

NATÜRLICHE UND KÜNSTLICHE MARKIERUNGEN IN DER GEOHYDROLOGIE

Isotopenverhältnisse und Radionuklide

D. RANK

(KURZFASSUNG)

1. Isotopenverhältnisse im natürlichen Wasserkreislauf

Die hydrologische Anwendung von Isotopenverhältnismessungen beruht auf den in natürlichen Wässern auftretenden Häufigkeitsschwankungen von ^2H , ^3H und ^{18}O . Als Folge der unterschiedlichen Isotopenzusammensetzung der Niederschläge treten auch in Ober-

flächen- und Grundwässern Schwankungen der Isotopenverhältnisse auf, die sich für hydrologische und hydrogeologische Interpretationen eignen (Abb.1). Wichtigste Zielsetzungen von Isotopenuntersuchungen sind die Erforschung hydrologischer Zusammenhänge, der hydrogeologischen Verhältnisse, der Verweilzeit von Grundwässern und die Abschätzung eines möglichen Schadstofftransportes.

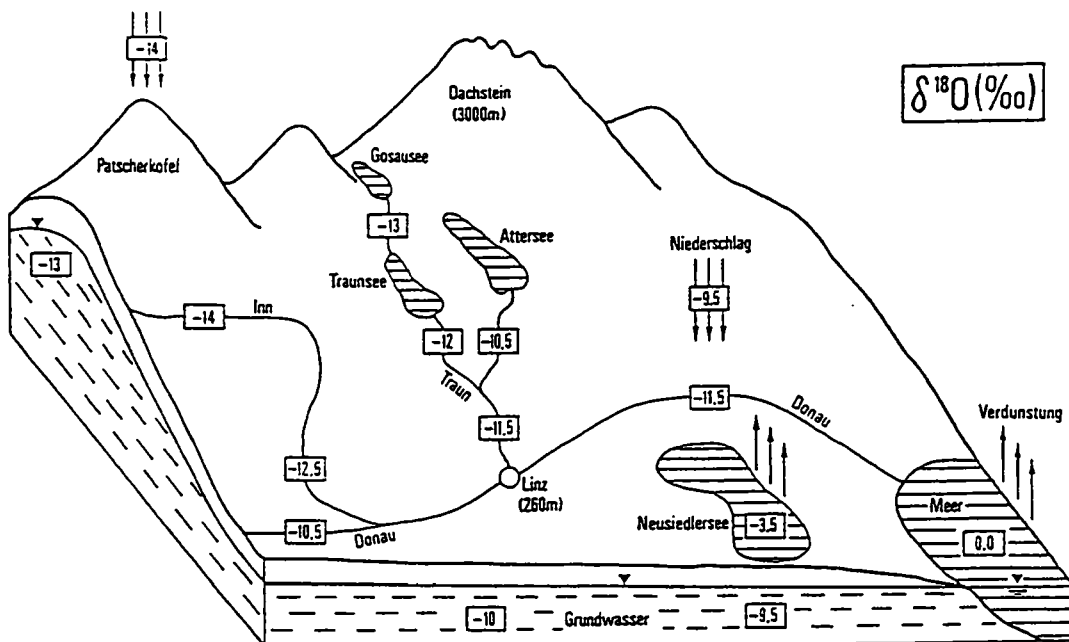


Abb.1: Schwankung des ^{18}O -Gehaltes im Wasserkreislauf; Auswirkung des Höheneffektes im Verlauf des ^{18}O -Gehaltes innerhalb eines Flußsystems; schematische Darstellung

Drei wichtige Umstände kennzeichnen den derzeitigen Stand der Isotopenhydrologie:

- a) Die Entwicklung der Isotopenmeßtechnik und die Automatisierung von Probenahmeeinrichtungen im letzten Jahrzehnt haben es ermöglicht, daß Isotopenmessungen heute im großen Maßstab für hydrologische Untersuchungen eingesetzt werden können. Dies hat auch neue Arbeitsfelder eröffnet, wie die Untersuchung der Auswirkung von Einzelergebnissen - Starkniederschläge, Schneeschmelze - in hydrologischen Systemen, die Verfolgung der Wasserbewegung in der ungesättigten Bodenzone oder die Abflußanalyse bei kleinen Einzugsgebieten.
- b) Es liegt inzwischen ein umfangreiches Basisdatenmaterial über die Isotopenverhältnisse im natürlichen Wasserkreislauf vor - unter anderem langjährige Zeitreihen -, auf das isotopenhydrologische Untersuchungen aufbauen können. Dies führt zu beträchtlichen Verkürzungen bei der Dauer und zu Einsparungen bei den Kosten von isotopenhydrologischen Projekten.
- c) Isotopenmessungen eignen sich hervorragend zur Untersuchung von Wechselwirkungen in der Umwelt. Das große Interesse der Öffentlichkeit an Fragen der Wasserumwelt hat zum routinemäßigen Einsatz von Isotopenmethoden bei der Bearbeitung von Umweltfragen geführt, weil damit eine Reihe von früher eher spekulativ abgeschätzten Parametern zu meßbaren Größen werden.

Eine bei Umweltproblemen in Zusammenhang mit Wässern im Vordergrund stehende Frage ist die nach der Altersstruktur von Wässern. Im allgemeinen haben sowohl Karst- als auch Porengrundwässer kein einheitliches Wasseralter, sondern eine Altersverteilung. Diese Altersverteilung hängt von den hydrogeologischen Bedingungen des Systems ab, häufig überlagern sich auch mehrere Altersverteilungen. Beispielsweise enthalten die Thermalwässer am Westrand des Wiener Beckens bei einem mittleren Wasseralter von einigen tau-

send Jahren auch junge Wasseranteile - erkenntlich am ^3H -Gehalt. Isotopenuntersuchungen - ^3H - und ^{14}C -Bestimmungen, Aufnahme des zeitlichen Verlaufes der Isotopenverhältnisse - geben Einblick in die Altersstruktur, aus den ermittelten Verweilzeiten lassen sich unter anderem Aussagen über Grundwassererneuerung, hydraulische Eigenschaften des Grundwasserleiters, Umweltsicherheit von Wasservorkommen, Herkunft und zu erwartende Qualität von Wässern ableiten. Bei Umweltfragen spielen dabei meist die jüngsten Wasseranteile - kürzeste Durchgangszeit - die Hauptrolle, während für wasserwirtschaftliche Fragen die Langzeitspeicherung im Vordergrund des Interesses steht.

Eine wichtige Rolle kommt Isotopenmessungen bei der Klärung hydrogeologischer Zusammenhänge zu, wenn komplizierte Untergrundverhältnisse vorliegen. Vor allem beim heute für hydrologische Projekte üblichen Einsatz mathematischer hydrologischer Modelle besteht die Gefahr, daß von ungenauen Voraussetzungen ausgegangen wird. Dies kann zu Fehlschlüssen führen, der Realitätsbezug des Modells geht verloren. Isotopenuntersuchungen sind ein geeignetes Mittel, entsprechende Randbedingungen für die Entwicklung solcher Modelle zu formulieren.

Das Ziel isotopenhydrologischer Untersuchungen bei hydrologischen Einzelereignissen ist es, zusätzlich zur rein mengenmäßigen Betrachtung des Ablaufes hydrologischer Ereignisse - Messung von Niederschlagshöhen und Wasserständen bzw. Durchflüssen - Information über die Bewegung des einzelnen Wassermoleküls und damit über Verzögerungen bzw. Speicherung im hydrologischen System zu erhalten.

Fragen im Zusammenhang mit der Verschmutzung des Grundwassers durch in den Boden einsickernde Schadstoffe oder mit der Beurteilung von Deponiestandorten verlangen nach Methoden, mit denen die Bewegung des einzelnen Wassermoleküls in der ungesättigten Bodenzone verfolgt werden kann. Nur Isotopenuntersuchungen können diese Forderung erfüllen.

Am Beispiel der Schneealpe (Abb.2) werden im Referat die Aussagemöglichkeiten von Isotopenmethoden erörtert.

2. Die Anwendung offener radioaktiver Stoffe bei hydrologischen Untersuchungen

Im Vergleich zur stürmischen Entwicklung bei der Anwendung von "Umweltisotopen"-Messungen ist die geschichtlich gesehen ältere Anwendung von offenen radioaktiven Stoffen bei hydrologischen Untersuchungen - zu Unrecht - etwas in den Hintergrund getreten.

dieser Methoden umfangreiche meßtechnische Erfahrung erforderlich ist.

Zunächst können radioaktive Stoffe neben organischen Farbstoffen, Salzen usw. überall dort erfolgreich eingesetzt werden, wo es gilt, ein markiertes Wasserpaket längs seines Fließweges zu verfolgen und die Verdünnung bzw. die Vermischung mit anderem Wasser zu untersuchen, beispielsweise zur Bestimmung der Abstandsgeschwindigkeit zwischen zwei auf der gleichen Stromlinie gelegenen Bohrlöchern oder zur Untersuchung der Zuströmung zu einem Brunnen (Zuströmzeit, Mengenan-

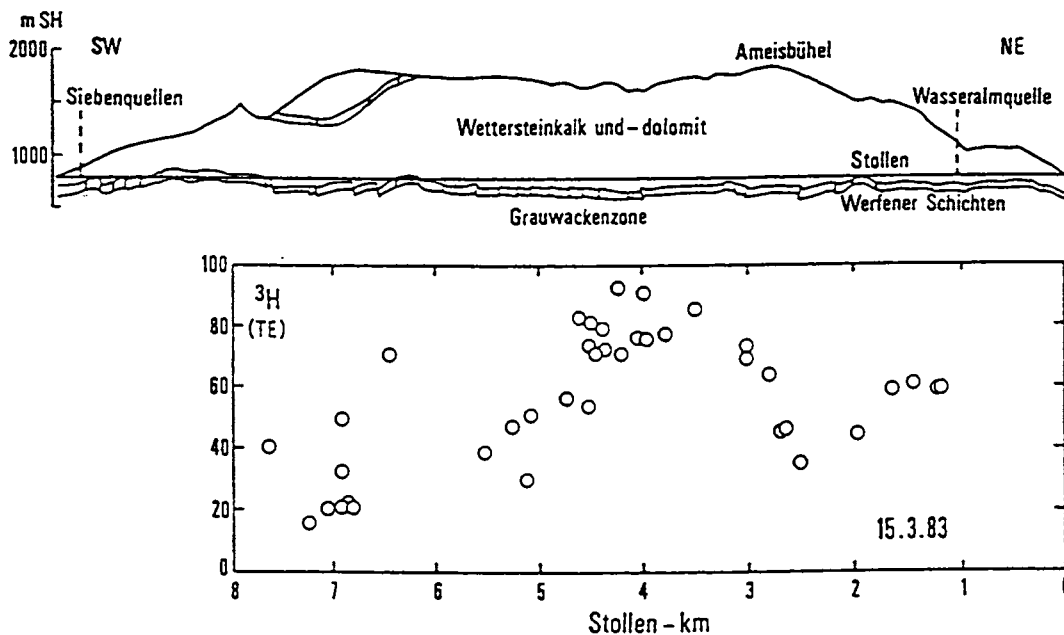


Abb.2: Schneealpenstollen: Der unterschiedliche ^3H -Gehalt der in den Stollen austretenden Wässer weist auf eine breite Altersverteilung der Wässer im Karststock hin. Bei einer mittleren Verweilzeit der austretenden Quellwässer von zwei bis vier Jahren haben einzelne Stollenwässer Alter von über 50 Jahren.

Der Grund hierfür ist neben den administrativen Hürden beim Einsatz radioaktiver Stoffe wohl die Tatsache, daß es für die Bohrlochmethoden keine kommerziell erhältliche Meßausrüstung gibt und daß für die Anwendung

teile). Der Vorteil radioaktiver Markierungsstoffe liegt darin, daß im Gegensatz vor allem zu Salzen nur chemisch vernachlässigbare Mengen dem Wasser zugegeben werden müssen, so daß weder die Dichte noch die chemi-

schen Eigenschaften des Wassers geändert werden. Dazu kommt die gute Nachweisbarkeit radioaktiver Stoffe auch bei hoher Verdünnung - unter Umständen auch unmittelbar in den Bohrlöchern - und die leichte Unterscheidbarkeit der Nuklide bei Verwendung mehrerer radioaktiver Markierungsstoffe. Wenn aus Strahlenschutzgründen die Anwendung radioaktiver Stoffe nicht zulässig ist, kann man auch mit inaktivem Material markieren und die gezogenen Proben aktivierungsanalytisch untersuchen.

Durch die Weiterentwicklung bei den organischen Farbstoffen - mehrere Farbstoffe nebeneinander einsetzbar, Verbesserung der Nachweisgrenzen bei Meßgeräten - ist die Bedeutung der radioaktiven Stoffe als Markierungsmittel bei Großversuchen deutlich zurückgegangen. Nicht ersetzbar sind radioaktive Stoffe allerdings in den Fällen, wo Markierungsversuche wiederholt werden sollen, hier ist ein Radionuklid mit kurzer Halbwertszeit die erste Wahl.

Der wesentliche Fortschritt, den die Anwendung radioaktiver Stoffe in der Hydrologie gebracht hat, liegt in der Entwicklung der

sogenannten Einbohrlochmethoden, mit denen bei einem verhältnismäßig geringen Aufwand Aussagen über die Grundwasserbewegung und den Grundwasserleiter im Bereich einer Bohrung gemacht werden können, die mit den klassischen Methoden der Hydrologie entweder überhaupt nicht oder nur mit einem erheblichen Aufwand möglich sind.

Anschrift des Verfassers:

*Dr.D. RANK,
Bundesprüf- und Forschungszentrum
Arsenal/BFPZ, Geotechnisches Institut,
Objekt 214,
A-1030 Wien*