

7.5 Nutzung von Isotopentracern zur effektiven Beobachtung von Prozessen in Talgrundwasserleitern

R. Trettin (UFZ)

Bewirtschaftung und Schutz der Ressource Wasser erfordern ein modellhaftes Verständnis der Stoffquellen und -ströme in den Einzugsgebieten inklusive der betriebsabhängigen Zeitkonstanten, mit denen die Rohwasserqualität auf Änderungen im Grundwasserregime und auf Stoffeinträge reagiert. Zur Ermittlung von hydrodynamischen und hydrochemischen Vorgängen in Talgrundwasserleitern bietet die Natur, wie die Erfahrungen an der Elbe zeigen, vielfältige Stoff- und Isotopenvariationen, die sich neben physiko-chemischen Parametern als natürliche Tracer eignen. Komplexe Untersuchungsprogramme sind zumindest in der Startphase empfehlenswert, da einzelne Methoden erfahrungsgemäß sehr situationsspezifische Informationen liefern, so daß erst verschiedene Methoden das häufig komplizierte Geschehens ausreichend beleuchten können. Bei der Nutzung von Tracerverfahren geht es nicht nur um die Verfügbarkeit entsprechender Analysentechniken, sondern auch um die erforderlichen feldexperimentellen Voraussetzungen sowie um geeignete Meßprogramme. Die Erfahrungen aus den Untersuchungen in der Elbaue sollen in den folgenden Punkte dargelegt werden. Z. T. bekräftigen sie einmal mehr bereits anderenorts erhaltene Befunde.

Flußwasserinfiltration

Die Verfügbarkeit von sogenannten ufernahen und Kolmationsmeßstellen ist ein wesentlicher Fortschritt für den experimentellen Nachweis stark variierender Infiltrationsverhältnisse in Abhängigkeit von der Veränderung des Flußwasserstandes. Gerade an Flüssen mit flacherem Ufer ist die Anordnung der Entnahmestellen in mehreren Teufen vorteilhaft, da sich dadurch auch vertikale Verschiebungen von Wasserkörpern erfassen lassen.

Ein empfindlicher Indikator für die Flußwasserinfiltration ist Radon-222. Es erlaubt relativ sichere Aussagen zur Korrespondenz von Flußwasser mit Meßpunkten im Aquifer im Bereich von Aufenthaltszeiten bis ca. 2 Wochen und mittelbar Aussagen zur Kolmation von Gewässerbetten. Die Ableitung von Infiltrationsgeschwindigkeiten ist jedoch wegen der Inhomogenität der Radonemanation der Matrix sowie zeitlicher und räumlicher Variationen im Strömungsfeld nicht generell über eine einfache Exponentialfunktion möglich. Die entsprechenden Verfahren stehen erst am Anfang einer umfassenden praktischen Nutzung beim Studium von Austauschbeziehungen zwischen Grund- und Oberflächengewässern. Forschungsbedarf besteht in der Entwicklung feldtauglicher Probenahmetechnik und On-line-Analytik.

Temperaturrecords bilden ein vergleichsweise einfaches Mittel, um Strömungsprozesse des Uferfiltrats nachzuvollziehen, wobei es nicht nur um das Verfolgen des Infiltrats mit mehr oder weniger stark differierender Temperatur geht, sondern auch um zeitliche und räumliche Verschiebungen innerhalb des Verteilungsmusters. In Ergänzung zu Radonmessungen ergibt sich mit der Erfassung der zeitlichen Variation des Infiltrationsgeschehens eine interessante Verfahrenskombination.

Gegenüber Radon sind stabile Isotope des Wassers zur Feinauflösung im ufernahen Aquifer nur bedingt geeignet, da sie abhebbender Variationen im Flußwasser und damit meist längerer, eng unteretzter und damit mit erheblichem Aufwand verbundene Meßreihen bedürfen. Treibt man diesen Aufwand jedoch, so sind Aussagen zum Infiltrationsregime ohne die enge zeitliche Limitierung wie beim Radon möglich.

Laufzeiten und Fließpfade

Zur Bestimmung von Aufenthaltszeiten konnten Variationen in der Elbe sowohl bei stabilen Isotopen (^{18}O) als auch ausgewählten chemischen Inhaltsstoffen bei hinreichend langen Meßreihen (> 1 Jahr) bis zu fassungsnahen Grundwassermeßstellen verfolgt und mit gutem Erfolg teufenorientiert ausgewertet werden. Beide Methoden profitierten von einem weitgehend geschichteten Fließen in der oberen Grundwasserzone mit einer relativ geringen Dispersion. Die gute Übereinstimmung der ermittelten Fließparameter ermöglichten die Auswertung der verhältnismäßig geringen stofflichen Variationen unter vornehmlicher Stützung auf Chlorid. In der obersten Schicht machen sich bei chemischen Tracern zeitweilig störende Sickerwassereinflüsse bemerkbar, die bei ^{18}O nicht ins Gewicht fallen.

Während die Erfassung der Fließzeiten in ihrer vertikalen Abfolge bis in Brunnenhöhe möglich war, übertrug sich die zeitliche Variation kaum noch auf das Wasser des Versuchsbrunnens, so daß die Ermittlung von Zuflußanteilen auf diesem Weg nicht möglich war. Die Integration der Stoffströme über den gesamten Zuflußsektor muß daher der Modellierung überlassen bleiben, für die die Tracertechnik jedoch wesentliche Daten zur Verfügung stellen kann.

Ausgrenzung der Aquiferbereiche mit Uferfiltrat

Die Ermittlung des von den Uferfiltraten beanspruchten Aquifersektors gelingt am besten über zeitunabhängige Meßgrößen mit möglichst unterschiedlicher Ausprägung im Fluß- und Grundwasser. Abwasserrelevante Stoffe wie EDTA und Sulfonsäuren kommen im Grundwasser nicht natürlich vor und sind damit zur generellen Abgrenzung gut geeignet.

Sowohl die Isotopenvariation des Sulfatschwefels als auch diejenige des gelösten anorganischen Kohlenstoffes DIC stellen - wie im vorliegenden Untersuchungsgebiet - sehr gute Tracer für die Abgrenzung von Uferfiltraten gegenüber regional gebildeten Grundwässern dar. Die räumliche Variation dieser Isotope kann jedoch durch reaktive Veränderungen verstärkt oder nivelliert werden. Der Hauptnutzen liegt daher in der Anzeige stofflicher Umsetzungen auf dem Fließweg beginnend mit der Infiltration aus dem Gewässer.

Strontiumisotope können ein interessanter Tracer in vornehmlich silikatischen Sedimenten sein, wenn Fluß- und Grundwasser sich im $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis deutlich unterscheiden. An der Elbe sind die Variationen zu gering.

Im oberen Elbtal und in der Torgauer Elbaue ist bei Fassungsbetrieb insbesondere bei Existenz geringmächtiger stauender Schichtungen eine Unterströmung möglich. Ihr exakter Nachweis ist für die Festlegung von Schutzzonen und die Bewertung der Mischungsverhältnisse im Rohwassers von spezieller Bedeutung. Am Meßprofil I, wo eine solche Unterströmung vorliegt, konnten isotope relevante (^3H , ^{13}C , ^{34}S) Markierungen genutzt werden, um ein detailliertes Bild vom elbeunterquerenden Zufluß und von den Mischungsverhältnissen zu erhalten.

Prozesse bei der Untergrundpassage

Für die Erfassung von Prozessen längs des Fließweges ist eine ganzheitliche Betrachtung von milieubestimmenden, chemischen und isopenanalytischen Größen und Tracern erforderlich. $^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ erwies sich als guter Parameter für die Identifikation und Quantifizierung der Oxidation sedimentärer Sulfide.

Eine lohnende Betrachtungsgröße nicht nur für die Identifikation von Uferfiltrat und von Mischungsprozessen sondern auch für Stoffumsetzungen ist der gelöste Kohlenstoff in Form des Kalk-Kohlensäure-Systems in Verbindung mit $^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ sowie der Komponenten des DOC in Verbindung mit ^{14}C . Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß für die Beurteilung von konkurrierenden Prozessen (Abbau, Mitwirkung von sedimentärem Kohlenstoff) Untersuchungen zur ^{14}C -Variation interessant sind, wobei diese auch durch strukturelle Analysen ergänzt werden sollten.

Landseitiges Grundwasser

Für den Schutz des landseitigen Einzugsgebietes von Wasserfassungen sind gesicherte Kenntnisse über die prinzipielle Altersverteilung und die Stockwerksgliederung erforderlich. Die Einbeziehung von Tritium und ggf. Radiokohlenstoff in entsprechende Untersuchungen wird als unerlässlich angesehen. Eine Wiederholung von Messungen in größeren Zeitintervallen ist auch in Bereichen mit älteren Wässern anzuraten. Generell sollte den Langzeittrends in Trinkwasserressourcen eine höhere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Auf fließzeitabhängig gestaffelte landseitige Beobachtungsnetze kann wegen der notwendigen Langzeitbeobachtungen nicht verzichtet werden. Liegen, wie in der Torgauer Elbaue, komplizierte hydrogeologische Verhältnisse vor, so gewinnt die Integration der Ergebnisse in eine hydrodynamische Modellierung besondere Bedeutung.

Für den Schutz des unterirdischen Wassers sind auch Schadstoffeinträge durch kleinere Gewässer nicht zu vernachlässigen. Mit Messungen von $^{18}\text{O}/^2\text{H}$ und z.T. auch chemischen Parametern kann nachgewiesen werden, ob Oberflächenwässer aus Kleingewässern in das Grundwasser gelangen und dadurch Relevanz erhalten. Isotopenanalytische und chemische Untersuchungen sind in Kombination geeignet, auch unerwartete Grundwasserkomponenten wie aus Liegendwasseraufstiegen zu erfassen und zu interpretieren.

Vergleichende Untersuchungen zwischen primär altersabhängigen Tracern und hydrochemischen Parametern wie Sulfat und Nitrat sowie den zugehörigen stabilen Isotopen bieten eine gute Möglichkeit, um Herkunft und Wandel trinkwasserrelevanter Laststoffe zu studieren und zu interpretieren.

Meßstellen

Meßstellen müssen in Anordnung und Ausbau so gewählt werden, daß aus ihnen entnommene Proben repräsentativ für das Grundwasserströmungsfeld sind. Die im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Torgau-Ost installierten Grundwassermeßstellen entsprechen in ihrer projektierten Konzeption den Anforderungen für den Bereich der Elbtalwanne. Durch kritische Wertung der inzwischen gewonnenen Zeitreihen kann überprüft werden, inwieweit ihre Position strömungstechnisch auch wirklich repräsentativ ist und wo die Untersuchungsschwerpunkte liegen. Ersteres ist beispielsweise bei MP 5/1 im Profil II nicht der Fall. Weiterhin ist wichtig, daß den Ursachen für ungewöhnliches Verhalten nachgegangen wird. Für das Monitoring der Grundwasserbeschaffenheit ist die Beobachtungshäufigkeit ein wichtiger Gesichtspunkt. Bei der Aufstellung von meßstellenspezifischen, zeitlich variierten Meßprogrammen stellen Altersbestimmungen eine wertvolle Hilfe dar. Während bei der Beobachtung von Meßstellen mit altem Wasser ein Basisprogramm in größeren Zeitabständen genügt, müssen Meßstellen an Orten mit größerer zeitliche Dynamik wesentlich häufiger beprobt werden.

Neben der richtigen Anordnung von Meßstellen ist die Technologie zur Gewinnung repräsentativer und reproduzierbarer Proben entscheidend für die Nutzung der Analysenergebnisse und ihre Vergleichbarkeit innerhalb von Zeitreihen. Repräsentative Proben müssen dem gewachsenen Aquifer entstammen und dürfen nicht durch den Meßstellenausbau und die Probennahmetechnologie physikalisch, chemisch oder biologisch verfälscht werden. Zur Sicherung einer repräsentativen Probennahme sind durch den DVWK Regeln bezüglich des Abpumpvolumens und der Abbruchkriterien aufgestellt worden. Die Beimischung von stagnierendem Standwasser kann mit diesen Regeln nur indirekt garantiert werden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens ist unter Nutzung des Parameters Radon-222 ein Verfahren zur optimalen Probenahme entwickelt worden, daß die Beimischung von Standwasser meßtechnisch erfaßt und die DVWK-Regeln sinnvoll ergänzt.

Wassergewinnung in Talgrundwasserleitern im Einzugsgebiet der Elbe

Gemeinsamer Abschlußbericht
zum Verbundforschungsvorhaben des Bundesministeriums
für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
(02 WT 9454)

Leitung des Verbundvorhabens
W. Nestler

Teilprojekt 1:

Charakterisierung der Mischungsverhältnisse im Grundwasserleiter/Verhalten der Summenparameter AOS und DOC bei der Uferfiltration

W. Nestler (Projektleiter), J. Dehnert, T. Grischek
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, LB Geotechnik & Wasserwesen
Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden

Teilprojekt 2:

Verhalten von Einzelstoffen (Sulfonsäuren und halogenierten Carbonsäuren) bei der Uferfiltration

W. Walter (Projektleiter), P. Neitzel
Technische Universität Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft
Mommsenstraße 13, 01062 Dresden

Teilprojekt 3:

Dreidimensionale Beobachtung von Strömungsprozessen im Grundwasserleiter mittels geoelektrischer Computertomographie

F. Jacobs (Projektleiter), C. Reißmann
Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie
Augustusplatz 10 - 11, 04109 Leipzig

Teilprojekt 4:

Entwicklung und Anwendung isopenanalytischer Methoden zur Beurteilung von Herkunft und Bewegung von Grundwasser und Inhaltsstoffen

R. Trettin, K. Freyer (Projektleiter)
H.C. Treutler, G. Mallén, G. Strauch
UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Sektion Hydrogeologie, Hallesche Straße 44, 06246 Bad Lauchstädt
Sektion Analytik, Permoserstraße 15, 04318 Leipzig