

Wasserisotopenkarte Österreichs und Einfluss des Klimawandels: Tiroler Brunnen und Quellen

Martin Kralik¹

¹Dept. f. Umweltgeowissenschaften, Universität Wien, Althanstr. 14, A-1090 Wien

Kurzfassung

Um die Herkunft und das Alter von Wässern bei zahlreichen Wasserversorgungs- und Ingenieursprojekten (z.B. Tunnelbau, Wasserkraft) sowie wissenschaftlichen Arbeiten bestimmen zu können, wurden in den letzten 45 Jahren an über 1.350 Stellen über 40.000 Isotopenmessungen durchgeführt. Der Medianwert aller Messstellen liegt bei Sauerstoff ($\delta^{18}\text{O}$) bei $-10,7\text{‰}$ und bei Wasserstoff ($\delta^2\text{H}$) bei -75‰ . Da die Änderung der Isotopenverhältnisse vorwiegend temperaturabhängig ist, kommen die niedrigsten Werte der in Promill-Abweichung vom Meerwasser (VSMOW) dargestellten negativen Messwerte im Winterniederschlag ($\delta^{18}\text{O}$ -23‰) und in Quellen des Kaunertales ($\delta^{18}\text{O}$ bis $-15,1\text{‰}$) vor. Der überwiegende Anteil der alpinen Quellen zeigt wegen der Höhenlage der Einzugsgebiete relativ leichte $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ($< -12,4$ bis $-11,4\text{‰}$).

Der Medianwert aller 1.120 Messstellen mit Tritiummessungen ergibt zerfallskorrigiert bezogen auf das Jahr 2015 6,2 Tritium Einheiten (TE). Das ist etwas weniger als der Medianwert aller Niederschlagsstationen von 7,2 TE, da die Tritiumkonzentrationen in der überwiegenden Zahl der Grundwässer bereits während der Verweilzeit im Untergrund durch Zerfall abgenommen haben.

Anwendungsbeispiele und Änderungen durch Klimawandel wird an Tiroler Brunnen oder Quellen demonstriert.

Abstract

To determine the origin and mean age of waters in many projects concerning water supply, engineering (e.g. tunnels, hydroelectric power plants) and scientific projects in the last 45 years on more than 1,350 sites more than 40,000 isotope measurements were performed in Austria. The median value of all sites of oxygen-18 is $\delta^{18}\text{O}$ -10.7‰ and for hydrogen-2 $\delta^2\text{H}$ -75‰ . As the fractionation is mainly temperature dependent the lowest negative values are observed in winter precipitation (oxygen-18 as low as $\delta^{18}\text{O}$ -23‰) and in springs in the Tyrolean Kauner valley ($\delta^{18}\text{O}$ -15.1‰) deriving their water from high mountains and glaciers. Most of the Alpine springs due to the altitude of their recharge areas show relatively light $\delta^{18}\text{O}$ -values (< -12.4 till -11.4‰).

The median value of all 1,120 sampling sites of decay corrected (2015) tritium measurements is 6.2 tritium units (TU). This is somewhat smaller than the median value of all precipitation stations with 7.2 TU. This can be explained by the fact that in most cases in groundwater the median value has been reduced by decay according to the residence time underground.

Examples of global change impacts will be shown on examples of Tyrolian springs or wells.

Einleitung

Der Einsatz von Isotopen- und Tracer-Analysen ist hilfreich und notwendig, um den Wasserkreislauf besser nachvollziehen und/oder die Qualität von Wässern entsprechend langfristig schützen zu können.

Isotope sind Atome mit unterschiedlichen Massenzahlen (Gewicht). Mit ihnen lässt sich die Herkunft bzw. die Verweilzeit des Wassers oder deren Inhaltsstoffe unterscheiden. Die am häufigsten in der Hydrologie untersuchten Isotope sind: Deuterium (^2H), Tritium (^3H) und Sauerstoff-18 (^{18}O) als Bestandteile des Wassermoleküls.

Abbildung 2: Ausschnitt von Tirol und Vorarlberg der österreichischen Wasserisotopenkarte (Kralik et al. 2015a)

Herkunfts-Tracer: bestimmen wo und unter welchen Bedingungen Grundwasser im Einzugsgebiet gebildet wird (z.B. stabile Isotope für längere Verweilzeiten, künstliche Farbtracer für kürzere Verweilzeiten).

Datierungs-Tracer: Bestimmen die Verweilzeit von Grundwasser im Untergrund (z.B. Tritium, FCKW, SF_6 , ^{14}C) (Kralik, 2015).

Niederschlags- und Oberflächengewässermessnetz für Isotopen (ANIP)

In Österreich wurden seit über 45 Jahren Monatsmischproben von mehr als 30 über ganz Österreich verteilten Niederschlagsstationen gesammelt und analysiert (**Isotopenmessnetz „ANIP“**: wisa.bmlfuw.gv.at bzw. www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/wasser/isotopen/isotopen.anip). Die Daten dieser Stationen liefern die sogenannten „Input-Werte“ (^{18}O , ^2H , ^3H) und bieten unter anderem auch die Voraussetzung für Altersberechnungen der Mittleren Verweilzeit (MVZ) des Grundwassers. Überdies gibt

es seit 2015 eine Karte (**Wasserisotopenkarte Österreichs, Abb. 1**) samt Werten eines großen Teils in Österreich erhobener ^{18}O -, ^2H - und ^3H -Daten (Kralik et al. 2015).

Wasserisotopenkarte Österreichs

Um die Herkunft und das Alter von Wässern bei zahlreichen Wasserversorgungs- und Ingenieursprojekten (z.B. Tunnelbau, Wasserkraft) sowie wissenschaftlichen Arbeiten bestimmen zu können, wurden in den letzten 47 Jahren an über 1.350 Stellen über 40.000 Isotopenmessungen durchgeführt. Um eine Übersicht über die durchschnittliche Isotopenverteilung in verschiedenen Regionen Österreichs zu geben und als wichtige Basis für weitere praktische und wissenschaftliche Anwendungen wurden die Messstellen aus zahlreichen Berichten und Publikationen lokalisiert und die Daten in Farbklassen dargestellt.

Die Wasserisotopenkarte liegt in zwei Versionen vor: zum einen als **PDF im Format A0 (Abb.1)**, zum anderen in **interaktiver Form**. Die interaktive Version ist mit einer **Datenbank** hinterlegt, die alle in der Kartendarstellung berücksichtigten Messwerte für Sauerstoff-18 und Tritium enthält. Zudem können über die Datenbank auch die Deuterium-Werte abgefragt werden, die in der Karte nicht dargestellt sind. Die Excel-Datei, die für jede einzelne Probenahmestelle durch Anklicken heruntergeladen werden kann, enthält neben den Messdaten Angaben zur Messstelle selbst, die statistisch bearbeiteten Daten sowie Referenzen. Als Kartenhintergrund können im Fall der interaktiven Karte wahlweise topographische Karte, Luftbild oder geologische Karte gewählt werden. Zudem werden Informationen zur Messstelle, den verfügbaren Isotopendaten und – falls als Hintergrundkarte ausgewählt – zur Geologie angezeigt.

Beide Versionen der Karte sind im Internet verfügbar:

- Interaktive Karte (inklusive Datenbank): <https://secure.umweltbundesamt.at/webgis-portal/isotopen/map.xhtml>
- PDF im A0-Format: https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:c52428c4-e351-4567-80d3-ef378e1ddf65/A0_Wasserisotopenkarte19_red.pdf

Der Medianwert aller Messstellen liegt bei Sauerstoff ($\delta^{18}\text{O}$) bei $-10,7\text{‰}$ und bei Wasserstoff ($\delta^2\text{H}$) bei -75‰ . Da die Änderung der Isotopenverhältnisse vorwiegend temperaturabhängig ist, kommen die niedrigsten Werte der in Promill-Abweichung vom Meerwasser (VSMOW) dargestellten negativen Messwerte im Winterniederschlag (Sauerstoff-18 bis $\delta^{18}\text{O} -23\text{‰}$) und in Quellen des Kaunertales ($\delta^{18}\text{O}$ bis $-15,1\text{‰}$) vor. Der überwiegende Anteil der alpinen Quellen zeigt wegen der Höhenlage der Einzugsgebiete relativ leichte $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ($< -12,4$ bis $-11,4\text{‰}$).

Dagegen finden sich die höchsten Werte im Sommerregen ($\delta^{18}\text{O}$ bis $-0,5\text{‰}$) und in den durch Verdunstung angereicherten Lacken und Seen des Seewinkels ($\delta^{18}\text{O}$ bis $+5\text{‰}$). Da die Isotopenzusammensetzung des Wassers neben dem Temperatureffekt auch vom Ursprung der verdunsteten Wassermassen abhängt, gibt es auch augenscheinliche regionale Unterschiede in Österreich. So zeigen die Niederschläge und oberflächennahen Grundwässer in der Region Osttirol, Kärnten und Südoststeiermark ca. 1‰ höhere $\delta^{18}\text{O}$ -Werte als solche mit gleicher Höhenlage und Temperatur im Rest von Österreich.

Das ist wahrscheinlich durch den verstärkten Niederschlagseinfluss aus dem mediterranen Raum bedingt. Das wird auch durch den höchsten Durchschnittswert einer Niederschlagsstation in Graz ($\delta^{18}\text{O} -8,3\text{‰}$) und den hohen Werten im Grundwasser entlang der Mur bestätigt ($\delta^{18}\text{O}$: -9,7 bis -8,9‰).

Der Medianwert aller 1.120 Messstellen mit **Tritiummessungen** ergibt zerfallskorrigiert bezogen auf das Jahr 2015 6,2 Tritium Einheiten (TE). Das ist etwas weniger als der Medianwert aller Niederschlagsstationen von 7,2 TE, da die Tritiumkonzentrationen in der überwiegenden Zahl der Grundwässer bereits während der Verweilzeit im Untergrund durch Zerfall abgenommen haben. Ähnlich wie bei den $\delta^{18}\text{O}$ -Werten erreichen die Sommerniederschläge Tritiumwerte von 10 - 11 TE und sinken im Winter auf 3 - 4 TE ab, was auf die bessere Durchmischung des durch natürliche Höhenstrahlung gebildeten Tritiums in der Atmosphäre im Frühling bedingt ist. Tritiumgehalte kleiner ca. 3,5 TE enthalten meist große Mengen von Wässern, die älter als 60 Jahre sind. Tritiumgehalte kleiner 0,3 TE zeigen an, dass diese Wässer alle älter als 60 Jahre sind.

Hingegen enthalten Wässer mit mehr als ca. 12 TE alte Wässer mit Wasserstoffbomben-Tritium aus den 1960er bis 1970er Jahren bzw. mehr als ca. 23 TE Wässer, die durch Tritiumverunreinigungen z.B. aus Deponien oder Kernkraftanlagen beeinflusst wurden. In Österreich zeigen die Flüsse Donau und March periodische bzw. permanente Tritiumbelastungen von bis zu 70 TE aus Kernkraftanlagen aus den Nachbarländern.

Regional ist nur bemerkenswert, dass im Weinviertel und im nordöstlichen Marchfeld viele Brunnen mit weniger als 2,8 TE aufscheinen, was auf den geringen Niederschlag und die nachgewiesenen hohen Wasseralter zurückzuführen ist.

Die Wasserisotopenkarte zeigt, dass Wasserisotope, in einem weitgehend alpinen Land mit verschiedenen Klimaeinflüssen, eine gute Grundlageninformation bilden, die Herkunft von Wässern mit vorwiegend jüngeren Verweilzeiten zu unterscheiden (Kralik et al. 2015b; Benischke et al. 2018).

Langzeit Monitoring und Einfluss des Klimawandels

Die Niederschlagwässer von 11 meteorologischen und 6 Fluss-ANIP-Stationen mit langzeit (1973-2014) monatlichen $\delta^{18}\text{O}$ -Messungen zeigen einen 0,8 bzw. 1,0‰ (SMOW) Anstieg. Der mittlere Lufttemperaturanstieg in diesen 11 meteorologischen Stationen über diese 41 Jahre ist 1,7 °C. Das Verhältnis dieser Anstiege zwischen 0,5-0,0‰ / 1°C entspricht auch dem saisonalen Temperaturanstieg jeder meteorologischen Station unabhängig der Höhenlagen. Dieser Anstieg von 0,2-0,25‰ in $\delta^{18}\text{O}$ per Jahrzehnt ist daher sehr wahrscheinlich auf den Klimawandel zurückzuführen. Daraus folgt die Notwendigkeit den Niederschlag an einer Station kontinuierlich zu untersuchen, um einerseits den aktuellen $\delta^{18}\text{O}$ -Wert des Niederschlags zu kennen bzw. um klimabedingte Änderungen des Niederschlags zu beobachten (Kralik et al., 2018).

Literatur

Benischke, R., Brielmann, H., Dalla-Via, A., Goldbrunner, J., Grath, J., Harum, T., Humer, F., Kralik, M., Leis, A., Philippitsch, R., Rank, D., Reszler, C., Schott, K., Wemhöfner, U., Wyhlidal, S. (2018): Isotopenzusammensetzung in natürlichen Wässern in Österreich: Grundlagen und

Anwendungsbeispiele zur Wasserisotopenkarte Österreichs 1:500.000. 153 p., Philippitsch, R. & Humer, F. (eds.), Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.
(<https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasserqualitaet/wasserisotopen.html>)

Kralik, M. (2015): How to Estimate Mean Residence Times of Groundwater. Procedia Earth and Planetary Science, 13, 301-306, 11th Applied Isotope Geochemistry Conference, AIG-11 BRGM, Orleans.

Kralik, M., Benischke, R., Leis, A., Heiss, G., Wyhlidal, S., Grath, J., Hadrbolec, M., Zieritz, I. & Philippitsch, R. (2015a): Wasserisotopenkarte Österreichs (Internetversion).
<https://secure.umweltbundesamt.at/webgis-portal/isotopen/map.xhtml>

Kralik, M., Benischke, R., Wyhlidal, S. & Philippitsch, R. (2015b): Erläuterungen zur Wasserisotopenkarte Österreichs: Der Niederschlags-, Oberflächenwasser-, Grundwasser- und Tiefengrundwasserstationen. 30 S., Bericht d. Bundesministerium f. Land-, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
<http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasserqualitaet/wasserisotopen.html>

Kralik, M., Wyhlidal, S. & Brielmann, H. (2018): Long-term ^{18}O -Records in Precipitation and Global Warming. Geophysical Research Abstracts, Vol. 20, EGU2018-8485, 2018, EGU General Assembly 2018