



Neue Methode zur Überwachung von Grundwasseranreicherungen

14. April 2026 | Kaspar Meuli

Themen: Trinkwasser

Die Anreicherung von Grundwasser ist eine Möglichkeit, um sich für zunehmende Trockenperioden zu wappnen. Für die Qualität des aus solchen Systemen gewonnenen Wassers ist essentiell, wie lange es zwischen Versickerung und Förderung im Boden verweilt. Eine Studie zeigt, dass sich für die Bestimmung dieser Verweilzeit Umweltracernutzen lassen, die über das Kühlwasser von Kernkraftwerken in die Flüsse gelangen.

Alle möchten das Grundwasser nutzen: Traditionellerweise dient es vor allem zur Gewinnung von Trinkwasser, doch immer mehr sind auch Landwirtschaft und Industrie an dieser Wasserressource interessiert. Und es wird auch zur Produktion von geothermischer Energie gebraucht. Kein Wunder also, kommt die unterirdische Ressource unter Druck und droht übernutzt zu werden. Besonders der Fall ist das während längerer Trockenperioden im Sommer und Herbst – und die werden als Folge des Klimawandels häufiger. Dieser lässt nicht nur die Temperaturen ansteigen, sondern verändert auch die Niederschlagsmuster. Übers Jahr gesehen bleibt die Wassermenge zwar ungefähr gleich, doch im Winter gibt es mehr Niederschläge als früher, im Sommer weniger.

Kommt dazu: Der Klimawandel wirkt sich nicht nur direkt aus, er sorgt auch für Kaskadeneffekte. Wenn der Grundwasserspiegel beispielsweise bei länger anhaltender Trockenheit sinkt, sind auch die Böden trocken, und es muss mehr bewässert werden. Dadurch fällt der Grundwasserspiegel noch weiter ab.

Begrenzte Informationen über den Untergrund

«Als Reaktion auf diese Entwicklung haben weltweit viele Regionen, in denen das Wasser knapp ist, Massnahmen zur künstlichen Grundwasseranreicherung ergriffen», sagt Jared van Rooyen von der

Abteilung Wasserressourcen & Trinkwasser des Wasserforschungsinstituts Eawag. In vielen Region wird dafür unter anderem Flusswasser in Versickerungsgräben geleitet, über die sich das Grundwasser künstlich wieder auffüllen lässt. Doch, so van Rooyen, «oft erfolgen diese Eingriffe mit begrenzten Informationen darüber, wie viel Wasser es braucht, um Grundwasserleiter aufzufüllen, wie lange dieser Prozess dauert und wie schnell das Wasser im Untergrund fliesst.» Eine genügend lange Verweilzeit jedoch ist entscheidend für die Qualität des Grundwassers. Damit beispielsweise eingespeistes Flusswasser als Trinkwasser genutzt werden darf, muss es laut Gesetz zuerst zehn Tage durch den Untergrund fließen und so auf natürliche Weise gereinigt werden.

Was einem besseren Verständnis im Weg steht, ist die unsichtbare Natur des Grundwassers. Im Gegensatz zu den Oberflächengewässern lassen sich Veränderungen in Grundwasserleitern nicht ohne gezielte Überwachung oder Modellierung beobachten. «Um diese Herausforderungen anzugehen», so Jared van Rooyen, «bietet unsere Methode eine neue Lösung. Sie verwendet das von Kernkraftwerken in die grossen Flüsse eingeleitete, mit Tritium angereicherte Kühlwasser als Tracer und ermöglicht eine quantitative Bestimmung von Grundwasserneubildungsraten, Fliesszeiten sowie Mischprozessen in Grundwasseranreicherungssystemen.» Dadurch lassen sich unter anderem auch die gesetzlichen Bestimmungen besser einhalten, welche die Qualität des Grundwassers garantieren.



Standorte von Kernkraftwerken und Grundwasseranreicherungssystemen im Einzugsgebiet des Rheins. Die drei Kernkraftwerke, die rheinaufwärts des Hardwalds ihr Kühlwasser in den Fluss abgeben, erzeugen stromabwärts entlang des gesamten Rheins deutlich erkennbare Tritium-Signale. (Grafik: Jared van Rooyen, Eawag)

Auswirkungen auf Design und Betrieb von Grundwasseranreicherungen

Van Rooyen hat mit Kolleginnen und Kollegen von der Eawag sowie den Universitäten Basel, Bern und Lausanne soeben einen Artikel über diese Methode in der Fachzeitschrift «Nature Water» publiziert. «Sie stellt eine weltweit übertragbare, nicht-invasive Methode dar zur Quantifizierung von Transportzeiten im Untergrund ohne die Verwendung künstlicher Tracer», so die Autorinnen und Autoren. Das leicht radioaktive Wasserstoff-Isotop Tritium gelangt als Teil des Wassermoleküls durch das Kühlwasser von Kernkraftwerken in die grossen Flüsse Europas, deren Wasser entlang ihrer Flussläufe sowohl für die natürliche wie auch die künstliche Grundwasseranreicherung zur Verfügung steht. Die Methode ist breit anwendbar: Weltweit verfügten mindestens 26 grosse Flusseinzugsgebiete über die räumlichen und hydrologischen Voraussetzungen, so die Studie, um mit Tritium angereichertes Kühlwasser aus Kernkraftwerken als Umwelttracer zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Grundwasseranreicherungs-Systemen zu nutzen. «Bewertungen gemäss dieser Methode haben wichtige Auswirkungen auf das Design und den Betrieb dieser Systeme», schreiben die Autorinnen und Autoren der Studie.

Ein Praxisbeispiel: Werden mit Hilfe dieses Tracers allzu hohe Fliessgeschwindigkeiten ermittelt, müssen Versickerung und Grundwasserförderung angepasst werden, sodass die Verweilzeiten im Untergrund den gesetzlichen Anforderungen entsprechen und sich der natürliche Reinigungsprozess garantieren lässt. Die mit der neuen Tracer-Methode ermittelte Verteilung der Fliesszeiten liefert auch eine Grundlage zur räumlichen Abgrenzung von Schutzbereichen um die Brunnen, in denen das angereicherte Grundwasser wieder entnommen wird. Zudem sind die von den Forschenden vorgestellten Tracer zur Bestimmung der Grundwasserdynamik – neben dem Kühlwasser auch natürliche Wasserisotopensignaturen im Flusswasser – auch für den Schutz des Grundwassers vor Übernutzung wichtig.

Messungen in der grössten Grundwasseranreicherung der Schweiz

Die Studie von Jared van Rooyen und dem Team um Oliver Schilling, Gruppenleiter in der Abteilung Wasserressourcen & Trinkwasser der Eawag und Assistenzprofessor an der Universität Basel, der die Studie fachlich geleitet hat, basiert unter anderem auf Messungen im Gebiet Hardwald in der Nähe von Basel. Dort werden jährlich rund 15 Millionen Kubikmeter Trinkwasser für die gesamte Region gewonnen und das Grundwasser durch vorgereinigtes Rheinwasser angereichert. Für die Forschenden war dieser Standort nicht nur der künstlichen Grundwasseranreicherung im grossen Stil wegen interessant, sondern vor allem, weil rheinaufwärts drei Kernkraftwerke ihr Kühlwasser in den Fluss abgeben. Diese Abgaben erzeugen im Rheingebiet stromabwärts deutlich erkennbare Tritium-Signale, nicht nur in Basel, sondern entlang des gesamten Rheins bis zu seiner Mündung in den Atlantik – also quer durch Europa.

Der Umstand, dass sich Tritium aus Kühlwasser derart grossräumig feststellen lässt, macht es als Umwelttracer besonders geeignet. Jared van Rooyen sagt: «Die Verbreitung von Kernkraftwerken in grossen Flussbecken bietet eine einzigartige Gelegenheit, Strategien zur künstlichen Anreicherung von Grundwasser mit Hilfe von Kühlwassersignaturen zu beurteilen. Und zwar auf kontinentaler Skala.»

Das Grundwasser ist unsere wichtigste Trinkwasser-Ressource, steht aber durch

type{color:#569CD6;padding-right:4px}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
 unregistered{background-color:#dce1e8}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
 filtered,.extbase-debugger-center .extbase-debug-proxy,.extbase-debugger-center .extbase-
 debug-ptype,.extbase-debugger-center .extbase-debug-visibility,.extbase-debugger-center
 .extbase-debug-scope{color:#fff;font-size:10px;line-height:12px;padding:2px 4px;margin-
 right:2px;position:relative;top:-1px}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
 scope{background-color:#497AA2}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
 ptype{background-color:#698747}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
 visibility{background-color:#698747}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
 dirty{background-color:#FFFFFFB6}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
 filtered{background-color:#4F4F4F}.extbase-debugger-center .extbase-debug-seeabove{text-
 decoration:none;font-style:italic}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
 property{color:#f1f1f1}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
 closure{color:#9BA223;}Extbase Variable Dumparray(3 items) publications => '36450' (5
 chars) libraryUrl => " (0 chars) layout => '0' (1 chars) Extbase Variable Dumparray(1 item) 0
 => Snowflake\Publications\Domain\Model\Publicationprototypepersistent entity (uid=36450,
 pid=124) originalId => protected36450 (integer) authors => protected'van Rooyen, J.;
 Vennemann, T.; Purtschert, R.; Affolter Kast,
 A.; Brennwald, M. S.; Kipfer, R.; Schilling, O.&nb
 sp;S.' (157 chars) title => protected'Anthropogenic tritium as a continental-scale tracer in
 river-derived recharg
 e' (77 chars) journal => protected'Nature Water' (12 chars) year => protected2026
 (integer) volume => protected4 (integer) issue => protected" (0 chars) startpage =>
 protected'444' (3 chars) otherpage => protected'454' (3 chars) categories => protected" (0
 chars) description => protected'Groundwater, enhanced through managed aquifer recharge
 (MAR), plays a centra
 l role in mitigating current and future water stress. Here we evaluate anthr
 opogenic and natural water isotopes as tracers of groundwater flow dynamics
 within alluvial MAR systems. High-resolution sampling (daily/weekly) of stab
 le isotopes (¹⁸O and ²H) and tritium (³H), influenced by nuclear power plant effluents, is used to trace and quanti
 fy the movement of infiltrated river water through an alluvial aquifer along
 the Rhine River in Switzerland. Time-series deconvolution is applied to qua
 ntify the tracer-based travel time distribution and to predict travel times
 throughout the entire MAR scheme. The results demonstrate the suitability of
³H as a quasi-conservative travel time tracer in systems where t
 he infiltrating river water is marked by nuclear power plant discharges—a
 situation prevalent along the banks of many large river basins globally. Deu
 terium excess proved equally effective as a bulk travel time tracer, reflect
 ing distinct seasonal meltwater signals expected in major European rivers. T
 hese findings quantify MAR recovery rates and wellhead protection zones, sup
 porting sustainable groundwater management under natural and anthropogenic p
 ressure.' (1301 chars) serialnumber => protected" (0 chars) doi =>
 protected'10.1038/s44221-026-00616-x' (26 chars) uid => protected36450 (integer)
 _localizedUid => protected36450 (integer)modified _languageUid => protectedNULL
 _versionedUid => protected36450 (integer)modified pid => protected124 (integer) van
 Rooyen, J.; Vennemann, T.; Purtschert, R.; Affolter Kast, A.; Brennwald, M. S.; Kipfer, R.;
 Schilling, O. S. (2026) Anthropogenic tritium as a continental-scale tracer in river-derived

recharge, *Nature Water*, 4, 444-454, [doi:10.1038/s44221-026-00616-x](https://doi.org/10.1038/s44221-026-00616-x), Institutional Repository

Kontakt



Jared Van Rooyen

Tel. +41 58 765 5705

jared.vanrooyen@eawag.ch



Claudia Carle

Wissenschaftsredaktorin

Tel. +41 58 765 5946

claudia.carle@eawag.ch

<https://www.eawag.ch/de/info/portal/aktuelles/news/neue-methode-zur-ueberwachung-von-grundwasseranreicherungen>