



## Grundwasser-Flusswege mit Edelgas erschnüffeln

9. November 2023 | Andri Bryner

Themen: Trinkwasser | Ökosysteme | Schadstoffe | Klimawandel & Energie

**Über 1,4 Milliarden Franken investieren Österreich und die Schweiz in den kommenden 20 Jahren in den Hochwasserschutz und ökologische Aufwertungen am Alpenrhein. Nebst einem modernen Schutz für das Rheintal vor Überschwemmungen gilt es, mit der Ressource Grundwasser sorgfältig umzugehen. Mit einer neuen Methode unterstützen Forschende vom Wasserforschungsinstitut Eawag und der Universität Neuenburg die Planerinnen und Planer der Internationalen Rheinregulierung.**

80 Prozent des Schweizer Trinkwassers stammen aus dem Grundwasser. Viele wichtige Fassungen liegen entlang der grösseren Flüsse. Werden diese von Kraftwerken aufgestaut oder als Folge von Hochwasserschutzmassnahmen und ökologischen Aufwertungen verändert, kann sich das auf die Fließwege und die Verweilzeiten des Grundwassers zwischen Fluss und Pumpstation auswirken. Befürchtet wird zum Beispiel, dass plötzlich zu viel Flusswasser in den Untergrund eindringt und dann schnell zu den Trinkwasserfassungen gelangt. Dann könnte die Zeit, während der das Flusswasser durch den kiesig-sandigen Untergrund fliesst, zu knapp werden für eine ausreichende Reinigung des Wassers.

### Komplexe Untersuchungen

Herauszufinden, wo Flusswasser ins Grundwasser gelangt oder umgekehrt und wieviel auf welchen Pfaden in welcher Zeit zu den Trinkwasserfassungen gelangt, ist eine komplexe Sache. Zum einen natürlich, weil das Geschehen im Untergrund nicht sichtbar ist, aber zum anderen auch, weil sich die Geologie und damit die physikalischen Bedingungen praktisch von Meter zu Meter ändern können. Wasserbauliche Modelle – wie im Fall des Alpenrheins im Massstab 1:50 in einer Halle in Dornbirn

(AUT) – können Grundwasserprozesse nicht nachbilden. Auch Modellrechnungen am Computer stossen an Grenzen. Es bleiben Versuche im Feld. So wurde im Alpenrhein auf einer kurzen Strecke die Flusssohle mit einem Bagger aufgerissen, um zu simulieren, was bei einer Aufweitung des heute stark kanalisierten Flusses geschehen kann.

**Video zum Einsatz des mobilen Gasmessgeräts GE-MIMS (Mini-Ruedi) am Alpenrhein.**

### **Edelgase statt Salz oder Farbe**

Bisher wurde bei solchen Versuchen das Flusswasser eingefärbt oder mit beträchtlichen Mengen Salz versetzt. An den Trinkwasserpumpstellen konnte dann anhand der Verdünnung gemessen, beziehungsweise berechnet werden, wie rasch und wie viel Flusswasser über das Grundwasser zugeströmt ist. Die Eawag forscht schon seit einigen Jahren daran, das Flusswasser, sowie an einzelnen Stellen auch das Grundwasser, nicht mehr mit Farbe oder Salz zu markieren, sondern mit kleinen, im Wasser gelösten Mengen an Edelgasen, wie Helium, Krypton oder Xenon. Mit einem ebenfalls an der Eawag entwickelten, hochsensiblen und mobilen Gasmessgerät (GE-MIMS oder «Mini-Ruedi») können im gepumpten Grundwasser gleich an Ort und Stelle die Konzentrationen und Fliesszeiten gemessen und Mengenverhältnisse berechnet werden.



An solchen Brunnen auf dem Vorland wurde das Grundwasser hochgepumpt und analysiert. (Foto: Int. Rheinregulierung)

### **Mehrere Vorteile**

Die neue Methode hat mehrere Vorteile: Erstens stellen die Edelgase keine Verunreinigung des Wassers dar. Sie verändern das Wasser weder in Geruch, Geschmack oder in Bezug auf biologische Aktivität. Zweitens kann das Wasser mit verschiedenen Gasen gleichzeitig an verschiedenen Orten markiert werden. Aus den Messungen lassen sich dann auch komplexere Situationen berechnen. Und drittens ist die Analytik dank des mobilen Massenspektrometers sehr schnell. Sie läuft praktisch in Echtzeit ohne Transport von Proben und Laborarbeit.

### **Störungen verheilen wieder**





ere, we present the results from a unique in-situ injection experiment, where CO<sub>2</sub>-enriched fluid was continuously injected in a faulted caprock analogue. Our results show that the CO<sub>2</sub> migration follows complex pathways within the fault structure. The joint analysis of noble gases, ion concentrations and carbon isotopes allow us to quantify mixing between injected CO<sub>2</sub>-enriched fluid and resident formation water and to describe the temporal evolution of water–rock interaction processes. The results presented here are a crucial complement to the geophysical monitoring at the fracture scale highlighting a unique migration of CO<sub>2</sub> in fault zones.'

(1074 chars) serialnumber => protected'2045-2322' (9 chars) doi => protected'10.1038/s41598-023-43231-6' (26 chars) uid => protected32037 (integer) \_localizedUid => protected32037 (integer)modified \_languageUid => protectedNULL \_versionedUid => protected32037 (integer)modified pid => protected124 (integer) 1 => Snowflake\Publications\Domain\Model\Publicationprototypepersistent entity (uid=25085, pid=124) originalId => protected25085 (integer) authors => protected'Brennwald,&nbsp;M.&nbsp;S.; Peel,&nbsp;M.; Blanc,&nbsp;T.; Tomonaga,&nbsp;Y.; Kipfer,&nbsp;R.; Brunner,&nbsp;P.; Hunkeler,&nbsp;D.' (130 chars) title => protected'New experimental tools to use noble gases as artificial tracers for groundwater flow' (84 chars) journal => protected'Frontiers in Water' (18 chars) year => protected2022 (integer) volume => protected4 (integer) issue => protected'' (0 chars) startpage => protected'925294 (8 pp.)' (14 chars) otherpage => protected'' (0 chars) categories => protected'hydrogeology; recharge; groundwater test; travel time; dating; flow line' (72 chars) description => protected'Labeling groundwater by injecting an artificial tracer is a standard and widely

ely used method to study groundwater flow systems. Noble gases dissolved in groundwater are potentially ideal artificial tracers, as they are not subject to biogeochemical transformations, do not adsorb onto the aquifer matrix, are colorless, and have no negative impact on the quality of groundwater resources. In addition, combining different noble-gas species in multi-tracer tests would allow direct analysis of the spatio-temporal heterogeneity of groundwater flow systems. However, while the handling of noble gases is safe and straightforward for injection into groundwater, conventional methods to analyse dissolved noble gases tend to be impractical for groundwater tracer tests. The sampling and subsequent lab-based analysis of dissolved noble gases are laborious, expensive and time intensive. Therefore, only researchers with access to specialized noble-gas labs have attempted such tracer tests. The recently developed gas-equilibrium membrane-inlet mass spectrometers (GE-MIMS) allow efficient on-site analysis of dissolved gases at high temporal resolution. The GE-MIMS instruments thereby eliminate most of the analytical and logistical constraints of conventional lab-based techniques and therefore provide new opportunities for groundwater tests using artificially injected gases. We used a GE-MIMS to systematically test the applicability of He, Kr, and Xe as artificial groundwater tracers. These gas species were injected into groundwater as Dirac-like pulses at three piezometers located at various locations upstream of a pumping well, where dissolved gas concentrations were continuously monitored with the GE-MIMS instrument. The groundwater travel times observed in these tracer tests ranged from a few hours to several weeks, and were consistent with the groundwater flow field at the experimental

I test site. Travel times determined from the noble gas tracer tests were al  
so consistent with those...' (2034 chars) serialnumber => protected" (0 chars) doi =>  
protected'10.3389/frwa.2022.925294' (24 chars) uid => protected25085 (integer) \_localizedUid  
=> protected25085 (integer)modified \_languageUid => protectedNULL \_versionedUid =>  
protected25085 (integer)modified pid => protected124 (integer) Weber, U. W.; Rinaldi, A. P.;  
Roques, C.; Wenning, Q. C.; Bernasconi, S. M.; Brennwald, M. S.; Jaggi, M.; Nussbaum, C.;  
Schefer, S.; Mazzotti, M.; Wiemer, S.; Giardini, D.; Zappone, A.; Kipfer, R. (2023) In-situ  
experiment reveals CO2 enriched fluid migration in faulted caprock, *Scientific Reports*, 13(1),  
17006 (14 pp.), [doi:10.1038/s41598-023-43231-6](https://doi.org/10.1038/s41598-023-43231-6), [Institutional Repository](#)  
Brennwald, M. S.; Peel, M.; Blanc, T.; Tomonaga, Y.; Kipfer, R.; Brunner, P.; Hunkeler, D.  
(2022) New experimental tools to use noble gases as artificial tracers for groundwater flow,  
*Frontiers in Water*, 4, 925294 (8 pp.), [doi:10.3389/frwa.2022.925294](https://doi.org/10.3389/frwa.2022.925294), [Institutional Repository](#)

## Links

Hochwasserschutz fürs Rheintal (Projekt Rhesi)

Ehemaliger Eawag Spin-off Gasometrix

Entracers GmbH:

CHYN:

21. - 23.11.2023 MiniRuedi-Symposium at Eawag

## Kontakt



**Matthias Brennwald**

Tel. +41 58 765 5305

[matthias.brennwald@eawag.ch](mailto:matthias.brennwald@eawag.ch)



**Rolf Kipfer**

Tel. +41 58 765 5530

[rolf.kipfer@eawag.ch](mailto:rolf.kipfer@eawag.ch)



**Andri Bryner**

Medienverantwortlicher

Tel. +41 58 765 5104

[andri.bryner@eawag.ch](mailto:andri.bryner@eawag.ch)

<https://www.eawag.ch/de/info/portal/aktuelles/newsarchiv/archiv-detail/grundwasser-fluesswege-mit-edelgas-erschneeffeln>