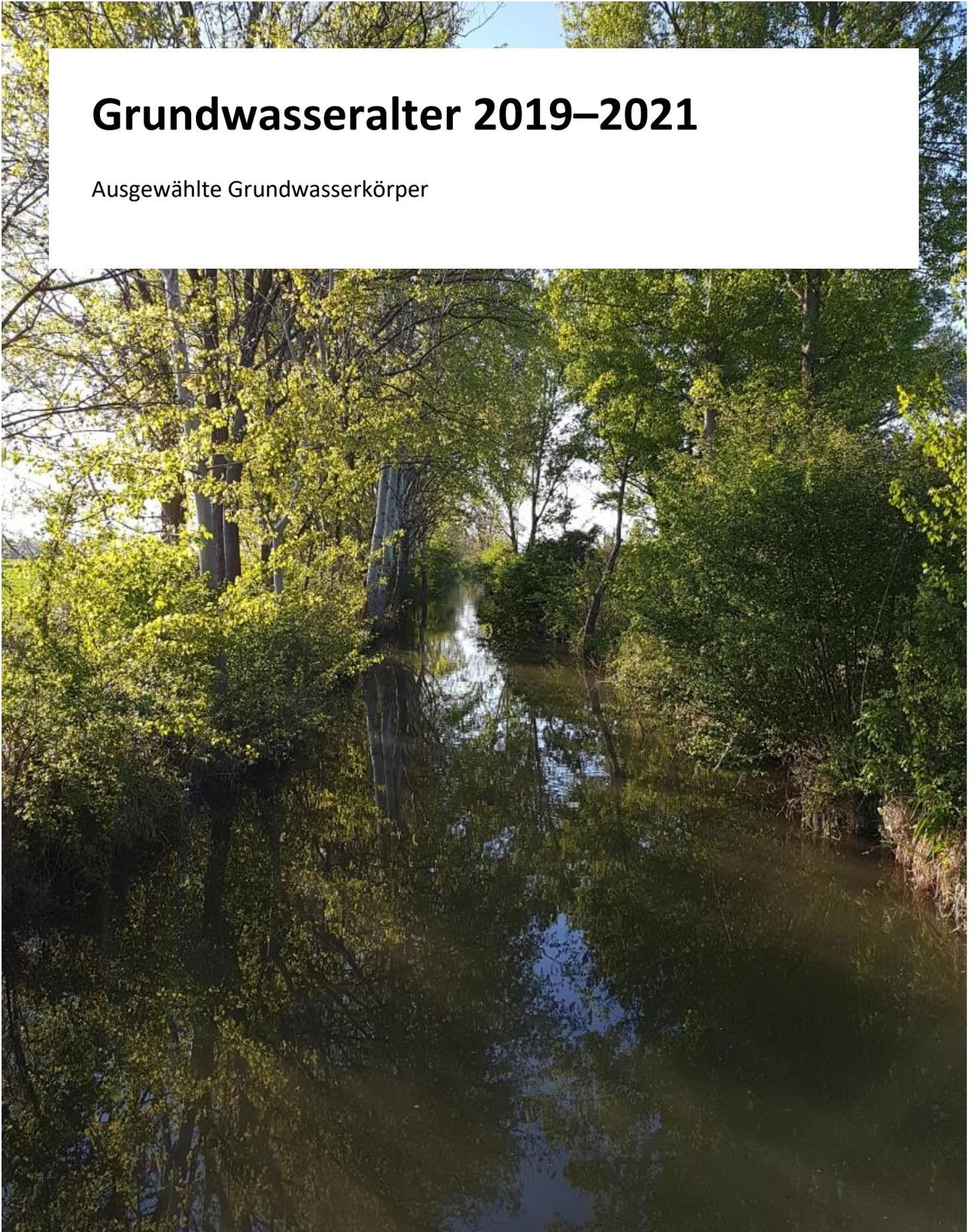


Grundwasseralter 2019–2021

Ausgewählte Grundwasserkörper



Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

Stubenring 1, 1010 Wien

Autorinnen und Autoren: Franko Humer (Projektleitung), Uta Wemhöner, Heike Brielmann, Christina Formanek, Johannes Grath

Fotonachweis: Astrid Meixner (S.1), Gerhard Karl Lieb, Universität Graz (S. 30), Harald Loishandl-Weisz, Umweltbundesamt (S. 64, S. 113), Corinna Stadler (S. 84)

Wien, 2021. Stand: 4. März 2022

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Zusammenfassung | 7 |
| 1 Einleitung | 10 |
| 2 Methodik | 12 |
| 2.1 Mittlere Verweilzeiten | 12 |
| 2.2 Bestimmung von mittleren Grundwasserverweilzeiten..... | 15 |
| 2.2.1 Sauerstoff-18 und Deuterium | 17 |
| 2.2.2 Tritium..... | 20 |
| 2.2.3 Tritium/Helium-3 | 23 |
| 2.3 Umfang und Art der Untersuchungen | 28 |
| 3 Aichfeld-Murboden [MUR] | 30 |
| 3.1 Überblick..... | 30 |
| 3.2 Grundwassermodell..... | 34 |
| 3.3 Untersuchungsergebnisse | 36 |
| 3.3.1 Vor-Ort-Parameter..... | 36 |
| 3.3.2 Hauptionen | 38 |
| 3.3.3 Sauerstoff-18 und Deuterium..... | 41 |
| 3.3.4 Tritium/Helium-3 | 44 |
| 3.3.5 Mittlere Verweilzeiten | 47 |
| 3.4 Diskussion | 62 |
| 4 Heideboden [DUJ] | 64 |
| 4.1 Überblick..... | 64 |
| 4.2 Untersuchungsergebnisse | 67 |
| 4.2.1 Vor-Ort-Parameter..... | 67 |
| 4.2.2 Hauptionen | 68 |
| 4.2.3 Sauerstoff-18 und Deuterium | 69 |
| 4.2.4 Tritium/Helium-3 | 72 |
| 4.2.5 Mittlere Verweilzeiten | 75 |
| 4.3 Diskussion | 82 |
| 5 Linzer Becken [DUJ] | 84 |
| 5.1 Überblick..... | 84 |
| 5.2 Untersuchungsergebnisse | 89 |
| 5.2.1 Hauptionen | 89 |
| 5.2.2 Vor-Ort-Parameter..... | 91 |
| 5.2.3 Sauerstoff-18 und Deuterium | 92 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5.2.4 | Tritium/Helium-3 | 96 |
| 5.2.5 | Mittlere Verweilzeiten | 102 |
| 5.3 | Diskussion | 111 |
| 6 | Pinkatal [LRR] | 114 |
| 6.1 | Überblick | 114 |
| 6.2 | Untersuchungsergebnisse | 117 |
| 6.2.1 | Vor-Ort-Parameter | 117 |
| 6.2.2 | Hauptionen | 119 |
| 6.2.3 | Sauerstoff-18 und Deuterium | 121 |
| 6.2.4 | Tritium/Helium-3 | 124 |
| 6.2.5 | Mittlere Verweilzeiten | 127 |
| 6.3 | Diskussion | 137 |
| 7 | Literaturverzeichnis | 139 |
| 8 | Abkürzungen | 143 |
| 9 | Kontaktinformationen zu den Autorinnen und Autoren | 145 |
| 10 | Anhang – Gebietsbeschreibungen | 146 |
| 10.1 | Aichfeld-Murboden [MUR] | 146 |
| 10.1.1 | Allgemeines | 146 |
| 10.1.2 | Grundwasserkörpergrenzen | 147 |
| 10.1.3 | Überlagernde Schichten | 147 |
| 10.1.4 | Grundwasserleiter | 149 |
| 10.1.5 | Grundwasserbilanz | 151 |
| 10.1.6 | Grundwasser – Chemie und Monitoring | 151 |
| 10.1.7 | Anthropogene Einflüsse | 152 |
| 10.1.8 | Literaturverzeichnis | 153 |
| 10.2 | Heideboden [DUJ] | 154 |
| 10.2.1 | Allgemeines | 154 |
| 10.2.2 | Grundwasserkörpergrenzen | 155 |
| 10.2.3 | Überlagernde Schichten | 156 |
| 10.2.4 | Grundwasserleiter | 157 |
| 10.2.5 | Grundwasserbilanz | 158 |
| 10.2.6 | Grundwasser – Chemie und Monitoring | 158 |
| 10.2.7 | Anthropogene Einflüsse | 159 |
| 10.2.8 | Literaturverzeichnis | 160 |
| 10.3 | Linzer Becken [DUJ] | 161 |
| 10.3.1 | Allgemeines | 161 |

| | |
|--|------------|
| 10.3.2 Grundwasserkörpergrenzen | 162 |
| 10.3.3 Überlagernde Schichten | 162 |
| 10.3.4 Grundwasserleiter | 163 |
| 10.3.5 Grundwasserbilanz | 165 |
| 10.3.6 Grundwasser – Chemie und Monitoring | 166 |
| 10.3.7 Anthropogene Einflüsse..... | 167 |
| 10.3.8 Literaturverzeichnis | 168 |
| 10.4 Pinkatal [LRR]..... | 168 |
| 10.4.1 Allgemeines..... | 168 |
| 10.4.2 Grundwasserkörpergrenzen | 170 |
| 10.4.3 Überlagernde Schichten | 170 |
| 10.4.4 Grundwasserleiter | 172 |
| 10.4.5 Grundwasserbilanz | 174 |
| 10.4.6 Grundwasser – Chemie und Monitoring | 175 |
| 10.4.7 Anthropogene Einflüsse..... | 175 |
| 10.4.8 Literaturverzeichnis | 177 |
| Tabellenverzeichnis..... | 178 |
| Abbildungsverzeichnis..... | 182 |

Zusammenfassung

Die bedeutenden Grundwasservorkommen Österreichs, die die wesentliche Ressource für Trinkwasserversorgung, Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft darstellen, sind durch eine langsame Bewegung des Grundwassers im Untergrund geprägt. Die Erneuerung des Grundwassers kann daher Jahre bis Jahrzehnte dauern. Maßnahmen zur Verminderung von Stoffeinträgen in das Grundwasser werden somit erst mit einer zeitlichen Verzögerung wirksam. Für die Ermittlung des für die Wirksamkeit von Maßnahmen erforderlichen Zeithorizontes ist die Abschätzung des Grundwasseralters oder korrekter der „mittleren Verweilzeit“ des Grundwassers im Untergrund daher von wesentlicher Bedeutung. Die Kenntnis des Zeithorizontes ist u. a. im Hinblick auf die EU-Wasserrahmenrichtlinie und ihre Fristen bzw. Ausnahmeregelungen zur Erreichung des guten chemischen Zustandes des Grundwassers von Relevanz.

Als mittlere Verweilzeit (MVZ) wird die mittlere Aufenthaltsdauer des Wassers im Untergrund vom Zeitpunkt der Infiltration bis zum Abfluss in einer Quelle oder der Förderung in einem Brunnen bezeichnet. Im vorliegenden Projekt wurde die Bewertung der MVZ mittels Isotopenanalysen (Sauerstoff-18, Tritium/Helium-3, Neon) in Verbindung mit hydrogeologischen und hydrologischen Daten vorgenommen.

Für vier Grundwasserkörper wird ein statistisch flächenhafter Überblick über die MVZ im obersten Grundwasserstockwerk, das für die anthropogene Nutzung von besonderer Relevanz ist, jedoch auch eine besondere Vulnerabilität aufweist, gegeben.

Im Grundwasserkörper **Aichfeld-Murboden [MUR]** in der Steiermark wurden 29 Grundwassermessstellen untersucht. Davon weisen 25 Messstellen (~86 %) eine MVZ von < 5 Jahren auf. An drei Messstellen wurde eine MVZ von 5–10 Jahren und an einer Messstelle eine MVZ von 11–25 Jahren berechnet. Ausschlaggebend für die Dominanz sehr junger Grundwässer sind gut durchlässige Grundwasserleiter und hohe Grundwasserneubildungsraten. Die Grundwasserneubildung ist weitgehend durch Infiltration aus Oberflächengewässern bzw. dem Grundwasserbegleitstrom der Oberflächengewässer geprägt. Von großer Bedeutung sind hier insbesondere Mur, Granitzenbach, Ingeringbach und Pölsfluss.

Im Grundwasserkörper **Heideboden [DUJ]** im Burgenland wurden sieben Grundwassermessstellen untersucht. Für sechs Messstellen konnte eine Abschätzung der MVZ vorgenommen werden. Drei Messstellen (50 %) weisen eine MVZ von 11–25 Jahren auf, zwei Messstellen von > 50 Jahren und eine Messstelle von < 5 Jahren. Die untersuchten Grundwässer sind durch tendenziell höhere Verweilzeiten gekennzeichnet. Ursache dafür sind geringe Neubildungsraten aufgrund klimatischer Bedingungen und teilweise die Interaktion mit Tiefengrundwässern.

Im Grundwasserkörper **Linzer Becken [DUJ]** in Oberösterreich wurden 14 Grundwassermessstellen der Gewässerzustandsüberwachung untersucht. Davon weisen 13 Messstellen (~93 %) eine MVZ von weniger als fünf Jahren auf. An einer Messstelle wurde eine MVZ von 5–10 Jahren berechnet. Ausschlaggebend für die Dominanz sehr junger Grundwässer sind gut durchlässige Grundwasserleiter und hohe Grundwasserneubildungsraten. Die Grundwasserneubildung ist weitgehend durch randlichen Zustrom aus dem Bereich der Welser Heide sowie Infiltration der Donau bzw. ihres Grundwasserbegleitstroms geprägt.

Im burgenländischen Anteil des Grundwasserkörpers **Pinkatal [LRR]** wurden elf Messstellen bewertet. Bedingt durch gering durchlässige Untergrundgrundverhältnisse, die eine Hemmung der Versickerung bzw. Grundwasserneubildung bewirken, werden an den untersuchten Messstellen höhere Verweilzeiten des Grundwassers begünstigt. Für sieben Messstellen (~63 %) wurden MVZ im Bereich von 11–25 Jahren ermittelt. Eine Messstelle ist der MVZ-Kategorie 26–50 Jahre zuzuordnen. Für zwei Messstellen wurden MVZ von 5–10 Jahren berechnet. Eine Messstelle wird mit höheren Unsicherheiten der MVZ-Kategorie < 5 Jahre zugeordnet.

Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen in den beiden flussbegleitenden Porengrundwasserkörpern Aichfeld-Murboden [MUR] entlang der Mur und dem Linzer Becken [DUJ] entlang der Donau als charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit vorwiegend kürzeren mittleren Verweilzeiten beschreiben. Bewirtschaftungsbedingte Änderungen der Grundwasserqualität können mit geringer Verzögerungszeit wirksam werden. Mengenmäßige Änderungen sind in hohem Maße von den Abflussgeschehen der Mur und ihrer seitlichen Zubringer bzw. dem Abflussgeschehen der Donau abhängig.

Die untersuchten Grundwassermessstellen in den Grundwasserkörpern Heideboden [DUJ] und Pinkatal [LRR] sind charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit tendenziell

längeren mittleren Verweilzeiten. Daher ist ein entsprechend längerer Zeithorizont, innerhalb dessen Maßnahmen zur Verbesserung des chemischen Zustandes im Grundwasserkörper messbar werden können, bei der Evaluierung zu berücksichtigen. Die Grundwasservorkommen werden nur langsam regeneriert. Tiefengrundwasseranteile könnten sogar von der Regeneration durch den aktuellen Wasserkreislauf abgekoppelt sein.

Die durchgeführten Abschätzungen zur mittleren Verweilzeit in den vier untersuchten Grundwasserkörpern Aichfeld-Murboden [MUR], Heideboden [DUJ], Linzer Becken [DUJ] und Pinkatal [LRR] konnten vorhandene Kenntnisse zu den untersuchten Grundwasserkörpern, beispielsweise aus Grundwassermodellen oder Bilanzierungen, ergänzen und vervollständigen. Sie liefern wertvolle Informationen zu der Fragestellung, mit welchen Verzögerungen Maßnahmen zur Verbesserung der Grundwasserqualität in den Grundwasserkörpern wirksam werden können.

Die getroffenen Abschätzungen der mittleren Grundwasserverweilzeit spiegeln die Ist-Situation unter den gegebenen wasserwirtschaftlichen Bedingungen wider. Im Falle von wesentlichen quantitativen Änderungen, zum Beispiel durch Änderungen in der Menge der Grundwasserentnahmen, wesentlichen Änderungen in der Grundwasserneubildung oder in der Interaktion mit Oberflächengewässer ist auch mit Änderungen der Verweilzeit des Wassers im Untergrund zu rechnen und daher sind gegebenenfalls Wiederholungsmessungen anzustreben.

1 Einleitung

Die bedeutenden Grundwasservorkommen in den Tal- und Beckenlagen in Österreich, die die wesentliche Ressource für die Trinkwasserversorgung, für Industrie und Gewerbe und für die landwirtschaftliche Bewässerung darstellen, können als „träge Systeme“ bezeichnet werden. Das bedeutet, dass sich das Grundwasser im Untergrund in der Regel langsam bewegt, der Erneuerungszeitraum Jahre bis Jahrzehnte umfasst und es daher lange dauert, bis Maßnahmen wirken, die auf eine Verminderung von Stoffeinträgen abzielen.

Eine wesentliche Kenngröße für die Wasserwirtschaft stellt das Grundwasseralter dar. Als Grundwasseralter oder korrekter die „mittlere Verweilzeit“ wird die mittlere Aufenthaltsdauer des Grundwassers im Untergrund bezeichnet. Sie umfasst den Zeitraum von der Versickerung des Niederschlags bis zur Förderung aus einem Brunnen oder bis zum Abfluss in einer Quelle.

In den seit 2009 veröffentlichten Berichten zum Grundwasseralter ausgewählter Grundwasserkörper werden vom Umweltbundesamt im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) Fachgrundlagen erarbeitet, mit denen ein statistisch flächenhafter Überblick über die mittleren Verweilzeiten in den obersten genutzten Grundwasserstockwerken in Österreich gegeben wird.

Eine Abschätzung der mittleren Verweilzeit (MVZ) des Grundwassers bzw. die Erkundung der natürlichen Gegebenheiten der Grundwasserkörper im Hinblick auf ihre Reaktionsgeschwindigkeit bzw. -trägheit ist mit Hilfe des Einsatzes von isotopehydrologischen Messungen (Sauerstoff-18, Tritium/Helium-3 etc.) in Kombination mit hydrogeologischen Untersuchungen möglich, falls nicht weitreichende anthropogene Tritium-Kontaminationen, wie beispielsweise aus Deponien oder Kläranlagen, vorliegen.

Aufgrund unterschiedlich langer Verweilzeiten des Grundwassers im Untergrund kann die Wirksamkeit von Maßnahmen, die den chemischen Zustand des Grundwassers verbessern sollen, nicht sofort gemessen werden. Für die Evaluierung muss ein entsprechender Zeithorizont berücksichtigt werden.

Diese Informationen sind eine wichtige Grundlage für wasserwirtschaftliche Fragestellungen – wie z. B. für die Unterstützung bei der Abschätzung des Zeithorizontes, innerhalb dessen Maßnahmen im Grundwasserkörper messbar werden können. Darauf nimmt auch die EU-Wasserrahmenrichtlinie in ihren Ausnahmeregelungen für die Fristen der Zielerreichung Rücksicht.

Überdies liefert die Abschätzung der mittleren Verweilzeiten eine Evaluierung der hydrogeologischen Konzepte der Grundwasserkörper, z. B. in Bezug auf die Interaktion zwischen Oberflächengewässern und dem Grundwasser oder die Höhenlage von Einzugsgebieten, was wiederum eine Basis für praktische Umsetzungen wie die Einrichtung und Bemessung von Wasserschutzgebieten, Festlegung von Entnahmekonsensmengen etc. darstellen kann.

Ausgehend von der wasserwirtschaftlichen Bedeutung der Grundwasserkörper und unter Berücksichtigung der bereits im Rahmen der bisherigen Grundwasseralter-Projekte bearbeiteten Grundwasserkörper (BMLRT, 2021) wurden die nachfolgend angeführten Grundwasserkörper in das gegenständliche Projekt aufgenommen. Die Probenahmen erfolgten im Zeitraum 2. Quartal 2019 bis einschließlich 1. Quartal 2020.

Tabelle 1: Ausgewählte Grundwasserkörper.

| GWK-Nr. | GWK-Bezeichnung | Dominierender Aquifertyp |
|-----------------|-------------------------|---------------------------------|
| GK100096 | Aichfeld-Murboden [MUR] | Porengrundwasserleiter |
| GK100018 | Heideboden [DUJ] | Porengrundwasserleiter |
| GK100038 | Linzer Becken [DUJ] | Porengrundwasserleiter |
| GK100130 | Pinkatal [LRR] | Porengrundwasserleiter |

Anmerkung: GWK ... Grundwasserkörper

Quelle: GZÜV

2 Methodik

Voraussetzung für die richtige Einordnung der erzielten Abschätzungen des Wasseralters an den untersuchten Grundwassermessstellen ist das Verständnis für das Konzept der mittleren Verweilzeit (MVZ) sowie für die Aussagekraft und Einschränkungen der verwendeten Untersuchungsmethoden. Diese werden im Folgenden kurz dargelegt.

2.1 Mittlere Verweilzeiten

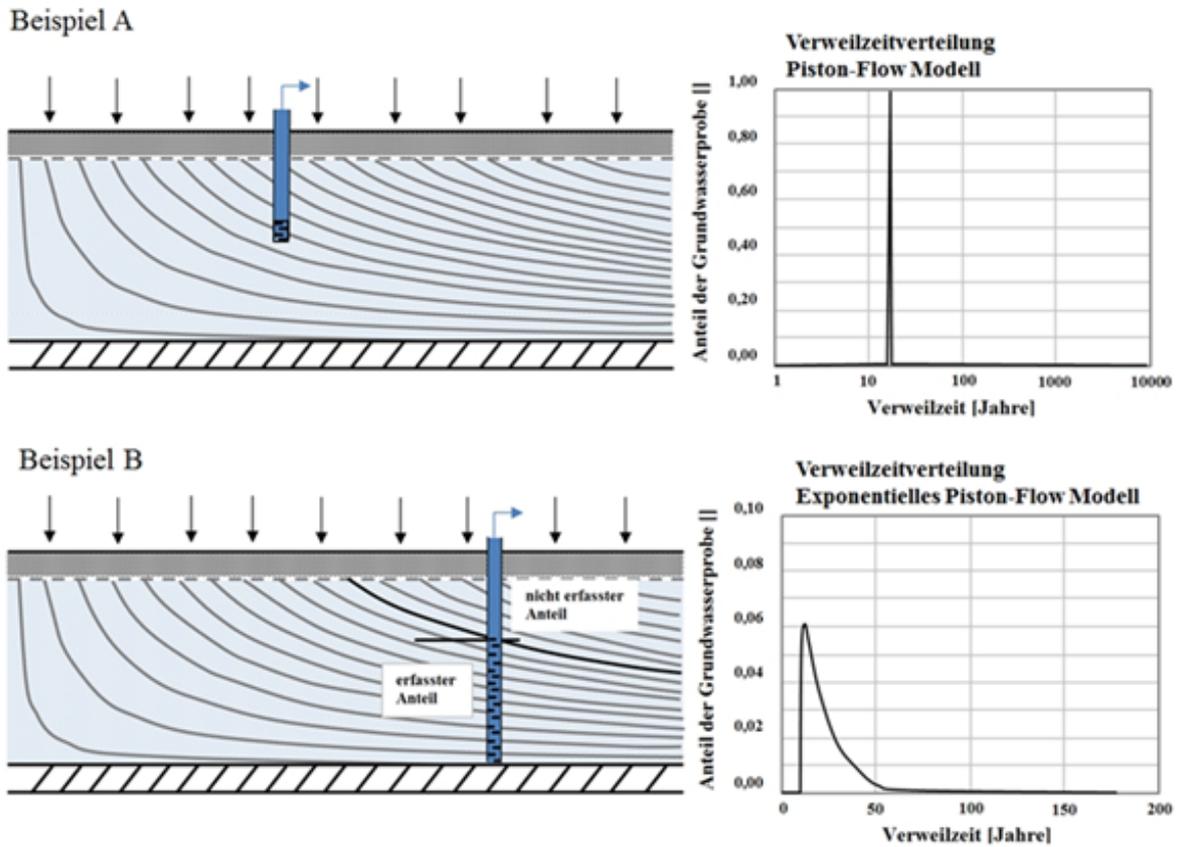
Als **mittlere Verweilzeit (MVZ)** wird die mittlere Aufenthaltsdauer des Wassers im Untergrund vom Zeitpunkt der Infiltration bis zum Abfluss in einer Quelle oder der Förderung in einem Brunnen bezeichnet. Sie ist von

- den topographischen Gegebenheiten,
- der Durchlässigkeit des Untergrundes,
- den hydrologischen Bedingungen zum Zeitpunkt der Probenahme und
- dem Ausbau der beprobten Messstelle abhängig.

Wegen der heterogenen Natur des Bodens, der ungesättigten Zone und des Grundwasserleiters und der Mischung von Wässern mit unterschiedlicher Verweildauer – insbesondere an Messstellen mit langen Filterstrecken – handelt es sich in der Regel um **Verweilzeitverteilungen** (siehe Abbildung 1).

Dieser Aspekt ist im Zusammenhang mit der Bewertung von Maßnahmenwirksamkeiten in Bezug auf die Grundwasserqualität, aber auch in Hinblick auf wasserwirtschaftliche Fragen von besonderer Bedeutung, da mit den etablierten Methoden zur Bestimmung mittlerer Verweilzeiten in Grund- und Oberflächengewässern die jungen Komponenten tendenziell überrepräsentativ erfasst werden, die langfristigen Komponenten aber häufig „übersehen“ werden.

Abbildung 1: Schematisches Diagramm idealisierter Bedingungen in einem Grundwasserleiter mit den entsprechenden Transferfunktionen und erwarteten Verweilzeitverteilungen.



Anmerkung: Die eingezeichneten Fließlinien sind vereinfacht dargestellt und entsprechen nicht der korrekten Darstellung von Strömungslinien unter hydraulischen Gesichtspunkten.

Quelle: verändert nach Maloszewski & Zuber, 1982; Jurgens et al., 2012

Erläuterungen zu Abbildung 1:

- Beispiel A zeigt die idealisierte Situation eines flachen, ungespannten Grundwasserleiters, in dem ein Beobachtungsbrunnen mit einer kurzen Filterstrecke installiert wurde. Das Niederschlagswasser infiltriert im Grundwasserneubildungsgebiet vertikal in den Boden, durch die ungesättigte Zone und fließt dann lateral zum Brunnen. Unter der Annahme, dass das infiltrierende Niederschlagswasser ohne signifikante Beeinflussung durch Verteilungs- oder Mischungsprozesse entlang einer Grundwasserfließlinie quasi wie ein Paket vom Ort der Grundwasserneubildung zum kurzen Brunnenfilter transportiert wird, entspricht die mittlere Verweilzeit nahezu dem Alter des

Tracers (bei der Anwendung von Wasserisotopen also z. B. dem Tritium-/Helium-3-Alter).

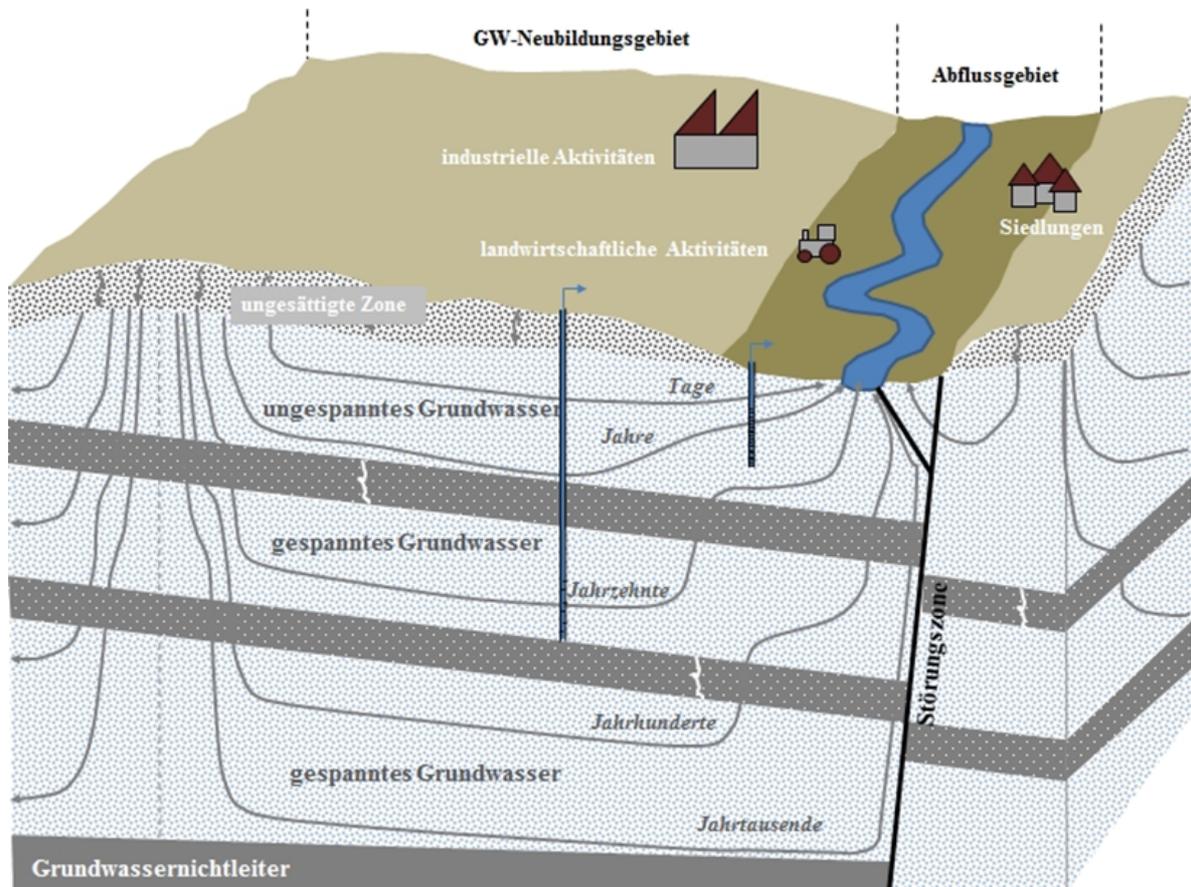
- In Beispiel B ist im gleichen Grundwasserleiter ein Brunnen mit deutlich längerer Filterstrecke installiert. Die Filterstrecke erfasst in diesem Fall nur den unteren Teil des Grundwasserleiters. Diese Situation ist z. B. charakteristisch für Wasserversorgungsbrunnen. Wiederum infiltriert das Niederschlagswasser im Grundwasserneubildungsgebiet vertikal in den Boden, durch die ungesättigte Zone und fließt dann lateral zum Brunnen. Die Verweilzeiten nehmen im Grundwasserleiter mit der Tiefe zu. Der Filterstrecke fließen also Wässer zu, deren Infiltration unterschiedlich lange zurückliegt.
- Durch den Brunnenausbau im unteren Bereich des Grundwasserleiters wird erst kürzlich infiltriertes Wasser (= sehr kurze Verweilzeiten) nicht erfasst, es dominieren kurze bis mittlere Verweilzeiten, der Anteil von vor langer Zeit infiltriertem Wasser (= sehr lange Verweilzeiten) nimmt exponentiell ab. Während die mittlere Verweilzeit des Wassers an diesem Brunnen durchschnittlich etwa 15 Jahre beträgt, bedeutet das gleichzeitig, dass ein signifikanter Anteil des an diesem Brunnen entnommenen Wassers deutlich jünger ist und ein nicht zu vernachlässigender Anteil deutlich älter.

Auch Beispiel B stellt eine idealisierte Situation dar. In der Realität gibt es:

- eine Vielzahl topographischer Gegebenheiten, die z. B. zu einer erheblichen Verlängerung der Verweilzeiten in der ungesättigten Zone führen können;
- äußerst heterogene Durchlässigkeiten im Untergrund. So können z. B. gut durchlässige Schottergrundwasserleiter nahezu undurchlässige Tonlinsen enthalten; Karst- und Kluftgrundwasserleiter sind durch unterschiedliche Wegigkeiten in Spalten, Klüften und der Gesteinsmatrix gekennzeichnet und
- wechselnde hydrologische Bedingungen, die je nach Hoch- oder Niedrigwasserbedingungen zu jahreszeitlich völlig unterschiedlichen Verweilzeitverteilungen an einzelnen Grundwassermessstellen führen können.

Die mögliche Bandbreite von mittleren Verweilzeiten in Grundwassersystemen ist in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Bandbreite von Grundwasserverweilzeiten in einem hydrogeologischen System.



Quelle: verändert nach Kazemi et al., 2006

2.2 Bestimmung von mittleren Grundwasserverweilzeiten

Eine etablierte Vorgehensweise zur Abschätzung von mittleren Verweilzeiten in einem Grundwassersystem ist die Messung geeigneter Tracer im Niederschlags-, Grund- und Oberflächengewässer. Tracer sind Wasserinhaltsstoffe oder künstlich hinzugegebene Markierstoffe, mit denen sich das Fließverhalten von Grund- und Oberflächengewässern untersuchen lässt.

Die Auswertung der im Wasser gemessenen Tracerkonzentrationen mittels empirischer Funktionen, den sogenannten **Lumped Parameter Modellen** (Zuber, 1986; Amin und Campana, 1996; Maloszewski & Zuber, 1996), ermöglicht die Abschätzung von mittleren Wasserverweilzeiten. Dabei handelt es sich vereinfacht gesagt um Transferfunktionen, die alle Eigenschaften des Grundwasserleiters und deren Variationen zusammenfassen und mit deren Hilfe das Eingangssignal (die Tracerkonzentration im Niederschlag) und das Ausgangssignal (die Tracerkonzentration im Grund- oder Oberflächengewässer) über die „Stellschraube“ mittlere Verweilzeit miteinander in Beziehung gesetzt wird. Anders ausgedrückt, sind Eingangs- und Ausgangssignal in ausreichender Datenqualität verfügbar, kann die mittlere Verweilzeit mit Hilfe dieser Transferfunktionen berechnet werden.

Die stabilen Wasserisotope Sauerstoff-18 (^{18}O) und Deuterium (^2H) sowie das Radionuklid Tritium (^3H) sind natürliche Bestandteile des Wassermoleküls und des Wasserkreislaufes und daher – mit allen bekannten Einschränkungen – sehr gut geeignete Tracer zur Bestimmung der mittleren Verweilzeiten im Grundwasser.

Für umfassende Informationen zur Anwendung von Isotopen als Tracer in der Hydrosphäre wird auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen (Moser und Rauert, 1980; Kendall & McDonnell, 1998; Cook und Herczeg, 2000; Aggarwal et al., 2005).

Die Konzentrationen der Wasserisotope im Niederschlag werden österreichweit an zahlreichen Stationen im Rahmen des Isotopenmessnetzes ANIP (= Austrian Network of Isotopes in Precipitation) erfasst (ANIP, 2018). Das Isotopenmessnetz ist ein Sondermessprogramm entsprechend § 28 und Anlage 12 der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.). Damit steht österreichweit fast flächendeckend das Eingangssignal zur Abschätzung von mittleren Verweilzeiten in Grund- und Oberflächengewässern zur Verfügung.

Die im Rahmen der GZÜV erhobenen Daten sind über das Wasserinformationssystem Austria (WISA) auf der Homepage des Umweltbundesamtes (umweltbundesamt.at) über die H2O-Fachdatenbank abrufbar.

Grundlagen der Isotopenhydrologie können dem Bericht zur Wasserisotopenkarte Österreichs (Philippitsch & Humer, 2018) entnommen werden, der auf der Homepage des BMLRT (bmlrt.gv.at) zur Verfügung steht.

Die im vorliegenden Projekt angewendeten Methoden werden im Folgenden erläutert (Kapitel 2.2.1 bis 2.2.3):

2.2.1 Sauerstoff-18 und Deuterium

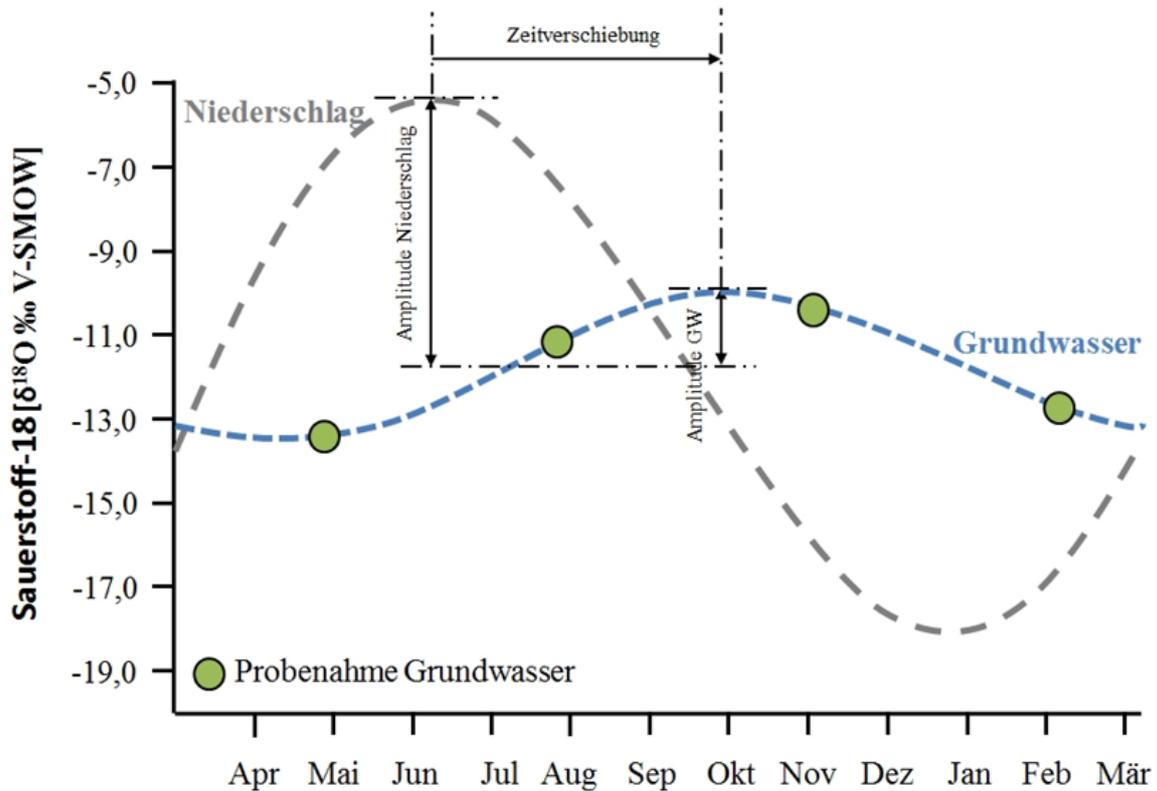
Bei der Analyse von Sauerstoff-18 und Deuterium wird nicht der absolute Gehalt bestimmt, sondern das Verhältnis vom seltenen (schweren) zum häufigeren (leichten) Isotop ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ bzw. $^2\text{H}/^1\text{H}$) im Wassermolekül in Bezug auf einen international anerkannten Referenzstandard (Vienna Standard Mean Ocean Water: V-SMOW). Die Abweichung des Isotopenhäufigkeitsverhältnisses der Probe gegenüber dem Standard erfolgt als Delta-Notation und wird in Promille (‰) angegeben, d. h. als $\delta^{18}\text{O} \text{‰ V-SMOW}$ und $\delta^2\text{H} \text{‰ V-SMOW}$.

Die charakteristische Saisonalität der stabilen Wasserisotope Sauerstoff-18 und Deuterium im Niederschlag erlaubt die Bestimmung kurzer mittlerer Verweilzeiten im Bereich bis zu maximal fünf Jahren. Bei dieser Methode werden die saisonalen Schwingungen (Amplituden) des Isotopensignals von Sauerstoff-18 oder Deuterium im Niederschlag mit denen des Grundwassers verglichen (Abbildung 3). Die Dämpfung der Niederschlagsamplitude und die Zeitverschiebung des saisonalen Niederschlagsignals im Grundwasser erlaubt die Abschätzung einer mittleren Grundwasserverweilzeit mittels empirischer Funktionen (Amin & Campana, 1996; Maloszewski & Zuber, 1996) oder – wie im vorliegenden Projekt – über Näherungsformeln (Stichler & Hermann, 1983).

Die Qualität der Ergebnisse hängt davon ab, ob das gewählte Probenahmeintervall und die gewählten Probenahmezeitpunkte die saisonalen Schwankungen im Grundwasser hinreichend genau abbilden. Im vorliegenden Projekt lässt sich die quartalsbezogene Grundwasserprobenahme für Sauerstoff-18 mit vertretbarem Aufwand realisieren und erlaubt zumindest eine qualitative Abschätzung des Vorliegens einer jungen Grundwasserkomponente.

Wird das saisonale Isotopensignal durch andere Effekte überlagert oder verfälscht (z. B. durch Mischung von Quellwässern mit unterschiedlichen Verweilzeiten in einer Quellfassung oder die Veränderung des Niederschlagsisotopensignals während der Schnee- oder Gletscherschmelze und vor Infiltration in den Untergrund), ist die dargestellte Methode für eine Abschätzung von mittleren Verweilzeiten ungeeignet bzw. mit hohen Unsicherheiten behaftet.

Abbildung 3: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen den saisonalen Schwankungen der Sauerstoff-18-Konzentrationen im Niederschlag und im Grundwasser.

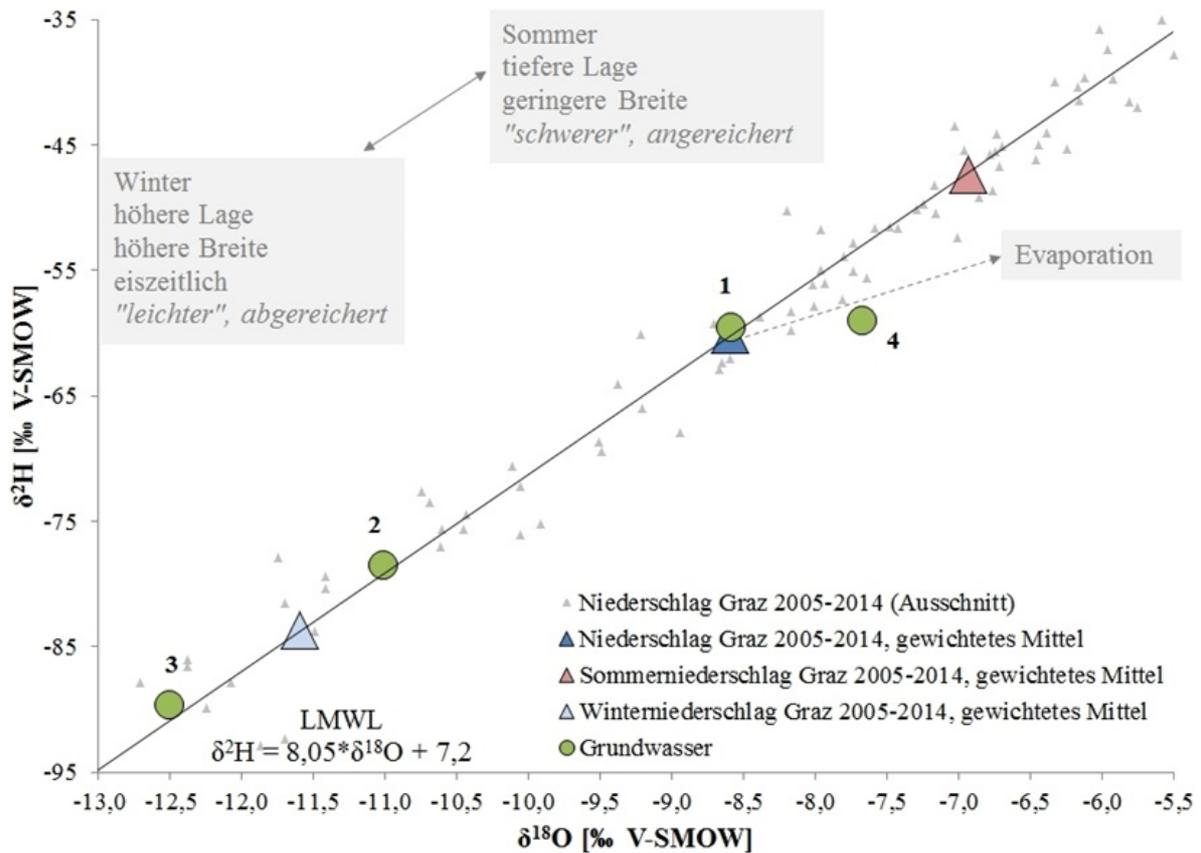


Quelle: Umweltbundesamt

Weitere Rückschlüsse in Bezug auf die Grundwasserneubildung lassen sich aus der Darstellung der stabilen Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium der Grundwasserproben im Vergleich zur Niederschlagsgeraden der stabilen Wasserisotope ziehen (Abbildung 4).

Die lokale Niederschlagsgerade (Local Meteoric Water Line, LMWL) der Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte spiegelt die Niederschlagsverhältnisse im Einzugsgebiet wider und dient als Referenzlinie. Die Lage von Grundwasserproben im Vergleich zur LMWL gibt Hinweise auf die Art und Weise der Grundwasserneubildung sowie auf Mischungs- und Verdunstungsprozesse.

Abbildung 4: Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte von Grundwasserproben im Vergleich zum Niederschlag in Graz (2005–2014).



Quelle: Umweltbundesamt

In Abbildung 4 sind beispielhaft die Gehalte der stabilen Wasserisotope von vier Grundwasserproben im Vergleich zu der lokalen Niederschlagsgeraden von Graz dargestellt. Folgende Informationen lassen sich dieser Abbildung entnehmen:

Erläuterung zu Abbildung 4:

- Grundwasserprobe 1 liegt nahe dem mehrjährigen gewichteten Niederschlagsmittel von Graz. Winter- und Sommerniederschläge scheinen in gleichem Maße zur Grundwasserneubildung beizutragen. Die mittlere Einzugsgebietshöhe der Grundwasserermessstelle entspricht in etwa der Höhenlage der Niederschlagsmessstelle von Graz.
- Grundwasserprobe 2 weist deutlich abgereicherte („leichtere“) Isotopengehalte auf. Diese werden durch stärker negative $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^2\text{H}$ -Werte wiedergegeben. Entweder

tragen hier isotopisch leichtere Winterniederschläge überproportional zur Grundwasserneubildung bei oder das Einzugsgebiet der Grundwassermessstelle liegt deutlich höher als die Niederschlagsmessstelle. Isotopengehalte nehmen aufgrund von Temperatureffekten im Allgemeinen mit der Höhe ab, d. h. Niederschläge in höheren Lagen sind isotopisch abgereichert („leichter“), weisen also stärker negative $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^2\text{H}$ -Werte auf.

- Grundwasserprobe 3 weist sogar deutlich „leichtere“ Isotopengehalte auf als das mehrjährige gewichtete Niederschlagsmittel im Winter. Dies kann z. B. ein Hinweis darauf sein, dass das Grundwasser aus eiszeitlicher Neubildung stammt, also zu Zeiten mit deutlichen niedrigeren Durchschnittstemperaturen als derzeit in den Untergrund infiltriert ist. Ob es sich tatsächlich um sogenanntes „Paläowasser“ handelt, lässt sich allerdings nur durch die ergänzende Untersuchung entsprechender Alterstracer (z. B. ^{14}C , ^{36}Cl) abklären.
- Grundwasserprobe 4 ist Grundwasser, das vor der Infiltration in den Untergrund Verdunstungsprozessen unterlegen ist, die zu einer Anreicherung der stabilen Isotope im infiltrierenden Wasser geführt haben. Da diese Anreicherung proportional unterschiedlich für Sauerstoff-18 und Deuterium erfolgt, bilden sich durch Verdunstungsprozesse beeinflusste Wasserproben in der Regel entlang charakteristischer Evaporationslinien ab.

Die Daten sind im Kontext der geologischen bzw. hydrogeologischen Gesamtsituation zu interpretieren.

2.2.2 Tritium

Neben den stabilen Wasserstoffisotopen Protium (^1H) und Deuterium (^2H) können Wassermoleküle auch das radioaktive und zugleich schwerste Wasserstoffisotop Tritium (^3H) enthalten. Tritium entsteht laufend natürlich in den höheren Schichten der Atmosphäre – bevorzugt in der unteren Stratosphäre und oberen Troposphäre – durch die Einwirkung kosmischer Strahlung auf Stickstoffatome. Aufgrund seiner Radioaktivität zeigt es in Wasser ein anderes Verhalten als die stabilen Isotope.

In der Hydrologie wird die Tritiumkonzentration in Tritium-Einheiten (TE) angegeben:

1 TE = 1 Tritium-Atom (^3H) pro 10^{18} stabiler Wasserstoffatome (^1H und ^2H)

Als physikalische Maßeinheit für die Tritiumaktivität fungiert das Becquerel. Ein Becquerel (Bq) entspricht einem Zerfall (Kernumwandlung) pro Sekunde. Für Wasser gilt folgende Beziehung:

$$1 \text{ TE} = 0,118 \text{ Bq/kg} \quad (\text{bzw. } 1 \text{ Bq/kg} \text{ entspricht } 8,47 \text{ TE})$$

In einem Liter Wasser mit 1 TE erfolgen 7,1 Zerfälle pro Minute.

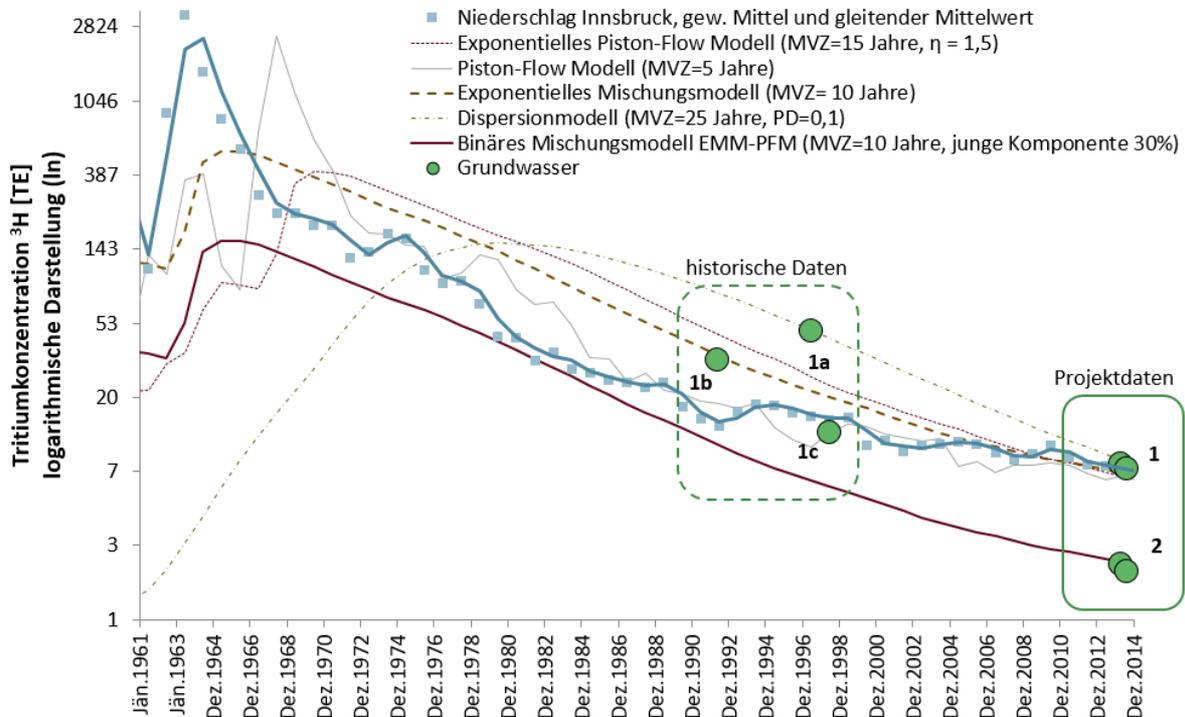
Erhöhte Tritiumfreisetzung durch die oberirdischen Kernwaffentests Anfang der 1960er Jahre und der anschließende Konzentrationsabfall von Tritium in der Atmosphäre führten zu einer charakteristischen Markierung von infiltrierendem Niederschlagswasser mit Tritium über die natürlichen Konzentrationen hinaus (siehe Abbildung 5, Niederschlag Innsbruck).

Durch den Vergleich des in einer Wasserprobe gemessenen Tritiumgehaltes (= Austragsfunktion) mit der Eintragsfunktion von Tritium im Niederschlag lässt sich unter Verwendung von Transferfunktionen, den sogenannten Lumped Parameter-Modellen (Maloszewski & Zuber, 1996), die mittlere Verweilzeit des beprobten Grundwassers berechnen. Dazu werden Annahmen zur Altersverteilung an der untersuchten Messstelle aufgrund von hydrogeologischen Gegebenheiten getroffen (siehe Abbildung 1: Beispiel Piston-Flow Modell und Exponentielles Piston-Flow Modell und Abbildung 5) und der Zerfallsprozess von Tritium berücksichtigt.

Aufgrund der Abnahme der Tritiumgehalte im Niederschlag hin zu natürlichen Hintergrundkonzentrationen ($\sim 4\text{--}6$ TE) ist diese Methode zunehmend mit Unsicherheiten behaftet. Aus Abbildung 5 wird ersichtlich, dass die derzeit im Grundwasser erhobenen Tritiumkonzentrationen für eine zuverlässige Bestimmung von mittleren Verweilzeiten nicht ausreichen.

Für die Tritiumwerte der Grundwasserprobe 1 zum Beispiel lässt sich eine Vielzahl von Transferfunktionen anpassen, die Bestimmung der mittleren Verweilzeit ist mehrdeutig. Liegen jedoch historische Messdaten aus früheren Projekten vor (Grundwasserproben 1a, b und c), lassen sich die mittleren Verweilzeiten des Grundwassers auf Basis von Tritium recht zuverlässig bestimmen.

Abbildung 5: Vergleich der Zeitreihe von Tritium im Niederschlag von Innsbruck und verschiedener modellierter Verweilzeitverteilungen mit exemplarischen Tritiumgehalten im Grundwasser.



Anmerkung: MVZ = mittlere Verweilzeit, η und PD sind Parameter der jeweiligen Modelle.

Quelle: Umweltbundesamt

Erläuterungen zu Abbildung 5:

- Im vorliegenden Beispiel weist das durch die Proben 1 und 1b charakterisierte Grundwasser eine mittlere Verweilzeit von zehn Jahren auf. Die hydrogeologischen Bedingungen an der Messstelle lassen sich durch ein Exponentielles Mischungsmodell beschreiben. Dabei nehmen die Grundwasseralter – einer logarithmischen Verteilung entsprechend – mit zunehmender Tiefe zu.
- Die Grundwasserprobe 2 kann durch ein Binäres Mischungsmodell beschrieben werden, bei dem die junge Grundwasserkomponente eine mittlere Verweilzeit von zehn Jahren aufweist und ca. 30 % des Wassers an der beprobten Messstelle ausmacht. Die anderen 70 % des Grundwassers sind tritiumfrei und weisen damit eine mittlere Verweilzeit unbekanntes Alters von zumindest > 60 Jahren auf.

Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Tritiumkonzentration des Niederschlags saisonalen Schwankungen unterliegt, mit niedrigen Tritiumkonzentrationen im Winter und höheren Tritiumkonzentrationen im Sommer.

Im vorliegenden Projekt wird aufgrund der genannten Einschränkungen bezüglich der Berechnung von mittleren Verweilzeiten auf Basis von Tritium und dem überwiegenden Fehlen historischer Daten an den untersuchten Messstellen zusätzlich ^3He (Helium-3), das Zerfallsprodukt von Tritium, erfasst.

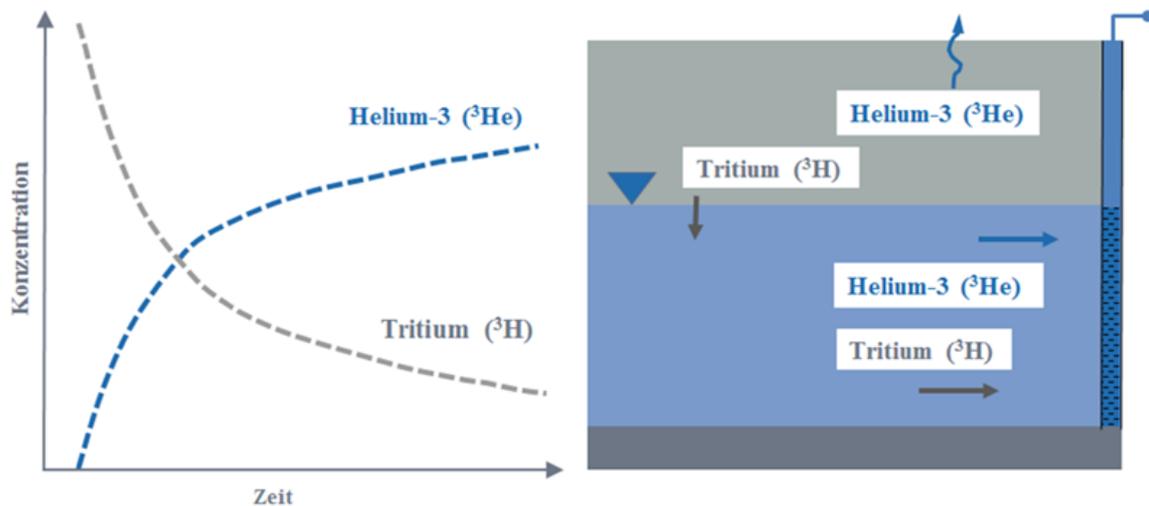
Tritium-Inputfunktionen wurden für die Niederschlagsstationen Graz, Planneralp, Linz-Pöstlingberg und Podersdorf erstellt. Diese Stationen des GZÜV-Isotopenmessnetzes ANIP (Austrian Network of Isotopes in Precipitation) repräsentieren am besten die Niederschlagsbedingungen in den untersuchten Grundwasserkörpern. Dazu wurden niederschlagsgewichtete Tritiumjahresmittelwerte an den entsprechenden Stationen berechnet. Einzelne Lücken in den Datenreihen wurden durch lineare Interpolation geschlossen. Für den Zeitraum 1961–1973 wurden die Tritiumwerte der Station Wien-Hohe Warte herangezogen. Sie ist die in Österreich am längsten in Betrieb befindliche Station zur Erfassung von Tritium im Niederschlag.

2.2.3 Tritium/Helium-3

Die Bestimmung des $^3\text{He}/^4\text{He}$ -Isotopenverhältnisses einer Wasserprobe ermöglicht eine Altersabschätzung auf Basis von Einzelmessungen. Tritium zerfällt mit einer Halbwertszeit von 12,32 Jahren zu $^3\text{He}_{\text{trit}}$ (tritiogenes Helium), dem leichten und seltenen Heliumisotop (Abbildung 6, linke Seite).

Heliumgas bleibt im Wasser gelöst, ist chemisch inert bzw. träge und reichert sich mit der Zeit an. Die Anreicherung beginnt allerdings erst in der gesättigten Zone, da Helium in der ungesättigten Zone durch Gasaustausch und Diffusion verloren geht (Abbildung 6, rechte Seite). Aus der Kenntnis des bereits zerfallenen Tritiums (= tritiogenes Helium) in Relation zum noch in der Probe befindlichen Tritium lässt sich die Bildungsdauer von Helium-3 ermitteln und für Verweilzeitbewertungen verwenden.

Abbildung 6: Tritium und sein Zerfallsprodukt Helium-3 (linke Seite). Verlust von Helium-3 in der ungesättigten Zone (rechte Seite).



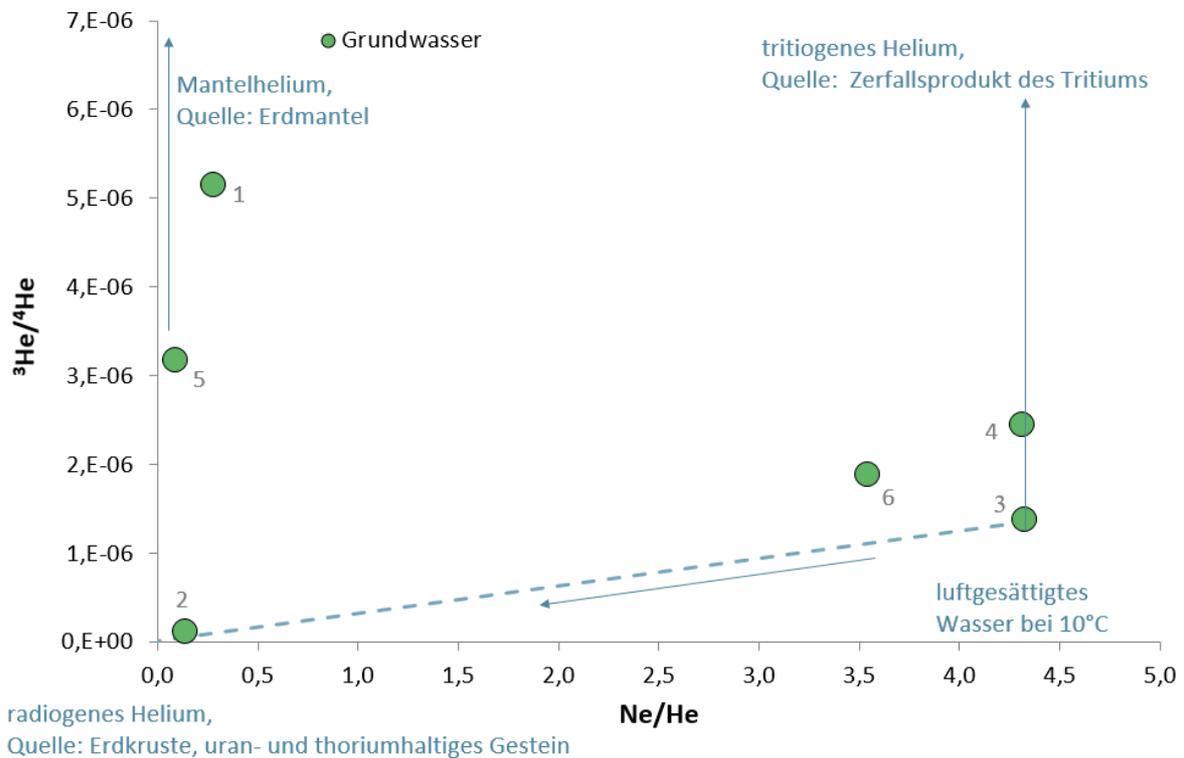
Quelle: Umweltbundesamt

Bei nennenswerten Mächtigkeiten der ungesättigten Zone (z. B. mehrere Zehnermeter) unterscheidet sich das Tritium-Helium-3-Alter deutlich von der mittleren Verweilzeit, die auf Basis von Tritiummessungen (Kapitel 2.2.2) modelliert wird. Das ist bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen. Ebenso entspricht das Tritium-Helium-Alter bei Mischwässern nicht dem gewichteten Mittel der Verweilzeiten aller Grundwasserkomponenten.

Einige Unsicherheiten in Bezug auf die Tritium-Helium-3-Methode ergeben sich aus den möglichen zusätzlichen – unterschiedlich gut quantifizierbaren – Quellen von Helium im Grundwasser. Dabei handelt es sich um atmosphärische (1, 2) und geogene/terrigen (3, 4) Quellen. Eine Grundwasserprobe kann demzufolge neben dem im Gleichgewicht mit der Atmosphäre gelösten Helium (1) einen Luftüberschussanteil (2) enthalten, ebenso wie Helium aus dem Zerfall von uran- und thoriumhaltigen Gesteinen, z. B. aus dem Bereich der Erdkruste (3), oder aufsteigendes Helium aus dem Bereich des Erdmantels (4).

Um die Unterscheidung der verschiedenen Heliumkomponenten zu ermöglichen, werden in der Wasserprobe zusätzlich Neonisotope analysiert. Für eine genaue Darstellung der Methodik sei an dieser Stelle auf Schlosser et al. (1988, 1989), Aeschbach-Hertig (1994) und Sültenfuß & Massmann (2004) verwiesen. Eine grafische Gegenüberstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - und der Ne/He -Isotopenverhältnisse wie in Abbildung 7 erlaubt die Unterscheidung der verschiedenen Heliumquellen.

Abbildung 7: Heliumkomponenten exemplarischer Grundwasserproben.



Quelle: Umweltbundesamt

Die im vorliegenden Beispiel (Abbildung 7) dargestellten Isotopenverhältnisse sind wie folgt zu interpretieren:

- Das Grundwasser der Messstelle 1 ist durch eine Heliumkomponente aus dem Erdmantel beeinflusst. Mantelhelium ist z. B. im Bereich von vormals durch Basaltvulkanismus beeinflussten Gebieten zu erwarten.
- Das Grundwasser der Messstelle 2 ist durch eine radiogene Heliumkomponente beeinflusst. Radiogenes Helium stammt aus dem Zerfall von uran- und thoriumhaltigen Gesteinen z. B. im Bereich der Erdkruste und steigt entlang von Störungszonen mit entsprechenden Wegigkeiten auf.
- Das Grundwasser der Messstelle 3 entspricht der Heliumzusammensetzung von Wasser im Gleichgewicht mit der Luft bei 10° C.
- Das Grundwasser der Messstelle 4 enthält eine hohe Menge tritiogenen Heliums, welches aus dem Zerfall von „Bomben“-Tritium stammt.
- Das Grundwasser der Messstelle 5 ist durch die Mischung einer radiogenen Heliumkomponente mit einer Heliumkomponente aus dem Erdmantel beeinflusst.

- Das Grundwasser der Messstelle 6 ist durch die Beimischung von Mantelhelium gekennzeichnet. Es kann sich aber auch um Grundwasser handeln, welches sowohl eine radiogene Heliumkomponente als auch signifikante Mengen tritiogenen Heliums enthält.

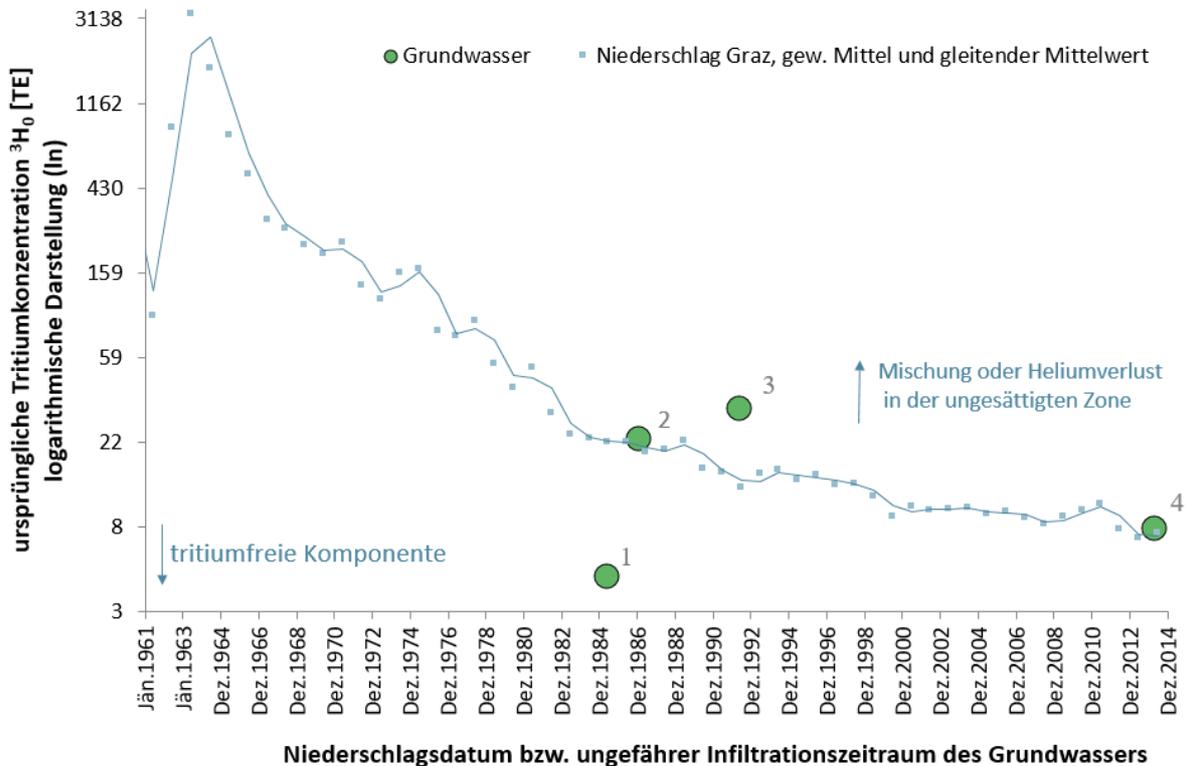
Auch hier sind die Daten wiederum im Kontext der geologischen bzw. hydrogeologischen Gesamtsituation zu interpretieren.

Die eigentliche Bestimmung des Tritium-Helium-3-Alters erfolgt auf Basis der in der Probe bestimmten Gehalte von Tritium und tritiogenem Helium mittels Transferfunktionen und unter Berücksichtigung des Zerfalls analog zur Berechnung auf Basis von Tritiumdaten (Kapitel 2.2.2).

Durch Kenntnis sowohl der Konzentrationen des Ausgangsproduktes (Tritium) als auch des Zerfallsproduktes (Helium) lassen sich mit der Tritium-Helium-3-Methode die Transferfunktionen auch auf Basis von Einzelmessungen hinreichend genau anpassen und mittlere Verweilzeiten im Bereich < 50 Jahre zuverlässig bestimmen.

Die Qualität der Anpassung und Aussagekraft der auf diese Weise ermittelten Grundwasseralter kann anhand von Abbildung 8 überprüft werden. Hier wurden die Tritiumkonzentrationen des Niederschlags dem (auf Basis der Tritium-Helium-3-Konzentrationen und des Piston-Flow Modells berechnetem) Infiltrationszeitpunkt des Grundwassers gegenübergestellt. Gibt es starke Abweichungen zwischen den Grundwasserproben und der Tritiumzeitreihe des Niederschlags, müssen die getroffenen Annahmen zu den hydrogeologischen Bedingungen an der Messstelle (Mischungs- und Verteilungsprozesse oder sonstige Beeinflussungen) angepasst und die entsprechenden Transferfunktionen für die Bestimmung der mittleren Verweilzeit gewählt werden.

Abbildung 8: Zeitreihe der Tritiumkonzentrationen des Niederschlags in Graz (1961–2014) im Vergleich zu den unter Annahme von Piston-Flow-Bedingungen berechneten Infiltrationszeitpunkten der exemplarischen Grundwasserproben.



Quelle: Umweltbundesamt

Erläuterungen zu Abbildung 8:

- Die unter Annahme von Piston-Flow-Bedingungen berechneten Tritium-Helium-3-Alter bzw. Infiltrationszeiträume der Grundwasserproben 2 und 4 stimmen gut mit der Zeitreihe von Tritium im Niederschlag überein, d. h. die ermittelten Grundwasseralter sind zuverlässig.
- Für die Grundwasserprobe 3 ist entweder von Mischungs- und Verteilungsprozessen entlang des Grundwasserfließweges auszugehen oder vom Verlust des Heliums z. B. in der ungesättigten Zone. Liegen ausreichende Informationen zu den hydrogeologischen Gegebenheiten im Umfeld der Messstelle vor, können entsprechende Annahmen zu den Fließbedingungen getroffen, geeignete Transferfunktionen ausgewählt und zuverlässige mittlere Verweilzeiten berechnet werden.
- Das Grundwasser der Probe 1 ist durch die signifikante Beimischung einer tritiumfreien Grundwasserkomponente aus der Zeit vor dem „Bombentritium“-Eintrag gekennzeichnet. Da das Alter dieser Komponente in der Regel unbekannt ist, lässt sich

die mittlere Verweilzeit über die Größenordnung des Anteils der tritiumfreien Komponente abschätzen.

2.3 Umfang und Art der Untersuchungen

Die Bewertung der mittleren Verweilzeit des Grundwassers erfolgte an jenen Messstellen, die im Rahmen der GZÜV untersucht werden. Während bei jenen Grundwasserkörpern mit weniger als 20 Messstellen alle Messstellen ins Untersuchungsprogramm aufgenommen wurden, erfolgte bei jenen Grundwasserkörpern mit mehr als 20 Messstellen in Zusammenarbeit mit den Kolleg:innen der Ämter der Landesregierungen eine möglichst repräsentative Auswahl auf Basis der hydrogeologischen Rahmenbedingungen, hydrologischen Abschätzungen, Pegelwasserstände und der hydrochemischen Daten. Zusätzlich zu Grundwassermessstellen wurden für die Interpretation relevante Oberflächengewässer ausgewählt, an denen ebenfalls stichprobenartige Untersuchungen durchgeführt wurden.

Die Isotopenprobenahme erfolgte in Anlehnung an das GZÜV-Monitoringprogramm bis zu viermal pro Jahr durch die Probenehmer:innen der GZÜV. Dadurch war es möglich, auf ressourcenschonendem Weg unterschiedliche hydrologische Bedingungen und die Dynamik des Grundwasserkörpers in einem Untersuchungsjahr zu erfassen. Die ausgewählten Grundwassermessstellen wurden im Zeitraum 2. Quartal 2019 bis einschließlich 1. Quartal 2020 beprobt.

Ausgehend vom Pilotprojekt Grundwasseralter (Umweltbundesamt, 2009) hat sich für die Berechnung der mittleren Verweilzeiten des Grundwassers folgende Beprobungsmethodik bewährt:

- 4x pro Jahr stabile Wasserisotope (Sauerstoff-18, Deuterium)
- 2x pro Jahr Tritium
- 1x pro Jahr Edelgasisotope (Helium, Neon)

Insbesondere die Abschätzung mittlerer Grundwasserverweilzeiten auf Basis der Tritium/Helium-3-Methode ist bei Karst- und Kluftquellen aufgrund der Eigenschaften der Quelfassung häufig nur eingeschränkt möglich. Brunnenstuben, in denen erst nach dem Überlauf beprobt werden kann, führen durch Gasaustausch des Wassers mit der Atmosphäre zu unbrauchbaren Ergebnissen.

Für die Interpretation der Isotopendaten wurde relevante Literatur der ausgewählten Grundwasserkörper erhoben, ausgewertet und entsprechend zusammengefasst. Die dabei erstellten Gebietscharakterisierungen wurden mit den jeweiligen Expert:innen aus den Bundesländern diskutiert und abgestimmt.

Die mittleren Verweilzeiten der Grundwassermessstellen wurden in Zusammenschau mit messstellenbezogenen Daten (z. B. Informationen zum Messstellenaufbau, Bohrprofile, hydrochemische Messwerte) bestimmt und folgenden Alterskategorien zugeordnet:

- < 5 Jahre
- 5–10 Jahre
- 11–25 Jahre
- 26–50 Jahre
- > 50 Jahre

3 Aichfeld-Murboden [MUR]

3.1 Überblick

Der Einzelgrundwasserkörper Aichfeld-Murboden umfasst das größte inneralpine Becken der Steiermark – das Judenburg-Knittelfelder Becken bzw. Fohnsdorfer Becken – und wird allseits von zentralalpinen Gebirgen umschlossen. Er ist nach den geographischen Landschaftsnamen bezeichnet, wobei das Aichfeld den linksufrigen Teil der Mur umfasst und der Murboden rechtsufrig liegt. Das Gebiet ist durch landwirtschaftliche Nutzflächen, die Siedlungs- und Industriegebiete von Judenburg, Zeltweg und Knittelfeld, den Militärflughafen Zeltweg sowie die Mur und ihre Aubereiche gekennzeichnet. Auch die Schwemmfächer der größeren Murzubringer, insbesondere des Pölsflusses, aber auch des Granitzen- und Ingeringbaches beeinflussen die Grundwasserverhältnisse.



Judenburg-Knittelfelder Becken © Gerhard Karl Lieb, Universität Graz

Als quartärer Grundwasserleiter fungieren die in der Regel gut durchlässigen Ablagerungen der Niederterrasse (Würm) und der holozänen Talauen. Sie werden von Kiesen und Schottern aufgebaut, in denen mehre Dezimeter mächtige Sandlinsen eingeschaltet sein können. Der in Talbereichen durch neogene Sedimente gebildete Grundwasserstauer weist ein stark ausgeprägtes Relief auf, das eine Gliederung in Rinnenstrukturen und Hochzonen erlaubt. Diese Untergrundstrukturen folgen dabei tektonischen Störungsmustern. Deckschichten aus Lehm mit lokal variierenden Mächtigkeiten bedecken rund 75 % der Fläche des Grundwasserkörpers. Der Grundwasserflurabstand bewegt sich zwischen 0 und 50 m.

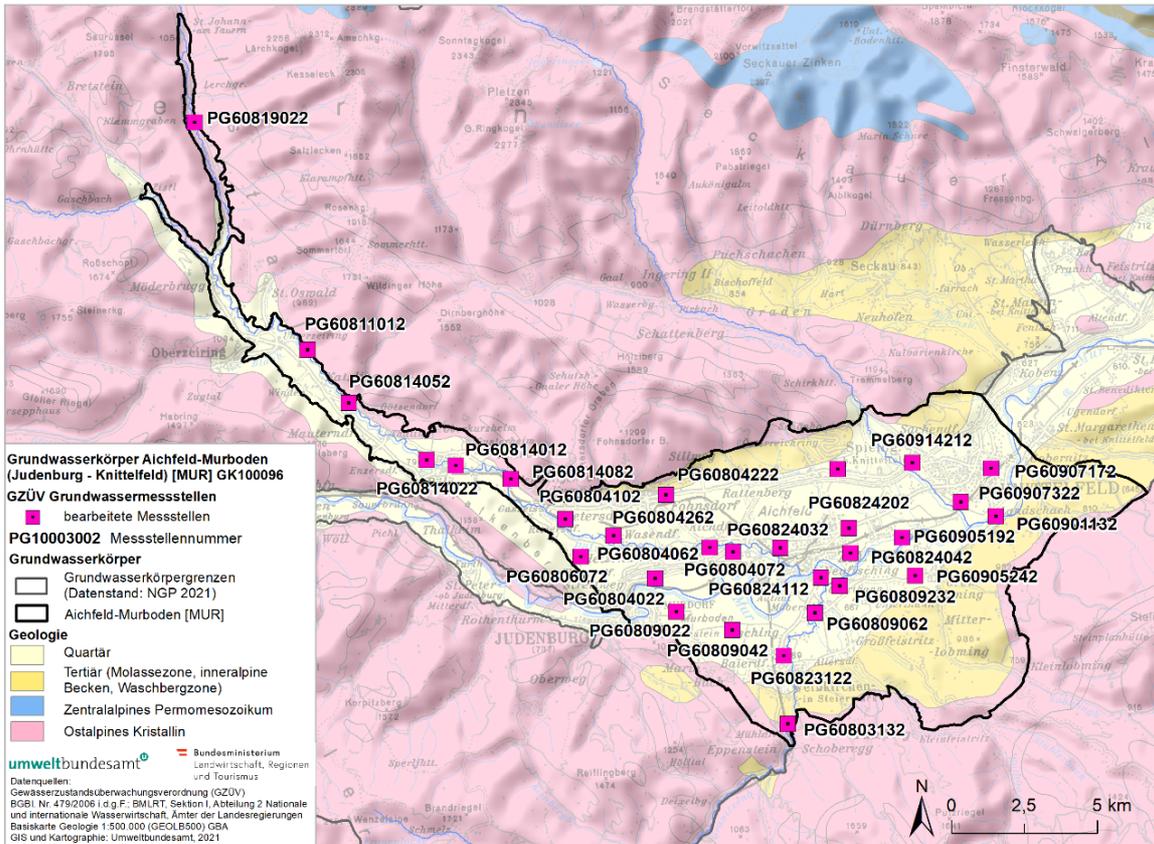
Die Grundwasserneubildung erfolgt zum überwiegenden Teil durch die Infiltration aus den Fließgewässern und dabei vorrangig aus der Mur. Der Anteil der Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag liegt nur bei etwa 5 %. Der Grundwasserstrom fließt parallel zur Mur in westöstlicher Richtung. Die geringsten Flurabstände treten murnah im östlichen Beckenbereich auf (siehe auch Abbildung 10).

Nur etwa 7 % der Fläche des Grundwasserkörpers sind durch bebaute Flächen gekennzeichnet. Der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen beträgt ca. 70 %. Etwas weniger als ein Viertel der Fläche (~22%) wird durch Wälder und naturnahe Flächen bedeckt. Insbesondere von Wasserentnahmen, Industrieanlagen, Haldenflächen, ausgewiesenen Altlasten sowie der landwirtschaftlichen Nutzung kann eine Beeinflussung des Grundwassers ausgehen.

Das Gebiet um Fohnsdorf war ehemaliges Braunkohlebergbaugesamt. Bis 1977/78 wurde hier in Schächten mit Tiefen von mehr als 1.000 m aus den Flözen der Fohnsdorf-Formation Kohle gewonnen. Die Grube wurde stillgelegt und rückgebaut, die Wasserhaltung wurde im Jahr 1978 eingestellt. Am Nordrand des Fohnsdorfer Beckens befinden sich mehrere stillgelegte Stollen.

Insgesamt 29 GZÜV-Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR] wurden hinsichtlich der mittleren Verweilzeiten des Grundwassers untersucht (Abbildung 9). Tabelle 2 fasst die verfügbaren Angaben zum Ausbau der Messstellen, zur Landnutzung sowie zur Geologie im Einzugsgebiet zusammen.

Abbildung 9: Übersichtskarte Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] mit den ausgewählten GZÜV-Messtellen.



Quelle: GZÜV; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt
 GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

Tabelle 2: Messstellentyp und -teufe sowie Landnutzung, geologische Klasse und Teilbereich des Grundwasserkörpers der beprobten Messtellen im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR].

| GZÜV-ID | Messtellentyp | Teufe (m u. GOK) | Landnutzung an der Messtelle | Geologische Klasse | Teilbereich |
|------------|---------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------|
| PG60803132 | Sonde | - | Acker | Quartäre Sedimente - C14 | Murboden |
| PG60804022 | Bohrbrunnen | 60 | Industrie-, Gewerbe- und Verkehr | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |

| GZÜV-ID | Messstellen- typ | Teufe (m u. GOK) | Landnutzung an der Messstelle | Geologische Klasse | Teilbereich |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--------------------|
| PG60804062 | Schachtbrunnen | 25,4 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60804072 | Schachtbrunnen | 35 | Heterogene Landwirtschaft | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60804102 | Sonde | 31 | Acker | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60804222 | Sonde | 33,8 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60804262 | Sonde | 29 | Heterogene Landwirtschaft | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60806072 | Sonde | 50 | Acker | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60809022 | Sonde | 34 | Acker | Quartäre Sedimente - C14 | Murboden |
| PG60809042 | Sonde | 50 | Acker | Quartäre Sedimente - C14 | Murboden |
| PG60809062 | Schachtbrunnen | 14,2 | Grünland | Quartäre Sedimente - C14 | Murboden |
| PG60809232 | Sonde | 17,9 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente - C14 | Murboden |
| PG60811012 | Schachtbrunnen | - | Heterogene Landwirtschaft | Quartäre Sedimente - C11 | Pölstal |
| PG60814012 | Schachtbrunnen | 6,4 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente - C11 | Pölstal |
| PG60814022 | Schachtbrunnen | 9 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente - C11 | Pölstal |
| PG60814052 | Schachtbrunnen | - | Heterogene Landwirtschaft | Quartäre Sedimente - C11 | Pölstal |
| PG60814082 | Sonde | 46,6 | Acker | Quartäre Sedimente - C11 | Pölstal |
| PG60819022 | Schachtbrunnen | - | Grünland | Quartäre Sedimente - C11 | Pölstal |
| PG60823122 | Sonde | 30 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente - C14 | Murboden |
| PG60824032 | Bohrbrunnen | 37 | Industrie-, Gewerbe- und Verkehr | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |

| GZÜV-ID | Messstellen- typ | Teufe (m u. GOK) | Landnutzung an der Messstelle | Geologische Klasse | Teilbereich |
|------------|---------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| PG60824042 | Schachtbrunnen | 4,25 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60824112 | Sonde | 23,5 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente - C14 | Murboden |
| PG60824202 | Sonde | 33 | Industrie-, Gewerbe- und Verkehr | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60901132 | Schachtbrunnen | 3,9 | Heterogene Landwirtschaft | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60905192 | Sonde | 21 | Heterogene Landwirtschaft | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60905242 | Sonde | 10,9 | Acker | Quartäre Sedimente - C14 | Murboden |
| PG60907172 | Schachtbrunnen | 7,5 | Industrie-, Gewerbe- und Verkehr | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60907322 | - | 23 | Heterogene Landwirtschaft | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |
| PG60914212 | Sonde | 13 | Heterogene Landwirtschaft | Quartäre Sedimente - C14 | Aichfeld |

Anmerkungen:

GOK ... Geländeoberkante

Quartäre Sedimente – C11: kristallinbetonte Sedimente in den Zentralalpen

Quartäre Sedimente – C14: Alluvionen, Schwemmkegel und Terrassen entlang der Mürz und Mur

Quelle: GZÜV, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, CORINE Landcover (2018), BMNT (2018)

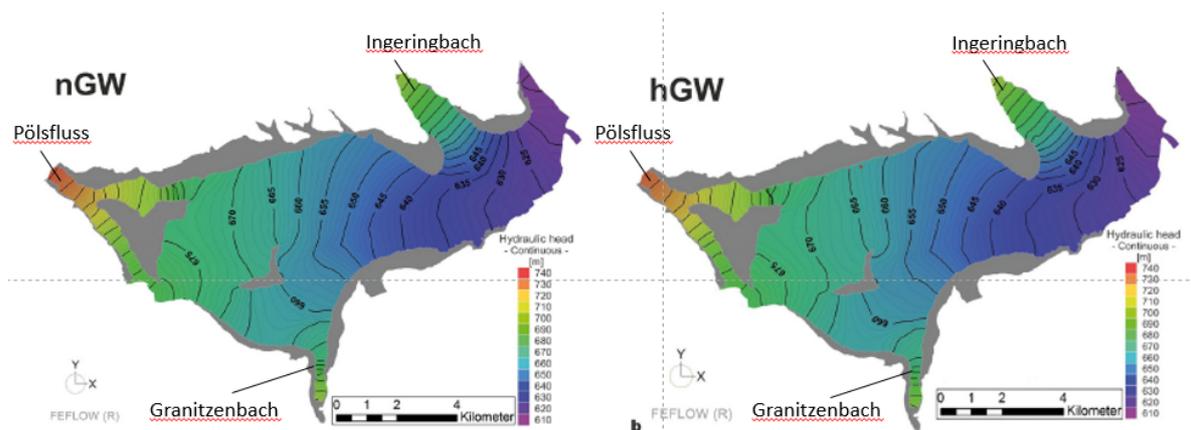
Eine detaillierte Beschreibung des Grundwasserkörpers ist im Anhang enthalten.

3.2 Grundwassermodell

Für den Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden wurde im Jahr 2016 ein hydrogeologisches Modell für den quartären Grundwasserleiter erstellt (Geoteam Ges.m.b.H., 2016). Die Berechnung der Grundwasserneubildungsraten basiert auf einem Niederschlag-Abflussmodell für den Zeitraum 2000–2010. Die Validierung des hydrogeologischen Modells erfolgte durch ein numerisches Grundwasserströmungsmodell unter Einbeziehung des Niederschlag-Abflussmodells. Das Grundwassermodell wurde für den Zeitraum 2000–2010 sowohl stationär

für niedere und höhere Grundwasserstände bei Ist-Entnahmen aus den Brunnen als auch instationär kalibriert. Ausgehend von der Kalibrierung erfolgte die Erstellung von Grundwasserschichtenplänen für niedere, mittlere und höhere Grundwasserstände (Abbildung 10).

Abbildung 10: Isolinienkarte des Grundwasserstandes in Teilen des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR] für Niederwasser- (nGW, links) und Hochwasserbedingungen (hGW, rechts).



Quelle: verändert nach Vasvári et al. (2018)

Die Isolinienkarten in Abbildung 10 zeigen deutlich das starke Potentialgefälle, mit dem die Grundwasserströme aus den Seitentälern des Pölsflusses, des Ingeringbaches und des Granitzenbaches in den Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden eintreten. Entlang der östlichen Mur und im Bereich des Ingeringbaches sind die Flurabstände am niedrigsten, dort ist auch die stärkste Interaktion zwischen Vorflutern, Mur und dem Grundwasser zu erwarten. In westlicher Richtung auf den Niederterrassen erreichen die Flurabstände zwischen 15 und 50 m. Die Interaktion zwischen der Mur, den Seitenbächen (v. a. dem Ingeringbach) stellen bei Hochwasserhältnissen den wesentlichen Zustrom in das Grundwasser dar. Unter Niederwasserbedingungen exfiltriert die Mur in das Grundwasser. Grundwasserneubildung aus Niederschlag macht nur etwa 5 % der Gesamtwasserbilanz des (Teil-)Grundwasserkörpers aus (Vasvári et al., 2018).

3.3 Untersuchungsergebnisse

3.3.1 Vor-Ort-Parameter

Die Jahresmittelwerte der Vor-Ort-Parameter für die untersuchten Grundwassermessstellen im Jahr 2019 sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die mittlere Wassertemperatur der beprobten Messstellen zeigt eine Bandbreite zwischen 9,0 und 13,9 °C. Der überwiegende Teil der Messstellen weist im Jahr 2019 mittlere Wassertemperaturen zwischen ~ 9 und ~ 2 °C auf. Das maximale Jahresmittel entfällt auf die Messstelle PG60804022 in der Gemeinde Fohnsdorf mit einer vergleichsweise hohen Variabilität der einzelnen Messwerte im Jahresverlauf (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Vor-Ort-Parameter der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] im Jahr 2019.

| GZÜV-ID | T (°C) | | pH | | EC (µS/cm) | | O ₂ (mg/l) | |
|------------|--------|-----|-----|------|------------|-----|-----------------------|-----|
| | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ |
| PG60803132 | 9,6 | 0,4 | 7,0 | 0,06 | 302 | 18 | 6,78 | 0,8 |
| PG60804022 | 13,9 | 3,3 | 7,7 | 0,20 | 323 | 35 | 8,94 | 0,7 |
| PG60804062 | 9,8 | 1,1 | 7,7 | 0,06 | 386 | 12 | 8,69 | 0,4 |
| PG60804072 | 12,1 | 0,6 | 7,7 | 0,10 | 330 | 13 | 8,25 | 0,6 |
| PG60804102 | 10,7 | 0,2 | 7,0 | 0,03 | 449 | 15 | 2,01 | 0,4 |
| PG60804222 | 13,2 | 1,7 | 6,8 | 0,03 | 1110 | 9 | 4,07 | 2,2 |
| PG60804262 | 11,4 | 0,5 | 6,9 | 0,07 | 412 | 72 | 4,49 | 0,2 |
| PG60806072 | 10,5 | 0,2 | 6,9 | 0,02 | 514 | 22 | 7,14 | 0,2 |
| PG60809022 | 9,9 | 1,1 | 7,8 | 0,02 | 263 | 17 | 6,77 | 0,7 |
| PG60809042 | 10,2 | 0,7 | 7,8 | 0,05 | 331 | 5 | 8,39 | 0,8 |
| PG60809062 | 12,1 | 2,7 | 6,9 | 0,20 | 218 | 35 | 9,95 | 0,5 |
| PG60809232 | 10,5 | 0,6 | 6,5 | 0,02 | 316 | 20 | 6,76 | 0,4 |
| PG60811012 | 9,0 | 2,0 | 7,4 | 0,10 | 159 | 14 | 8,17 | 0,7 |
| PG60814012 | 10,1 | 0,3 | 7,6 | 0,15 | 469 | 11 | 8,90 | 0,6 |

| GZÜV-ID | T (°C) | | pH | | EC (µS/cm) | | O ₂ (mg/l) | |
|------------|--------|-----|-----|------|------------|-----|-----------------------|-----|
| | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ |
| PG60814022 | 10,0 | 1,6 | 7,9 | 0,11 | 327 | 6 | 9,03 | 1,5 |
| PG60814052 | 9,3 | 1,0 | 7,6 | 0,06 | 363 | 3 | 8,70 | 0,3 |
| PG60814082 | 9,0 | 0,7 | 7,3 | 0,02 | 452 | 53 | | |
| PG60819022 | 12,1 | 1,3 | 6,7 | 0,17 | 136 | 5 | 9,30 | 1,0 |
| PG60823122 | 11,2 | 0,9 | 7,0 | 0,09 | 217 | 17 | 8,16 | 0,3 |
| PG60824032 | 11,5 | 1,9 | 7,6 | 0,25 | 342 | 7 | 8,14 | 1,3 |
| PG60824042 | 11,5 | 1,7 | 7,4 | 0,07 | 478 | 16 | 8,47 | 0,8 |
| PG60824112 | 9,4 | 0,4 | 7,7 | 0,02 | 361 | 6 | 7,77 | 0,2 |
| PG60824202 | 10,9 | 0,4 | 7,4 | 0,07 | 472 | 32 | 8,25 | 0,1 |
| PG60901132 | 10,6 | 2,4 | 7,1 | 0,10 | 434 | 21 | 3,57 | 2,9 |
| PG60905192 | 9,9 | 0,3 | 7,5 | 0,01 | 483 | 8 | 8,07 | 0,1 |
| PG60905242 | 10,9 | 1,5 | 6,5 | 0,05 | 346 | 8 | 8,09 | 0,7 |
| PG60907172 | 12,4 | 0,8 | 7,1 | 0,07 | 236 | 9 | 8,66 | 1,5 |
| PG60907322 | 11,2 | 1,0 | 6,5 | 0,06 | 349 | 14 | 7,73 | 0,6 |
| PG60914212 | 10,9 | 2,7 | 6,7 | 0,06 | 155 | 9 | 6,36 | 1,4 |

Anmerkungen:

T ... Temperatur, pH ... pH-Wert, EC ... elektrische Leitfähigkeit (bei 20 °C), O₂ ... Sauerstoffgehalt

Quelle: GZÜV

Auswertung: Umweltbundesamt

Für den Großteil der Messstellen liegt die elektrische Leitfähigkeit im Jahresmittel zwischen ~200 und ~500 µS/cm. Eine Ausnahme bildet die Messstelle PG60804222 in Fohnsdorf mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 1110 µS/cm, auch diese ein Hinweis auf Beeinflussung des Grundwassers der Messstelle durch höher mineralisierte, aufgehärtete Halden- oder Stollenwässer.

Einen besonders niedrigen Sauerstoffgehalt von ~2 mg/l weist die Messstelle PG60804102 auf, die ebenfalls in der Gemeinde Fohnsdorf lokalisiert ist. Der mittlere Sauerstoffgehalt liegt sonst überwiegend zwischen ~6 und ~9 mg/l.

3.3.2 Hauptionen

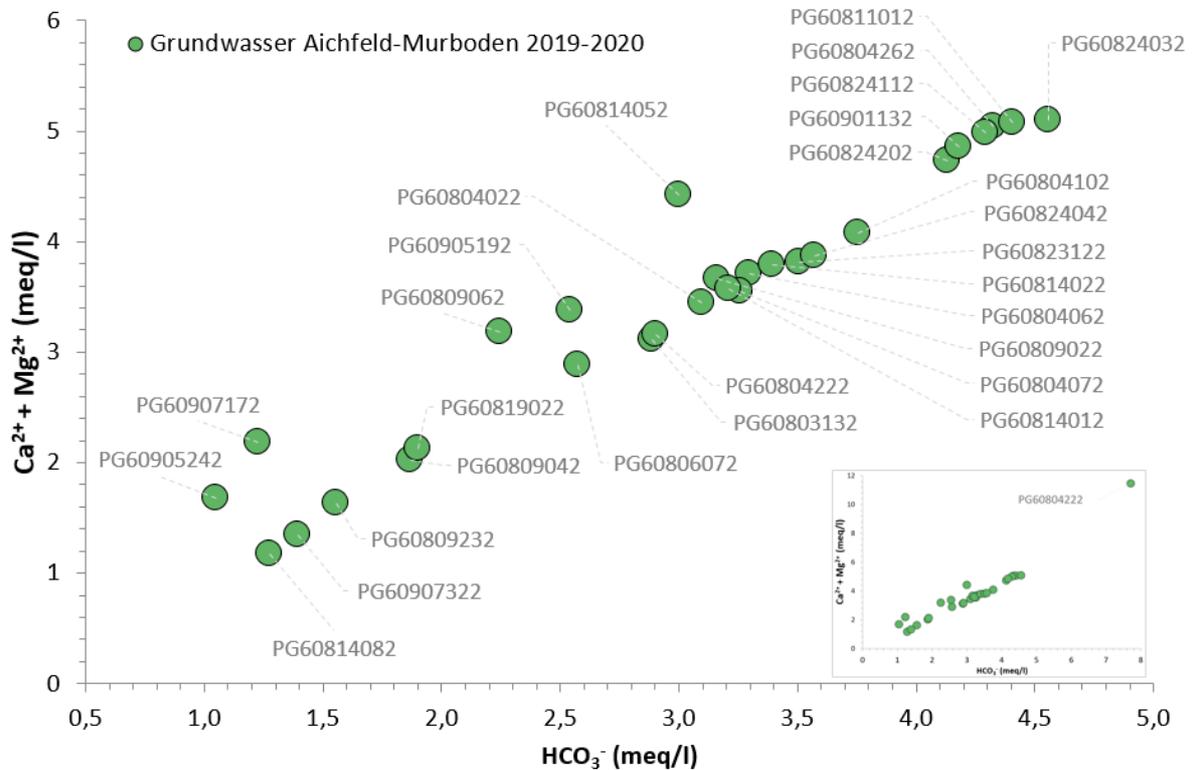
Die mittleren Konzentrationen der Hauptionen in den untersuchten Grundwasserproben im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden im Jahr 2019 sowie die hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer können Tabelle 4 bzw. Abbildung 11 entnommen werden.

Die untersuchten Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden sind überwiegend dem Grundwassertyp „Normal erdalkalische Wässer – überwiegend hydrogencarbonatisch“ zuzuordnen. Hauptinhaltsstoff bei den Anionen ist das Hydrogencarbonat, gefolgt vom Sulfat, bei den Kationen dominieren die Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium.

Die Wässer der Grundwassermessstellen PG60814082 im Pölstal sowie PG60804222 im Aichfeld sind dem Grundwassertyp „Normal erdalkalische Wässer – hydrogencarbonatisch-sulfatisch“ zuzurechnen. Hauptinhaltsstoff bei den Anionen ist Hydrogencarbonat, gefolgt von Sulfat mit mittleren Konzentrationen von 79,8 bzw. 252 mg/l. Bei den Kationen dominieren die Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium. PG60804222 ist generell durch auffällig hohe Konzentrationen aller untersuchten Hauptionen und eine hohe Härte gekennzeichnet (siehe Tabelle 4, Abbildung 11), die sich auch in der bereits angesprochenen markant hohen elektrischen Leitfähigkeit widerspiegeln (Tabelle 3). Das Grundwasser der Messstelle ist wahrscheinlich im Kontakt mit pyrithaltiger Kohle und Mergel. Dies führt in der Folge zu hohen Konzentrationen an Calciumsulfat, welche das Grundwasser dieser Messstelle kennzeichnen.

Erhöhte Sulfatkonzentrationen zwischen ~57–80 mg/l sind außerdem kennzeichnend für die entlang des Pölsflusses gelegenen Grundwassermessstellen (PG60814082, PG60804102, PG60806072 und PG60804262). Die Messstellen liegen im Verhältnis zum Pölsfluss unterstromig des Einleitpunktes der kommunalen Kläranlage der Marktgemeinde Pöls-Oberkurzheim, die unter anderem auch Abwasser eines papierverarbeitenden Betriebes erfasst.

Abbildung 11: Hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] – Äquivalentsumme der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium in Gegenüberstellung zur Äquivalentkonzentration von Hydrogenkarbonat.



Quelle: Umweltbundesamt

Die Nitratkonzentrationen der untersuchten Grundwassermessstellen liegen im Mittel zwischen 2,5 und 29,9 mg/l Nitrat (Tabelle 4) und damit unterhalb des Schwellenwertes von 45 mg/l Nitrat gemäß QZV Chemie GW.

Die Wässer der Grundwassermessstellen PG60907172 sowie PG60907322 im Aichfeld sind dem Grundwassertyp „Erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt – überwiegend sulfatisch, überwiegend chloridisch“ zuzurechnen. Bei den Kationen dominieren die Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium, die Anionen beider Grundwasserproben werden von Hydrogenkarbonat und Chlorid dominiert.

Die Wässer der Grundwassermessstellen PG60804262, PG60914212, PG60804102 im Aichfeld sowie PG60819022 im Pölstal sind dem Grundwassertyp „Erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt – überwiegend hydrogenkarbonatisch“ aufgrund eines höheren Kalium-

und Natriumanteils (Tabelle 4) zuzuordnen. PG60819022 ist generell durch besonders niedrige Gehalte für die meisten der untersuchten Hauptionen gekennzeichnet.

Tabelle 4: Hauptionen der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] im Jahr 2019.

| GZÜV-ID | Calcium | | Magnesium | | Natrium | | Kalium | | Hydrogenkarbonat | | Sulfat | | Chlorid | | Nitrat | |
|------------|---------|------|-----------|-----|---------|------|--------|-----|------------------|------|--------|------|---------|-----|--------|-----|
| | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ |
| | (mg/l) | | | | | | | | | | | | | | | |
| PG60803132 | 53,9 | 4,2 | 5,2 | 0,4 | 6,5 | 1,0 | 2,8 | 0,4 | 176 | 12,7 | 10,8 | 0,5 | 10,0 | 0,3 | 6,0 | 1,0 |
| PG60804022 | 55,9 | 2,9 | 8,0 | 0,6 | 4,7 | 0,3 | 2,1 | 0,1 | 189 | 1,8 | 18,1 | 4,2 | 9,1 | 3,9 | 6,0 | 1,2 |
| PG60804062 | 61,7 | 8,6 | 7,7 | 1,2 | 12,8 | 2,8 | 3,0 | 0,1 | 201 | 18,2 | 29,6 | 2,2 | 18,4 | 1,7 | 6,7 | 1,8 |
| PG60804072 | 57,0 | 1,2 | 8,5 | 0,2 | 4,6 | 0,2 | 2,3 | 0,1 | 199 | 1,6 | 20,2 | 1,3 | 7,0 | 0,7 | 5,4 | 0,5 |
| PG60804102 | 69,9 | 1,0 | 7,1 | 0,2 | 21,1 | 1,9 | 4,9 | 0,1 | 229 | 6,7 | 56,5 | 4,1 | 15,4 | 0,8 | 4,2 | 2,1 |
| PG60804222 | 174 | 12,6 | 33,9 | 1,3 | 43,7 | 14,5 | 8,8 | 1,1 | 470 | 22,2 | 252 | 23,1 | 49,0 | 3,6 | 21,2 | 4,4 |
| PG60804262 | 54,5 | 8,7 | 5,3 | 0,8 | 31,5 | 5,6 | 4,2 | 0,3 | 177 | 18,8 | 66,2 | 19,5 | 19,1 | 6,3 | 3,4 | 1,0 |
| PG60806072 | 85,8 | 5,9 | 9,3 | 0,7 | 17,1 | 0,8 | 5,4 | 0,3 | 264 | 14,4 | 67,1 | 3,2 | 14,9 | 1,9 | 9,4 | 3,1 |
| PG60809022 | 43,8 | 2,0 | 8,5 | 0,3 | 3,5 | 0,1 | 1,7 | 0,0 | 157 | 8,1 | 16,5 | 1,2 | 6,0 | 1,2 | 4,1 | 0,5 |
| PG60809042 | 54,8 | 2,7 | 11,3 | 0,9 | 4,8 | 0,3 | 2,3 | 0,3 | 193 | 4,3 | 20,2 | 1,6 | 10,3 | 1,5 | 6,5 | 0,4 |
| PG60809062 | 31,9 | 4,1 | 5,2 | 0,7 | 5,8 | 1,0 | 3,8 | 0,2 | 114 | 9,0 | 12,6 | 2,6 | 7,6 | 2,5 | 7,2 | 3,4 |
| PG60809232 | 49,5 | 1,6 | 8,7 | 0,4 | 8,9 | 0,2 | 4,8 | 0,4 | 137 | 2,2 | 20,9 | 0,7 | 16,0 | 0,6 | 29,9 | 0,3 |
| PG60811012 | 27,4 | 2,6 | 3,2 | 0,3 | 2,3 | 0,1 | 2,3 | 0,4 | 95 | 11,1 | 11,4 | 0,6 | 2,1 | 0,7 | 2,5 | 0,6 |
| PG60814012 | 88,9 | 1,9 | 7,8 | 0,2 | 6,3 | 0,4 | 4,9 | 0,2 | 269 | 1,0 | 33,8 | 0,7 | 11,5 | 1,3 | 11,3 | 0,3 |
| PG60814022 | 58,6 | 1,5 | 7,9 | 0,3 | 3,8 | 0,2 | 3,4 | 0,3 | 196 | 5,8 | 20,7 | 0,8 | 6,0 | 0,8 | 5,3 | 0,6 |
| PG60814052 | 62,9 | 2,2 | 7,9 | 0,4 | 5,9 | 0,4 | 3,7 | 0,2 | 207 | 6,3 | 19,4 | 0,6 | 11,5 | 0,8 | 6,9 | 0,7 |
| PG60814082 | 74,6 | 15,7 | 8,5 | 2,0 | 10,6 | 2,3 | 4,5 | 0,8 | 183 | 61,1 | 79,8 | 10,9 | 18,6 | 5,1 | <NG | - |
| PG60819022 | 13,2 | 1,1 | 6,2 | 0,5 | 6,1 | 0,6 | 3,4 | 0,6 | 78 | 5,2 | 5,9 | 0,1 | 3,1 | 0,4 | 6,7 | 0,9 |
| PG60823122 | 34,7 | 2,4 | 4,8 | 0,5 | 6,2 | 0,7 | 2,5 | 0,1 | 116 | 12,8 | 11,0 | 1,0 | 7,4 | 1,2 | 7,1 | 1,0 |
| PG60824032 | 61,1 | 2,4 | 9,3 | 0,6 | 4,2 | 0,4 | 2,2 | 0,1 | 214 | 5,4 | 18,6 | 1,5 | 5,6 | 1,1 | 4,8 | 0,8 |
| PG60824042 | 82,2 | 4,6 | 12,1 | 0,6 | 9,3 | 0,6 | 3,4 | 0,2 | 278 | 11,0 | 25,2 | 2,7 | 14,4 | 0,6 | 11,1 | 0,7 |
| PG60824112 | 65,5 | 2,0 | 7,3 | 0,4 | 6,1 | 0,4 | 2,7 | 0,3 | 218 | 1,7 | 12,8 | 0,2 | 9,3 | 0,9 | 10,0 | 0,9 |
| PG60824202 | 84,1 | 3,9 | 9,6 | 0,9 | 13,2 | 2,3 | 3,6 | 0,2 | 262 | 9,2 | 32,1 | 5,8 | 19,8 | 3,3 | 8,0 | 1,0 |

| GZÜV-ID | Calcium | | Magnesium | | Natrium | | Kalium | | Hydrogenkarbonat | | Sulfat | | Chlorid | | Nitrat | |
|------------|---------|-----|-----------|-----|---------|-----|--------|-----|------------------|------|--------|-----|---------|-----|--------|-----|
| | (mg/l) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ |
| PG60901132 | 76,2 | 3,4 | 11,3 | 0,2 | 9,2 | 0,6 | 4,8 | 0,8 | 252 | 10,1 | 36,0 | 3,6 | 9,1 | 1,6 | 7,6 | 0,6 |
| PG60905192 | 79,6 | 1,4 | 10,7 | 0,6 | 15,5 | 0,6 | 4,1 | 0,2 | 255 | 5,3 | 36,3 | 0,6 | 19,8 | 0,7 | 11,4 | 0,6 |
| PG60905242 | 54,8 | 2,4 | 7,8 | 0,7 | 9,9 | 2,1 | 2,3 | 0,3 | 155 | 8,5 | 19,0 | 1,1 | 15,7 | 2,3 | 27,6 | 5,0 |
| PG60907172 | 24,6 | 1,9 | 5,5 | 0,7 | 14,0 | 0,8 | 4,3 | 0,4 | 64 | 1,3 | 11,2 | 0,9 | 32,6 | 3,8 | 10,5 | 0,6 |
| PG60907322 | 31,3 | 2,0 | 7,5 | 0,8 | 29,0 | 1,2 | 5,4 | 0,4 | 75 | 1,8 | 18,5 | 0,7 | 59,0 | 3,0 | 17,8 | 0,2 |
| PG60914212 | 17,6 | 2,4 | 5,7 | 0,4 | 7,9 | 0,4 | 2,5 | 0,5 | 85 | 13,7 | 6,8 | 1,2 | 6,7 | 1,7 | 3,5 | 1,1 |

Quelle: GZÜV

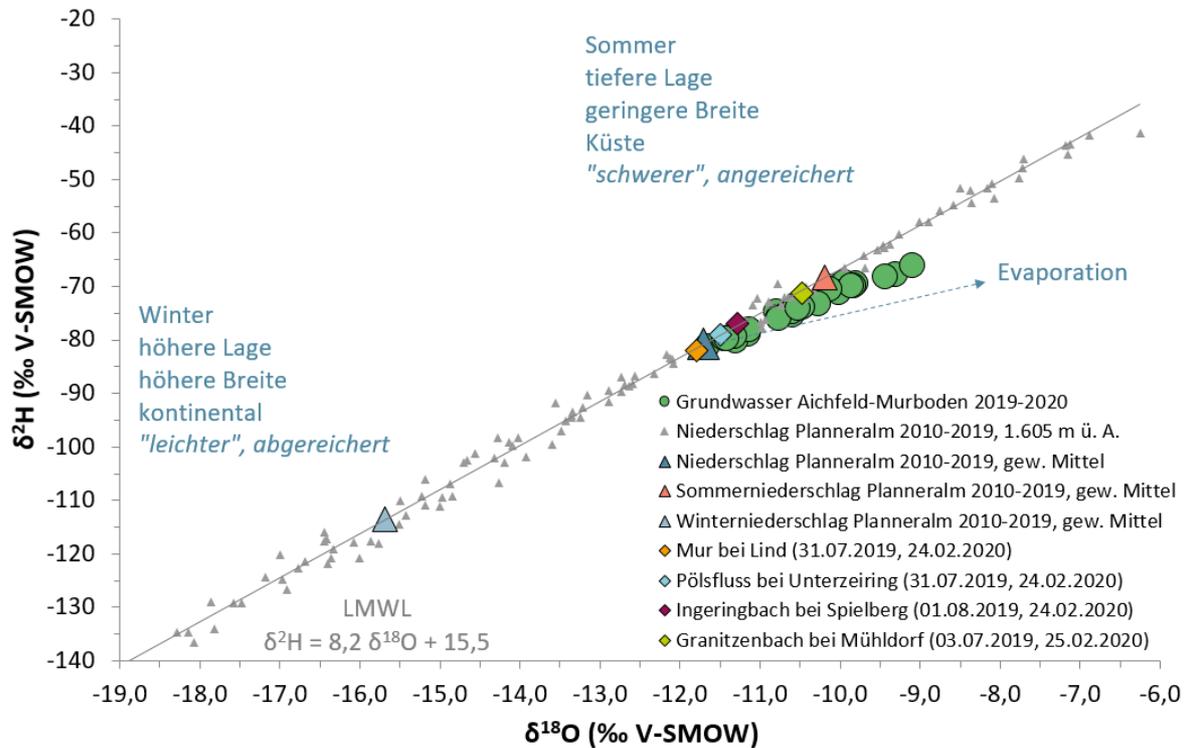
Auswertung: Umweltbundesamt

3.3.3 Sauerstoff-18 und Deuterium

Die graphische Gegenüberstellung der Deuterium- und Sauerstoff-18-Verhältnisse ($\delta^2\text{H}$ versus $\delta^{18}\text{O}$) im Niederschlag, im Grundwasser und in den Oberflächengewässern in Abbildung 12 erlaubt Rückschlüsse auf Bildungsbedingungen und Mischungsprozesse der lokalen Grundwasservorkommen.

Die Daten der stabilen Isotopen ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) der Niederschlagsstation Planneralm sowie der Grund- und Oberflächengewässerproben im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden sind in Abbildung 12 sowie Abbildung 13 dargestellt.

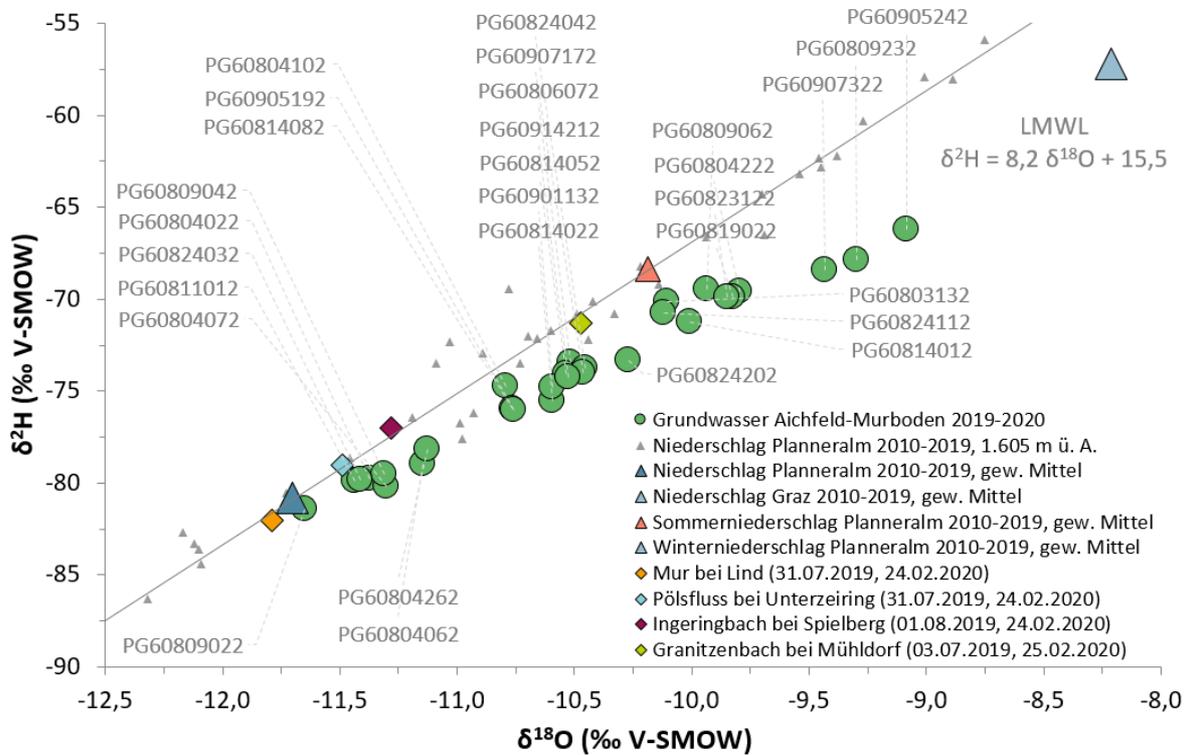
Abbildung 12: Mittelwerte der Deuterium-($\delta^2\text{H}$)- und Sauerstoff-18- ($\delta^{18}\text{O}$)-Verhältnisse des Grundwassers bei den ausgewählten Messstellen des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR] im Vergleich zu Mur, Pölsfluss, Ingeringbach und Granitzenbach sowie dem Niederschlag auf der Planneralm (2010–2019).



Quelle: Umweltbundesamt

Die Sauerstoff-18- und Deuteriumkonzentrationen der untersuchten Fließgewässer Mur, Pölsfluss, Ingering- und Granitzenbach liegen im Bereich der abgereicherten, „leichteren“ Isotopensignaturen der auf 1.605 m ü. A. gelegenen Niederschlagsstation. Sie weisen ähnlich hoch gelegene Einzugsgebiete auf. Auch ein Teil der Grundwassermessstellen weist entsprechend leichte Isotopensignaturen auf. Für diese Messstellen ist von einer signifikanten Beimischung von infiltrierendem Oberflächengewässern auszugehen bzw. von einem Grundwasserzustrom aus hoch gelegenen Einzugsgebieten. Ein Teil der Grundwasserneubildung im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden erfolgt durch Infiltration von Niederschlägen in den angrenzenden alpinen Bereichen der Seckauer Alpen und der Seetaler Alpen und strömt aus den Seitentälern des Pölsflusses, des Ingeringbaches und des Granitzenbaches zu. Insbesondere unter Hochwasserbedingungen dotieren die Mur und die Seitenbäche das Grundwasser.

Abbildung 13: Ausschnitt aus dem $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR].



Quelle: Umweltbundesamt

Die „leichtesten“ Sauerstoff-18- und Deuterium-Werte (-11,65 ‰ $\delta^{18}\text{O}$ und -81,40 ‰ $\delta^2\text{H}$) sind für die Sonde PG60809022 nahe Murdorf zu verzeichnen (siehe Abbildung 13) und auf den starken Einfluss von Uferfiltrat der Mur bzw. den Grundwasserbegleitstrom der Mur zurückzuführen.

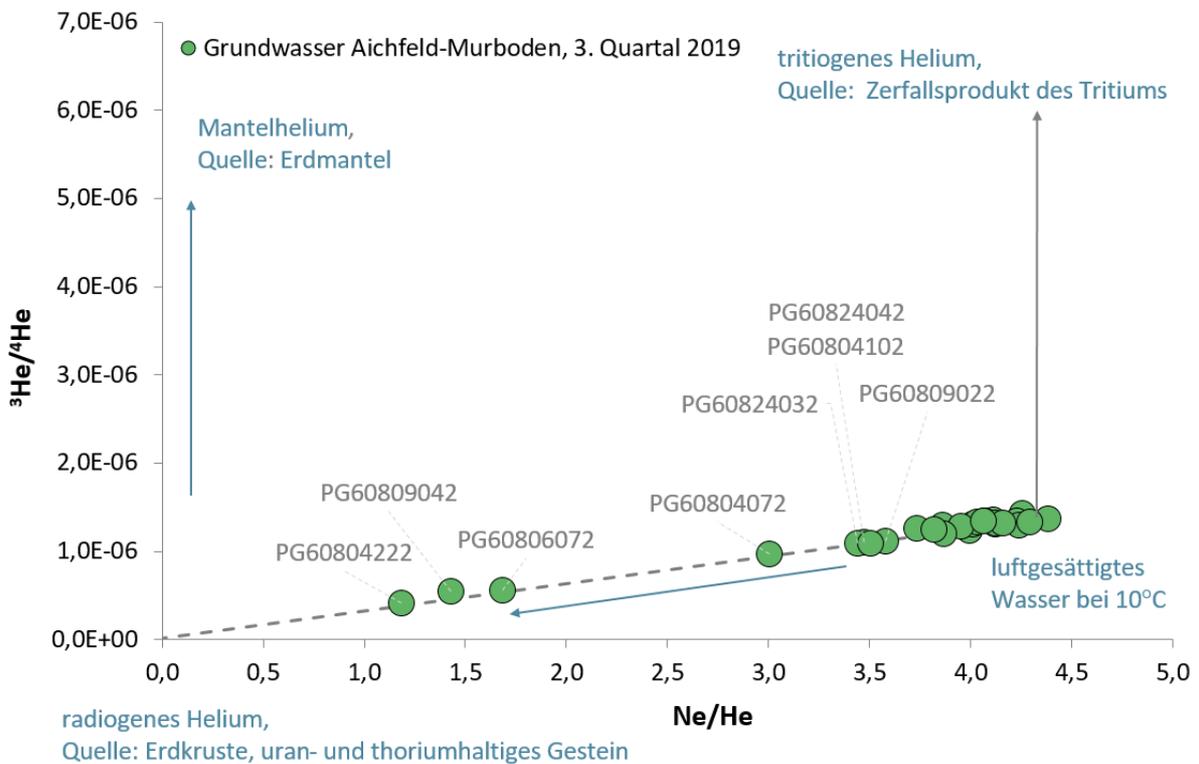
Insgesamt liegen die Grundwassermessstellen auf einer gedachten Mischungslinie von Messstellen deren Grundwasserneubildung durch höher gelegene Einzugsgebiete und Oberflächengewässer charakterisiert ist und Messstellen, deren Grundwasserneubildung in den Talbereichen des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden erfolgt und die teilweise bereits Verdunstungseffekte aufweisen.

Stellvertretend für die Grundwasserneubildung in den Tallagen wird in Abbildung 13 das langjährige, gewichtete Niederschlagsmittel von Graz (340 m ü. A.) herangezogen. Vergleichsweise „schwere“, d. h. angereicherte, Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte (-9,09 ‰ $\delta^{18}\text{O}$ und -66,23 ‰ $\delta^2\text{H}$) sind beispielsweise für die Messstelle PG60905242 nahe Großlobming zu verzeichnen (siehe Abbildung 13). Die Sauerstoff-18-Verhältnisse tendieren

in Richtung des langjährigen gewichteten Jahresmittels der Niederschläge von Graz. Das Einzugsgebiet dieser Grundwassermessstelle ist demnach im Talbereich zu vermuten, ohne nennenswerten Einfluss von aus Höhenlagen zuströmenden Wässern.

3.3.4 Tritium/Helium-3

Abbildung 14: Heliumkomponenten im Grundwasser – Darstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - versus Ne/He -Verhältnisse von ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR].



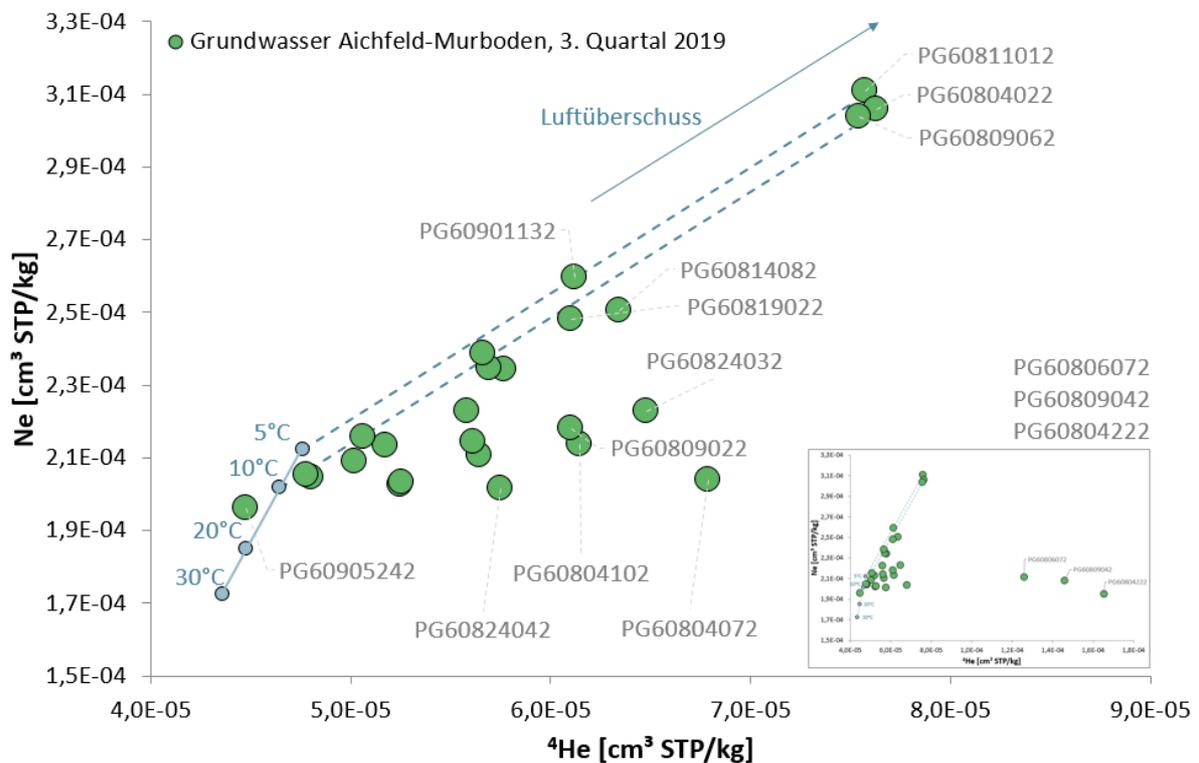
Quelle: Umweltbundesamt

Die Gegenüberstellung des Heliumverhältnisses ($^3\text{He}/^4\text{He}$) zum Edelgasverhältnis (Ne/He) in Abbildung 14 erlaubt die Unterscheidung verschiedener Heliumquellen im Grundwasser, wie in Kapitel 2.2.3 erläutert.

Für 28 von 29 Messstellen des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden liegen Daten aus der Tritium-/Heliumanalytik vor.

Einige Messstellen – PG60804222 und PG60804072 Fohnsdorf, PG60809042 Wöllmersdorf und PG60806072 Waltersdorf – weisen markante Beimischungen von radiogenem Helium-4 auf (Abbildung 15). Als Ursache kommen im Bereich Fohnsdorf beispielsweise Beeinflussungen des Grundwassers durch aufsteigende Grubenwässer im Kontakt mit uran- und thoriumhaltigen Mineralien in Frage. Zum anderen verläuft im Bereich der Grundwassermessstelle PG60809042 die NE-SW-streichende Hirschegg-Störung (Teil des Pöls-Lavanttal-Störungssystems), an der entsprechende Gas- und Wasserwegigkeiten vorliegen könnten.

Abbildung 15: Helium-(⁴He)- und Neon-Konzentrationen in den Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR].



Quelle: Umweltbundesamt

Alle anderen Messstellen weisen in geringerem Ausmaß Beimischungen von radiogenem Helium-4 sowie mitunter geringfügig von tritogenem Helium auf. Ein nennenswerter Teil der Messstellen enthält kein oder kaum tritogenes Helium. Bei diesen Messstellen ist von aktueller Grundwasserneubildung auszugehen.

Mitunter höhere Luftüberschüsse in den Proben – ersichtlich aus der Darstellung der Helium- und Neon-Konzentrationen in Abbildung 15 sowie anhand hoher Δ Ne-Werte – deuten

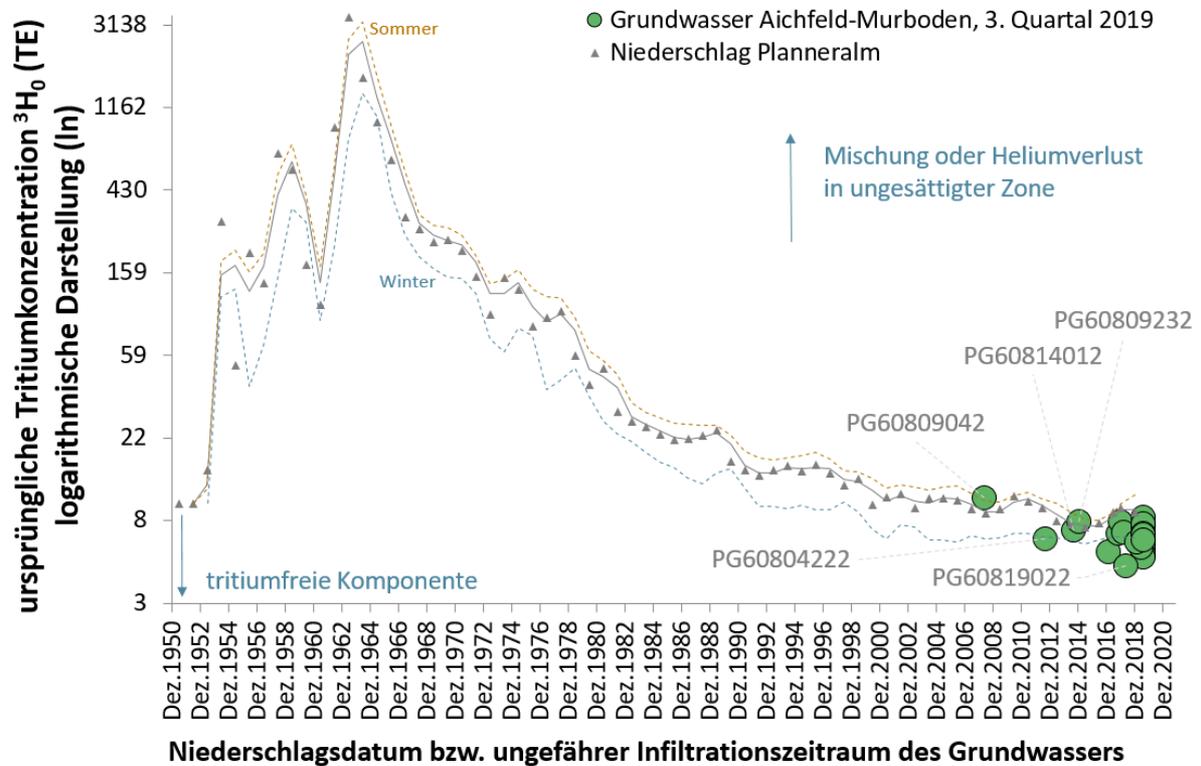
auf größere Schwankungen des Grundwasserspiegels hin, bei denen es zum Einschluss von Luftblasen aus der ungesättigten Zone kommt. Dieser Effekt kann beispielsweise durch schnell infiltrierende Regen- und Hochwasserereignisse hervorgerufen werden.

Im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden zeigten insbesondere die Grundwasserproben der Messstellen PG60811012 bei Unterzeiring, PG60804022 Gabelhofensiedlung und PG60809062 Silberrain am Granitzenbach entsprechende Luftüberschüsse. Die betreffenden Messstellen sind möglicherweise durch stärkere Grundwasserspiegelschwankungen gekennzeichnet.

In Abbildung 16 sind die auf Basis der Tritium/Helium-3-Methode berechneten Infiltrationszeitpunkte (Annahme: Piston-Flow-Bedingungen) den ursprünglichen Tritiumkonzentrationen gegenübergestellt. Die ursprünglichen Tritiumkonzentrationen entsprechen dabei der Summe der Tritiumkonzentrationen und dem bereits zerfallenen Tritium in der Probe (= tritiogenes Helium).

Der überwiegende Teil der Grundwasserproben im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden zeigt geringfügige Abweichungen zur Tritiumzeitreihe des Niederschlags der Station Planeralm (Abbildung 16). Die auf Basis von Piston-Flow-Bedingungen modellierten Tritium-/Heliumalter indizieren damit überwiegend kurze Verweilzeiten des Grundwassers im Untergrund. Einzig für das Grundwasser der Messstelle PG60809042 in der Gemeinde Weißkirchen sowie die Grundwassermessstellen PG60804222, PG60814012 und PG60809232 liegen die auf Basis der Tritium-/Helium-3-Methode berechneten Infiltrationszeitpunkte schon etwas länger zurück. Ein Teil der Proben zeigt stabile Tritiumkonzentrationen unter dem langjährigen Niederschlagsmittel. Für diese Messstellen dominieren Winterniederschläge die Grundwasserneubildung oder tritiumfreie Grundwasserkomponenten haben einen Anteil am Grundwasser der Messstelle.

Abbildung 16: Tritiumkonzentrationen im Grundwasser des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR] im Vergleich zum Niederschlag der Messstation Planneralm (Jahresmittelwerte und zweijähriger gleitender Mittelwert).

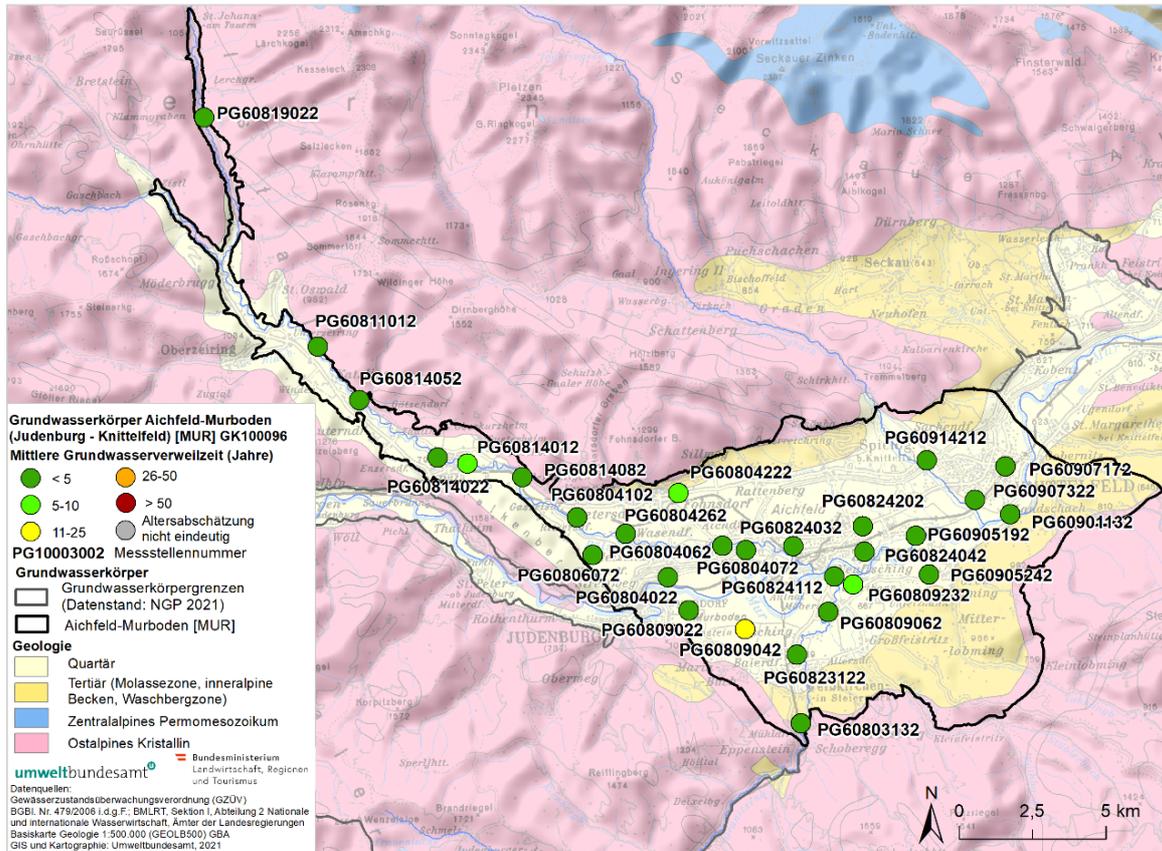


Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5 Mittlere Verweilzeiten

Die Abschätzung der Mittleren Verweilzeiten im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] erfolgte, wie in Kapitel 2.2 dargestellt, mittels empirischer Blackbox-Modelle und Zuordnung einer MVZ-Kategorie. Die auf diese Weise ermittelten Verweilzeiten werden in diesem Kapitel messstellenweise erläutert. Die Reihung der Messstellen erfolgt dabei gruppiert nach Lage der Messstellen in den verschiedenen Gemeinden im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden beginnend mit der in der Marktgemeinde Pölstal gelegenen Messstelle PG60819022 bis zu der in Großlobming gelegenen Messstelle PG60905242.

Abbildung 17: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR].



Quelle: Umweltbundesamt; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt

3.3.5.1 Pölstal

Der im Pölstal südlich von Sankt Johann am Tauern gelegene Schachtbrunnen **PG60819022** erfasst gering mineralisiertes ($136 \mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffreiches ($9,3 \text{ mg}/\text{l}$) Grundwasser mit einer – anhand von Blackbox-Modellen – abgeschätzten mittleren Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre. Die niedrigen Tritiumkonzentrationen des Grundwassers an dieser Messstelle sind auf überwiegende Grundwasserneubildung in den Wintermonaten zurückzuführen. Die Beimischung einer tritiumfreien Komponente ist aufgrund des Messstellenaufbaus, der hydrochemischen Charakteristik und der vernachlässigbaren geringen Konzentrationen von tritogenem und radiogenem Helium im Grundwasser der Messstelle unwahrscheinlich. Luftüberschüsse deuten auf schwankende Grundwasserspiegellagen im Einzugsgebiet der Messstelle hin.

Tabelle 5: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG60819022 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60819022 |
|---------------------------------------|----------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -9,82 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 2,3 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 4,4 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 4,1 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0,3 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 1,1E-06 |
| ΔNe | % | 34,0 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5.2 Pöls-Oberkurzheim

Der im Bereich der Niederterrasse gelegene Schachtbrunnen **PG60811012** südöstlich von Unterzeiring erfasst gering mineralisiertes (159 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffreiches (8,2 mg/l) Grundwasser mit einer modellierten mittleren Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre. Die sehr leichte, d. h. abgereicherte, $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur (Tabelle 6) entspricht jener des Pölsflusses, so dass an dieser Messstelle von Grundwasserneubildung aus dem Grundwasserbegleitstrom des Pölsflusses oder von temporärer Interaktion des Grundwassers mit dem Pölsfluss auszugehen ist.

Der unmittelbar am Pölsfluss im Bereich der Auzone gelegene Schachtbrunnen **PG60814052** zwischen Katzling und Götzendorf erfasst gering mineralisiertes (363 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffreiches (8,7 mg/l) Grundwasser mit einer abgeleiteten mittleren Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre. Messdaten aus der Tritium-/Helium-Analytik standen für diese Messstelle nicht zur Verfügung. Aufgrund der sehr leichten, d. h. abgereicherten, $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur (Tabelle 6) ist jedoch davon auszugehen, dass auch das Grundwasser dieser Messstelle überwiegend durch den Grundwasserbegleitstrom des Pölsflusses oder temporär durch den Pölsfluss selbst dotiert wird.

Tabelle 6: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60811012, PG60814052, PG60814022, PG60814012, PG60814082 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60811012 | PG60814052 | PG60814022 | PG60814012 | PG60814082 |
|--|----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | [< 5] | [< 5] | 5-10 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -11,44 | -10,54 | -10,59 | -10,01 | -10,76 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 2,8 | 2,9 | 4,0 | 3,0 | 2,9 |
| $^3\text{H}_{3. \text{Quartal 2019}}$ | TE | 6,9 | - | - | 5,5 | 5,2 |
| $^3\text{H}_{1. \text{Quartal 2020}}$ | TE | 6,5 | 5,1 | 5,9 | 6,1 | 5,6 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0 | - | 1,7 | 1,7 | 0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 6,8E-21 | - | 7,3E-06 | 5,7E-06 | 2,8E-06 |
| ΔNe | % | 66,5 | - | 11,9 | 7,6 | 33,0 |

Quelle: Umweltbundesamt

Gleiches gilt für den westlich von Pöls etwa 200 m vom Pölsfluss entfernt gelegene Schachtbrunnen **PG60814022**. Das Grundwasser der Messstelle ist gering mineralisiert (327 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffreich (9,03 mg/l) und weist eine mittlere Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre auf. Das Grundwasser enthält geringe Menge tritiogenen Heliums (Tabelle 6).

Der östlich von Pöls ebenfalls nahe am Pölsfluss in den quartären Ausedimenten gelegene Schachtbrunnen **PG60814012** weist mittlere Verweilzeiten der Kategorie 5–10 Jahre auf, mit tendenziell jüngeren MVZ. Das Grundwasser enthält geringe Mengen tritiogenen Heliums und Sulfatkonzentrationen von im Mittel 33,8 mg/l – etwas höher als der oberstromig gelegene Schachtbrunnen PG60814022 mit im Mittel 20,7 mg/l Sulfat.

Die unmittelbar am Pölsfluss in den quartären Sedimenten der Auzone gelegene Sonde **PG60814082** erfasst ebenfalls die charakteristischen, isotopisch leichten, d. h. abgereicherten, Wässer des Grundwasserbegleitstromes des Pölsflusses oder wird direkt durch infiltrierendes Oberflächenwasser des Pölsflusses gespeist. Das Grundwasser der Messstelle fällt in die MVZ-Kategorie < 5 Jahre und zeigt noch einmal höhere Sulfatkonzentrationen (53 mg/l) als die oberstromig gelegene Grundwassermessstelle PG60814012. Tritiogenes Helium wurde im Grundwasser der Messstelle nicht nachgewiesen.

3.3.5.3 Judenburg (Aichfeld)

Die ca. 50 m tiefe Sonde **PG60806072** in den Niederterrassensedimenten nördlich von Waltersdorf und nahe des Schwemmfächers des Waltersdorferbaches weist nur geringe Mengen tritiogenen Heliums und damit eine mittlere Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre auf (Tabelle 7). Die relativ leichte Isotopensignatur von im Mittel $-10,52\text{‰}$ $\delta^{18}\text{O}$ zeigt, dass das Grundwasser in diesem Bereich durch markanten Zustrom aus dem Pölstal gekennzeichnet ist. Das Grundwasser der Messstelle enthält signifikante Mengen radiogenen Heliums (Tabelle 7), die wahrscheinlich im Zusammenhang mit der in diesem Bereich NW-SE streichenden Hirschegg-Störung (Pöls-Lavanttal-Störungssystem) stehen. Das Grundwasser ist geringfügig höher mineralisiert ($514\text{ }\mu\text{S/cm}$) als die untersuchten Grundwässer im Pölstal und weist Sauerstoffkonzentrationen von im Mittel $7,14\text{ mg/l}$ auf.

Tabelle 7: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG60806072 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60806072 |
|--|----------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -10,52 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 1,7 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 4,9 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 6,0 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0,7 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 7,6E-05 |
| ΔNe | % | 12,1 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5.4 Fohnsdorf (nördlicher Teil)

Das Grundwasser der Messstelle **PG60804102** südwestlich von Kumpitz in der Gemeinde Fohnsdorf enthält kein tritiogenes Helium und zeigt eine relativ hohe Saisonalität des $\delta^{18}\text{O}$ -

Signals (Tabelle 8). Die mittlere Verweilzeit ist aufgrund der Altersmodellierung in die Kategorie < 5 Jahre einzuordnen. Aufgrund der Lage und indiziert durch die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von im Mittel $-10,79\text{‰}$ ist von signifikantem Grundwasserzustrom aus dem Pölstal sowie in geringerem Umfang von Grundwasserneubildung aus dem nach Süden entwässernden Einzugsgebiet des Allerheiligengrabens und Vormacherberges auszugehen. Das Grundwasser der Sonde weist mit $2,01\text{ mg/l O}_2$ geringe Sauerstoffkonzentrationen auf; außerdem – im Vergleich zu den oberstromig gelegenen Grundwassermessstellen – erhöhte Sulfatkonzentrationen von im Mittel $56,5\text{ mg/l}$. Diese sind auf anthropogene Ursachen zurückzuführen.

Auch das Isotopensignal (Abbildung 13) der in einer Schlinge des Pölsflusses gelegenen Sonde **PG60804262** bei Wasendorf zeigt deutliche Beeinflussung durch Grundwasserzustrom aus dem Pölstal bzw. durch temporäre Interaktionen mit dem Pölsfluss selbst. Das Grundwasser der Messstelle weist mit im Mittel $66,2\text{ mg/l}$ erhöhte Sulfatkonzentrationen, relativ niedrige Sauerstoffgehalte ($4,49\text{ mg/l O}_2$) und eine mittlere elektrische Leitfähigkeit von $412\text{ }\mu\text{S/cm}$ auf. Tritiogenes Helium wurde nicht nachgewiesen, die Altersabschätzung ergibt eine mittlere Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre.

Die Sonde **PG60804222** neben dem Friedhof Fohnsdorf zeigt sowohl hydrochemische als auch isotopische Besonderheiten, die möglicherweise auf die Lage der Messstelle im Bereich ehemaliger Bergbauaktivitäten und entsprechende Altablagerungen oder Beeinflussungen im Norden des Fohnsdorfer Beckens zurückzuführen sind. Das Grundwasser der Messstelle ist durch eine hohe elektrische Leitfähigkeit von $1110\text{ }\mu\text{S/cm}$, relativ niedrige Sauerstoffkonzentrationen von $4,07\text{ mg/l O}_2$, leicht erhöhte Grundwassertemperaturen von $13,2\text{ °C}$ und die höchsten Sulfatkonzentrationen der untersuchten Messstellen (252 mg/l) gekennzeichnet. Auffällig ist zudem die hohe Konzentration an radiogenem Helium (Tabelle 8), ein Hinweis auf Kontakt mit uran- und thoriumhaltigem Gestein oder entsprechende Gaswegigkeiten aus der Tiefe im Umfeld der Messstelle. Die Tritiumkonzentrationen von jeweils $4,4\text{ TE}$ in beiden Probenahmenquartalen deuten auf Grundwasserneubildung hauptsächlich in den Wintermonaten oder den Einfluss einer tritiumfreien Grundwasserkomponente. Die tritiogenen Heliumkonzentrationen sind allerdings vergleichsweise niedrig.

In Fohnsdorf befindet sich der Wodzicki-Hauptschacht, Teil des ehemaligen Bergbau Fohnsdorf. Hier wurde bis in die 1970er Jahre hinein in Tiefen von mehr als 1.000 m Braunkohle abgebaut. Außerdem liegen im anzunehmenden Grundwasserzustrom der Sonde aus Nordwest eine Halde und mehrere Stollen. Wässer aus diesen Stollenbereichen können mit hohen Sulfatkonzentrationen einhergehen. Zudem sind Braunkohle-Lagerstätten häufig durch erhöhte Urangehalte gekennzeichnet. In der Zusammenschau der vorliegenden Daten ist

von einer Grundwasserneubildung hauptsächlich in den Wintermonaten auszugehen und von einem Grundwasserzuström aus nordwestlicher bis nördlicher Richtung, der durch die dort gelegenen Halden- und Stollenbereiche beeinflusst wird und sich auch in der Isotopensignatur ($\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}} -9,80 \text{ ‰}$) vom Hauptstrom des Grundwassers im Grundwasserkörper unterscheidet. Die mittlere Verweilzeit fällt in die Kategorie 5–10 Jahre.

Tabelle 8: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60804102, PG60804262, PG60804222 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60804102 | PG60804262 | PG60804222 |
|--|----------|------------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 | 5–10 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -10,79 | -11,13 | -9,80 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,5 | 4,9 | 2,0 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 5,4 | 7,8 | 4,4 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 6,4 | 7,0 | 4,4 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0 | 0 | 2,1 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 1,1E-05 | 4,3E-08 | 1,2E-04 |
| ΔNe | % | 13,2 | 14,1 | 3,2 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5.5 Fohnsdorf (südlicher Teil)

Die drei Grundwassermessstellen **PG60804022** (Sonde, Gabelhofensiedlung), **PG60804062** (Schachtbrunnen, Aichdorf) und **PG60804072** (Schachtbrunnen, östlich von Aichdorf) liegen zwischen Pölsfluss und Mur im südlichen Teil des Aichfeldes. Sie sind durch leichte, d. h. abgereicherte, $\delta^{18}\text{O}$ -Signaturen in der Größenordnung dieser beiden Oberflächengewässer charakterisiert (Abbildung 13). Die Messstellen weisen sehr ähnliche Sauerstoffkonzentrationen (8,25 bis 8,94 mg/l) und ähnlich niedrige elektrische Leitfähigkeiten auf (323 bis 386 $\mu\text{S}/\text{cm}$) auf. Das Grundwasser der Messstellen enthielt kein (PG60804022) oder nur geringe Mengen tritiogenen Heliums (PG60804062, PG60804072) und ist durch mittlere Verweilzeiten der Kategorie < 5 Jahre geprägt. Die Proben der Messstelle PG60804022 waren

durch hohe Luftüberschüsse gekennzeichnet, was auf Probleme bei der Probenahme für die Tritium-/Heliumanalytik deuten könnte.

Die leichten $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der drei Grundwassermessstellen liegen in der Größenordnung von Pölsfluss und Mur, d. h. Grundwasserzustrom aus dem Pölstal und temporäre Interaktionen mit dem Pölsfluss oder der Mur bestimmen die Grundwasserneubildung im Bereich der Messstellen.

Tabelle 9: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60804022, PG60804062, PG60804072 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60804022 | PG60804062 | PG60804072 |
|--|----------|------------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -11,38 | -11,15 | -11,30 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 5,1 | 3,1 | 3,6 |
| $^3\text{H}_{3. \text{Quartal } 2019}$ | TE | 6,9 | 6,5 | 6,3 |
| $^3\text{H}_{1. \text{Quartal } 2020}$ | TE | 6,6 | 6,5 | 6,3 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0 | 0,1 | 0,7 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 0 | 1,8E-06 | 2,1E-05 |
| ΔNe | % | 61,8 | 12,5 | 7,5 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5.6 Zeltweg (Teil Aichfeld)

Der Bohrbrunnen **PG60824032** in Neuzeltweg mit einer Teufe von etwa 37 m im Nahbereich des Pölsflusses vor dessen Mündung in die Mur zeigt ebenfalls die charakteristisch leichten Isotopensignaturen ($-11,41$ ‰ $\delta^{18}\text{O}$) des Grundwasserstromes aus dem Pölstal. Das Grundwasser der Messstelle weist eine niedrige elektrische Leitfähigkeit ($342 \mu\text{S}/\text{cm}$) und sauerstoffreiche Verhältnisse ($8,14 \text{ mg}/\text{l O}_2$) auf. Tritiogenes Helium wurde nicht nachgewiesen, die Luftüberschüsse waren gering. Die Modellierung der mittleren Verweilzeit resultiert in der Einordnung in die Alterskategorie < 5 Jahre.

Im Bereich der etwa 33 m tiefen Sonde **PG60824202** am Ostrand von Zeltweg ist wahrscheinlich mit einer Mischung von Grundwässern einerseits aus den nordwestlich gelegenen Bereichen des Einzugsgebietes des Rattenbergerbaches zu rechnen andererseits aus dem Hauptgrundwasserströmungen entlang von Pölsfluss und Mur. Im Unterschied zur weiter östlich gelegenen Messstelle PG60824032, ist der $\delta^{18}\text{O}$ -Wert der Messstelle PG60824202 mit $-10,27\text{‰}$ $\delta^{18}\text{O}$ deutlich schwerer. Die mittlere Sauerstoffkonzentration von $8,25\text{ mg/l}$ und die elektrische Leitfähigkeit von $472\text{ }\mu\text{S/cm}$ liegen jedoch in jeweils ähnlichen Größenordnungen. Tritiogenes Helium wurde im Grundwasser der Messstelle nicht nachgewiesen. Beide Messstellen wiesen geringe Mengen radiogenen Heliums auf.

Tabelle 10: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60824032, PG60824202 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60824032 | PG60824202 |
|--|----------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -11,41 | -10,27 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,4 | 9,1 |
| $^3\text{H}_{3, \text{Quartal 2019}}$ | TE | 5,9 | 8,4 |
| $^3\text{H}_{1, \text{Quartal 2020}}$ | TE | 7,5 | 6,1 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0 | 0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 1,2E-05 | 5,6E-06 |
| ΔNe | % | 17,5 | 6,9 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5.7 Zeltweg (Teil Murboden, Granitzenbach)

Die südlich der Mur im Murboden zwischen Mur und Granitzenbach in der Auzone gelegene Sonde **PG60824112** weist einen mittleren $\delta^{18}\text{O}$ -Wert ($-10,12\text{‰}$) ähnlich des Granitzenbaches ($-10,48\text{‰}$) auf (siehe auch Abbildung 13) und scheint durch dessen Grundwasserbegleitstrom oder die temporäre Interaktion mit dem Granitzenbach selbst geprägt. Tritioge-

nes Helium wurde nicht nachgewiesen. Die Modellierung der Verweilzeit führt zu einer Einstufung in die Kategorie < 5 Jahre. Die Messstelle weist keine hydrochemischen Besonderheiten auf.

Tabelle 11: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG60824112 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60824112 |
|--|----------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -10,12 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,3 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 6,8 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 4,8 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 8,9E-07 |
| ΔNe | % | 23,4 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5.8 Spielberg

An der unmittelbar östlich des Schwemmfächers des Ingeringbaches bei Maßweg in der pleistozänen Niederterrasse gelegene Sonde **PG60914212** wurde kein tritiogenes Helium nachgewiesen. Die starke Variabilität des $\delta^{18}\text{O}$ -Signals deutet ebenfalls auf kurze Verweilzeiten im Grundwasserleiter hin. Das Grundwasser ist sehr gering mineralisiert (155 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und wird mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem Einzugsgebiet des Ingeringbaches bzw. durch temporäre Interaktion mit diesem gespeist. Die mittlere Verweilzeit des Grundwassers fällt in die Kategorie < 5 Jahre.

Der in einer Murschleife bei Laing noch in der pleistozänen Niederterrasse gelegene Schachtbrunnen **PG60824042** und die weiter östlich am Linderbach südlich von Lind nahe der Mur gelegene Sonde **PG60905192** weisen ebenfalls mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf. Die Anströmung aller drei in der Gemeinde Spielberg gelegenen Messstellen erfolgt

laut Grundwassermodell im Wesentlichen aus nordwestlicher Richtung. Die Messstellen weisen kleinere Mengen radiogenen Heliums aber kein tritiogenes Helium auf. Auch die starke Variabilität des Isotopensignals (Tabelle 12) indiziert insgesamt kurze Aufenthaltszeiten des Grundwassers in diesen Bereichen.

Tabelle 12: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60914212, PG60824042, PG60905192 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60914212 | PG60824042 | PG60905192 |
|--|----------|------------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -10,53 | -10,46 | -10,76 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 5,5 | 3,5 | 2,6 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 7,5 | 5,8 | 5,8 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 7,3 | 5,9 | 5,3 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0 | 0 | 0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 2,1E-07 | 1,1E-05 | 1,6E-06 |
| ΔNe | % | 8,0 | 5,9 | 9,6 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5.9 Knittelfeld

Im Industriegebiet von Knittelfeld auf der pleistozänen Niederterrasse nahe des Sachendorfer Baches ist der Schachtbrunnen **PG60907172** mit einer mittleren Verweilzeit von < 5 Jahren lokalisiert, der aus nordwestlicher Richtung angeströmt wird. Die Messstelle weist kleinere Mengen radiogenen Heliums sowie tritiogenen Heliums auf. Auch die starke Variabilität des Isotopensignals (Tabelle 13) indiziert insgesamt kurze Aufenthaltszeiten des Grundwassers in diesem Bereich. Das erfasste Grundwasser ist sauerstoffreich (8,66 mg/l) und gering mineralisiert (236 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Die am westlichen Rand von Knittelfeld in der Niederterrasse nahe des Ingeringbaches gelegene Messstelle **PG60907322** weist eine hohe Variabilität des Isotopensignals, kleine Mengen tritiogenen Heliums sowie geringfügige Anteile radiogenen Heliums auf (Tabelle

13). Die Modellierung der mittleren Verweilzeit resultiert in der Einordnung in die Alterskategorie < 5 Jahre. Aufgrund der angereicherten $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur kann ein erhöhter Niederschlagsanteil an der Grundwasserneubildung der aus nordwestlicher Richtung angeströmten Messstelle vermutet werden. Das erfasste Grundwasser ist sauerstoffreich (7,73 mg/l), weist eine mittlere Mineralisierung (349 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und eine erhöhte Chloridkonzentration auf (59 mg/l).

Der unmittelbar an der Mur im Bereich der Auzone gelegene Schachtbrunnen **PG60901132** südlich von Knittelfeld und Landschach erfasst etwas stärker mineralisiertes (483 $\mu\text{S}/\text{cm}$), eher sauerstoffarmes (3,6 mg/l) Grundwasser mit einer berechneten mittleren Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre. Grundwasserzustrom erfolgt murparallel aus Westen. Die Sauerstoff-18-Werte weisen eine hohe saisonale Variabilität auf. Geringfügige Anteile radiogenen Heliums wurden nachgewiesen, tritiogenes Helium nicht.

Tabelle 13: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60907172, PG60907322, PG60901132 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60907172 | PG60907322 | PG60901132 |
|--|----------|------------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -10,46 | -9,43 | -10,59 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 5,4 | 6,9 | 4,0 |
| $^3\text{H}_{3. \text{Quartal } 2019}$ | TE | 7,3 | 6,5 | 7 |
| $^3\text{H}_{1. \text{Quartal } 2020}$ | TE | 6,9 | 6,1 | 6,7 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0,7 | 0,5 | 0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 5,9E-06 | 1,7E-06 | 1,7E-21 |
| ΔNe | % | 12,5 | 23,0 | 36,2 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5.10 Weißkirchen in der Steiermark (Murboden)

Die im Bereich der Murschleife bei Judenburg südöstlich von Murdorf in der pleistozänen Niederterrasse gelegene 34 m tiefe Sonde **PG60809022** wird aus westlicher Richtung angeströmt. Der markante Einfluss der Mur spiegelt sich in einer leichten mittleren Isotopensignatur von $-11,65 \text{ ‰ } \delta^{18}\text{O}$, einer niedrigen elektrischen Leitfähigkeit ($263 \text{ } \mu\text{S/cm}$) und sauerstoffreichen Verhältnissen ($6,8 \text{ mg/l}$) des erfassten Grundwassers mit einer berechneten mittleren Verweilzeit < 5 Jahre wider.

Die südöstlich von PG60809022 im Murboden im Bereich der pleistozänen Niederterrassenschotter gelegene 50 m tiefe Sonde **PG60809042** ist ebenfalls temporär durch die Mur beeinflusst und wird aus westlicher Richtung angeströmt. Dies zeigt sich in einer ähnlich abgereicherten Isotopensignatur wie bei PG60809022. Das Grundwasser enthält tritiogenes Helium (Tabelle 14), ist gering mineralisiert ($331 \text{ } \mu\text{S/cm}$) und sauerstoffreich ($8,4 \text{ mg/l}$). Die Modellierung der Verweilzeit führt zu einer Einstufung in die Kategorie 11–25 Jahre.

Beide Messstellen weisen kleinere Mengen radiogenen Heliums auf und sind hydrochemisch unauffällig.

Tabelle 14: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60809022, PG60809042 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60809022 | PG60809042 |
|--|----------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | 11–25 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -11,65 | -11,31 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,9 | 3,8 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 6,7 | 5,7 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 5,6 | 5,9 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0 | 5,0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 9,7E-06 | 9,7E-05 |
| ΔNe | % | 15,1 | 9,8 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5.11 Weißkirchen in der Steiermark (Granitzenbach)

Südöstlich von Mühldorf in unmittelbarer Nähe zum Granitzenbach befindet sich die Sonde **PG60803132** im Bereich der Niederterrasse. Der mittlere $\delta^{18}\text{O}$ -Wert (-10,11 ‰) des Grundwassers ähnelt jenem des Granitzenbaches (-10,48 ‰, siehe auch Abbildung 13) und scheint durch dessen Grundwasserbegleitstrom aus südlicher Richtung oder die temporäre Interaktion mit dem Granitzenbach selbst geprägt. Tritiogenes Helium wurde nicht nachgewiesen. Die Modellierung der Verweilzeit führt zu einer Einstufung in die Kategorie < 5 Jahre. Die Messstelle erfasst gering mineralisiertes Grundwasser (302 $\mu\text{S}/\text{cm}$) mit einem Sauerstoffgehalt von 6,8 mg/l.

Ebenfalls in unmittelbarer Nähe zum Granitzenbach liegt die Sonde **PG60823122** am nördlichen Rand von Weißkirchen im Bereich der Niederterrasse, deren Isotopensignatur jedoch stärker in Richtung des Niederschlags der Tallagen verschoben ist. Die Messstelle scheint zudem durch den Grundwasserbegleitstrom des Granitzenbaches aus südöstlicher Richtung oder die temporäre Interaktion mit dem Granitzenbach selbst beeinflusst. Die Messstelle erfasst gering mineralisiertes (217 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffreiches (8,2 mg/l) Grundwasser. Die mittlere Verweilzeit wurde mit < 5 Jahren berechnet.

Auch die in Silberrain nahe des Granitzenbaches gelegene Messstelle **PG60809062** erfasst gering mineralisiertes (218 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffreiches (10,0 mg/l) Grundwasser mit einem Isotopensignal ähnlich jenem des Granitzenbaches. Grundwasserneubildung erfolgt aus dem Grundwasserbegleitstrom des Baches aus Südost sowie lokal im Talboden versickernden Niederschlägen. Tritiogenes Helium wurde nicht nachgewiesen. Die Modellierung der Verweilzeit führt zu einer Einstufung in die Kategorie < 5 Jahre.

Östlich der Mörbersdorfsiedlung am rechten Ufer des Granitzenbaches kurz vor dessen Mündung in die Mur liegt die auf 17,9 m abgeteufte Sonde **PG60809232** im Übergangsbereich der Hochterrasse zur Niederterrasse. Die Messstelle wird von Süden aus dem Einzugsgebiet des Granitzenbaches angeströmt und ist durch gering mineralisiertes Wasser (316 $\mu\text{S}/\text{cm}$) mit einem Sauerstoffgehalt von 6,8 mg/l und geringe Mengen tritiogenen Heliums gekennzeichnet. Die mittlere Verweilzeit des Grundwassers fällt in die Kategorie 5–10 Jahre.

Tabelle 15: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60803132, PG60823122, PG60809062, PG60809232 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60803132 | PG60823122 | PG60809062 | PG60809232 |
|--|----------|------------|------------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 | < 5 | 5-10 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -10,11 | -9,85 | -9,94 | -9,30 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,3 | 6,4 | 3,7 | 8,4 |
| $^3\text{H}_3$, Quartal 2019 | TE | 6,1 | 6,7 | 6,4 | 6,2 |
| $^3\text{H}_1$, Quartal 2020 | TE | 6,0 | 6,5 | 5,7 | 5,6 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0 | 0 | 0 | 1,8 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 3,2E-06 | 3,8E-21 | 0 | 6,7E-07 |
| ΔNe | % | 17,7 | 25,7 | 60,0 | 7,5 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.3.5.12 Großlobming

Das Einzugsgebiet der südöstlich von Großlobming im Murboden gelegenen Messstelle **PG60905242** ist durch tertiäre Blockschotter und Blockschutt mit Sandsteineinlagen und dünnen Kalkbändern geprägt. Die Messstelle befindet sich im Einzugsgebiet des Lobmingbaches und wird von Süden her angeströmt. Das sauerstoffreiche (8,1 mg/l) Grundwasser weist eine vergleichsweise geringe Mineralisierung (346 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und eine für den Grundwasserkörper hohe Nitratkonzentration von 27,6 mg/l auf, die auf die Lage der Messstelle inmitten ackerbaulich genutzter Flächen zurückzuführen sein dürfte. Die $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur ist leichter als beispielsweise der Hauptstrom des Grundwassers im Aichfeld, d. h. im nördlichen Bereich des Grundwasserkörpers, und durch eine starke saisonale Variabilität geprägt. Die mittlere Verweilzeit des Grundwassers wurde mit < 5 Jahren berechnet.

Tabelle 16: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstellen PG60905242 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG60905242 |
|--|----------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -9,09 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 7,6 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 6,1 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 6,0 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0,2 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 4,2E-21 |
| ΔNe | % | 3,2 |

Quelle: Umweltbundesamt

3.4 Diskussion

Der Einzelgrundwasserkörper Aichfeld-Murboden ist ein oberflächennaher Porengrundwasserkörper in der Steiermark und umfasst das Fohnsdorfer bzw. Judenburg-Knittelfelder Becken, das größte inneralpine Becken der Steiermark. Der Grundwasserkörper erstreckt sich westlich von Judenburg bis in den Raum von Preg und umfasst zudem einen Großteil des Pölstales bis nach Sankt Johann am Tauern. Der Grundwasserkörper wird im Norden durch die Seckauer Tauern, im Westen durch die Ausläufer der Wölzer Tauern, im Süden durch die Seetaler Alpen, die Stubalpe und die Gleinalpe sowie im Osten durch die Talenge von Preg - Kraubath begrenzt.

Der Grundwasserkörper wird aus pleistozänen, würmeiszeitlichen Terrassen- und Ausedimenten aufgebaut; im Süden auch aus Sedimenten der präwürmeiszeitlichen Hochterrasse. Die Mächtigkeit der Ablagerungen erreicht im Westteil bis zu 60 m, hier liegen die Grundwasserspiegel häufig in großer Tiefe. Nach Osten hin nehmen die Mächtigkeiten der Ablagerungen ab, zwischen Zeltweg und Knittelfeld ist das Grundwasser oberflächennah anzutreffen.

Die Grundwassersohle des ergiebigen quartären Grundwasserleiters ist durch zwei deutlich ausgeprägte Tiefenrinnen geprägt, die durch eine Aufwölbung des Untergrundes im Bereich der Murschlinge im Murwald getrennt sind. Die südliche Tiefenrinne am westlichen GWK-Rand des Murtales ist dabei tiefer ausgeprägt als die nördlich verlaufende. Unter der Quartärabdeckung liegen in muldenförmiger Lagerung jungtertiäre Ablagerungen, die am Nordrand zwischen Fohnsdorf bis nördlich von Knittelfeld zutage treten. Mit einem Flächenanteil von über 75 % ist vor allem an den Beckenrändern des Grundwasserkörpers eine Lehmüberdeckung ausgebildet, deren Mächtigkeit lokal stark schwankt. Die Grundwasserneubildung erfolgt zum überwiegenden Teil durch die Infiltration aus den Fließgewässern (Mur, Ingeringbach, Pöls, Granitzenbach) und durch Grundwasserzuströmung aus den Talbereichen dieser Seitenbäche. Der Anteil der Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag liegt bei etwa 5 % der Gesamtbilanz.

Hinsichtlich der beobachteten Beimischung von radiogenem Helium-4 bieten tektonische Störungssysteme wie die Hirscheegg-Störung als Teil des Pöls-Lavanttal-Störungssystems, die das Judenburg-Knittelfelder Becken durchziehen, entsprechende Wegigkeiten für den Aufstieg von Gasen und tief zirkulierenden Grundwässern.

Generell sind die untersuchten Grundwässer im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden aufgrund der aus den günstigen klimatischen Bedingungen resultierenden Grundwasserneubildungsraten von 160 mm/a auf der Fläche des Grundwasserkörpers sowie den gut durchlässigen Untergrundverhältnissen durch tendenziell niedrige mittlere Verweilzeiten gekennzeichnet. Dementsprechend weisen 25 der untersuchten Grundwassermessstellen mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf. Drei Messstellen fallen in die MVZ-Kategorie 5–10 Jahre. Eine Messstelle ist durch mittlere Verweilzeiten im Bereich von 11–25 Jahren gekennzeichnet.

Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen im Aichfeld-Murboden als charakteristisch für einen flussbegleitenden Porengrundwasserkörper mit überwiegend kürzeren mittleren Verweilzeiten beschreiben. Es kann deshalb erwartet werden, dass etwaige Maßnahmen mit Auswirkungen auf den chemischen Zustand des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden – so sie von der Verweilzeit des Grundwassers allein abhängen – relativ schnell wirksam werden.

Der Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden ist qualitativ und quantitativ in einem guten Zustand. Ein Risiko der Zielverfehlung besteht derzeit nicht (BMLRT, 2021).

4 Heideboden [DUJ]

4.1 Überblick

Der grenzüberschreitende Einzelgrundwasserkörper Heideboden umfasst das Gebiet zwischen Donau und Leitha. Im Nordwesten wird der Grundwasserkörper durch die Landesgrenze zum Bundesland Niederösterreich, im Nordosten durch die Staatsgrenze zur Slowakei noch vor der Donau – jedoch in deren Uferfiltratzone – und im Südwesten durch die Leitha begrenzt. Im Südosten verläuft die Staatsgrenze zu Ungarn. Seine Längsausdehnung beträgt 12 km. Die in etwa gleichbleibende Breite beträgt an der Staatsgrenze zu Ungarn 8 km auf österreichischem Gebiet, welches vor allem auf der Niederterrasse liegt. Das Landschaftsbild ist durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung geprägt.



Impression Heideboden © Harald Loishandl-Weisz/Umweltbundesamt

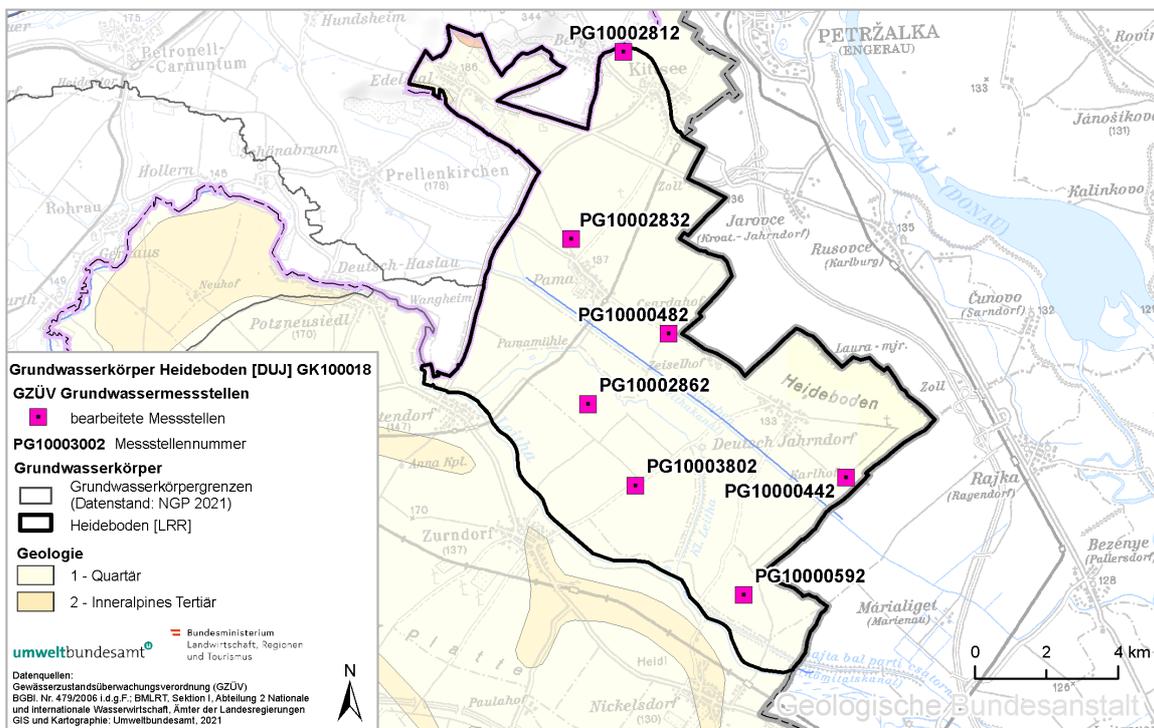
Der Grundwasserkörper Heideboden erstreckt sich von der günz- und mindelzeitlichen Flur der Parndorfer Platte über eine Terrassentreppe nach Ost bzw. Südost und über die Gänserndorfer Hochterrasse (Riss) nördlich von Gattendorf bis zur würmzeitlichen Niederterrasse. Auf dieser Niederterrasse und den Aulehmen der Leitha zwischen Wiesgraben, Kleiner Leitha und Leitha liegt der Einzelgrundwasserkörper. Er ist aus Vollschootern der Donau aufgebaut. Feinsedimente spielen keine wesentliche Rolle. Die Deckschichten sind unterschiedlich mächtig ausgebildet und bestehen aus örtlichen Ausedimenten und Seetonen.

Die mittlere Mächtigkeit der bis zu einem Flächenanteil von 75 % auftretenden Deckschichten beträgt 1,5 m. Nur im Südwesten können sie bis zu 4,4 m mächtig sein. Der Flurabstand ist generell relativ gering.

Den Hauptanteil der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung stellt im Grundwasserkörper Heideboden die flächenhafte Versickerung von Niederschlägen dar. Der Anteil der Grundwasserneubildung durch Oberflächengewässer und Grundwasserzustrom ist als nachrangig zu betrachten.

Rund 90 % der Fläche des Heidebodens werden landwirtschaftlich genutzt. Etwa 4 % der Fläche des Grundwasserkörpers sind bebaut, ca. 6 % werden durch Wälder und naturnahe Flächen bedeckt. Eine potentielle Beeinträchtigung des Grundwassers geht insbesondere von der landwirtschaftlichen Nutzung aus. Des Weiteren können Wasserentnahmen, Verkehr und Industrie Auswirkungen auf das Grundwasser zeigen.

Abbildung 18: Übersichtskarte Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen.



Quelle: GZÜV; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt
 GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

Insgesamt sieben GZÜV-Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Heideboden wurden hinsichtlich der mittleren Verweilzeiten des Grundwassers untersucht (Abbildung 18). Tabelle 17 fasst die verfügbaren Angaben zum Ausbau der Messstellen, zur Landnutzung sowie zur Geologie im Einzugsgebiet zusammen.

Tabelle 17: Messstellentyp und -teufe sowie Landnutzung und geologische Klasse der beprobten Messstellen im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ].

| GZÜV-ID | Messstellentyp | Teufe (m u. GOK) | Filterstrecke von – bis (m u. GOK) | Landnutzung an der Messstelle | Geologische Klasse |
|-------------------|-----------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------|
| PG10000442 | Schachtbrunnen | 10,5 | - | Ackerland | Quartäre Sedimente – C05 |
| PG10000482 | Sonde | 13,0 | 6,1–12,6 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C05 |
| PG10000592 | Sonde | 13,0 | 4,5–12,0 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C05 |
| PG10002812 | Sonde | 20,5 | 5,5–19,5 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C05 |
| PG10002832 | Sonde | 27,0 | 2,0–26,0 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C05 |
| PG10002862 | Sonde | 12,3 | 0,3–11,3 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C05 |
| PG10003802 | Sonde | 8,0 | 1,0–7,0 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C05 |

Anmerkungen:

GOK ... Geländeoberkante

Quartäre Sedimente – C05: Hochterrassen, Niederterrassen und Alluvionen des Marchfelds und daran anschließend südlich der Donau

Quelle: GZÜV, Amt der burgenländischen Landesregierung, CORINE Landcover (2018), BMNT (2018)

Eine detaillierte Beschreibung des Grundwasserkörpers ist im Anhang enthalten.

4.2 Untersuchungsergebnisse

4.2.1 Vor-Ort-Parameter

Die Jahresmittelwerte der Vor-Ort-Parameter für die untersuchten Grundwassermessstellen im Jahr 2019 sind in Tabelle 18 ersichtlich. Die mittlere Wassertemperatur aller beprobten Messstellen variiert in einem engen Bereich um ~ 12 °C. Für den Großteil der Messstellen ist im Jahresmittel eine elektrische Leitfähigkeit zwischen ~ 700 und ~ 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ zu verzeichnen.

Ausnahmen bilden die Messstellen PG10003802 in Zurndorf mit 1791 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sowie PG10000442 in Deutsch Jahrndorf mit 614 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der Sauerstoffgehalt des Grundwassers ist sehr gering, drei Messstellen sind durch anoxische Verhältnisse gekennzeichnet. Einzig bei PG10000442 in Deutsch Jahrndorf ist ein etwas höherer Sauerstoffgehalt von $5,9$ mg/l im Jahresmittel 2019 zu verzeichnen.

Tabelle 18: Vor-Ort-Parameter der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] im Jahr 2019.

| GZÜV-ID | T (°C) | | pH | | EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | | O ₂ (mg/l) | |
|------------|--------|--------------|-----|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| | MW | $\pm \sigma$ | MW | $\pm \sigma$ | MW | $\pm \sigma$ | MW | $\pm \sigma$ |
| PG10000442 | 12,6 | 1,5 | 7,3 | 0,06 | 614 | 44 | 5,9 | 1,7 |
| PG10000482 | 12,5 | 0,9 | 7,3 | 0 | 719 | 6 | 1,0 | 0,3 |
| PG10000592 | 11,7 | 0,6 | 7,1 | 0,03 | 969 | 29 | <0,2 | 0 |
| PG10002812 | 12,6 | 0,4 | 7,1 | 0 | 1013 | 5 | 1,9 | 0,3 |
| PG10002832 | 12,4 | 0,2 | 7,3 | 0 | 773 | 9 | 3,8 | 0,2 |
| PG10002862 | 12,0 | 1,0 | 7,1 | 0,06 | 1005 | 13 | <0,2 | 0 |
| PG10003802 | 12,2 | 1,2 | 7,2 | 0,06 | 1791 | 59 | <0,2 | 0 |

Anmerkungen:

T ... Temperatur, pH ... pH-Wert, EC ... elektrische Leitfähigkeit (bei 20 °C), O₂ ... Sauerstoffgehalt

Quelle: GZÜV

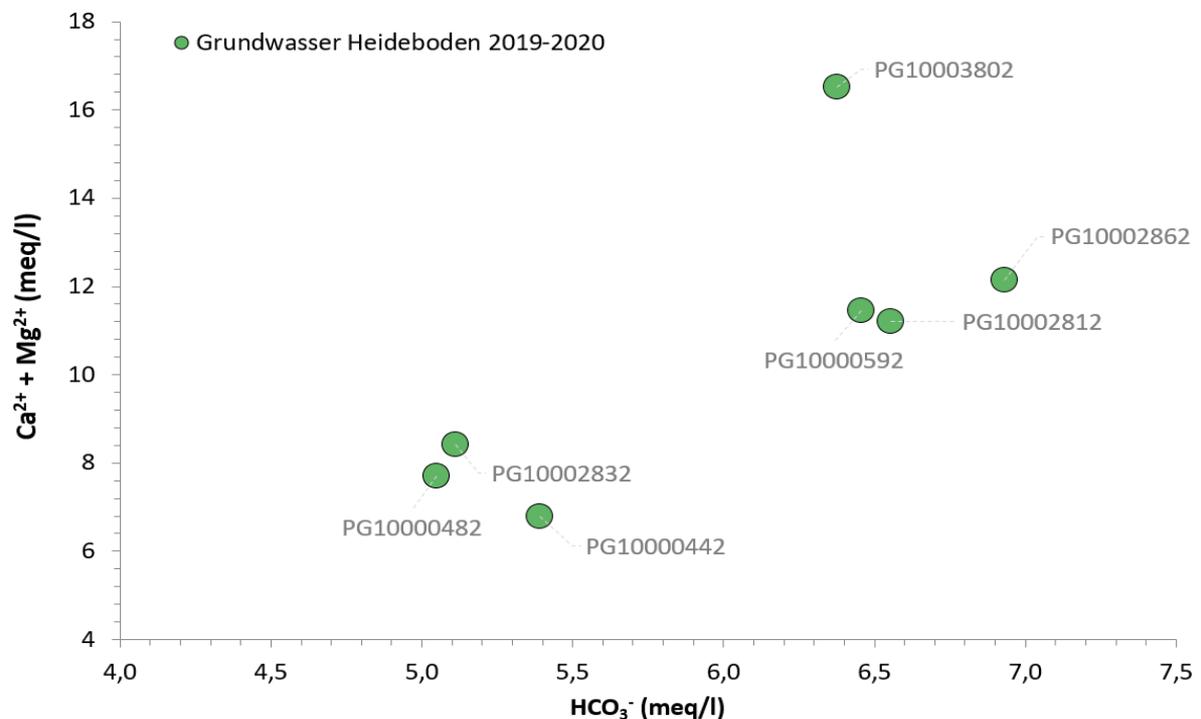
Auswertung: Umweltbundesamt

4.2.2 Hauptionen

Die untersuchten Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Heideboden können überwiegend dem Grundwassertyp „Normal erdalkalische Wässer – hydrogenkarbonatisch-sulfatisch“ zugeordnet werden. Hauptinhaltsstoff bei den Anionen ist das Hydrogenkarbonat, gefolgt von Sulfat, bei den Kationen dominieren die Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium.

Eine Ausnahme bildet die Grundwassermessstelle PG10003802 in der Gemeinde Zurndorf, deren Wässer dem Grundwassertyp „Erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt – überwiegend sulfatisch, überwiegend chloridisch“ zugeordnet werden. Sie ist durch auffällig hohe mittlere Konzentrationen für Calcium (170 mg/l), Magnesium (97,7 mg/l), Natrium (102 mg/l), Sulfat (273 mg/l) und Chlorid (307 mg/l) gekennzeichnet, die sich in der eingangs erwähnten hohen elektrischen Leitfähigkeit der Messstelle widerspiegeln (siehe Tabelle 19, Abbildung 19).

Abbildung 19: Hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] – Äquivalentsumme der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium in Gegenüberstellung zur Äquivalentkonzentration von Hydrogenkarbonat.



Quelle: Umweltbundesamt

Die Grundwassermessstelle PG10000442 ist dem Grundwassertyp „Normal erdalkalische Wässer – überwiegend hydrogenkarbonatisch“ zuzurechnen, als Hauptinhaltsstoffe dominieren Calcium und Hydrogenkarbonat sowie in weiterer Folge Sulfat, Magnesium und Chlorid mit insgesamt vergleichsweise geringen Konzentrationen (Tabelle 19).

Die Nitratkonzentrationen der untersuchten Grundwassermessstellen liegen im Mittel zwischen 16,7 und 65,0 mg/l Nitrat. Die beiden Grundwassermessstellen PG10000482 und PG10002832 überschreiten den entsprechenden Schwellenwert von 45 mg/l Nitrat gemäß QZV Chemie GW (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Hauptionen der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] im Jahr 2019.

| GZÜV-ID | Ca | | Mg | | Na | | K | | HCO ₃ | | SO ₄ | | Cl | | NO ₃ | |
|------------|--------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|------------------|------|-----------------|------|------|------|-----------------|-----|
| | (mg/l) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ |
| PG10000442 | 100 | 7,6 | 22,0 | 1,7 | 15,7 | 4,7 | 4,1 | 0,3 | 329 | 24,3 | 53,0 | 4,4 | 22,7 | 4,0 | 16,7 | 7,4 |
| PG10000482 | 113 | 1,5 | 25,0 | 1,0 | 20,3 | 0,6 | 1,4 | 0,2 | 308 | 4,7 | 90,7 | 4,5 | 28,3 | 2,1 | 48,7 | 4,6 |
| PG10000592 | 147 | 2,9 | 50,0 | 1,7 | 18,0 | 3,0 | 1,4 | 0,2 | 394 | 4,6 | 203 | 15,0 | 54,3 | 6,4 | <NG | - |
| PG10002812 | 146 | 5,3 | 47,7 | 1,2 | 29,3 | 2,3 | 5,0 | 0,3 | 400 | 10,0 | 191 | 11,3 | 58,0 | 2,6 | 25,7 | 1,5 |
| PG10002832 | 111 | 3,8 | 35,0 | 1,0 | 15,7 | 2,1 | 5,2 | 0,3 | 312 | 5,0 | 83,7 | 2,3 | 36,7 | 4,2 | 65,0 | 2,0 |
| PG10002862 | 158 | 4,0 | 51,7 | 0,6 | 17,0 | 1,0 | <NG | - | 423 | 8,5 | 211 | 5,0 | 51,3 | 1,5 | <NG | - |
| PG10003802 | 170 | 5,3 | 97,7 | 4,0 | 102 | 8,0 | 2,3 | 1,0 | 389 | 10,7 | 273 | 8,7 | 307 | 24,1 | 28,3 | 0,6 |

Quelle: GZÜV

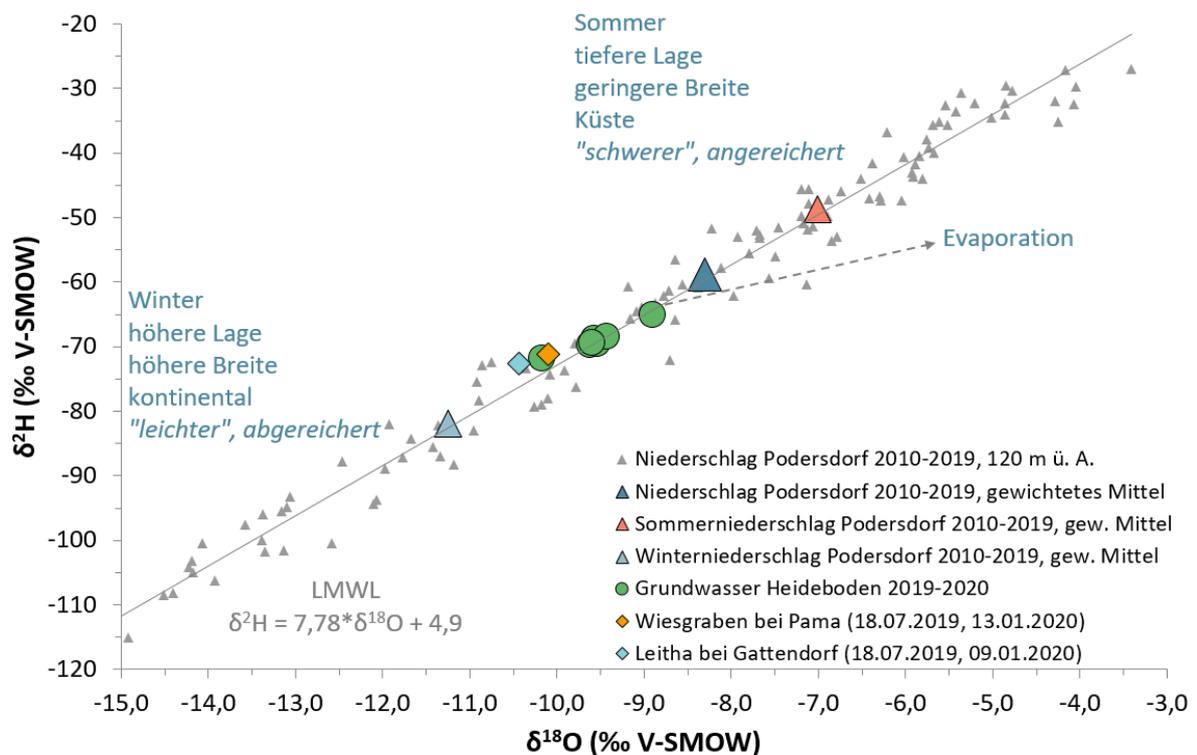
Auswertung: Umweltbundesamt

4.2.3 Sauerstoff-18 und Deuterium

Die graphische Gegenüberstellung der Deuterium- und Sauerstoff-18-Verhältnisse ($\delta^2\text{H}$ versus $\delta^{18}\text{O}$) im Niederschlag, im Grundwasser und in den Oberflächengewässern (Abbildung 20) erlaubt Rückschlüsse auf Bildungsbedingungen und Mischungsprozesse der lokalen Grundwasservorkommen.

Die Daten der stabilen Isotopen der beprobten Niederschlagswässer in Podersdorf sowie der Grund- und Oberflächengewässerproben im Grundwasserkörper Heideboden sind in Abbildung 20 sowie in Abbildung 21 dargestellt. Alle untersuchten Grundwassermessstellen sind isotopisch abgereichert im Vergleich zum langjährigen gewichteten Jahresmittel der Niederschläge in Podersdorf. Dies weist darauf hin, dass vorwiegend Winterniederschläge zur Grundwasserneubildung beitragen.

Abbildung 20: Mittelwerte der Deuterium- ($\delta^2\text{H}$)- und Sauerstoff-18- ($\delta^{18}\text{O}$)-Verhältnisse des Grundwassers bei den ausgewählten Messstellen des Grundwasserkörpers Heideboden [DUJ] im Vergleich zu Leitha und Wiesgraben sowie dem Niederschlag in Podersdorf (2010–2019).



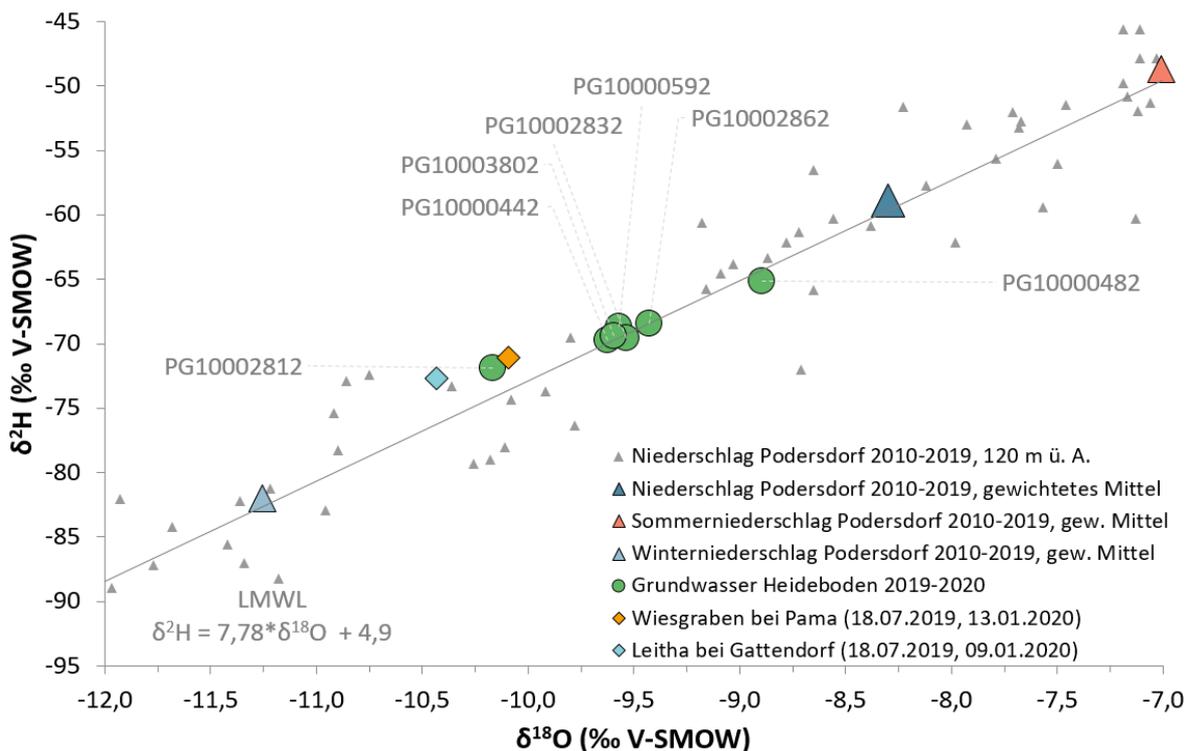
Quelle: Umweltbundesamt

Die im Vergleich aller Grundwassermessstellen „leichteste“, d. h. am meisten abgereicherte, $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur (-10,17 ‰ $\delta^{18}\text{O}$ und -71,87 ‰ $\delta^2\text{H}$, siehe Abbildung 21) ist für die Sonde PG10002812 in der Gemeinde Kittsee im Norden des Heidebodens zu verzeichnen.

Ähnlich „leicht“ sind auch die Isotopensignaturen von Leitha und Wiesgraben (Abbildung 21). Die Leitha entsteht durch den Zusammenfluss von Pitten und Schwarza im Gemeindegebiet von Lanzenkirchen. Die Schwarza ist durch ihr höher gelegenes Karsteinzugsgebiet von Schneeberg, Rax und Schneealpe geprägt, die Quellbäche der Pitten entspringen im Wechselgebiet. Aus der Höhenlage dieser Einzugsgebiete resultiert in der Folge auch die relativ leichte Isotopensignatur der Leitha.

Vergleichsweise „schwere“, d. h. angereicherte, Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte (-8,90 ‰ $\delta^{18}\text{O}$ und -65,10 ‰ $\delta^2\text{H}$, siehe Abbildung 21) sind für die Messstelle PG10000482 nahe Pama zu verzeichnen. Die Sauerstoff-18-Verhältnisse tendieren in Richtung des langjährigen gewichteten Jahresmittels der Niederschläge in Podersdorf.

Abbildung 21: Ausschnitt aus dem $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm des Grundwasserkörpers Heideboden [DUJ].

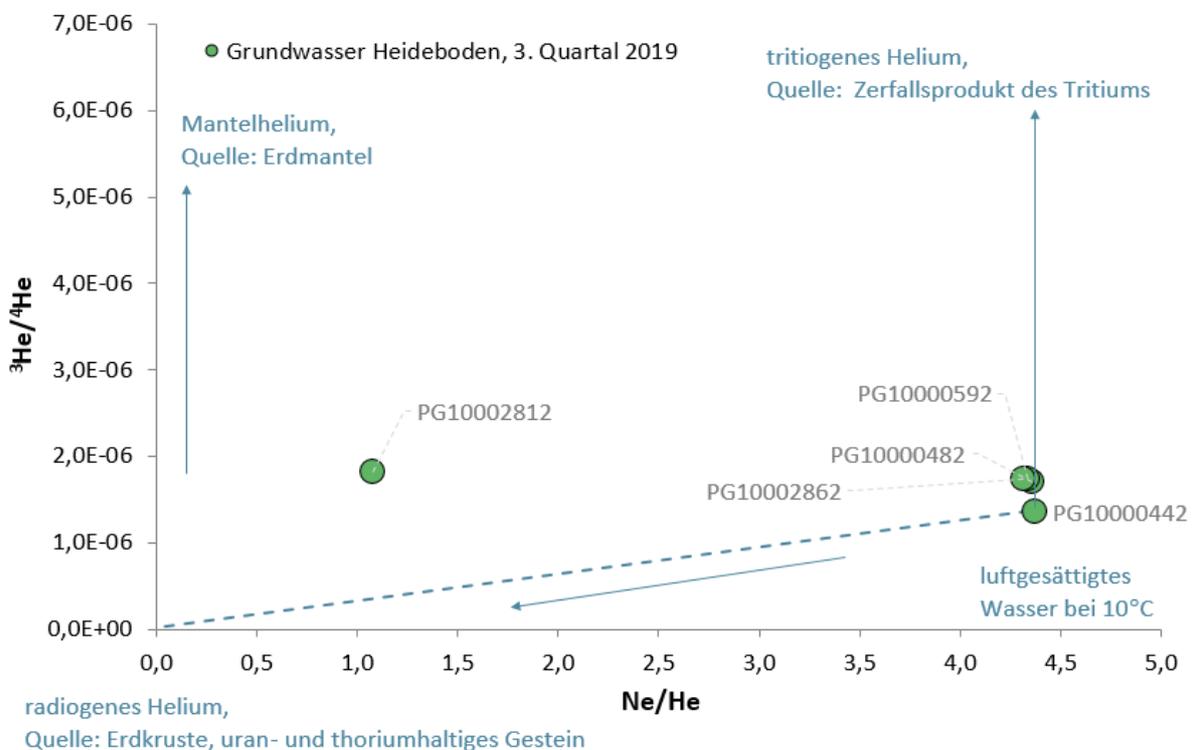


Quelle: Umweltbundesamt

4.2.4 Tritium/Helium-3

Die Gegenüberstellung des Heliumverhältnisses ($^3\text{He}/^4\text{He}$) zum Edelgasverhältnis (Ne/He) in Abbildung 22 erlaubt die Unterscheidung verschiedener Heliumquellen im Grundwasser wie in Kapitel 2.2.3 erläutert.

Abbildung 22: Heliumkomponenten im Grundwasser – Darstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - versus Ne/He -Verhältnisse von ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Heideboden [DUJ].



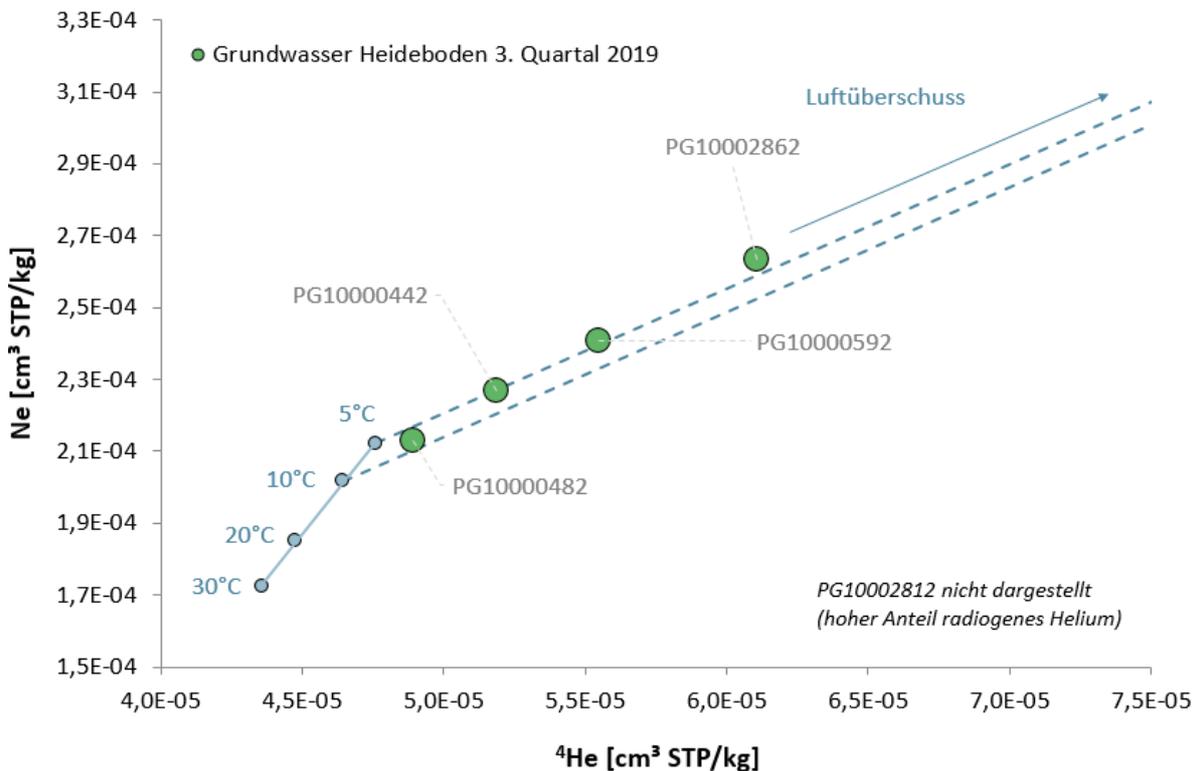
Quelle: Umweltbundesamt

Für fünf der sieben im Rahmen des Projektes untersuchten Messstellen im Heideboden liegen Daten aus der Tritium-/Heliumanalytik vor. Die Grundwasserprobe der Messstelle PG10002812 in Kittsee ist neben einem signifikanten Gehalt tritiogenen Heliums durch eine markante Beimischung von radiogenem Helium-4 gekennzeichnet (Abbildung 22). Für Mantelhelium ist die Größenordnung des $^3\text{He}/^4\text{He}$ -Verhältnisses ($1,82 \cdot 10^{-6}$) eher untypisch, hier werden Werte im Bereich von 10^{-5} erwartet. Der Nachweis von radiogenem Helium-4 wird häufig mit dem Auftreten von Störungszonen und/oder tieferer Zirkulation von Grund-

wasserkomponenten sowie dem Kontakt mit uran- und thoriumhaltigen Gesteinen in Verbindung gebracht. Die Zusammenschau der Daten legt einen markanten Einfluss aufsteigender älterer Wässer an Störungszonen aus tieferen Beckenbereichen im Einzugsgebiet von PG10002812 in Kittsee nahe.

Die Grundwasserprobe der Messstelle PG10000442 liegt nahe der Heliumzusammensetzung von Wasser im Gleichgewicht mit der Atmosphäre und verweist dementsprechend auf kürzlich infiltriertes Grundwasser ohne zusätzliche terrigene bzw. tritiogene Heliumkomponenten (Abbildung 22). Alle weiteren Messstellen enthielten kleinere Mengen tritiogenes Helium (im Bereich von 6,7 bis 9,1 TE) sowie keine (PG10000442, PG10000482, PG10000592) bzw. eine geringfügige Beimischung radiogenen Heliums (PG10002862).

Abbildung 23: Helium-(⁴He)- und Neon-Konzentrationen in den Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Heideboden [DUJ].



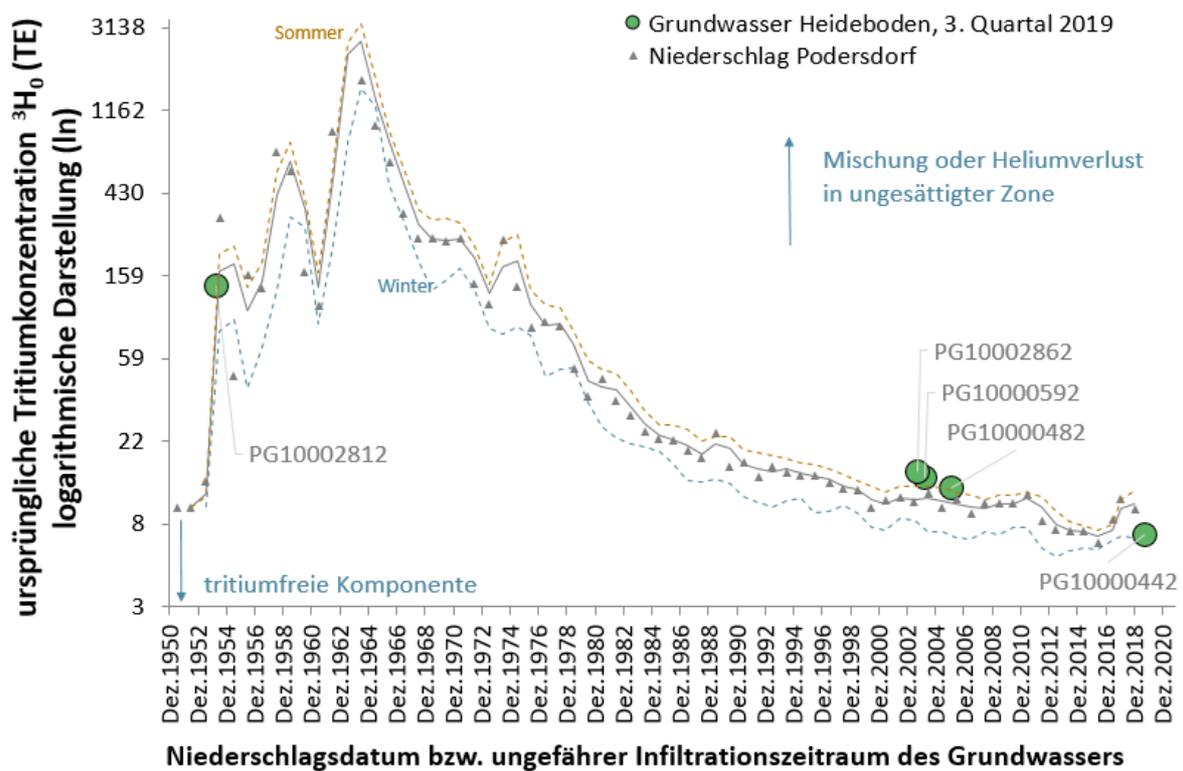
Quelle: Umweltbundesamt

Mitunter höhere Luftüberschüsse in den Proben – ersichtlich aus der Darstellung der Helium- und Neon-Konzentrationen in Abbildung 23 sowie anhand hoher Δ Ne-Werte – deuten auf größere Schwankungen des Grundwasserspiegels hin, bei denen es zum Einschluss von

Luftblasen aus der ungesättigten Zone kommt. Dieser Effekt kann beispielsweise durch schnell infiltrierende Regen- und Hochwasserereignisse hervorgerufen werden.

Im Grundwasserkörper Heideboden zeigten insbesondere die Grundwasserproben der Messstellen PG10002862 (Gemeinde Gattendorf) und PG10000592 (Gemeinde Nickelsdorf) entsprechende Luftüberschüsse. Die betreffenden Messstellen sind durch eine stärker ausgeprägte Saisonalität der Grundwasserspiegelschwankungen mit Maxima im Winter und Frühjahr gekennzeichnet.

Abbildung 24: Tritiumkonzentrationen an ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Heideboden [DUJ] im Vergleich zum Niederschlag der Messstation Podersdorf (gewichtete Jahres-, Sommer- und Wintermittel sowie 2-jährige gleitende Mittelwerte).



Quelle: Umweltbundesamt

In Abbildung 24 sind die auf Basis der Tritium/Helium-3-Methode berechneten Infiltrationszeitpunkte (Annahme: Piston-Flow-Bedingungen) den ursprünglichen Tritiumkonzentrationen gegenübergestellt. Die ursprünglichen Tritiumkonzentrationen entsprechen dabei der

Summe der Tritiumkonzentrationen und dem bereits zerfallenen Tritium in der Probe (= tritiogenes Helium).

Alle Grundwasserproben im Grundwasserkörper Heideboden zeigen eine geringfügige Abweichung zur Tritiumzeitreihe des Niederschlags der Station Podersdorf (Abbildung 24). Wie im Zusammenhang mit den Helium-Isotopen bereits angesprochen, ist die Grundwasserprobe von PG10002812 signifikant durch den Einfluss älterer Tiefenwässer geprägt. Der in Abbildung 24 für die Grundwasserprobe angegebene Infiltrationszeitpunkt ist daher nur als Indiz für eine hohe mittlere Verweilzeit von deutlich über 50 Jahren zu sehen. Mit den im Rahmen des Projektes verwendeten Methoden ist eine präzisere Altersdatierung im Bereich von Hunderten bzw. Tausenden Jahren nicht möglich und auch nicht Ziel der Fragestellung.

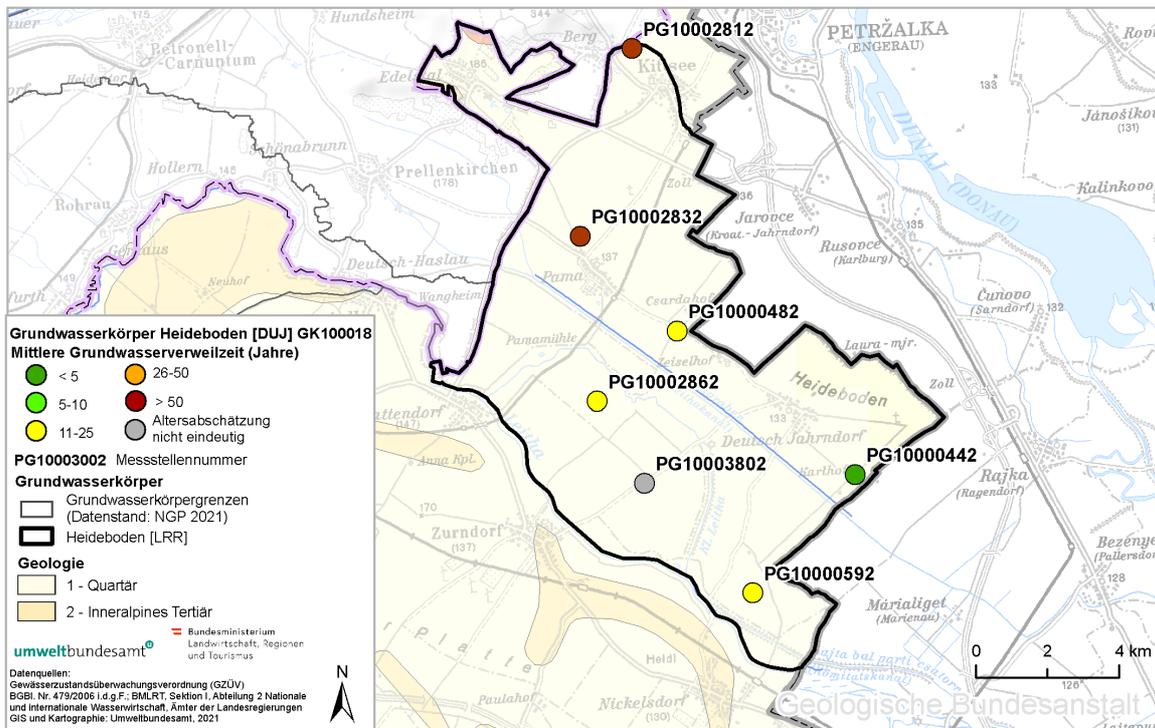
An den drei Messstellen PG10000482, PG10000592 und PG10002862 liegen die Infiltrationszeitpunkte bereits etwas länger zurück. PG10000442 in der Gemeinde Deutsch Jahrndorf tendiert zu kurzen Verweilzeiten des Grundwassers im Untergrund.

Für die Messstellen PG10002812 in Kittsee, PG10002862 in Gattendorf sowie PG10000592 in Nickelsdorf mussten die der Abbildung 24 zugrundeliegenden Modellbedingungen (Piston-Flow) überprüft werden. Hier war mit einer Mischung deutlich unterschiedlich alter Grundwässer entlang des Fließweges oder dem Verlust von Helium in der ungesättigten Bodenzone zu rechnen.

4.2.5 Mittlere Verweilzeiten

Die Abschätzung der mittleren Verweilzeiten im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] erfolgte, wie in Kapitel 2.2 dargestellt, mittels empirischer Blackbox-Modelle und Zuordnung einer MVZ-Kategorie. Die auf diese Weise ermittelten Verweilzeiten sind in Abbildung 25 dargestellt und nachfolgend messstellenweise erläutert. Die Reihung der Messstellen entspricht dabei der topographischen Lage der Messstellen im Heideboden beginnend mit der im Norden befindlichen Messstelle PG10002812 in der Gemeinde Kittsee bis zu der im Süden des Gebietes gelegenen Messstelle PG10000592 in der Gemeinde Nickelsdorf.

Abbildung 25: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ].



Quelle: Umweltbundesamt; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt

4.2.5.1 Kittsee

Im Norden des Heidebodens, am Südostfuß der Königswarte (344 m ü. A.), ist die Sonde **PG10002812** lokalisiert, die sauerstoffarmes (1,9 mg/l), stärker mineralisiertes Grundwasser (1013 $\mu\text{S}/\text{cm}$) Grundwasser erfasst. Auffällig ist eine erhöhte mittlere Sulfatkonzentration von 191 mg/l. Die Messstelle ist sowohl durch die signifikante Beimischung einer tritiumfreien Komponente (Abbildung 24) als auch von radiogenem Helium-4 (Abbildung 22) gekennzeichnet. PG10002812 weist die „leichtesten“ $\delta^{18}\text{O}$ -Werte aller untersuchten Messstellen auf (Abbildung 21). Modellrechnungen und die Zusammenschau der Daten zeigen, dass rezentes Grundwasser dominiert, aber auch von einem markanten Einfluss aufsteigender älterer Wässer an Störungszonen aus tieferen Beckenbereichen im Einzugsgebiet der Messstelle auszugehen ist. Der in Abbildung 24 für die Grundwasserprobe angegebene Infiltrationszeitpunkt ist daher nur als Indiz für eine insgesamt hohe mittlere Verweilzeit von deutlich über 50 Jahren zu sehen. Mit den im Rahmen des Projektes verwendeten Methoden ist eine präzisere Altersdatierung im Bereich von Hunderten bzw. Tausenden Jahren

nicht möglich. Ergänzend könnten an dieser Grundwassermessstelle zukünftig auch andere Datierungsmethoden, beispielsweise auf Basis von Kohlenstoff-14-Isotopen, Anwendung finden.

Tabelle 20: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10002812 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Wert |
|--|----------|---------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | > 50 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -10,2 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 2,9 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 3,6 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 3,9 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 138,3 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 1,8E-04 |
| ΔNe | % | 29,1 |

Quelle: Umweltbundesamt

4.2.5.2 Pama

Die nahe Pama lokalisierte Sonde **PG10002832** ist durch eine für den Heideboden vergleichsweise geringe Mineralisation (elektrische Leitfähigkeit $\sim 773 \mu\text{S}/\text{cm}$) gekennzeichnet. Die mittlere Nitratkonzentration überschreitet mit $\sim 65 \text{ mg}/\text{l}$ den Schwellenwert gemäß QZV Chemie GW. Die saisonal variablen Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte liegen im Mittel in jenem Bereich, der für den Großteil der Messstellen des Heidebodens erhoben wurde. Ergebnisse für die Tritium-/Heliumanalytik liegen nicht vor. Ausgehend von den Tritiumgehalten (3,1 TE und 3,0 TE), die niedriger sind als jene für PG10002812 in Kittsee (siehe Kapitel 4.2.5.1), ist im Analogieschluss die Beimischung einer tritiumfreien Grundwasserkomponente zu rezenten Grundwässern anzunehmen. Die Messstelle wird daher der MVZ-Kategorie > 50 Jahre zugeordnet.

Die Sonde **PG10000482** – südöstlich von Pama nahe der Staatsgrenze gelegen – weist die „schwersten“, d. h. am meisten angereicherten, Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte der untersuchten Messstellen des Heidebodens auf (Abbildung 21). Für die stabilen Isotope ist eine deutliche saisonale Variabilität zu verzeichnen. Eine Beeinflussung der Isotopensignatur durch Verdunstungsprozesse einer im Anstrombereich der Messstelle befindlichen Nassbaggerung ist anzunehmen. Die mittlere Nitratkonzentration überschreitet mit ~49 mg/l den Schwellenwert gemäß QZV Chemie GW. Die Messstelle fällt in die MVZ-Kategorie 11–25 Jahre, mit tendenziell jüngeren MVZ dieser Kategorie.

Tabelle 21: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG10002832 sowie PG10000482 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG10002832 | PG10000482 |
|--|----------|----------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | > 50 | 11–25 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -9,5 | -8,9 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,4 | 5,5 |
| $^3\text{H}_{3. \text{ Quartal } 2019}$ | TE | 3,1 | 5,9 |
| $^3\text{H}_{1. \text{ Quartal } 2020}$ | TE | 3,0 | 6,7 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | - | 6,7 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | - | 0 |
| ΔNe | % | - | 7,5 |

Quelle: Umweltbundesamt

4.2.5.3 Gattendorf

Die östlich von Gattendorf lokalisierte Sonde **PG10002862** erfasst höher mineralisiertes (1005 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffreiches Grundwasser. Die Messstelle weist einen hohen Luftüberschuss auf ($\Delta\text{Ne} = 32,9\%$), vermutlich bedingt durch eine stärker ausgeprägte Saisonalität der Grundwasserspiegelschwankungen im Gebiet zwischen Wiesgraben, Kleiner Leitha und Leitha. Die Variabilität der $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur indiziert die Beimischung einer sehr jungen Komponente zu etwas älteren Grundwasserkomponenten, wie auch die tritiogenen

Heliumkonzentrationen (Tabelle 22) zeigen. Die mittlere Verweilzeit des Grundwassers der Messstelle fällt in die Kategorie 11–25 Jahre.

Tabelle 22: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10002862 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Wert |
|--|----------|--------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 11–25 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -9,4 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 5,7 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 6,3 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 6,6 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 9,1 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 6,8E-21 |
| ΔNe | % | 32,9 |

Quelle: Umweltbundesamt

4.2.5.4 Zurndorf

PG10003802 befindet sich östlich von Zurndorf und liegt wie PG1002862 im Gebiet zwischen Wiesgraben, Kleiner Leitha und Leitha, das durch eine stärker ausgeprägte Saisonalität der Grundwasserspiegelschwankungen gekennzeichnet ist. Die Messstelle weist eine hohe Mineralisierung auf, die mittlere elektrische Leitfähigkeit beträgt $\sim 1790 \mu\text{S}/\text{cm}$. Auffällig sind neben hohen mittleren Magnesium- ($\sim 98 \text{ mg}/\text{l}$) und Sulfatkonzentrationen ($\sim 273 \text{ mg}/\text{l}$) die seit Jahren steigenden Natrium- und Chloridgehalte (~ 102 bzw. $\sim 307 \text{ mg}/\text{l}$ im Jahr 2019), die eine Beeinflussung durch Straßenabwässer der im Einzugsgebiet der Messstelle verlaufenden Landesstraße nahelegen. Ergebnisse für die Tritium-/Heliumanalytik liegen nicht vor. Ausgehend von den Tritiumgehalten (5,9 TE und 6,3 TE) sowie den weiteren erhobenen Daten ist von grundsätzlich rezenter Grundwasserneubildung auszugehen. Die Messstelle kann keiner MVZ-Kategorie zugeordnet werden, anzunehmen ist jedoch eine Mittlere Verweilzeit von < 50 Jahren.

Tabelle 23: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003802 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Wert |
|--|----------|------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | - |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -9,6 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,5 |
| $^3\text{H}_3$, Quartal 2019 | TE | 5,9 |
| $^3\text{H}_1$, Quartal 2020 | TE | 6,3 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | - |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | - |
| ΔNe | % | - |

Quelle: Umweltbundesamt

4.2.5.5 Deutsch Jahrndorf

Der Schachtbrunnen **PG10000442** ist die östlichste Messstelle des Heidebodens in einem Bereich, der durch sehr gut durchlässige Untergrundverhältnisse gekennzeichnet ist. Die $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur ist durch eine starke Saisonalität geprägt. Die Messstelle liegt leicht unterhalb der rekonstruierten Tritiumzeitreihe des Niederschlags in Podersdorf, anzunehmen ist ein verstärkter Einfluss infiltrierender Winterniederschläge. Tritiogenes Helium wurde in der Grundwasserprobe nicht gemessen. Der Sauerstoffgehalt ist mit $\sim 5,9$ mg/l vergleichsweise hoch, die Mineralisierung ($614 \mu\text{S}/\text{cm}$) vergleichsweise gering (siehe Tabelle 18). Die Untersuchungsergebnisse deuten auf Grundwasserneubildung mit einem hohen Anteil einer rezenten, sehr jungen Grundwasserkomponente. Die Messstelle wird daher der MVZ-Kategorie < 5 Jahre zugeordnet.

Tabelle 24: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10000442 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Wert |
|--|----------|------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -9,6 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 5,7 |
| $^3\text{H}_3$, Quartal 2019 | TE | 7,2 |
| $^3\text{H}_1$, Quartal 2020 | TE | 6,1 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 0 |
| ΔNe | % | 14,4 |

Quelle: Umweltbundesamt

4.2.5.6 Nickelsdorf

PG10000592 am Rand des Söllnerwaldes in der Gemeinde Nickelsdorf ist die südlichste Messstelle des Heidebodens und befindet sich in einem durch geringer durchlässige Untergrundverhältnisse geprägten Bereich. Die Sonde erfasst sauerstofffreies Grundwasser mit einer mittleren elektrischen Leitfähigkeit von 969 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Auffällig ist eine erhöhte Sulfatkonzentration von 203 mg/l. Die Messstelle ist durch eine Beimischung tritiogenen Heliums gekennzeichnet. Die mittleren Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte liegen in dem für den Großteil der Messstellen des Heidebodens charakteristischen Rahmen. Die Messstelle fällt in die MVZ-Kategorie 11–25 Jahre, mit tendenziell jüngeren MVZ in dieser Kategorie.

Tabelle 25: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10000592 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Wert |
|--|----------|--------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 11–25 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -9,6 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,5 |
| $^3\text{H}_3$, Quartal 2019 | TE | 6,0 |
| $^3\text{H}_1$, Quartal 2020 | TE | 5,5 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 8,2 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 0 |
| ΔNe | % | 21,3 |

Quelle: Umweltbundesamt

4.3 Diskussion

Der grenzüberschreitende Porengrundwasserkörper Heideboden erstreckt sich im Bereich zwischen den Hainburger Bergen im Norden und der Leitha im Süden. Der Heideboden umfasst dabei die Gänserndorfer Hochterrasse (Riss) nördlich von Gattendorf bis hin zur würmzeitlichen Niederterrasse sowie das durch Aulehme der Leitha geprägte Gebiet zwischen Wiesgraben, Kleiner Leitha und Leitha. Maximal 75 % der Fläche des Heidebodens weist eine lokal unterschiedlich stark ausgebildete Deckschicht auf, die im Süden eine Mächtigkeit bis zu 4,4 m erreichen kann.

Grundwasserneubildung erfolgt vorrangig durch versickernde Niederschläge. Von untergeordneter Bedeutung ist die Alimentation aus dem Uferfiltrat des Grundwasserbegleitstromes der Leitha, möglicherweise auch durch die Donau bei deren Hochstand im Randbereich, sowie Grundwasserzustrom. Die Wechselwirkungen zwischen Donau und Grundwasser wurden durch den Bau des Donaukraftwerkes Gabčíkovo bzw. des vorgelagerten Speichersees verändert. Die Grundwasserflurabstände sind mit ca. 2–5 m gering.

Hinsichtlich der beobachteten Beimischung von radiogenem Helium-4 bieten tektonische Störungssysteme, die das Wiener Becken und das Pannonische Becken durchziehen, entsprechende Wegigkeiten für den Aufstieg von Gasen und tief zirkulierenden Grundwässern.

Primär sind die Winterniederschläge für die Grundwasserneubildung von Bedeutung. Den ausgeprägtesten Jahresgang hinsichtlich der Grundwasserstände zeigen die beiden zentral im Aulehmbereich zwischen Leitha und Leithakanal situierten Messstellen PG10002862 sowie PG10003802 mit durchschnittlichen jährlichen Grundwasserspiegelschwankungen von knapp 2 m. Haider & Plock-Ellena (1997) gehen davon aus, dass dieser Bereich ein Nährgebiet mit höheren Grundwasserneubildungsraten aus dem Niederschlag ist als umgebende Gebiete. Die übrigen Messstellen weisen einen weniger stark ausgeprägten Jahresgang auf.

Generell sind die untersuchten Grundwässer im Heideboden aufgrund der aus den klimatischen Bedingungen resultierenden geringeren Neubildungsraten von ca. 80 mm/a (Gesamtneubildung) und auch teilweise aufgrund der Interaktion mit Tiefengrundwässern durch tendenziell höhere mittlere Verweilzeiten gekennzeichnet. Drei der untersuchten Grundwassermessstellen weisen mittlere Verweilzeiten von 11–25 Jahren auf. Zwei Messstellen fallen in die MVZ-Kategorie > 50 Jahre. Eine Messstelle ist durch mittlere Verweilzeiten < 5 Jahre gekennzeichnet. Für eine Messstelle konnte aufgrund fehlender Heliumanalysen und nicht eindeutiger Aussagekraft weiterer untersuchter Parameter keine Abschätzung der mittleren Verweilzeiten vorgenommen werden.

Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen im Heideboden als charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit tendenziell längeren mittleren Verweilzeiten beschreiben. Daher ist ein entsprechend längerer Zeithorizont, innerhalb dessen Maßnahmen zur Verbesserung des chemischen Zustandes im Grundwasserkörper messbar werden können, zu berücksichtigen.

Der Grundwasserkörper Heideboden ist qualitativ und quantitativ in einem guten Zustand. Ein Risiko der Zielverfehlung besteht derzeit nicht (BMLRT, 2021).

5 Linzer Becken [DUJ]

5.1 Überblick

Der Einzelgrundwasserkörper Linzer Becken, auch als Linzer Feld bezeichnet, erstreckt sich beidseitig entlang der Donau von Urfahr bis Mauthausen und bildet einen Teilabschnitt des oberösterreichischen Donautals. Neben einer dichten Besiedlung sowie einer hohen Industrie- und Gewerbedichte im Raum Linz prägen zwischen Traun- und Ennsmündung beidseitig donaubegleitend Auwaldbereiche sowie im Bereich der Niederterrasse und Austufe auch landwirtschaftlich genutzte Flächen das Erscheinungsbild.



Impression Linzer Becken © Corinna Stadler

Der Grundwasserkörper Linzer Becken wird im Norden durch das Kristallin der Böhmisches Masse begrenzt. Die südliche Begrenzung bilden die beiden Einzelgrundwasserkörper Welser Heide und Unteres Ennstal sowie die Grundwasserkörpergruppe Zwischen Krems und Moosbachl.

Der Porengrundwasserleiter wird durch Niederterrassenschotter der Würm sowie Schotter und Sande der Austufe mit einer starken mittleren Durchlässigkeit aufgebaut. Die stauende Basis bildet Schlier, ein tertiärer Tonmergel. Im Randbereich zum Kristallin der Böhmisches Masse hin verzahnt der Schlier mit tertiären Sanden. Deckschichten mit einer mittleren Mächtigkeit von 3 m bedecken rund 30 % der Fläche des Grundwasserkörpers. Der Grundwasserflurabstand liegt zwischen 1 und 12 m.

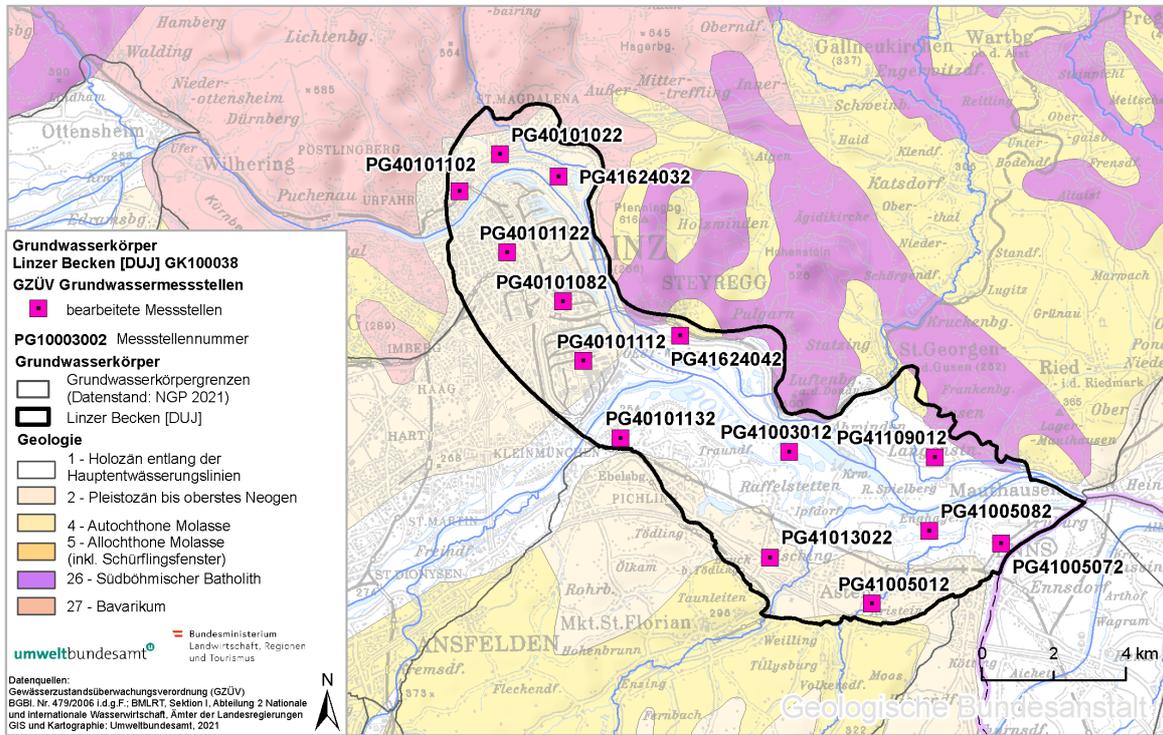
Die Grundwasserneubildung erfolgt hauptsächlich durch Grundwasserzuström aus der Umgebung. Von besonderer Bedeutung ist hierbei der Grundwasserzuström aus der Welser Heide. Darüber hinaus tragen die Versickerung von Oberflächengewässern sowie die flächenhafte Versickerung von Niederschlägen zur Alimentation des Grundwassers bei.

Die Grundwasserverhältnisse im Grundwasserkörper Linzer Becken werden wesentlich durch die Rückstaubereiche der Donaukraftwerke Abwinden-Asten und Wallsee-Mitterkirchen sowie die donaubegleitenden Dichtungs- und Drainagesysteme beeinflusst. Einen gebietsweise nennenswerten Einflussfaktor für das Grundwasser bilden u. a. die großen Trinkwassergewinnungsanlagen in Heilham, Plesching und Scharlinz, wobei sich die letztgenannte Anlage im Grundwasserkörper Welser Heide befindet, jedoch unmittelbar an der Grenze zum Grundwasserkörper Linzer Becken.

Rund 45 % der Fläche des Grundwasserkörpers sind bebaut. Der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen beträgt ca. 27 %. Etwa ein Viertel der Fläche wird durch Wälder und naturnahe Flächen sowie Wasserflächen eingenommen. Potentielle Beeinträchtigungen des Grundwassers im Linzer Becken können insbesondere von Industrieanlagen, der Landwirtschaft und Wasserentnahmen ausgehen.

Insgesamt 14 GZÜV-Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Linzer Becken wurden hinsichtlich der mittleren Verweilzeiten des Grundwassers untersucht (Abbildung 26). Tabelle 26 fasst die verfügbaren Angaben zum Ausbau der Messstellen, zur Landnutzung sowie zur Geologie im Einzugsgebiet zusammen.

Abbildung 26: Übersichtskarte Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen.



Quelle: GZÜV; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt
GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

Tabelle 26: Messstellentyp und -tiefe sowie Landnutzung und geologische Klasse der beprobten GZÜV-Messstellen im Grundwasserkörper Linzer Becken.

| GZÜV-ID | Messstellentyp | Teufe (m u. GOK) | Filterstrecke von – bis (m u. GOK) | Landnutzung an der Messstelle | Geologie |
|------------|-------------------------|------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| PG40101022 | Schachtbrunnen | 12,0 | - | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG40101082 | Bohrbrunnen | 14,7 | 4,7–12,7 | Industrie und Gewerbe | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG40101102 | Bohrbrunnen | 19,7 | - | Industrie und Gewerbe | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG40101112 | Horizontalfilterbrunnen | 26,4 | - | Industrie und Gewerbe | Quartäre Sedimente – C02 |

| GZÜV-ID | Messstellen- typ | Teufe (m u. GOK) | Filterstrecke von – bis (m u. GOK) | Landnutzung an der Messstelle | Geologie |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|--|-----------------------------|
| PG40101122 | Schachtbrunnen | 15,0 | - | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG40101132 | Sonde | 5,0 | 2,0–4,0 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente – C04 |
| PG41003012 | Schachtbrunnen | 10,0 | 6,0–9,0 | Laubwald | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG41005012 | Bohrbrunnen | 16,0 | - | Heterogene Landwirtschaft | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG41005072 | Bohrbrunnen | 16,7 | 7,5–14,5 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG41005082 | Schlagbrunnen | - | - | Heterogene Landwirtschaft | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG41013022 | Bohrbrunnen | 15,6 | - | Industrie und Gewerbe | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG41109012 | Sonde | 5,3 | - | Ackerland | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG41624032 | unbekannt | 8,2 | - | Wiesen und Weiden | Quartäre Sedimente – C02 |
| PG41624042 | Bohrbrunnen | 12,0 | 5,0–10,0 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente – C02 |

Anmerkungen:

GOK ... Geländeoberkante

Quartäre Sedimente – C02: Hochterrassen, Niederterrassen und Talflur der Donau, Eferdinger Becken bis Tullnerfeld

Quartäre Sedimente – C04: karbonatbetonte Sedimente des nördlichen Alpenvorlandes östlich Salzach und Mattig

Quelle: GZÜV, Amt der oberösterreichischen Landesregierung, CORINE Landcover (2018), BMNT (2018)

Zusätzlich wurden 14 Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörper Linzer Becken untersucht. Weitere Informationen zu diesen Messstellen sind in Tabelle 27 zusammengefasst.

Tabelle 27: Messstellentyp und -teufe sowie Landnutzung und geologische Klasse der beprobten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörper Linzer Becken.

| Messstellen-ID | Messstellen- typ | Teufe (m u. GOK) | Geologische Klasse |
|----------------|--|---------------------|--------------------|
| LB_HH_Br1 | mit Filterrohr vertiefter Schachtbrunnen | -12,07 | Quartäre Sedimente |
| LB_HH_Br2 | Vertikalfilterbrunnen (unvollkommen) | -19,32 | Quartäre Sedimente |
| LB_HH_Br3 | Vertikalfilterbrunnen (vollkommen) | -20,85 | Quartäre Sedimente |
| LB_HH_SoC02 | Sonde | -18,65 | Quartäre Sedimente |
| LB_HH_SoP4/1 | Sonde | -22,10 | Quartäre Sedimente |
| LB_HH_SoC07 | Sonde | -23,30 | Quartäre Sedimente |
| LB_HH_SoC17 | Sonde | -24,70 | Quartäre Sedimente |
| LB_HH_So110 | Sonde | -20,00 | Quartäre Sedimente |
| LB_PL_44 | Brunnen, Hahnentnahme | - | Quartäre Sedimente |
| LB_UF_49 | Sonde | -14,55 | Quartäre Sedimente |
| LB_LS_So108 | Sonde | -10,50 | Quartäre Sedimente |
| LB_LS_So117 | Sonde | -14,64 | Quartäre Sedimente |
| LB_PL_Vtr3 | Horizontalfilterbrunnen | -15,69 | Quartäre Sedimente |
| LB_PL_Vtr6 | Horizontalfilterbrunnen | -15,69 | Quartäre Sedimente |

Anmerkungen:

GOK ... Geländeoberkante

Quelle: Umweltbundesamt, CORINE Landcover (2018), BMNT (2018)

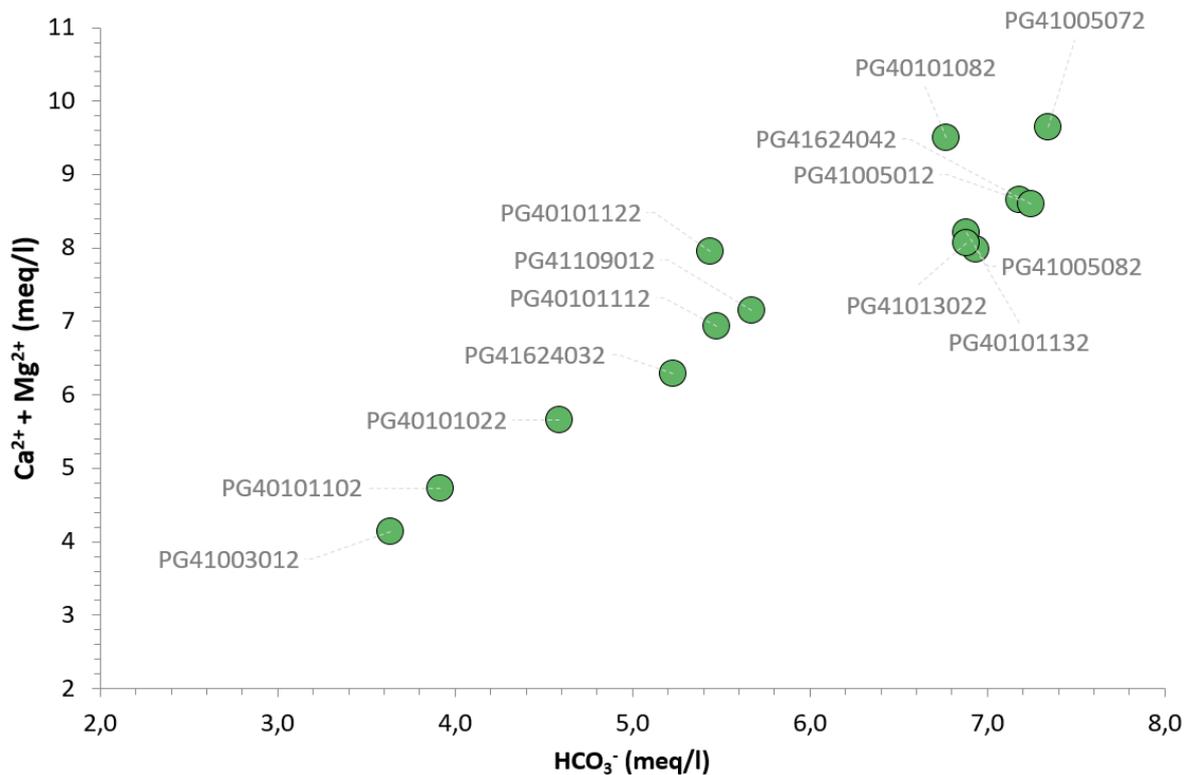
Eine detaillierte Beschreibung des Grundwasserkörpers Linzer Becken ist im Anhang enthalten.

5.2 Untersuchungsergebnisse

5.2.1 Hauptionen

Die mittleren Konzentrationen der Hauptionen in den untersuchten Grundwasserproben im Grundwasserkörper Linzer Becken im Jahr 2019 sowie die hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer können Tabelle 28 bzw. Abbildung 27 entnommen werden.

Abbildung 27: Hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] – Äquivalentsumme der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium in Gegenüberstellung zur Äquivalentkonzentration von Hydrogenkarbonat.



Quelle: Umweltbundesamt

Die untersuchten Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Linzer Becken sind vorwiegend dem Grundwassertyp „Normal erdalkalische Wässer – überwiegend hydrogenkarbonatisch“ zuzuordnen. Hauptinhaltsstoff bei den Anionen ist das Hydrogenkarbonat, gefolgt vom Chlorid, bei den Kationen dominieren die Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium.

Ausnahmen bilden die Wässer der Grundwassermessstellen PG40101082 sowie PG40101122 in Linz, die dem Grundwassertyp „Normal erdalkalische Wässer – hydrogenkarbonatisch-sulfatisch“ zuzurechnen sind. Als Hauptinhaltsstoffe dominieren Calcium und Hydrogenkarbonat sowie in weiterer Folge Chlorid, Sulfat und Nitrat mit insgesamt vergleichsweise hohen Konzentrationen (Tabelle 28).

Die Nitratkonzentrationen der untersuchten Grundwassermessstellen liegen im Mittel zwischen 3,1 und 43,0 mg/l Nitrat (Tabelle 28) und damit unterhalb des Schwellenwertes von 45 mg/l Nitrat (QZV Chemie GW, BGBl. II Nr. 248/2019).

Tabelle 28: Hauptionen der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Linzer Becken im Jahr 2019.

| GZÜV-ID | Ca | | Mg | | Na | | K | | HCO ₃ | | SO ₄ | | Cl | | NO ₃ | |
|-------------------|--------|-----|------|-----|------|-----|-----|------|------------------|------|-----------------|-----|------|------|-----------------|-----|
| | (mg/l) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ |
| PG40101022 | 84,8 | 5,6 | 17,4 | 0,9 | 19,0 | 2,4 | 4,2 | 0,27 | 280 | 17,7 | 30,5 | 2,0 | 37,4 | 6,3 | 10,2 | 3,5 |
| PG40101082 | 137 | 2,7 | 32,4 | 1,3 | 47,3 | 2,3 | 4,3 | 0,12 | 413 | 5,0 | 58,3 | 1,0 | 104 | 4,7 | 41,0 | 3,0 |
| PG40101102 | 70,1 | 1,7 | 15,0 | 0,0 | 21,0 | 0,8 | 3,4 | 0,07 | 239 | 2,0 | 25,4 | 0,1 | 38,2 | 1,6 | 7,3 | 0,6 |
| PG40101112 | 99,6 | 1,2 | 23,9 | 0,9 | 25,2 | 0,8 | 5,1 | 0,20 | 334 | 7,3 | 31,1 | 0,2 | 50,6 | 1,8 | 29,7 | 2,1 |
| PG40101122 | 114 | 0,9 | 27,6 | 1,2 | 45,1 | 0,7 | 4,2 | 0,04 | 332 | 3,5 | 56,0 | 1,5 | 91,7 | 4,0 | 43,0 | 3,5 |
| PG40101132 | 124 | 0,0 | 21,8 | 0,3 | 16,2 | 0,8 | 4,1 | 0,37 | 423 | 3,6 | 39,8 | 2,7 | 27,6 | 4,8 | 7,7 | 1,7 |
| PG41003012 | 61,8 | 3,8 | 12,8 | 0,4 | 12,7 | 0,5 | 2,4 | 0,03 | 222 | 6,6 | 23,8 | 0,4 | 17,6 | 0,9 | 3,1 | 0,4 |
| PG41005012 | 121 | 1,1 | 31,8 | 1,5 | 15,6 | 0,2 | 3,1 | 0,04 | 438 | 4,2 | 32,3 | 1,1 | 40,9 | 1,6 | 13,3 | 1,2 |
| PG41005072 | 139 | 2,3 | 33,0 | 1,1 | 37,4 | 0,7 | 5,2 | 0,13 | 448 | 1,2 | 50,4 | 0,7 | 88,2 | 2,9 | 23,0 | 1,0 |
| PG41005082 | 115 | 0,7 | 30,0 | 1,2 | 19,0 | 2,8 | 3,3 | 0,22 | 420 | 14,8 | 31,3 | 4,9 | 46,5 | 6,5 | 10,0 | 3,4 |
| PG41013022 | 118 | 1,7 | 26,5 | 1,4 | 44,2 | 0,6 | 6,4 | 0,15 | 420 | 11,8 | 22,3 | 1,0 | 83,1 | 1,0 | 19,0 | 0,0 |
| PG41109012 | 110 | 7,2 | 20,2 | 2,7 | 14,0 | 0,5 | 5,1 | 0,38 | 346 | 44,3 | 35,4 | 2,6 | 36,6 | 8,2 | 20,7 | 7,2 |
| PG41624032 | 93,1 | 2,8 | 20,0 | 0,7 | 21,0 | 0,9 | 4,0 | 0,07 | 319 | 7,5 | 25,0 | 1,4 | 46,3 | 2,6 | 8,8 | 1,1 |
| PG41624042 | 136 | 1,8 | 22,0 | 1,1 | 28,5 | 8,5 | 4,1 | 0,86 | 442 | 7,7 | 46,5 | 5,0 | 49,8 | 17,4 | 8,1 | 4,4 |

Quelle: GZÜV

Auswertung: Umweltbundsamt

5.2.2 Vor-Ort-Parameter

Die Jahresmittelwerte der Vor-Ort-Parameter für die untersuchten Grundwasserproben im Jahr 2019 zeigt Tabelle 29. Die mittlere Wassertemperatur zeigt eine Bandbreite zwischen 10,7 und 15,9 °C. Das maximale Jahresmittel entfällt auf die Messstelle PG41013022 in der Gemeinde St. Florian, das Jahresmittelminimum ist für PG41005082 in der Gemeinde Enns zu verzeichnen. Bei beiden Messstellen liegt eine vergleichsweise hohe Variabilität der einzelnen Messwerte im Jahresverlauf vor (siehe Tabelle 29).

Tabelle 29: Vor-Ort-Parameter der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Linzer Becken im Jahr 2019.

| GZÜV-ID | T (°C) | | pH | | EC (µS/cm) | | O ₂ (mg/l) | |
|------------|--------|-----|-----|-----|------------|-----|-----------------------|-----|
| | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ |
| PG40101022 | 13,5 | 0,8 | 7,5 | 0,2 | 562 | 40 | 1,10 | 0,3 |
| PG40101082 | 15,2 | 0,7 | 7,3 | 0,2 | 999 | 24 | 7,67 | 0,4 |
| PG40101102 | 13,3 | 0,1 | 7,6 | 0,2 | 497 | 8 | 2,60 | 0,1 |
| PG40101112 | 14,6 | 0,2 | 7,5 | 0,2 | 694 | 13 | 9,13 | 0,1 |
| PG40101122 | 15,3 | 0,2 | 7,4 | 0,2 | 869 | 6 | 7,40 | 0,3 |
| PG40101132 | 14,2 | 0,9 | 7,2 | 0,1 | 714 | 8 | 1,20 | 0,3 |
| PG41003012 | 11,3 | 0,4 | 7,6 | 0,3 | 406 | 14 | 1,70 | 0,3 |
| PG41005012 | 12,8 | 1,1 | 7,2 | 0,1 | 765 | 4 | 6,43 | 1,3 |
| PG41005072 | 13,4 | 0,6 | 7,2 | 0,2 | 960 | 12 | 6,47 | 0,8 |
| PG41005082 | 10,7 | 2,5 | 7,4 | 0,1 | 751 | 12 | 3,27 | 3,1 |
| PG41013022 | 15,9 | 2,4 | 7,3 | 0,3 | 864 | 13 | 11,9 | 1,4 |
| PG41109012 | 11,7 | 0,6 | 7,3 | 0,2 | 662 | 22 | 4,30 | 1,1 |
| PG41624032 | 12,9 | 0,2 | 7,3 | 0,3 | 620 | 22 | 15,9 | 2,1 |
| PG41624042 | 13,5 | 2,1 | 7,3 | 0,1 | 835 | 56 | 2,50 | 2,0 |

Anmerkungen:

T ... Temperatur, pH ... pH-Wert, EC ... elektrische Leitfähigkeit (bei 20 °C), O₂ ... Sauerstoffgehalt

Quelle: GZÜV

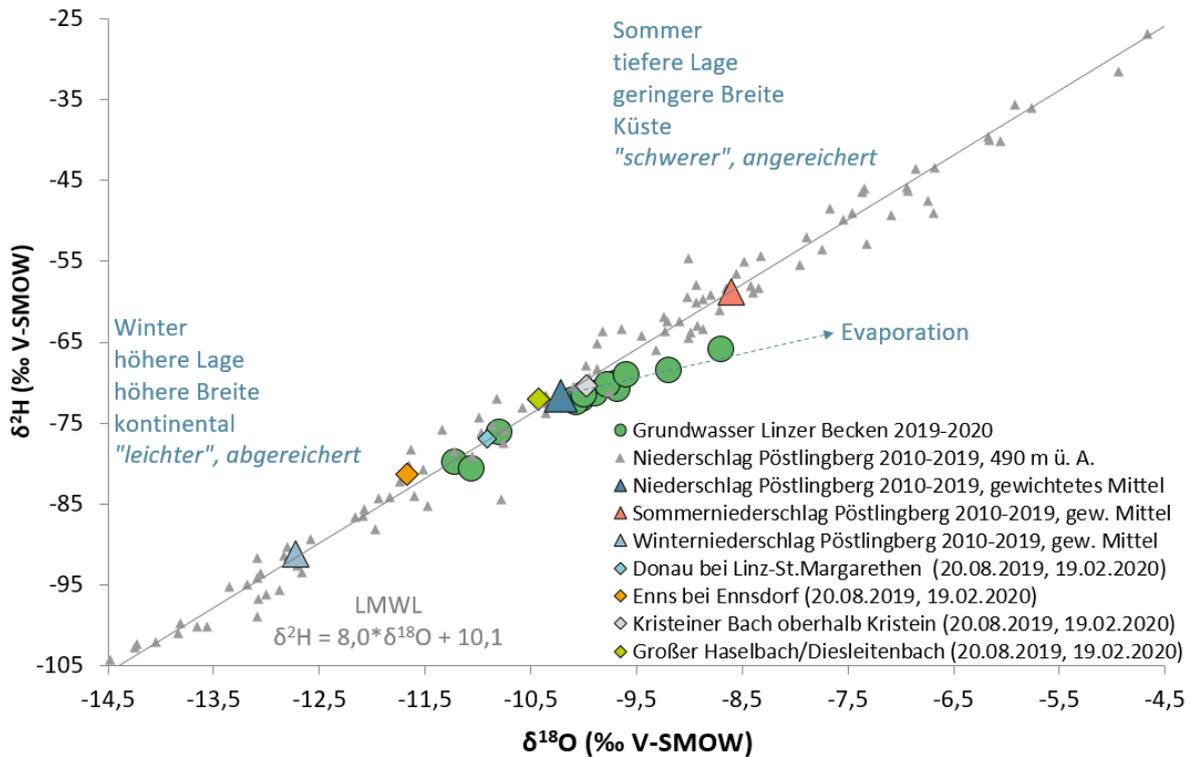
Auswertung: Umweltbundesamt

Die elektrische Leitfähigkeit der untersuchten Grundwasserproben liegt im Jahresmittel zwischen ~400 und ~1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der mittlere Sauerstoffgehalt beträgt überwiegend zwischen ~1,10 und ~7,67 mg/l. Ausnahmen bilden die Messstellen PG40101112, PG41013022 sowie PG41624032 mit hohen mittleren Sauerstoffgehalten von 9,1, 11,9 bzw. 15,9 mg/l.

5.2.3 Sauerstoff-18 und Deuterium

Die graphische Gegenüberstellung der Deuterium- und Sauerstoff-18-Verhältnisse ($\delta^2\text{H}$ versus $\delta^{18}\text{O}$) im Niederschlag, im Grundwasser und in den Oberflächengewässern (Abbildung 28) erlaubt Rückschlüsse auf Bildungsbedingungen und Mischungsprozesse der lokalen Grundwasservorkommen.

Abbildung 28: Mittelwerte der Deuterium- ($\delta^2\text{H}$)- und Sauerstoff-18- ($\delta^{18}\text{O}$)-Verhältnisse des Grundwassers bei den ausgewählten Messstellen des Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ] im Vergleich zu Donau, Enns, Kristeiner Bach, Großer Haselbach (Diesleitenbach) sowie dem Niederschlag in Pöstlingberg (2010–2019).

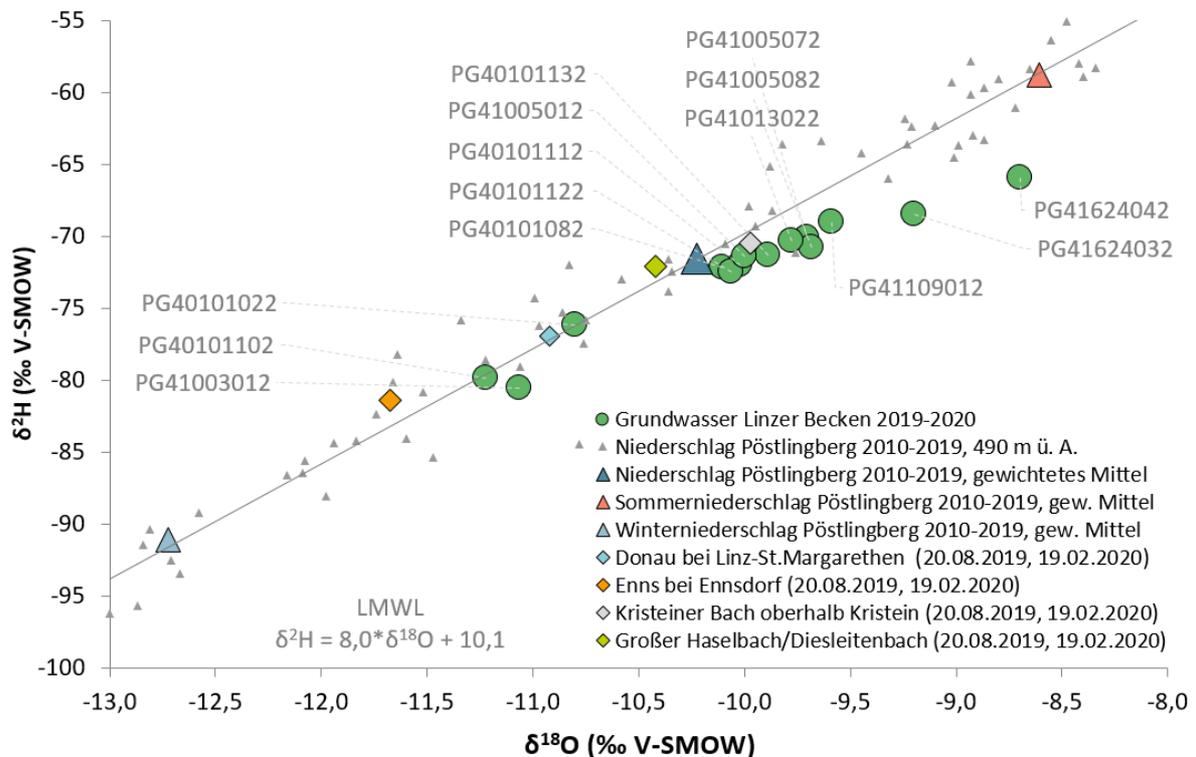


Quelle: Umweltbundesamt

Die Daten der stabilen Isotopen der beprobten Niederschlagswässer der Station Pöstlingberg sowie der Grund- und Oberflächengewässerproben im Grundwasserkörper Linzer Becken sind in Abbildung 28 bis Abbildung 31 dargestellt. Die Sauerstoff-18- und Deuteriumgehalte der untersuchten Porengrundwassermessstellen im Linzer Becken gruppieren sich weiträumig um das langjährige gewichtete Niederschlagsmittel für den Pöstlingberg, wobei tendenziell eine Verschiebung hin zum gewichteten Mittel der Sommerniederschläge zu verzeichnen ist (Abbildung 28). Demnach tragen infiltrierende Sommer- und Winterniederschläge zur Grundwasserneubildung bei.

Eine Verschiebung der Isotopensignaturen hin zu „leichteren“ Werten kann beispielsweise auf den Einfluss von infiltrierenden Oberflächengewässern wie Enns und Donau zurückgeführt werden, die aufgrund ihres alpinen Ursprunges bzw. Zuflüssen aus alpinen Höhenlagen durch abgereicherte Isotopenwerte geprägt sind (siehe Abbildung 28).

Abbildung 29: Ausschnitt aus dem $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm des Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ].



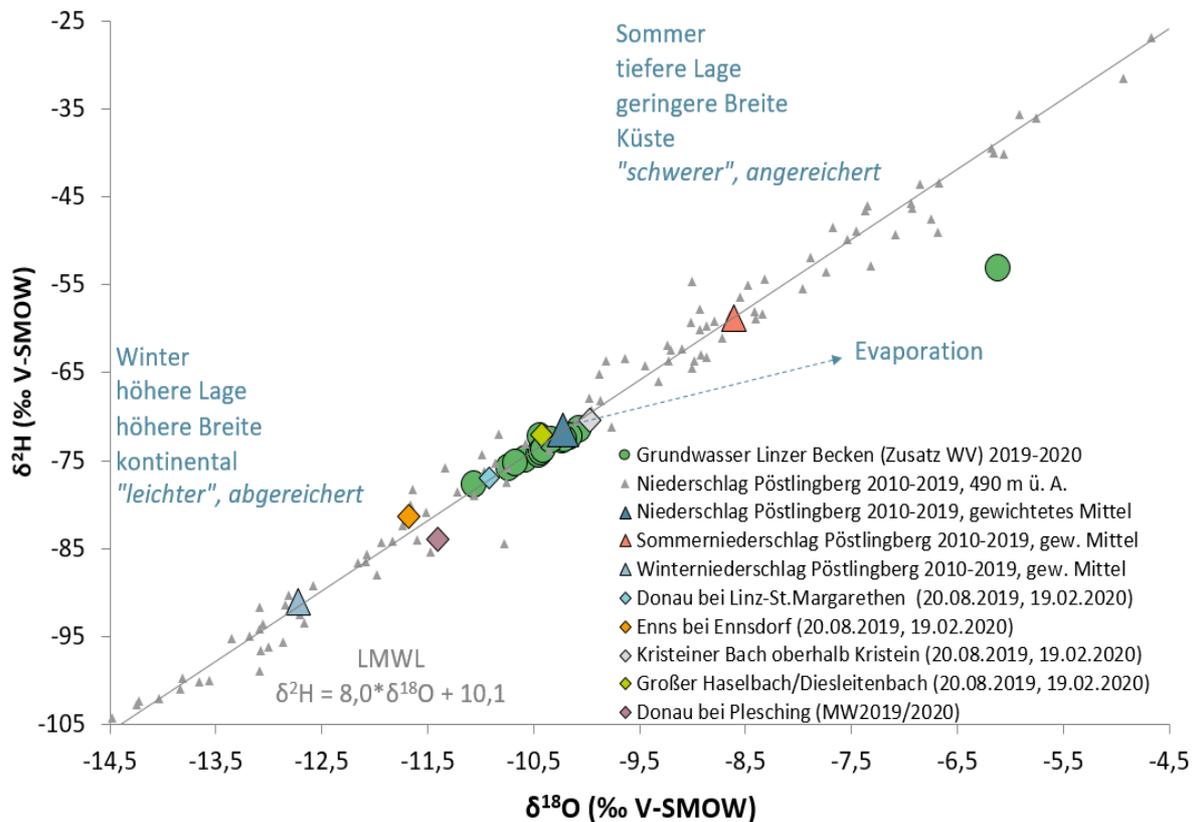
Quelle: Umweltbundesamt

Die beiden Grundwassermessstellen mit den „leichtesten“ Sauerstoff-18- und Deuterium-Werten sind PG40101102 in Linz-Urfahr ($-11,22\text{‰ } \delta^{18}\text{O}$ und $-79,87\text{‰ } \delta^2\text{H}$) sowie PG41003012 in der Probstau östlich von Linz ($-11,07\text{‰ } \delta^{18}\text{O}$ und $-80,50\text{‰ } \delta^2\text{H}$) (Abbildung 29). Diese Messstellen sind durch infiltrierendes Donauwasser bzw. den Grundwasserbegleitstrom der Donau geprägt.

Vergleichsweise „schwere“, d. h. angereicherte, Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte sind für die beiden Messstellen PG41624042 nahe Steyregg ($-8,70\text{‰ } \delta^{18}\text{O}$ und $-65,90\text{‰ } \delta^2\text{H}$) sowie PG41624032 in der Pleschinger Au ($-9,20\text{‰ } \delta^{18}\text{O}$ und $-68,47\text{‰ } \delta^2\text{H}$) zu verzeichnen (Abbildung 29). Die Sauerstoff-18-Verhältnisse tendieren hin zum langjährigen gewichteten Mittel des Sommerniederschlags für den Pöstlingberg. Darüber hinaus sind beide Isotopensignaturen durch Verdunstungseffekte gekennzeichnet, die sich in der Lage der Isotopenwerte entlang der Evaporationslinie in Abbildung 29 sowie niedrigen mittleren Werten für den Deuterium-Exzess von 4,66 bzw. 5,93 ‰ widerspiegeln. Als mögliche Ursachen für die Verdunstungseffekte kommen die Lage der Messstellen im Nahbereich ehemaliger Nassbaggerungen, die gegenwärtig als Badeteiche genutzt werden, sowie generell das im Augebiet gelegene Einzugsgebiet in Betracht.

Die Daten der stabilen Isotopen der zusätzlich untersuchten Wasserversorgungsmessstellen sind in Abbildung 30 sowie in Abbildung 31 dargestellt. Hier ergibt sich ein grundsätzlich ähnliches Bild allerdings mit einer stärkeren Verschiebung des Isotopensignals der Grundwasserproben hin zu einer Beeinflussung durch Donauwasser oder einem höheren Anteil von Winterniederschlägen.

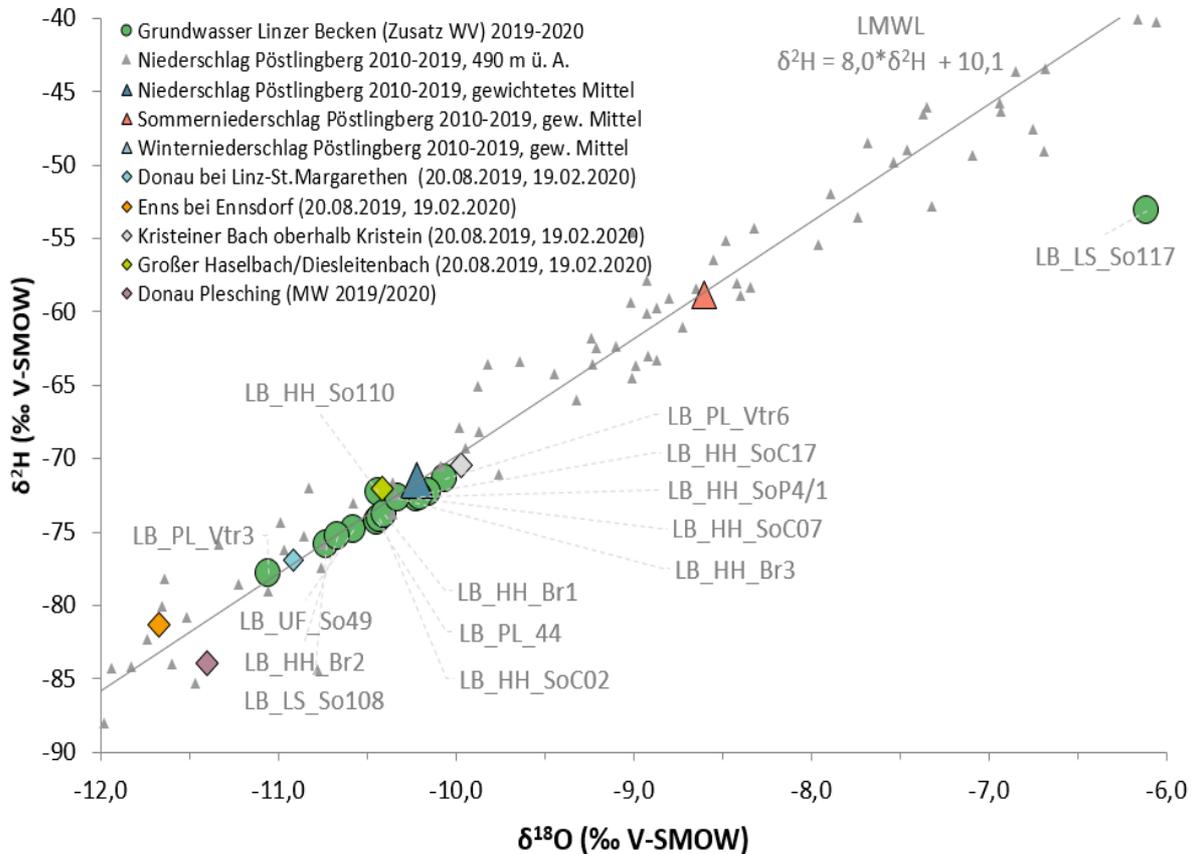
Abbildung 30: Mittelwerte der Deuterium- ($\delta^2\text{H}$) und Sauerstoff-18- ($\delta^{18}\text{O}$)-Verhältnisse des Grundwassers bei den zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ] im Vergleich zu Donau, Enns, Krusteiner Bach, Großer Haselbach (Diesleitenbach) sowie dem Niederschlag in Pöstlingberg (2010–2019).



Quelle: Umweltbundesamt

Die Probe der Sonde 117 ist durch einen starken Verdunstungseffekt gekennzeichnet. Ein Strang des Horizontalfilterbrunnens (LB_PL_Vtr3) Plesching zeigt erwartungsgemäß den stärksten Einfluss durch Uferfiltrat aus der Donau.

Abbildung 31: Ausschnitt aus dem $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm der zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ].



Quelle: Umweltbundesamt

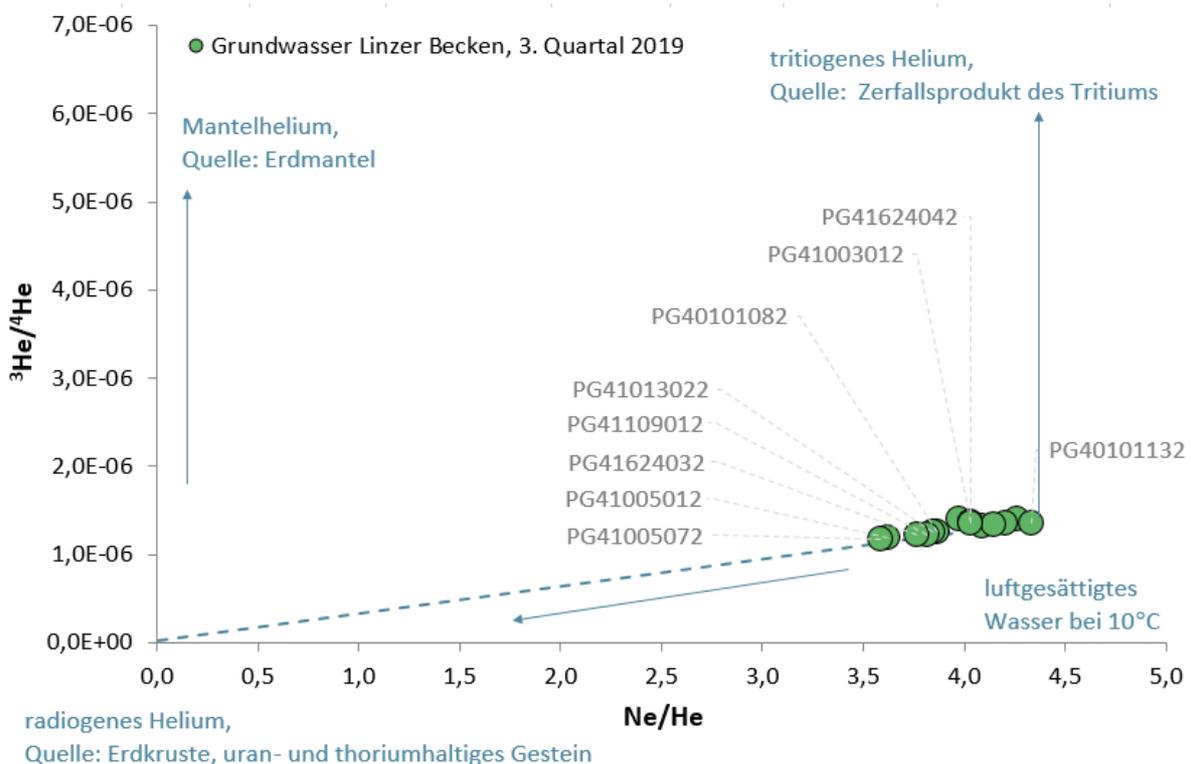
5.2.4 Tritium/Helium-3

Die Gegenüberstellung des Heliumverhältnisses ($^3\text{He}/^4\text{He}$) zum Edelgasverhältnis (Ne/He) in Abbildung 32 erlaubt die Unterscheidung verschiedener Heliumquellen im Grundwasser wie in Abschnitt 2.2.3 erläutert.

Für alle 14 GZÜV-Messstellen des Grundwasserkörpers Linzer Becken liegen Daten aus der Tritium-/Heliumanalytik vor. Einige dieser Messstellen – beispielsweise PG41005072 in Ennshafen und PG41005012 südöstlich von Kristein – weisen signifikante Beimischungen von radiogenem Helium-4 auf (Abbildung 32). Nördlich der Messstelle PG41005072 verläuft die Gallneukirchen-Störung, die entsprechende Wasser- und Gaswegigkeiten bieten könnte. Desweiteren könnte diesbezüglich ein Zusammenhang mit dem Tiefgrundwasserkörper Tertiärsande [DUJ] bestehen oder mit den angrenzenden Bereichen der Böhmi-schen Masse.

Alle anderen Messstellen weisen in geringerem Ausmaß Beimischungen von radiogenem Helium-4 sowie mitunter geringfügig von tritiogenem Helium auf. Ein nennenswerter Teil der Messstellen enthält kein oder kaum tritiogenes Helium. Bei diesen Messstellen ist von aktueller Grundwasserneubildung auszugehen.

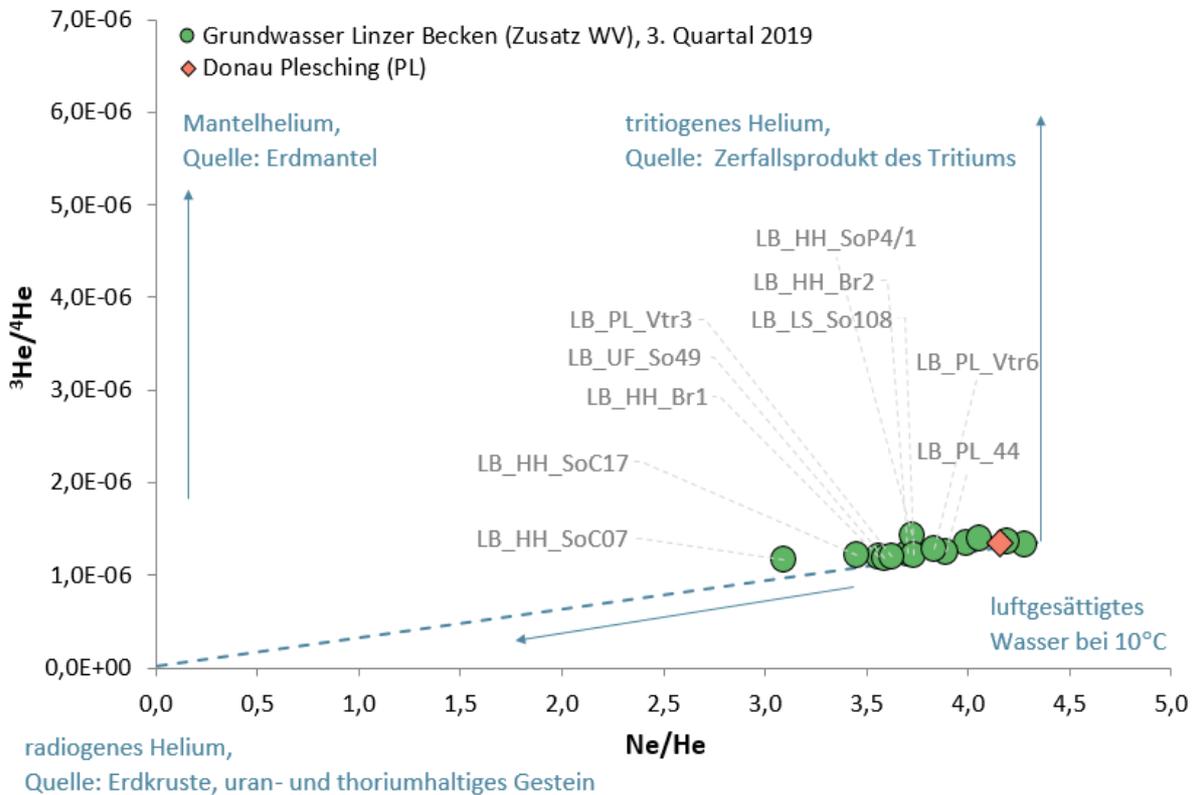
Abbildung 32: Heliumkomponenten im Grundwasser – Darstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - versus Ne/He -Verhältnisse von ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ].



Quelle: Umweltbundesamt

Von den zusätzlich beprobten Grundwassermessstellen des Wasserversorgers zeigen insbesondere zwei Sonden (LB_HH_SoC17, LB_HH_SoC07) größere Mengen radiogenen Heliums (Abbildung 33). Hier besteht wiederum entweder ein Zusammenhang mit einer östlich verlaufenden Störungszone (Haselgraben-Störung), angrenzenden Kristallinbereichen der Böhmisches Masse oder dem Tiefengrundwasserkörper Tertiärsande [DUJ]. Alle anderen Messstellen weisen in geringerem Ausmaß Beimischungen von radiogenem Helium-4 sowie mitunter geringfügig von tritiogenem Helium auf.

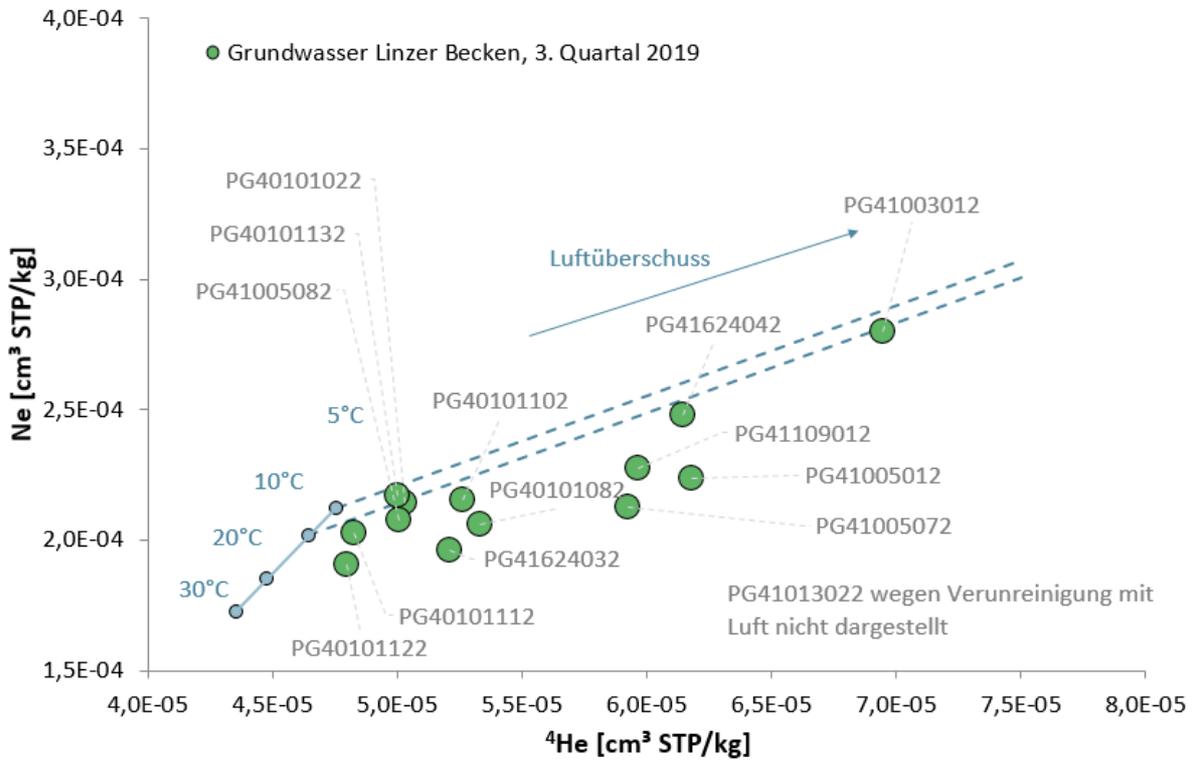
Abbildung 33: Heliumkomponenten im Grundwasser – Darstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - versus Ne/He -Verhältnisse von zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ].



Quelle: Umweltbundesamt

Höhere Luftüberschüsse in den Grundwasserproben – ersichtlich aus der Darstellung der Helium- und Neon-Konzentrationen in Abbildung 34 können auf schnelle Reaktionen des Grundwasserspiegels gegenüber Regen- und Hochwasserereignissen hindeuten, bei denen es zum Einschluss von Luftblasen aus der ungesättigten Zone kommt. Im Grundwasserkörper Linzer Becken zeigte insbesondere die Grundwasserprobe der Messstelle PG41003012 beim Campingdorf Hohenlohe am Ausee nahe der Donau entsprechende Luftüberschüsse. Auch die Beimischungen von kleineren Mengen radiogenem Helium werden aus Abbildung 34 noch einmal deutlich, diese führen zu einer Verschiebung der Messwerte von den Lösungsgleichgewichtslinien weg zu $\text{Ne}/^4\text{He}$ -Verhältnissen, welche unterhalb von diesen liegen.

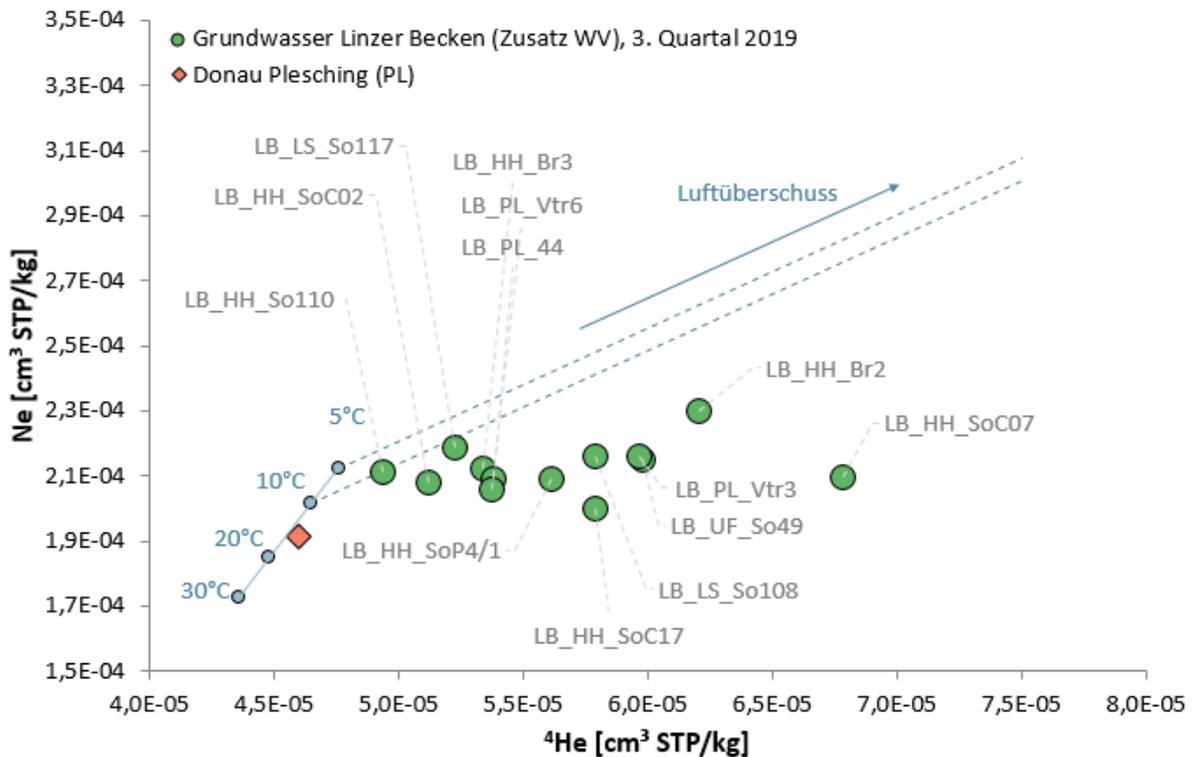
Abbildung 34: Helium-(⁴He)- und Neon-Konzentrationen in den Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ].



Quelle: Umweltbundesamt

Für die zusätzlich untersuchten Grundwasserproben des Wasserversorgers wird die Beimischung der radiogenen Heliumkomponente aus Abbildung 35 ersichtlich. Insbesondere die Sonde LB_HH_SoC17 (Heilham) sticht hier hervor. Die Wasserprobe der Donau liegt erwartungsgemäß ohne hohe Luftüberschüsse bei einer Infiltrationstemperatur von etwa 15 °C (Abbildung 35).

Abbildung 35: Helium-(⁴He)- und Neon-Konzentrationen in den zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ].



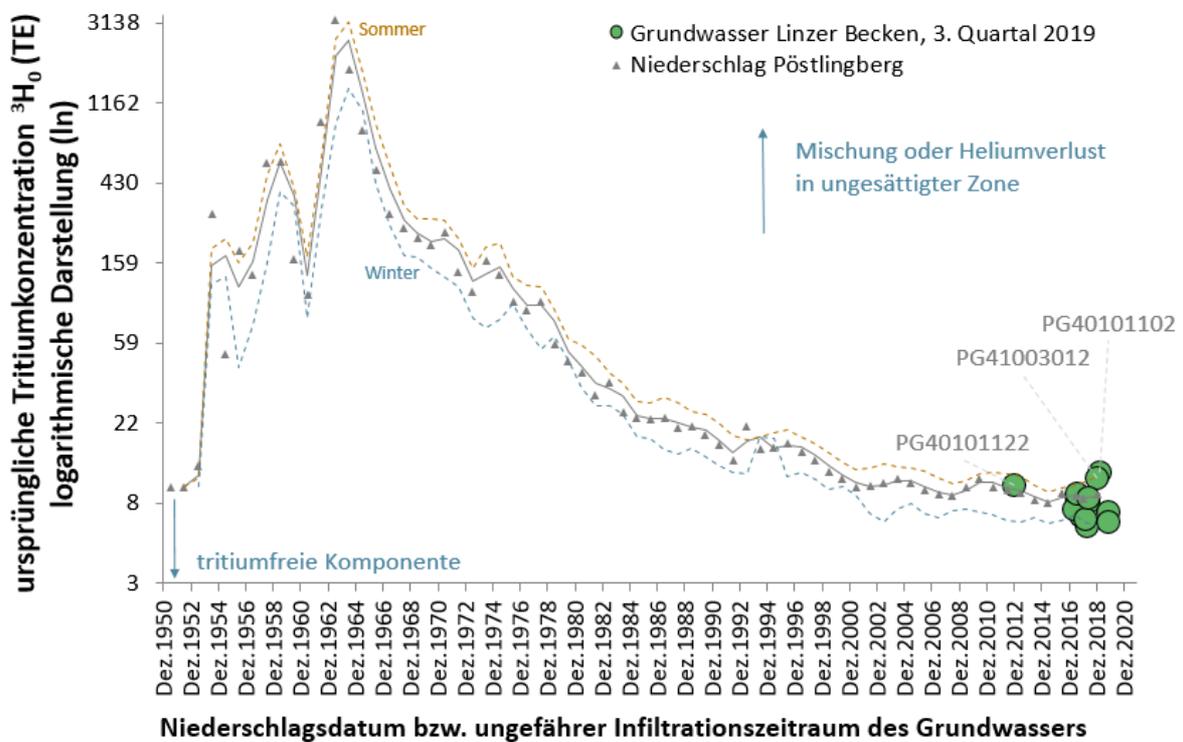
Quelle: Umweltbundesamt

In Abbildung 36 und Abbildung 37 sind die auf Basis der Tritium/Helium-3-Methode berechneten Infiltrationszeitpunkte (Annahme: Piston-Flow-Bedingungen) den ursprünglichen Tritiumkonzentrationen gegenübergestellt. Die ursprünglichen Tritiumkonzentrationen entsprechen dabei der Summe der Tritiumkonzentrationen und dem bereits zerfallenen Tritium in der Probe (= tritiogenes Helium).

Die meisten Grundwasserproben im Grundwasserkörper Linzer Becken zeigen nur geringfügige Abweichungen zur Tritiumzeitreihe des Niederschlags der Station Pöstlingberg (Abbildung 36, Abbildung 37) und tendieren zu kurzen Verweilzeiten des Grundwassers im Untergrund. Einzig für das Grundwasser der Messstelle PG40101122 liegt der auf Basis der Tritium-/Helium-3-Methode berechnete Infiltrationszeitpunkt schon länger zurück. Die Anpassung der Modellalter an die Tritiumzeitreihe des Niederschlags ist gut (Abbildung 36).

An den Messstellen PG40101102 (Linz Stadt, linkes Donauufer) und bei PG401003012 (Campingdorf Hohenlohe) kommt es möglicherweise zur Mischung von Grundwässern mit deutlich unterschiedlichem Alter entlang des Fließweges oder zum Verlust von Helium in der ungesättigten Bodenzone.

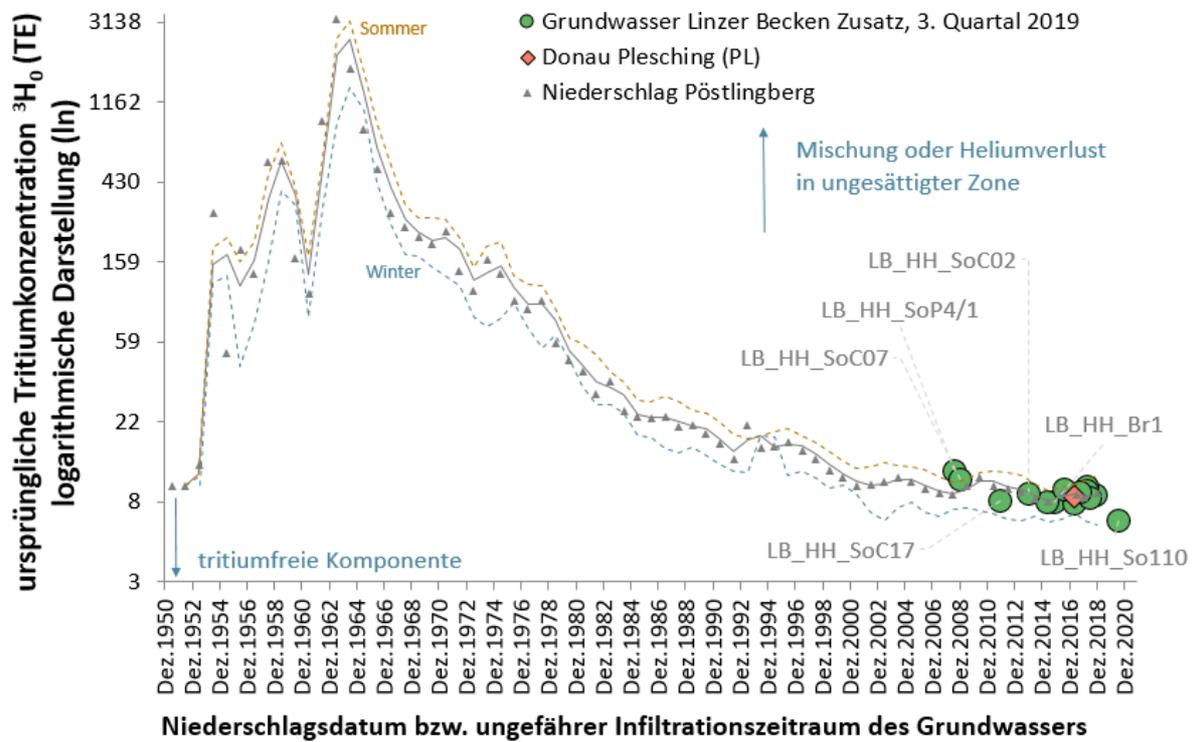
Abbildung 36: Tritiumkonzentrationen an ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ] im Vergleich zum Niederschlag der Messstation Pöstlingberg (gewichtete Jahres-, Sommer- und Wintermittel sowie 2-jährige gleitende Mittelwerte).



Quelle: Umweltbundesamt

Auch die zusätzlich untersuchten Grundwasserproben eines Wasserversorgers im Grundwasserkörper Linzer Becken zeigen nur geringfügige Abweichungen zur Tritiumzeitreihe des Niederschlags der Station Pöstlingberg (Abbildung 37) und tendieren zu kurzen Verweilzeiten des Grundwassers im Untergrund. Etwas länger zurückliegende Infiltrationszeitpunkte werden unter Piston-Flow-Bedingungen für die Sonde LB_HH_SoC07 und die Sonde LB_HH_SoP4/1 in Heilham modelliert (Abbildung 37).

Abbildung 37: Tritiumkonzentrationen an den zusätzlich ausgewählten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] im Vergleich zum Niederschlag der Messstation Pöstlingberg (gewichtete Jahres-, Sommer- und Wintermittel sowie 2-jährige gleitende Mittelwerte).

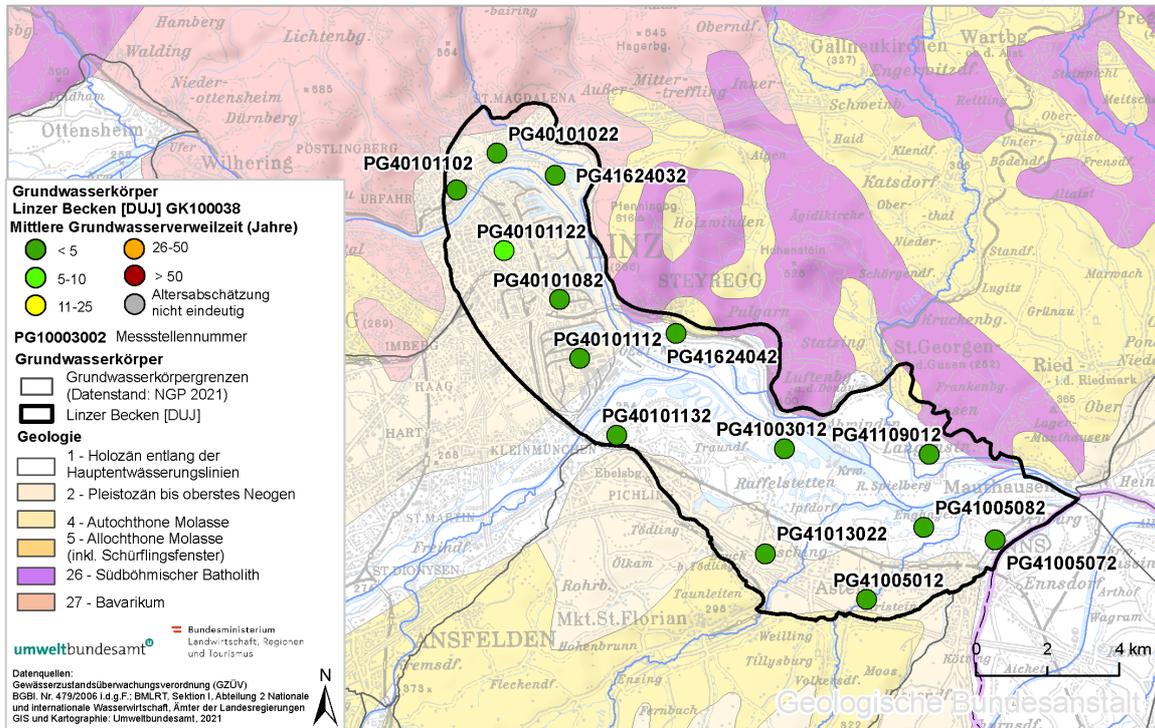


Quelle: Umweltbundesamt

5.2.5 Mittlere Verweilzeiten

Die Abschätzung der mittleren Verweilzeiten im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] erfolgte, wie in Kapitel 2.2 dargestellt, mittels empirischer Blackbox-Modelle und Zuordnung einer MVZ-Kategorie. Die auf diese Weise ermittelten Verweilzeiten sind in Abbildung 38 dargestellt und nachfolgend messstellenweise erläutert. Die Reihung der Messstellen entspricht dabei der topographischen Lage der Messstellen im Linzer Becken entsprechend der Zuordnung zu Gemeinden.

Abbildung 38: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten GZÜV-Messstellen im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ].



Quelle: Umweltbundesamt; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt

5.2.5.1 Linz-Stadt (linkes Donauufer)

Der im Stadtgebiet von Linz gelegene Brunnen **PG40101102** erfasst für das Linzer Becken vergleichsweise gering mineralisiertes (497 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffarmes (2,6 mg/l) Grundwasser mit einer abgeschätzten mittleren Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre. Die sehr leichte, d. h. abgereicherte, $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur (Tabelle 30, Abbildung 29) deutet auf Grundwasserneubildung hin, die durch den Grundwasserbegleitstrom der Donau beeinflusst wird.

Der Brunnen **PG40101022** befindet sich am Südrand des Heilhamer Feldes, nahe des Zusammenflusses von Diesenleitenbach und Höhlmühlbach, und ist ebenfalls durch vergleichsweise gering mineralisiertes (562 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffarmes (1,1 mg/l) Grundwasser gekennzeichnet. Die $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur ähnelt jener der Donau bei Linz-St. Margarethen (Abbildung 29), so dass an dieser Messstelle von rezenter Grundwasserneubildung

aus dem Grundwasserbegleitstrom der Donau mit einer mittleren Verweilzeit < 5 Jahren auszugehen ist.

Eine direkte Interaktion zwischen dem Grundwasser und der Donau ist aufgrund von Dichtungsschürzen bzw. vollständiger Untergrunddichtung im Stadtgebiet von Linz nur eingeschränkt bzw. nicht möglich.

Tabelle 30: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG40101102 sowie PG40101022 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG40101102 | PG40101022 |
|--|----------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -11,22 | -10,80 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 2,1 | 2,4 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 11,7 | 7,7 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 9,9 | 9,2 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0,3 | 1,0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 2,10E-06 | 8,78E-08 |
| ΔNe | % | 9,6 | 9,2 |

Quelle: Umweltbundesamt

5.2.5.2 Linz-Stadt (rechtes Donauufer)

Die $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignaturen der vier Grundwassermessstellen auf Linzer Gebiet, die sich rechtsufrig der Donau befinden, sind sowohl gegenüber der Donau als auch gegenüber dem gewichteten Jahresmittel des Niederschlags des Pöstlingbergs angereichert. Grundwasserneubildung wird im Wesentlichen durch Grundwasserzustrom aus der Welser Heide und die Versickerung von Niederschlägen erreicht. Ausgenommen PG40101132 sind die Messstellen durch eine geringfügige Beimischung von radiogenem Helium-4 gekennzeichnet.

Der Schachtbrunnen **PG40101122** erfasst höher mineralisiertes (869 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffreiches Wasser (7,4 mg/l) und befindet sich inmitten des Linzer Stadtgebietes, was sich in einer erhöhten mittleren Grundwassertemperatur von 15,3 °C widerspiegelt. Auffällig ist eine mittlere Nitratkonzentration von 43 mg/l. Das Grundwasser enthält geringe Mengen tritio-genen Heliums (Tabelle 31). Anhand von Blackbox-Modellen wurde eine mittlere Verweilzeit in der Kategorie 5–10 Jahre abgeschätzt.

Tabelle 31: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG40101122, PG40101082, PG40101112, PG40101132 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG40101122 | PG40101082 | PG40101112 | PG40101132 |
|--|----------|------------|------------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 5–10 | < 5 | < 5 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -10,06 | -10,10 | -10,02 | -9,89 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 1,6 | 2,4 | 2,2 | 3,2 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 7,0 | 6,3 | 7,7 | 7,4 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 7,3 | 5,4 | 7,2 | 6,3 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 3,2 | 0,7 | 0,6 | 0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 4,35E-06 | 5,42E-06 | 1,27E-06 | 0 |
| ΔNe | % | -2,9 | 5,0 | 3,4 | 10,5 |

Quelle: Umweltbundesamt

Der Brunnen **PG40101082** im Linzer Industriegebiet erfasst hoch mineralisiertes (999 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffreiches (7,7 mg/l) Grundwasser mit einer – anhand von Blackbox-Modellen – abgeschätzten mittleren Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre. Auffällig sind die hohen Natrium- und Chloridkonzentrationen von derzeit 47 bzw. 104 mg/l. Hier liegt möglicherweise eine Beeinflussung durch Straßenabwässer im Einzugsgebiet der Messstelle vor.

Ebenfalls im Linzer Industriegebiet befindet sich der Horizontalfilterbrunnen **PG40101112**. Das Grundwasser der Messstelle ist im Vergleich mit PG40101082 etwas geringer mineralisiert (694 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffreich (9,1 mg/l) und weist eine mittlere Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre auf.

PG40101132 ist eine auf 5 m abgeteufte sehr seichte Sonde rechtsufrig von Donau und Traun mit sauerstoffarmem Wasser (1,2 mg/l). Tritiogenes Helium wurde im Grundwasser der Messstelle nicht nachgewiesen. Die mittlere Verweilzeit des Grundwassers wird der Kategorie < 5 Jahre zugeordnet.

5.2.5.3 Steyregg

PG41624032 und **PG41624042** weisen die „schwersten“ $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignaturen aller im Linzer Becken beprobten Grundwassermessstellen auf. Zudem sind die Signaturen durch Verdunstungseffekte gekennzeichnet (Abbildung 29). Beide Messstellen befinden sich im Augebiet am linken Donauufer und weisen im Einzugsgebiet Seen auf (Pleschinger See, Badesee Steyregg), was die für Verdunstungseffekte typischen Isotopensignaturen erklären dürfte.

PG41624032 in der Pleschinger Au erfasst vergleichsweise geringer mineralisiertes (620 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sehr sauerstoffreiches Wasser (15,9 mg/l). Das Grundwasser enthält eine geringfügige Beimischung tritiogenen Heliums (Tabelle 32) und wird der MVZ-Kategorie < 5 Jahre zugeordnet. Grundwasserneubildung erfolgt im Wesentlichen durch Grundwasserzustrom aus Norden und Versickerung von Niederschlägen. Die Donau ist in diesem Abschnitt gegenüber dem Grundwasser vollständig abgedichtet.

Die südlich von Steyregg gelegene Messstelle **PG41624042** ist durch eine hohe saisonale Variabilität der Sauerstoff-18-Werte gekennzeichnet. Luftüberschüsse deuten auf schwankende Grundwasserspiegellagen im Einzugsgebiet der Messstelle (Tabelle 32). Das Wasser ist sauerstoffarm (2,5 mg/l). Die mittleren Grundwasserverweilzeiten bei PG41624042 betragen < 5 Jahre.

Tabelle 32: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG41624032, PG41624042 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG41624032 | PG41624042 |
|--|----------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -9,20 | -8,70 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 2,4 | 7,0 |

| Parameter | Einheit | PG41624032 | PG41624042 |
|---|---------|------------|------------|
| ³ H _{3. Quartal 2019} | TE | 8,1 | 8,0 |
| ³ H _{1. Quartal 2020} | TE | 8,5 | - |
| ³ He _{trit} | TE | 1,0 | 0,6 |
| ⁴ He _{radio} | Nml/kg | 7,06E-06 | 1,55E-06 |
| ΔNe | % | 0 | 26,1 |

Quelle: Umweltbundesamt

5.2.5.4 Luftenberg an der Donau, Asten (rechtes Donauufer)

Der nördlich von Raffelstetten nahe des Auses gelegene Schachtbrunnen **PG41003012** erfasst gering mineralisiertes (406 μS/cm), sauerstoffarmes (1,7 mg/l) Grundwasser mit einer modellierten mittleren Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre. Die sehr „leichte“, d. h. abgereicherte, δ¹⁸O-δ²H-Isotopensignatur (Tabelle 33) legt nahe, das an dieser Messstelle von Grundwasserneubildung aus dem Grundwasserbegleitstrom der Donau oder von temporärer Interaktion des Grundwassers mit der Donau auszugehen ist.

Tabelle 33: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG41003012, PG41013022 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG41003012 | PG41013022 |
|---|----------|------------|-------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 |
| δ ¹⁸ O _{Mittel} | ‰ V-SMOW | -11,07 | -9,78 |
| VarK δ¹⁸O | % | 6,8 | 1,9 |
| ³ H _{3. Quartal 2019} | TE | 10,8 | 6,6 |
| ³ H _{1. Quartal 2020} | TE | 8,7 | 6,3 |
| ³ He _{trit} | TE | 0,4 | unplausibel |
| ⁴ He _{radio} | Nml/kg | 2,16E-07 | 1,19E-06 |
| ΔNe | % | 42,6 | 88,6 |

Quelle: Umweltbundesamt

Die $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur des Brunnens **PG41013022** in Ipfdorf ist sowohl gegenüber der Donau als auch gegenüber dem gewichteten Jahresmittel des Niederschlags der Station Pöstlingberg angereichert. Die Messstelle erfasst sauerstoffreiches (11,9 mg/l) und vergleichsweise warmes (15,9 °C) Grundwasser und weist eine mittlere Verweilzeit in der Kategorie < 5 Jahre auf. Aufgrund des hohen Luftüberschusses (ΔNe 88,6 %) ist von einer Verunreinigung der Probe mit Luft bei der Probenahme auszugehen. Die ermittelte mittlere Verweilzeit ist demnach mit hohen Unsicherheiten behaftet.

5.2.5.5 Langenstein

Die auf ca. 5 m abgeteufte Sonde **PG41109012** in der Steiner Au südwestlich von Langenstein am linken Donauufer weist eine „schwere“ $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur auf (Tabelle 34), die durch leichte Verdunstungseffekte gekennzeichnet ist. Die Messstelle erfasst sehr seicht liegendes Grundwasser mit einem vergleichsweise niedrigen Sauerstoffgehalt (4,3 mg/l) und einer mittleren Mineralisierung (662 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Tritiogenes Helium-3 wurde im Grundwasser der Messstelle nicht nachgewiesen. Die mittlere Verweilzeit wird der Kategorie < 5 Jahre zugeordnet.

Tabelle 34: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstellen PG41109012 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG41109012 |
|--|----------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -9,6 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,8 |
| $^3\text{H}_{3, \text{Quartal 2019}}$ | TE | 6,5 |
| $^3\text{H}_{1, \text{Quartal 2020}}$ | TE | - |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 5,6-E6 |
| ΔNe | % | 15,8 |

Quelle: Umweltbundesamt

5.2.5.6 Enns

Die in der Gemeinde Enns rechtsufrig der Donau gelegenen Messstellen **PG41005012**, **PG41005082**, **PG41005072** sind durch vergleichsweise angereicherte $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignaturen gekennzeichnet

Der Brunnen **PG41005012** befindet sich südlich von Kristein nahe des Kristeiner Baches. Die $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur (Tabelle 35, Abbildung 29) entspricht in etwa jener des Kristeiner Baches, so dass an dieser Messstelle in Betracht zu ziehen ist, dass der Kristeiner Bach mit zur Grundwasserneubildung beiträgt. Die Messstelle erfasst Grundwasser mit einem mittleren Sauerstoffgehalt (6,5 mg/l) und einer mittleren Mineralisierung (765 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Tritiogenes Helium-3 wurde im Grundwasser der Messstelle nicht nachgewiesen. Die mittlere Verweilzeit wird der Kategorie < 5 Jahre zugeordnet.

Im Augebiet nördlich von Enns ist der Brunnen **PG41005082** lokalisiert, dessen Wasser durch einen niedrigen Sauerstoffgehalt (3,3 mg/l), eine vergleichsweise niedrige mittlere Temperatur (10,7 °C), die jedoch einen ausgeprägten Jahresgang aufweist, und eine starke Saisonalität der Sauerstoff-18-Werte (Tabelle 35) gekennzeichnet ist. Für das Grundwasser wurde eine mittlere Verweilzeit < 5 Jahre berechnet.

Der Brunnen **PG41005072** am nördlichen Stadtrand von Enns erfasst höher mineralisiertes Wasser (960 $\mu\text{S}/\text{cm}$) mit einem Sauerstoffgehalt von 6,5 mg/l. Auffällig sind die vergleichsweise hohen Natrium- und Chloridkonzentrationen von derzeit 37 bzw. 88 mg/l. Hier liegt möglicherweise eine Beeinflussung durch Straßenabwässer der im Einzugsgebiet der Messstelle gelegenen Bundesstraße vor. Ausgehend von den Isotopenanalysen und den hydrochemischen Daten ist eine nennenswerte Beeinflussung des Grundwassers durch die Enns auszuschließen. Die mittlere Verweilzeit wird der Kategorie < 5 Jahre zugeordnet.

Tabelle 35: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG41005012, PG41005082, PG41005072 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG41005012 | PG41005082 | PG41005072 |
|---------------------------------------|----------|------------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -10,00 | -9,68 | -9,70 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 1,5 | 5,8 | 2,8 |

| Parameter | Einheit | PG41005012 | PG41005082 | PG41005072 |
|--|---------|------------|------------|------------|
| ³ H ₃ . Quartal 2019 | TE | 5,6 | 6,2 | 6,6 |
| ³ H ₁ . Quartal 2020 | TE | 5,6 | - | 6,1 |
| ³ He _{trit} | TE | 0,5 | 0,5 | 0,9 |
| ⁴ He _{radio} | Nml/kg | 8,84E-06 | 1,76E-06 | 9,55E-06 |
| ΔNe | % | 13,9 | 5,6 | 8,1 |

Quelle: Umweltbundesamt

5.2.5.7 Heilham (Zusatzuntersuchungen)

Die im Bereich Heilham zusätzlich untersuchten Messstellen weisen mittlere Verweilzeiten in den Kategorien < 5, 5–10 und 11–25 Jahre auf.

Tabelle 36: Mittlere Verweilzeitkategorien der zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Bereich Heilham und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Br1 | Br2 | Br3 | C02 | P4/1 | C07 | C17 | 110 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 | < 5 | 5–10 | 11–25 | 11–25 | 5–10 | < 5 |
| δ¹⁸O_{Mittel} | ‰ V-SMOW | -10,40 | -10,66 | -10,32 | -10,43 | -10,20 | -10,22 | -10,15 | -10,44 |
| VarK δ¹⁸O | % | 0,26 | 0,41 | 0,22 | 1,24 | 0,29 | 0,27 | 0,32 | 1,02 |
| ³ H ₃ . Quartal 2019 | TE | 6,5 | 7 | 6,3 | 6,6 | 6,4 | 5,9 | 5,3 | 6,8 |
| ³ H ₁ . Quartal 2020 | TE | 6,7 | 7,6 | 5,5 | 5,8 | 5,5 | 5,9 | 5,1 | 7,1 |
| ³ He _{trit} | TE | 1,5 | 1,0 | 1,8 | 2,5 | 5,5 | 4,8 | 2,9 | 0 |
| ⁴ He _{radio} | Nml/kg | 9,98E-06 | 7,35E-06 | 3,61E-06 | 2,82E-06 | 7,36E-06 | 1,89E-05 | 1,18E-05 | 1,26E-07 |
| ΔNe | % | 5,0 | 17,0 | 8,3 | 5,9 | 6,6 | 6,9 | 2,0 | 7,6 |

Quelle: Umweltbundesamt

5.2.5.8 Plesching (Zusatzuntersuchungen)

Die im Bereich Plesching zusätzlich untersuchten Messstellen weisen durchwegs mittlere Verweilzeiten in der Kategorie < 5 Jahre auf.

Tabelle 37: Mittlere Verweilzeitkategorien der zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Bereich Plesching und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | 44 | 49 | 108 | 117 | Vtr3 | Vtr6 | Donau |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -10,45 | -10,58 | -10,73 | -6,11 | -11,06 | -10,06 | -11,40 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 0,87 | 1,86 | 0,64 | 4,02 | 1,09 | 6,78 | 296 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 8,5 | 9,2 | 8,7 | 8 | 8,3 | 8,0 | 7,7 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 9,1 | 9,3 | 7,9 | 7,6 | 7,8 | 8,7 | 6,8 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 1,5 | 1,1 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 4,97E-06 | 9,43E-06 | 7,06E-06 | 6,51E-07 | 8,86E-06 | 5,90E-06 | 2,1E-06 |
| ΔNe | % | 6,6 | 9,3 | 10,1 | 11,4 | 10,1 | 4,9 | -2,7 |

Quelle: Umweltbundesamt

5.3 Diskussion

Der Grundwasserkörper Linzer Becken, auch als Linzer Feld bezeichnet, erstreckt sich beidseitig entlang der Donau von Urfahr bis Mauthausen und bildet einen Teilabschnitt des oberösterreichischen Donautals. Im Norden grenzt das Kristallin der Böhmisches Masse, im Süden die Welser Heide, das Untere Ennstal sowie die Grundwasserkörpergruppe Zwischen Krems und Moosbachl an den Grundwasserkörper Linzer Becken. Der Grundwasserleiter besteht aus würmzeitlichen Niederterrassenschottern und Schottern und Sanden der Austufe. Tertiäre Tonmergel (Schlier) bilden den Grundwasserstauer. Im Mittel sind die grundwasserführenden Schotter etwa 9 m mächtig, mit stellenweise bis zu 24 m. Der mittlere Flurabstand liegt bei 5 m. Deckschichten sind vor allem im Bereich der Austufe aus Ausand

bzw. Aulehm ausgebildet, auch die Niederterrassen weisen bereichsweise Deckschichten aus Hochflutlehmen und -sandem oder Schwemmlahmen auf.

Die Grundwasserneubildung erfolgt im Grundwasserkörper Linzer Becken im Wesentlichen über randliche Zuflüsse aus der Welser Heide sowie aus Donauuferfiltrat. Niederschlagsversickerung spielt für die Grundwasserbilanz nur eine untergeordnete Rolle. Umgelegt auf die Gesamtfläche des Grundwasserkörpers wird von einer mittleren Grundwasserneubildung von ca. 255 mm/a ausgegangen. Die direkte Kommunikation des Grundwassers mit der Donau ist über weite Strecken (Winterhafen bis Traunmündung) mittels Dichtwänden unterbunden, allerdings wird beispielsweise die Pleschinger Au durch ein stromaufwärts gelegenes Fenster in der linksufrigen Dichtwand mit Donauwasser angereichert.

Hinsichtlich der beobachteten Beimischung von radiogenem Helium-4 bieten tektonische Störungssysteme wie die Haselgraben- oder Gallneukirchen-Störung, die das Linzer Becken durchziehen, entsprechende Wegigkeiten für den Aufstieg von Gasen und tief zirkulierenden Grundwässern. Granite der angrenzenden Böhmisches Masse und Kontakt mit Tiefen Grundwässern sind theoretisch weitere mögliche Ursachen für das Auffinden von radiogenem Helium in den untersuchten Grundwasserproben.

Generell sind die untersuchten Grundwässer im Grundwasserkörper Linzer Becken aufgrund der aus den günstigen klimatischen Bedingungen resultierenden Grundwasserneubildungsraten sowie den gut durchlässigen Untergrundverhältnissen durch tendenziell niedrige mittlere Verweilzeiten gekennzeichnet.

13 der 14 untersuchten GZÜV-Grundwassermessstellen weisen mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf. Eine der Messstellen fällt in die MVZ-Kategorie 5–10 Jahre. Auch von den zusätzlich untersuchten 14 Grundwassermessstellen eines Wasserversorgers weisen zehn mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf. Zwei der Messstellen fallen in die MVZ-Kategorie 5–10 Jahre, zwei weitere zeigen mittlere Verweilzeiten im Bereich von 11–25 Jahren zu den Grundwasserverhältnissen zum Zeitpunkt der Probenahme.

Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen im Linzer Becken als charakteristisch für einen flussbegleitenden Porengrundwasserkörper mit überwiegend kürzeren mittleren Verweilzeiten beschreiben. Es kann deshalb erwartet werden, dass etwaige Maßnahmen mit Auswirkungen auf den chemischen Zustand des Grundwasserkörpers Linzer Becken – so sie von der Verweilzeit des Grundwassers allein abhängen – relativ schnell wirksam werden.

Der Grundwasserkörper Linzer Becken ist qualitativ und quantitativ in einem guten Zustand.
Ein Risiko der Zielverfehlung besteht derzeit nicht (BMLRT, 2021).

6 Pinkatal [LRR]

6.1 Überblick

Der oberflächennahe Porengrundwasserkörper Pinkatal gliedert sich wasserwirtschaftlich in zwei Abschnitte. Das obere Pinkatal beginnt in der steirischen Friedberg-Pinkafelder Bucht und verläuft südöstlich durch den Oberwarter Bezirk bis zum Durchbruch durch den Eisenberg. Das untere Pinkatal beginnt nach dem Durchbruch durch den Eisenberg zunächst in Ungarn und verläuft abwechselnd grenzüberschreitend bis südlich von Moschendorf, wo die Pinka endgültig das österreichische Staatsgebiet verlässt. Das Pinkatal ist landwirtschaftlich geprägt.

Die Pinka entspringt in der Steiermark am südöstlichen Hang des Wechsels, überquert nördlich von Pinkafeld die Grenze zum Burgenland und durchfließt das Burgenland in südöstlicher Richtung. Im weiteren Verlauf wechselt die Pinka einige Male zwischen österreichischem und ungarischem Staatsgebiet, bis sie bei Körmend in die Raab mündet.

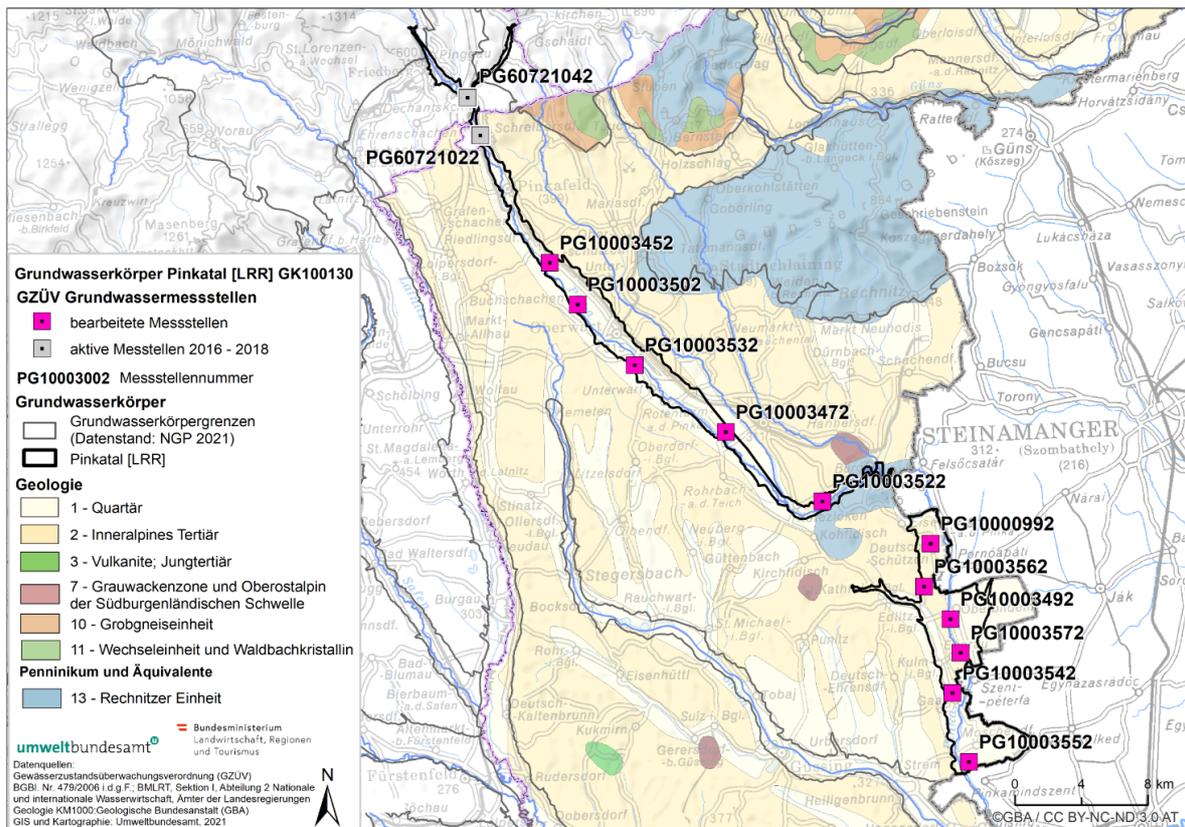


Ufersaum der Pinka, © Harald Loishandl-Weisz/Umweltbundesamt

Der Grundwasserleiter wird überwiegend aus Sand-Kies-Körpern und Sedimenten des mäandrierenden Flusses aufgebaut, die quartären Ursprungs sind. Von untergeordneter Bedeutung ist siltiger und schluffiger Sand. Grundwasserstauend wirken über weite Strecken

die mergelig-tonigen Serien des Oberen Pannoniums. Deckschichten heterogener lithologischer Zusammensetzung und geringer Durchlässigkeit mit lokal variierenden Mächtigkeiten zwischen 0 und 6 m bedecken mehr als 75 % der Fläche des Grundwasserkörpers. Der Grundwasserflurabstand beträgt zumeist nur 1–5 m.

Abbildung 39: Übersichtskarte Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen.



Quelle: GZÜV; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt
 GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

Die Grundwasserneubildung erfolgt im oberen Pinkatal durch Grundwasserzustrom aus den kristallinen Einzugsgebieten des südlichen Wechsels sowie im weiteren Talverlauf durch Versickerung von Oberflächenwasser der Pinka und dem resultierenden Grundwasserbegleitstrom, in geringfügigem Anteil auch durch Versickerung von Niederschlägen. In Teilbereichen des Pinkatales stehen oberflächennahe Grundwasserbereiche mit gespannten bzw. (ehemals) artesischen Tiefengrundwässern in Verbindung (Hacker und Kollmann, 1981).

Rund 78 % der Fläche des Grundwasserkörpers Pinkatal werden landwirtschaftlich genutzt. Der Anteil der bebauten Flächen beträgt ca. 17 %. Wälder bedecken etwa 4 % der Fläche. Eine potentielle Beeinträchtigung des Grundwassers im Pinkatal geht insbesondere von Wasserentnahmen, landwirtschaftlicher Nutzung und Deponien aus.

Insgesamt elf GZÜV-Grundwassermessstellen im burgenländischen Anteil des Grundwasserkörpers Pinkatal wurden hinsichtlich der mittleren Verweilzeiten des Grundwassers untersucht (Abbildung 39). Tabelle 38 fasst die verfügbaren Angaben zum Ausbau der Messstellen, zur Landnutzung sowie zur Geologie im Einzugsgebiet zusammen.

Tabelle 38: Messstellentyp und -teufe sowie Landnutzung und geologische Klasse der beprobten Messstellen im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR].

| GZÜV-ID | Messstellen- typ | Teufe (m u. GOK) | Filterstrecke von – bis (m u. GOK) | Landnutzung an der Messstelle | Geologische Klasse |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|--|-------------------------------|
| PG10000992 | Sonde | 8,5 | 4,5–7,5 | städtisch geprägt | Quartäre Sedimente – C06 |
| PG10003452 | Sonde | 10,0 | 3,0–8,0 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C06 |
| PG10003472 | Sonde | 8,3 | 3,3–7,3 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C06 |
| PG10003492 | Sonde | 7,3 | 2,3–6,3 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C06 |
| PG10003502 | Sonde | 8,3 | 2,3–6,3 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C06 |
| PG10003522 | Sonde | 8,3 | 2,3–7,3 | Ackerland | Tertiäre Sedimente – B08 |
| PG10003532 | Sonde | 8,3 | 2,3–7,3 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C06 |
| PG10003542 | Sonde | 9,3 | 3,3–8,3 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C06 |
| PG10003552 | Sonde | 7,3 | 2,3–6,3 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C06 |
| PG10003562 | Sonde | 8,3 | 2,3–7,3 | Ackerland | Quartäre Sedimente – C06 |

| GZÜV-ID | Messstellen- typ | Teufe (m u. GOK) | Filterstrecke von – bis (m u. GOK) | Landnutzung an der Messstelle | Geologische Klasse |
|------------|---------------------|---------------------|--|----------------------------------|-----------------------------|
| PG10003572 | Sonde | 4,9 | 4,5–4,9 | Städtisch geprägt | Quartäre Sedimente – C06 |

Anmerkungen:

GOK ... Geländeoberkante

Tertiäre Sedimente – B08: Pannonium bis Romanium

Quartäre Sedimente – C06: lokale Talfüllungen, Schwemmkegel und Terrassen auf Sedimenten des Neogens

Quelle: GZÜV; Amt der burgenländischen Landesregierung; CORINE Landcover (2018); BMNT (2018)

Eine detaillierte Beschreibung des Grundwasserkörpers ist im Anhang enthalten.

6.2 Untersuchungsergebnisse

6.2.1 Vor-Ort-Parameter

Tabelle 39 zeigt die Jahresmittelwerte der Vor-Ort-Parameter für die untersuchten Messstellen des Grundwasserkörpers Pinkatal im Jahr 2019. Die mittlere Wassertemperatur aller beprobten Messstellen variiert in einem Bereich von ~12 °C bis ~14 °C. Eine Ausnahme stellt PG10003572 in der Gemeinde Eberau mit ~15 °C im Jahresmittel dar.

Für den Großteil der Messstellen ist im Jahresmittel eine elektrische Leitfähigkeit zwischen ~300 und ~600 µS/cm zu verzeichnen, ausgenommen PG10003542 in Eberau mit 878 µS/cm. Die geringste elektrische Leitfähigkeit liegt bei PG10003502 in der Gemeinde Oberwart mit 267 µS/cm vor.

Der Sauerstoffgehalt des Grundwassers liegt beim Großteil der Messstellen im Mittel < 0,5 mg/l. Etwas höhere mittlere Sauerstoffgehalte sind für PG10003452 (4,5 mg/l) und PG10003532 (5,3 mg/l) zu verzeichnen. Die sauerstoffarmen Bedingungen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die gebietsweise gespannten Grundwasserbedingungen und wenig durchlässigen Deckschichten zurückzuführen. Die Böden im Grundwasserkörper Pinkatal sind häufig als Gley, Pseudogley oder Auböden ausgebildet. Die Durchlässigkeitsbeiwerte für den Grundwasserleiter liegen bei 10^{-3} bis 10^{-5} m/s. Aus den Bohrprofilen der Grundwas-

sermessstellen ist ersichtlich, dass neben Kiesen häufig auch schluffiges Material als Bindemittel vorhanden ist, also die Durchlässigkeit herabgesetzt wird. Insgesamt ist der Untergrund also häufig durch stagnierende Bedingungen gekennzeichnet.

Tabelle 39: Vor-Ort-Parameter der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] im Jahr 2019.

| GZÜV-ID | T (°C) | | pH | | EC (µS/cm) | | O ₂ (mg/l) | |
|------------|--------|-----|-----|-----|------------|------|-----------------------|------|
| | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ | MW | ± σ |
| PG10000992 | 12,6 | 1,4 | 6,7 | 0,0 | 575 | 7,2 | 0,4 | 0,1 |
| PG10003452 | 12,6 | 1,7 | 6,0 | 0,1 | 330 | 11,0 | 4,5 | 1,0 |
| PG10003472 | 12,3 | 1,1 | 6,0 | 0,1 | 310 | 1,2 | 1,4 | 1,2 |
| PG10003492 | 13,7 | 1,7 | 6,5 | 0,1 | 501 | 7,5 | 0,3 | 0,1 |
| PG10003502 | 13,1 | 1,5 | 6,2 | 0,0 | 267 | 6,7 | 0,4 | 0,05 |
| PG10003522 | 12,4 | 1,2 | 6,9 | 0,1 | 531 | 1,7 | 0,3 | 0,1 |
| PG10003532 | 13,2 | 1,6 | 6,4 | 0,1 | 468 | 13,0 | 5,3 | 0,4 |
| PG10003542 | 12,9 | 1,2 | 6,7 | 0,0 | 878 | 19,6 | 0,2 | 0,1 |
| PG10003552 | 14,1 | 1,4 | 6,5 | 0,1 | 345 | 2,0 | <0,2 | - |
| PG10003562 | 12,9 | 1,5 | 6,4 | 0,1 | 453 | 2,5 | 0,3 | 0,1 |
| PG10003572 | 15,0 | 0,9 | 6,9 | 0,1 | 503 | 10,7 | 0,3 | 0,2 |

Anmerkungen:

T ... Temperatur, pH ... pH-Wert, EC ... elektrische Leitfähigkeit (bei 20 °C), O₂ ... Sauerstoffgehalt

Quelle: GZÜV

Auswertung: Umweltbundesamt

Der mittlere pH-Wert des Grundwassers liegt für alle beprobten Messstellen zwischen 6,0 und 6,9. Die erhobenen pH-Werte im leicht sauren Bereich werden durch ein ausgeprägtes Kalk-Kohlensäure-Ungleichgewicht mit überschüssiger Kohlensäure bedingt. Dessen Ursache liegt im petrographischen Aufbau des quartären Sand-Kies-Körpers, der vorwiegend Kristallin- und Quarzkomponenten umfasst, und dem Huminsäureangebot saurer Wiesen begründet. Zudem bedingt der petrographische Aufbau der quartären Sedimente einen

Mangel an gelösten Ionen der Erdalkalimetalle, so dass das Grundwasser keine ausreichende Pufferwirkung gegenüber dem anfallenden Säureüberschuss aufweist (GBA, 1984).

6.2.2 Hauptionen

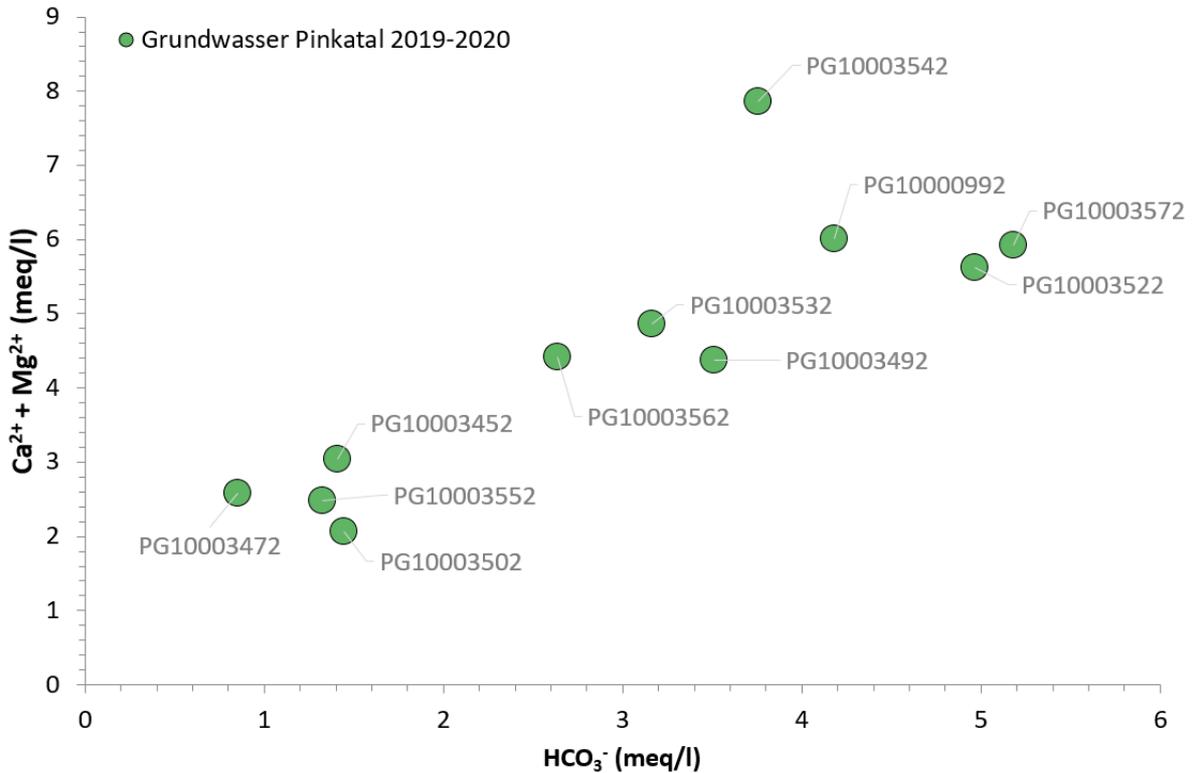
Die mittleren Konzentrationen der Hauptionen in den untersuchten Grundwasserproben im Grundwasserkörper Pinkatal im Jahr 2019 sowie die hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer können Tabelle 40 bzw. Abbildung 40 entnommen werden.

Die untersuchten Grundwasserproben im Pinkatal zeigen eine gewisse Bandbreite hinsichtlich der erhobenen Grundwassertypen. Zehn der elf Messstellen lassen sich grundsätzlich als „Normal erdalkalische Wasser“ charakterisieren, mit Calcium und Magnesium als dominierende Kationen. Die variierenden Anteile der Anionen bewirken eine größere Streuung und die Zuordnung zu folgenden Untertypen:

- „überwiegend hydrogenkarbonatisch“: PG10003572, PG10003522, PG10000992 sowie PG10003532
- „hydrogenkarbonatisch-sulfatisch“: PG10003562, PG10003552, PG10003502, PG10003452
- „überwiegend sulfatisch“: PG10003472

Eine Ausnahme bildet die Grundwassermessstelle PG10003492 in der Gemeinde Bildein, deren Wasser dem Grundwassertyp „Erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt – überwiegend hydrogenkarbonatisch“ zuzuordnen ist. Hauptinhaltsstoff bei den Anionen ist das Hydrogenkarbonat, bei den Kationen dominieren die Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium. Die Grundwasserprobe ist durch eine auffällig hohe mittlere Konzentration für Kalium (28,3 mg/l) gekennzeichnet (Tabelle 40). Tendenziell weisen die untersuchten Grundwassermessstellen im oberen Pinkatal bis Jabing (PG10003452, PG100003502, PG100003472) etwas geringere Aufhärtungen auf als die weiter südlich gelegenen Grundwassermessstellen. Eine Ausnahme bildet PG100003552 bei Moschendorf im südlichsten Bereich des Pinkatales mit ebenfalls geringen Calcium- und Magnesiumkonzentrationen (Abbildung 40, Übersichtskarte Abbildung 39).

Abbildung 40: Hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] – Äquivalentsumme der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium in Gegenüberstellung zur Äquivalentkonzentration von Hydrogenkarbonat.



Quelle: GZÜV

Auswertung: Umweltbundesamt

Tabelle 40: Hauptionen der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] im Jahr 2019.

| GZÜV-ID | Ca | | Mg | | Na | | K | | HCO ₃ | | SO ₄ | | Cl | | NO ₃ | |
|------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------------------|------|-----------------|-----|------|-----|-----------------|-----|
| | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ |
| PG10000992 | 83,0 | 2,6 | 22,7 | 0,6 | 14,3 | 0,6 | 3,1 | 0,4 | 255 | 5,3 | 63,0 | 1,7 | 37,0 | 1,0 | 1,3 | 0,3 |
| PG10003452 | 39,0 | 1,0 | 13,3 | 0,6 | 11,3 | 0,6 | 1,6 | 0,4 | 86 | 15,1 | 48,7 | 5,0 | 37,0 | 1,0 | 2,7 | 0,8 |
| PG10003472 | 32,0 | 0,0 | 12,0 | 0,0 | 9,9 | 0,1 | 1,4 | 0,3 | 52 | 3,5 | 68,7 | 1,2 | 27,0 | 0,0 | 3,9 | 1,4 |
| PG10003492 | 60,7 | 1,2 | 16,3 | 0,6 | 11,0 | 0,0 | 28,3 | 2,1 | 214 | 5,1 | 57,7 | 2,3 | 28,0 | 1,7 | 7,1 | 0,6 |
| PG10003502 | 27,0 | 1,7 | 8,8 | 0,3 | 9,8 | 0,4 | 1,6 | 0,4 | 88 | 6,5 | 14,7 | 1,2 | 36,3 | 0,6 | <0,1 | - |

| GZÜV-ID | Ca | | Mg | | Na | | K | | HCO ₃ | | SO ₄ | | Cl | | NO ₃ | |
|------------|--------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|------------------|------|-----------------|-----|------|-----|-----------------|-----|
| | (mg/l) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ | MW | ±σ |
| PG10003522 | 76,3 | 1,5 | 22,0 | 0,0 | 15,3 | 0,6 | 1,1 | 0,3 | 303 | 10,3 | 28,0 | 1,7 | 28,3 | 2,5 | <0,5 | - |
| PG10003532 | 64,0 | 2,0 | 20,3 | 1,2 | 11,3 | 0,6 | 1,8 | 0,2 | 193 | 2,6 | 50,7 | 2,5 | 30,3 | 2,1 | 9,1 | 0 |
| PG10003542 | 98,7 | 2,5 | 35,7 | 0,6 | 30,3 | 2,9 | <1 | - | 229 | 8,7 | 79,0 | 4,6 | 139 | 5,3 | <0,1 | - |
| PG10003552 | 33,7 | 0,6 | 9,8 | 0,2 | 11,7 | 1,2 | 3,4 | 0,1 | 81 | 10,5 | 59,7 | 1,2 | 18,0 | 0,0 | 0,4 | 0,6 |
| PG10003562 | 55,0 | 1,0 | 20,3 | 0,6 | 14,3 | 0,6 | <1 | - | 161 | 7,0 | 66,3 | 2,5 | 27,7 | 0,6 | 16,0 | 0 |
| PG10003572 | 72,7 | 2,1 | 28,0 | 0,0 | 8,5 | 0,2 | 1,4 | 0,3 | 316 | 8,5 | 38,3 | 0,6 | 5,4 | 0,8 | 5,3 | 2,7 |

Quelle: GZÜV

Auswertung: Umweltbundesamt

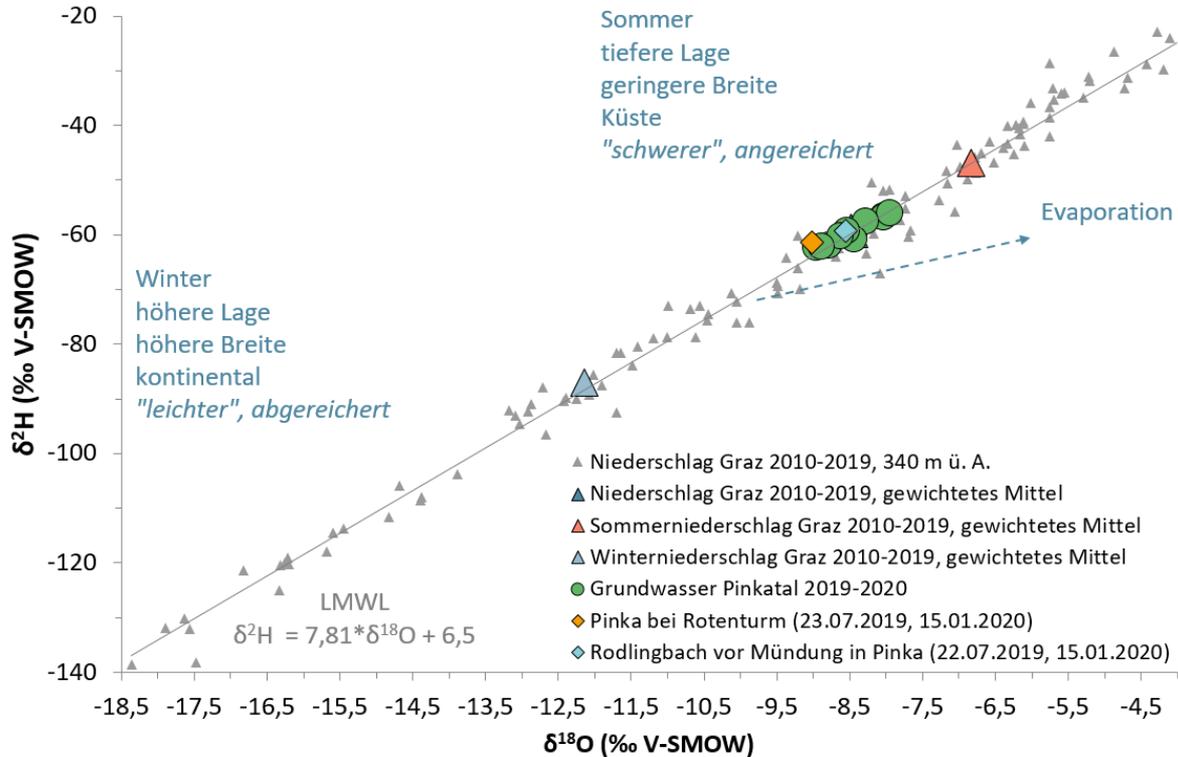
Die Nitratkonzentrationen der untersuchten Grundwassermessstellen liegen im Mittel zwischen 0,4 und 16 mg/l. Bei drei Grundwassermessstellen ist kein Nitrat nachweisbar. Der Schwellenwert von 45 mg/l Nitrat gemäß QZV Chemie GW wird somit nicht überschritten (Tabelle 40). Eine wesentliche Rolle für die generell geringen Nitratkonzentrationen spielen die überwiegend sauerstoffarmen bis sauerstofffreien Verhältnisse im Grundwasser.

6.2.3 Sauerstoff-18 und Deuterium

Die graphische Gegenüberstellung der Deuterium- und Sauerstoff-18-Verhältnisse ($\delta^2\text{H}$ versus $\delta^{18}\text{O}$) im Niederschlag, im Grundwasser und in den Oberflächengewässern (Abbildung 41) erlaubt Rückschlüsse auf Bildungsbedingungen und Mischungsprozesse der lokalen Grundwasservorkommen.

Die Daten der stabilen Isotopen der beprobten Niederschlagswässer in Graz sowie der Grund- und Oberflächengewässerproben im Grundwasserkörper Pinkatal sind in Abbildung 41 sowie in Abbildung 42 dargestellt. Die Sauerstoff-18- und Deuteriumgehalte der untersuchten Porengrundwassermessstellen im Pinkatal gruppieren sich um das langjährige gewichtete Niederschlagsmittel für Graz. Demnach tragen infiltrierende Sommer- und Winterniederschläge gleichermaßen zur Grundwasserneubildung bei.

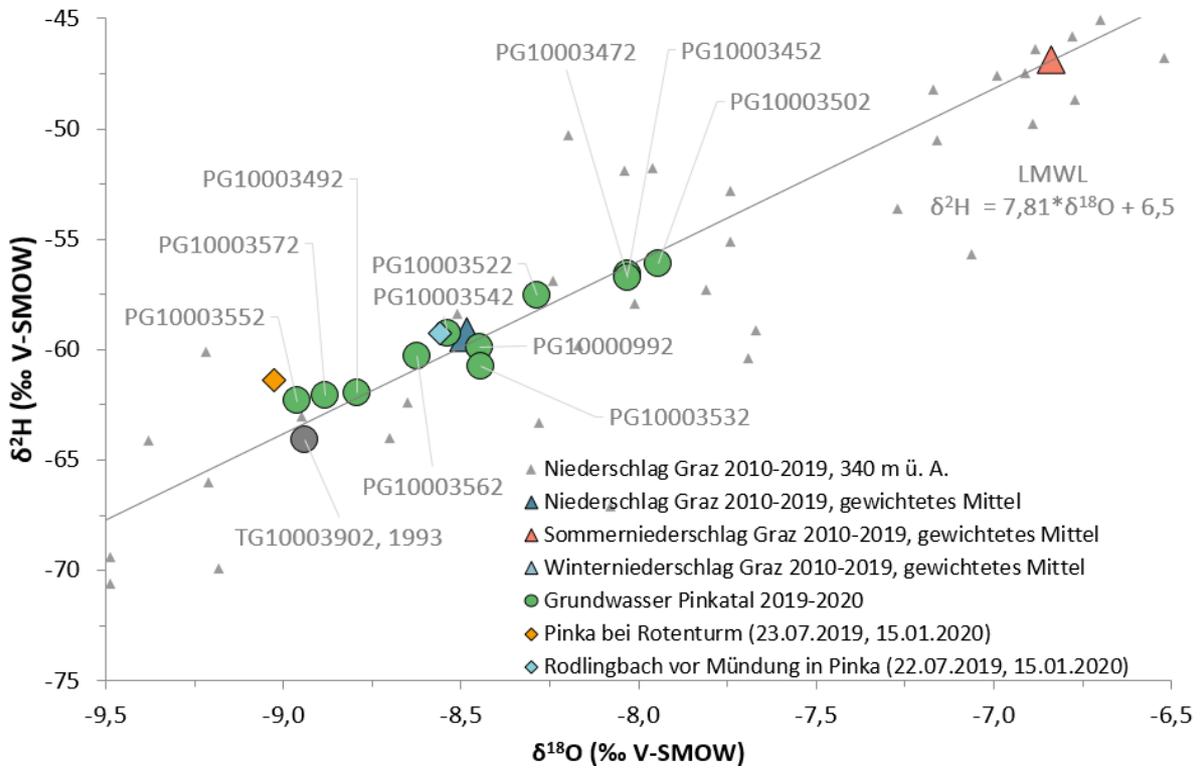
Abbildung 41: Mittelwerte der Deuterium- ($\delta^2\text{H}$)- und Sauerstoff-18- ($\delta^{18}\text{O}$)-Verhältnisse des Grundwassers bei den ausgewählten Messstellen des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR] im Vergleich zu Pinka und Rodlingbach sowie dem Niederschlag in Graz (2010–2019).



Quelle: Umweltbundesamt

Vergleichsweise „leichte“, d. h. abgereicherte, mittlere Sauerstoff-18- und Deuterium-Werte sind für drei Messstellen im unteren Pinkatal zu verzeichnen (Abbildung 42): PG10003492 nahe Unterbildein ($-8,79 \text{ ‰ } \delta^{18}\text{O}$ und $-61,97 \text{ ‰ } \delta^2\text{H}$), PG10003552 nahe Moschendorf ($-8,96 \text{ ‰ } \delta^{18}\text{O}$ und $-62,33 \text{ ‰ } \delta^2\text{H}$) sowie PG10003572 in der Gemeinde Eberau ($-8,88 \text{ ‰ } \delta^{18}\text{O}$ und $-62,10 \text{ ‰ } \delta^2\text{H}$). Als Ursache dürfte eine verstärkte Interaktion des seichtliegenden Grundwassers mit der Pinka oder dem Grundwasserbegleitstrom der Pinka anzunehmen sein.

Abbildung 42: Ausschnitt aus dem $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR].



Quelle: Umweltbundesamt

Vergleichsweise „schwere“, d. h. angereicherte, Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte sind für drei Messstellen im oberen Pinkatal zu verzeichnen (Abbildung 42). PG10003452 (-8,03 ‰ $\delta^{18}\text{O}$ und -56,60 ‰ $\delta^2\text{H}$) und PG10003502 (-7,95 ‰ $\delta^{18}\text{O}$ und -56,10 ‰ $\delta^2\text{H}$) im Talabschnitt zwischen Riedlingsdorf und Oberwart sowie PG10003472 (-8,03 ‰ $\delta^{18}\text{O}$ und -56,73 ‰ $\delta^2\text{H}$) bei Jabing. Im Einzugsgebiet von PG10003502 befindet sich zudem ein aus einer Nassbaggerung hervorgegangener Teich, welcher die $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur der Messstelle beeinflussen dürfte.

Ebenfalls dargestellt ist die Isotopensignatur der am Südostrand von Oberwart gelegenen Tiefengrundwassermessstelle TG10003902 aus dem Jahr 1993. Zwischen dem obersten Aquiferniveau dieses Tiefbrunnens und orographisch links der Pinka befindlichen Hausbrunnen im Bereich der Messstelle PG10003532 wurden Beeinflussungen der Grundwasserspiegellagen in Abhängigkeit von den Entnahmemengen im Tiefbrunnen festgestellt (Herlicska, 1997).

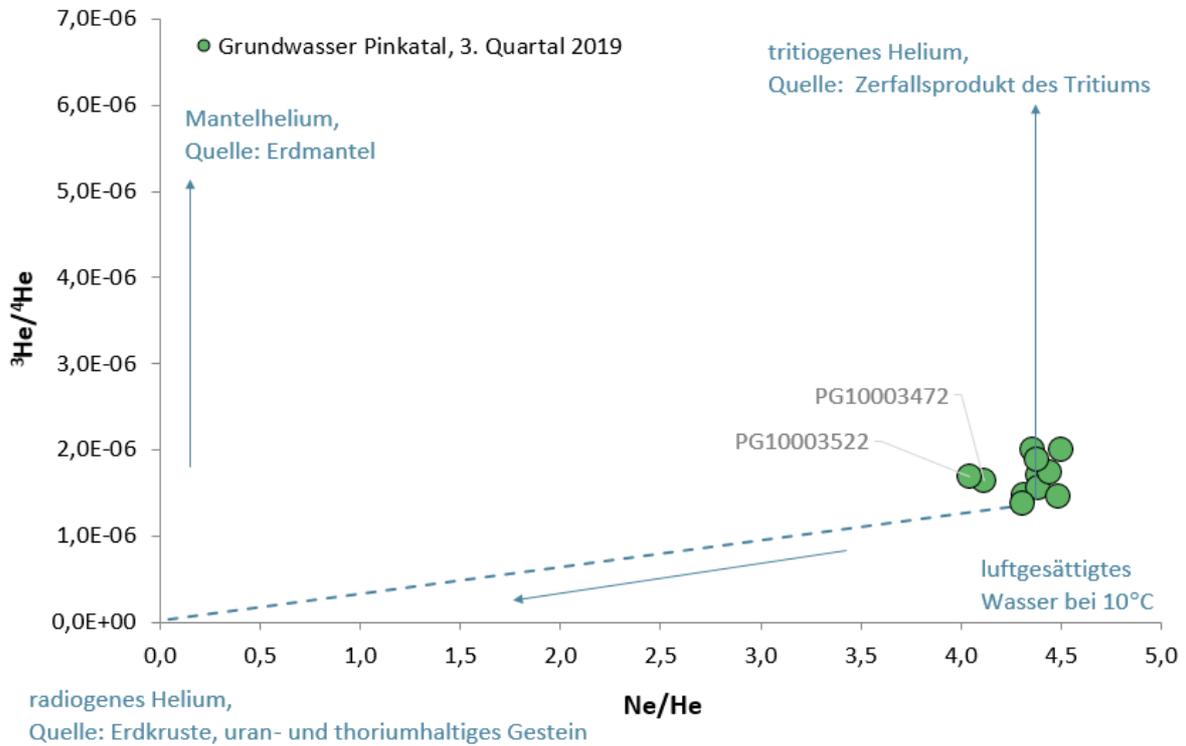
Zusätzlich wurden zwei Fließgewässer beprobt: die Pinka bei Rotenturm sowie der Rodlingbach bei Gaas kurz vor der Mündung in die Pinka. Die Pinka entspringt an der Südostflanke des Niederwechsels auf einer Höhe von knapp 1.500 m ü. A. und durchfließt auf einer Länge von rund 94 km zu einem kleinen Teil die Steiermark und vorwiegend das Burgenland, bevor sie in Ungarn in die Raab mündet. Das im Vergleich zum Pinkatal höher gelegene Einzugsgebiet des Flusses spiegelt sich in der gegenüber den untersuchten Grundwasserproben und dem gewichteten Niederschlagsmittel von Graz abgereicherten Isotopensignatur wider. Der in den Csaterbergen (Tschaterbergen) entspringende Rodlingbach durchfließt über eine Länge von wenigen Kilometern das untere Pinkatal, bevor er in die Pinka mündet. Die entnommenen Proben sind im Vergleich zu den zeitgleich entnommenen Proben der Pinka im Sauerstoff-18 und Deuterium isotopisch angereichert, weisen keine Saisonalität auf und liegen nahe dem gewichteten Niederschlagsmittel von Graz, da das Einzugsgebiet des Rodlingbaches niedriger liegt als jenes der Pinka.

6.2.4 Tritium/Helium-3

Die Gegenüberstellung des Heliumverhältnisses ($^3\text{He}/^4\text{He}$) zum Edelgasverhältnis (Ne/He) in Abbildung 43 erlaubt die Unterscheidung verschiedener Heliumquellen im Grundwasser des Pinkatales wie in Kapitel 2.2.3 erläutert.

Die Grundwassermessstelle PG10003522 bei Badersdorf weist als einzige untersuchte Messstelle im Pinkatal eine Beimischung von radiogenem Helium-4 auf. Darüber hinaus ist sie durch eine kleinere Menge tritiogenes Helium gekennzeichnet. Der Nachweis von radiogenem Helium-4 wird häufig mit dem Auftreten von Störungszonen und/oder tieferer Zirkulation von Grundwasserkomponenten sowie dem Kontakt mit uran- und thoriumhaltigen Gesteinen in Verbindung gebracht. In der geologischen Karte des Burgenlandes 1:200.000 (GBA, 1999) sowie in der multithematischen geologischen Karte von Österreich 1:1.000.000 (GBA, 2021) sind Störungszonen im Bereich des Pinkatales verzeichnet, die dem Steirischen Becken-Teilstörungssystem zugeordnet werden.

Abbildung 43: Heliumkomponenten im Grundwasser - Darstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - versus Ne/He -Verhältnisse von ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR].

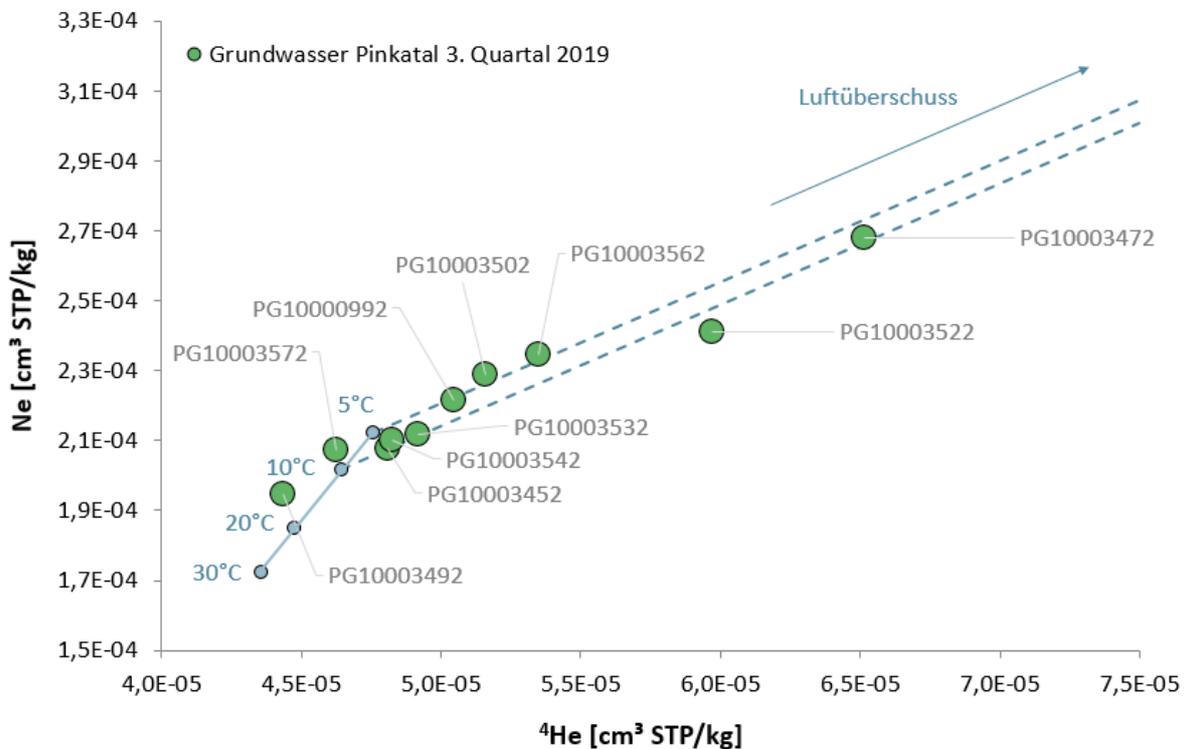


Quelle: Umweltbundesamt

Der überwiegende Teil der Grundwasserproben im Pinkatal ist durch geringfügige Gehalte tritiogenen Heliums gekennzeichnet (Abbildung 43). Die Messstelle PG10003472 zeigt darüber hinaus einen vergleichsweise hohen Luftüberschuss (Abbildung 44).

Höhere Luftüberschüsse in den Grundwasserproben – ersichtlich aus der Darstellung der Helium- und Neon-Konzentrationen in Abbildung 44 – können auf schnelle Reaktionen des Grundwasserspiegels gegenüber Regen- und Hochwasserereignissen hindeuten, bei denen es zum Einschluss von Luftblasen aus der ungesättigten Zone kommt. Im Grundwasserkörper Pinkatal zeigten insbesondere die Grundwasserproben der Messstellen PG10003472 (Jabing) und PG10003522 (Badersdorf) entsprechende Luftüberschüsse.

Abbildung 44: Helium-(⁴He)- und Neon-Konzentrationen in den Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR].



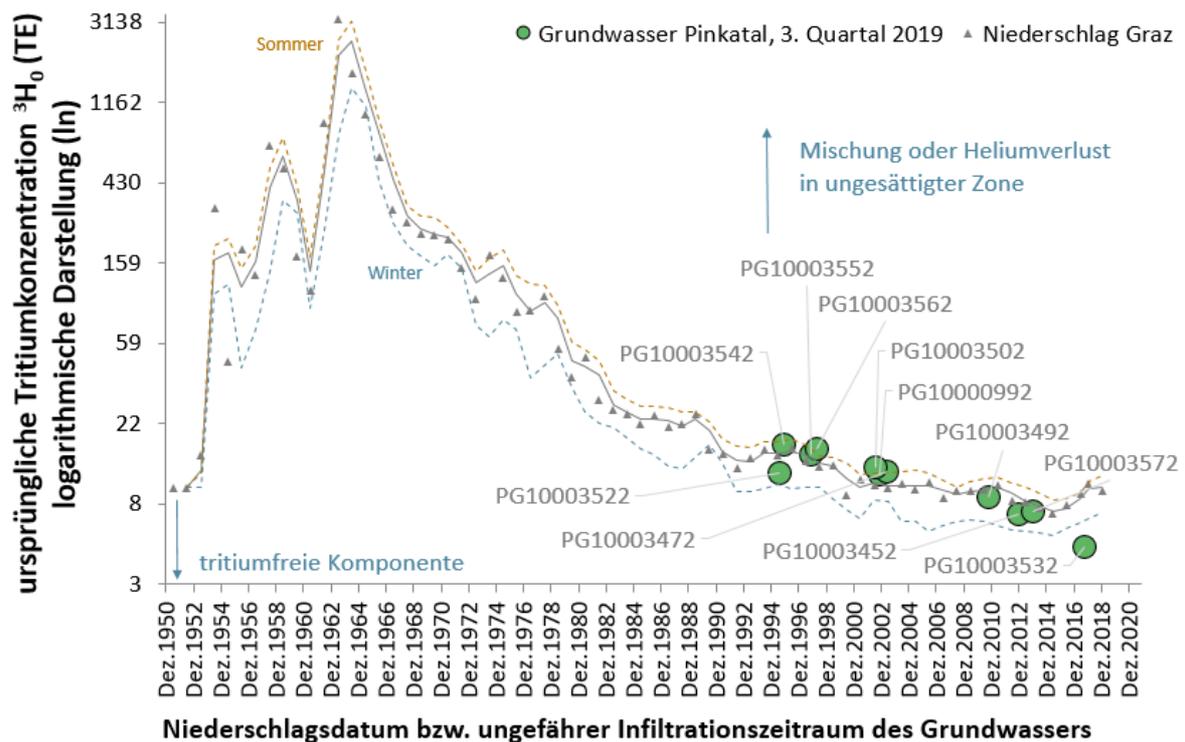
Quelle: Umweltbundesamt

In Abbildung 45 sind die auf Basis der Tritium/Helium-3-Methode berechneten Infiltrationszeitpunkte (Annahme: Piston-Flow-Bedingungen) den ursprünglichen Tritiumkonzentrationen gegenübergestellt. Die ursprünglichen Tritiumkonzentrationen entsprechen dabei der Summe der Tritiumkonzentrationen und dem bereits zerfallenen Tritium in der Probe (= tritiogenes Helium).

Im Wesentlichen reflektieren die Tritiumgehalte der beprobten Grundwässer des Pinkatales die mittlere Isotopenzusammensetzung der lokalen Niederschläge vergangener Jahre und zeigen nur geringfügige Abweichungen zur Tritiumzeitreihe des Niederschlags an der Station Graz (Abbildung 45). Für die Grundwasserprobe von PG10003532 (südöstlich von Oberwart) ist von einem Einfluss tritiumfreier Wässer auszugehen, sie liegt deutlich unter der mittleren langjährigen Tritiumzusammensetzung des Niederschlags. Im Bereich der Grundwassermessstelle PG10003532 besteht ein bekannter Zusammenhang zwischen dem oberen Aquiferniveau der Tiefengrundwasservorkommen und dem seichten Grundwasserleiter. Die Messstelle PG10003522 im Bereich von Badersdorf ist möglicherweise ebenfalls durch einen geringfügigen Anteil einer tritiumfreien Wasserkomponente beeinflusst oder

Winterniederschläge bzw. infiltrierendes Pinkwasser tragen stärker zur Grundwasserneubildung bei.

Abbildung 45: Tritiumkonzentrationen an ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR] im Vergleich zum Niederschlag der Messstation Graz (gewichtete Jahres-, Sommer- und Wintermittel sowie 2-jährige gleitende Mittelwerte).



Quelle: Umweltbundesamt

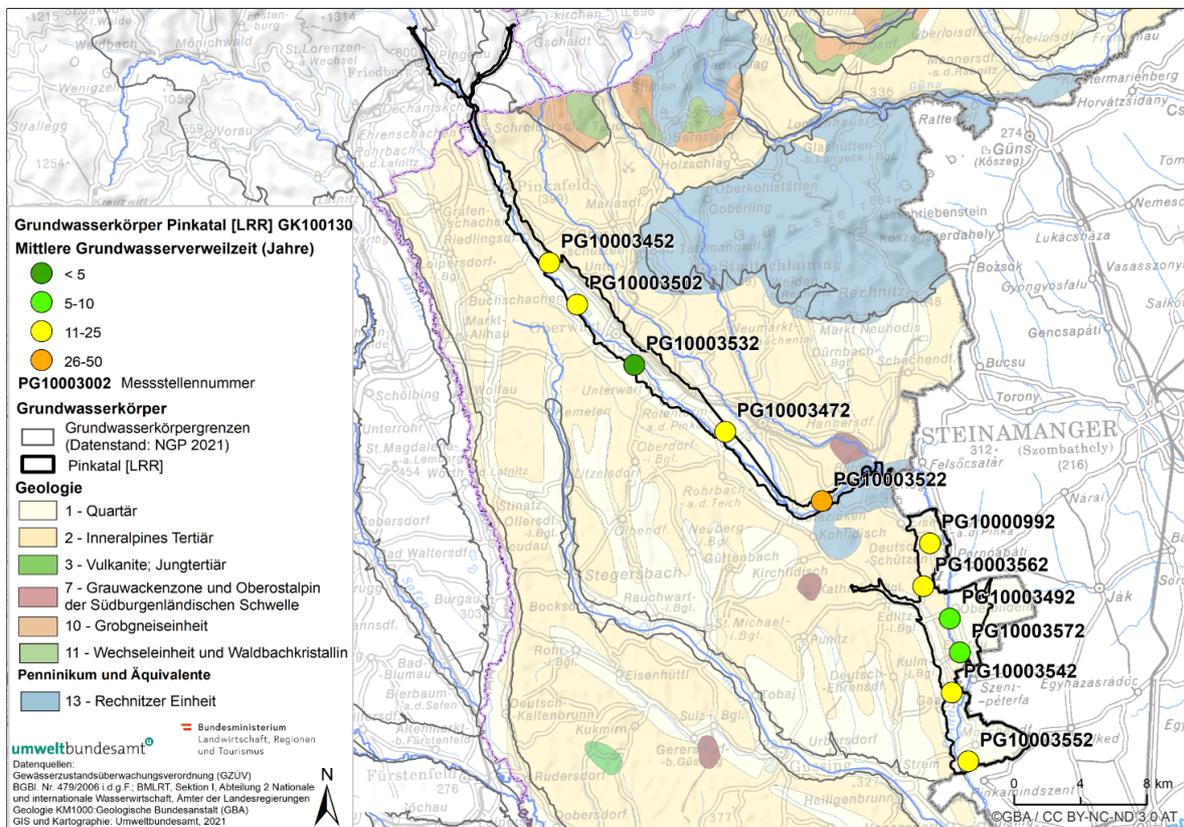
Ein Teil der Grundwasserproben liegt etwas oberhalb der Inputfunktion der ursprünglichen Tritiumgehalte für Graz. Diese Abweichung kann auf Mischungsprozesse entlang des Grundwasserfließweges bzw. den Verlust von Helium aufgrund längerer Verweilzeiten des infiltrierenden Wassers in der ungesättigten Zone zurückzuführen sein.

6.2.5 Mittlere Verweilzeiten

Die Abschätzung der mittleren Verweilzeiten im burgenländischen Anteil des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR] erfolgte – wie in Kapitel 2.2 dargestellt – mittels empirischer Black-

box-Modelle und Zuordnung einer MVZ-Kategorie. Die auf diese Weise ermittelten Verweilzeiten sind in Abbildung 46 dargestellt und nachfolgend messtellenweise erläutert. Die Reihung der Messstellen entspricht dabei der topographischen Lage der Messstellen im Pinkatal, beginnend mit der im Norden des oberen Pinktales lokalisierten Messstelle PG10003452 in der Gemeinde Riedlingsdorf bis zu der im Süden des unteren Pinkatales gelegenen Messstelle PG10003552 auf dem Gemeindegebiet von Moschendorf.

Abbildung 46: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR].



Quelle: Umweltbundesamt; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt

6.2.5.1 Riedlingsdorf

Die im oberen Pinkatal südlich von Riedlingsdorf gelegene Sonde **PG10003452** erfasst Grundwasser mit einer anhand von Blackbox-Modellen abgeschätzten Mittleren Verweilzeit im Bereich von 11–25 Jahren. In den Blackbox-Modellen werden unter Annahme einer

längeren Verweilzeit in der ungesättigten Zone (~5 Jahre) gute Anpassungen erzielt. Die Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte weisen eine geringfügige saisonale Variabilität auf und sind im Vergleich zum Großteil der Grundwasserproben des Pinkatales angereichert. Auffällig sind eine vergleichsweise geringe Mineralisierung (330 $\mu\text{S}/\text{cm}$) des Grundwassers sowie ein mit $\sim 4,5$ mg/l vergleichsweise hoher Sauerstoffgehalt. Radiogene Heliumkomponenten wurde nicht nachgewiesen.

Tabelle 41: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003452 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Wert |
|--|----------|-------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 11–25 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -8,03 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,2 |
| $^3\text{H}_3$. Quartal 2019 | TE | 4,9 |
| $^3\text{H}_1$. Quartal 2020 | TE | 5,4 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 2,2 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 0 |
| ΔNe | % | 6,6 |

Quelle: Umweltbundesamt

6.2.5.2 Oberwart

Die Sonde **PG10003502** – lokalisiert im oberen Pinkatal zwischen Riedlingsdorf und Oberwart – weist die „schwerste“, d. h. am meisten angereicherte, $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur der untersuchten Messstellen des Pinkatales auf. Eine Beeinflussung durch Verdunstungsprozesse eines im Anstrombereich der Messstelle befindlichen Teiches, hervorgegangen aus einer ehemaligen Nassbaggerung, ist anzunehmen. Die elektrische Leitfähigkeit ist mit ~ 267 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auffällig gering. Die Messstelle fällt in die MVZ-Kategorie 11–25 Jahre, mit tendenziell jüngeren MVZ in dieser Kategorie.

PG10003532 ist eine im oberen Pinkatal zwischen Ober- und Unterwart gelegene Sonde. Die $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur ist durch eine starke Saisonalität geprägt und liegt unterhalb Niederschlagsgeraden für Graz. Hinsichtlich der Tritiumgehalte liegt die Messstelle unterhalb der rekonstruierten Tritiumzeitreihe des Niederschlags in Graz. Ein verstärkter Einfluss infiltrierender Winterniederschläge oder tritiumfreier Grundwasserkomponenten aus gespannten/artesischen Wässern kann zu dieser Abweichung führen. Der Sauerstoffgehalt ist mit $\sim 5,3$ mg/l vergleichsweise hoch. Die Untersuchungsergebnisse deuten auf vorwiegend niederschlagsgespeiste Grundwasserneubildung und einen hohen Anteil einer rezenten, sehr jungen Grundwasserkomponente. Tritogenes Helium wurde in der Grundwasserprobe nicht gemessen. Gleichzeitig ist in diesem Bereich die Beimischung tritiumfreier Tiefengrundwässer möglich (siehe Kapitel 6.2.4). In der Modellrechnung lässt sich eine gute Anpassung der Tritium-Helium-Daten an den Tritiuminput des Niederschlags nur unter Annahme der Beimischung einer tritiumfreien Komponente, einer längeren Verweilzeit in der ungesättigten Zone (~ 6 – 12 Jahre) oder der Annahme einer extrem kurzen mittleren Verweilzeit erreichen. Aufgrund der Sauerstoffkonzentrationen und des fehlenden tritogenen Heliums wurde eine kurze mittlere Verweilzeit für am plausibelsten angesehen.

Tabelle 42: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG10003502 und PG10003532 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG10003502 | PG10003532 |
|--|----------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 11–25 | < 5 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -7,95 | -8,4 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 2,5 | 4,9 |
| $^3\text{H}_{3, \text{Quartal 2019}}$ | TE | 4,9 | 4,3 |
| $^3\text{H}_{1, \text{Quartal 2020}}$ | TE | 6,0 | 4,5 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 7,9 | 0 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 0 | 0 |
| ΔNe | % | 17,4 | 8,3 |

Quelle: Umweltbundesamt

6.2.5.3 Jabing

Die nahe Jabing im oberen Pinkatal gelegene Sonde **PG10003472** erfasst gering mineralisiertes (elektrische Leitfähigkeit $\sim 310 \mu\text{S}/\text{cm}$), sauerstoffarmes (1,4 mg/l) Grundwasser und ist durch vergleichsweise „schwere“ $\delta^{18}\text{O}$ -Werte gekennzeichnet. Das Grundwasser weist einen hohen Luftüberschuss auf ($\Delta\text{Ne} = 37\%$) – ein Hinweis auf schnelle Reaktionen des Grundwasserspiegels. Die Variabilität der stabilen Isotope indiziert die Beimischung einer jungen Komponente, den dominierenden Anteil in der Altersverteilung bilden jedoch ältere Grundwasserkomponenten, wie auch die tritiogenen Heliumkonzentrationen (Tabelle 43) zeigen. Die mittlere Verweilzeit des Grundwassers der Messstelle fällt in die Kategorie 11–25 Jahre.

Tabelle 43: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003472 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Wert |
|--|----------|-------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 11–25 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -8,0 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 4,0 |
| $^3\text{H}_{3. \text{Quartal } 2019}$ | TE | 4,9 |
| $^3\text{H}_{1. \text{Quartal } 2020}$ | TE | 4,6 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 7,3 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 0 |
| ΔNe | % | 36,8 |

Quelle: Umweltbundesamt

6.2.5.4 Badersdorf

Zwischen Kohfidisch und Burg, wo in Gestalt der Csaterberge (Tschaterberge) und des Eisenbergs die tief liegenden Schichten des Penninikums mit der Rechnitzer Einheit am Rande des Pinkatales zu Tage treten, ist in der Gemeinde Badersdorf die Sonde **PG10003522** loka-

lisiert. Die vorrangig aus Serpentin und Grünschiefer (GBA, 1999) bestehende schwer erodierbare Gesteinsgesellschaft des Grundgebirges stellt eine Schwelle im Talverlauf dar und bedingt in diesem Bereich eine markante Richtungsänderung des Pinkalaufes nach Nordost sowie Veränderungen in der Grundwasserführung des Pinkatales. Das Grundwasser dieser Messstelle ist sowohl durch die Beimischung einer tritiumfreien Komponente (Abbildung 45) als auch von radiogenen Helium-4 (Abbildung 43) gekennzeichnet. Das nachgewiesene radiogene Helium-4 ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf westlich der Messstelle gelegene, in Verbindung mit Teilstörungssystemen des Steirischen Beckens (GBA, 1999) stehende Gas- und Wasserwegigkeiten zurückzuführen. Anzunehmen ist, dass in diesem Abschnitt des Pinkatales aufgrund der oben beschriebenen besonderen geologischen Rahmenbedingungen sowie dem teilweisen Fehlen der als Stauer für die flurnahen Aquifere fungierenden neogenen Sedimente (NANUTIWA, 2005) ein Aufstieg von tiefer zirkulierenden Grundwässern erfolgt, die dem seichtliegenden Grundwasser beimischen. Die $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur ist gegenüber dem gewichteten Mittel des Niederschlags in Graz angereichert (Abbildung 42) und weist keine saisonale Variabilität auf. Die mittlere Verweilzeit des Grundwassers liegt im Bereich 26–50 Jahre mit tendenziell jüngeren MVZ in dieser Alterskategorie.

Tabelle 44: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003522 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Wert |
|--|----------|---------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 26–50 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -8,3 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 1,4 |
| $^3\text{H}_3$, Quartal 2019 | TE | 3,1 |
| $^3\text{H}_1$, Quartal 2020 | TE | 4,3 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 8,9 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 1,6E-06 |
| ΔNe | % | 22,9 |

Quelle: Umweltbundesamt

6.2.5.5 Deutsch-Schützen – Eisenberg

PG10000992 in der Gemeinde Deutsch-Schützen ist die nördlichste beprobte Messstelle des unteren Pinkatales, nachdem die Pinka nach dem Durchbruch durch den Eisenberg wieder auf österreichisches Staatsgebiet eintritt. Die Sonde erfasst nahezu sauerstofffreies Grundwasser (0,4 mg/l) mit einer mittleren elektrischen Leitfähigkeit von 575 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die saisonal variable $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur liegt im Bereich des gewichteten Jahresmittels des Niederschlags in Graz. Die hydrochemischen Daten und Isotopendaten deuten auf ein Grundwasservorkommen mit mittleren Verweilzeiten im Bereich von 11–25 Jahren hin.

Bei der nördlich von Höll im unteren Pinkatal gelegenen Sonde **PG10003562** ist ausgehend von $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur von Grundwasserneubildung durch lokal versickernde Niederschläge sowie infiltrierendes Wasser der Pinka bzw. ihres Grundwasserbegleitstroms anzunehmen. Die Messstelle erfasst nahezu sauerstofffreies Grundwasser (0,3 mg/l) mit einer mittleren elektrischen Leitfähigkeit von 453 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Auch hier begünstigt der gering durchlässige Untergrund stagnierende Verhältnisse.

Tabelle 45: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG10000992 sowie PG10003562 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG10000992 | PG10003562 |
|--|----------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 11–25 | 11–25 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -8,4 | -8,6 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,3 | 2,5 |
| $^3\text{H}_{3, \text{ Quartal 2019}}$ | TE | 4,6 | 4,9 |
| $^3\text{H}_{1, \text{ Quartal 2020}}$ | TE | 5,4 | 5,2 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 7,1 | 11,3 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 0 | 0 |
| ΔNe | % | 12,5 | 19,1 |

Quelle: Umweltbundesamt

Die mittlere Verweilzeit des Grundwassers fällt in die Kategorie 11–25 Jahre mit tendenziell höheren Verweilzeiten. Die Beimischung einer älteren Grundwasserkomponente wird durch signifikante Mengen tritiogenen Heliums (Tabelle 45) deutlich.

6.2.5.6 Bildein

Das Grundwasser der nahe Bildein im unteren Pinkatal lokalisierten Sonde **PG10003492** wird ausgehend von der $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur stärker durch Wasser der Pinka dotiert und ist durch eine mittlere Verweilzeit im Bereich von 5–10 Jahren gekennzeichnet. Radiogenes Helium wurde an dieser Messstelle nicht nachgewiesen. Die Grundwasserprobe wies in Bezug auf die Edelgase leichte Entgasungseffekte auf. Die Messstelle erfasst nahezu sauerstofffreies Grundwasser (0,3 mg/l) mit einer mittleren elektrischen Leitfähigkeit von 501 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Auffällig ist die hohe mittlere Kaliumkonzentration von 28,3 mg/l, die auf anthropogene Verunreinigungen hinweist und langfristige Schwankungen zeigt.

Tabelle 46: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003492 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Wert |
|--|----------|------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 5–10 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -8,8 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 2,9 |
| $^3\text{H}_{3. \text{Quartal } 2019}$ | TE | 5,4 |
| $^3\text{H}_{1. \text{Quartal } 2020}$ | TE | 5,4 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 3,5 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 0 |
| ΔNe | % | -1,2 |

Quelle: Umweltbundesamt

6.2.5.7 Eberau

Die in der Gemeinde Eberau im unteren Pinktal lokalisierte Sonde **PG10003572** ist maßgeblich durch infiltrierendes Wasser der Pinka bzw. ihres Grundwasserbegleitstroms geprägt. Die etwas erhöhte mittlere Grundwassertemperatur ($\sim 15\text{ °C}$) der sehr seichten Messstelle (Teufe 4,9 m) dürfte anthropogen bedingt sein. In unmittelbarer Nähe befindet sich ein Gebäude. Hinsichtlich der auffällig hohen Hydrogenkarbonatkonzentration ($\sim 316\text{ mg/l}$) liegt möglicherweise eine Beeinflussung durch Kalkung der im Einzugsgebiet der Messstelle gelegenen Sportplätze vor. Die Messstelle enthält nur einen geringen Anteil tritiogenen Heliums (Tabelle 47). Die empirischen Blackbox-Modelle liefern gute Anpassungen für mittlere Verweilzeiten im Bereich von 5–10 Jahren.

Tabelle 47: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG10003572 sowie PG10003542 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | PG10003572 | PG10003542 |
|--|----------|------------|------------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 5–10 | 11–25 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -8,9 | -8,5 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 3,3 | 1,5 |
| $^3\text{H}_{3, \text{Quartal 2019}}$ | TE | 5,4 | 4,5 |
| $^3\text{H}_{1, \text{Quartal 2020}}$ | TE | 6,6 | 4,9 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 2,0 | 12,6 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 0 | 0 |
| ΔNe | % | 5,3 | 6,6 |

Quelle: Umweltbundesamt

Die Sonde **PG10003542** im unteren Pinkatal nördlich von Gaas in der Gemeinde Eberau ist durch den höchsten Anteil tritiogenen Heliums aller untersuchten Messstellen (12,6 TE) gekennzeichnet. Ausgehend von den Sauerstoff-18- und Deuteriumwerten ist ein im Wesentlichen durch Niederschläge alimentiertes lokales Grundwasservorkommen anzunehmen. Eine ca. 4 m mächtige schluffig-tonige Deckschicht bedingt längere Verweilzeiten infiltrierender Niederschläge in der ungesättigten Zone und letztlich eine höhere mittlere Verweil-

zeit des Grundwassers, weshalb die Messstelle in die MVZ-Kategorie 11–25 Jahre fällt. Auffällig sind die hohen Natrium- und Chloridkonzentrationen von derzeit 30 bzw. 139 mg/l. Hier liegt möglicherweise eine Beeinflussung durch Straßenabwässer der im Einzugsgebiet der Messstelle gelegenen Landesstraße vor.

6.2.5.8 Moschendorf

PG10003552, im unteren Pinkatal südlich Moschendorf kurz vor dem endgültigen Übertritt der Pinka auf ungarisches Staatsgebiet gelegen, weist die „leichteste“ $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ -Isotopensignatur aller untersuchten Messstellen auf. Das von der Sonde erfasste Grundwasser ist gering mineralisiert (345 mg/l) und sauerstofffrei. Die hydrochemischen Daten und Isotopendaten deuten auf Grundwasserneubildung vorrangig durch infiltrierendes Wasser der Pinka bzw. ihres Grundwasserbegleitstroms hin. Die mittlere Verweilzeit des Grundwassers ist entsprechend der Modelle und der relativ hohen Gehalte an tritiogenen Helium (Tabelle 48) der MVZ-Kategorie 11–25 Jahre zuzuordnen.

Tabelle 48: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003552 und ausgewählte Isotopenparameter.

| Parameter | Einheit | Wert |
|--|----------|-------|
| MVZ-Kategorie | Jahre | 11–25 |
| $\delta^{18}\text{O}_{\text{Mittel}}$ | ‰ V-SMOW | -9,0 |
| VarK $\delta^{18}\text{O}$ | % | 2,7 |
| $^3\text{H}_{3, \text{Quartal 2019}}$ | TE | 4,4 |
| $^3\text{H}_{1, \text{Quartal 2020}}$ | TE | 4,4 |
| $^3\text{He}_{\text{trit}}$ | TE | 10,5 |
| $^4\text{He}_{\text{radio}}$ | Nml/kg | 0 |
| ΔNe | % | -19,3 |

Quelle: Umweltbundesamt

6.3 Diskussion

Das Pinkatal ist ein breites Sohllental, eingebettet in die Riedellandschaft des tertiären Hügellandes des südlichen Burgenlandes und der Oststeiermark. Die seichtliegenden Grundwasservorkommen des Pinkatales sind an kiesig-sandige Sedimententwicklungen des Quartärs, die vorwiegend Kristallin- und Quarzkomponenten umfassen, gebunden. Aufgrund lehmiger Verwitterung und schluffiger Bindemittel ist die Porendurchlässigkeit jedoch häufig herabgesetzt. Grundwasserstauend wirken die das Quartär unterlagernden schluffig-tonigen Sedimente des Oberen Pannoniums. Eine Ausnahme bildet der Talabschnitt vor dem Pinkadurchbruch durch den Eisenberg, in dem der oberflächennahe Grundwasserkörper vom Kristallin der Rechnitzer Einheit unterlagert wird. Mit dem Rechnitzer Fenster tritt eine tektonisch tiefe Einheit zu Tage: das Penninikum. Die Rechnitzer Fenstergruppe ist Teil der „Südburgenländischen Schwelle“, die das Steirische Becken von der Kleinen Ungarischen Tiefebene trennt (GBA, 2000).

Hinsichtlich der beobachteten Beimischung von radiogenem Helium-4 bieten tektonische Störungssysteme entsprechende Wegigkeiten. Im Talabschnitt bei Kohfidisch - Badersdorf, in dem radiogenes Helium-4 an einer Messstelle nachgewiesen wurde, liegt eine vermutete Störung (GBA, 1999). Talaufwärts befinden sich weitere Störungszonen, die Teilstörungssysteme des Steirisches Becken sind. Sowohl Störungssysteme als auch Grundgebirgsschwellen können entsprechende Wegigkeiten für den Aufstieg von Gasen und tief zirkulierenden Grundwässern bieten.

Die Grundwasserneubildung erfolgt im oberen Pinkatal durch Grundwasserzuströmung aus den kristallinen Einzugsgebieten des südlichen Wechsels sowie im weiteren Talverlauf - dies gilt auch für das untere Pinkatal – vorwiegend durch Versickerung von Oberflächenwasser der Pinka bzw. ihres Grundwasserbegleitstroms, zu einem geringeren Anteil durch die Versickerung von Niederschlägen.

Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit den Erkenntnissen des Projektes NANUTIWA (2005), wonach die Infiltration aus der Pinka nur zum Teil den oberflächennahen Grundwasserkörper alimentiert und zum Teil dem Tiefengrundwasser zuströmt. In Teilbereichen des Pinkatales stehen oberflächennahe Grundwasserbereiche mit gespannten bzw. (ehemals) artesischen Tiefengrundwässern in Verbindung (Hacker & Kollmann, 1981).

Die beprobten Grundwassermessstellen sind durch vorwiegend durch anoxische Verhältnisse, tendenziell geringere elektrische Leitfähigkeiten sowie pH-Werte im leicht sauren Bereich (6,0–6,9) charakterisiert. Der Grundwasserflurabstand ist mit ca. 1–5 m gering, die Mächtigkeit des Grundwasserleiters an den beprobten Messstellen beträgt nur wenige Meter. Die untersuchten maximal rund 8 m tiefen Messstellen sind bis zum grundwasserstauenden Oberen Pannonium ausgebaut.

Einhergehend mit der oben beschriebenen reduzierten Porendurchlässigkeit des Grundwasserkörpers und gering durchlässigen Deckschichten, die eine Hemmung der Versickerung bzw. Grundwasserneubildung bewirken, werden generell an den untersuchten Messstellen höhere mittlere Verweilzeiten des Grundwassers begünstigt. Zusammenfassend stellt sich die Situation wie folgt dar: Für sieben Messstellen (~63 %) wurden mittlere Verweilzeiten im Bereich von 11–25 Jahren ermittelt. Eine Messstelle ist der MVZ-Kategorie 26–50 Jahre zuzuordnen. Zwei Messstellen weisen niedrigere mittlere Verweilzeiten von 5–10 Jahren auf. Eine Messstelle wird mit höheren Unsicherheiten der MVZ-Kategorie < 5 Jahre zugeordnet.

Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen im Pinkatal als charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit überwiegend tendenziell längeren mittleren Verweilzeiten beschreiben. Daher ist ein entsprechend längerer Zeithorizont, innerhalb dessen etwaige Maßnahmen zur Verbesserung des chemischen Zustandes im Grundwasserkörper messbar werden können, zu berücksichtigen.

Der Grundwasserkörper Pinkatal ist qualitativ und quantitativ in einem guten Zustand. Ein Risiko der Zielverfehlung besteht derzeit nicht (BMLRT, 2021).

7 Literaturverzeichnis

Aeschbach-Hertig, W. (1994): Helium und Tritium als Tracer für physikalische Prozesse in Seen (Doctoral dissertation, Diss. Naturwiss. ETH Zürich, Nr. 10714, 1994.

Aggarwal, P. K.; Froehlich, K. F.; Gat, J. R. (2005): Isotopes in the water cycle. Dordrecht: Springer.

Amin, I. E. & Campana, M. E. (1996): A general lumped parameter model for the interpretation of tracer data and transit time calculation in hydrologic systems. *Journal of Hydrology*, 179(1), 1–21.

ANIP – Austrian Network of Isotopes in Precipitation (2017): Österreichisches Netzwerk für Isotopen (^{18}O , ^2H , ^3H) in Niederschlägen und Oberflächengewässern. BMLRT, Ämter d. Landesregierungen, ARC und Umweltbundesamt, Wien. <https://www.umweltbundesamt.at>

BMLRT (2021): Grundwasseralter in Österreich – Zusammenfassende Ergebnisse 2010–2019. Umweltbundesamt, Wien. Im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.

BMLRT (2021): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021 – Entwurf. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien.

BMNT (2018): Hydrochemie und Hydrogeologie der österreichischen Grundwässer und deren natürliche Metall- und Nährstoffgehalte (Update Geohint 2018). Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.

Cook, P. & Herczeg, A. L. (2000): Environmental tracers in subsurface hydrology. Kluwer Academic Publishers, London. 529 p.

CORINE – Coordinated Information on the European Environment (2018): Umweltbundesamt GmbH. <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/rp-projekte/rp-corine>

GBA – Geologische Bundesanstalt (1984): Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000. Erläuterungen zu Blatt 137 Oberwart. Wien.

GBA – Geologische Bundesanstalt (1999): Geologische Karte des Burgenlandes 1 : 200.000.

GBA – Geologische Bundesanstalt (2000): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Burgenlandes 1 : 200.000. Hg.: Schönlaub, H.P. Verlag der Geol. Bundesanstalt, Wien.

GBA – Geologische Bundesanstalt (2021): Multithematische geologische Karte von Österreich 1 : 1.000.000.

Geoteam Ges.m.b.H. (2016): Grundwasserkörper GK 100096. Aichfeld - Murboden, Instationäres Grundwasserströmungsmodell. Endbericht. Unter Mitarbeit von C. Kriegl, Vasvari, V., Molnar, T., M. Gold, H.-P. Heiss und J. Goldbrunner. Im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Abt. 14 – Wasserwirtschaftliche Planung, Graz.

Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV; BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Überwachung des Zustandes von Gewässern.

Hacker, P. & Kollmann, W. (1981): Isotopenhydrologische und hydrochemische Untersuchungen im südlichen Burgenland, Österreich. In: Mitt. österr. geol. Ges. 1981/1982 (74/75), S. 245–263.

Haider & Plock-Ellena (1997): Die Bedeutung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag und Überflutung – Fallbeispiel Leithaniederung. – Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft 49/1/2: 7-13.

Herlicska, H. (1997): Tiefbrunnen im Raum Oberwart – Ergebnisse kontinuierlicher Betriebsbeobachtungen. In: Motto: Wasser und Vorstellung der Geologischen Gebietskarte Burgenland 1 : 200.000, 27.-30. Oktober 1997 Burg Schlaining, S. 85-90.

H2O-Fachdatenbank (2018): Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.; BMLRT, Sektion I / 2 Nationale und internationale Wasserwirtschaft; Ämter der Landesregierungen.

Jurgens, B.C.; Böhlke, J.K.; Eberts, S.M. (2012): TracerLPM (Version 1): An Excel® workbook for interpreting groundwater age distributions from environmental tracer data: U.S. Geological Survey Techniques and Methods Report 4-F3, 60 p.

Kazemi, G. A.; Lehr, J. H.; & Perrochet, P. (2006): Groundwater age. John Wiley & Sons.

Kendall, C. & McDonnell, J.J. (Hrsg.) (1998): Isotope Tracers in Catchment Hydrology. Elsevier Science B.V., Amsterdam, 839 p.

Kollmann, W. (1986): Geohydrologische Untersuchung zur Beurteilung der Wasserhöflichkeit im südlichen Burgenland 1978–1984. Wiss. Arb. aus dem Bgld, Bd. 76, Burgenl. Landesmuseum. Eisenstadt.

Maloszewski, P. & Zuber, A. (1996): Lumped parameter models for the interpretation of environmental tracer data. 9–58, IAEA-TECDOC-910, 207 S. International Atomic Energy Agency, Vienna.

Moser, H.; Rauert, W. (1980): Isotopenmethoden in der Hydrologie. Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 8. Borntraeger. Berlin.

NANUTIWA (2005): Hydrogeologische Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Tiefengrundwässer im Bereich des Oststeirischen und Pannonischen Beckens (NANUTIWA). Studie im Auftrag von BMLFUW, BMWA, Amt d. Stmk. Landesreg. u. Amt d. Bgld. Landesreg. Graz.

Philippitsch, R. & Humer, F. [Hrsg.] (2018): Isotopenzusammensetzung in natürlichen Wässern in Österreich – Grundlagen und Anwendungsbeispiele zur Wasser-Isotopenkarte Österreichs 1:500.000. – 154 S., Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.

Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW; BGBl. II Nr. 98/2010 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den guten chemischen Zustand des Grundwassers.

Schlosser, P.; Stute, M.; Dörr, H.; Sonntag, C. & Münnich, K.O. (1988): Tritium/³He dating of shallow groundwater. Earth and Planetary Science Letters 89: 353–362.

Schlosser, P.; Stute, M.; Sonntag, C. & Münnich, K.O. (1989): Tritogenic ^3He in shallow groundwater. *Earth and Planetary Science Letters* 94: 245–254.

Stichler, W. & Hermann, A. (1983): Application of environmental isotope techniques in water balance studies of small basins: In: *New Approaches in Water Balance Computations*, IAHS, Hamburg, IAHS-148: 93–112.

Sültenfuß, J. & Massmann, G. (2004): Datierung mit der ^3He -Tritium-Methode am Beispiel der Uferfiltration im Oderbruch. *Grundwasser*, 4, 221–234.

Umweltbundesamt (2009): Kralik, M.; Humer, F.; Loishandl-Weisz, H. & Grath, J: Pilotprojekt Grundwasseralter. Endbericht 2008. Umweltbundesamt, Wien, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Umweltbundesamt Reports, REP-0220. 174 S., Wien.

Vasvári, Vilmos; Molnár, Tibor; Kriegl, Christian (2018): Grundwassermodell Aichfeld. In: *Österr Wasser- und Abfallw* 70 (3-4), S. 201–219. DOI: 10.1007/s00506-018-0462-z.

Zuber, A. (1986): Mathematical models for the interpretation of environmental radioisotopes in groundwater systems. In: *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry* (ed. by P. Fritz & J. Ch. Fontes), Vol. 2, part B, 1–59. Elsevier, Amsterdam.

8 Abkürzungen

| | |
|--|---|
| ^1H | Protium (häufigstes Wasserstoffisotop) |
| ^2H | Deuterium (schwerer Wasserstoff) |
| ^3H | Tritium (überschwerer Wasserstoff) |
| $^3\text{He} / ^3\text{He}_{\text{trit.}}$ | Helium-3 / tritiogenes Helium-3 |
| $^4\text{He} / ^4\text{He}_{\text{rad.}}$ | Helium-4 / radiogenes Helium-4 |
| ^{16}O | Sauerstoff-16 |
| ^{18}O | Sauerstoff-18 |
| ^{14}C | Kohlenstoff-14 |
| ^{36}Cl | Chlor-36 |
| $\delta^2\text{H} / \delta^{18}\text{O}$ | Delta-Notation (Abweichung des Isotopenhäufigkeitsverhältnisses der Probe gegenüber dem Referenzstandard, Angabe in ‰) |
| σ | Standardabweichung |
| ANIP | Austrian Network of Isotopes in Precipitation (Österreichisches Messnetz für Isotope im Niederschlag und in Oberflächengewässern) |
| BGBI. | Bundesgesetzblatt |
| BMLRT | Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus |
| Bq | Becquerel |
| Ca | Calcium |
| CORINE | Coordination of Information on the Environment (koordinierte Erfassung von Informationen über die Umwelt) |
| DUJ | Planungsraum Donau unterhalb Jochenstein |
| EC | Elektrische Leitfähigkeit |
| GOK | Geländeoberkante |
| GW | Grundwasser |
| GWK/GK | Grundwasserkörper |
| GZÜV | Gewässerzustandsüberwachungsverordnung |
| H | Wasserstoff |
| HCO_3 | Hydrogenkarbonat |

| | |
|--------------------|---|
| hGW | Hochwasserstand |
| K | Kalium |
| kg | Kilogramm |
| LMWL | Local Meteoric Water Line (lokale meteorische Niederschlagsgerade) |
| LRR | Planungsraum Leitha, Raab, Rabnitz |
| m | Meter |
| m ü. A. | Meter über Adria |
| Mg | Magnesium |
| MW | Mittelwert |
| MUR | Planungsraum Mur |
| MVZ | Mittlere Verweilzeit |
| Na | Natrium |
| nGW | Niederwasserstand |
| Ne | Neon |
| Nml/kg | Normmilliliter je Kilogramm |
| NO ₃ | Nitrat |
| O / O ₂ | Sauerstoff |
| pH | pH-Wert |
| QZV Chemie GW | Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser |
| SO ₄ | Sulfat |
| T | Temperatur |
| TE | Tritium-Einheit |
| VarK | Variationskoeffizient |
| V-SMOW | Vienna Standard Mean Ocean Water: Referenzstandard für stabile Isotope (² H, ¹⁸ O) |
| WISA | Wasserinformationssystem Austria |

9 Kontaktinformationen zu den Autorinnen und Autoren

UMWELTBUNDESAMT

Spittelauer Lände 5, 1090 Wien

Tel.: +43 1 31304; E-Mail: office@umweltbundesamt.at

Mag. Franko Humer (Projektleitung)

Tel.: +43 1 31304-3470; franko.humer@umweltbundesamt.at

Dipl. Geoök.ⁱⁿ Uta Wemhöner

Tel.: +43 1 31304-3592; uta.wemhoener@umweltbundesamt.at

Dr.ⁱⁿ Heike Brielmann

Tel.: +43 1 31304-3546; heike.brielmann@umweltbundesamt.at

Mag.^a Christina Formanek

Tel.: +43 1 31304-3523; christina.formanek@umweltbundesamt.at

BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, REGIONEN UND TOURISMUS

Abteilung I/2: Nationale und internationale Wasserwirtschaft

Postanschrift: Stubenring 1, 1010 Wien

Besuchsadresse: Marxergasse 2, 1030 Wien

Tel.: +43 1 71100-7130; E-Mail: service@bmlrt.gv.at

Dr. Christian Schilling

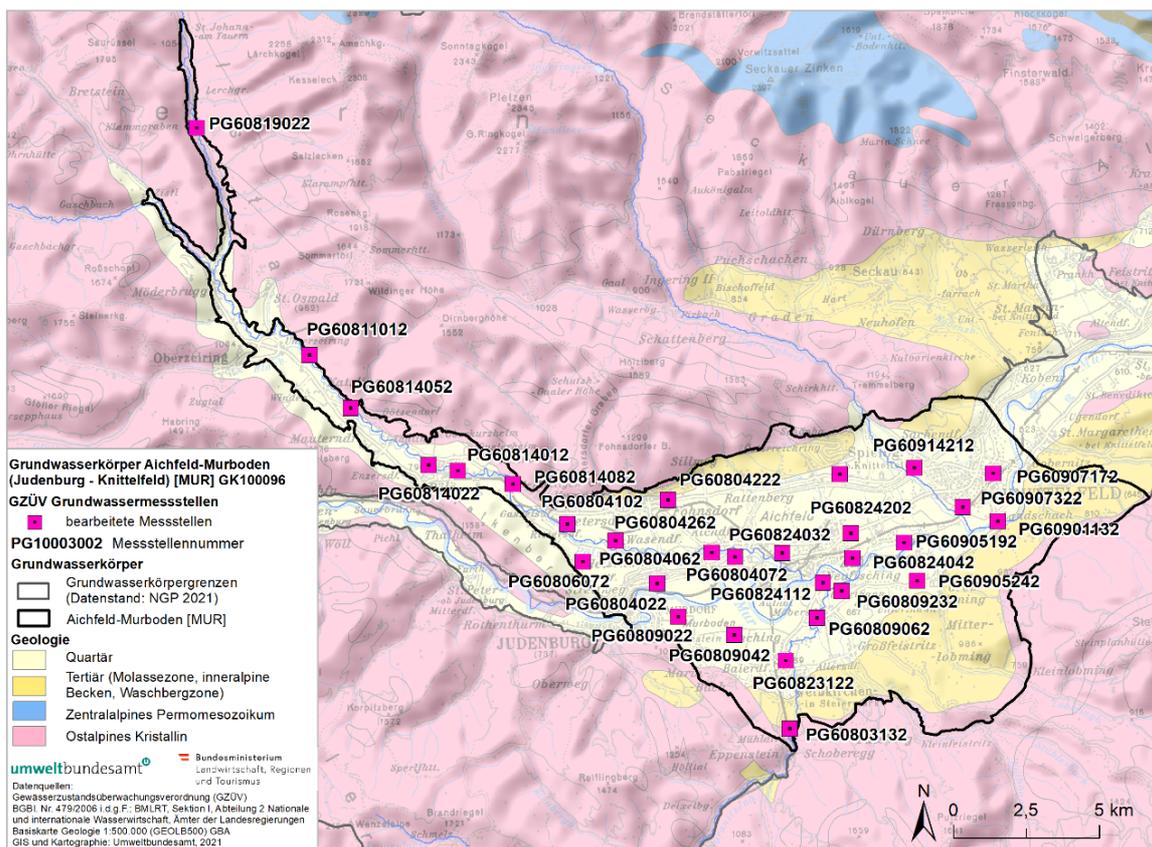
Tel.: +43 1 71100-607111; christian.schilling@bmlrt.gv.at

10 Anhang – Gebietsbeschreibungen

10.1 Aichfeld-Murboden [MUR]

10.1.1 Allgemeines

Abbildung 47: Übersichtskarte Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen.



Quelle: GZÜV; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt
GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

Der Einzelgrundwasserkörper Aichfeld-Murboden ist ein oberflächennaher Porengrundwasserkörper in der Steiermark. Er umfasst jenen Abschnitt des Murtales, der sich westlich von Judenburg bis in den Raum von Preg erstreckt, zudem einen Großteil des Pölstales bis

nach Sankt Johann am Tauern. Die Gesamtfläche des Grundwasserkörpers beträgt 163 km². Die Längserstreckung erreicht ca. 40 km, die maximale Breite, die im östlichen Teil des Grundwasserkörpers erreicht wird, 13 km (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.1.2 Grundwasserkörpergrenzen

Der Grundwasserkörper wird im Norden durch die Seckauer Tauern, im Westen durch die Ausläufer der Wölzer Tauern, im Süden durch die Seetaler Alpen, die Stubalpe und die Gleinalpe sowie im Osten durch die Talenge von Preg - Kraubath begrenzt.

10.1.3 Überlagernde Schichten

10.1.3.1 Bodentypen

Entsprechend der FAO-Soil Type Units Klassifizierung ist Eutric Cambisol der dominierende Bodentyp des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden (H2O-Fachdatenbank, 2020). Weitere Bodentypen und ihre Verbreitung sind in der folgenden Tabelle angeführt.

Tabelle 49: Bodentypen im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden gemäß FAO-Soil Type Units Klassifizierung.

| Boden – FAO-Soil Type Units | Anteil (%) |
|-----------------------------|------------|
| Eutric Cambisol | 45,0 |
| Dystric Cambisol | 32,4 |
| Orthic Luvisol | 19,6 |
| Eutric Fluvisol | 3,0 |

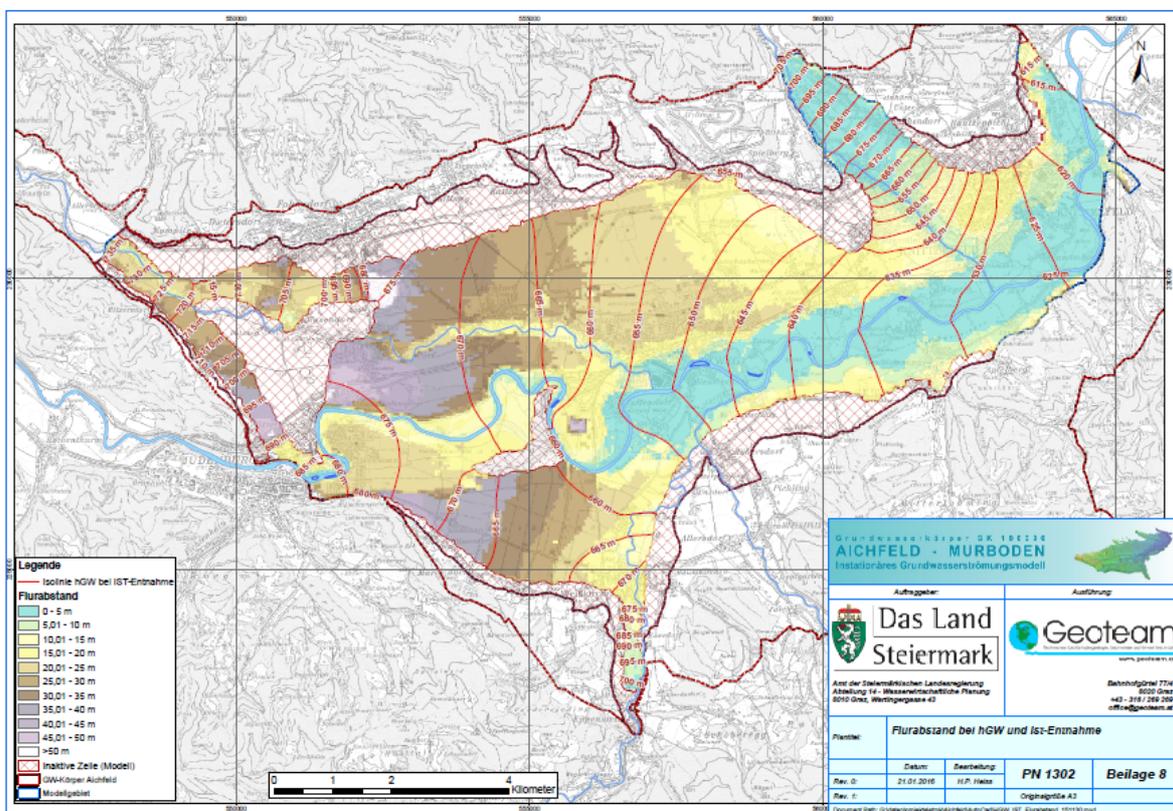
Quelle: H2O-Fachdatenbank 2020

10.1.3.2 Deckschicht und Flurabstand

Mit einem Flächenanteil von über 75 % ist vor allem an den Beckenrändern des Grundwasserkörpers eine Lehmüberdeckung ausgebildet, deren Mächtigkeit lokal stark schwankt.

Aus Abbildung 48 gehen die unter Berücksichtigung von Entnahmen, modellierten Flurabstände für hGW-Verhältnisse in Teilen des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden hervor. Die niedrigsten Flurabstände treten entlang der östlichen Mur und beim Eintritt des Ingeringbaches auf. In diesen Abschnitten ist auch die Interaktion zwischen den Vorflutern und der Mur am stärksten ausgebildet. Im Unterschied zu den holozänen Talbereichen erreichen die Flurabstände auf den Niederterrassen (z. B. im Bereich des Pölstaleintritts) zwischen 15 m und 50 m. Hier ist eine Zunahme von Osten in Richtung Westen zu beobachten (Kriegl et al., 2016).

Abbildung 48: Modellierete GW-Flurabstände (hGW) im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden.



Quelle: Kriegl et al., 2016

10.1.4 Grundwasserleiter

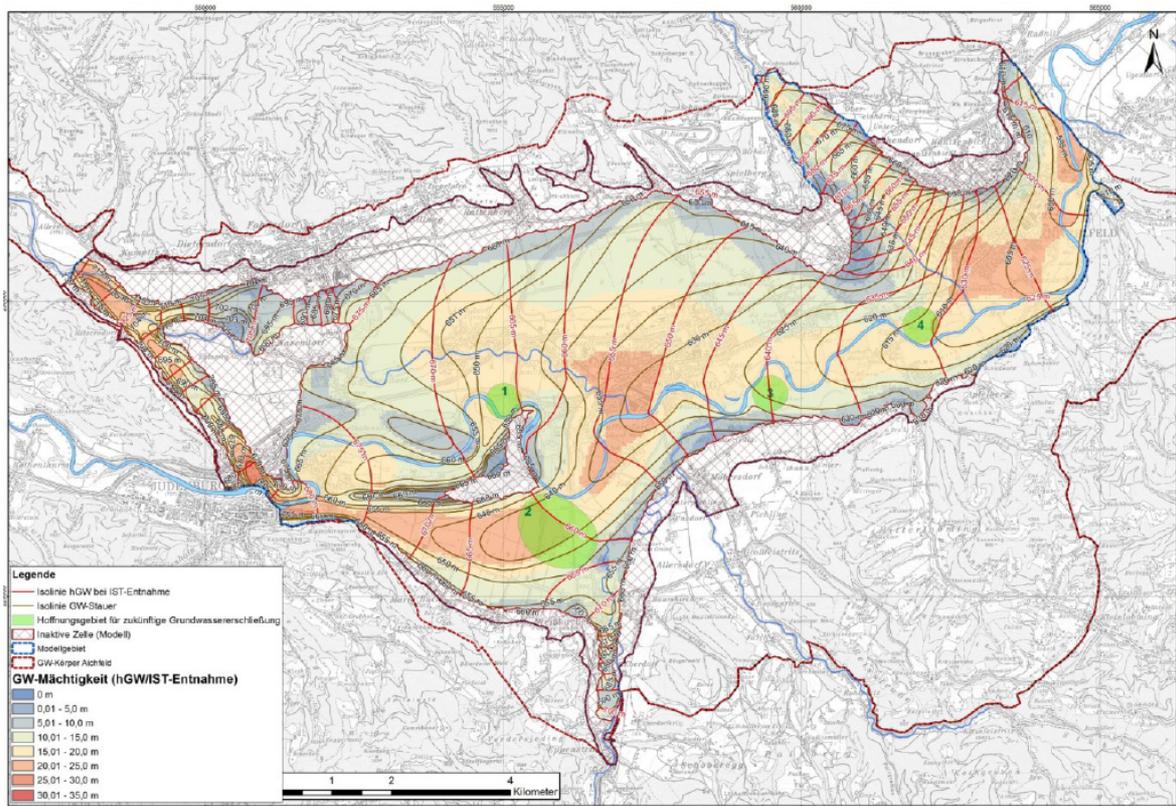
10.1.4.1 Druckverhältnisse

Das oberflächennahe Grundwasser ist vorwiegend ungespannt, es herrschen freie Druckverhältnisse (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.1.4.2 Aquifermächtigkeit

Die Verteilung der Aquifermächtigkeiten im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden ist nicht flächendeckend bekannt. Abbildung 49 zeigt die für Teilbereiche des Grundwasserkörpers ermittelten Grundwassermächtigkeiten (Kriegl et al., 2016). Sie erreichen in Rinnenbereichen Werte bis zu 30 und gehen im Bereich der Tertiäraufwölbung gegen 0 m zurück.

Abbildung 49: Grundwassermächtigkeiten im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden.



Quelle: Kriegl et al., 2016

10.1.4.3 Grundwasserstauer

Die Grundwassersohle des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden ist durch ein stark ausgeprägtes Relief des Grundwasserstauers mit zwei deutlich ausgeprägten Tiefenrinnen gekennzeichnet, die durch eine Aufwölbung des Untergrundes im Bereich der Murschlinge im Murwald getrennt sind. Die Reliefunterschiede zwischen der Tertiärhochlage des Murwaldes und den in den tertiären Untergrund eingeschnittenen Rinnenarmen erreichen Werte bis zu 40 m (Benischke et al., 2002).

10.1.4.4 Mächtigkeit des Grundwasserkörpers

Das wasserwirtschaftlich relevante Quartär, welches die bis zu 2.100 m mächtigen Tertiärablagerungen des Fohnsdorfer Beckens überlagert, besteht aus holozänen Fluren, einer Würm-Hauptterrasse sowie lokalen Resten höherer Schotterterrassen. Die Quartärmächtigkeiten im gesamten Becken liegen zwischen 20 m und mehr als 60 m (Schmalzmeier, 1996).

10.1.4.5 Petrographie des Grundwasserleiters

Als quartärer Grundwasserleiter fungieren die in der Regel gut durchlässigen Ablagerungen der Niederterrasse (Würm) und der holozänen Talauen. Sie werden von Kiesen und Schottern aufgebaut, in denen mehrere Dezimeter mächtige Sandlinsen eingeschaltet sein können. Weiters können die Schotterkörper stellenweise nagelfluhartig verkittet sein (H₂O-Fachdatenbank, 2020).

10.1.4.6 Grundwasserabflussrichtungen und Verweilzeiten

Die Fließrichtung des Grundwassers verläuft grundsätzlich murparallel von West nach Ost und wird lokal durch Grundwasserzustrom aus den großen Schwemmfächern der Seitenzu-bringer (Granitzen-, Feistritz- und Ingeringbach) beeinflusst.

10.1.4.7 Hydraulische Leitfähigkeit und Abstandsgeschwindigkeiten

Die überwiegend grobkiesigen quartären Lockersedimente sind zum Großteil gut durchlässig und stellen im Hinblick auf die Wasserhöffigkeit einen bedeutenden Grundwasserleiter dar (Fank & Harum, 1989). Insgesamt liegen sehr inhomogene Verhältnisse vor. Der höchste bekannte Wert betrug $3,0 \cdot 10^{-2}$ m/s (wahrscheinlich Störung durch Murhochwasser), der zweithöchste Wert betrug $5,0 \cdot 10^{-3}$ m/s und der niedrigste Wert betrug $3,2 \cdot 10^{-6}$ m/s (Kurz-pumpversuch an einer Messstelle im Bereich der Tertiärwölbung) (Fank & Harum, 1989).

10.1.5 Grundwasserbilanz

10.1.5.1 Niederschlag und Evaporation

Die langfristige mittlere Jahresniederschlagssumme beträgt 886 mm mit einem Schwankungsbereich von 816 mm bis 1067 mm (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.1.5.2 Interaktionen zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser

Ausgeprägte Interaktion mit der Mur kennzeichnet den Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden. Exfiltration aus der Mur in den Grundwasserkörper stellt bilanzmäßig den größten Grundwasserneubildungsanteil dar. Auch der Ingeringbach trägt einen wesentlichen Beitrag zur Dotierung des Grundwassers bei (Kriegl et al., 2016).

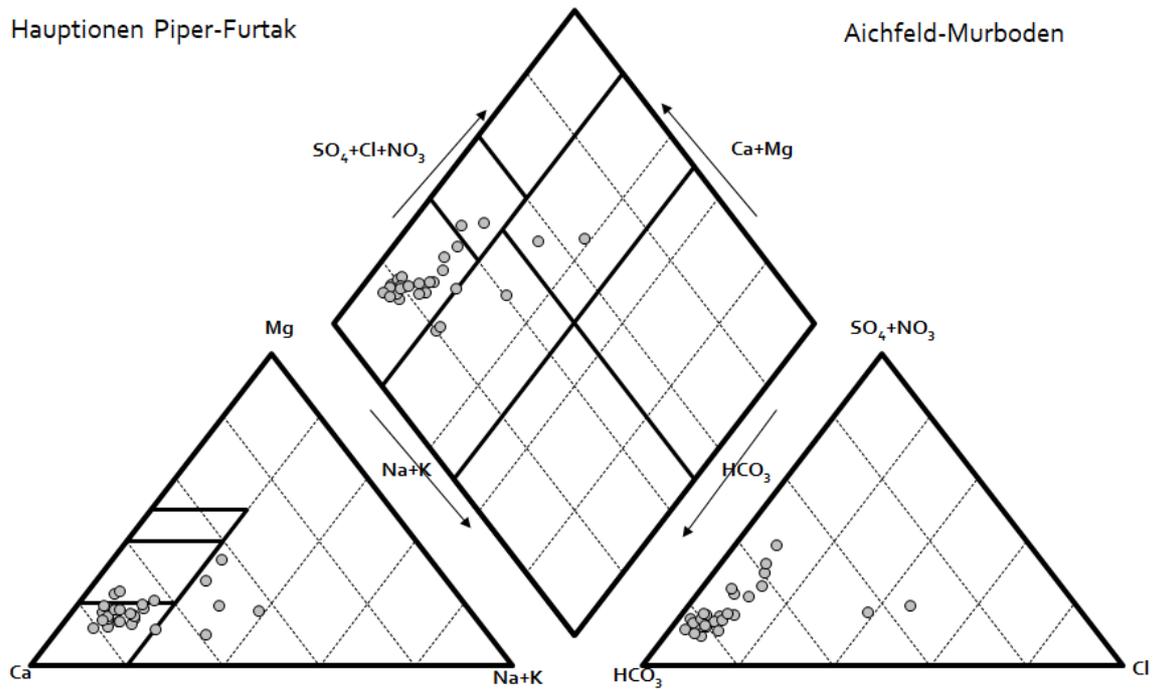
10.1.5.3 Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung erfolgt zum überwiegenden Teil durch die Infiltration aus den Fließgewässern. Der Anteil der Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag liegt bei etwa 5 % der Gesamtbilanz (Kriegl et al., 2016).

10.1.6 Grundwasser – Chemie und Monitoring

Die Geochemie des Aquifers ist überwiegend silikatisch-karbonatisch (H2O-Fachdatenbank 2020).

Abbildung 50: Hauptionen des Grundwassers im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden – Darstellung in einem Piper-Furtak-Diagramm.



Quelle: GZÜV

Auswertung: Umweltbundesamt

10.1.7 Anthropogene Einflüsse

Tabelle 50: Landnutzung im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] nach CORINE Land Cover.

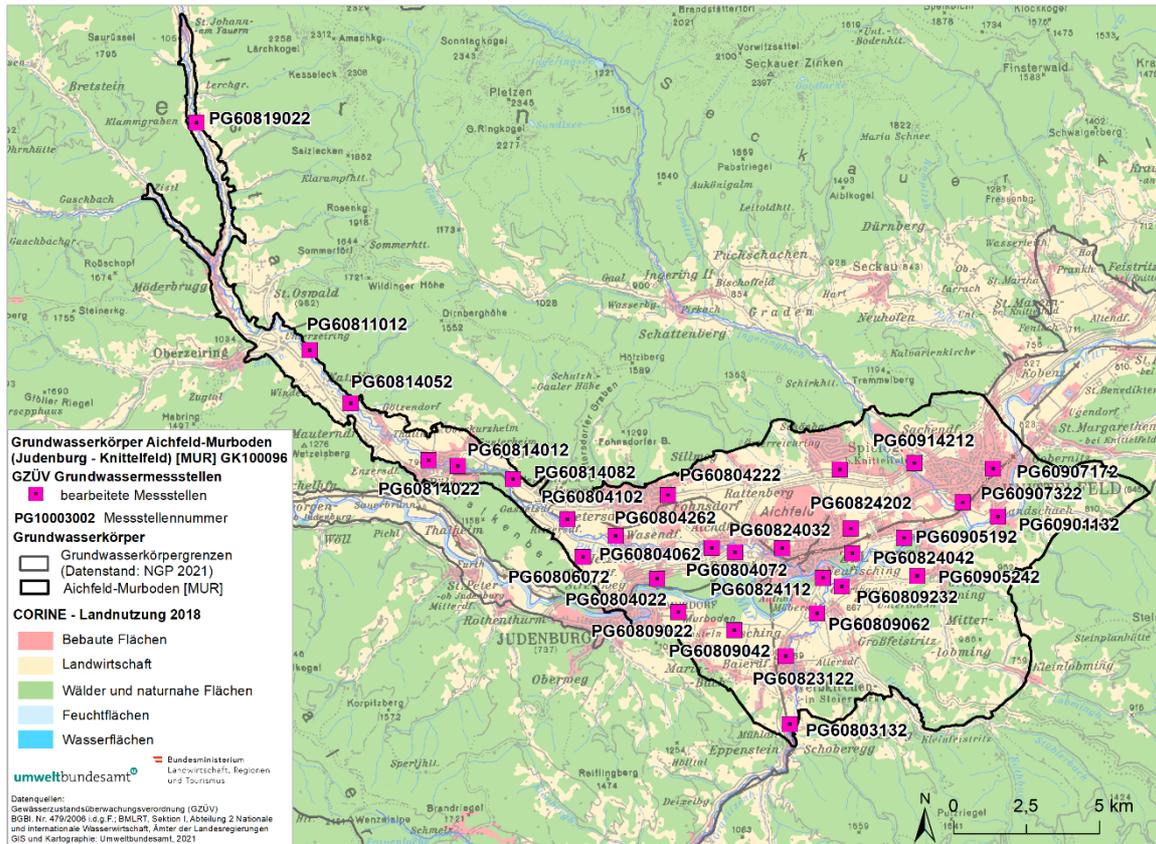
| Landnutzung nach CORINE | Anteil (%) |
|------------------------------|------------|
| Bebaute Fläche | 7,3 |
| Landwirtschaftliche Flächen | 70,1 |
| Wälder und naturnahe Flächen | 22,6 |

Quelle: CORINE Land Cover (CORINE 2018)

Auswertung: Umweltbundesamt

Potentielle anthropogene Einflüsse auf das Grundwasser sind durch Wasserentnahmen, Bauwerke, Industrieanlagen und ausgewiesene Altlasten sowie Land- und Forstwirtschaft gegeben (H2O-Fachdatenbank, 2020).

Abbildung 51: Landnutzung nach CORINE Land Cover im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR].



Quelle: GZÜV; CORINE Land Cover (CORINE 2018)

GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

10.1.8 Literaturverzeichnis

Benischke, R.; Dalla-Via, A.; Dobesch, H.; Fabiani, E.; Fank, J.; Fuchs, K. et al. (2002): Wasserversorgungsplan Steiermark. Ein Leitfaden für die öffentliche Wasserversorgung. Berichtsband der wasserwirtschaftlichen Planung Nr. 83.

CORINE (2018): CORINE Land Cover. Coordinated Information on the European Environment. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/umwelthemen/boden/rp-projekte/rp-corine>.

Fank, J. & Harum, T. (1989): KW Fischen. Zusammenfassung Hydrogeologie. Hg. v. Joanneum Research. Institut für Geothermie und Hydrogeologie. Graz.

H2O-Fachdatenbank (2020): Erhebung der Wassergüte in Österreich gemäß Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.; BMNT, Abteilung I / 3 Nationale und internationale Wasserwirtschaft; Ämter der Landesregierungen.

Kriegl, C.; Vasvari, V.; Molnar, T.; Gold, M.; Heiss, H. P.; Goldbrunner, J. (2016): GW-Modell Aichfeld-Murboden GEOTEAM 2016. Instationäres Grundwasserströmungsmodell.

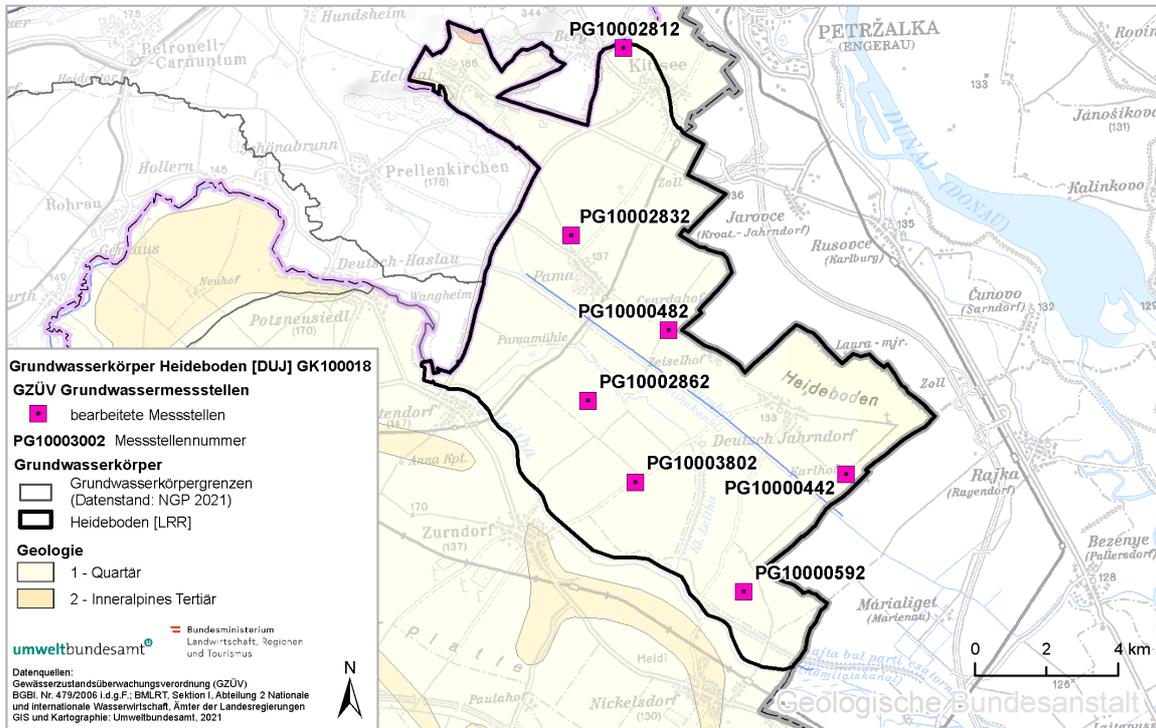
Schmalzmeier, R. (1996): Wasserversorgung in der Region Aichfeld-Murboden/Steiermark. Wien: Universität für Bodenkultur.

10.2 Heideboden [DUJ]

10.2.1 Allgemeines

Der grenzüberschreitende Einzelgrundwasserkörper Heideboden ist ein oberflächennaher Porengrundwasserkörper, der das Gebiet zwischen Donau und Leitha umfasst. Zum größten Teil liegt er im Burgenland, reicht aber auch zu einem geringen Anteil (0,21 km²) nach Niederösterreich. Insgesamt umfasst der Grundwasserkörper Heideboden 113 km², wobei seine Längsausdehnung 12 km und die Breite auf österreichischem Gebiet 8 km beträgt (H2O-Fachdatenbank, 2020).

Abbildung 52: Übersichtskarte Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen.



Quelle: GZÜV; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt
 GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

10.2.2 Grundwasserkörpergrenzen

Im Nordwesten wird der Grundwasserkörper durch die Landesgrenze zum Bundesland Niederösterreich, im Nordosten durch die Staatsgrenze zur Slowakei noch vor der Donau – jedoch in deren Uferfiltratzone – und im Südwesten durch die Leitha begrenzt. Im Südosten verläuft die Staatsgrenze zu Ungarn.

10.2.3 Überlagernde Schichten

10.2.3.1 Bodentypen

Entsprechend der FAO-Soil Type Units Klassifizierung ist Calcic Chernozem der dominierende Bodentyp des Grundwasserkörpers Heideboden (H2O-Fachdatenbank, 2020). Weitere Bodentypen und ihre Verbreitung sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 51: Bodentypen im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] gemäß FAO-Soil Type Units Klassifizierung.

| Boden – FAO-Soil Type Units | Anteil (%) |
|-----------------------------|------------|
| Calcic Chernozem | 94,2 |
| Dystric Cambisol | 5,2 |
| Haplic Chernozem | 0,4 |
| Calcaric Fluvisol | 0,1 |

Quelle: H2O-Fachdatenbank 2020

10.2.3.2 Deckschicht und Flurabstand

Der Porengrundwasserleiter Heideboden wird aus Vollsottern der Donau aufgebaut, deren unterschiedlich mächtig ausgebildete Deckschichten von örtlichen Ausedimenten und Seeton gebildet werden. Diese sind lediglich im Südwesten bis zu 4,4 m mächtig und können lokal sehr stark schwanken bzw. bereichsweise nahezu fehlen. Dort liegt lediglich eine sehr dünne Boden-Humus-Auflage als Schicht über den Schottern, die kaum Schutz für die Ressource Grundwasser darstellt. Die mittlere Mächtigkeit der bis zu einem Flächenanteil von 75 % auftretenden Decksichten beträgt 1,5 m. Die durchschnittlichen Durchlässigkeitsbeiwerte liegen bei Werten um 0,0026 m/s (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.2.4 Grundwasserleiter

10.2.4.1 Druckverhältnisse

Das oberflächennahe Grundwasser ist vorwiegend ungespannt (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.2.4.2 Aquifermächtigkeit

Die Bandbreite der Aquifermächtigkeit erstreckt sich von 6 m bis 16 m und beträgt im Mittel 11 m. In den Tiefrinnen kann die Aquifermächtigkeit jedoch auch bis zu 40 m betragen. Diese Tiefrinnen wurden durch Erosion von alten Flussverläufen in die unter dem Quartär liegende Oberfläche des Pannonium eingegraben (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.2.4.3 Grundwasserstauer

Als undurchlässige Basis kann generell das Jungtertiär betrachtet werden. Der oberflächennahe Grundwasserkörper ist im stromabwärtigen Abschnitt durch eine Tiefenrinne im Relief der Oberkante des relativen Grundwasserstauers gekennzeichnet (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.2.4.4 Mächtigkeit des Grundwasserkörpers

Die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers erstreckt sich über eine Bandbreite von 5 m bis 16 m und beläuft sich im Mittel auf 10 m (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.2.4.5 Petrographie des Grundwasserleiters

Der Grundwasserleiter besteht hauptsächlich aus quartären Kiesablagerungen. Die jungpleistozäne Terrasse ist aus den Vollschottern der Donau aufgebaut. Feinsedimente spielen keine wesentliche Rolle (Schönlaub et al., 2000). Als Nebenanteil ist schwach schluffiger Sand zu nennen (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.2.4.6 Grundwasserabflussrichtungen und Verweilzeiten

Die Grundwasserströmungsrichtung reicht von Nordwest nach Südost mit einem geringen Höhenunterschied von rund 5 m über weite Teile des Grundwasserkörpers (Turner, 1989). Lediglich im Norden zwischen Edelstal und Kittsee herrscht ein größeres Gefälle vor, das einen Höhenunterschied von 45 m (von 180 m ü. A. auf 135 m ü. A.) über eine relativ kurze Strecke von 5 km ermöglicht (H2O-Fachdatenbank, 2020) Schönlaub et al., 2000; Rezabek, 1991-1995).

10.2.4.7 Hydraulische Leitfähigkeit und Abstandsgeschwindigkeiten

Die durchschnittliche hydraulische Leitfähigkeit beträgt 0,0026 m/s (stark durchlässig) (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.2.5 Grundwasserbilanz

10.2.5.1 Niederschlag

Die langfristige mittlere Jahresniederschlagssumme beträgt 576 mm mit einem Schwankungsbereich von 558 mm bis 606 mm (H2O-Fachdatenbank, 2020).

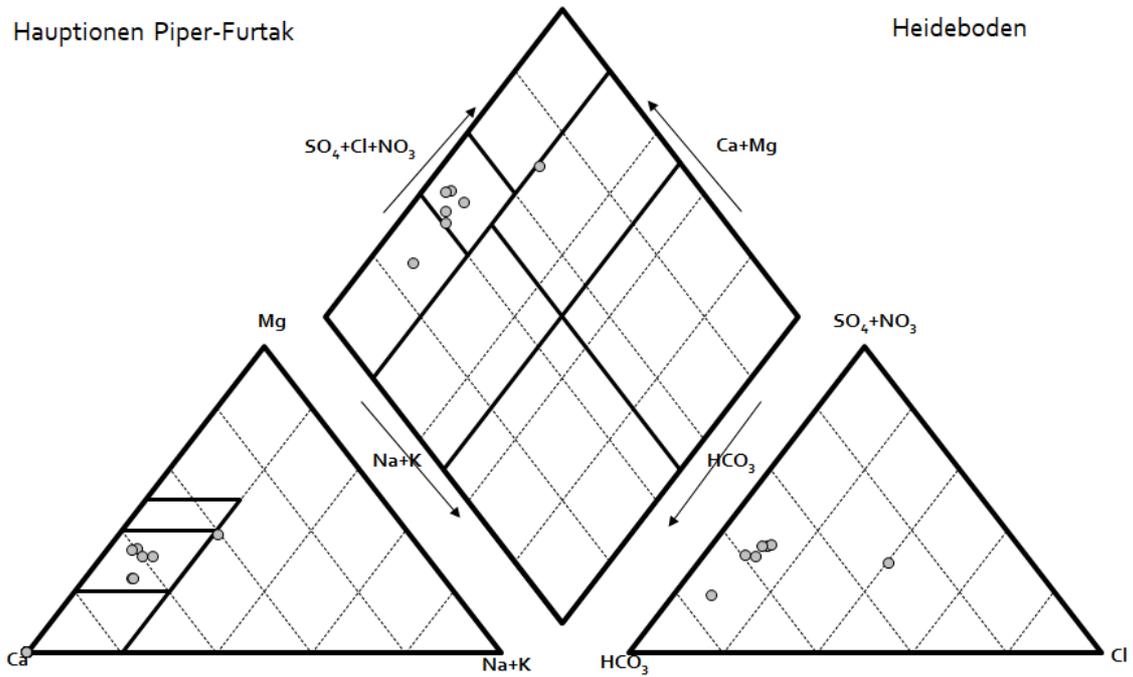
10.2.5.2 Grundwasserneubildung

Den Hauptanteil der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung stellt die flächenhafte Versickerung aus Niederschlag dar, untergeordnet die Infiltration aus Oberflächengewässern und Grundwasserzustrom (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.2.6 Grundwasser – Chemie und Monitoring

Die Geochemie des Aquifers ist überwiegend silikatisch (H2O-Fachdatenbank, 2020).

Abbildung 53: Hauptionen des Grundwassers im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] - Darstellung in einem Piper-Furtak-Diagramm.



Quelle: GZÜV

Auswertung: Umweltbundesamt

10.2.7 Anthropogene Einflüsse

Tabelle 52: Landnutzung im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] nach CORINE Land Cover.

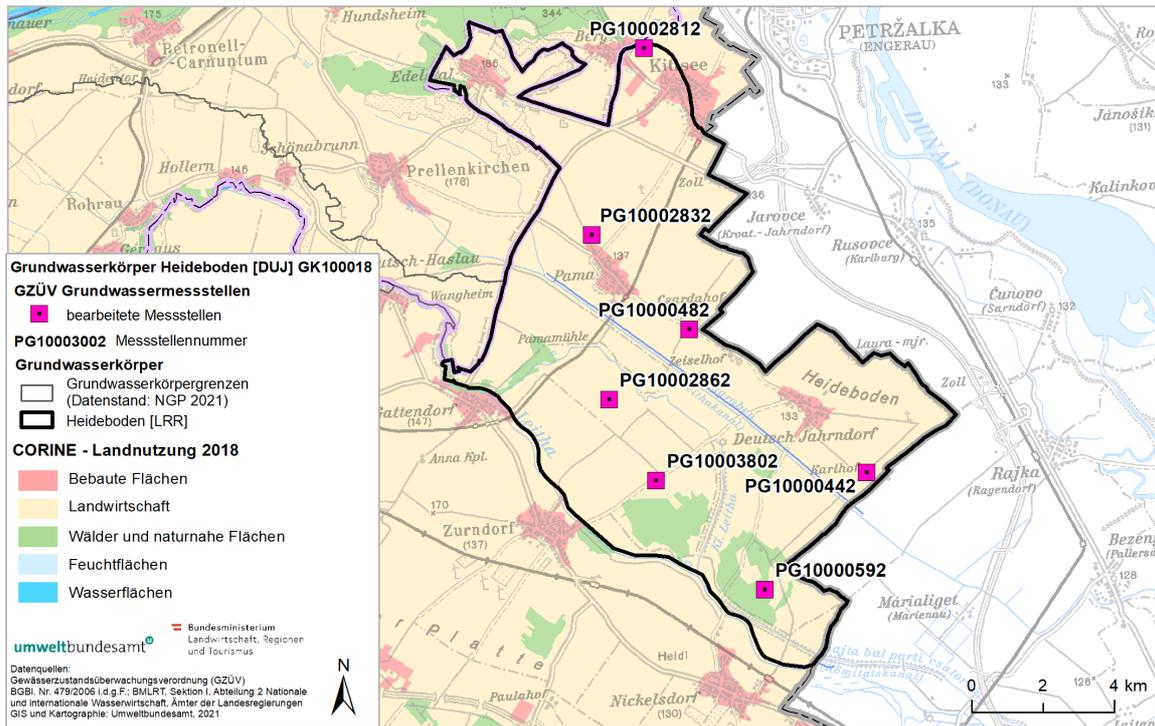
| Landnutzung nach CORINE | Anteil (%) |
|------------------------------|------------|
| Bebaute Fläche | 4,0 |
| Landwirtschaftliche Flächen | 89,5 |
| Wälder und naturnahe Flächen | 6,5 |

Quelle: CORINE Land Cover (CORINE 2018)

Auswertung: Umweltbundesamt

Aufgrund der teilweise nur geringmächtigen bis fehlenden Deckschichten ist durch landwirtschaftliche Nutzung, Verkehr und Industrieanlagen sowie Wasserentnahmen eine potentielle Gefährdung des Grundwassers gegeben (H2O-Fachdatenbank, 2020).

Abbildung 54: Landnutzung nach CORINE Land Cover im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ].



Quelle: GZÜV; CORINE Land Cover (CORINE 2018)
 GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

10.2.8 Literaturverzeichnis

CORINE (2018): CORINE Land Cover. Coordinated Information on the European Environment. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/umwelthemen/boden/rp-projekte/rp-corine>.

H2O-Fachdatenbank (2020): Erhebung der Wassergüte in Österreich gemäß Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.; BMNT, Abteilung I / 3 Nationale und internationale Wasserwirtschaft; Ämter der Landesregierungen.

Rezabek, H. R. (1991-1995): Grundwasserwirtschaft Seewinkel. Gruppe Wasser. Wien.

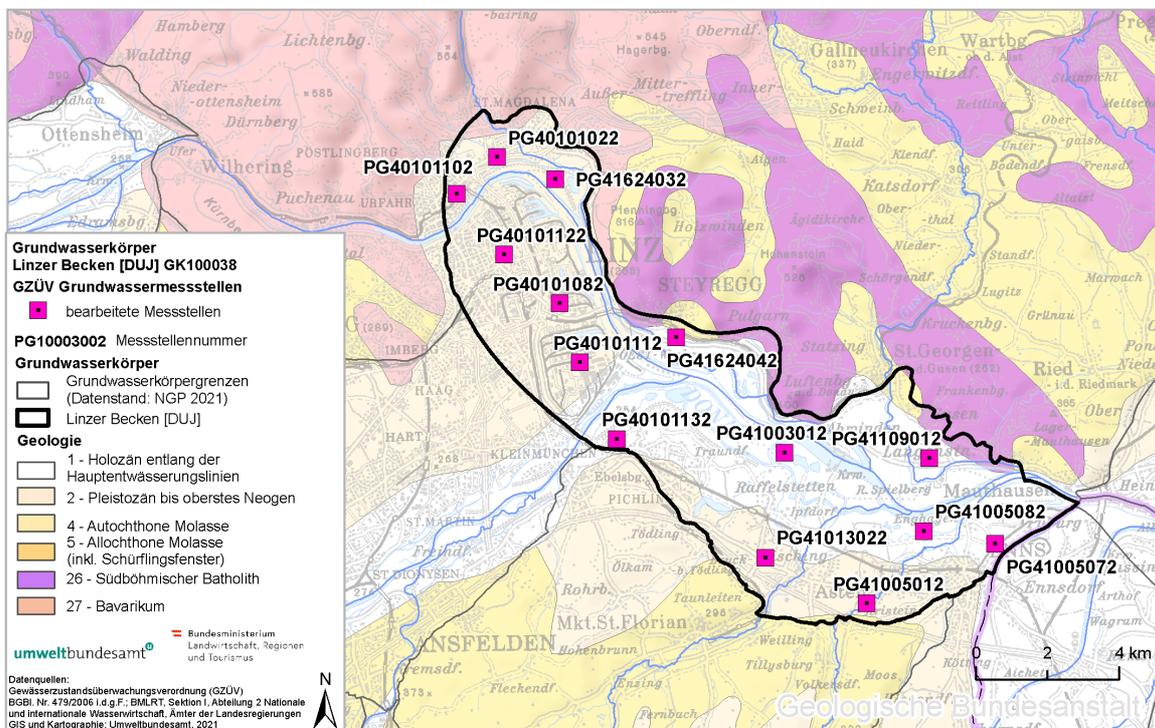
Schönlaub, H. P.; Heinrich, M.; Herrmann, P.; Hofmann, T.; Koller, F.; Kollmann, W.F.H. et al. (2000): Burgenland: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Burgenlandes 1:200.000. Wien: Verlag der Geologischen Bundesanstalt (GBA).

Thurner, G. (1989): Grundwasserwirtschaftliche Voruntersuchung Schwerpunkt Edelstal - Kittsee. Unpublizierter Bericht d. Gruppe Wasser.

10.3 Linzer Becken [DUJ]

10.3.1 Allgemeines

Abbildung 55: Übersichtskarte Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen.



Quelle: GZÜV; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt
GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

Der Einzelgrundwasserkörper Linzer Becken ist ein oberflächennaher Porengrundwasserkörper in Oberösterreich, der sich über eine Länge von ca. 20 km beidseitig entlang der Donau von Urfahr bis Mauthausen zieht. Seine Fläche beträgt 97 km², die Breite beläuft sich auf maximal 7 km (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.3.2 Grundwasserkörpergrenzen

Der Grundwasserkörper Linzer Becken wird im Norden durch das Kristallin der Böhmisches Masse begrenzt. Die südliche Begrenzung bilden die beiden Einzelgrundwasserkörper Welser Heide und Unteres Ennstal sowie die Grundwasserkörpergruppe Zwischen Krems und Moosbachl.

10.3.3 Überlagernde Schichten

10.3.3.1 Bodentypen

Entsprechend der FAO-Soil Type Units Klassifizierung ist Calcaric Fluvisol der dominierende Bodentyp des Grundwasserkörpers Linzer Becken (H2O-Fachdatenbank, 2020). Weitere Bodentypen und ihre Verbreitung sind in der folgenden Tabelle angeführt.

Tabelle 53: Bodentypen im Grundwasserkörper Linzer Becken gemäß FAO-Soil Type Units Klassifizierung.

| Boden – FAO-Soil Type Units | Anteil (%) |
|-----------------------------|------------|
| Calcaric Fluvisol | 45,7 |
| Orthic Rendzina | 31,6 |
| Gleyic Luvisol | 15,7 |
| Eutric Cambisol | 5,3 |
| Orthic Luvisol | 1,1 |
| Dystric Cambisol | 0,7 |

Quelle: H2O-Fachdatenbank 2020

10.3.3.2 Deckschicht und Flurabstand

Deckschichten mit einer mittleren Mächtigkeit von 3 m bedecken rund 30 % der Fläche des Grundwasserkörpers. Im Bereich der Austufe sind Deckschichten in Form von Aulehm bzw. Ausand ausgebildet. Im Bereich der Niederterrassen liegen Deckschichten aus Schwemmlerhmen, Hochflutlehmehen bzw. Hochflutsanden vor.

Der mittlere Grundwasserflurabstand beläuft sich auf 5 m und variiert zwischen 1 und 12 m (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.3.4 Grundwasserleiter

10.3.4.1 Druckverhältnisse

Das oberflächennahe Grundwasser ist vorwiegend ungespannt (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.3.4.2 Aquifermächtigkeit

Die Bandbreite der Aquifermächtigkeit erstreckt sich von 0 m bis 24 m und beträgt im Mittel 9 m (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.3.4.3 Grundwasserstauer

Die stauende Basis bildet Schlier, ein tertiärer Tonmergel. Im Randbereich zum Kristallin der Böhmisohen Masse hin verzahnt der Schlier mit tertiären Sanden (Vohryzka, 1973).

10.3.4.4 Mächtigkeit des Grundwasserkörpers

Die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers liegt zwischen 6 und 22 m, im Mittel beläuft sie sich auf 8 m (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.3.4.5 Petrographie des Grundwasserleiters

Der Grundwasserleiter wird durch Niederterrassenschotter der Würm sowie durch Schotter und Sande der Austufe aufgebaut (H₂O-Fachdatenbank, 2020).

10.3.4.6 Grundwasserabflussrichtungen und Verweilzeiten

Im südlich der Donau gelegenen Bereich des Grundwasserkörpers bestimmt der Grundwasserzustrom aus der Welser Heide, der nordöstlich Richtung Vorflut Donau gerichtet ist, wesentlich die Grundwasserabflussrichtung. Im Einzugsgebiet von Scharlinz wurden Fließgeschwindigkeiten zwischen 11 und 25 m/Tag ermittelt, das Maximum belief sich auf 100 m/Tag (Vohryzka, 1973).

Nördlich des Donaubogens, im Becken von Urfahr, nehmen die Grundwasserentnahmen des Wasserwerkes Heilham starken Einfluss auf das Grundwasserregime. Bei voller Entnahme verläuft die Grundwasserströmung radial zu den Brunnen hin. Der überwiegende Teil des zuströmenden Wassers ist Uferfiltrat der Donau, das örtlich in das Grundwasser infiltriert. Ein kleinerer Teil fließt aus dem umliegenden Hügelland der Böhmisches Masse zu (Vohryzka, 1973).

Nordöstlich des Donaubogens befindet sich die Pleschinger Au, ein ca. 1,8 km langer und maximal 0,9 km breiter Auebereich. Die Grundwasserströmung verläuft vom Hügelland Richtung Süden bzw. Südwesten zur Donau hin, in Abhängigkeit vom Gefälle mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 m/Tag. Auch in der Pleschinger Au werden die Grundwasserströmungsverhältnisse durch Grundwasserentnahmen des Wasserwerkes beeinflusst. Zudem kann durch ein stromaufwärts gelegenes Fenster in der linksufrigen Dichtwand Uferfiltrat der Donau das Grundwasser dotieren.

10.3.4.7 Hydraulische Leitfähigkeit und Abstandsgeschwindigkeiten

Die mittlere hydraulische Durchlässigkeit ist hoch und liegt bei $5 \cdot 10^{-3}$ m/s. Anhand von Pump- und Messversuchen wurden Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen 10^{-3} m/s (langsamer Teil) und $6 \cdot 10^{-2}$ m/s (rascher Teil) ermittelt (H₂O-Fachdatenbank, 2020).

10.3.5 Grundwasserbilanz

10.3.5.1 Niederschlag und Evaporation

Die langfristige mittlere Jahresniederschlagssumme beträgt 836 mm mit einem Schwankungsbereich von 780 mm bis 890 mm (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.3.5.2 Interaktionen zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser

Die Grundwasserverhältnisse im Grundwasserkörper Linzer Becken werden wesentlich durch die Rückstaubereiche der Donaukraftwerke Abwinden-Asten und Wallsee-Mitterkirchen sowie die donaubegleitenden Dichtungs- und Drainagesysteme beeinflusst. Das Flussbett der Donau ist über weite Strecken gegenüber dem Grundwasser abgedichtet bzw. durch Spundwände größtenteils vom Grundwasser getrennt. Die Regulierung des Grundwasserstandes in den abgedichteten Bereich erfolgt mit Hilfe von Drainagen und Pumpwerken, über welche das dem Donauufer zuströmende Grundwasser in den Stauraum gehoben wird (Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, 2020). Die Grundwasserspiegelschwankungen fallen daher gering aus und die Grundwasserströmungsrichtungen zeigen nur eine geringe Variabilität (Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, 2004).

Einen gebietsweise nennenswerten Einflussfaktor auf die Interaktion Grundwasser - Oberflächengewässer stellen die zahlreichen Brunnenanlagen dar. Neben den großen Trinkwassergewinnungsanlagen in Scharlinz, Heilham, Plesching und Fischdorf existiert eine Vielzahl weiterer Berechtigter, die Grundwasser für verschiedene Zwecke nutzen (Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, 2004).

10.3.5.3 Grundwasserneubildung

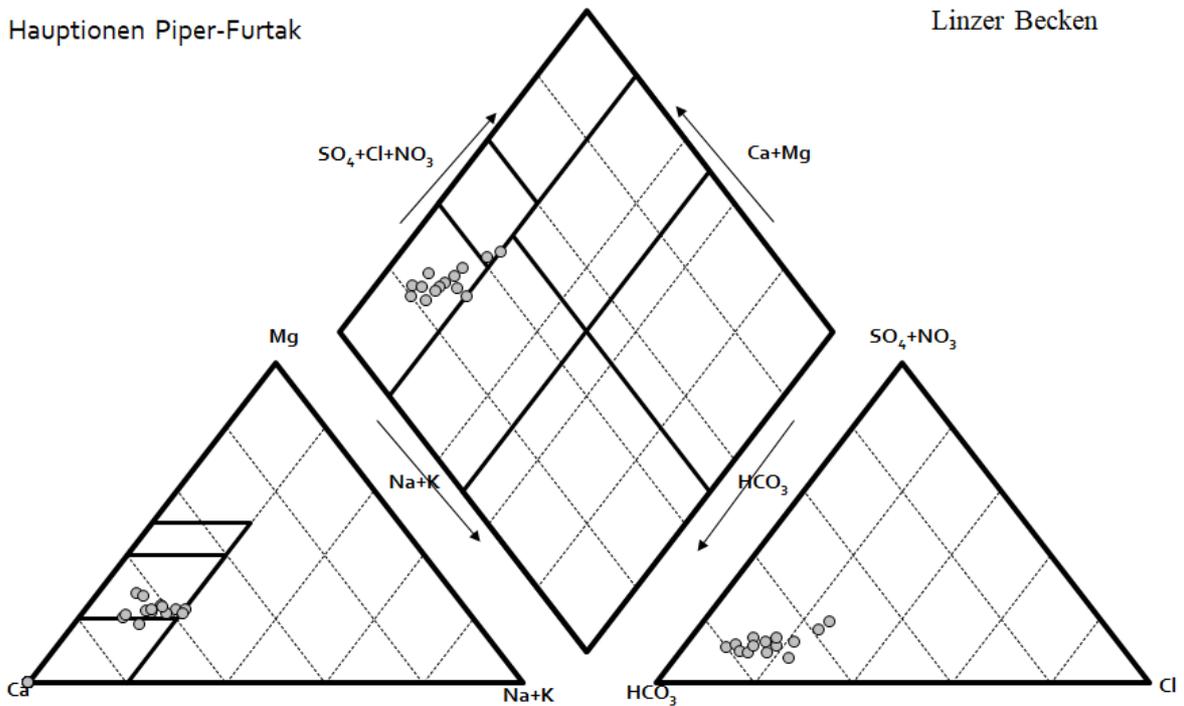
Die Grundwasserneubildung erfolgt hauptsächlich durch Grundwasserzuström aus der Umgebung. Von besonderer Bedeutung sind Randzuflüsse v. a. der Welser Heide ($1,1 \text{ m}^3/\text{s}$). Donauuferfiltrat stellt mit über $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ eine weitere wesentliche Komponente dar, insbesondere bei zusätzlicher Berücksichtigung des im Bereich der Stauraumdichtungen infiltrie-

renden Donauwassers (knapp 0,7 m³/s). Die örtliche Grundwasserneubildung durch Niederschlagsversickerung spielt für die Grundwasserbilanz nur eine untergeordnete Rolle (Amt der Oberösterreichischen Landesregierung 2004, 2020).

10.3.6 Grundwasser – Chemie und Monitoring

Die Geochemie des Aquifers ist überwiegend karbonatisch (H2O-Fachdatenbank, 2020).

Abbildung 56: Hauptionen des Grundwassers im Grundwasserkörper Linzer Becken – Darstellung in einem Piper-Furtak-Diagramm.

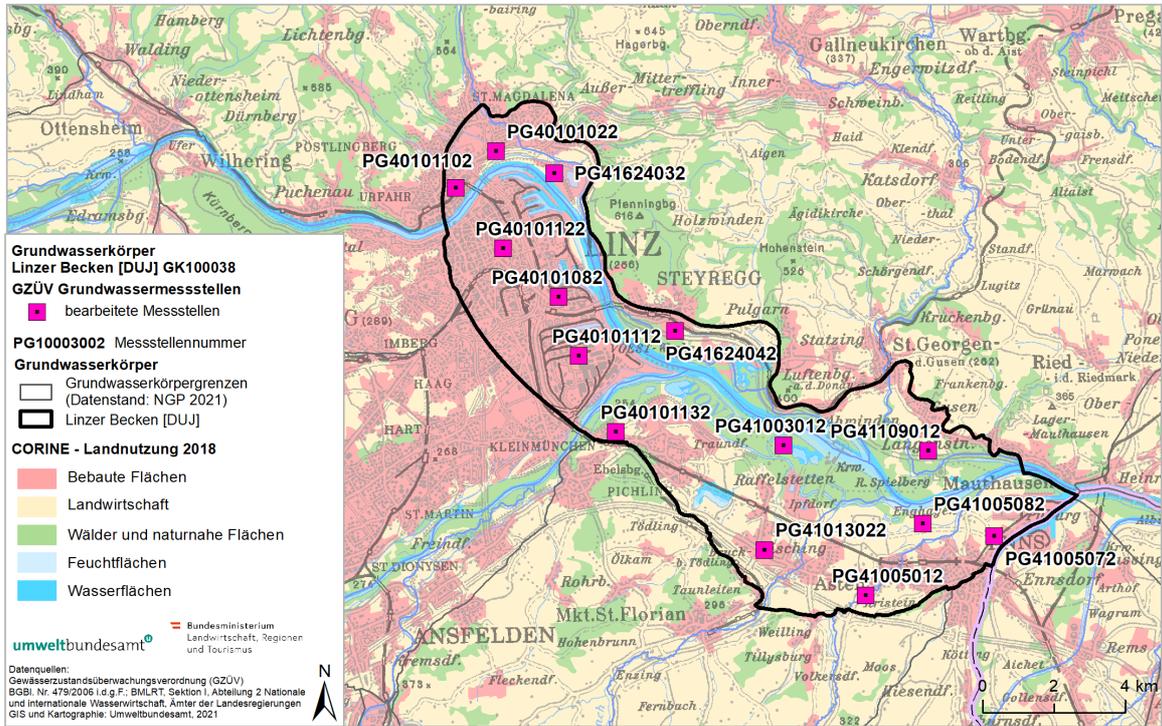


Quelle: GZÜV

Auswertung: Umweltbundesamt

10.3.7 Anthropogene Einflüsse

Abbildung 57: Landnutzung nach CORINE Land Cover im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ].



Quelle: GZÜV; CORINE Land Cover (CORINE 2018)

GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

Wasserentnahmen, künstliche Grundwasseranreicherung, Bauwerke, Industrieanlagen sowie die Landwirtschaft sind Faktoren, die zu einer Beeinträchtigung der Grundwasserqualität und mengenmäßigen Beeinflussung im Grundwasserkörper Linzer Becken führen können.

Tabelle 54: Landnutzung im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] nach CORINE Land Cover.

| Landnutzung nach CORINE | Anteil (%) |
|------------------------------|------------|
| Bebaute Fläche | 45,3 |
| Landwirtschaftliche Flächen | 26,5 |
| Wälder und naturnahe Flächen | 17,8 |
| Wasserflächen | 10,4 |

Quelle: CORINE Land Cover (CORINE 2018)

Auswertung: Umweltbundesamt

10.3.8 Literaturverzeichnis

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung (2004): Grundwasserbewirtschaftung Linz. Hydrologische und thermische Ist-Situation. Linz: OÖ Landesverlag.

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft (2020): Stellungnahme der Wasserwirtschaftlichen Planung. Grundwasserkörper Linzer Becken; anthropogene Beeinflussungen durch Wasserhaltungen.

CORINE (2018): CORINE Land Cover. Coordinated Information on the European Environment. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/umwelthemen/boden/rp-projekte/rp-corine>.

Vohryzka, K. (1973): Hydrologie von Oberösterreich. Linz: OÖ Landesverlag.

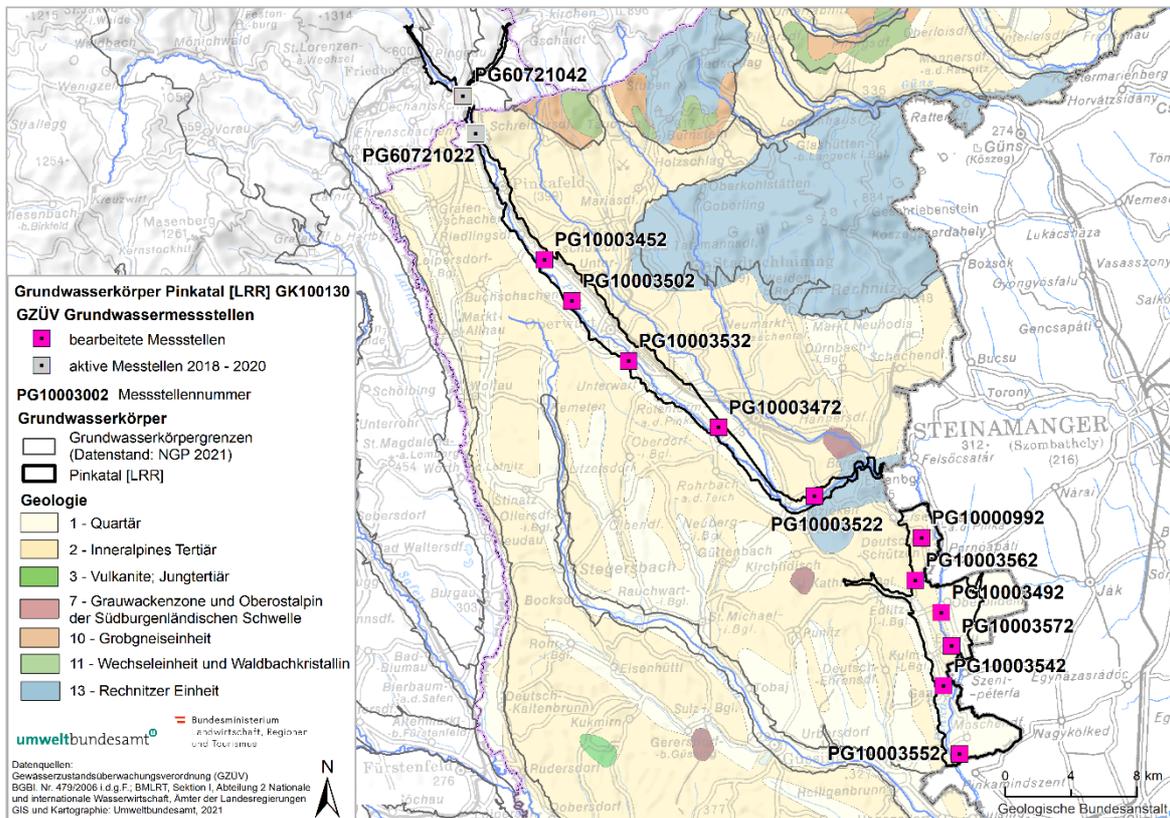
10.4 Pinkatal [LRR]

10.4.1 Allgemeines

Der grenzüberschreitende Einzelgrundwasserkörper Pinkatal [LRR] umfasst eine Fläche von 81 km², wobei ein nicht unwesentlicher Teil in Ungarn liegt. Die Längserstreckung beträgt

17 km, die maximale Breite 2 km. Wasserwirtschaftlich gliedert sich der oberflächennahe Porengrundwasserkörper in zwei Abschnitte. Das obere Pinkatal beginnt in der steirischen Friedberg-Pinkafelder Bucht, verläuft südöstlich durch den Oberwarter Bezirk bis zum Durchbruch durch den Eisenberg und hat eine Länge von 36 km und eine Maximalbreite von 2 km bei Großpetersdorf. Das untere Pinkatal beginnt nach dem Durchbruch durch den Eisenberg zunächst in Ungarn und verläuft abwechselnd grenzüberschreitend bis südlich von Moschendorf, wo die Pinka endgültig das österreichische Staatsgebiet verlässt.

Abbildung 58: Übersichtskarte Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen.



Quelle: GZÜV; Hintergrundkarte: Geologische Bundesanstalt
GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

Die Tertiärbucht von Friedberg-Pinkafeld als Randbucht des Steirischen Beckens greift weit nach Norden in den Gebirgskörper ein. Ihre Entstehung ist vorgezeichnet durch eine bedeutende Störung, die das (klassische) Wechselgebiet im Osten begrenzt und meistens durch Tertiärablagerungen (Sinnerrsdorfer Schichten, Karpat) markiert wird. Gegen Osten geht die

Pinkafelder Bucht in die Tertiärsenke mit auf- und vorgelagerten altpleistozänen Terras-sedimenten, meist aus umgelagerten tertiären Kiesen, Sanden und vor allem Schluffen, zwischen dem Günser Bergland und dem Eisenberggebiet über. Mit diesem beginnt die „Südburgenländische Schwelle“, die sich nach Südwesten bis St. Anna am Aigen erstreckt und das Steirische Becken von der Kleinen Ungarischen Tiefebene trennt.

Das tertiäre Hügelland stellt eine ausgedehnte Riedellandschaft mit breiten Sohlentälern dar. Die Entwässerung erfolgt in erster Linie durch Feistritz, Lafnitz und Pinka. Die Pinka und die Güns münden in Ungarn in die Raab (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.4.2 Grundwasserkörpergrenzen

Die Pinkafelder Bucht ist als Randbucht des Steirischen Beckens anzusehen. Im steirischen Oberlauf durchquert die Pinka die karpatischen Sinnersdorfer Schichten in feinkörniger-tonigschluffiger Matrix. Der Einzelgrundwasserkörper wird in weiterer Folge von marinen Kiessanden aus dem Badenium unterlagert und randlich begleitet. Ohne wesentlichen lithologischen Fazieswechsel folgen weiter flussabwärts sarmatische Kiessande. Mit schluffigen Sanden und Kieseinschaltungen folgt das Pannon und Pont unter und seitlich dem Talboden. Das untere Pinkatal durchfließt pontische limnische Sedimente mit Kohleflözen in feinklastischer schluffig-toniger Matrix. Wenige pleistozäne Terrassen begleiten die Pinka weiterhin in Österreich und Ungarn (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.4.3 Überlagernde Schichten

10.4.3.1 Bodentypen

Entsprechend der FAO-Soil Type Units Klassifizierung sind Dystric Fluvisol und Dystric Planosol die dominierenden Bodentypen des Grundwasserkörpers Pinkatal (H2O-Fachdatenbank, 2020). Weitere Bodentypen und ihre Verbreitung sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 55: Bodentypen im Grundwasserkörper Pinkatal gemäß FAO-Soil Type Units Klassifizierung.

| Boden – FAO-Soil Type Units | Anteil (%) |
|-----------------------------|------------|
| Dystric Fluvisol | 49,2 |
| Dystric Planosol | 30,3 |
| Eutric Planosol | 9,7 |
| Dystric Cambisol | 9,3 |
| Orthic Luvisol | 1,5 |

Quelle: H2O-Fachdatenbank 2020

10.4.3.2 Deckschicht und Flurabstand

Heterogene lithologische Zusammensetzung, lehmige Verwitterung, schluffig-pelitisches Bindemittel, was in beiden Fällen die Porendurchlässigkeit herabsetzt, sowie fallweise Verkittung und Sinterbildung durch sekundäre Karbonatfällung charakterisieren die Deckschichten im Pinkatal. Weiters finden sich noch Ausand und -lehm, Hochflutlehm und -sand sowie auch Schwemmsedimente. Die oftmalige Verlegung des mäandrierenden Flusslaufes im Quartär macht die wasserwirtschaftliche Validierung kompliziert. Dazu trägt auch noch die unterschiedlich mächtige Abdeckung mit geringdurchlässigen Deckschichten bei. Die Bandbreite der Mächtigkeit der Deckschichten reicht im Pinkatal von 0 m bis 6 m, wobei die mittlere Mächtigkeit bei 3 m liegt und der Flächenanteil der Deckschichten über 75 % beträgt. Die Petrografie der Deckschichten bietet zwar geogenen Schutz vor Verunreinigungen, es wird aber auch die Grundwasserneubildung infolge Hemmung der Versickerung von 167 mm/a (oberhalb Oberwart) bis auf 106 mm/a bis zum Eisenberger Durchbruch reduziert (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.4.4 Grundwasserleiter

10.4.4.1 Druckverhältnisse

Das oberflächennahe Grundwasser ist vorwiegend ungespannt (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.4.4.2 Aquifermächtigkeit

Die Bandbreite der Aquifermächtigkeit erstreckt sich von 0 m bis 16 m und beträgt im Mittel 5,5 m (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.4.4.3 Grundwasserstauer

Die Pinka durchfließt zwischen Oberwart bis Burg am Eisenberg hauptsächlich Serien des Pont, die regional leicht nach Süden einfallen. Das Liegende des Pont wird überwiegend durch mergelig-tonige Serien des Pannon gebildet, die in größerer Tiefe wohl als Wasserstauer wirken dürften. Auch im Oberlauf der Pinka bilden die Schluffe des Pont den Grundwasserstauer (Heinz-Arvand, 1983). Im steirischen Oberlauf durchquert die Pinka außerdem auch die karpatischen Sinnersdorfer Schichten (v. a. Konglomerate), eine durch tropische chemische Verwitterung gekennzeichnete Murenschuttablagerung mit bis zu einem Kubikmeter großen Blöcken. Diese sind in feinkörniger tonig-schluffiger Matrix als nahezu undurchlässiger Stauer zu bewerten.

Der in der Talfüllung ausgebildete Einzelgrundwasserkörper wird in weiterer Folge von den dem Karpat auflagernden marinen Kiessanden aus dem Badenium unterlagert und randlich begleitet. Ohne wesentlichen lithologischen Fazieswechsel folgen weiter flussabwärts sarmatische Kiessande.

Südlich des Pinkafeldes, noch vor Riedlingsdorf, setzt unter und seitlich des Talbodens das Pannon und Pont mit schluffigen Sanden und Kieseinschaltungen ein. Diese eher stauenden Sedimente werden stellenweise von Erosionsrelikten altpleistozäner Terrassen oder in das Tertiär denudierten Fluren ohne Sedimentkörper begleitet (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.4.4.4 Mächtigkeit des Grundwasserkörpers

Die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers erstreckt sich im Pinkatal über eine Bandbreite von 0 m bis 14 m und beläuft sich auf eine mittlere Mächtigkeit von 4,5 m (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.4.4.5 Petrographie des Grundwasserleiters

Der Grundwasserleiter wird überwiegend aus Sand-Kieskörpern (vorwiegend Kristallin- und Quarzkomponenten) und Sedimenten des mäandrierenden Flusses aufgebaut, die dem Quartär entstammen. Nebenanteile der Petrographie bilden siltiger und schluffiger Sande (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.4.4.6 Grundwasserabflussrichtungen und Verweilzeiten

Im oberen Pinkatal bis in den Raum Kotezicken besteht im Wesentlichen eine nach Südost gerichtete Grundwasserströmungsrichtung.

10.4.4.7 Hydraulische Leitfähigkeit und Abstandsgeschwindigkeiten

Die mittlere hydraulische Durchlässigkeit ist hoch und liegt bei $1,8 \cdot 10^{-3}$ m/s. Anhand von Pump- und Messversuchen wurden Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen 10^{-4} m/s (langsamer Teil) und 10^{-2} m/s (rascher Teil) ermittelt (H2O-Fachdatenbank, 2020).

Für das obere Pinkatal nördlich Pinkafeld und im Raum Oberwart wurden durch Pumpversuche und Ein-Bohrloch-Isotopenverdünnungsversuche Werte für die Filtergeschwindigkeit (v_f), Durchlässigkeit (k_f) und das nutzbare Porenvolumen (P^*) ermittelt (Tabelle 56). Die Brunnenenergiebigkeiten liegen allgemein unter 4 l/s (maximal bei 10 l/s in Deutsch-Schützen) bei Absenkungen bis zu 2 m.

Tabelle 56: Filtergeschwindigkeit, Durchlässigkeit und nutzbares Porenvolumen im oberen Pinkatal.

| | Oberes Pinkatal | Oberwart |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Filtergeschwindigkeit v_f | ca. $5 \cdot 10^{-4}$ cm/s | ca. $1 \cdot 10^{-3}$ cm/s |
| Durchlässigkeit k_f | $10^{-3} - 10^{-5}$ m/s | um 10^{-3} m/s |
| Nutzbares Porenvolumen P^* | 5–20 % | 5–13 % |

Quelle: H2O-Fachdatenbank 2020

10.4.5 Grundwasserbilanz

10.4.5.1 Niederschlag und Evaporation

Die langfristige mittlere Jahresniederschlagssumme beträgt 715 mm mit einem Schwankungsbereich von 640 mm bis 963 mm (H2O-Fachdatenbank, 2020).

10.4.5.2 Grundwasserneubildung

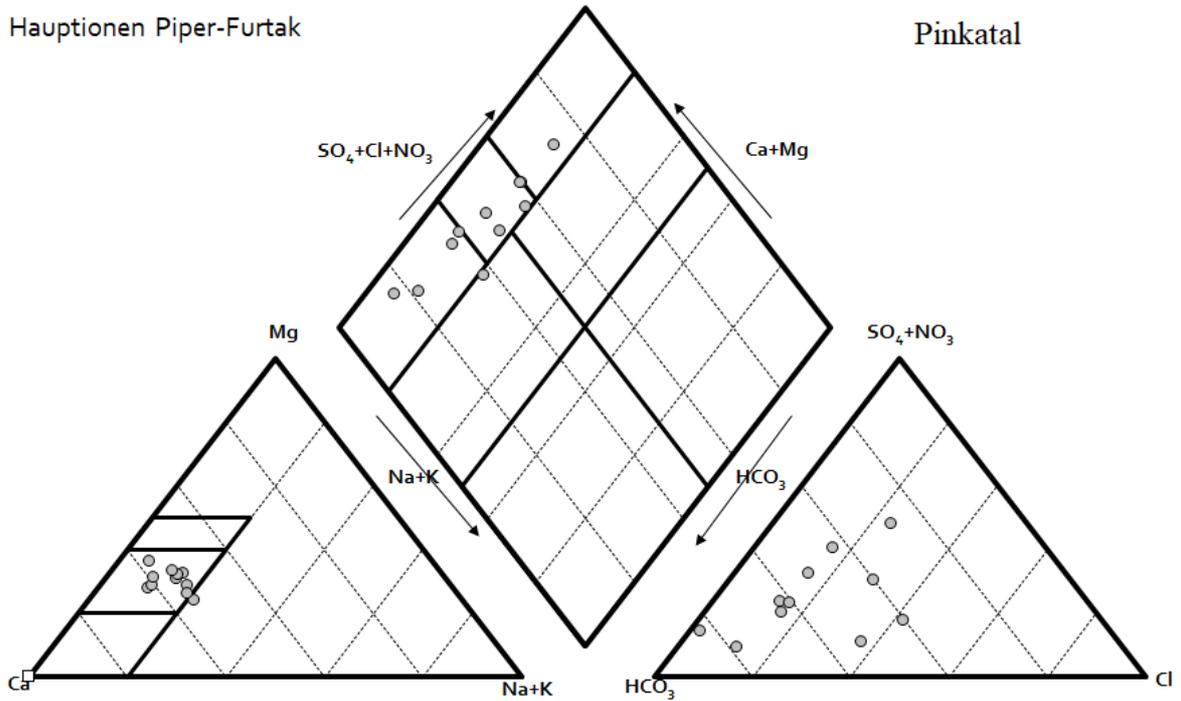
Den Hauptteil der Grundwasserneubildung stellt die Versickerung von Oberflächenwasser dar. Von untergeordneter Bedeutung sind Versickerung von Niederschlägen und Grundwasserzuström. Die Abflussziffer – sie gibt den Anteil der Gebietsniederschlagsmenge an, die an der Austrittsstelle des betreffenden Gebietes zum Abfluss kommt – beträgt nur 10 % oder weniger. Noch geringer ist der Anteil des Jahresniederschlags, welcher infiltriert und längerfristig gespeichert, wieder abgegeben wird. Dieser grundwasserbürtige Abflussanteil A_u kann nach mehrmalig wiederholten hydrometrischen Simultanmessungen während Trockenperioden (Kollmann 1981-1983) für tertiäre Einzugsgebiete des Südburgenlandes mit $30 + 4$ mm/a beziffert werden (H2O-Fachdatenbank, 2020).

Im Pinkatal sind gehäuft geringe elektrische Leitfähigkeiten zu verzeichnen, so z. B. im Bereich Pinkafeld, wo Werte um 150 bis 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ typisch sind, was als Hinweis auf rasch zirkulierende Grundwassersysteme gewertet wird (Schubert, 2015).

10.4.6 Grundwasser – Chemie und Monitoring

Die Geochemie des Aquifers ist überwiegend silikatisch (H2O-Fachdatenbank, 2020).

Abbildung 59: Hauptionen des Grundwassers im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] – Darstellung in einem Piper-Furtak-Diagramm.



Quelle: GZÜV

Auswertung: Umweltbundesamt

10.4.7 Anthropogene Einflüsse

Landwirtschaft, Wasserentnahmen und Deponien stellen potentielle anthropogene Einflüsse auf die Grundwasserverhältnisse im Pinkatal dar.

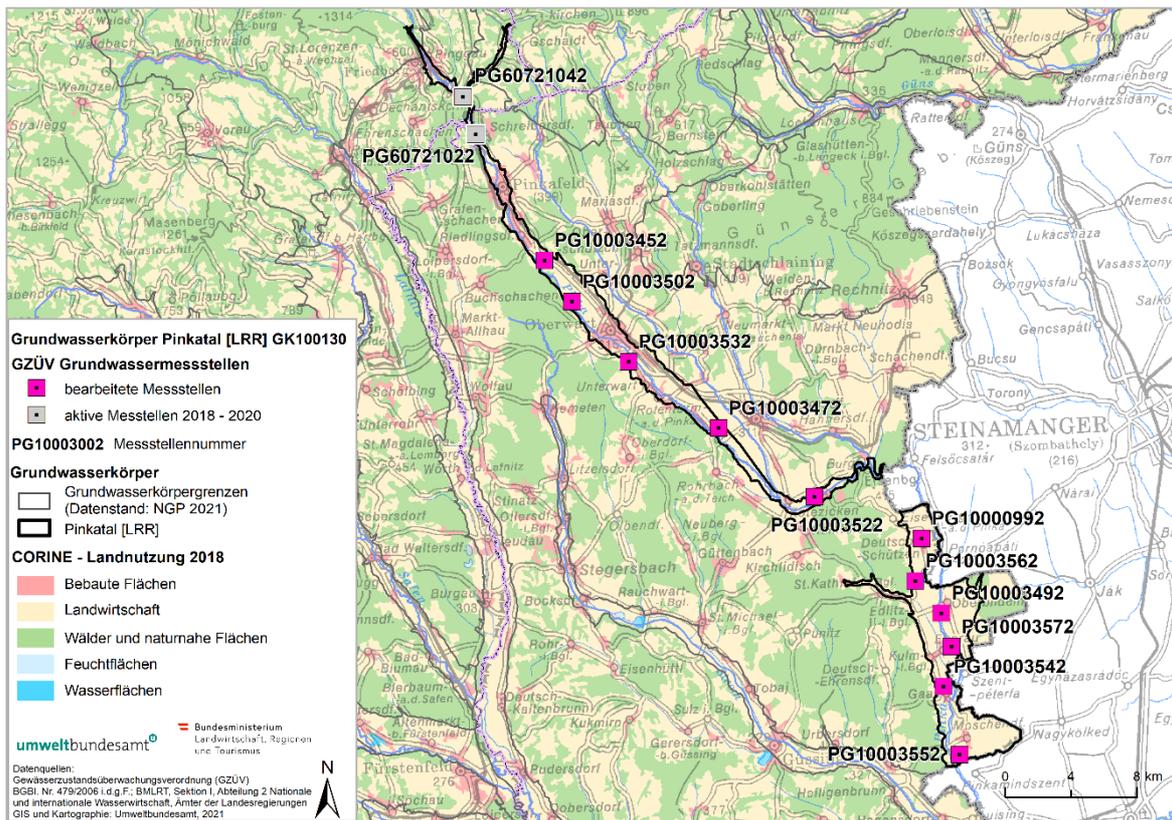
Tabelle 57: Landnutzung im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] nach CORINE Land Cover.

| Landnutzung nach CORINE | Anteil (%) |
|------------------------------|------------|
| Bebaute Fläche | 17,3 |
| Landwirtschaftliche Flächen | 78,5 |
| Wälder und naturnahe Flächen | 4,2 |

Quelle: CORINE Land Cover (CORINE 2018)

Auswertung: Umweltbundesamt

Abbildung 60: Landnutzung nach CORINE Land Cover im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR].



Quelle: GZÜV; CORINE Landcover (2018)

GIS und Kartographie: Umweltbundesamt

10.4.8 Literaturverzeichnis

CORINE (2018): CORINE Land Cover. Coordinated Information on the European Environment. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/rp-projekte/rp-corine>.

H2O-Fachdatenbank (2020): Erhebung der Wassergüte in Österreich gemäß Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.; BMNT, Abteilung I / 3 Nationale und internationale Wasserwirtschaft; Ämter der Landesregierungen.

Heinz-Arvand, M. (1983): Hydrogeologische Untersuchungen im südlichen Burgenland (Pinka-, Raab-, Lafnitztal). In: Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt/Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt; 1982, S. 179–195.

Kollmann, W. (1981): Wasserhöffigkeitskarte für die Bezirke Oberwart, Güssing, Jennersdorf: Zwischenbericht für den Zeitraum März 1981 bis September 1981. Wien.

Kollmann, W.F.H. (1982): Wasserhöffigkeitskarte für die Bezirke Oberwart, Güssing, Jennersdorf: Zwischenbericht für den Zeitraum Jänner 1982 bis September 1982. Wien.

Kollmann, W.F.H. (1983): Wasserhöffigkeitskarte für die Bezirke Oberwart, Güssing, Jennersdorf: Zwischenbericht für den Zeitraum Jänner bis September 1983. Wien.

Schubert, G. (2015): Trinkbare Tiefengrundwässer in Österreich. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt. Wien: Geologische Bundesanstalt (Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Band 64).

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Ausgewählte Grundwasserkörper..... | 11 |
| Tabelle 2: Messstellentyp und -teufe sowie Landnutzung, geologische Klasse und Teilbereich des Grundwasserkörpers der beprobten Messstellen im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR]..... | 32 |
| Tabelle 3: Vor-Ort-Parameter der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] im Jahr 2019..... | 36 |
| Tabelle 4: Haptionen der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] im Jahr 2019..... | 40 |
| Tabelle 5: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG60819022 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 49 |
| Tabelle 6: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60811012, PG60814052, PG60814022, PG60814012, PG60814082 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 50 |
| Tabelle 7: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG60806072 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 51 |
| Tabelle 8: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60804102, PG60804262, PG60804222 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 53 |
| Tabelle 9: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60804022, PG60804062, PG60804072 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 54 |
| Tabelle 10: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60824032, PG60824202 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 55 |
| Tabelle 11: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG60824112 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 56 |
| Tabelle 12: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60914212, PG60824042, PG60905192 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 57 |
| Tabelle 13: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60907172, PG60907322, PG60901132 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 58 |
| Tabelle 14: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60809022, PG60809042 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 59 |
| Tabelle 15: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG60803132, PG60823122, PG60809062, PG60809232 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 61 |
| Tabelle 16: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstellen PG60905242 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 62 |
| Tabelle 17: Messstellentyp und -teufe sowie Landnutzung und geologische Klasse der beprobten Messstellen im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ]..... | 66 |

| | |
|--|-----|
| Tabelle 18: Vor-Ort-Parameter der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] im Jahr 2019..... | 67 |
| Tabelle 19: Haptionen der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] im Jahr 2019..... | 69 |
| Tabelle 20: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10002812 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 77 |
| Tabelle 21: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG10002832 sowie PG10000482 und ausgewählte Isotopenparameter. | 78 |
| Tabelle 22: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10002862 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 79 |
| Tabelle 23: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003802 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 80 |
| Tabelle 24: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10000442 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 81 |
| Tabelle 25: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10000592 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 82 |
| Tabelle 26: Messstellentyp und -teufe sowie Landnutzung und geologische Klasse der beprobten GZÜV-Messstellen im Grundwasserkörper Linzer Becken..... | 86 |
| Tabelle 27: Messstellentyp und -teufe sowie Landnutzung und geologische Klasse der beprobten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörper Linzer Becken. | 88 |
| Tabelle 28: Haptionen der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Linzer Becken im Jahr 2019. | 90 |
| Tabelle 29: Vor-Ort-Parameter der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Linzer Becken im Jahr 2019..... | 91 |
| Tabelle 30: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG40101102 sowie PG40101022 und ausgewählte Isotopenparameter. | 104 |
| Tabelle 31: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG40101122, PG40101082, PG40101112, PG40101132 und ausgewählte Isotopenparameter. | 105 |
| Tabelle 32: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG41624032, PG41624042 und ausgewählte Isotopenparameter. | 106 |
| Tabelle 33: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG41003012, PG41013022 und ausgewählte Isotopenparameter. | 107 |
| Tabelle 34: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstellen PG41109012 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 108 |
| Tabelle 35: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG41005012, PG41005082, PG41005072 und ausgewählte Isotopenparameter. | 109 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 36: Mittlere Verweilzeitkategorien der zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Bereich Heilham und ausgewählte Isotopenparameter..... | 110 |
| Tabelle 37: Mittlere Verweilzeitkategorien der zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Bereich Plesching und ausgewählte Isotopenparameter..... | 111 |
| Tabelle 38: Messstellentyp und -teufe sowie Landnutzung und geologische Klasse der beprobten Messstellen im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR]..... | 116 |
| Tabelle 39: Vor-Ort-Parameter der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] im Jahr 2019..... | 118 |
| Tabelle 40: Haptionen der untersuchten Grundwassermessstellen im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] im Jahr 2019. | 120 |
| Tabelle 41: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003452 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 129 |
| Tabelle 42: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG10003502 und PG10003532 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 130 |
| Tabelle 43: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003472 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 131 |
| Tabelle 44: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003522 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 132 |
| Tabelle 45: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG10000992 sowie PG10003562 und ausgewählte Isotopenparameter. | 133 |
| Tabelle 46: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003492 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 134 |
| Tabelle 47: Mittlere Verweilzeitkategorien der Messstellen PG10003572 sowie PG10003542 und ausgewählte Isotopenparameter. | 135 |
| Tabelle 48: Mittlere Verweilzeitkategorie der Messstelle PG10003552 und ausgewählte Isotopenparameter..... | 136 |
| Tabelle 49: Bodentypen im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden gemäß FAO-Soil Type Units Klassifizierung..... | 147 |
| Tabelle 50: Landnutzung im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] nach CORINE Land Cover..... | 152 |
| Tabelle 51: Bodentypen im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] gemäß FAO-Soil Type Units Klassifizierung..... | 156 |
| Tabelle 52: Landnutzung im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] nach CORINE Land Cover..... | 159 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 53: Bodentypen im Grundwasserkörper Linzer Becken gemäß FAO-Soil Type Units Klassifizierung..... | 162 |
| Tabelle 54: Landnutzung im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] nach CORINE Land Cover..... | 168 |
| Tabelle 55: Bodentypen im Grundwasserkörper Pinkatal gemäß FAO-Soil Type Units Klassifizierung..... | 171 |
| Tabelle 56: Filtergeschwindigkeit, Durchlässigkeit und nutzbares Porenvolumen im oberen Pinkatal..... | 174 |
| Tabelle 57: Landnutzung im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] nach CORINE Land Cover..... | 176 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Schematisches Diagramm idealisierter Bedingungen in einem Grundwasserleiter mit den entsprechenden Transferfunktionen und erwarteten Verweilzeitverteilungen. | 13 |
| Abbildung 2: Schematische Darstellung der Bandbreite von Grundwasserverweilzeiten in einem hydrogeologischen System. | 15 |
| Abbildung 3: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen den saisonalen Schwankungen der Sauerstoff-18-Konzentrationen im Niederschlag und im Grundwasser. | 18 |
| Abbildung 4: Sauerstoff-18- und Deuteriumwerte von Grundwasserproben im Vergleich zum Niederschlag in Graz (2005–2014). | 19 |
| Abbildung 5: Vergleich der Zeitreihe von Tritium im Niederschlag von Innsbruck und verschiedener modellierter Verweilzeitverteilungen mit exemplarischen Tritiumgehalten im Grundwasser. | 22 |
| Abbildung 6: Tritium und sein Zerfallsprodukt Helium-3 (linke Seite). Verlust von Helium-3 in der ungesättigten Zone (rechte Seite). | 24 |
| Abbildung 7: Heliumkomponenten exemplarischer Grundwasserproben. | 25 |
| Abbildung 8: Zeitreihe der Tritiumkonzentrationen des Niederschlags in Graz (1961–2014) im Vergleich zu den unter Annahme von Piston-Flow-Bedingungen berechneten Infiltrationszeitpunkten der exemplarischen Grundwasserproben. | 27 |
| Abbildung 9: Übersichtskarte Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen. | 32 |
| Abbildung 10: Isolinienkarte des Grundwasserstandes in Teilen des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR] für Niederwasser- (nGW, links) und Hochwasserbedingungen (hGW, rechts). | 35 |
| Abbildung 11: Hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] – Äquivalentsumme der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium in Gegenüberstellung zur Äquivalentkonzentration von Hydrogenkarbonat.. | 39 |
| Abbildung 12: Mittelwerte der Deuterium-($\delta^2\text{H}$)- und Sauerstoff-18- ($\delta^{18}\text{O}$)-Verhältnisse des Grundwassers bei den ausgewählten Messstellen des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR] im Vergleich zu Mur, Pölsfluss, Ingeringbach und Granitzenbach sowie dem Niederschlag auf der Planneralm (2010–2019). | 42 |
| Abbildung 13: Ausschnitt aus dem $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR]. | 43 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 14: Heliumkomponenten im Grundwasser – Darstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - versus Ne/He-Verhältnisse von ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR]. | 44 |
| Abbildung 15: Helium-(^4He)- und Neon-Konzentrationen in den Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR]. | 45 |
| Abbildung 16: Tritiumkonzentrationen im Grundwasser des Grundwasserkörpers Aichfeld-Murboden [MUR] im Vergleich zum Niederschlag der Messstation Planneralm (Jahresmittelwerte und zweijähriger gleitender Mittelwert). | 47 |
| Abbildung 17: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR]. | 48 |
| Abbildung 18: Übersichtskarte Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen. | 65 |
| Abbildung 19: Hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] – Äquivalentsumme der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium in Gegenüberstellung zur Äquivalentkonzentration von Hydrogenkarbonat. | 68 |
| Abbildung 20: Mittelwerte der Deuterium- ($\delta^2\text{H}$)- und Sauerstoff-18- ($\delta^{18}\text{O}$)-Verhältnisse des Grundwassers bei den ausgewählten Messstellen des Grundwasserkörpers Heideboden [DUJ] im Vergleich zu Leitha und Wiesgraben sowie dem Niederschlag in Podersdorf (2010–2019). | 70 |
| Abbildung 21: Ausschnitt aus dem $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm des Grundwasserkörpers Heideboden [DUJ]. | 71 |
| Abbildung 22: Heliumkomponenten im Grundwasser – Darstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - versus Ne/He-Verhältnisse von ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Heideboden [DUJ]. | 72 |
| Abbildung 23: Helium-(^4He)- und Neon-Konzentrationen in den Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Heideboden [DUJ]. | 73 |
| Abbildung 24: Tritiumkonzentrationen an ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Heideboden [DUJ] im Vergleich zum Niederschlag der Messstation Podersdorf (gewichtete Jahres-, Sommer- und Wintermittel sowie 2-jährige gleitende Mittelwerte). | 74 |
| Abbildung 25: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ]. | 76 |
| Abbildung 26: Übersichtskarte Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen. | 86 |
| Abbildung 27: Hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] – Äquivalentsumme der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium in Gegenüberstellung zur Äquivalentkonzentration von Hydrogenkarbonat. | 89 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 28: Mittelwerte der Deuterium- ($\delta^2\text{H}$)- und Sauerstoff-18- ($\delta^{18}\text{O}$)-Verhältnisse des Grundwassers bei den ausgewählten Messstellen des Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ] im Vergleich zu Donau, Enns, Kristeiner Bach, Großer Haselbach (Diesleitenbach) sowie dem Niederschlag in Pöstlingberg (2010–2019). | 92 |
| Abbildung 29: Ausschnitt aus dem $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm des Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ]..... | 93 |
| Abbildung 30: Mittelwerte der Deuterium- ($\delta^2\text{H}$) und Sauerstoff-18- ($\delta^{18}\text{O}$)-Verhältnisse des Grundwassers bei den zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ] im Vergleich zu Donau, Enns, Kristeiner Bach, Großer Haselbach (Diesleitenbach) sowie dem Niederschlag in Pöstlingberg (2010–2019)..... | 95 |
| Abbildung 31: Ausschnitt aus dem $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm der zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ]. | 96 |
| Abbildung 32: Heliumkomponenten im Grundwasser – Darstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - versus Ne/He-Verhältnisse von ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ]. | 97 |
| Abbildung 33: Heliumkomponenten im Grundwasser – Darstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - versus Ne/He-Verhältnisse von zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ]..... | 98 |
| Abbildung 34: Helium-(^4He)- und Neon-Konzentrationen in den Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ]. | 99 |
| Abbildung 35: Helium-(^4He)- und Neon-Konzentrationen in den zusätzlich untersuchten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ]. | 100 |
| Abbildung 36: Tritiumkonzentrationen an ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Linzer Becken [DUJ] im Vergleich zum Niederschlag der Messstation Pöstlingberg (gewichtete Jahres-, Sommer- und Wintermittel sowie 2-jährige gleitende Mittelwerte). | 101 |
| Abbildung 37: Tritiumkonzentrationen an den zusätzlich ausgewählten Messstellen eines Wasserversorgers im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] im Vergleich zum Niederschlag der Messstation Pöstlingberg (gewichtete Jahres-, Sommer- und Wintermittel sowie 2-jährige gleitende Mittelwerte)..... | 102 |
| Abbildung 38: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten GZÜV-Messstellen im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ]. | 103 |
| Abbildung 39: Übersichtskarte Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen. | 115 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 40: Hydrochemische Unterscheidung der Grundwässer im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] – Äquivalentsumme der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium in Gegenüberstellung zur Äquivalentkonzentration von Hydrogenkarbonat. | 120 |
| Abbildung 41: Mittelwerte der Deuterium- ($\delta^2\text{H}$)- und Sauerstoff-18- ($\delta^{18}\text{O}$)-Verhältnisse des Grundwassers bei den ausgewählten Messstellen des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR] im Vergleich zu Pinka und Rodlingbach sowie dem Niederschlag in Graz (2010–2019)..... | 122 |
| Abbildung 42: Ausschnitt aus dem $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR]..... | 123 |
| Abbildung 43: Heliumkomponenten im Grundwasser - Darstellung der $^3\text{He}/^4\text{He}$ - versus Ne/He-Verhältnisse von ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR]..... | 125 |
| Abbildung 44: Helium- (^4He)- und Neon-Konzentrationen in den Grundwasserproben des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR]..... | 126 |
| Abbildung 45: Tritiumkonzentrationen an ausgewählten Grundwassermessstellen des Grundwasserkörpers Pinkatal [LRR] im Vergleich zum Niederschlag der Messstation Graz (gewichtete Jahres-, Sommer- und Wintermittel sowie 2-jährige gleitende Mittelwerte). | 127 |
| Abbildung 46: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR]. | 128 |
| Abbildung 47: Übersichtskarte Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen..... | 146 |
| Abbildung 48: Modellierte GW-Flurabstände (hGW) im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden..... | 148 |
| Abbildung 49: Grundwassermächtigkeiten im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden. . | 149 |
| Abbildung 50: Hauptionen des Grundwassers im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden – Darstellung in einem Piper-Furtak-Diagramm. | 152 |
| Abbildung 51: Landnutzung nach CORINE Land Cover im Grundwasserkörper Aichfeld-Murboden [MUR]. | 153 |
| Abbildung 52: Übersichtskarte Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen..... | 155 |
| Abbildung 53: Hauptionen des Grundwassers im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ] - Darstellung in einem Piper-Furtak-Diagramm. | 159 |
| Abbildung 54: Landnutzung nach CORINE Land Cover im Grundwasserkörper Heideboden [DUJ]. | 160 |
| Abbildung 55: Übersichtskarte Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen..... | 161 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 56: Hauptionen des Grundwassers im Grundwasserkörper Linzer Becken – Darstellung in einem Piper-Furtak-Diagramm. | 166 |
| Abbildung 57: Landnutzung nach CORINE Land Cover im Grundwasserkörper Linzer Becken [DUJ]. | 167 |
| Abbildung 58: Übersichtskarte Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] mit den ausgewählten GZÜV-Messstellen. | 169 |
| Abbildung 59: Hauptionen des Grundwassers im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR] – Darstellung in einem Piper-Furtak-Diagramm. | 175 |
| Abbildung 60: Landnutzung nach CORINE Land Cover im Grundwasserkörper Pinkatal [LRR]..... | 176 |

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

Stubenring 1, 1010 Wien

bmlrt.gv.at