

Freitag 17. Oktober 2014

09:00-09:30

## Mittlere Verweilzeiten des Grundwassers im Inntal

W. Heike Brielmann<sup>1</sup>, Martin Kralik<sup>1</sup>, Franko Humer<sup>1</sup>, Uta Wemhöner<sup>1</sup>, Rudolf Philippitsch<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, A-1080 Wien

<sup>2</sup>Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, A-1010 Wien

### Kurzfassung

Entsprechend der gesetzlichen Vorgaben (EU-Wasserrahmenrichtlinie, Wasserrechtsgesetz) ist der „**gute Zustand**“ für das Grundwasser bis 2015 zu erreichen. Die Abschätzung des Zeithorizontes, innerhalb dessen Maßnahmen im Grundwasserkörper wirksam werden, ist deshalb von entscheidender Bedeutung. Seit 2009 wurden in durch das BMLFUW beauftragten Arbeiten, mittels vorhandener hydrogeo-logischer Daten, isopenhydrologischer und hydrochemischer Messungen, die mittleren Grundwasserverweilzeiten für bisher 346 Messstellen in 21 Grundwasserkörpern abgeschätzt (Kralik et al. 2009, 2011). Darunter waren auch 30 Messstellen des Inntales.

Der Ausbau der Grundwassermessstellen im Inntal mit überwiegend langen Filterstrecken führt vielerorts zur Mischung von Grundwässern unterschiedlicher Verweilzeiten. Entgegen den ursprünglichen Erwartungen weisen nur 38% der Messstellen im Inntal kurze Verweilzeiten auf und fallen in die Alterskategorien von <5 bzw. 5-10 Jahren. Fast die Hälfte der untersuchten Messstellen des Inntals weist mittlere Verweilzeiten von 11–25 Jahren auf. Zwei bzw. drei Messstellen zeigen sehr hohe mittlere Verweilzeiten von 26–50 bzw. über 50 Jahren.

### Abstract

According to the EU water framework directive and the Austrian water act, **good status** for groundwater should be achieved by 2015. This requires estimating the time lag for implemented management measures to prove effective.

In a project initiated by the Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (BMLFUW) mean residence times (MRTs) at 346 wells in the upper parts of 21 Austrian groundwater bodies have been assessed so far based on existent hydrogeological data combined with isotopic and hydrochemical investigations (Kralik et al. 2009, 2011). 30 of the wells were situated in the Inn Valley. Long or multiple well screens lead to substantial mixing of groundwater in most of the investigated wells. Almost half of the investigated wells in the Inn Valley groundwater body show MRTs between 11 to 25 years. 38% group into categories of low mean residence times ranging from <5 to 5-10 years. Five wells have comparatively high mean residence times ranging from 26-50 and >50 years.

## Einleitung

Entsprechend den Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG bzw. des Wasserrechtsgesetzes 1959 i.d.g.F. ist der „gute Zustand“ für das Grundwasser bis zum Jahr 2015 zu erreichen. Demzufolge ist die Abschätzung des Zeithorizontes, innerhalb dessen Maßnahmen im Grundwasserkörper messbar werden können, von entscheidender Bedeutung. Neben Trendanalysen, die auf Basis der im Rahmen der GZÜV erhobenen Qualitätsdaten durchgeführt werden, um etwaige Verschlechterungen im Hinblick auf die Grundwasserqualität zu identifizieren, ist die Bestimmung von mittleren Verweilzeiten (MVZ) an Grundwassermessstellen des Überwachungsnetzes ein geeignetes Mittel, um die Zeitspanne abzuschätzen, in der Maßnahmen wirksam werden können.

Hauptziel war es deshalb, einen flächenhaften Überblick über die MVZ im obersten genutzten Grundwasserstockwerk (gesättigte Zone durch Bepumpung gemischt) zu erlangen. Dies ist auch jener Bereich, der im Rahmen der Qualitätsüberwachung vorwiegend erfasst wird und der auf allfällige Belastungen am empfindlichsten reagiert.

## Messkampagne

Im Rahmen des Projektes wurden 20 Messstellen des bundesweiten Grundwassermonitorings auf Basis der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV 2006 i.d.g.F.) sowie 7 Tiroler Landesmessstellen im Zeitraum Oktober 2010 bis Dezember 2011 quartalsweise beprobt. Drei weitere Grundwassermessstellen mit größeren Teufen wurden einmalig im 2. Quartal 2012 beprobt (Abbildung 1). Die Erfassung der einzelnen isotopehydrologischen und hydrochemischen Parameter erfolgte mit unterschiedlicher Häufigkeit (siehe Tabelle 1).

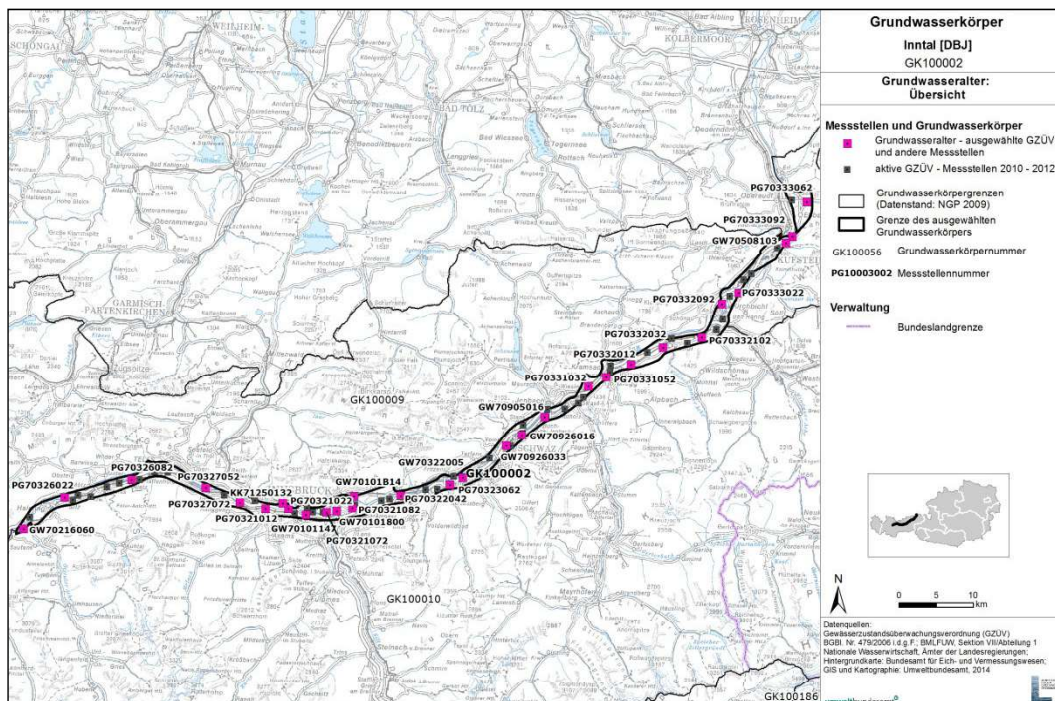


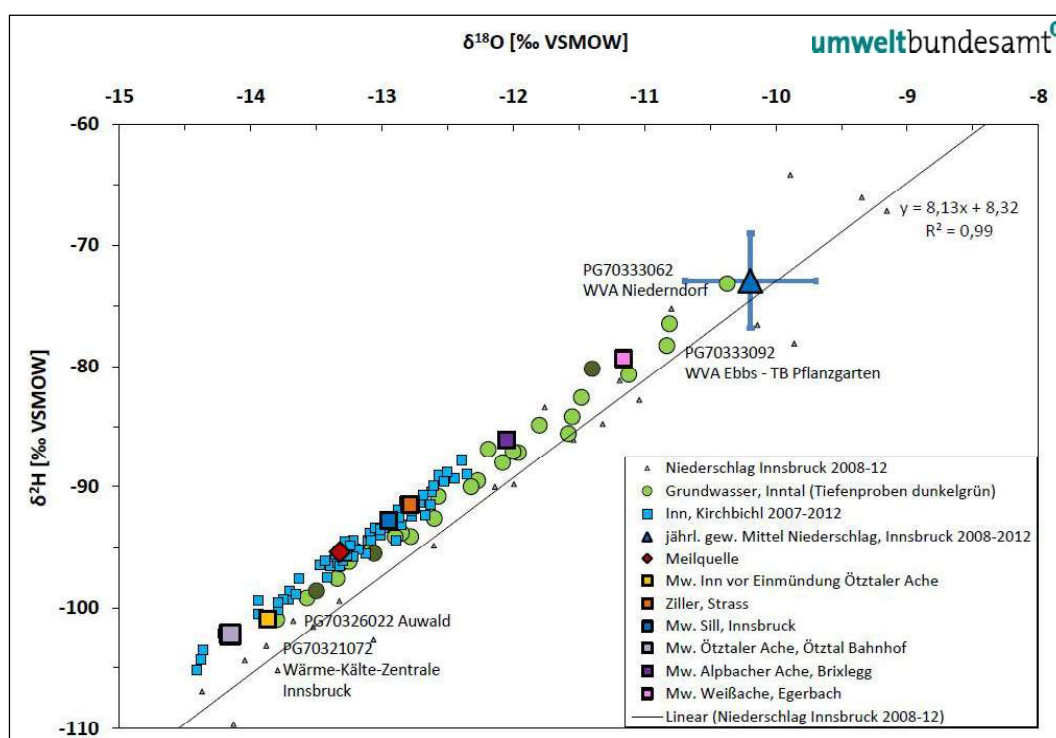
Abb. 1: Übersichtskarte Grundwasserkörper Inntal mit den ausgewählten Messstellen.

**Tab.1: Messfrequenz der erfassten Parameter**

Gemessene Parameter	Anzahl Quartale
Vor-Ort-Parameter	4
Chemisch-analytische Parameter	2 (GZÜV)
Stabile Wasserisotope ( <sup>18</sup> O, <sup>2</sup> H)	4/1
Tritium, Tritium/Helium-3	2/1

Die Herkunft und Mischung von Grundwässern wurde mittels hydrochemischer Daten und den stabilen Wasserisotopen evaluiert. Die mittleren Verweilzeiten wurden zunächst auf Basis der gemessenen Tritiumgehalte mittels Black-Box-Modellen unter Annahme verschiedener Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Verweilzeiten berechnet. Unter Berücksichtigung der Sauerstoffisotope sowie der Auswertung der Bohrprofile wurden Modellparameter im Hinblick auf die Verteilung der Verweilzeiten gewählt. Zudem lagen für einzelne Messstellen historische Daten früherer Untersuchungen vor, die die Ergebnisse robuster machten. Ergänzend erfolgte die Bestimmung der mittleren Verweilzeiten des Grundwassers in der gesättigten Zone auf Grundlage der Auswertung der Tritium/Helium-Messungen.

### Herkunft der Grundwässer



**Abb. 2:** Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte der untersuchten Messstellen des Grundwasserkörpers Innthal im Vergleich zum Inn (2007-2012) und weiteren Oberflächengewässern sowie dem Niederschlag in Innsbruck (2008-2012).

Die Verteilung der  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte in den beprobten Grundwassermessstellen des Inntals (Abbildung 2) verweist auf eine Mischung von Wässern aus alpinen Einzugsgebieten mit niedrigen Sauerstoff-18-Werten ( $< -13,0\text{‰}$ ) und lokal versickernden Niederschlägen mit höheren Sauerstoff-18-Werten (Innsbruck -  $10,2\text{‰}$  im Mittel).

Auch der Inn selbst wird durch oberstromig gelegene alpine Einzugsgebiete dotiert und zeigt entsprechende Sauerstoff-18-Werte (im Mittel -  $13,2\text{‰}$ ). Die Differenzierung der Herkunft der Grundwässer auf Basis der Sauerstoff-18-Werte ist demzufolge nicht immer eindeutig, da auch die aus den nördlich ans Inntal angrenzenden Karbonatgesteinen angeströmten Grundwassermessstellen Sauerstoff-18-Werte alpiner Einzugsgebiete vergleichbarer Höhenlagen zeigen. So weist die vom Inn unbeeinflusste, unterhalb des Hechenbergs gelegene Messstelle KK72150312 (Meilquelle) dem Inn ähnliche Sauerstoff-18-Werte zwischen -  $13,4$  und -  $13,3\text{‰}$  auf. Tendenziell nehmen die Sauerstoff-18-Werte von West nach Ost mit sinkender Höhenlage der Einzugsgebiete ab. Zudem zeigen Grundwassermessstellen mit Zufluss aus den südlichen Hangbereichen im Schnitt höhere Sauerstoff-18-Werte, als die aus den linksufrig angrenzenden Karbonatgesteinen angeströmten Grundwassermessstellen.

Eine gute Abgrenzung der Herkunft der Grundwässer zur Verifizierung der Verweilzeiten kann auch auf Basis hydrochemischer Parameter wie der Sulfatkonzentration, des Ca/Mg-Verhältnisses, aber auch der zur Berechnung der  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -Alter gemessenen Helium- und Neonkonzentrationen getroffen werden.

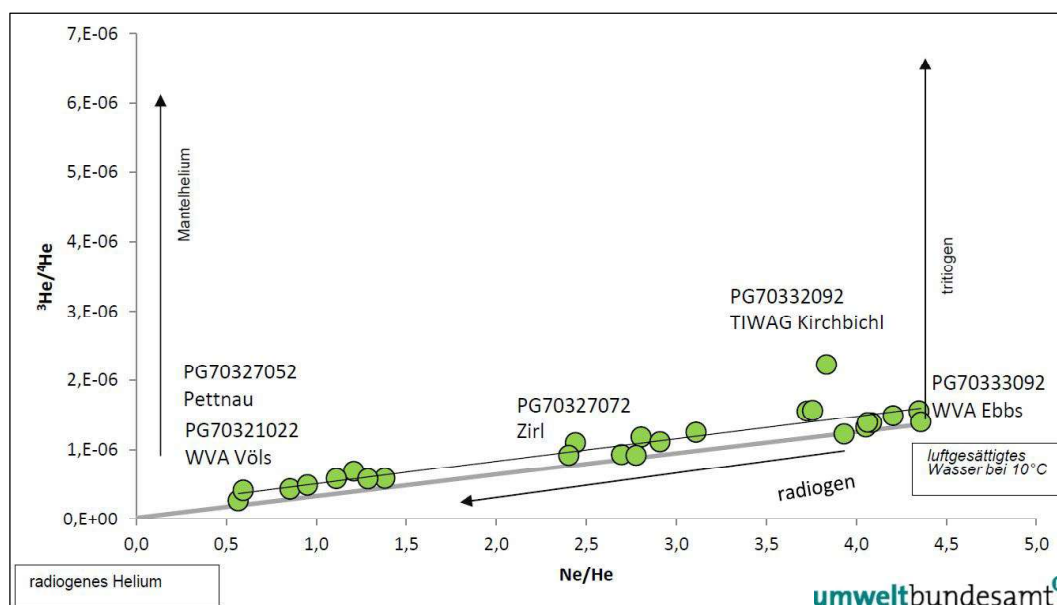
Erhöhte Sulfatkonzentrationen des Grundwassers im Inntal sind vor allem auf Kontakt des Grundwassers mit evaporitischen Raibler Schichten und anderen gipsführenden Gesteinen der Nördlichen Kalkalpen (im ggf. Fall Karwendelgebirge) zurückzuführen. Anthropogene Einflüsse auf die Sulfatkonzentrationen können durch Vergleich mit Nitrat- und Chloridkonzentrationen sowie das Prüfen auf langjährige Trends der Sulfatwerte ausgeschlossen werden.

Höhere Sulfatkonzentrationen ( $>70\text{ mg/l}$ ) wurden für Messstellen im Bereich Kematen – Völs – Innsbruck (KK71250132, PG70321012, PG70321022, GW70101147), im Bereich Arzl – Hall – Wattens (GW70101B14, PG70321082, PG70322042, PG70323062) sowie im Bereich Münster (PG70331032) festgestellt.

Die Darstellung der Heliumkomponenten des Grundwassers in Abbildung 3 erlaubt ebenfalls eine Differenzierung der Herkunft von Grundwässern. Das im Grundwasser gemessene Helium kann atmosphärischer oder nichtatmosphärischer Herkunft sein. Nichtatmosphärisches Helium stammt dabei z.B. aus dem Zerfall von radioaktiven Nukliden von  $^3\text{H}$  (tritogenes Helium), Uran und Thorium (radiogenes Helium) oder aus geochemischen Reservoiren der Erde (Mantelhelium).

Im abgebildeten Diagramm ist ersichtlich, dass die im Inntal beprobten Grundwässer überwiegend auf einer Mischungsgerade von radiogenem Helium mit ( $^3\text{He}/^4\text{He} = 2 \cdot 10^{-8}$ ) und luftgesättigtem Wasser bei  $10^\circ\text{C}$  liegen. Repräsentativ für einen hohen Anteil von radiogenem Helium in der Grundwasserprobe sind z.B. die Messstellen PG70327052 (Pettnau) und PG70321022 (Völs). Für diese Messstellen wird der Kontakt des Grundwassers mit uran- bzw. thoriumhaltigen Gesteinen angenommen, welche z.B. im Ötztalkristallin in Verbindung mit den Orthogneisen (Tropper & Kozlik 2012 zitiert in Berka et al. 2014) oder als im Zusammenhang mit Bergstürzen abgesondertem Aragonit (Ostermann et al. 2007) im Inntal vorkommen. Eine Reihe von weiteren Grundwassermessstellen (z.B. PG70327072 – Zirl, PG70326082 – Rietz) enthalten signifikante Mengen radiogenes Helium.

Ein höherer Anteil von tritiogenem Helium, mit Hinweis auf höhere Tritiumgehalte im Niederschlag zum Zeitpunkt der Grundwasserneubildung konnte für Messstelle PG70332092 (TIWAG Kirchbichl) und die Messstellen PG70321022 (WVA Völs), GW7010800 (Innsbruck) und GW70101147 (Hötting V1) festgestellt werden. Die untersuchte Messstelle PG70333092 (WVA Ebbs) ist dagegen repräsentativ für Grundwasser mit Helium atmosphärischer Herkunft aus aktueller Grundwasserneubildung.

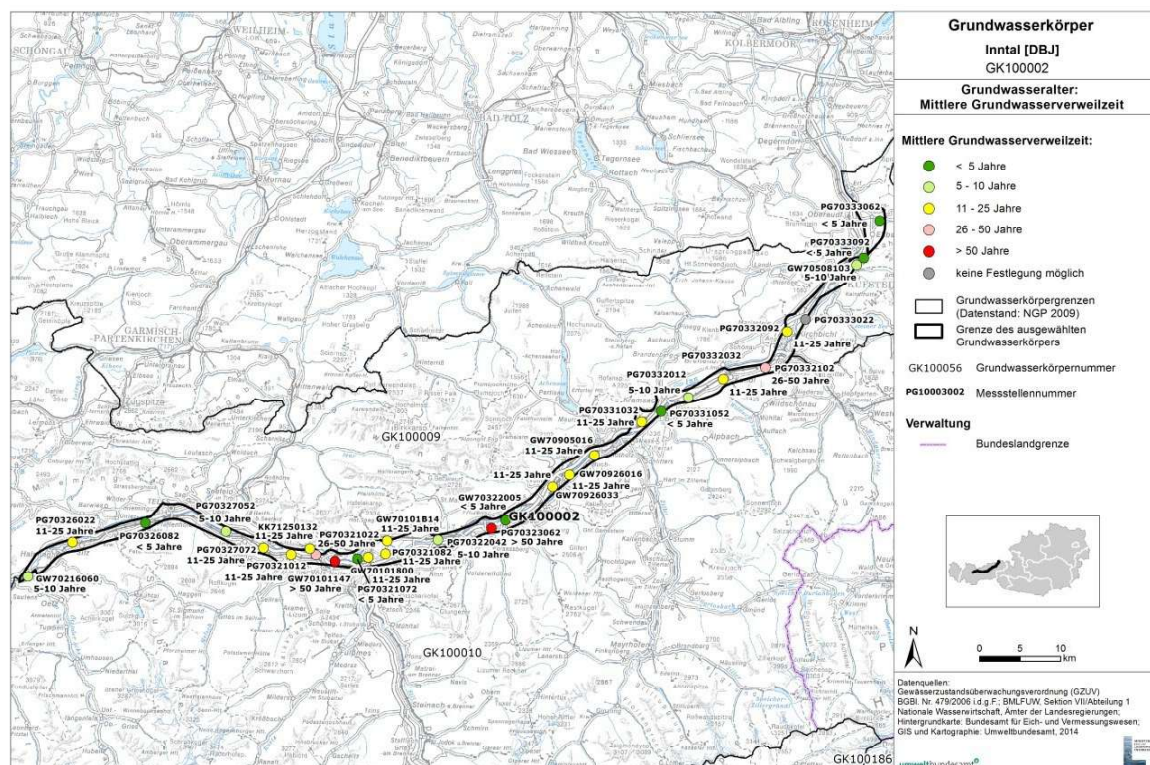


**Abb. 3:** 3-Komponenten-Mischungsdiagramm zeigt radiogene, tritiogene und Mantelkomponenten. Durchgezogene Linien repräsentieren Mischungsgeraden von radiogenem Helium mit  $^3\text{He}/^4\text{He} = 2 \cdot 10^{-8}$  und luftgesättigtem Wasser bei  $10^\circ\text{C}$ .

### Mittlere Grundwasserverweilzeiten

Die Mischung von Grundwässern verschiedener Herkunft (und Alter) in den Porengrundwassermessstellen des Inntals spiegelt sich auch in den für den Grundwasserkörper Inntal berechneten mittleren Verweilzeiten wider (Abbildung 4). Vor allem durch Uferfiltrat des Inns oder seiner Zubringer beeinflusste Messstellen (z.B. PG70321072 - Innsbruck, PG70331052 – Brixlegg) aber auch Messstellen mit Zustrom aus dem klüftigen, z.T. verkarsteten Wettersteinkalk und Dolomit des Kaisergebirges (z.B. PG70333092 – WVA Ebbs) weisen Verweilzeiten von  $< 5$  bzw. 5-10 Jahren auf.

Die meisten Messstellen (45%) sind allerdings der Alterskategorie 11-25 Jahre zuzuordnen. Auf die Altersgruppen 26-50 Jahre und  $> 50$  Jahre entfallen nur 7% (2) bzw. 10% (3) der Messstellen.



**Abb.4:** Mittlere Verweilzeiten des Grundwassers an den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Inntal.

Vergleichsweise hohe (z.T. nicht datierbare (>50 Jahre)) Grundwasseralter ließen sich für die Messstellen PG70321022 (WVA Völs), GW70101147 (Höttinger Au, V1) sowie die Messstellen PG70323062 (Wattens) und PG70332102 (Wörgl-Lahntal) nachweisen (Abbildung 4). Die mittlere Verweilzeit des Grundwasser an der Messstelle PG70321022 beträgt 26-50 Jahre, an der Messstelle GW70101147 sogar >50 Jahre. Die im Schwemmkegel des Wattenbachs gelegene Messstelle PG70323062 (Wattens) enthält mit einem mittleren Tritiumwert von 3,6 TE einen hohen Anteil einer tritiumfreien Komponente und fällt damit in die Alterskategorie >50 Jahre. Messstelle PG70332102 (Wörgl-Lahntal) liegt im Bereich des Schwemmfächers des Wörgler Baches und der Brixentaler Ache und ist bis in 26 m verfiltert. Tritiumwerte von 5,5 TE (im Mittel) indizieren die Zumischung einer tritiumfreien Komponente (> 60 Jahre). Die mittlere Verweilzeit der Messstelle liegt bei 26-50 Jahren.

### Zusammenfassung

An den einzelnen Messstellen im Inntal findet man generell eine lokal charakteristische Mischung von jüngeren Grundwässern aus Uferfiltration (<5), jungem (tritiumtragendem: <5 und 5-10) altem (tritiumfreiem; größer 50) und Wasser aus dem Grundwasserbegleitstrom des Inns sowie von Grundwasserzustrom aus den Hangbereichen der nördlich angrenzenden Kalkalpen und den südlich gelegenen kristallinen Gesteinseinheiten der Zentralalpen, so dass sich im Hinblick auf die Wirksamkeit von Maßnahmen an vielen Messstellen relevante Zeitverzögerungen ergeben. Generell kommt es im Hinblick auf die Grundwasserqualität aufgrund der hohen Grundwasserneubildungsraten und der starken Verdünnung im Porengrundwasserkörper Inntal kaum zu Schwellenwert-überschreitungen im Sinne der Qualitätszielverordnung.

Die durchgeführten Untersuchungen zur Abschätzung der mittleren Verweilzeiten stellen vor allem eine wertvolle Planungshilfe für wasserwirtschaftliche Vorhaben dar.

### **Literatur**

- Berka, R., Katzlberger, C., Philippitsch, R., Schubert, G., Korner, M., Landstetter, C., Motschka, K., Pirkl, H., Grath, J., Draxler, A., Hörhan, T. (2014): Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Radionuklide in Grundwässern, Gesteinen und Bachsedimenten Österreichs 1:500000. 109S. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- Kralik, M., Humer, F., Loishandl-Weisz, H. & Grath, J. (2009): Pilotprojekt Grundwasseralter: Endbericht 2008. Reports, Bd. REP0220. 174 S. Umweltbundesamt. Wien.
- Kralik, M., Wenter, F., Humer, F., Scheidleder, A. & Grath, J. (2011): Grundwasseralter ausgewählter Grundwasserkörper 2009/2010: Endbericht 2011. 206 S. Umweltbundesamt, Wien.
- Ostermann, M., Sanders, D., Prager, C., Kramer, J. (2007): Aragonite and calcite cementation in „boulder-controlled“ meteoric environments on the Fern Pass rockslide (Austria): implications for radiometric age dating of catastrophic mass movements. – *Facies*, 53: 189-208.
- Tropper, P. & Kozlik, M. (2012): Was sagen uns die Ti-führenden Akzessorien? Die Rolle der Akzessorien in der Bestimmung der Polymetamorphose in den Metakarbonaten aus dem zentralen Ötztal Komplex (Pollestal, Tirol). – *PANGEO AUSTRIA 2012, Abstracts*, 136, Salzburg.