisse erlauben mit Ausnahme einzelner Areale eine recht gute Begrenzung des Einzugsgebietes der Schlichenden Brünnen und ihrer Nebenquellen (Fig. 7 und 8). Die bis anhin angenommenen Grenzen sind teilweise bestätigt worden, die Versuche haben aber insbesondere ein Teileinzugsgebiet in den Öhrlikalken im S des Haupteinzugsgebietes von Bödmeren und Silberer aufgezeigt. Bei Hochwasser speist dieses Teileinzugsgebiet neben der Hauptquelle, den Schlichenden Brünnen, eine Reihe von temporären Quellen (Mettlen-Quelle u. a.). Bei der Ostgrenze des Einzugsgebietes handelt es sich um eine Diffluenzzone im Bereich der orographischen Wasserscheide (Silberer); von dort können die versickernden Wässer sowohl nach W zu den Schlichenden Brünnen im Bisistal wie nach NE zum Blaubrunnen im Klöntal fließen.

Die Versuche bestätigen eine nordwärtige Verschiebung der heute aktiven Wasserbahnen in der gesättigten Zone gegenüber den durch die Höhlenforscher erkundeten, meist fossilen

Gangnetzen. Paläohydrologisch handelt es sich bei der Bietstockhöhle und vielleicht auch beim Windloch um östliche Fortsetzungen des Höllochsystems, heute sind jene zwei Höhlen aber eindeutig dem Blaubrunnen tributär.

Die erhoffte Gewinnung von hydraulischen oder von Transportparametern erwies sich als problematisch, da die entsprechenden Resultate schwierig zu interpretieren sind. Die Abstandsgeschwindigkeiten sind zu global, um die Abflussbedingungen in den Wasserbahnen effektiv zu definieren, sie erlauben aber immerhin Größenordnungen zu erkennen. Die Ermittlung der Dispersion oder Anwendungsversuche von Modellen vom Typ „Black Box“ mussten aufgegeben werden, da während der Versuche zu viele Parameter simultan änderten (Abfluss, mediokere Kenntnis der Infiltrationsbedingungen, zu summarisches Wissen betreffend den Fließbedingungen in den verschiedenen unterirdischen Bahnen usw.).

Die Bakteriophagentrifting hat befriedigende Resultate ergeben (drei von vier Phagentypen konnten wieder nachgewiesen werden). Das Multitracing hat aber auch einige Schwächen der voll in Entwicklung stehenden Methode aufgezeigt (Probleme mit Messuntergrund, mit Zerbrechlichkeit oder Adsorption gewisser Phagen oder Schwierigkeiten wegen der großen Menge zu analysierender Proben) und so deren Weiterentwicklung positiv beeinflusst. Heute kann eine vertrauenswürdige und praktische Methode angeboten werden.

Die Versuche haben aber auch Grenzen der konventionellen Analyse von Fluoreszenztracern mittels Spektrophotometrie beim gleichzeitigen Einsatz von fünf Farbstoffen gezeigt. Vor den Markierstoffeingaben mußten die möglichen Interferenzen zwischen den Tracern in Funktion der Impf- und der potentiellen Austrittsstellen eingehend überdacht werden. Zahlreiche Spektren waren zur Separierung und Erkennung der Fluoreszenzmarker nötig, zudem mußten etwa 50 Proben mit fraglichen Spektren zusätzlich mittels HPLC analysiert werden.

RICHTER, J.: Methodische und regionale Beiträge zur Auswertung von Umweltisotopendaten in der Hydrogeologie

Methodical and Regional Contributions to the Interpretation of Environmental Isotope Data in Hydrogeology

Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Arbeit wurde ein Beitrag zur qualitativen Verbesserung der Auswertung von Umweltnuklidmesswerten aus Grundwasserproben auf der Grundlage von Lumped Parameter Modellen erbracht.

Als Vorarbeit zur Beantwortung einer Reihe von isotopehydrogeologischen Fragestellungen wurde eine Softwarelösung erarbeitet, die eine Vielzahl von inhaltlichen, technischen und Bedienungsansprüchen für die Auswertung von entsprechenden Daten berücksichtigt. So wurden erstmals Algorithmen und Verfahren implementiert, die sowohl die Einschätzung der Güte der Modellanpassung als auch die Beurteilung des Einflusses des Messfehlers auf die Genauigkeit der Grundwasserdatierung gestatten. Es werden gebräuchliche Umwelttracer ebenso berücksichtigt wie neue, anwenderspezifisch eingesetzte Isotope. Das Programm erlaubt die unkomplizierte Anwendung von Modellkopplungen, die die Realität in vielen Fällen besser reflektieren als einfache Modellansätze.

Damit wird dem Hydrogeologen der Praxis ebenso wie dem Wissenschaftler ein Werkzeug in die Hand gegeben, das wesentlich zur Erleichterung der Anwendung isotopehydrogeologischer Methoden beiträgt. Der erforderliche Entwicklungsaufwand füllte einen großen Teil des Zeitrahmens der vorliegenden Arbeit aus. Die Sinnfälligkeit, diesen Aufwand nicht zu scheuen, bestätigt die ständig zunehmende nationale und internationale Verbreitung des Programms. Es wurde bereits erfolgreich zur Lösung einer Vielzahl von wissenschaftlichen und praktischen Problemen eingesetzt. Seine Verbreitung wird durch die IAEA gefördert und kommt so vor allem Entwicklungsländern zugute.

Beispielhaft wurden in einzelnen Kapiteln der Arbeit unter Nutzung des erwähnten Computerprogramms Aspekte der Sensitivität der Grundwasserdatierung in Abhängigkeit von der Ungenauigkeit der Eingangsgrößen, insbesondere der Inputfunktion und des Messfehlers, behandelt.

Anhand synthetischer Daten wird gezeigt, wie sich unterschiedliche Beschaffenheiten und Mächtigkeiten der Aerationzone auf die Auswertung von Tritiummesswerten aus dem Grundwasser auswirken. Dabei wird das bislang häufig verwendete Alpha-Konzept einem konzeptionellen Modell gegenübergestellt, das u. a. auf der Verwendung meteorologischer Größen beruht. Es wird deutlich, dass insbesondere bei relativ mächtigen Aerationzonen die Berücksichtigung der Parameter der Aerationzone für eine vertretbare Genauigkeit der Datierung unumgänglich ist. Die Empfindlichkeit des relativen Fehlers der Altersbestimmung steigt dabei im allgemeinen mit der Größe des Messwertes. Differenzierte Aussagen werden für verschiedene Berechnungsmodelle abgeleitet. Es wird dargestellt, in welchem Maße sich die Aussagegenauigkeit bei der Auswertung von Messwertreihen gegenüber Einzelmesswerten erhöht. Aus der Größe des Messfehlers resultieren Lösungsintervalle bestimmter Größe. Unter Berücksichtigung dieser Intervalle sollte als Ergebnis der Grundwasserdatierung nicht der diskrete Wert von Modellparametern angegeben werden, sondern das Feld der Gütefunktion der Modellanpassung.

Einerseits verdeutlichen die Ergebnisse der durchgeführten Sensitivitätsuntersuchungen einmal mehr die Notwendigkeit der Nutzbarmachung weiterer Umweltisotope zur Grundwasserdatierung. Andererseits können und sollten die vorgestellten Überprüfungen auch auf die Auswertung von Daten anderer Umweltisotope aus Grundwässern übertragen werden, um wichtige zusätzliche Informationen für die Interpretation der Ergebnisse zu gewinnen.

In einem weiteren Kapitel wird die Anwendung von Modellkombinationen für die Auswertung von Daten aus einem humiden Untersuchungsgebiet demonstriert. Bei der Bildung der Tritiuminputfunktion werden meteorologische Größen sowie die Beschaffenheit der Aerationzone quantitativ berücksichtigt. Unter Einbeziehung von hydrologischen Informationen werden vorhandene Modellvorstellungen für ein Heilquellengebiet erweitert bzw. modifiziert. Unter Nutzung der geschaffenen verbesserten Auswertemöglichkeiten gelingt es, die Güte der Modellanpassung zu verbessern. Es werden Abschätzungen für die Anteile unterschiedlicher Grundwasserkomponenten vorgelegt. Als Indikator für die Verletzlichkeit der Quellen gegenüber möglicher anthropogener Schadstoffbelastung werden unter Nutzung der erhaltenen Verweilzeitparameter Jungwasseranteile ermittelt. Schließlich werden Hinweise zum Quellschutz und Ansatzpunkte für weiterführende Untersuchungen abgeleitet.

Unter Berücksichtigung der Spezifika eines ariden Untersuchungsgebietes wird untersucht, mit welchem Grad an Genauigkeit Abschätzungen der Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von den verfügbaren geologischen Informationen verbunden sind. Dies betrifft sowohl Kenntnisse,

die für die Modellwahl entscheidend sind, als auch die Einschätzung der grundwassererfüllten Mächtigkeit im Speisungsgebiet. Für das beprobte Gebiet werden Spannbreiten der Neubildungsgeschwindigkeit unter Einbeziehung der Eingangsgrößen graphisch dargestellt. Die Diskussion der Radiokohlenstoffmesswerte zeigt zum einen die quantitative Bedeutung des ^{14}C -Anfangsgehaltes für das Datierungsergebnis auf. Zum anderen wird demonstriert, dass die häufig verwendete unspezifizierte Angabe eines „ ^{14}C -Alters“ höchstens in einem relativ kleinen Bereich von etwa 500–2000 a vertretbar ist. Außerhalb dieses Bereiches sind der Einfluss des anthropogenen ^{14}C -Eintrages nach 1953 sowie der Einfluss der vom Auswertemodell reflektierten hydrogeologischen Verhältnisse nicht vernachlässigbar. Somit sollte auch für ^{14}C nicht auf die explizite Angabe des Auswertemodelles bei Datierungsangaben verzichtet werden.

Für die Auswertung der hydrogeochemischen Messwerte wurde in Entsprechung zur Beschaffenheit des gesammelten Datenmaterials ein Algorithmus aus multivariaten Analysemethoden eingesetzt. Dabei wurden isotopische Merkmale als Indikatoren für mittlere Verweildauer bzw. Verdunstungsbeeinflussung einbezogen. Die gefundenen Ergebnisse lassen für das untersuchte Gebiet u. a. auf folgende allgemeine Zusammenhänge schließen:

1. Den dominierenden Einfluss auf die chemische Zusammensetzung des Grundwassers übt die Aufhärtung der infiltrierten Wässer in einer Front aus Evaporationsrückständen in oberflächennahen Bereichen aus. Die Evaporationsrückstände werden wahrscheinlich vorwiegend bei der Eindunstung meteorischer Wässer von geringergiebigem Niederschlägen akkumuliert.
2. Die damit verbundene Markierung ist von erheblich größerer Bedeutung als die entsprechende Markierung mit ^{18}O und Deuterium.
3. Der beschriebene Prozess überwiegt andere Vorgänge, welche die hydrogeochemische Entwicklung beeinflussen, wie z. B. eine mögliche Verdunstung an der Grundwasseroberfläche, die Wechselwirkung zwischen Grundwasserleiter und Gesteinsmatrix im Aquifer oder anthropogene Stoffeinträge. Daher ist selbst der Chemismus tiefer Wässer hauptsächlich durch die genannte Aufhärtung determiniert.