
**Isotopenhydrologische und gasphysikalische Untersuchungen am
Grundwasser aus dem
Brunnen VI im Gewinnungsgebiet Kronawittau
Stadtwerke Landau an der Isar**



[Quelle: Stadtwerke Landau]

Auftraggeber: SGS Analytics Germany GmbH
Zur Kesselschmiede 4
92637 Weiden

Bearbeiter: Dr. G. Lorenz (Dipl. Geol.)

Schweitenkirchen, 14.01.2022



Dr. F. Eichinger

E:\SGS Analytics Germany GmbH ehem. synlab\372790_Kronawittau.docx

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Vorbemerkung	3
2 Stabile Isotope Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$) und Deuterium ($\delta^2\text{H}\text{-H}_2\text{O}$).....	3
2.1 Grundlagen	3
2.2 Ergebnisse mit Interpretation	4
3 Tritium ($^3\text{H}\text{-H}_2\text{O}$) in Kombination mit Schwefelhexafluorid (SF_6)	5
3.1 Grundlagen	5
3.2 Ergebnisse mit Interpretation	7
4 Zusammenfassung	9

Verzeichnis der Abbildungen und Anlagen

Abbildung 1 Gemeinsame Darstellung der Sauerstoff-18- und der Deuterium-Werte des Grundwassers aus dem Brunnen VI Kronawittau.	5
Abbildung 2 Gemeinsame Darstellung der Tritium- und der Schwefelhexafluorid- Gehalte des Grundwassers aus dem Brunnen VI Kronawittau sowie berechnete Gehalte für Grundwässer im Oktober 2021.....	8
Prüfbericht Nr. 372790.....	10

1 Vorbemerkung

Die Fa. Hydroisotop GmbH wurde von der SGS Analytics Germany GmbH in Weiden beauftragt, am erschlossenen Grundwasser aus dem neu errichteten Brunnen VI im Gewinnungsgebiet Kronawittau der Stadtwerke Landau an der Isar isotopenhydrologische und gasphysikalische Untersuchungen durchzuführen.

Die Untersuchungen sollen Aussagen über den Anteil an jungem, tritiumhaltigem Grundwasser und dessen mittlerer Verweilzeit im Grundwasser erlauben. Die Proben wurden auf die Isotopensignaturen von Sauerstoff-18, Deuterium und Tritium sowie den Gasgehalt von Schwefelhexafluorid hin untersucht. Zusätzlich wurde eine Untersuchung der radioaktiven Belastung des Rohwassers durchgeführt, die jedoch im vorliegenden Bericht nicht weiter ausgewertet wird, sondern nur mit den Analyseergebnissen in der Anlage (Prüfbericht Nr. 372790) aufgeführt und bewertet wird.

Der Brunnen VI Kronawittau im niederbayerischen Landkreis Landau-Dingolfing erschließt Grundwasser in tertiären Sanden der Oberen Süßwassermolasse (OSM) bis in eine Teufe von ca. 80 m u. GOK.

Die Beprobung wurde seitens des Auftraggebers am 14.10.2021 im Rahmen des Stufenpumpversuchs in der letzten Pumpstufe bei ca. 25 L/s Pumprate durchgeführt. Für die Probenahme des Gastracers Schwefelhexafluorid wurde eine Probenahmeanweisung zur atmosphärenfreien Probenahme seitens der Hydroisotop bereitgestellt.

Informationen zur hydrochemischen Zusammensetzung des Grundwassers und des Ausbaus der Entnahmestelle wurden vom Auftraggeber nicht zur Verfügung gestellt. Entsprechend des überlassenen Probenahmeprotokolls ist das Grundwasser mit einer spez. el. Leitfähigkeit von 433 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nur gering bis moderat mineralisiert. Der pH-Wert von 8,31 liegt im basischen Bereich. Ein leichter Schwefelwasserstoffgeruch sowie ein sehr geringer Sauerstoffgehalt von 0,2 mg/L deuten auf reduzierende Verhältnisse im Aquifer hin. Die deutlich erhöhte Wassertemperatur von 13,3 °C deutet höchstwahrscheinlich auf einen Zustrom von (altem) Tiefengrundwasser hin.

2 Stabile Isotope Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$) und Deuterium ($\delta^2\text{H}-\text{H}_2\text{O}$)

2.1 Grundlagen

Die stabilen Isotope des Wassermoleküls Sauerstoff-18 (^{18}O) und Deuterium (^2H) zeigen in verschiedenen Grundwasserproben typische Unterschiede der Isotopensignatur. Diese sind Folge verschiedener physikalischer Prozesse. In erster Linie gehen sie auf die temperaturabhängigen Verdunstungsprozesse zurück.

Winterniederschläge weisen gegenüber Sommerniederschlägen erheblich niedrigere (abgereicherte) Gehalte an ^{18}O und ^2H auf. Grundwasser aus – relativ gesehen – höheren Einzugsgebieten oder kälteren Klimabedingungen (Winter oder Kaltzeiten) zeigt deshalb eine typische Markierung durch abgereicherte Gehalte dieser Isotope. Durch Vergleichsmessungen können auf diese Weise die Einzugsgebiete der beprobten Brunnen näher bestimmt oder sogar Anteile von sehr „alten“ Grundwässern (kaltzeitliche Komponenten) näher identifiziert werden.

Insbesondere kann die meteorische Herkunft von Grundwässern erkannt werden, da die Isotopensignaturen von Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O-H}_2\text{O}$) und von Deuterium ($\delta^2\text{H-H}_2\text{O}$) der Niederschläge und hieraus gebildeter Grundwässer auf der sogenannten mittleren Niederschlagsgeraden liegen, die durch die Relation $[\delta^2\text{H-H}_2\text{O} = (8 \times \delta^{18}\text{O-H}_2\text{O}) + 10]$ wiedergegeben ist.

Die Ergebnisse der Messung der stabilen Isotopensignaturen von Deuterium ($\delta^2\text{H}$) und von Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O}$) werden auf den internationalen Standard des „Vienna Mean Ocean Water“ (VSMOW) bezogen und als relative Abweichung hiervon in der so genannten δ -Notation angegeben.

Vergleicht man anhand längerer Messreihen die Isotopensignaturen im Grundwasser mit den Signaturen im Niederschlag (meist Monatssammelproben), so kann beim Auftreten von größeren Schwankungen im Grundwasser eine schnell abfließende Grundwasserkomponente nachgewiesen werden. In größeren, gut durchmischten Grundwasservorkommen ohne Beteiligung von schnell abfließenden Grundwasserkomponenten treten diese Schwankungen der Isotopensignaturen nicht bzw. nur in sehr geringem Umfang auf.

2.2 Ergebnisse mit Interpretation

In der Grundwasserprobe aus dem Brunnen VI Kronawittau wurden die stabilen Wasserisotopen mit Signaturen von $-12,34 \text{‰}_{\text{VSMOW}}$ für Sauerstoff-18 und $-89,7 \text{‰}_{\text{VSMOW}}$ für Deuterium gemessen.

Das Isotopenwertepaar kommt nahe der globalen mittleren Niederschlagsgerade zu liegen, was eine meteorische Grundwasserneubildung entspricht (Abbildung 1). Hinweise auf Verdunstungsprozesse von Oberflächengewässern oder den Einfluss von unter hohen Temperaturen veränderten Tiefengrundwässern bestehen auf Grundlage der stabilen Wasserisotope nicht.

Im Vergleich zum typischen Wertebereich für Grundwässer der Region, die unter heutigen Klimabedingungen neugebildet wurden, zeigt die Grundwasserprobe aus dem Brunnen VI Kronawittau eine isotopisch wesentlich „leichtere“ Isotopensignatur (Abbildung 1). Dies weist auf deutlich kühlere Neubildungsbedingungen des Grundwassers hin. Kühlere Neubildungsbedingungen können durch hohe Anteile an Winterniederschlägen aufgrund sehr schnell abfließender Niederschläge oder Oberflächenwasseranteile bedingt sein, oder sie können durch höher gelegene Einzugsgebiete z.B. durch Isaruferfiltrat zurückgehen oder als dritte Möglichkeit auf sehr alte Grundwässer hindeuten, die durch Klimabedingungen einer Kaltzeit geprägt sind.

Inwieweit Winterniederschläge als Möglichkeit in Betracht kommen, wird durch die Bestimmung möglicher Jungwasseranteile im folgenden Kapitel 3 bewertet.

Die Möglichkeiten einer sehr alten, kaltzeitlichen Grundwasserneubildung kann nur über die Bestimmung von Kohlenstoffisotopen (^{14}C - / $\delta^{13}\text{C-DIC}$) verifiziert werden.

Eine Prägung durch – möglicherweise auch alte bis sehr alte – Uferfiltratsanteile kann nur über Zeitreihen der stabilen Wasserisotope evaluiert werden.

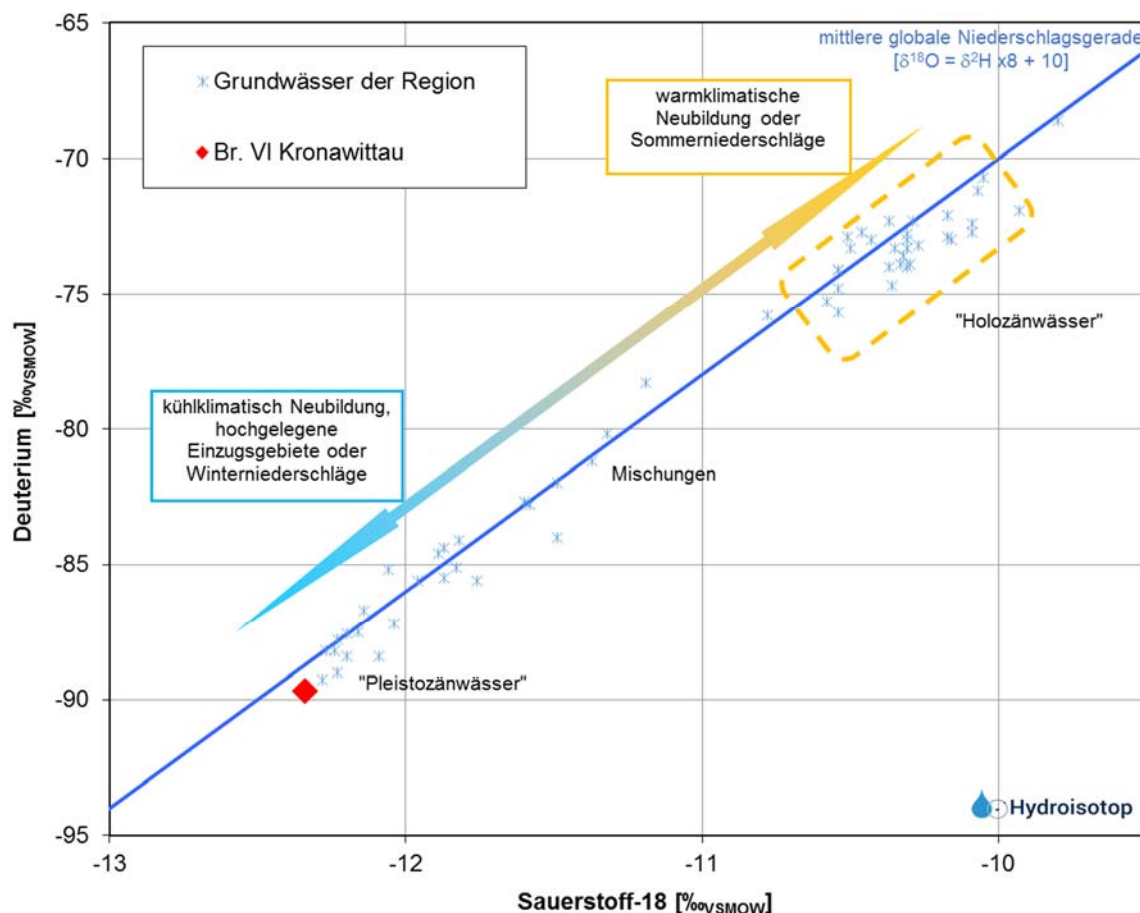


Abbildung 1 Gemeinsame Darstellung der Sauerstoff-18- und der Deuterium-Werte des Grundwassers aus dem Brunnen VI Kronawittau. Zur Einordnung sind weitere Grundwasserproben der Region sowie der Wertebereich von holozän neugebildeten Grundwässern eingezeichnet. Außerdem wird die mittlere globale Niederschlagsgerade der Relation $[\delta^{18}\text{O} = \delta^2\text{H} \times 8 + 10]$ angegeben.

3 Tritium ($^3\text{H}\text{-H}_2\text{O}$) in Kombination mit Schwefelhexafluorid (SF_6)

3.1 Grundlagen

Wasser enthält das radioaktive Isotop **Tritium** (^3H). Seine Halbwertszeit beträgt etwa 12,3 Jahre. Tritium wird beständig in der Atmosphäre durch die Einwirkung von kosmischer Strahlung auf Stickstoffatome erzeugt. Gemessen werden Tritiumkonzentrationen in TU (tritium units). Der hierdurch entstehende ^3H -Gehalt der Niederschläge beträgt etwa 5 TU.

Heute in der Hydrosphäre vorhandenes Tritium ist jedoch zum größten Teil aus Kernwafferversuchen seit 1953 entstanden und gelangt mit den Niederschlägen zur Erdoberfläche. Von dort dringt es mit dem Sickerwasser ins Grundwasser.

Stiegen die Tritiumkonzentrationen in den Niederschlägen von 1953 bis etwa 1963 auf mehr als das Tausendfache der natürlichen Konzentration, so fallen die Niederschlagskonzentrationen

onen aufgrund der Einstellung der oberirdischen Kernwaffenversuche seit dieser Zeit kontinuierlich. Dies ist neben den Verdünnungsvorgängen vor allem auf den radioaktiven Zerfall und die kurze Halbwertszeit zurückzuführen.

Nachdem der tritiumhaltige Niederschlag in den Aquifer eingedrungen ist, nimmt der Tritiumgehalt des so neugebildeten Grundwassers im einfachsten Fall nur durch radioaktiven Zerfall weiter ab.

Schwefelhexafluorid (SF₆) ist ein Spurenstoff, der seit ca. 60 Jahren zunehmend in die Atmosphäre gelangt. Der Stoff wird vor allem für den Einsatz von elektrischen Hochspannungsschaltern, zur Schallschuttdämmung, in Windkraftanlagen und zur Befüllung von Reifen verwendet. Er ist in der Atmosphäre sehr stabil. Schwefelhexafluorid ist gasförmig und löst sich im Niederschlagswasser (Tritium ist dagegen im Wassermolekül enthalten). Über Niederschläge gelangt Schwefelhexafluorid in das Grundwasser und kann zur Altersbestimmung herangezogen werden. Die Konzentrationen von Schwefelhexafluorid werden in fmol/L (entsprechend 10⁻¹⁵ mol) angegeben. Aktuell neu gebildete Grundwässer weisen Schwefelhexafluorid-Gehalte von etwa 4 bis 5 fmol/L auf. Im Vergleich mit Tritium, dessen Konzentrationen in der Atmosphäre und im Grundwasser kontinuierlich abnehmen, ist der Schwefelhexafluorid-Gehalt kontinuierlich steigend.

Zur Beschreibung von komplexeren Mischungsvorgängen verschieden alter, tritiumhaltiger Grundwasserkomponenten, wie sie z.B. durch die Grundwasserentnahme in Brunnen induziert werden, werden hydrologische Fließmodelle angewandt, um die Verweilzeit des Grundwassers zu bestimmen. Diese Modellrechnungen (z.B. Piston-Flowmodell, Exponentialmodell) haben sich bereits vielfach in der hydrogeologischen Praxis bewährt und geben Aufschluss über die Geschütztheit des Entnahmebrunnens bzw. des erschlossenen Grundwasserreservoirs.

Durch die Verwendung zweier unabhängiger Datierungstracer Tritium und Krypton-85, Schwefelhexafluorid bzw. der FCKW-Spuren-gase ist es möglich, die Zumischung von alten tritium- und spurengasfreien Grundwasserkomponenten zu erkennen. Dabei werden die zu erwartenden Konzentrationen beider Datierungstracer für verschiedene Verweilzeiten von 1 bis 70 Jahren berechnet und gegeneinander aufgetragen (siehe äußerste Kurve der Abbildung in Kap. 3.2). Der äußerste Linienzug repräsentiert die sich für die verschiedenen Verweilzeiten ergebenden Gehalte der Datierungstracer. Grundwasser, welches nur aus einer Komponente besteht, kommt auf dieser Linie zu liegen. Ein tritiumfreies Grundwasser (älter als 70 Jahre) liegt auf dem Nullpunkt des Diagramms. Die Zumischung von alten, datierungstracersfreien Grundwasserkomponenten kann durch die Kombination erkannt werden. Der Anteil und die mittlere Verweilzeit (MVZ) der Jungwasserkomponente werden graphisch bestimmt. Die Berechnungen der so genannten Harfen (siehe Abbildung im Kap. 3.2) basieren auf bekannten Zeitreihen im Niederschlag bzw. in der Atmosphäre aus Niederschlags- und Atmosphären-Messstationen¹. Die Inputdaten für die Spurengase werden hierbei für die Infiltrationshöhe des Untersuchungsgebietes sowie der Jahresdurchschnittstemperatur angepasst.

¹ IAEA, BAFG, NOAA

Atmosphärische Überhöhungen von Schwefelhexafluorid oder FCKW-Gasen können – wie bei allen Gastracern – durch Kontakt des Grundwassers mit der Atmosphäre auftreten. Dies kann dazu führen, dass der Gasgehalt überschätzt wird und das Grundwasser zu „jung“ erscheint („Excess Air“-Problematik). Bei Krypton-85 entfällt dieses Problem, da das Isotop gegen den Gesamt-Kryptongehalt bestimmt wird.

Bei Schwefelhexafluorid sind anthropogene Überhöhungen selten und meist auf Deponiesickerwässer oder auch Umspannwerke zurückzuführen. Geogene Überhöhungen sind bei fluoridreichen Kristallingesteinen bekannt. FCKW-Gase dagegen sind durch Altlasten häufig anthropogen überhöht. FCKW-Spurengase können zudem durch mikrobiellen Abbau oder Adsorption an tonhaltigen Mineralien empfindlich reduziert sein.

In manchen Fällen kann eine Grundwasserprobe auch rechts bzw. oberhalb der berechneten Linie der Kurven zum Liegen kommen. Dieses Phänomen wird bei jungen Grundwässern häufig durch den unterschiedlichen Eintragsmechanismus hervorgerufen: Tritium gibt die mittlere Grundwasserverweilzeit des Grundwassers in der ungesättigten Bodenzone und im Aquifer an, während die Spurengase nur die Grundwasserverweilzeit im Aquifer angeben. Dieser Fall tritt z.B. häufig in Karstgebieten mit einem großen Grundwasserflurabstand auf.

3.2 Ergebnisse mit Interpretation

Im Grundwasser aus dem Brunnen VI Kronawittau wurde Tritium mit $< 0,6$ TU nicht vorgefunden. Auch der Gehalt an Schwefelhexafluorid lag mit $< 0,1$ fmol/L unterhalb der Nachweisgrenze. Das Grundwasser wird somit deutlich von altem Grundwasser dominiert, das vor mehr als 70 Jahren neugebildet wurde. Mögliche junge Grundwasseranteile mit einer Neubildung während der letzten 70 Jahre liegen in der Stichtagsprobe vom 14.10.2021 sicher unterhalb von 10 %.

Die graphische Auswertung in Abbildung 2, in der die Tritium- und Schwefelhexafluorid-Gehalte des untersuchten Grundwassers im Harfendiagramm dargestellt sind, illustriert die Grundwasseraltersstruktur der untersuchten Grundwasserprobe. Die Berechnungen basieren auf der bekannten Zeitreihe der Tritium-Gehalte im Niederschlag (Station Schweitenkirchen der Hydroisotop GmbH). Die Spurengasgehalte wurden für eine Infiltrationshöhe von 400 m und eine Jahresdurchschnittstemperatur von ca. $9,0$ °C angepasst. Als hydrologisches Modell wurde eine Reihenschaltung von 50 % Exponentialmodell und 50 % Piston-Flowmodell (EPM 50) verwendet.

Entsprechend der graphischen Auswertung liegt ein möglicher tritiumhaltiger Jungwasseranteil des Brunnen VI Kronawittau unter 10 %. Eine Abschätzung der mittleren Verweildauer des jungen Grundwassers entfällt.

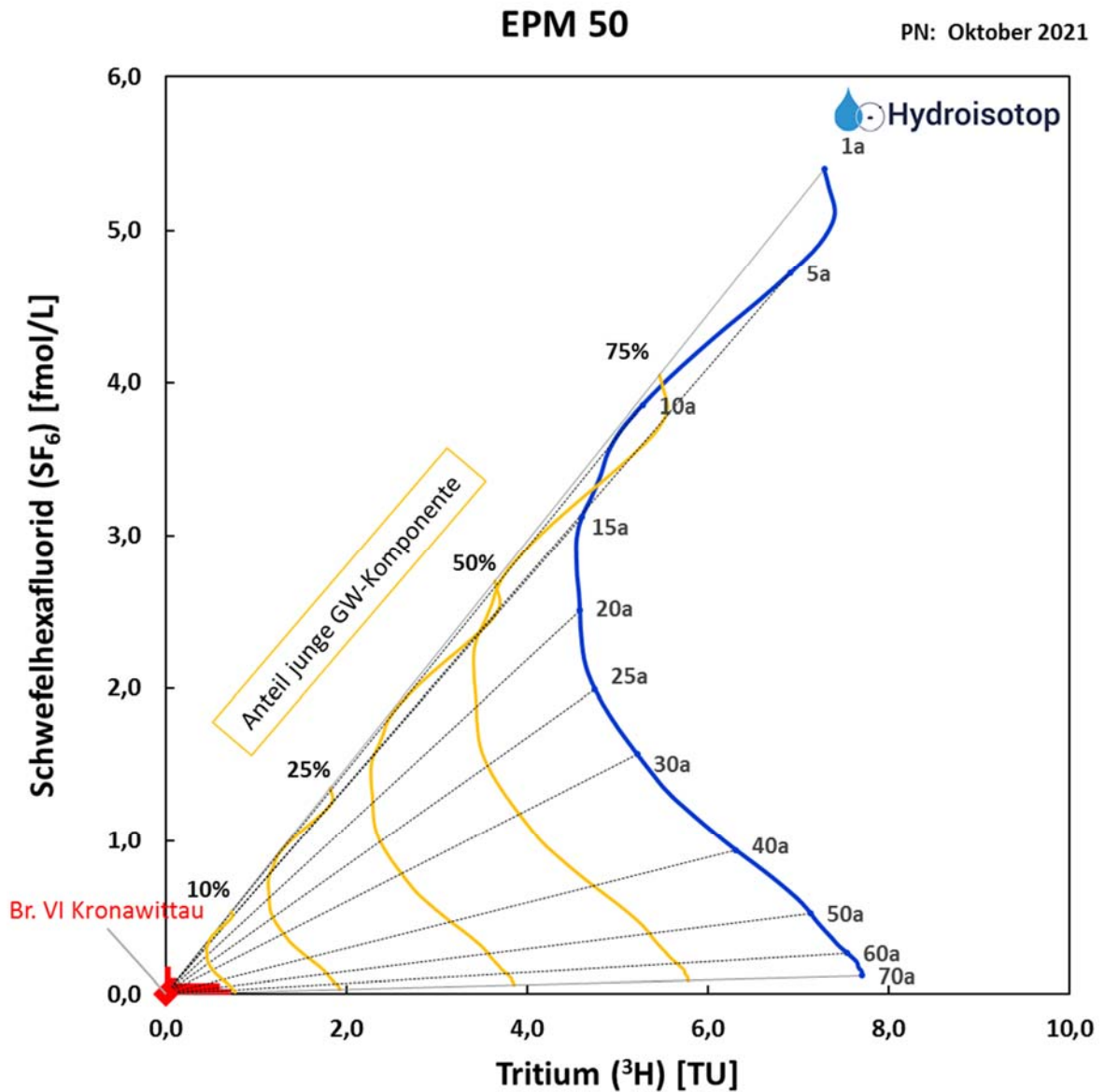


Abbildung 2 Gemeinsame Darstellung der Tritium- und der Schwefelhexafluorid-Gehalte des Grundwassers aus dem Brunnen VI Kronawittau sowie berechnete Gehalte für Grundwässer im Oktober 2021. Die blaue Linie kennzeichnet die für ein junges Grundwasser zu erwartenden Tritium- und der Schwefelhexafluorid-Gehalte, wobei die genaue Position auf der Linie von der mittleren Verweilzeit des Grundwassers abhängt. Die Linie wurde auf Basis einer Kombination aus Exponentialmodell (50 %) und Piston-Flowmodell (50 %) berechnet und die Schwefelhexafluorid-Gehalte für eine Höhenlage des Neubildungsgebietes von rund 400 m NN sowie einer Jahresdurchschnittstemperatur von 9,0 °C angepasst.

Das beprobte Grundwasser weist entsprechend des nicht vorhandenen Jungwasseranteils demnach einen guten natürlichen Schutz gegen unmittelbare Oberflächeneinflüsse auf.

Bezugnehmend auf die Auswertung von Kap. 2.2 kann als Ursache der durch die stabilen Wasserisotope angezeigten kühlen Neubildungsbedingungen ein hoher Anteil an Winterniederschlägen und damit an schnell abfließenden Oberflächenkomponenten ausgeschlossen werden.

Eine Beteiligung von Uferfiltrat als Ursache der kühlen Neubildungsbedingungen wäre nur über sehr alte Uferfiltratanteile (>70 Jahre Verweildauer) möglich.

4 Zusammenfassung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der isotopenhydrologischen und gasphysikalischen Untersuchungen im Grundwasser aus dem Brunnen VI im Gewinnungsgebiet Kronawittau der Stadtwerke Landau an der Isar zusammengefasst:

- Die stabilen Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium weisen die meteorische Herkunft des Grundwassers nach. Die Isotopenwerte weisen auf eine deutliche Prägung durch kühlere Klimabedingungen der Neubildung hin, als sie heute in der Region vorherrschen. Als Ursache kommen höher gelegene Einzugsgebiete (altes Isar-Infiltrat) oder Neubildung während einer Kaltzeit in Frage.
- Das Grundwasser ist tritiumfrei und kann als „alt“ bezeichnet werden. Anteile von jungem Grundwasser mit einer Neubildung während der letzten 70 Jahre liegen sicher unter 10 %.

SGS Analytics Germany GmbH
Zur Kesselschmiede 4

92637 Weiden

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium



Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene
Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, 11.01.2022
40-Dr.Lo

Prüfbericht Nr. 372790

Blatt 1 von 3

Probenbezeichnung: **UWE-21-0121713-01 Brunnen VI Kronawittau**

Projekt:	Bestimmung des Jungwasseranteils und Verzweilzeit		
Auftraggeber:	SGS Analytics Germany GmbH		
Angebot:	465-2021 / JS		
Labor-Nr.:	372790	Probenart:	flüssig
Probenahmedatum:	14.10.2021, 07:25	Probenahme:	Auftraggeber
Laboreingang:	15.10.2021	Analytikbeginn:	15.10.2021
		Analytikende:	14.01.2022

Prüfparameter	Prüfergebnis	Einheit
SPURENGASE		
Schwefelhexafluorid (SF ₆)	< 0,1	fmol/l
ISOTOPE		
Sauerstoff-18 (δ ¹⁸ O-H ₂ O)	-12,34	‰
Deuterium (δ ² H-H ₂ O)	-89,7	‰
Deuterium-Exzess	9,02	‰
Tritium (³ H-H ₂ O)	< 0,6	TU

Probenbezeichnung: **UWE-21-0121713-01 Brunnen VI Kronawittau**

Projekt: **Bestimmung des Jungwasseranteils und Verzweilzeit**
 Auftraggeber: **SGS Analytics Germany GmbH**
 Angebot: **465-2021 / JS**
 Labor-Nr.: **372790** Probenart: flüssig
 Probenahmedatum: 14.10.2021, 07:25 Probenahme: Auftraggeber
 Laboreingang: 15.10.2021 Analytikbeginn: 15.10.2021
 Analytikende: 14.01.2022

Prüfparameter	Prüfergebnis	Einheit
RADIONUKLIDBESTIMMUNGEN		
Radon-222 (²²² Rn)	< 10	Bq/kg
Tritium (³ H-H ₂ O)	< 0,07	Bq/kg
Gesamt-Alphaaktivität	0,038 ± 0,020	Bq/kg
Radium-226 (²²⁶ Ra)	0,0022 ± 0,0004	Bq/kg
Radium-228 (²²⁸ Ra)	0,005 ± 0,003	Bq/kg
(C _{226Ra} /C _{226Raref} + C _{228Ra} /C _{228Raref})	0,03	
Richtdosis	< 0,1	mSv/a

Die untersuchte Trinkwasserprobe entspricht den Anforderungen der TrinkwV hinsichtlich der Prüfung auf die radioaktiven Parameter Radon, Tritium und Richtdosis. Die Prüfung der Richtdosis folgt den Empfehlungen des Leitfadens des BMUB vom Januar 2017 (Kap. 7.2.5), wonach bei ²²²Rn ≤ 100 Bq/kg, ³H ≤ 100 Bq/kg, Gesamt-Alpha ≤ 0,25 Bq/kg und (²²⁶Ra/²²⁶Ra_{ref} + ²²⁸Ra/²²⁸Ra_{ref}) ≤ 0,5 die Richtdosis von 0,1 mSv/a nicht überschritten wird.

Projekt: Bestimmung des Jungwasseranteils und Verzweilzeit
Auftraggeber: SGS Analytics Germany GmbH

Prüfparameter	Prüfverfahren
Tritium ($^3\text{H-H}_2\text{O}$)	QMA 504-2/1: 2011-09; Flüssigkeitsszintillationsspektrometrie (LSC) nach elektrolytischer Anreicherung, gemessen in Tritiumeinheiten (TU) mit zweifacher Standardabweichung (1 TU = 0,119 Bq/L); Ergebnis bezogen auf Messdatum (keine Halbwertszeitkorrektur)
Deuterium-Exzess	berechnet
Schwefelhexafluorid (SF_6)	Gaschromatographie GC-ECD *
Deuterium ($\delta^2\text{H-H}_2\text{O}$)	QMA 504-2/23: 2012-02; Cavity-Ringdown-Spektrometrie (CRDS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 1,5 \text{ ‰}$
Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O-H}_2\text{O}$)	QMA 504-2/23: 2012-02; Cavity-Ringdown-Spektrometrie (CRDS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 0,15 \text{ ‰}$
Radon-222 (^{222}Rn)	QMA 504-2-32; Flüssigkeitsszintillationsspektrometrie (LSC)
Gesamt-Alphaaktivität	DIN EN ISO 11704: 2015-11; Fehlerangabe mit zweifacher Standardabweichung
Radium-226 (^{226}Ra)	QMA504-2/18a: 2013-10: α -Spektrometrie (Verzögerte-Koinzidenz-Methode mittels LSC) nach radiochemischer Abtrennung; wenn nicht anders angegeben: Ergebnis bezogen auf Probenahmedatum; Fehlerangabe mit zweifacher Standardabweichung
Radium-228 (^{228}Ra)	QMA504-2/18a: 2013-10: β/γ -Koinzidenz-Spektrometrie nach radiochemischer Abtrennung; wenn nicht anders angegeben: Ergebnis bezogen auf Probenahmedatum; Fehlerangabe mit zweifacher Standardabweichung

Legende

*	Analytik in Kooperation mit akkreditiertem bzw. qualifiziertem Prüflabor
n.b.	nicht bestimmt, Konzentration zu gering
<	für Messungen radioaktiver Parameter Angabe der Nachweisgrenze, für alle anderen Messungen Angabe der Bestimmungsgrenze
-	nicht beauftragt
x	qualifiziertes Verfahren mit ausstehender Akkreditierung

Anmerkungen

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.
 Auch eine auszugsweise Veröffentlichung von Prüfergebnissen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Hydroisotop GmbH.
 Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hydroisotop GmbH.
 Die Hydroisotop GmbH übernimmt keine Verantwortung für die Korrektheit von Probenahmen durch Dritte.


 Dr. F. Eichinger
 (Geschäftsführer)
 14.01.2022