Hydroisotop

Isotopenhydrologische Untersuchungen am Grundwasser aus den Brunnen 7, 8 und 9 Markt Wiesau

[Quelle: google maps]

Auftraggeber: Markt Wiesau
Marktplatz 1
95676 Wiesau

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

Schweitenkirchen, 09.11.2018

Dr. L. Eichinger

E:\Markt Wiesau\316993 - 316996_Markt Wiesau.doc

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Vorbemerkung 3
2 Probenahme und Vor-Ort-Messungen 3
3 Stabile Isotope Sauerstoff-18 ($\delta^{18}O$) Deuterium ($\delta^{2}H$) 4
3.1 Grundlagen 4
3.2 Ergebnisse mit Interpretation 4
4 Kombinierte Auswertung der Jungwassertracer Tritium (^{3}H-H_2O) mit Krypton-85 (^{85}Kr) 6
4.1 Grundlagen 6
4.2 Ergebnisse mit Interpretation 7
5 Zusammenfassung 10

Verzeichnis der Tabellen, Abbildungen und Anlagen

Tabelle 1 Übersicht der Vor-Ort-Messungen der Brunnen Markt Wiesau 3

Abbildung 1 Gemeinsame Darstellung der $\delta^{2}H$- und der $\delta^{18}O$-Werte der Grundwasserproben aus Markt Wiesau. 5
Abbildung 2 Gemeinsame Darstellung der Tritium- und der Krypton-85-Gehalte von 2018. 9

Prüfbericht Nr. 316993 - 316996 10

1 Vorbemerkung

Die Fa. Hydroisotop GmbH wurde vom Markt Wiesau über Vermittlung der Piewak & Partner GmbH in 95444 Bayreuth beauftragt, am Grundwasser aus den Brunnen 7, 8 und 9 in Markt Wiesau isotopenhydrologische Untersuchungen durchzuführen, um die Grundwasseraltersstruktur zu beschreiben. Die Analysenergebnisse sind im Prüfbericht Nr. 316993 - 316996 der Anlage beigelegt sowie in den Abbildungen graphisch dargestellt.

Die Brunnen in Markt Wiesau im oberpfälzischen Landkreis Tirschenreuth erschließen Grundwasser in Granit- und Metabasiten in Tiefen von 20 bis 185 m und werden zur Gewinnung von Trinkwasser genutzt. Die Sperrohre reichen bis 20 m Tiefe. Die verwitterten Deckschichten sind geklüftet und weisen nur geringmächtige undurchlässige Schichten auf.

Die zur Verfügung gestellte hydrochemische Analyse des Grundwassers aus dem Br. 9 vom 12.12.2017 weist Sauerstoffgehalte von 3,8 mg/L und nur sehr geringe Nitratgehalte von 0,14 mg/L auf. Auch Chlorid als potentieller Oberflächenzuflussanzeiger ist nur mit 7,6 mg/L nachweisbar. Pflanzenbehandlungsmittel wurden nicht vorgefunden.

2 Probenahme und Vor-Ort-Messungen

Die Grundwässer aus den Brunnen 7, 8 und 9 in Markt Wiesau wurden seitens der Hydroisotop am 07.08.2018 beprobt. Die Bestimmung der Vor-Ort-Messungen von spez. elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt und Redoxpotential durch die Hydroisotop erbrachte für die Brunnen während der Dauer der Probenahme relativ stabile Verhältnisse.

Tabelle 1 Übersicht der Vor-Ort-Messungen der Brunnen in Markt Wiesau

Labor-Nr.		316993	316994	316996
Brunnen		Br. 7	Br. 8	Br. 9
			Markt Wiesau	
Datum		07.08.2018	07.08.2018	07.08.2018
Uhrzeit		10:30	10:00	14:55
T	°C	10,4	10,7	13,7
Lf	µS/cm	203	235	233
pH		6,0	5,7	6,5
O_2	mg/l	2,5	< 0,1	< 0,1
Eh	mV	316	315	208

Die drei Brunnen zeigen relativ ähnliche Ergebnisse der Vor-Ort-Messungen (Tabelle 1). Lediglich Br. 9 unterscheidet sich mit einer Wassertemperatur von 13,7 °C deutlich von den Br. 7 und 8, die nur 10,4 und 10,7 °C aufwiesen. Die spez. elektr. Leitfähigkeiten von 203 bis 235 µS/cm weisen die sehr geringe Mineralisation der Wässer aus den Silikatgesteinen nach. Die pH-Werte liegen mit 5,7 bis 6,5 im neutralen bis schwach sauren Bereich. Die Redoxpotentiale von 208 bis 316 mV zeigen die vorrangig reduzierenden Verhältnisse der Grundwas-

serleiter an. Br. 7 unterscheidet sich von Br. 8 und 9 dahingehend, dass noch 2,5 mg/L Sauerstoff nachweisbar ist. Die beiden anderen Brunnen zeigten keinen Sauerstoffnachweis (<0,1 mg/L) bei der Probenahme am 07.08.2018.

Die gut vergleichbaren Vor-Ort-Messwerte deuten für alle drei Brunnen auf ähnliche Zuflussverhältnisse hin.

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

3.1 Grundlagen

Die stabilen Isotope des Wassermoleküls Sauerstoff-18 (^{18}O) und Deuterium (^{2}H) zeigen in verschiedenen Grundwasserproben typische Konzentrationsunterschiede. Diese sind Folge verschiedener physikalischer Prozesse. In erster Linie gehen sie auf die temperaturabhängige Verdunstung zurück. Winterniederschläge weisen gegenüber Sommerniederschlägen erheblich niedrigere (abgereicherte) Gehalte an ^{18}O und ^{2}H 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 näher identifiziert werden. Insbesondere kann die meteorische Herkunft von Grundwässern erkannt werden, da die ^{18}O- und ^{2}H-Gehalte der Niederschläge und hieraus gebildeter Grundwässer auf der sogenannten mittleren Niederschlagsgeraden liegen, die durch die Relation [$\delta^{2}H = (8 \times \delta^{18}O) + 10$] wiedergegeben ist.

Die Ergebnisse der Messung der stabilen Isotope Deuterium (^{2}H) und Sauerstoff-18 (^{18}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.

3.2 Ergebnisse mit Interpretation

In den untersuchten Grundwasserproben aus den Brunnen 7, 8 und 9 von Markt Wiesau wurden die stabilen Isotope mit Werten von -9,97 bis -9,85 ‰$_{VSMOW}$ für Sauerstoff-18 und -68,5 bis -67,4 ‰$_{VSMOW}$ für Deuterium bestimmt. Damit unterscheiden sich die drei Wertepaare nur geringfügig voneinander und können bei Berücksichtigung der Messgenauigkeit als gleich bewertet werden (Abbildung 1). Dies weist auf vergleichbare Neubildungsbedingungen und damit Einzugsgebiete der drei Grundwässer hin.

Hinweise auf den Einfluss schnell abfließender, oberflächennaher Grundwässer sind aus den Messwerten nicht abzulesen.

Die Isotopenwertepaare der drei Brunnen kommen jeweils nahe der mittleren globalen Niederschlagsgerade zu liegen, was die meteorische Bildung der Grundwässer nachweist, d.h. eine Bildung durch Versickerung von Niederschlägen. Hinweise auf den Einfluss von Verdunstungseffekten (z.B. durch Oberflächengewässer) oder Isotopenaustausch mit dem Gestein unter hohen Temperaturen ist auf Grundlage der Messergebnisse der stabilen Isotope nicht auszuweisen.

Die Isotopenwertepaare entsprechen dem typischen Wertebereich von Grundwässern der Region, die unter heutigen Klimabedingungen neu gebildet wurden. Hinweise auf deutlich höher gelegenere Einzugsgebiete oder Neubildungen unter kühlklimatischen Bedingungen liegen nicht vor.

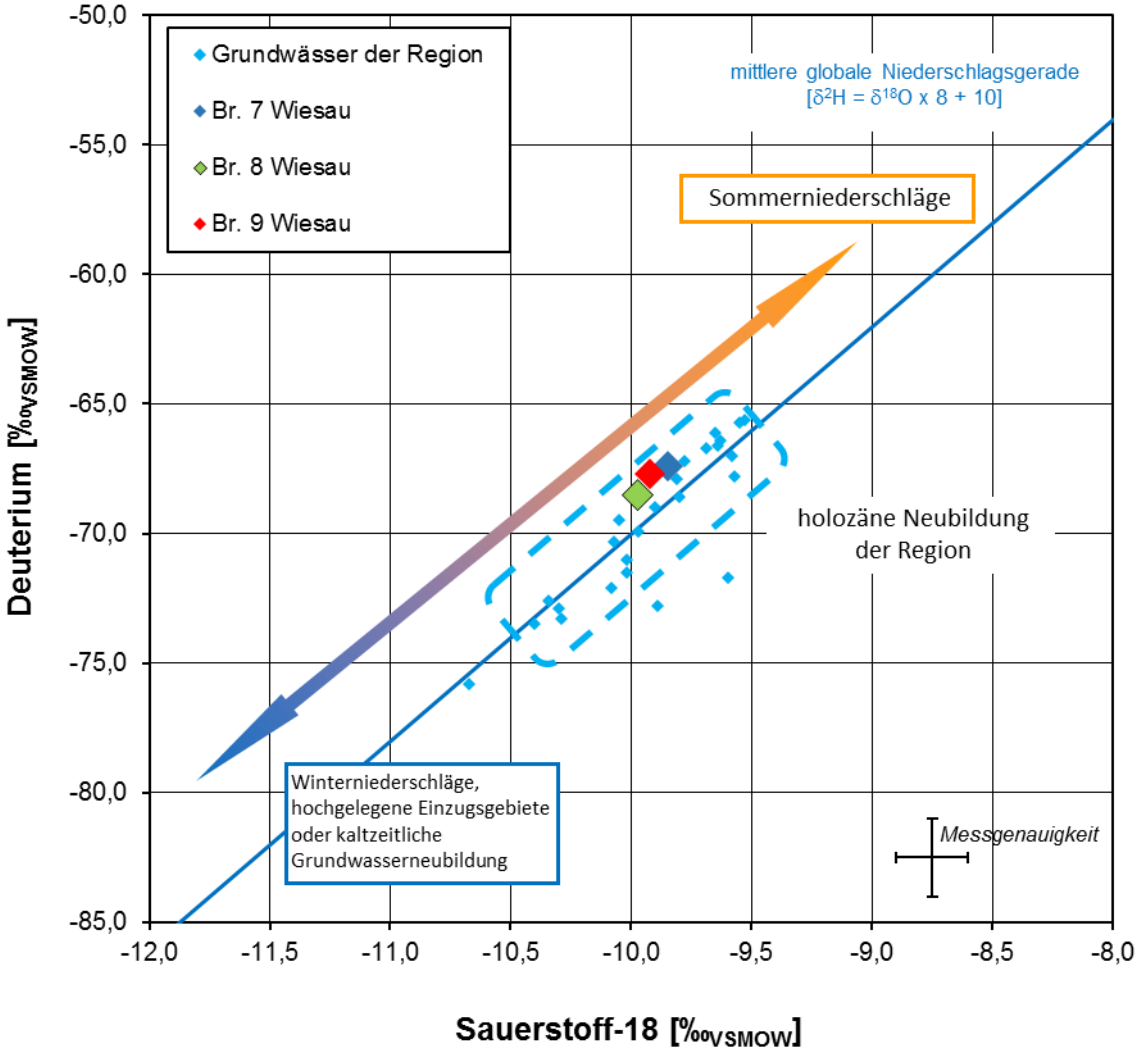

Abbildung 1 Gemeinsame Darstellung der δ^2H- und der δ^{18}O-Werte der Grundwasserproben aus Markt Wiesau. Zum Vergleich sind die Messwerte von Grundwässern der weiteren Region eingezeichnet.

4 Kombinierte Auswertung der Jungwassertracer Tritium (^3H-H_2O) mit Krypton-85 (^{85}Kr)

4.1 Grundlagen

Wasser enthält das radioaktive Isotop ^3H (Tritium). Seine Halbwertszeit beträgt 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 Kernwaffenversuchen 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 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.

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

Bedingt durch den Verlauf der Tritiumgehalte der Niederschläge, mit dem Maximum im Zeitraum 1963/64, sind methodisch bedingt Aussagen über die Verweilzeit im Untergrund nicht als eindeutige Ableitung möglich. Grundwasservorkommen mit gleichen Tritiumgehalten können eine mittlere Verweilzeit von wenigen Jahren oder einigen Jahrzehnten besitzen. Eine eindeutige Klärung ist nur über mehrjährige Messreihen oder die Bestimmung eines weiteren Tracers wie ^{85}Kr oder SF_6 zu erreichen.

Das Edelgasisotop Krypton-85 (^{85}Kr, Halbwertszeit 10,76 a) stammt hauptsächlich aus kerntechnischen Anlagen.

Der Konzentrationsverlauf von ^{85}Kr in der Atmosphäre ist wegen des weltweit zunehmenden Kernbrennstoffverbrauchs seit Mitte der 1950er Jahre monoton steigend. Die Aktivität von ^{85}Kr liegt derzeit bei ca. 100 dpm/ml Kr (Kernzerfälle pro Minute und ml Krypton).

Krypton löst sich im Niederschlagswasser und wird durch dieses in das Grundwasser eingetragen.

Da der Input von ^{85}Kr gut bekannt ist und keine größeren regionalen Unterschiede auftreten, kann aus der Aktivität von ^{85}Kr in Grundwasserproben eine eindeutige Altersangabe bzw. Aussage über die Verweilzeit des beprobten Grundwassers gemacht werden.

Liegen komplexere Grundwassersysteme vor, die sich aus Mischungen von Grundwasserkomponenten sehr verschiedenen Alters zusammensetzen, liefert die Bestimmung des 85Kr-Gehaltes wegen der Eindeutigkeit des Inputverlaufes genaue Informationen über die Verweilzeit des Grundwassers.

Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn Mischwassersysteme erschlossen sind, bei denen neben jungen, ^{3}H-haltigen Grundwässern auch alte, ^{3}H-freie Grundwässer beteiligt sind.

Im Gegensatz zu Tritium ist der Konzentrationsverlauf von ^{85}Kr in der Atmosphäre wegen des weltweit zunehmenden Kernbrennstoffverbrauchs seit Mitte der 1950er Jahre monoton steigend. Deshalb ist durch die gleichzeitige Bestimmung des ^{3}H- und des ^{85}Kr-Gehaltes eine Überprüfung der verwendeten hydraulischen Modellvorstellung und eine Quantifizierung und Qualifizierung des Anteils an jungem Grundwasser möglich.

Durch die Verwendung der unabhängigen Datierungstracer Tritium und Krypton-85 lässt sich ein so genanntes „Harfendiagramm“ erstellen (siehe die folgende Abbildung). Hiermit ist es möglich, die Zumischung von alten tritium- und spurengasfreien Grundwasserkomponenten zu erkennen. Der Anteil und die mittlere Verweilzeit (MVZ) der Jungwasserkomponente werden graphisch bestimmt (siehe äußerste Kurve der Abbildungen). Dabei werden die zu erwartenden Konzentrationen beider Datierungstracer für verschiedene Verweilzeiten von 1 bis 70 Jahren berechnet und gegeneinander aufgetragen. 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. Liegt ein Messwert daher links bzw. unterhalb des äußeren Kurvenverlaufs, so handelt es sich um ein Mischwasser. Auf Basis des Harfendiagramms lassen sich die Anteile und Verweilzeiten der Jungwasserkomponente (bzw. der Anteil der alten Komponente) in einem Zwei-Komponenten-Mischsystem graphisch bestimmen.

In manchen Fällen kann eine Grundwasserprobe auch rechts bzw. oberhalb der berechneten Linie 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 Krypton-85 nur die Grundwasserverweilzeit im Aquifer angibt. Dieser Fall tritt z.B. häufig in Karstgebieten mit einem großen Grundwasserflurabstand auf.

4.2 Ergebnisse mit Interpretation

In den Grundwässern aus den untersuchten Brunnen 7, 8 und 9 in Markt Wiesau war Tritium jeweils mit Werten von 1,8 ± 0,5 TU, mit 2,2 ± 0,4 TU und mit 1,1 ± 0,4 TU nachweisbar. Diese Tritiumwerte liegt deutlich unterhalb der Tritiumgehalte, wie sie aktuell im Niederschlag bestimmt werden. Die Grundwässer können als Mischwässer beschrieben werden, wo einer jungen, während der letzten 70 Jahre neugebildeten Grundwasserkomponente

eine alte, vor 70 Jahren neugebildeten Grundwasserkomponente beigemischt ist. Dominierend ist hierbei die alte, tritiumfreie Grundwasserkomponente.

Alle drei Grundwässer sind an die aktuell stattfindende Neubildung angeschlossen.

Brunnen 9 in Markt Wiesau wurde auch auf den Gehalt des Spurengases Krypton-85 hin untersucht. Die kombinierte Untersuchung von zwei Jungwassertracern Tritium und Krypton-85 erlaubt nun die Abschätzung des tritiumhaltigen Jungwasseralters und die mittlere Verweildauer des Jungwassers. Krytpon-85 wurde im Brunnen 9 mit 15,9 ± 0,5 dpm/ml Kr vorgefunden.

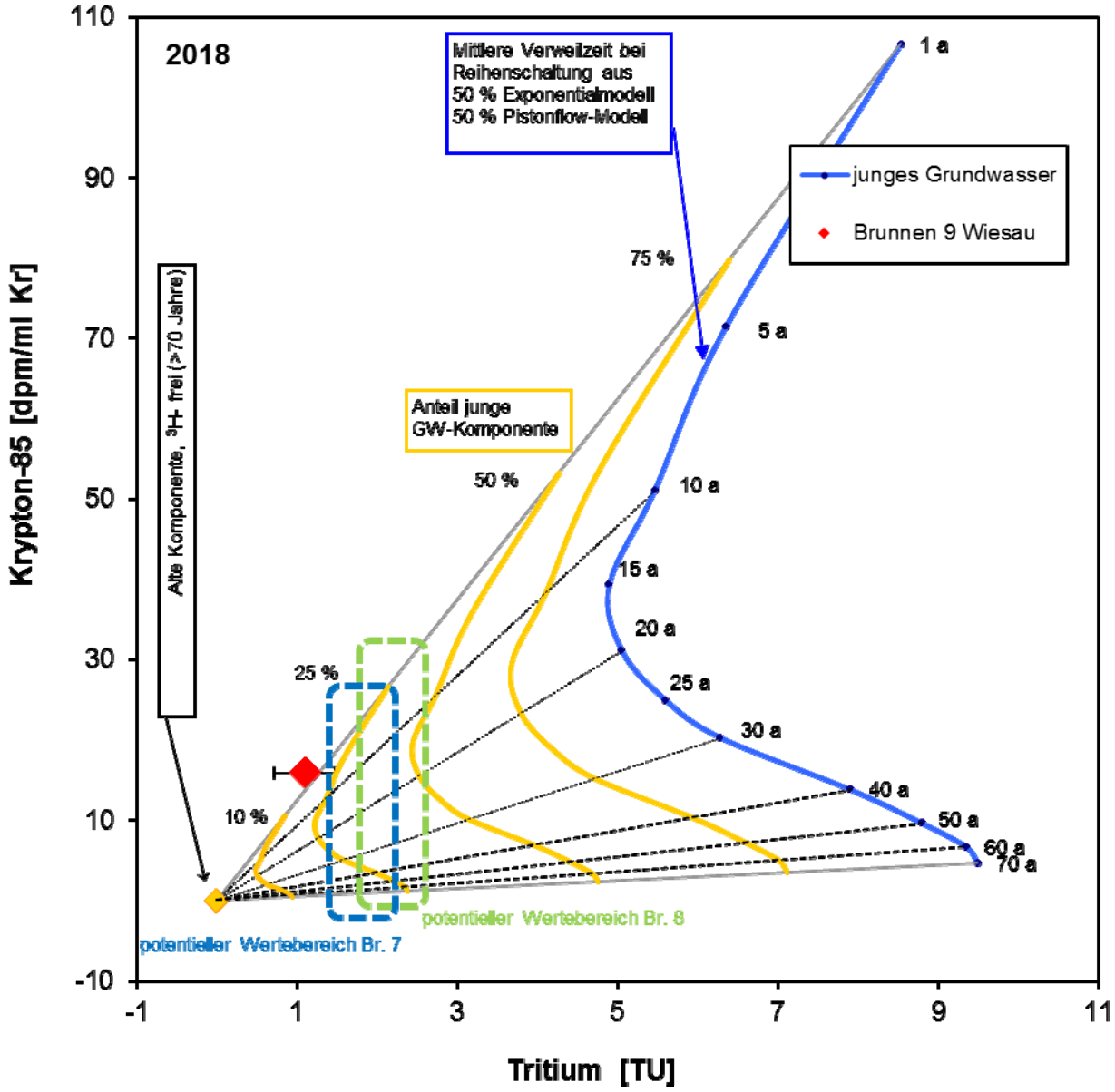

Abbildung 2 Gemeinsame Darstellung der Tritium- und der Krypton-85-Gehalte von 2018. Die blaue Linie kennzeichnet die für ein junges Grundwasser zu erwartenden ^{3}H- und ^{85}Kr-Gehalte, wobei die genaue Position auf der Linie von der mittleren Verweilzeit des Grundwassers abhängt. Für den ^{3}H-Input wurden Messungen der Niederschlagsstation in Hof-Hohensaas verwendet. Die Linie wurde auf Basis einer Kombination aus Exponentialmodell (50 %) und Piston-Flowmodell (50 %) berechnet.

Die graphische Auswertung von Abbildung 2, wo die Tritium- und Krypton-85-Gehalte des untersuchten Grundwassers im Harfendiagramm dargestellt sind, illustriert die Grundwasseraltersstruktur. Die Berechnungen basieren auf der bekannten Zeitreihe der Tritium- und Krypton-85-Gehalte im Niederschlag (Station Hof-Hohensaas (^{3}H) sowie einer Station in Südwestdeutschland (^{85}Kr)). Als hydrologisches Modell wurde eine Reihenschaltung von 50 % Exponentialmodell und 50 % Piston-Flowmodell verwendet. Je nach Modellwahl können sich leichte Verschiebungen der mittleren Verweilzeit bzw. des Anteils an Tritium- und Krypton-85-haltigem Jungwasser ergeben, die bei der Bewertung berücksichtigt werden.

Entsprechend der graphischen Auswertung kann der Jungwasseranteil des Grundwassers aus dem Brunnen 9 von Markt Wiesau mit 10 bis 25 % abgeschätzt werden. Die mittlere Verweilzeit des Jungwassers ist mit weniger als 5 Jahren sehr gering. Wenngleich der Jungwasseranteil relativ gering ist, liegt eine potentielle Gefährdung für Oberflächeneinflüsse vor, die über die Ausweisung des Schutzgebietes weitgehend verringert werden sollten.

Die Grundwässer aus den Brunnen 7 und 8, die nur auf den Tritiumgehalt hin untersucht wurden, sind mit dem potentiellen Wertebereich ebenfalls in die Harfendarstellung von Abbildung 2 eingezeichnet. Hieraus ist abzulesen, dass diese Grundwässer höhere Jungwasseranteile von 25 % bis zu 50 % aufweisen. Eine Abschätzung der mittleren Verweildauern dieser Grundwässer ist nicht möglich.

5 Zusammenfassung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der isotopenhydrologischen Untersuchungen der Stichtagsbeprobung an den Brunnen 7, 8 und 9 in Markt Wiesau zusammengefasst:

- Die Bestimmung der Gehalte der stabilen Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium weisen die meteorische Herkunft der Grundwässer nach. Die Messwerte entsprechen dem üblichen Wertebereich von im Holozän neugebildeter Grundwässer der Region. Hinweise auf deutlich höher gelegene Einzugsgebiete bestehen nicht. Hinweise auf sehr schnell abfließende Oberflächenwasserkomponente sind aus den Isotopenwerten nicht abzuleiten.
- Die Bestimmung der Tritiumgehalte zeigen, dass die drei Grundwässer von altem, vor 70 Jahren neugebildetem Grundwasser dominiert werden.
- Die Auswertung der Tritium- und Krypton-85-Gehalte ergibt für den Brunnen 9 einen Anteil von 10 bis 25 % jungem Grundwasser mit einer mittleren Verweildauer von weniger als 5 Jahren.
- Für die Brunnen 7 und 8 sind höhere Jungwasseranteile von 25 bis 50 % anzusetzen, eine Bestimmung der Verweildauer ist für diese Grundwässer ohne weitere Parameteruntersuchung nicht möglich.

Hydroisotop

Hydroisotop GmbH · Woelkestraße 9 · D-85301 Schweitenkirchen·

Markt Wiesau
Marktplatz 1

95676 Wiesau

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

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-17315-01-00

Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, 13.11.2018
Dr.Lo

Prüfbericht Nr. 316993 - 316996

Projekt:	**Isotopenuntersuchung Markt Wiesau**		
Auftraggeber:	**Markt Wiesau**		
Angebot:	281-2018 / GL		
Probenart:	flüssig	Probenahme:	Niedermeier / HY
Laboreingang:	07.08.2018	Analytikbeginn:	07.08.2018
		Analytikende:	12.11.2018

Prüfparameter	**Prüfergebnis**			**Einheit**
PROBENBEZEICHNUNG	**Brunnen 7 Wiesau**	**Brunnen 8 Wiesau**	**Brunnen 9 Wiesau**	
Labornummer	316993	316994	316996	
Probenahmedatum	07.08.2018, 10:30	07.08.2018, 10:00	07.08.2018, 14:55	
PROBENAHME				
Ausbautiefe	115	160	-	m
Entnahmetiefe	73,5	104,5	-	m
PHYSIKALISCH-CHEMISCHE PARAMETER				
Färbung	farblos	farblos	farblos	
Trübung visuellw	klar	klar	klar	
Geruch	ohne	ohne	ohne	
Temperatur bei Probenahme	10,4	10,7	13,7	°C
spez. el. Leitfähigkeit (25°C) vor Ort	203	235	233	µS/cm

Hydroisotop GmbH
Woelkestraße 9
D-85301 Schweitenkirchen
Tel. +49 (0)8444 9289 0
Fax +49 (0)8444 9289 29
info@Hydroisotop.de
www.Hydroisotop.de

Geschäftsführer
Dr. Lorenz Eichinger, Dr. Florian Eichinger
Amtsgericht Ingolstadt
HRB Nr. 190 354
VAT Nr. DE 128 953 441
St.-Nr. 124/128/90025
Zoll-Nr. DE 3063 496

Sparkasse Pfaffenhofen / Ilm
IBAN: DE20 7215 1650 0008 1123 28
BIC: BYLADEM1PAF

Raiffeisenbank Schweitenkirchen
IBAN: DE55 7216 0818 0001 3693 00
BIC: GENODEF1INP

Projekt:	**Isotopenuntersuchung Markt Wiesau**		
Auftraggeber:	**Markt Wiesau**		
Angebot:	281-2018 / GL		
Probenart:	flüssig	Probenahme:	Niedermeier / HY
Laboreingang:	07.08.2018	Analytikbeginn:	07.08.2018
		Analytikende:	12.11.2018

Prüfparameter	**Prüfergebnis**			**Einheit**
PROBENBEZEICHNUNG	**Brunnen 7 Wiesau**	**Brunnen 8 Wiesau**	**Brunnen 9 Wiesau**	
Labornummer	316993	316994	316996	
Probenahmedatum	07.08.2018, 10:30	07.08.2018, 10:00	07.08.2018, 14:55	
PHYSIKALISCH-CHEMISCHE PARAMETER				
pH-Wert (t_{gem}) vor Ort	6,0	5,7	6,5	
gelöster Sauerstoffgehalt	2,5	< 0,1	< 0,1	mg/l
Redoxspannung (berechnet)	316	315	208	mV
Bk-Wert (pH 8,2)	-	-	0,86	mmol/l
Sk-Wert (pH 4,3) vor Ort	-	-	1,40	mmol/l
ISOTOPE				
Sauerstoff-18 ($\delta^{18}O$)	-9,85	-9,97	-9,92	‰
Deuterium ($\delta^{2}H$)	-67,4	-68,5	-67,7	‰
Deuterium-Exzess	11,40	11,26	11,66	‰
Tritium (^{3}H)	1,8 ± 0,5	2,2 ± 0,4	1,1 ± 0,4	TU
Krypton-85 (^{85}Kr)	-	-	15,9 ± 0,5	dpm/ml Kr

Projekt: **Isotopenuntersuchung Markt Wiesau**
Auftraggeber: **Markt Wiesau**

Prüfparameter	Prüfverfahren	
Probenahme	DIN 38402-A13	
Temperatur bei Probenahme	DIN 38404-C4: 1976-12	
Trübung visuell	DIN EN ISO 7027-C_2: 2000-04	
Geruch	DIN EN 1622-B3: 2006-10	
Färbung	DIN EN ISO 7887-C1: 2012-04	
pH-Wert (t_{gem}) vor Ort	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04	
spez. el. Leitfähigkeit (25°C) vor Ort	DIN EN 27888 (C8):1993-11	
gelöster Sauerstoffgehalt	DIN ISO 17289 (G25): 2014-12	
Redoxspannung (berechnet)	DIN 38404-C6: 1984-05	
Sk-Wert (pH 4,3) vor Ort	DIN 38409-H7:2005-12	
Bk-Wert (pH 8,2)	DIN 38409-H7:2005-12	
Krypton-85 (^{85}Kr)	Low-Level Proportionalzählrohr; gemessen in dpm/mLKr (Kernzerfälle pro min pro mL Krypton) 60 dpm/mLKr = 1 Bq/mLKr; wenn nicht anders angegeben, Ergebnis bezogen auf Messdatum (keine Halbwertszeitkorrektur)	*
Deuterium-Exzess	berechnet	
Deuterium (δ^2H)	QMA 504-2/23: 2012-02; Cavity-Ringdown-Spektrometrie (CRDS); bezogen auf VSMOW-Std.: 1σ= ± 1,5 ‰	
Sauerstoff-18 ($\delta^{18}O$)	QMA 504-2/23: 2012-02; Cavity-Ringdown-Spektrometrie (CRDS); bezogen auf VSMOW-Std.: 1σ= ± 0,15 ‰	
Tritium (^3H)	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)	

Projekt: Isotopenuntersuchung Markt Wiesau
Auftraggeber: Markt Wiesau

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.

Dr. Eichinger
(Geschäftsführer)
13.11.2018