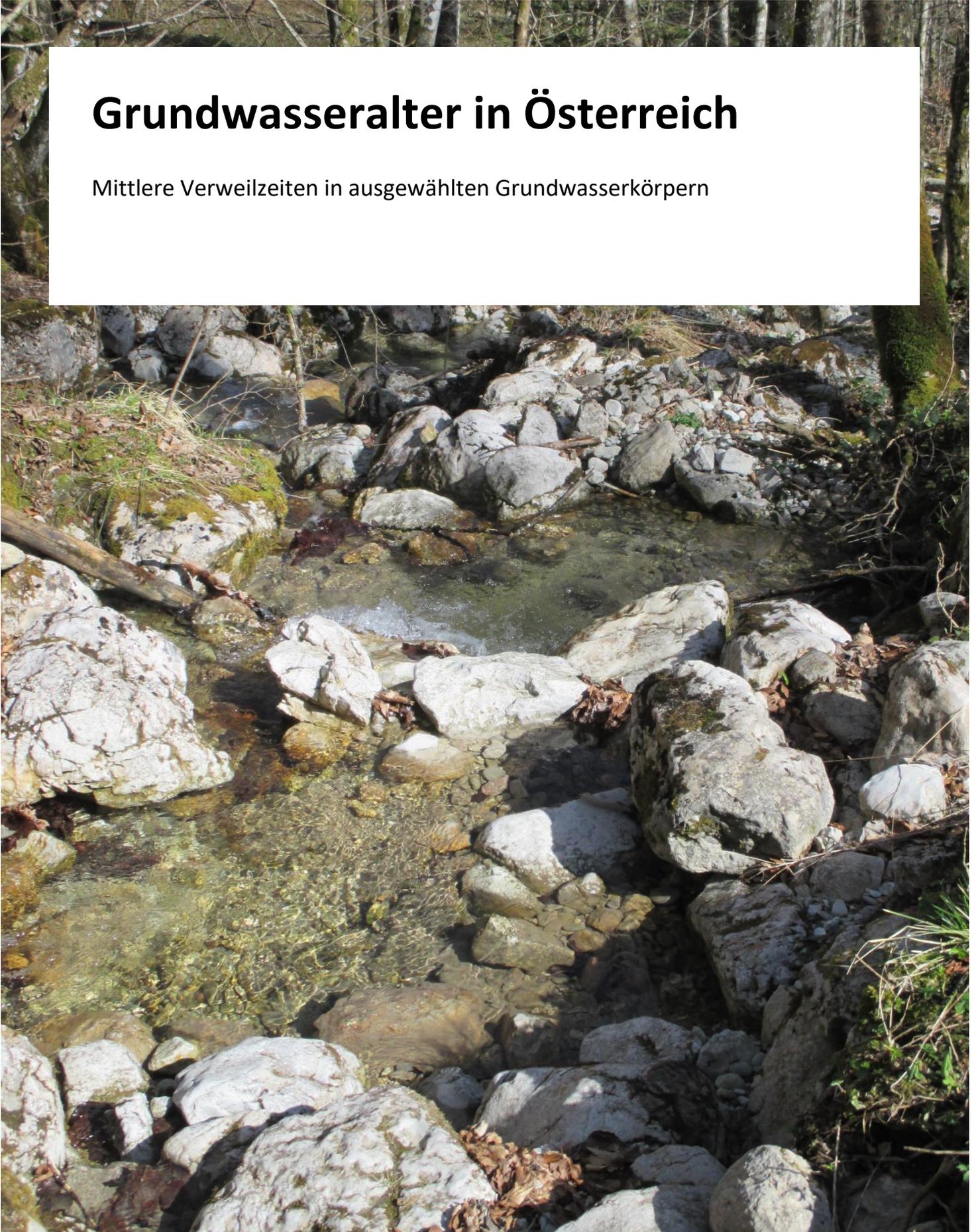


Grundwasseralter in Österreich

Mittlere Verweilzeiten in ausgewählten Grundwasserkörpern



Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus
Stubenring 1, 1010 Wien

Autorinnen und Autoren: Heike Brielmann, Franko Humer, Christina Schartner, Uta Wemhöner

Gesamtumsetzung: Uta Wemhöner, Umweltbundesamt

Fotonachweis/©: Rudolf Philippitsch: Abb. 2, 8, 19, 29, 35, 64, 67, 69; Elisabeth Stadler, Umweltbundesamt: Titelseite, Abb. 13, 26, 33, 57; Heike Brielmann: Abb. 5 links; P. Staubmann: Abb. 5, rechts; Gemeinde Neutal: Abb. 15; Reinhard Mandl / Waldviertel Tourismus: Abb. 27; Archiv Presseabteilung Land Oberösterreich: Abb. 41; Bergmann / vulkanland.at: Abb. 52; Gemeinde Lafnitz: Abb. 54; Andrea Bund / Naturpark Südsteiermark: Abb. 60; Hans Gschnitzer / Tirol Atlas: Abb. 62; Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abt. Raumplanung: Abb. 70; Gemeinde Mittelberg: Abb. 72.

Wien, März 2021

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

1 Einleitung	6
2 Methodik	9
2.1 Mittlere Verweilzeit	9
2.2 Bestimmung von Mittleren Grundwasserverweilzeiten	13
2.3 Sauerstoff-18 und Deuterium (² H).....	15
2.4 Tritium (³ H)	17
2.5 Tritium/Helium-3	18
2.6 Umfang und Art der Untersuchungen	19
3 Burgenland	22
3.1 GK100146 Hügelland Rabnitz [LRR]	22
3.2 GK100128 Ikvatal [LRR].....	23
3.3 GK100021 Parndorfer Platte [LRR]	24
3.4 GK100134 Seewinkel [LRR]	25
3.5 GK100135 Stooberbachtal [LRR]	27
3.6 GK100136 Stremtal [LRR]	29
3.7 GK100081 Wulkatal [LRR].....	30
4 Kärnten	33
4.1 GK100062 Jauntal [DRA].....	33
4.2 GK100059 Drautal [DRA] – Kärntner Anteil.....	35
4.3 GK100060 Gailtal [DRA]	37
4.4 GK100064 Krappfeld [DRA].....	38
4.5 GK100077 Südliche Kalkalpen [DRA]	40
5 Niederösterreich	43
5.1 GK100094 Böhmisches Masse [MAR]	43
5.2 GK100020 Marchfeld [DUJ]	45
5.3 GK100024 Südliches Wiener Becken [DUJ]	47
5.4 GK100176 Südliches Wiener Becken-Ostrand [DUJ]	48
5.5 GK100178 Südliches Wiener Becken-Ostrand [LRR]	50
5.6 GK100026 Tullnerfeld [DUJ]	52
5.7 GK100035 Weinviertel [DUJ]	54
5.8 GK100095 Weinviertel [MAR].....	55
5.9 GK100188 Flyschzone [DUJ] – Teil Niederösterreich und Wien.....	56
6 Oberösterreich	58
6.1 GK100036 Eferdinger Becken [DUJ]	58

6.2	GK100019 Machland [DUJ]	59
6.3	GK100045 Welser Heide [DUJ]	61
6.4	GK100188 Flyschzone [DUJ] – Teil Oberösterreich	62
6.5	GK100201 Kremstal [DUJ].....	64
6.6	GK100202 Zwischen Alm und Krems [DUJ]	65
6.7	GK100203 Zwischen Krems und Moosbachl [DUJ].....	66
6.8	GK100204 Traun und Zubringertäler [DUJ]	68
6.9	GK100205 Zwischen Vöckla und Traun [DUJ].....	69
7	Salzburg	71
7.1	GK100006 Unteres Salzbachtal [DBJ]	71
8	Steiermark	73
8.1	GK100097 Grazer Feld (Graz/Andritz – Wildon) [MUR]	73
8.2	GK100183 Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR]	74
8.3	GK100129 Lafnitztal [LRR]	76
8.4	GK100098 Leibnitzer Feld [MUR]	78
8.5	GK100039 Mittleres Ennstal (Trautenfels bis Gesäuse) [DUJ].....	79
8.6	GK100102 Unteres Murtal [MUR]	81
8.7	GK100123 Weststeirisches Hügelland [MUR]	83
9	Tirol	85
9.1	GK100002 Inntal [DBJ]	85
9.2	GK100059 Drautal [DRA] – Tiroler Anteil	87
9.3	GK100010 Zentralzone [DBJ] – Tiroler Anteil	89
10	Vorarlberg.....	91
10.1	GK100149 Rheintal [RHE]	91
10.2	GK100153 Molasse und nördliche Flyschzone [RHE]	93
10.3	GK100155 Südliche Flyschzone [RHE]	95
10.4	GK100016 Südliche Flyschzone [DBJ]	97
	Abbildungsverzeichnis.....	99
	Literaturverzeichnis	103
	Abkürzungen.....	107

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 Grundwasseralter-Berichten 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. -trächtigkeit ist mit Hilfe des Einsatzes von isotopehydrologischen Messungen (Sauerstoff-18, Tritium/Helium-3 etc.) und Spurengasen (FCKW, SF₆ 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. In den Grundwasseralter-Berichten wird ein statistisch flächenhafter Überblick über die mittleren Verweilzeiten in den obersten genutzten Grundwasserstockwerken in Österreich gegeben.

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 Wasser-rahmenrichtlinie 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 Höhe von Einzugsgebieten, was wiederum eine Basis für praktische Umsetzungen wie Einrichtungen und Bemessungen von Wasserschutzgebieten, Festlegung von Entnahmekonsensmengen etc. darstellen kann.

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die Ergebnisse aus den bisherigen Grundwasseralter-Studien (Stand März 2021, siehe Abbildung 1). Details sind den jeweiligen Endberichten zu entnehmen.

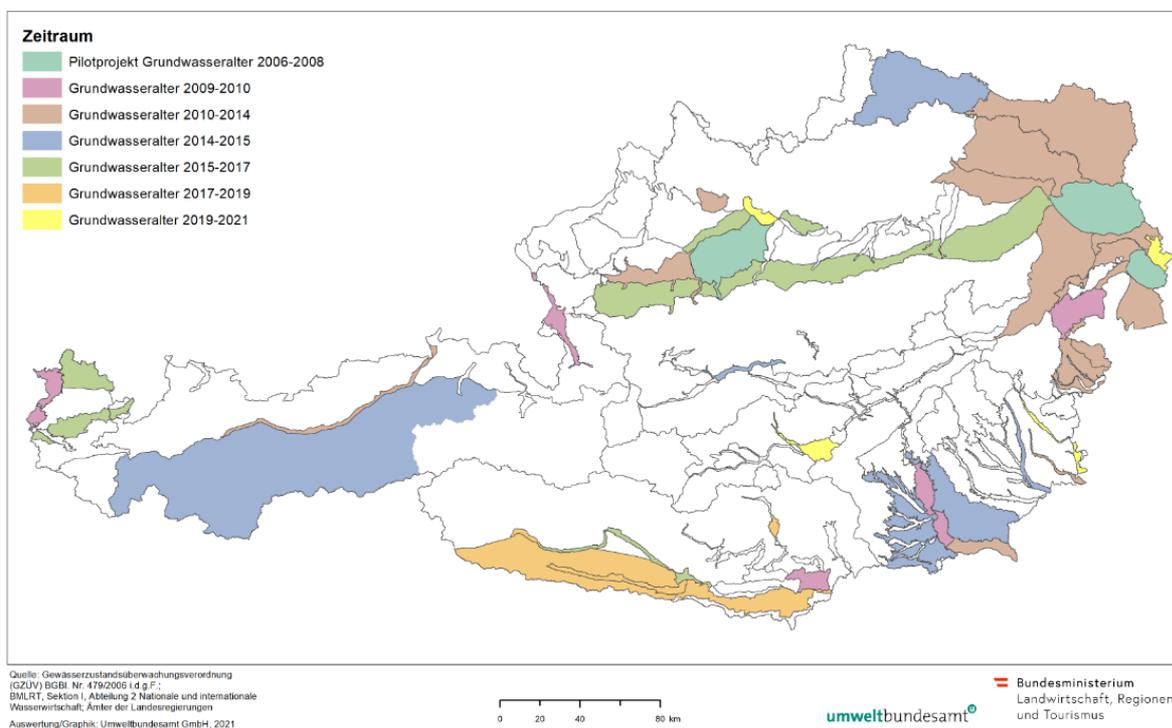
Bis dato wurden die Mittleren Verweilzeiten des Grundwassers in folgenden Grundwasserkörpern bestimmt:

- Marchfeld, Parndorfer Platte, Traun-Enns-Platte – Pilotprojekt Grundwasseralter
- Grazer Feld, Jauntal, Leibnitzer Feld, Rheintal, Unteres Salzachtal, Wulkatal – Bericht 2009–2010
- Eferdinger Becken, Hügelland Rabnitz, Ikvatal, Inntal, Seewinkel, Stremtal, Südliches Wiener Becken, Tullner Feld, Unteres Murtal, Vöckla-Ager-Traun-Alm, Weinviertel – Bericht 2010–2014
- Böhmisches Massiv, Hügelland zwischen Mur und Raab, Lafnitztal, Mittleres Ennstal, Stöberbachtal, Weststeirisches Hügelland, Zentralzone (Tiroler Anteil) – Bericht 2014–2015
- Machland, Welser Heide, Drautal (Kärntner Anteil), Flyschzone, Südliche Flyschzone, Molasse und nördliche Flyschzone – Bericht 2015–2017
- Drautal (Tiroler Anteil), Gailtal, Krappfeld, Südliche Kalkalpen [DRA] – Bericht 2017–2019

Folgende Grundwasserkörper werden bis 2022 untersucht: Heideboden, Pinkatal, Aichfeld-Murboden (Judenburg - Knittelfeld) und Linzer Becken.

Abbildung 1: Bearbeitungszeiträume der ausgewählten Grundwasserkörper.

Bearbeitungszeiträume Projekt Grundwasseralter



Quelle: Umweltbundesamt

In den beiden Grundwasserkörpern Traun-Enns-Platte und Vöckla-Ager-Traun-Alm wurden in den Jahren 2005–2006 bzw. 2012 ausgewählte Messstellen hinsichtlich der Mittleren Verweilzeiten des Grundwassers bewertet. Aufgrund der Neuabgrenzung von Grundwasserkörpern im Bundesland Oberösterreich im Rahmen des 3. Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplanes erfolgte im Jahr 2020 die Aufteilung des Grundwasserkörpers Traun-Enns-Platte in die drei Grundwasserkörper „Kremstal“, „Zwischen Krems und Moosbachl“ sowie „Zwischen Alm und Krems“. Alle drei Grundwasserkörper umfassen Messstellen, deren Mittlere Verweilzeiten bewertet wurden. Der Grundwasserkörper Vöckla-Ager-Traun-Alm wurde in die drei Grundwasserkörper „Zwischen Traun und Alm“, „Zwischen Vöckla und Traun“ sowie „Traun- und Zubringertäler“ unterteilt. Die beiden letztgenannten Grundwasserkörper umfassen Messstellen, an denen die Mittleren Verweilzeiten des Grundwassers bewertet wurden. Die Ergebnisse bezogen auf die neu abgegrenzten Grundwasserkörper sind in den Kapiteln 6.5 bis 6.9 zusammengefasst.

Die Kapitel 3 bis 10 bieten – geordnet nach Bundesländern – eine Zusammenfassung der Ergebnisse aller bislang untersuchten Grundwasserkörper.

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 Verweilzeit

Abbildung 2: Kiesgrube Obersiebenbrunn im Grundwasserkörper Marchfeld (Niederösterreich): Profil durch einen Grundwasserleiter. Das Marchfeld ist ein Beispiel für Porengrundwasserkörper mit stark durchlässigen Sedimenten.



© Rudolf Philippitsch

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 (Geländoberfläche, Nutzungen, etc.),
- der Durchlässigkeit des Untergrundes (Boden- und Gesteinsaufbau),
- den hydrologischen Bedingungen zum Zeitpunkt der Probenahme und
- dem Ausbau der beprobten Messstelle abhängig.

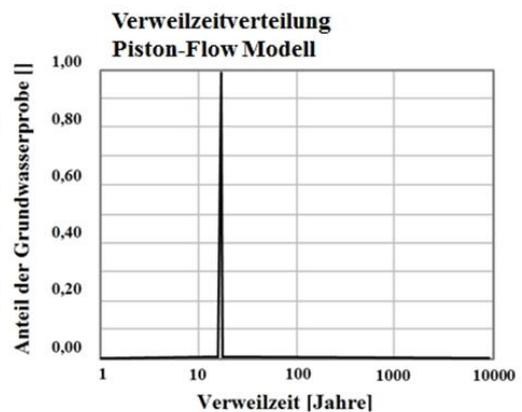
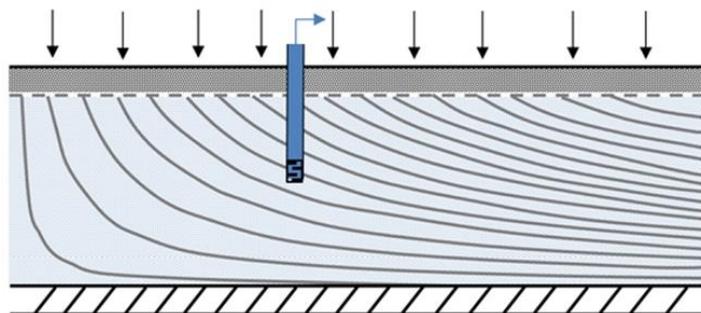
Wegen der heterogenen Natur des Bodens, der ungesättigten Zone und des Grundwasserleiters und der Mischung von Wässern mit unterschiedlicher Verweildauer – insbesondere an Messstellen mit langen Filterstrecken – handelt es sich in der Regel um **Verweilzeitverteilungen** (siehe Abbildung 3).

So ist es nicht weiter erstaunlich, dass schon allein durch die natürlich bedingten geologisch-hydrogeologischen Inhomogenitäten innerhalb ein und desselben zusammenhängenden Grundwasservorkommens, wie beispielsweise durch die unterschiedliche Bodenausbildung oder durch Wechsellagerungen von fein- und grobkörnigen Sedimenten, entsprechend unterschiedliche Grundwasseralter resultieren können.

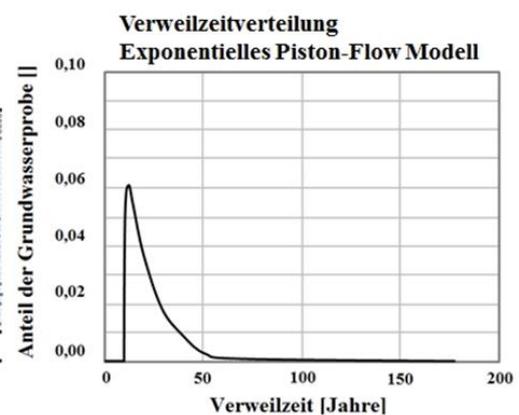
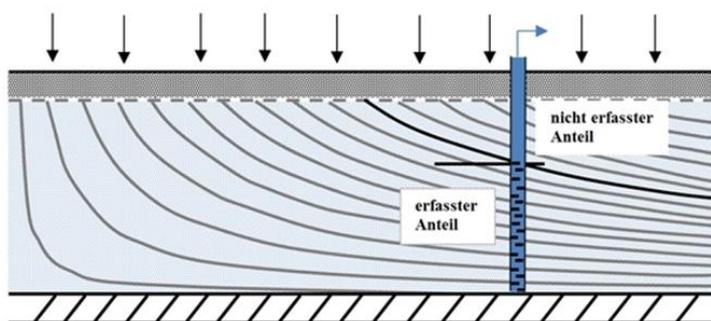
Dieser Aspekt ist im Zusammenhang mit der Bewertung von Maßnahmenwirksamkeiten in Bezug auf die Grundwasserqualität, aber auch mit Blick auf wasserwirtschaftliche Fragen von besonderer Bedeutung, wenn man bedenkt, dass mit den etablierten Methoden zur Bestimmung Mittlerer Verweilzeiten in Grund- und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

Abbildung 3: Schematisches Diagramm idealisierter Bedingungen in einem Grundwasserleiter mit den entsprechenden Transferfunktionen und erwarteten Verweilzeitverteilungen.

Beispiel A



Beispiel B



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

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

Erläuterungen zu Abbildung 3:

- 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. Geht man davon aus, 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 (im Falle der Anwendung von Wasserisotopen also z.B. dem Tritium/Heliumalter).

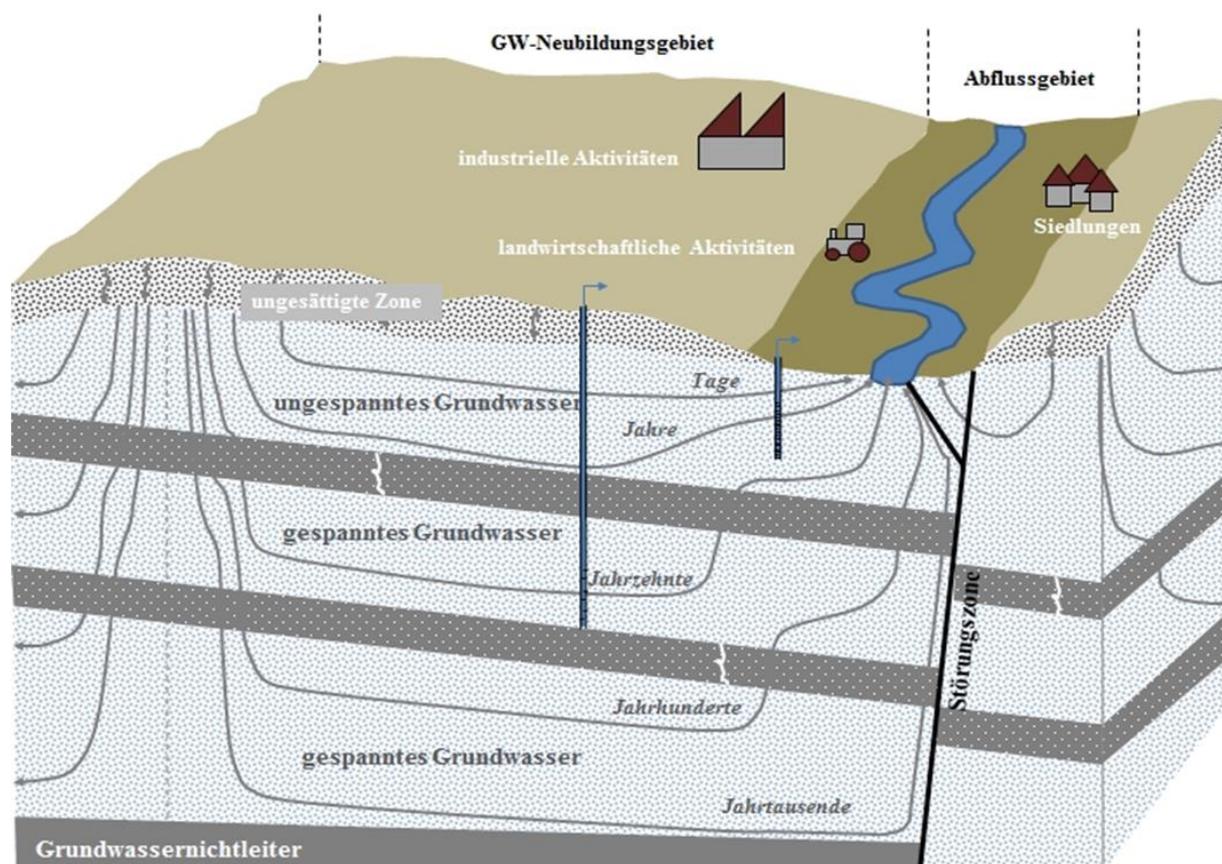
- In Beispiel B ist im gleichen Grundwasserleiter ein Brunnen mit deutlich längerer Filterstrecke installiert. Die Filterstrecke erfasst in diesem Fall nur den unteren Teil des Grundwasserleiters. Diese Situation ist z.B. charakteristisch für Wasserversorgungsbrunnen. Wiederum infiltriert das Niederschlagswasser 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 kurzen 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 gibt eine idealisierte Situation wider. In der Realität haben wir es:

- mit einer Vielzahl von topographischen Gegebenheiten zu tun, die z.B. zu einer erheblichen Verlängerung der Verweilzeiten in der ungesättigten Zone führen können;
- mit äußerst heterogenen Durchlässigkeiten im Untergrund zu tun. So können z.B. gut durchlässige Schottergrundwasserleiter nahezu undurchlässige Tonlinsen enthalten; Karst- und Kluftgrundwasserleiter sind durch unterschiedliche Wegsamkeiten in Spalten, Klüften und der Gesteinsmatrix gekennzeichnet und
- mit wechselnden hydrologischen Bedingungen zu tun, die je nach Hoch- oder Niedrigwasserbedingungen zu jahreszeitlich völlig unterschiedlichen Verweilzeitverteilungen an einzelnen Grundwassermessstellen führen können.

Die mögliche Spannbreite von Mittleren Verweilzeiten in Grundwassersystemen ist in Abbildung 4 dargestellt.

Abbildung 4: Schematische Darstellung der Spannweite 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 & Campana, 1996; Maloszewski & Zuber, 1996), erlaubt 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 Tracerkon-

zentration im Grund- oder Oberflächengewässer) über die „Stellschraube“ Mittlere Verweilzeit miteinander in Beziehung gesetzt wird. Anders gesagt, 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 sind damit – 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 & Rauert, 1980; Kendall & Mcdonnell, 1998; Cook & Herczeg, 2000; Aggarwal et al., 2005).

Abbildung 5: ANIP-Stationen Patscherkofel, Tirol und Silvretta Stausee, Vorarlberg.



linkes Bild: © H. Brielmann; rechtes Bild: © P. Staubmann/Vorarlberger Illwerke

Die Konzentrationen der Wasserisotope im Niederschlag werden österreichweit an zahlreichen Stationen im Rahmen des Isotopenmessnetzes ANIP (= Austrian Network of Isotopes in Precipitation) erfasst. Das Isotopenmessnetz ist ein Sondermessprogramm entsprechend

§ 28 und Anlage 12 der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV 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 Wasser-Informationssystem Austria (WISA) auf der Homepage des Umweltbundesamtes (<http://www.umweltbundesamt.at>) über die H₂O-Fachdatenbank abrufbar.

Grundlagen der Isotopenhydrologie können dem Bericht zur Wasserisotopenkarte Österreichs entnommen werden, der auf der Homepage des BMLRT unter Wasserqualität und Gewässerschutz (www.bmlrt.gv.at) zur Verfügung steht.

Folgende Methoden kamen im vorliegenden Projekt im Einzelnen zur Anwendung:

2.3 Sauerstoff-18 und Deuterium (²H)

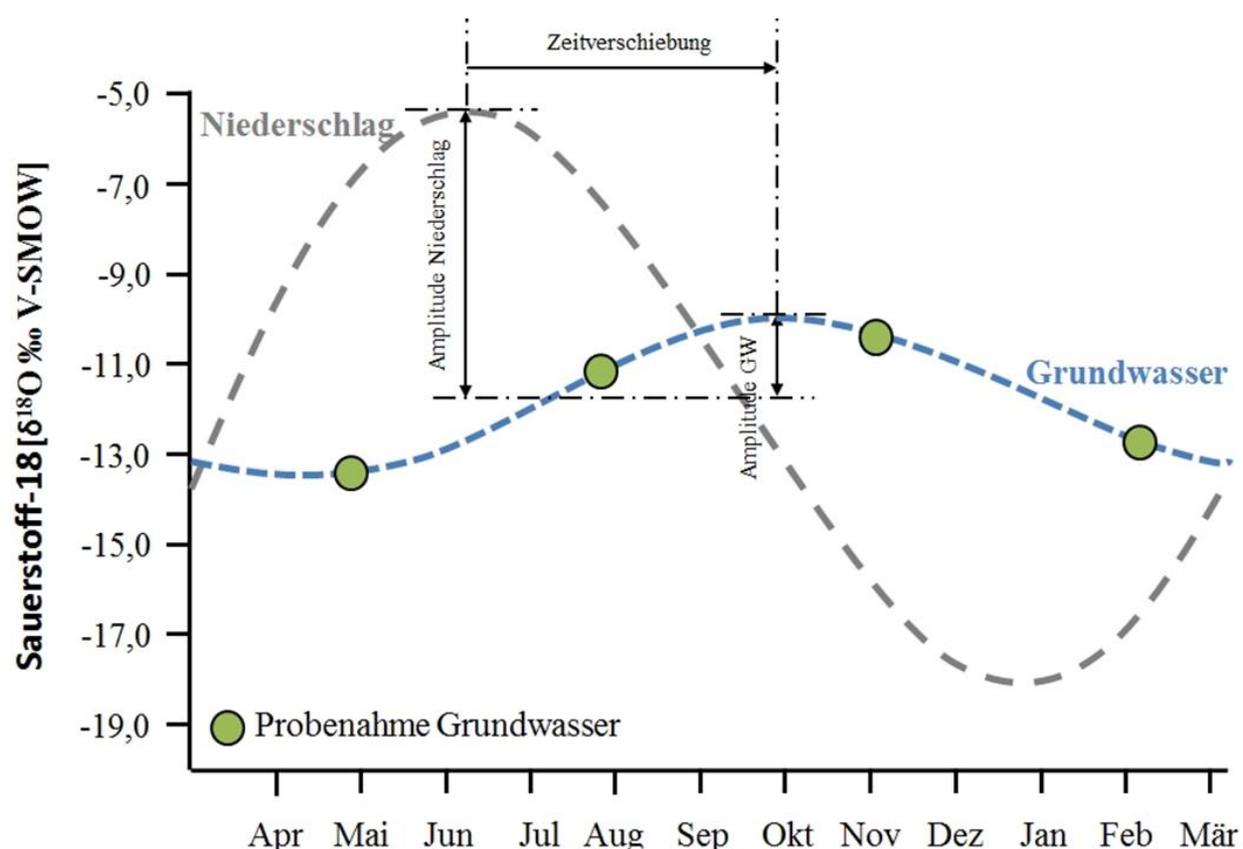
Bei der Analyse von Sauerstoff-18 und Deuterium wird nicht der absolute Gehalt bestimmt, sondern das Verhältnis vom selteneren schweren zum häufigeren leichten Isotop ¹⁸O/¹⁶O bzw. ²H/¹H im Wassermolekül in Bezug auf einen international anerkannten Referenzstandard (Vienna Standard Mean Ocean Water: V-SMOW) ermittelt. 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 $\delta^2\text{H} \text{‰ V-SMOW}$.

Diese charakteristische Saisonalität der stabilen Wasserisotope Sauerstoff-18 und Deuterium im Niederschlag – Sommerniederschläge sind im Allgemeinen isotopisch schwerer als Winter-niederschläge – 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, die sich in der Folge auf neugebildetes Grundwasser übertragen, mit denen der entnommenen Grundwasserproben verglichen (Abbildung 6). Die Dämpfung der Niederschlagsamplitude und die Zeitverschiebung des saisonalen Niederschlagssignals im Grundwasser – bedingt durch den Prozess der Infiltration bzw. Versickerung des Niederschlags in der ungesättigten Zone – 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 Quelfassung 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 6: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen den saisonalen Schwankungen der Sauerstoff-18-Konzentrationen im Niederschlag und im Grundwasser.



Quelle: Umweltbundesamt, 2017

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. Für die Interpretation der Daten ist die geologische bzw. hydrogeologische Gesamtsituation zu berücksichtigen.

2.4 Tritium (^3H)

Neben den stabilen Wasserstoffisotopen Protium (^1H) und Deuterium (^2H) können Wassermoleküle auch das radioaktive und zugleich schwerste Wasserstoffisotop Tritium (^3H) enthalten. Aufgrund seiner Radioaktivität zeigt es in Wasser ein anderes Verhalten als die stabilen Isotope. 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.

Hingegen zu sehr stark erhöhten Tritiumfreisetzungen kam es Anfang der 1960er Jahre durch die oberirdischen Atombombentests. Der anschließende Konzentrationsabfall von Tritium in der Atmosphäre führte dabei zu einer charakteristischen Markierung von infiltrierendem Niederschlagswasser mit Tritium weit über die natürlichen Konzentrationen hinaus.

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 3: Beispiel Piston-Flow Modell und Exponentielles Piston-Flow Modell) und der Zerfallsprozess von Tritium berücksichtigt.

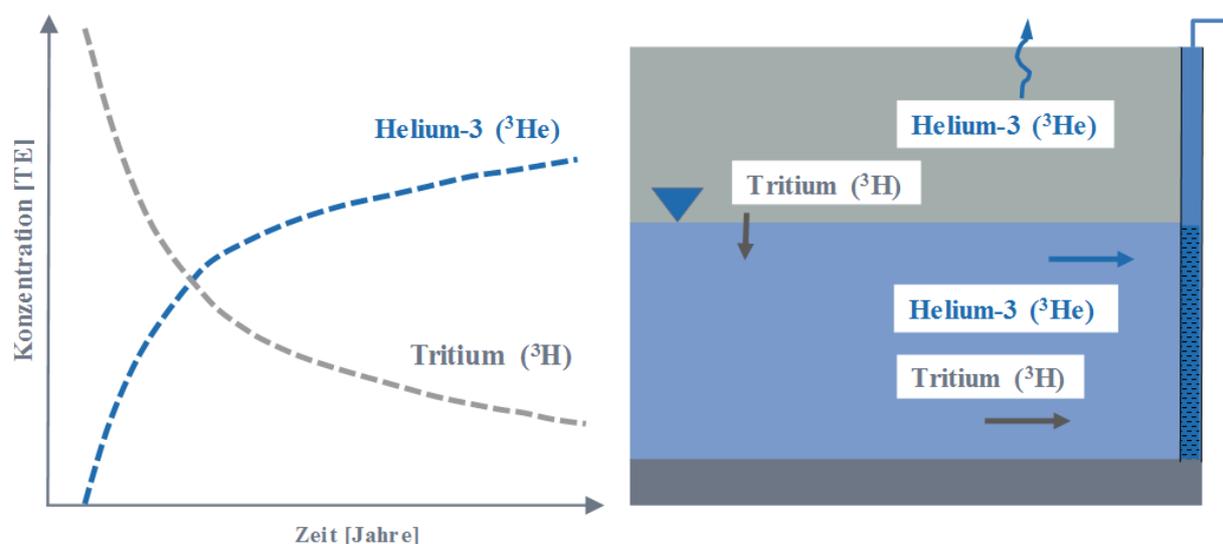
Aufgrund der Abnahme der Tritiumgehalte im Niederschlag hin zu natürlichen Hintergrundkonzentrationen ($\sim 4\text{-}6$ TE) ist diese Methode zunehmend mit Unsicherheiten behaftet, da die derzeit im Grundwasser erhobenen Tritiumkonzentrationen für eine zuverlässige Bestimmung von Mittleren Verweilzeiten nicht ausreichen. Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen wurde 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.

2.5 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 $^3\text{He}_{\text{trit}}$ (tritiogenem Helium), dem leichten und seltenen Heliumisotop (Abbildung 7, 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 7, 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 7: Tritium und sein Zerfallsprodukt Helium-3 (linke Seite). Verlust von Helium-3 in der ungesättigten Zone (rechte Seite).



Quelle: Umweltbundesamt, 2017

Bei nennenswerten Mächtigkeiten der ungesättigten Zone (z.B. mehrere Zehnermeter) unterscheidet sich das Tritium-Helium-Alter deutlich von der Mittleren Verweilzeit, die auf Basis von Tritiummessungen 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.

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

Die eigentliche Bestimmung des Tritium-Helium-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.

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

2.6 Umfang und Art der Untersuchungen

Die Bewertung der Mittleren Verweilzeit des Grundwassers erfolgte an jenen Messstellen, die im Rahmen der Umsetzung der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV 2006 i.d.g.F.) untersucht werden. Während bei jenen Grundwasserkörpern mit einer Messstellenanzahl kleiner 20 alle Messstellen in das Untersuchungsprogramm aufgenommen werden können, erfolgte bei jenen Grundwasserkörpern mit mehr als 20 Messstellen in Zusammenarbeit mit den Kolleginnen und Kollegen 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.

In jenen Grundwasserkörpern, in denen aufgrund ihrer hydrogeologischen Verhältnisse davon ausgegangen werden kann, dass auch tiefere Aquiferbereiche relevant sein könnten, wurden stichprobenartig an ausgewählten Grundwassermessstellen Probenahmen durchgeführt, um auch die tieferen Bereiche der jeweiligen oberflächennahen Grundwasserkörper zu erfassen, mit dem Ziel auch in diesen Aquiferbereichen die Verweilzeiten abschätzen zu können.

Die Isotopenprobenahmen erfolgten in Anlehnung an das Monitoringprogramm der GZÜV bis zu viermal pro Jahr durch die Probenehmer der GZÜV. Dadurch war es möglich, auf ressourcenschonendem Weg unterschiedliche hydrologische Bedingungen und die Dynamik der Grundwasserkörper in einem Untersuchungsjahr zu erfassen.

Ausgehend vom Pilotprojekt Grundwasseralter 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) bzw. weitere Tracer (z.B. FCKW oder SF₆).

Abbildung 8: Grundwassermessstelle bei Lech, Vorarlberg.



© Rudolf Philippitsch

Etablierte Methoden zur Abschätzung Mittlerer Grundwasserverweilzeiten sind bei Karst- und Kluftquellen z.B. aufgrund der Eigenschaften der Quelfassung häufig nur eingeschränkt möglich oder erfordern einen deutlich höheren Messaufwand, weswegen die ermittelten Mittleren Verweilzeiten z.B. im Grundwasserkörper Zentralzone mit höheren Unsicherheiten behaftet sind.

Für die Interpretation der Isotopendaten wurde relevante Literatur von den ausgewählten Grundwasserkörpern erhoben, ausgewertet und entsprechend zusammengefasst. Die dabei erstellten Gebietscharakterisierungen wurden mit den jeweiligen Expertinnen und Experten aus den Bundesländern diskutiert und abgestimmt.

In Zusammenschau mit messstellenbezogenen Daten (z.B. Informationen zum Messstellen-
aufbau, Bohrprofile, hydrochemische Messwerte) wurden die Mittleren Verweilzeiten der
Grundwassermessstellen bestimmt und in Form folgender Alterskategorien wiedergegeben:

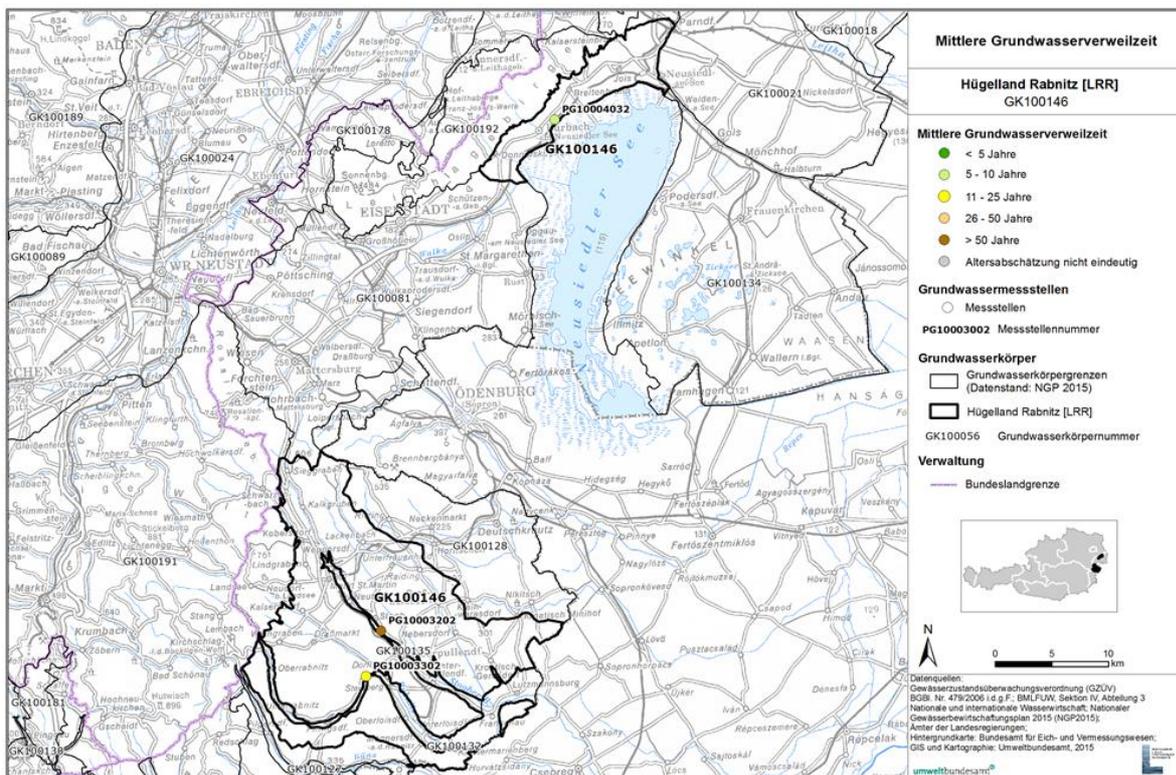
- < 5 Jahre
- 5–10 Jahre
- 11–25 Jahre
- 26–50 Jahre
- > 50 Jahre

3 Burgenland

3.1 GK100146 Hügelland Rabnitz [LRR]

Der Grundwasserkörper Hügelland Rabnitz umfasst in verschiedenen Teilgebieten eine Gruppe von vorwiegend Porengrundwasserkörpern und erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 498 km². Die mittlere Seehöhe beträgt 273 m ü. A. und variiert zwischen 104 und 604 m ü. A. einhergehend mit der Lage der Grundwasserkörpergruppe an den östlichen Ausläufern der Buckligen Welt (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 9: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Hügelland Rabnitz [LRR].



Quelle: BMLFUW, 2014

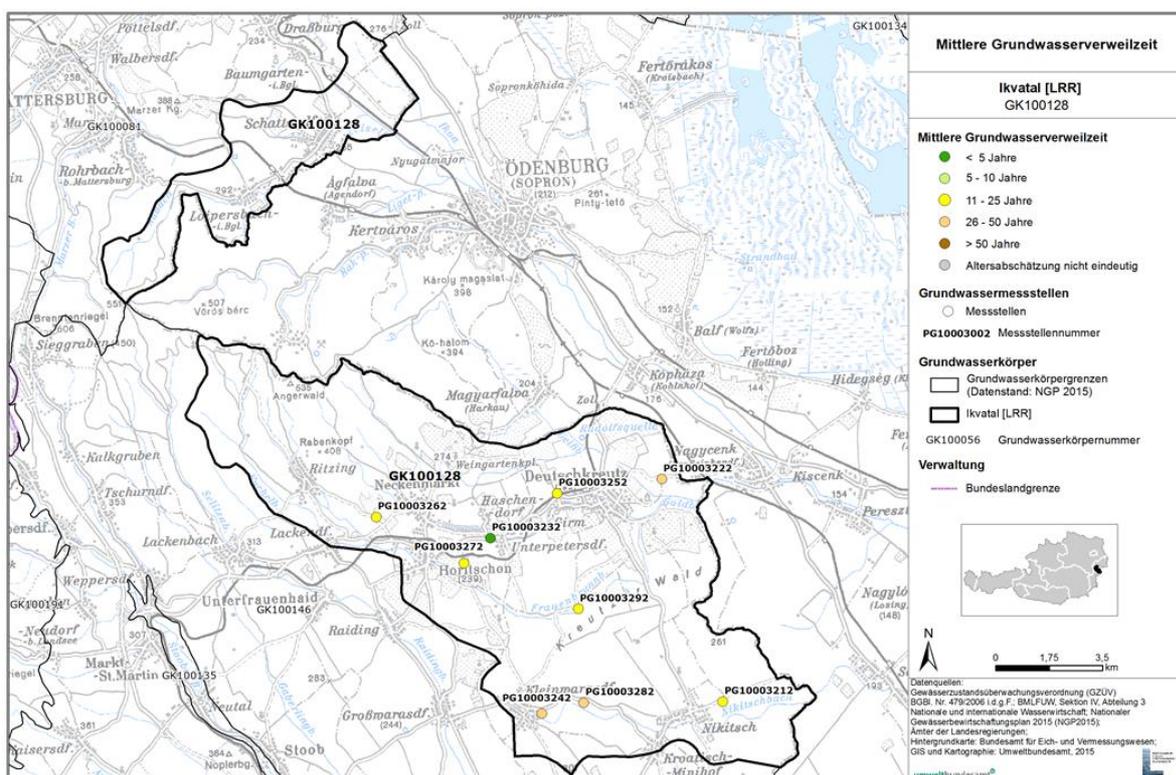
Petrologisch wird der Aquifer überwiegend aus quartären Ablagerungen wie Kies und Sand sowie aus metamorphem Kristallin aufgebaut (H₂O-Fachdatenbank, 2015). Als Recharge- bzw. Wasseranreicherungsgebiete für das Hügelland der Rabnitz sind insbesondere die Ränder der

Talfüllungen von Bedeutung, wenn sie mit grobkörnigen, gut durchlässigen Sedimenten dem Kristallin auflagern (Kollmann et al., 2004).

Die Grundwasserkörpergruppe Hügelland Rabnitz wird durch drei Messstellen abgedeckt, wobei sich eine im nördlichen Teilgebiet nordwestlich bzw. westlich des Neusiedlersees befindet und zwei im südlichen Teilgebiet situiert sind. Die drei Messstellen weisen jeweils unterschiedliche Grundwasserverweilzeiten (5–10 Jahre, 11–25 Jahre und > 50 Jahre) auf. Diese Altersgruppen entsprechen den unterschiedlichen hydrogeologischen Situationen und dem jeweiligen tiefenmäßigen Ausbau der Messstellen.

3.2 GK100128 Ikvatal [LRR]

Abbildung 10: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Ikvatal [LRR].



Quelle: BMLFUW, 2014

Der Grundwasserkörper Ikvatal umfasst eine Gruppe von oberflächennahen Porengrundwasserkörpern im mittleren Burgenland mit einer Gesamtfläche von 165 km². Die Seehöhe variiert zwischen 163 und 554 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Der petrologische Aufbau des Aquifers ist inhomogen, neogene Sedimententwicklungen dominieren. Aufgrund der inhomogenen Sedimententwicklungen liegt im Grundwasserkörper Ikvatal keine horizontgebundene, flächenhaft ausgebildete Stockwerksgliederung in Grundwasserleiter bzw. Grundwasserstauer vor. Vielmehr ist von einem horizontal und vertikal wechselnden Vorliegen lokal begrenzter, gut durchlässiger Sedimenthorizonte und wenig durchlässiger feinkörniger Sedimente (Grundwasserstauer bzw. -geringleiter) auszugehen. Dies resultiert in der Ausbildung verschiedener Porengrundwasserkörper, die wahrscheinlich nicht miteinander in Verbindung stehen. Als Rechargegebiet im Einzugsbereich von Ikva und Goldbach wird das vorsarmatische Miozän (Brennberger Blockstrom des Karpat, Auwaldschotter des Ottang) am Fuß der Siegrabener Einheit angenommen (Kollmann et al., 2004).

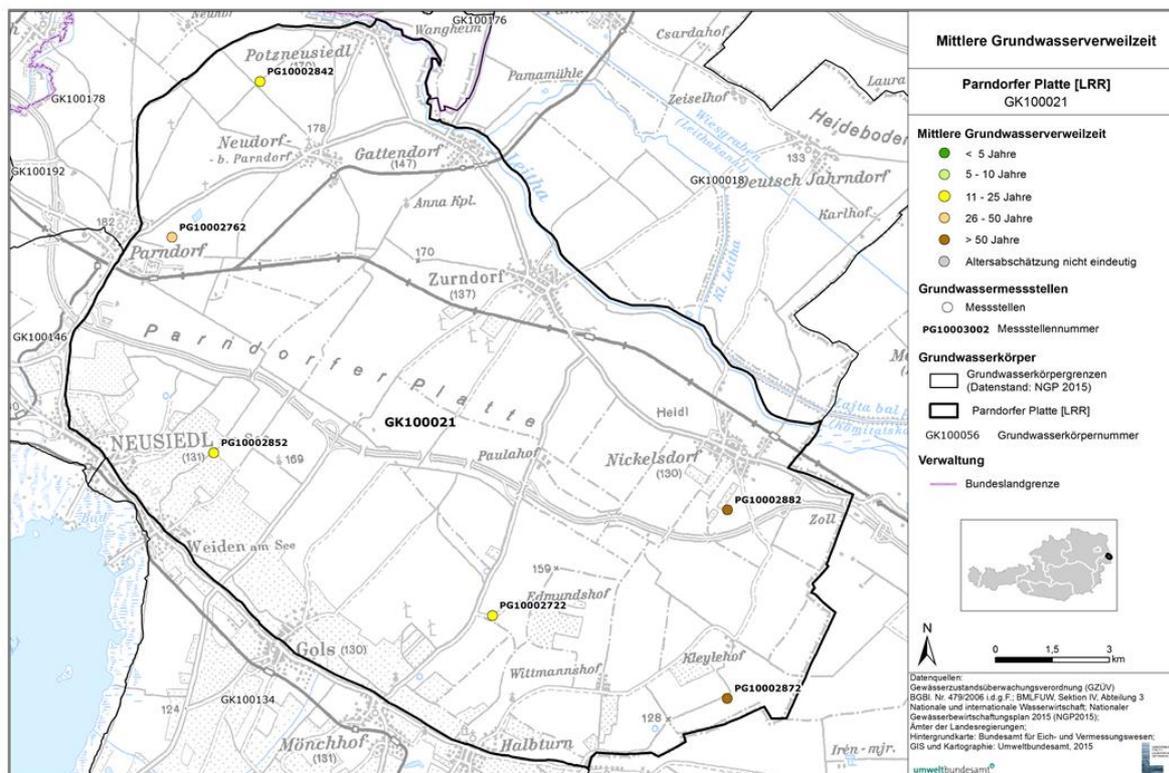
Fünf der neun Messstellen des Ikvatals, das entspricht 56 %, weisen Verweilzeiten von 11-25 Jahren auf. Nur eine Messstelle (11 %) weist eine kurze Mittlere Verweilzeit des Grundwassers von < 5 Jahren auf. Drei Messstellen (33 %) fallen in die Altersgruppe 26-50 Jahre. Grundsätzlich ist im gesamten Gebiet eher mit höheren Grundwasserverweilzeiten zu rechnen. Dies ist im Wesentlichen auf die Kombination relativ geringer Niederschlagsmengen und niedrigen Durchlässigkeiten der überlagernden Schichten sowie des Grundwasserleiters zurückzuführen.

3.3 GK100021 Parndorfer Platte [LRR]

Die Parndorfer Platte liegt zur Gänze im Bundesland Burgenland und erstreckt sich in Form einer morphologisch wenig gegliederten Hochfläche mit einer Fläche von 254 km² zwischen den Ortschaften Parndorf, Potzneusiedel, Nickelsdorf, Halbturn und Neusiedl am See. Im Nordwesten erreicht die Platte eine absolute Höhe von 180 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Aus geologischer Sicht wird die Parndorfer Platte aus unterschiedlich alten, meist stark verwitterten, sandigen Schottern der Quartärzeit gebildet, welche einem tertiären Sockel aus pannonen Tonen, Sanden und Kiesen auflagern. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um mindelzeitliche Schotter der Terrasse von Ornding, Lehen und Äquivalente. Nordwestlich um die Typuslokalität Parndorf sind lokal auch günzeiszeitliche Terrassensedimente (nicht nur Deckenschotter) im Niveau Hochstrassberg am Aufbau beteiligt.

Abbildung 11: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Parndorfer Platte [LRR].



Quelle: Umweltbundesamt, 2009

Von den sechs untersuchten Grundwassermessstellen der Parndorfer Platte lassen sich für drei Messstellen (50 %) Mittlere Verweilzeiten zwischen 11–25 Jahren und für zwei Messstellen (33 %) im Osten Mittlere Verweilzeiten > 50 Jahren errechnen. Eine Messstelle kann auf den Altersbereich zwischen 26–50 Jahren datiert werden.

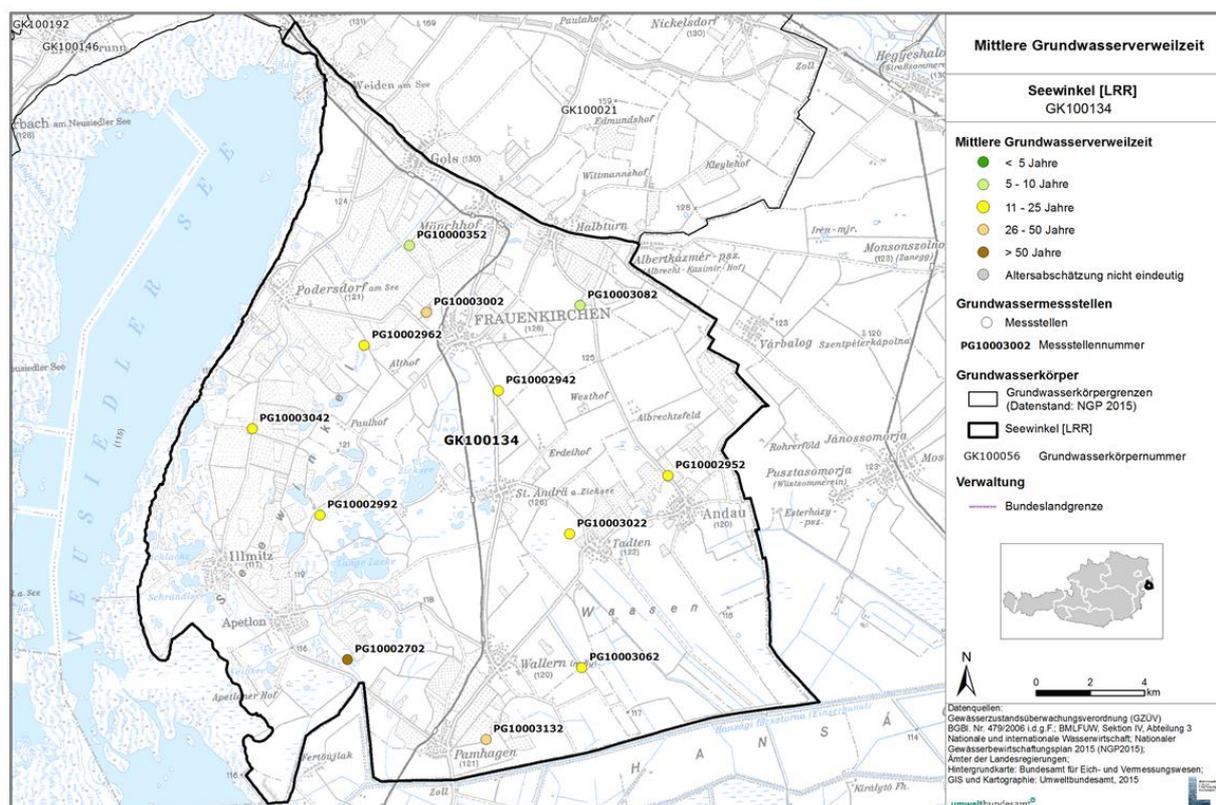
3.4 GK100134 Seewinkel [LRR]

Der Einzelgrundwasserkörper Seewinkel erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 443 km². Die mittlere Seehöhe beträgt 120 m ü. A. mit einer Bandbreite von 108 bis 140 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015). Die Nordbegrenzung wird durch den markanten Terrassenabfall der Parndorfer Platte ausgebildet. Westlich wie auch im Südwesten bildet der Neusiedler See und im Süden der künstliche Einserkanal die Grundwasserkörpergrenze.

Der Einzelgrundwasserkörper Seewinkel umfasst geologisch die jungpleistozänen Schotterfluren des südlichen Vorlands der Parndorfer Platte. Unter den jüngsten limnischen Seeschlamm-Ton Ablagerungen sind am Terrassenrandfuß zur Parndorfer Platte in der Senke von

Gols zunächst holozäne bis pleistozäne deluviale Ablagerungen ausgebildet. Dann folgen fluviatile Ablagerungen (Sand, Kies), teilweise mit äolischen Lößablagerungen aus dem oberen Pleistozän. Am meisten und geschlossen am weitesten verbreitet bis weit nach Ungarn hinein sind mittelpleistozäne Schwemmfächerkiese mit Mächtigkeiten von 0 bis > 15 m.

Abbildung 12: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Seewinkel [LRR].



Quelle: BMLFUW, 2014

Im Grundwasserkörper Seewinkel weist keine einzige Messstelle Mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf. Mehr als die Hälfte der Messstellen (n=7, 58 %) ist der Alterskategorie 11–25 Jahre zuzuordnen. Die übrigen fünf Messstellen verteilen sich auf die Altersgruppen 5–10 Jahre und 26–50 Jahre (je zwei Messstellen, ca. 17 %) bzw. eine Messstelle (8 %) auf die älteste Alters-Klassifikation von > 50 Jahren.

Über die Abschätzung der Mittleren Verweilzeiten der Grundwässer im Seewinkel existieren zahlreiche Arbeiten v.a. aus den 1980er und 1990er Jahren. Vergleicht man die Ergebnisse aus diesen Studien mit den im Rahmen des Grundwasseralter-Projektes ermittelten Daten auf regionaler Ebene, so ergeben sich im Wesentlichen deutliche Übereinstimmungen.

Abbildung 13: Grundwasserkörper Seewinkel [LRR]: Stinkersee, Burgenland



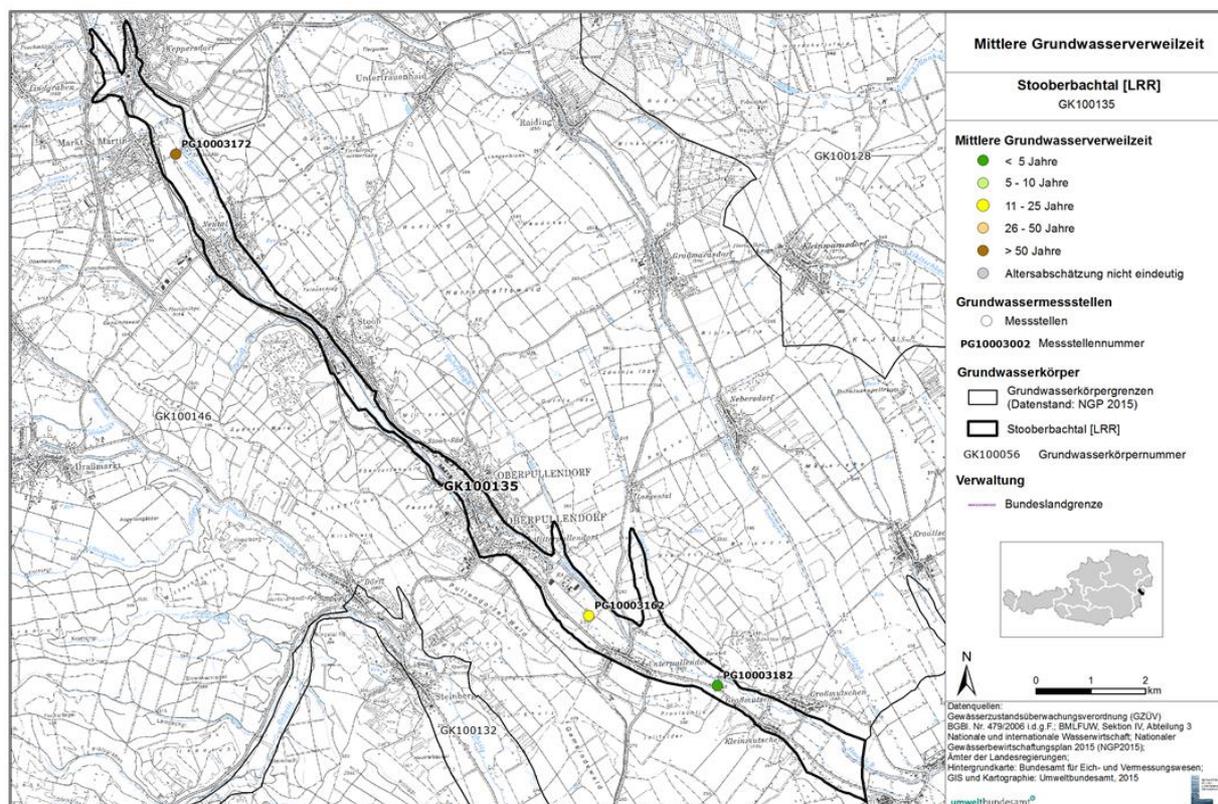
© Elisabeth Stadler, Umweltbundesamt

3.5 GK100135 Stooberbachtal [LRR]

Das Stooberbachtal ist ein oberflächennaher Einzelporengrundwasserkörper auf burgenländischem Landesgebiet. Namensgebend ist der Stoober Bach, der im Rosaliengebirge nordwestlich von Sieggraben auf ca. 600 m ü. A. entspringt. Anschließend durchquert der Stoober Bach das Oberpullendorfer Becken und mündet schließlich zwischen den Orten Frankenu und Strebersdorf in die Rabnitz, die wenig später das österreichische Staatsgebiet Richtung Ungarn verlässt. Auf einer Gesamtlänge von ca. 36 km überwindet der Stoober Bach einen Höhenunterschied von rund 400 m. Das Stooberbachtal weist im Norden bei Sieggraben eine Breite von rund 2 km auf und weitet sich nach Süden bzw. Südosten hin bis zu 4 km auf. Die Gesamtfläche des Grundwasserkörpers Stooberbachtal beläuft sich auf 12 km². Die Seehöhe variiert zwischen 209 und 309 m ü. A. und beträgt im Mittel 249 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Die Grundwasserführung des Stooberbachtals ist überwiegend an quartäre Sande, Kiese, Bachschotter und Schotterterrassen gebunden. Weniger bedeutend als grundwasserführende Horizonte sind neogene Sedimententwicklungen in Form von Sand, Kies und Schotterlinsen.

Abbildung 14: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Stoberbachtal [LRR].



Quelle: BMLFUW, 2015

Das Stoberbachtal wird durch drei GZÜV-Messstellen charakterisiert. Die Mittleren Verweilzeiten des Grundwassers variieren von Messstelle zu Messstelle, sodass sowohl sehr junge Wässer (< 5 Jahre), mittlere Alter (11–25 Jahre) als auch deutlich ältere Wässer (> 50 Jahre) festgestellt werden.

Abbildung 15: Grundwasserkörper Stooberbachtal [LRR]: Stoober Bach, Burgenland.



© Gemeinde Neutal

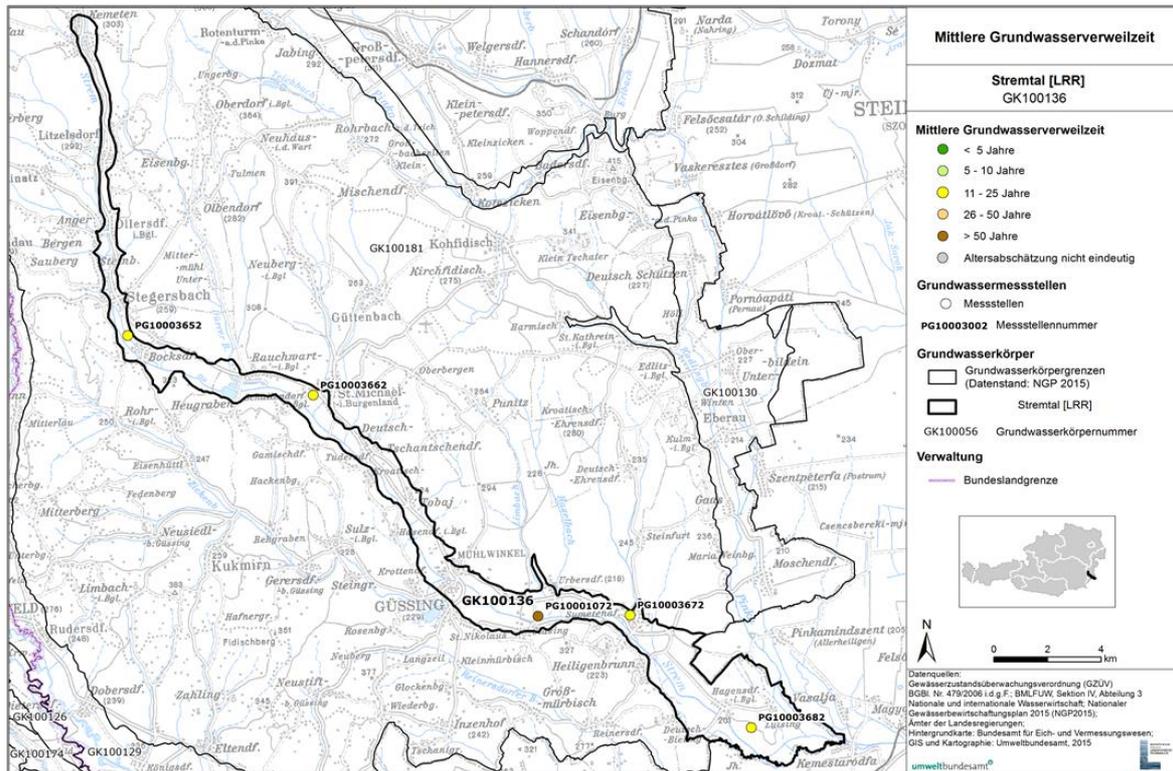
3.6 GK100136 Stremtal [LRR]

Der Einzelgrundwasserkörper Stremtal ist ein oberflächennaher Porengrundwasserkörper im Süden des Burgenlandes. Bei einer Länge von 45 km und einer maximalen Breite von 1,6 km umfasst die Gesamtfläche 50 km². Die Seehöhe variiert zwischen 194 und 343 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015). Die Grenzen des Grundwasserkörpers folgen dem breiten Talboden der Strem. Die Strem entspringt westlich von Oberwart und weist bis Stegersbach eine südliche Fließrichtung auf. Dort biegt sie in Richtung Südosten um und verlässt südöstlich Luising das österreichische Territorium Richtung Ungarn.

Der Aquifer wird durch Sedimententwicklungen des Quartärs aufgebaut. Den dominierenden Anteil bildet Mittelkies, begleitet von Sand-Kieskörpern und weiteren Flusssedimenten wie schluffigem Sand. Der Ursprung der genannten Sedimente liegt grundsätzlich im randlich anstehenden und unterlagernden Neogen (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Von den fünf untersuchten Messstellen im Stremtal weisen vier Messstellen (80 %) Mittlere Verweilzeiten von 11–25 Jahren auf. Bei einer Messstelle (20 %) ergibt sich aufgrund der Untersuchungsergebnisse eine Alterskategorie von > 50 Jahren.

Abbildung 16: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Stremtal [LRR].



Quelle: BMLFUW, 2014

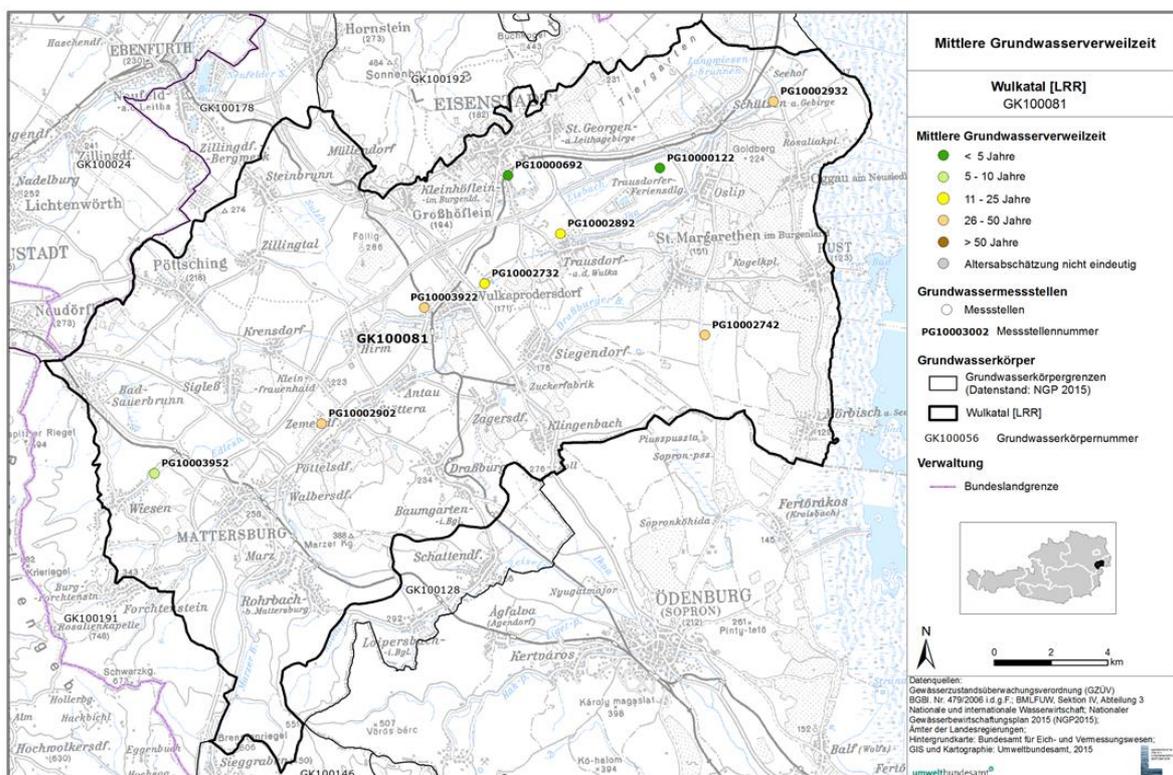
3.7 GK100081 Wulkatal [LRR]

Die Grundwasserkörper-Gruppe Wulkatal befindet sich im Burgenland, südwestlich des Neusiedler Sees. Mit einer West-Ost-Er Streckung von 28 km und einer Nord-Süd-Distanz von 10–20 km weist diese Gruppe von Grundwasserkörpern eine Fläche von 386 km² auf. Die mittlere Seehöhe beträgt 213 m ü. A. mit einer Bandbreite von 107 bis 605 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank 2015).

Das Wulkatal ist aus hydrogeologischer Sicht grundsätzlich sehr inhomogen aufgebaut. Der erste Aquifer wird aus eher feinkörnigen Wulka-Ablagerungen mit einer Mächtigkeit

von 1–2 m aufgebaut. Es folgen Schotter der Paläowulka, welche von pannonen Schichten – die als Stauer fungieren – unterlagert werden. Im Pannon ist eine Wechsellagerung von schlecht durchlässigen und schmalen durchlässigen Schichten ausgebildet. Die lokalen sandigen Aquifere im Pannon stehen teilweise untereinander im Kontakt, jedoch nicht mit den Aquiferen der Wulka-Ablagerungen. Hauptbestandteil ist quartärer Kies, weitere Hauptbestandteile sind Sand, Schluff und Ton.

Abbildung 17: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Wulkatal [LRR].



Quelle: BMLFUW, 2011

Der inhomogene hydrogeologische Aufbau des Wulkatals spiegelt sich in den ermittelten Mittlere Verweilzeiten insofern wider, dass die einzelnen Messstellen lokale Einzugsgebiete repräsentieren, die nicht auf den gesamten Grundwasserkörper umgelegt werden können. Zwei Messstellen (22 %) der neun GZÜV-Messstellen des Grundwasserkörpers Wulkatal weisen Mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf, der überwiegende Anteil der Messstellen jedoch deutlich höhere. Das Grundwasser im westlichen Teil des Wulkatals

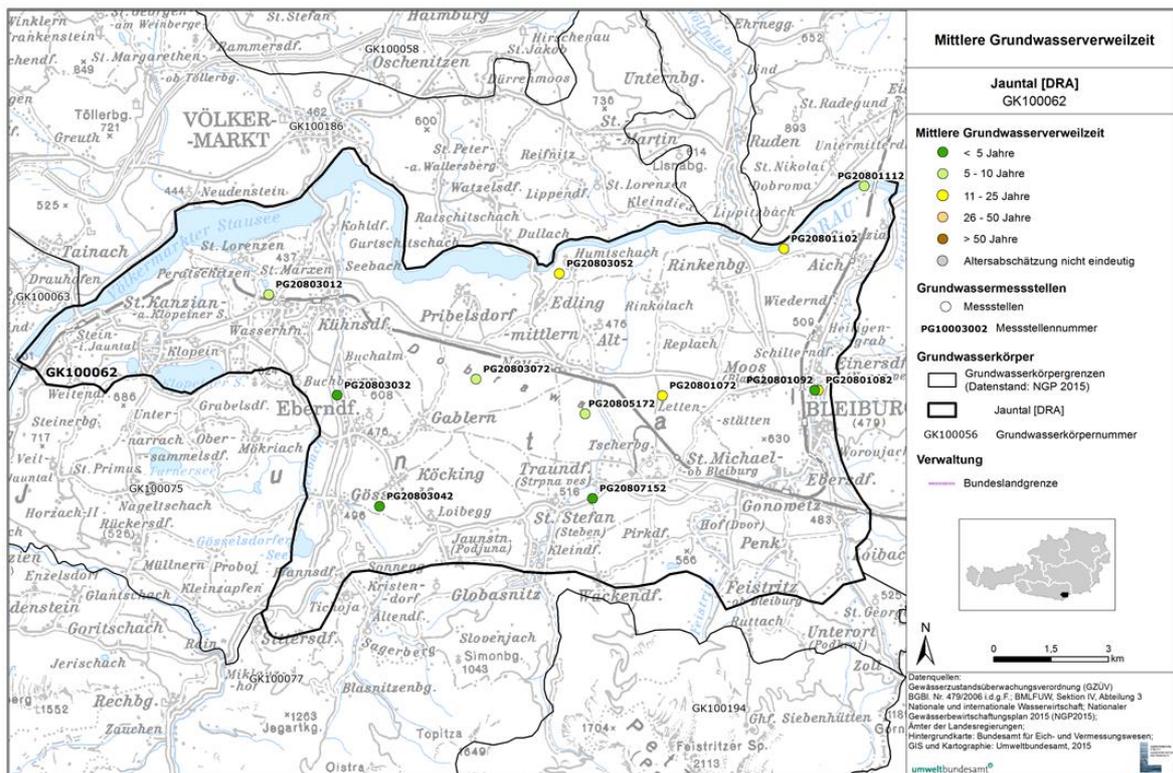
zeigt deutlich die Beeinflussung von den randlichen Erhebungen bzw. den von dort austretenden Oberflächengerinnen (5–10 Jahre Mittlere Verweilzeit). Der zentrale Bereich des Wulkatales ist durch relativ hohe Verweilzeiten (11–25 bzw. 26–50 Jahre) gekennzeichnet.

4 Kärnten

4.1 GK100062 Jauntal [DRA]

Der Grundwasserkörper Jauntal befindet sich im Südosten von Kärnten und stellt die Fortsetzung des Klagenfurter Beckens gegen Osten dar. Die Gesamtausdehnung des Jaunfeldes beträgt 163 km², die mittlere Seehöhe über der Gebietsfläche liegt bei 473 m ü. A. mit einer Bandbreite von 359 bis 647 m ü. A.

Abbildung 18: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Jauntal [DRA].



Quelle: BMLFUW, 2011

Die quartäre Beckenfüllung im Jauntal wird vor allem durch die mächtigen pleistozänen Lockersedimente bestimmt, die neben fluvioglazialen Terrassenschottern und Moränenresten auch Konglomerate und feinkörnige See-Sedimente enthalten. Die große Bedeu-

tung des Jaunfeldes für die Wasserwirtschaft resultiert aus der weiten Verbreitung mächtiger hochdurchlässiger fluvioglazialer Schotterfluren, die einem rinnenförmig strukturierten Grundgebirgsrelief auflagern (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 19: Grundwasserkörper Drautal [DRA]: Drau nahe Kleblach-Lind, Kärnten.



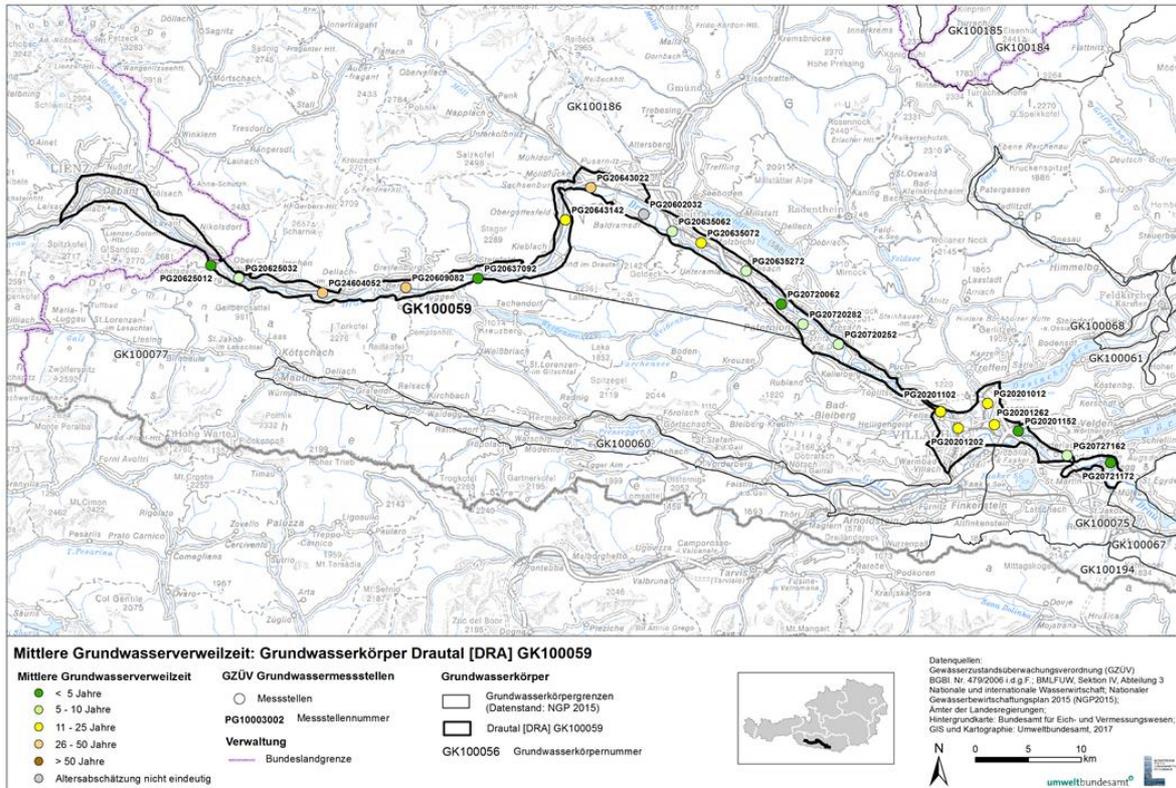
© Rudolf Philippitsch

Die Mittleren Verweilzeiten an den untersuchten Messstellen im Grundwasserkörper Jauntal sind für einen Porengrundwasserkörper aufgrund der vorwiegend mächtigeren ungesättigten Zonen von 30–80 m und der tiefliegenden Quellen nahe der Drau am Nordrand des Grundwasserkörpers relativ lang. Drei Messstellen (27 %), bevorzugt am südlichen Rand, fielen in die jüngste Kategorie (< 5 Jahre), im Mittelteil des tiefliegenden Grundwasserkörpers (Flurabstände 30–77 m) und an den nördlichen Quellen nahe der Drau steigen die MVZ auf 5–10 und 11–25 Jahre an.

4.2 GK100059 Drautal [DRA] – Kärntner Anteil

Der Einzelgrundwasserkörper Drautal liegt im Oberen und im Unteren Drautal eingebettet zwischen dem Kristallin der Kreuzeckgruppe im Norden und den Karbonaten des Drauzugmesozoikums im Süden, das von den Lienzer Dolomiten im Westen bis zur Villacher Alpe im Osten reicht. Der Grundwasserkörper erstreckt sich mit einer Länge von ca. 130 km als schmales, langes Band von Lienz in Osttirol (Bundesland Tirol) über Spittal a. d. Drau bis nach Villach (Bundesland Kärnten). Dieses Kapitel umfasst den Kärntner Anteil des Drautales. Der Tiroler Anteil wird in Kapitel 9.2 beschrieben.

Abbildung 20: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Drautal [DRA] (Kärntner Anteil).



Quelle: BMLFUW, 2017

Mächtige Horizonte feinkörniger Sedimente mit grobkörnigen Einschaltungen prägen den sedimentären Aufbau des glazial übertieften Drautals. Das Schmelzwasser des Gletschers füllte das Tal, das rasch zusedimentiert wurde. Es wechseln mehrmals grobkörnige, gut durchlässige Schichten mit sandig-schluffigen Lagen. Wasserwirtschaftlich nutzbare Grundwasservorkommen sind auf die oberen 50–60 m beschränkt. Grundwasserstauend wirken Feinkornsedimente und das Grundgebirge, das vermutlich hauptsächlich aus kristallinen Gesteinen der Zentralzone besteht (H₂O-Fachdatenbank, 2017).

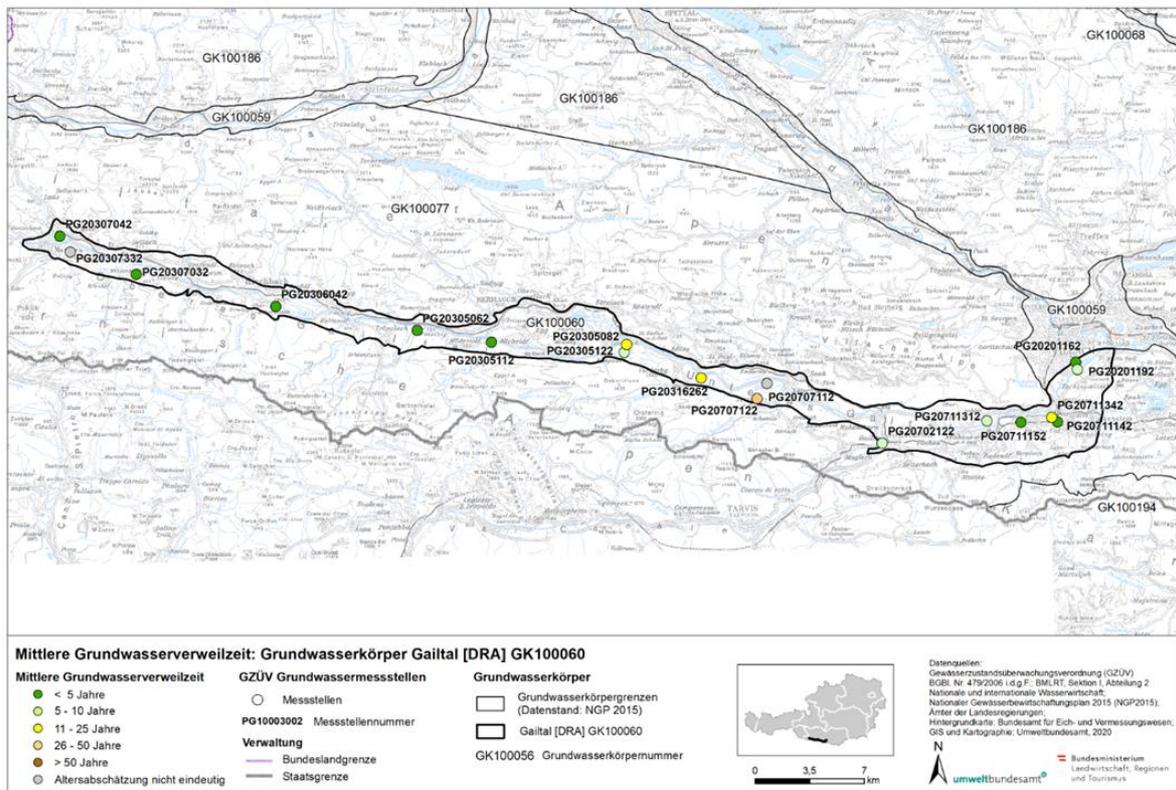
Die Mittleren Verweilzeiten der 20 untersuchten GZÜV-Messstellen des Grundwasserkörpers Drautal umfassen ein weites Spektrum von < 5 Jahren bis hin zu 26–50 Jahren. Zusammenfassend stellt sich die Situation wie folgt dar: Fünf Messstellen weisen Mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf, für sechs Messstellen wurden Verweilzeiten von 5–10 Jahren ermittelt. Für sechs Messstellen sind Verweilzeiten von 11–25 Jahren und für drei Messstellen von 26–50 zu verzeichnen. Keine Messstelle wies Mittlere Verweilzeiten > 50 Jahre auf.

4.3 GK100060 Gailtal [DRA]

Der Grundwasserkörper Gailtal erstreckt sich von Kötschach-Mauthen im Westen Kärntens als langes schmales Band über eine Länge von rund 80 km entlang der Gail bis in den Villacher Raum, wo der Fluss in die Drau mündet. Die mächtigen Bergsturzmassen des Dobratsch – als „Schütt“ bezeichnet – prägen den Talabschnitt vor dem Eintritt des Flusses in das Villacher Becken. Im Norden und Westen wird die Grenze vom Gailtaler Kristallin bzw. von Karbonaten der Gailtaler Alpen und der Villacher Alpe gebildet. Entlang des Gailtals verläuft die größte Störungszone der Alpen, das Periadriatische Lineament.

Ein sehr inhomogen aufgebauter Lockergesteinskörper resultiert in sehr unterschiedlichen, meist jedoch schlechten Aquiferbedingungen. Die Grundwasserführung beschränkt sich daher auf wenige geringmächtige, aber gut durchlässige Schichten, die eher kleinräumig ausgebildet sind. Die Grundwasserneubildung erfolgt primär über die Versickerung von Niederschlagswässern im Talboden sowie durch Versickerung von Oberflächengerinnen, die von den Flanken der Umrahmung dem Gailtal zufließen. In Bereichen, in denen an den Talrändern verkarstete Karbonate unter das heutige Talniveau reichen, wird das Talgrundwasser zusätzlich durch randliche Zuflüsse angereichert (Zojer, 1988).

Abbildung 21: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Gailtal [DRA].



Quelle: BMLRT, 2021

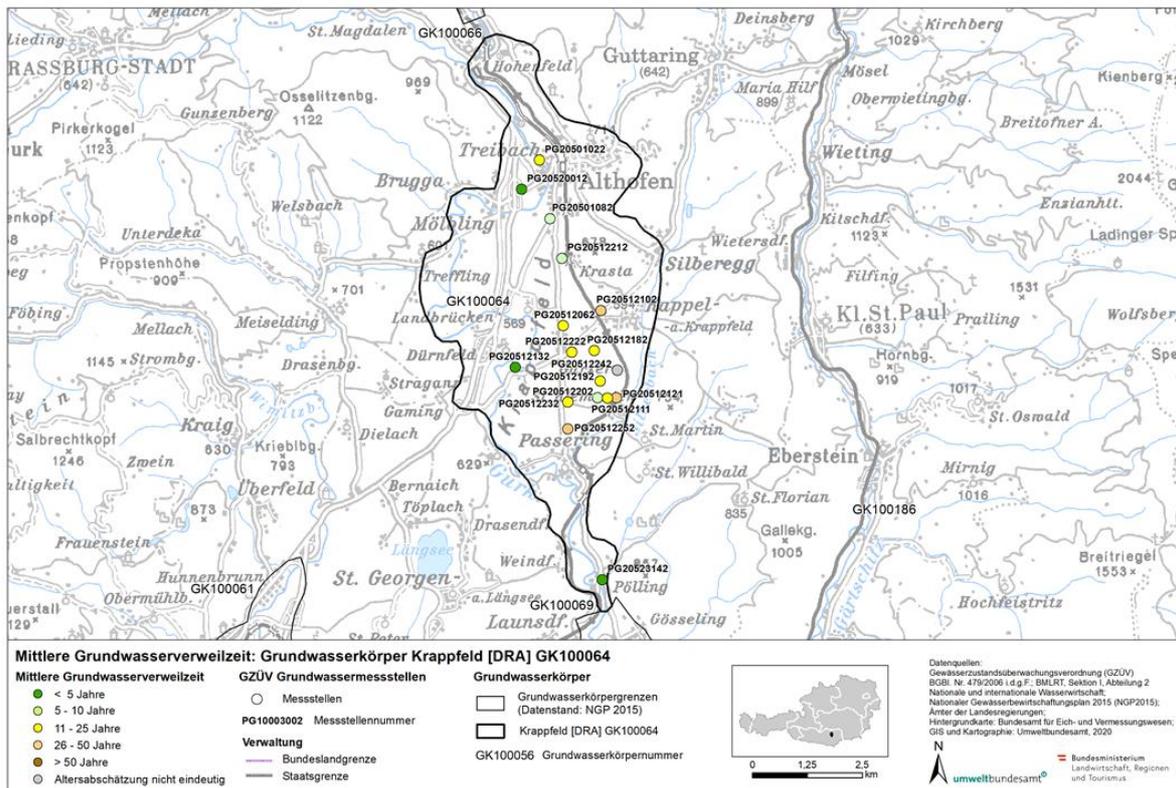
Die Mittlere Verweilzeiten der 16 untersuchten GZÜV-Messstellen des Grundwasserkörpers Gailtal umfassen ein weites Spektrum von < 5 Jahren bis hin zu 26–50 Jahren, wobei aufgrund von Tiefe und Ausbau junges Grundwasser der MVZ-Kategorie < 5 Jahre an den Messstellen des Grundwasserkörpers überwiegt. Zusammenfassend stellt sich die Situation wie folgt dar: Acht Messstellen weisen Mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf, für vier Messstellen wurden Verweilzeiten von 5–10 Jahren ermittelt. Für drei Messstellen sind Mittlere Verweilzeiten von 11–25 Jahren und für eine Messstelle von 26–50 Jahren zu verzeichnen.

4.4 GK100064 Krappfeld [DRA]

Der Porengrundwasserkörper Krappfeld ist eine Talebene der Gurk, die sich über eine Länge von ca. 14 km von der Gemeinde Althofen im Norden bis zur Ortschaft Passering im Süden erstreckt. Das Krappfeld befindet sich in einem schmalen, tektonisch eingesenkten

Becken zwischen den Gurktaler Alpen im Westen und der Saualpe im Osten, das von der Tiefenrinne eines alten Gurktales in Nord-Süd-Richtung durchzogen wird.

Abbildung 22: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Krappfeld [DRA].



Quelle: BMLRT, 2021

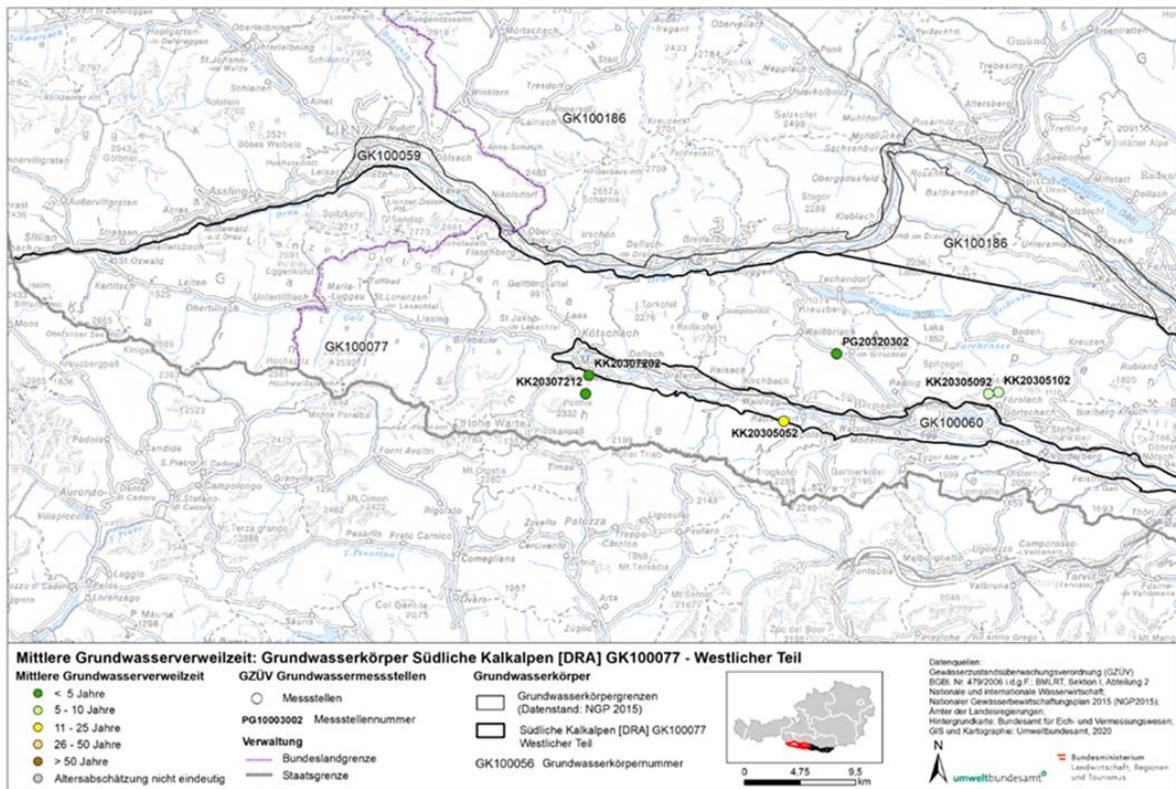
Das Grundwasservorkommen ist an die sandig-kiesigen Schichten der quartären Beckenfüllung gebunden. In die quartären Lockersedimente sind zwei gering durchlässige Feinkornhorizonte eingeschaltet, von denen der tiefere flächig ausgebildet ist, während der obere Feinkornhorizont im Norden des Grundwasserkörpers teilweise fehlt oder nur reduziert ausgebildet ist. Somit sind im Krappfeld generell drei getrennte Grundwasserhorizonte vorhanden, wobei der oberflächennahe Aquifer im Norden des Grundwasserkörpers entweder nicht oder nur als Sickerwasserhorizont vorhanden ist. Ab rund 10 m bis ca. 25 m unter dem Gelände der Niederterrasse der Würm – die Hauptterrasse liegt etwa 20 m höher – ist ein zweiter Grundwasserhorizont, der den Hauptgrundaquifer des Krappfeldes bildet, an gut durchlässige Sande und Kiese gebunden. Der dritte, tiefliegende

Grundwasserhorizont beginnt ab einer Tiefe von ca. 50 m. Die Grundwasserneubildung erfolgt über die Versickerung von Niederschlagswässern sowie durch Infiltration von Wasser der Gurk.

Insgesamt gesehen zeigen die Mittleren Verweilzeiten von 16 untersuchten GZÜV-Messstellen des Grundwasserkörpers Krappfeld ein weites Spektrum von < 5 Jahren bis hin zu 26–50 Jahren, wobei aufgrund von Teufe und Ausbau der Messstellen Grundwasser mit längeren Verweilzeiten dominiert, da der Großteil der Messstellen den zweiten Grundwasserhorizont erschließt. Zusammenfassend stellt sich die Situation wie folgt dar: Für jeweils drei Messstellen wurden Mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren bzw. 5–10 Jahren ermittelt. Für sieben Messstellen sind Verweilzeiten von 11–25 Jahren und für drei Messstellen von 26–50 Jahren zu verzeichnen.

4.5 GK100077 Südliche Kalkalpen [DRA]

Abbildung 23: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliche Kalkalpen [DRA] (westlicher Teil).

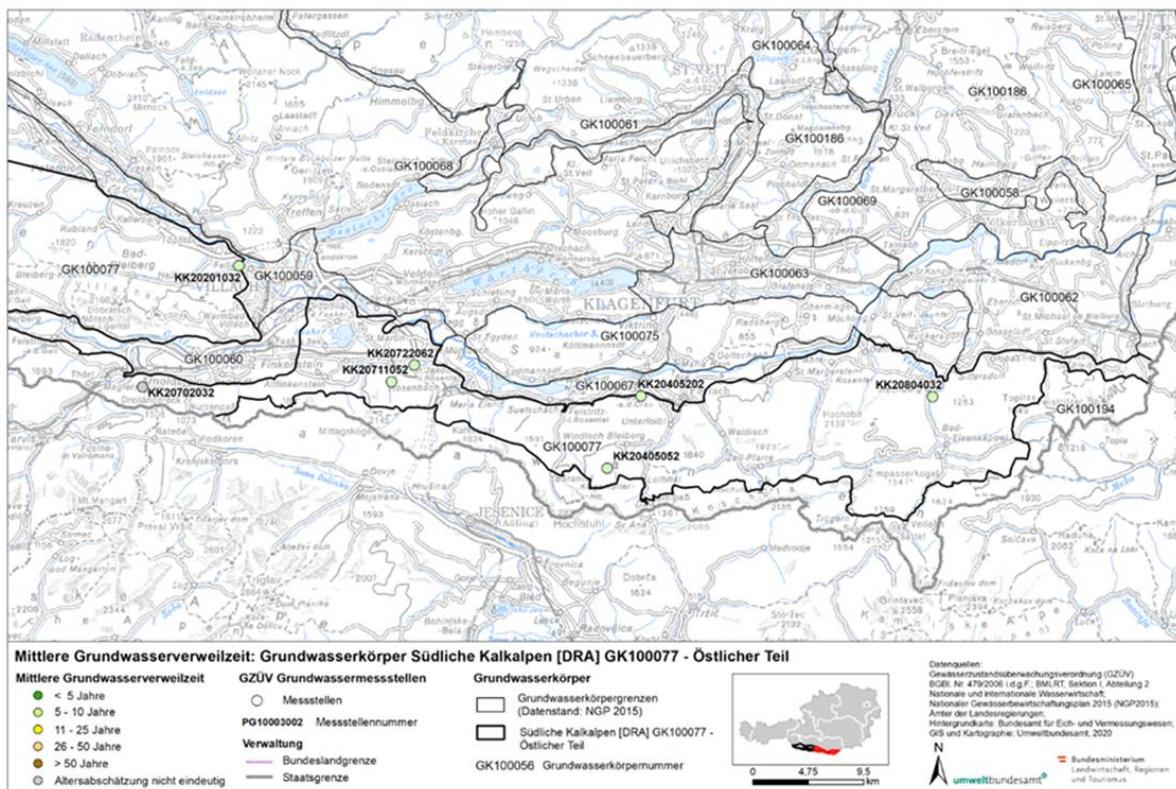


Quelle: BMLRT, 2021

Die Grundwasserkörpergruppe Südliche Kalkalpen [DRA] ist nach der Zentralzone die zweitgrößte Grundwasserkörpereinheit Kärntens. Sie erstreckt sich von den Lienzer Dolomiten in Osttirol über den gesamten Südkärntner Raum und setzt sich auch über die Grenze bis Italien und Slowenien fort. Das Periadriatische Lineament trennt als markante Störungszone die Südlichen Kalkalpen in einen nördlichen Gebirgszug (Drauzug und nördliche Karawanken) und einen südlichen Gebirgszug (Karnischen Alpen und südliche Karawanken). Die nördlichen Karawanken stellen die Fortsetzung des Drauzugmesozoikums im Osten dar.

Insbesondere die oft intensiv verkarsteten mesozoischen Kalke und Dolomite sind als Grundwasserleiter relevant. Als stauende Basis fungieren neben unterschiedlichen kristallinen Gesteinsserien Ton- und Sandsteine sowie Mergel, die auch die Ursache für Quellaustritte sein können. Die Grundwasserneubildung erfolgt überwiegend über die flächenhafte Versickerung von Niederschlag insbesondere in den Sommer- und Herbstmonaten.

Abbildung 24: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliche Kalkalpen [DRA] (östlicher Teil).



Quelle: BMLRT, 2021

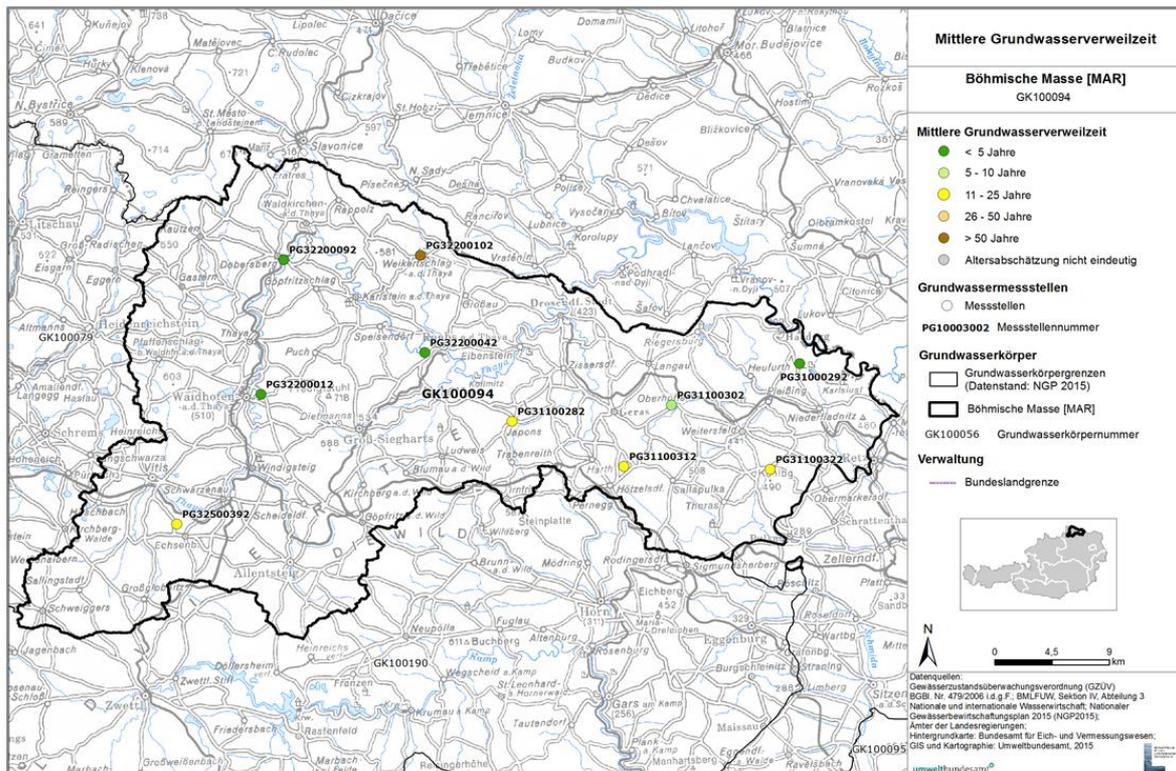
Von den insgesamt 13 untersuchten Messstellen im Grundwasserkörper Südliche Kalkalpen [DRA] konnten bis auf eine alle bezüglich der Mittleren Verweilzeit des Grundwassers eingestuft werden. Acht Messstellen (67 %) weisen Mittlere Verweilzeiten von 5–10 Jahren auf. Drei Messstellen (25 %) entfallen auf die Altersgruppe < 5 Jahre. Die mittlere Verweilzeit einer Quelle fällt in die MVZ-Kategorie 11–25 Jahre. Auf Basis der vorliegenden Daten ist bei dieser Messstelle von einer Mischung von Grundwässern mit markant unterschiedlichen Altern auszugehen.

5 Niederösterreich

5.1 GK100094 Böhmisches Masse [MAR]

Der Grundwasserkörper Böhmisches Masse [MAR] befindet sich in Niederösterreich und umfasst jene Gebiete des Waldviertels, die zur Thaya hin entwässern. Der Grundwasserkörper wird durch eine Gruppe oberflächennaher Grundwasserkörper gebildet, die überwiegend Klufgrundwasser führen. Porengrundwasser ist von untergeordneter Bedeutung. Bei einer Längserstreckung von 73 km und einer maximalen Breite von 38 km beläuft sich die Gesamtfläche auf 1.367 km². Die Seehöhe der Gebietsfläche variiert zwischen 246 und 720 m ü. A. und beträgt im Mittel 511 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 25: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Böhmisches Masse [MAR].



Quelle: BMLFUW, 2015

Petrographisch wird der Aquifer entsprechend seiner Lage im Kristallin der Böhmisches Masse durch metamorphe Gesteine aus der Phase der variszischen Orogenese aufgebaut, insbesondere sind Gneise, Granulite sowie Granite zu nennen.

Abbildung 26: Thaya bei Hardegg, Niederösterreich.



© Elisabeth Stadler, Umweltbundesamt

Der Grundwasserkörper wird durch zehn Messstellen abgedeckt. Jeweils vier Messstellen (je 40 %) entfallen auf die beiden Alterskategorien < 5 Jahre und 11–25 Jahre. Jeweils eine Messstelle (je 10 %) weist eine Mittlere Verweilzeit des Grundwassers von 5–10 Jahren bzw. > 50 Jahre auf.

Abbildung 27: Typische Waldviertlerische Landschaft, Niederösterreich.



© Reinhard Mandl / Waldviertel Tourismus

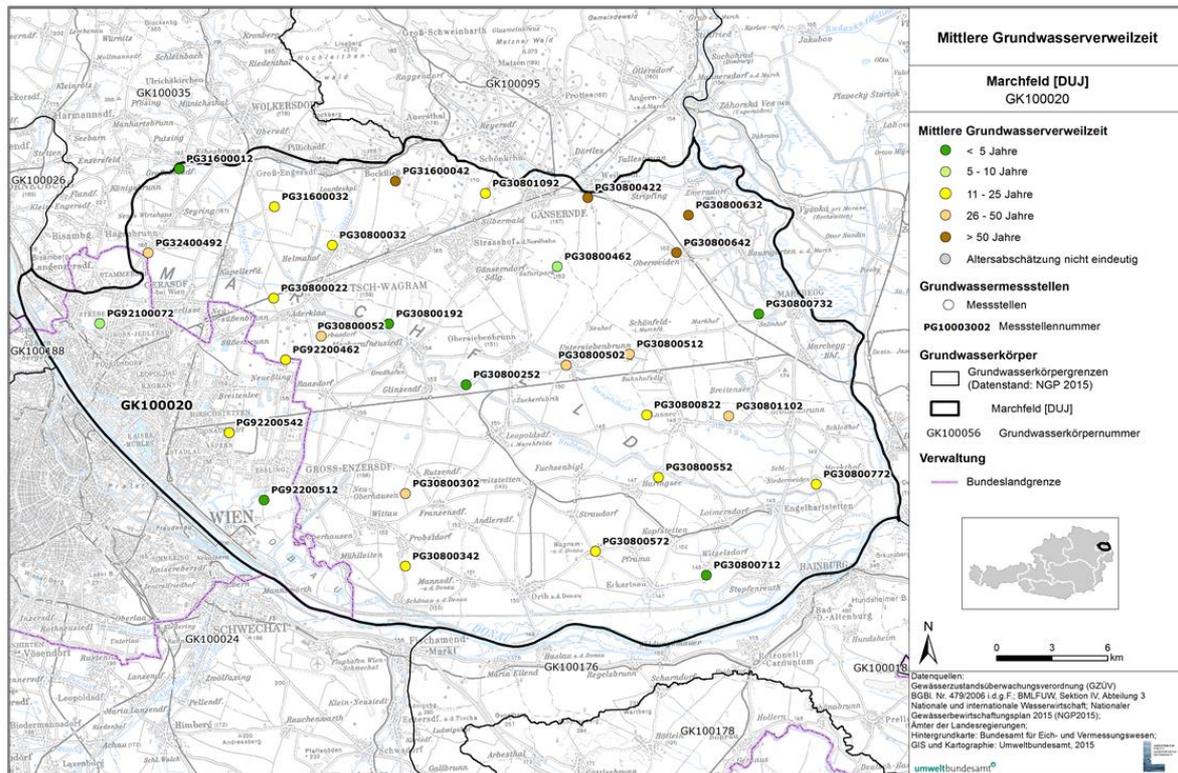
5.2 GK100020 Marchfeld [DUJ]

Der Einzelgrundwasserkörper Marchfeld wird im Süden durch die Donau, im Osten durch die March, im Norden durch das Weinviertel und im Westen durch den Bisamberg begrenzt. Er umfasst eine Gesamtfläche von 942 km², bei einer Längserstreckung von 50 km und einer maximalen Breite von 30 km (H₂O-Fachdatenbank, 2015). Beinahe 85 % des Einzelgrundwasserkörpers Marchfeld befinden sich in Niederösterreich, der Rest liegt auf Wiener Gemeindegebiet.

Das Marchfeld ist, geologisch gesehen, ein Teil des Wiener Beckens, welches durch tektonische Prozesse entstand. Das Meer transgredierte in das entstandene Becken, wobei hauptsächlich tonige Schluffe und Sande abgelagert wurden. Die neogene Beckenfüllung kann in Mulden Mächtigkeiten bis 5.000 m erreichen, wobei die Ablagerungsprozesse bis ins obere Pannon reichen. Seismische Aktivität im Becken deutet auch noch rezent auf eine tektonische Unruhe im Wiener Becken hin. Der ehemals einheitliche Schotter- und Kieskörper erfuhr durch tektonische Vorgänge eine Zerlegung in einzelne Schollen; dies ist an den drei Senken Lasseer Wanne, Obersiebenbrunner Bucht und Aderklaaer Senke er-

sichtlich. Das Quartär des Marchfeldes besteht aus Flussablagerungen der Donau (Terrasengliederung) und der March. 90 % der jungen Sedimentschüttungen stammen von der Donau, nur 10 % von der March.

Abbildung 28: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Marchfeld [DUJ].



Quelle: Umweltbundesamt, 2009

Im Grundwasserkörper Marchfeld sind sowohl sehr junge Wässer < 5 Jahre als auch Wässer mit überwiegenden Anteilen > 50 Jahren mosaikartig über die gesamte Fläche anzutreffen. Von den 29 ausgewählten GZÜV-Messstellen fallen sechs (21 %) auf die Alterskategorie < 5 Jahre und zwei (7 %) auf den Altersbereich 5-10 Jahre. Elf Messstellen (38 %) weisen Mittlere Verweilzeiten von 11-25 Jahren auf. Auf die Kategorie 26-50 Jahre kommen sechs Messstellen (21 %). Die vier Messstellen (14 %) mit den ältesten Wässern (> 50 Jahre) sind im nördlichen Teil des Marchfeldes zu finden.

Abbildung 29: Grundwasserkörper Marchfeld [DUJ]: Grundwassermessstelle zur Beweissicherung nahe Obersiebenbrunn, Niederösterreich.



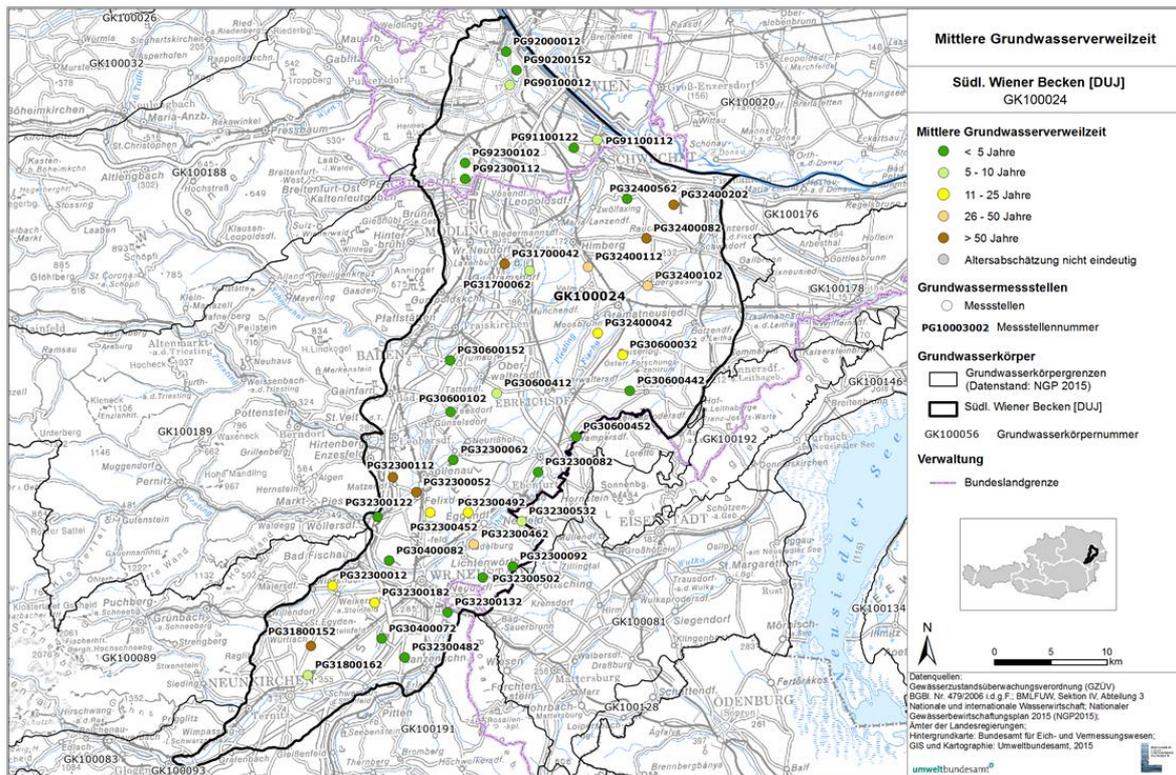
© Rudolf Philippitsch

5.3 GK10024 Südliches Wiener Becken [DUJ]

Das Südliche Wiener Becken reicht von der Donau im Norden bis nach Gloggnitz im Süden. Im Westen wird das Becken von der Thermenlinie (Bad Vöslau, Baden) begrenzt und geht im Osten über ins Pannonische Becken. Gemäß der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) wird das Becken in drei oberflächennahe Grundwasserkörper bzw. Grundwasserkörper-Gruppen untergliedert. Der Grundwasserkörper GK10024 Südliches Wiener Becken [DUJ] hat eine Gesamtfläche von 1.228 km² und eine mittlere Seehöhe über der Gebietsfläche von 230 m ü. A., mit einer Bandbreite von 133 bis 494 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Über tertiären Beckenentwicklungen, die vor allem im Bereich des westlichen Beckenrandes aufgeschlossen sind, finden sich quartäre fluviatile Rinnen- und Beckenfüllungen (Mitterndorfer Senke, Schwechat-Triesting-Liesing-Petersbach, Leithasystem). Die Mächtigkeit dieser pleistozänen Schotterkörper mit einer weitgehend grobkörnigen Sedimententwicklung schwankt zwischen einigen Metern in den Randbereichen des Südlichen Wiener Beckens und bis zu über 100 m in den zentralen Rinnen- und Beckenfüllungen (Wiener Neustädter Becken, Mitterndorfer Senke).

Abbildung 30: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliches Wiener Becken [DUJ].



Quelle: BMLFUW, 2014

An die tektonischen Randbrüche des Wiener Beckens sind auch geothermische Mineral- und Heilwässer gebunden (Thermenlinie: Bad Vöslau, Baden, Bad Fischau). Der Hauptanteil des oberflächennahen Grundwasserleiters wird aus quartärem Kies mit Nebenanteil Sand aufgebaut.

Nahezu die Hälfte der 40 untersuchten Messstellen (n=19, 48 %) weist eine kurze Verweilzeit von < 5 Jahren auf. Die übrigen Altersgruppen von 5–10, 11–25, 26–50 und > 50 Jahren verteilen sich mit 15 % (n=6), 15% (n=6), 8% (n=3) und 15 % (n=6) relativ gleichmäßig entsprechend der unterschiedlichen hydrogeologischen Situationen und des tiefenmäßigen Ausbaus der Messstellen.

5.4 GK100176 Südliches Wiener Becken-Ostrand [DUJ]

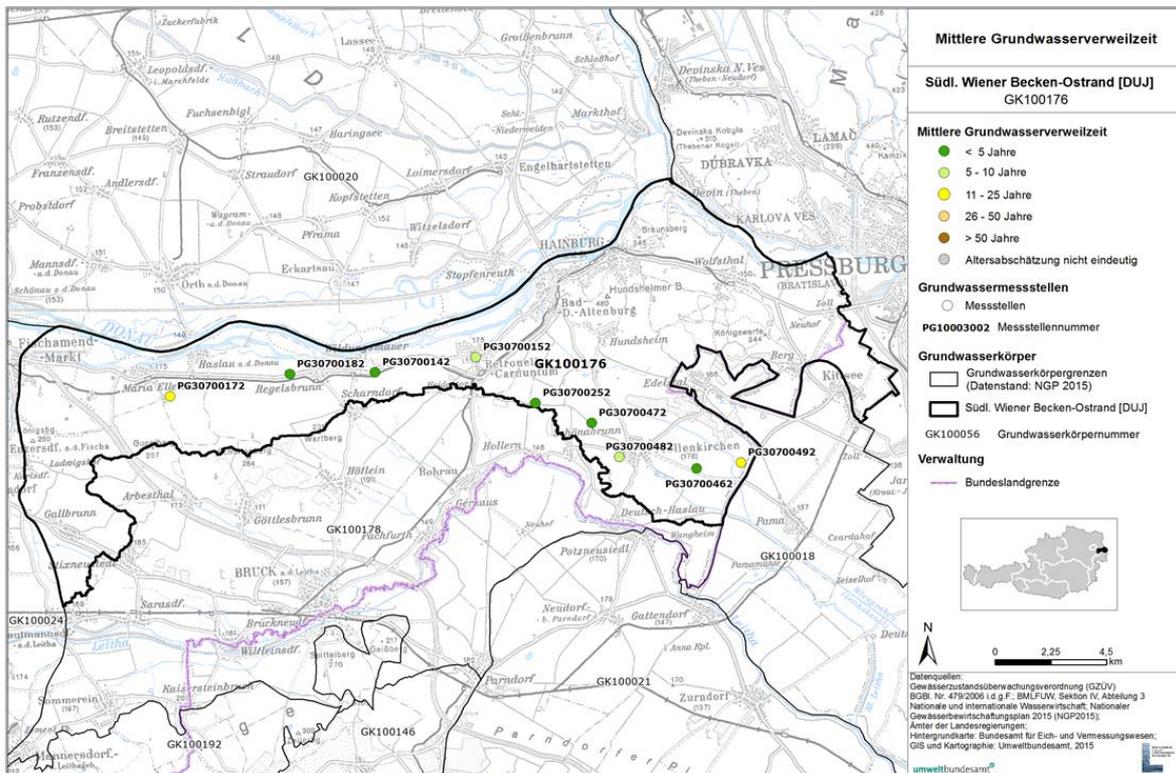
Das Südliche Wiener Becken reicht von der Donau im Norden bis nach Gloggnitz im Süden. Im Westen wird das Becken von der Thermenlinie (Bad Vöslau, Baden) begrenzt und geht

im Osten über ins Pannonische Becken. Gemäß GZÜV wird das Becken in drei oberflächen-nahe Grundwasserkörper bzw. Grundwasserkörper-Gruppen untergliedert. Die Grundwasserkörper-Gruppe GK100176 Südliches Wiener Becken-Ostrand [DUJ] weist eine Fläche von 209 km² mit einer mittleren Seehöhe von 186 m ü. A., wobei die Bandbreite von 124 bis 481 m ü. A. reicht (H₂O-Fachdatenbank 2015).

Die Gruppen von Grundwasserkörpern des Südlichen Wiener Becken-Ostrand umfassen tertiäre (z.B. Arbesthaler Hügelland, Prellenkirchner Flur), quartäre (Leitha) Ablagerungen und kristalline, teilweise auch kalkige Beckenrandbereiche (Hundsheimer Berge) sowie die Verebnungsflächen südlich der Donau zwischen Fischamend und Berg/Kittsee.

Mehr als die Hälfte der neun untersuchten Messstellen dieser Grundwasserkörpergruppe (n=5, 56 %) weist sehr junge Mittlere Verweilzeiten < 5 Jahre auf. Jeweils zwei Messstellen liegen im Bereich 5–10 Jahre bzw. 11–25 Jahre (je 23 %).

Abbildung 31: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliches Wiener Becken-Ostrand [DUJ].



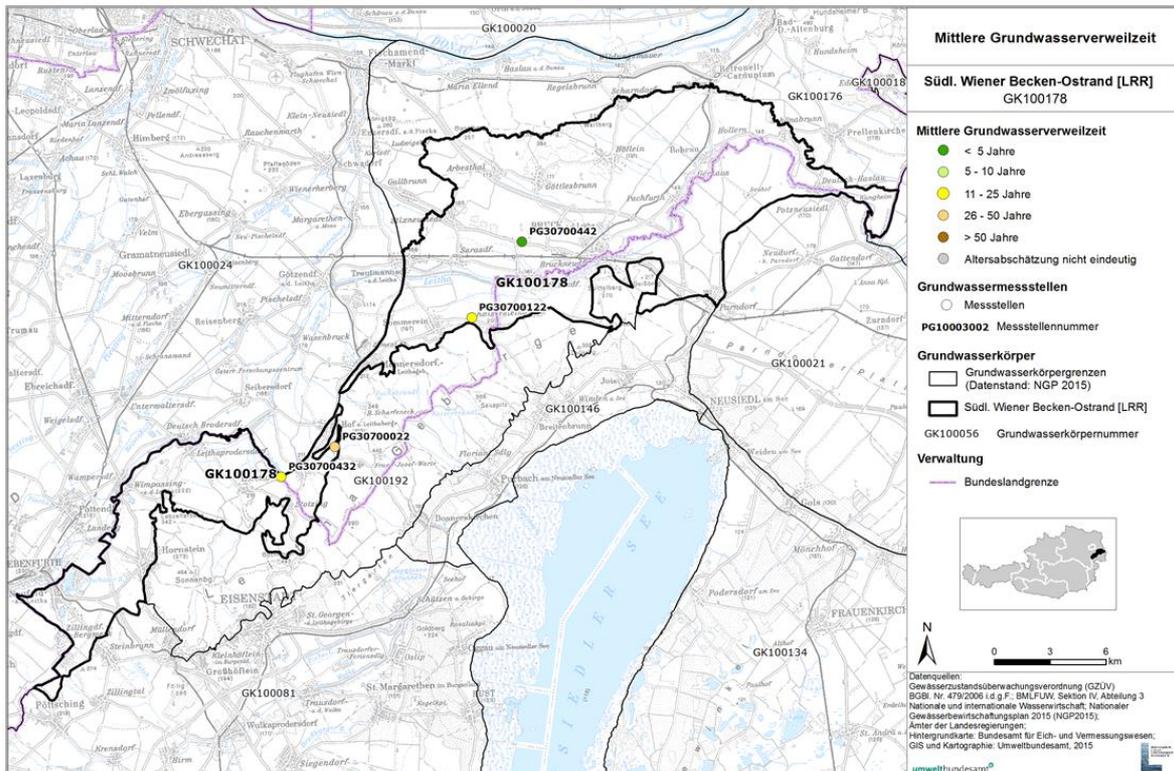
Quelle: BMLFUW, 2014

5.5 GK100178 Südliches Wiener Becken-Ostrand [LRR]

Das Südliche Wiener Becken reicht von der Donau im Norden bis nach Gloggnitz im Süden. Im Westen wird das Becken von der Thermenlinie (Bad Vöslau, Baden) begrenzt und geht im Osten über ins Pannonische Becken. Gemäß GZÜV wird das Becken in drei oberflächen-nahe Grundwasserkörper bzw. Grundwasserkörper-Gruppen untergliedert. Die Grundwasserkörper-Gruppe GK100178 Südliches Wiener Becken-Ostrand [LRR] erstreckt sich über eine Fläche von 276 km². Die mittlere Seehöhe beträgt 189 m ü. A. mit einer Bandbreite von 117 bis 408 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank 2015).

Die Gruppen von Grundwasserkörpern des Südl. Wiener Becken-Ostrand umfassen tertiäre (z.B. Arbesthaler Hügelland, Prellenkirchner Flur), quartäre (Leitha) Ablagerungen und kristalline, teilweise auch kalkige Beckenrandbereiche (Hundsheimer Berge) sowie die Verebnungsflächen südlich der Donau zwischen Fischamend und Berg/Kittsee.

Abbildung 32: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliches Wiener Becken-Ostrand [LRR].



Quelle: BMLFUW, 2014

Abbildung 33: Donau bei Fischamend, Niederösterreich.



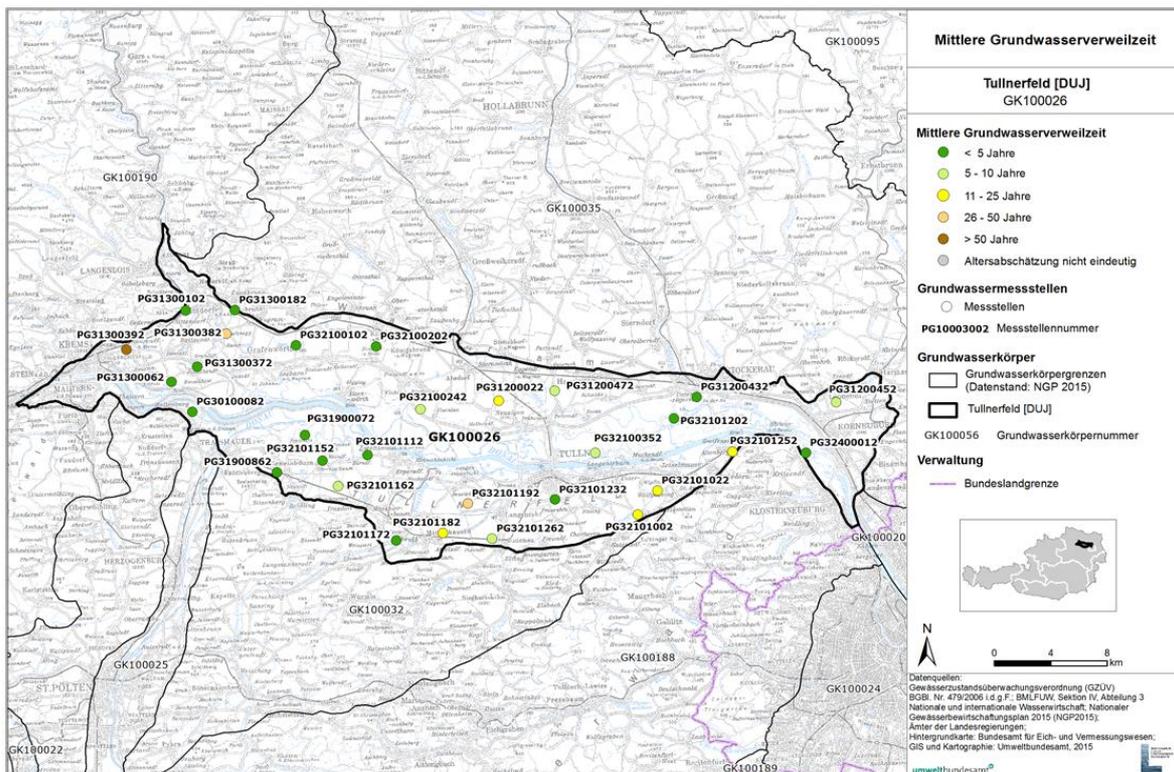
© Elisabeth Stadler, Umweltbundesamt

Von den vier untersuchten Messstellen fallen zwei (50 %) in die Alterskategorie 11-25 Jahre, die beiden übrigen verteilen sich auf die Alterskategorien < 5 Jahre und 26-50 Jahre (je 25 %).

5.6 GK100026 Tullnerfeld [DUJ]

Der Grundwasserkörper Tullnerfeld befindet sich zum überwiegenden Teil in Niederösterreich, kleinere Randgebiete liegen auf Wiener Gebiet. Der Einzel-Porengrundwasserkörper erstreckt sich über eine Länge von 65 km entlang der Donau von Krems im Westen bis zur sogenannten „Wiener Pforte“ bei Stockerau im Osten bei einer maximalen Breite von 17 km. Die Gesamtfläche beläuft sich auf 587 km². Die mittlere Seehöhe beträgt 182 m ü. A. mit einer Bandbreite von 141 bis 234 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 34: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Tullnerfeld [DUJ].



Quelle: BMLFUW, 2014

Die Terrassenebene wird durch die Donau in das Nördliche und Südliche Tullnerfeld getrennt. Petrologisch wird der Aquifer aus zumeist grobkörnigen quartären Sedimenten der Niederterrasse aufgebaut, die von der Donau geschüttet wurden. Überwiegend handelt es dabei sich um quartäre Kiese, Nebenanteile bilden Sande und Schluff. Grundwasserneubildung erfolgt hauptsächlich durch Infiltration von Oberflächengewässern, durch randliche Zuflüsse aus dem Hinterland sowie aus der Versickerung von Niederschlag. Das Fließgeschehen in der Donau übt maßgeblichen Einfluss auf die Grundwasserstände im Tullnerfeld aus.

Für den Grundwasserkörper Tullnerfeld ergibt sich hinsichtlich der mittleren Grundwasseralter ein einheitliches Bild mit größtenteils Mittleren Verweilzeiten von bis zu zehn Jahren. Die Hälfte der 30 im Tullnerfeld untersuchten Messstellen weist eine kurze Verweilzeit von < 5 Jahren auf. Die anderen Altersgruppen von 5–10, 11–25, 26–50 und > 50 Jahre verteilen sich mit 20 %, 17 %, 7 % und 3 % eher gleichmäßig entsprechend der unterschiedlichen hydrogeologischen Situationen und des tiefenmäßigen Ausbaues der Messstellen.

Abbildung 35: Blick vom Wagram auf den Porengrundwasserkörper Tullnerfeld, Niederösterreich.



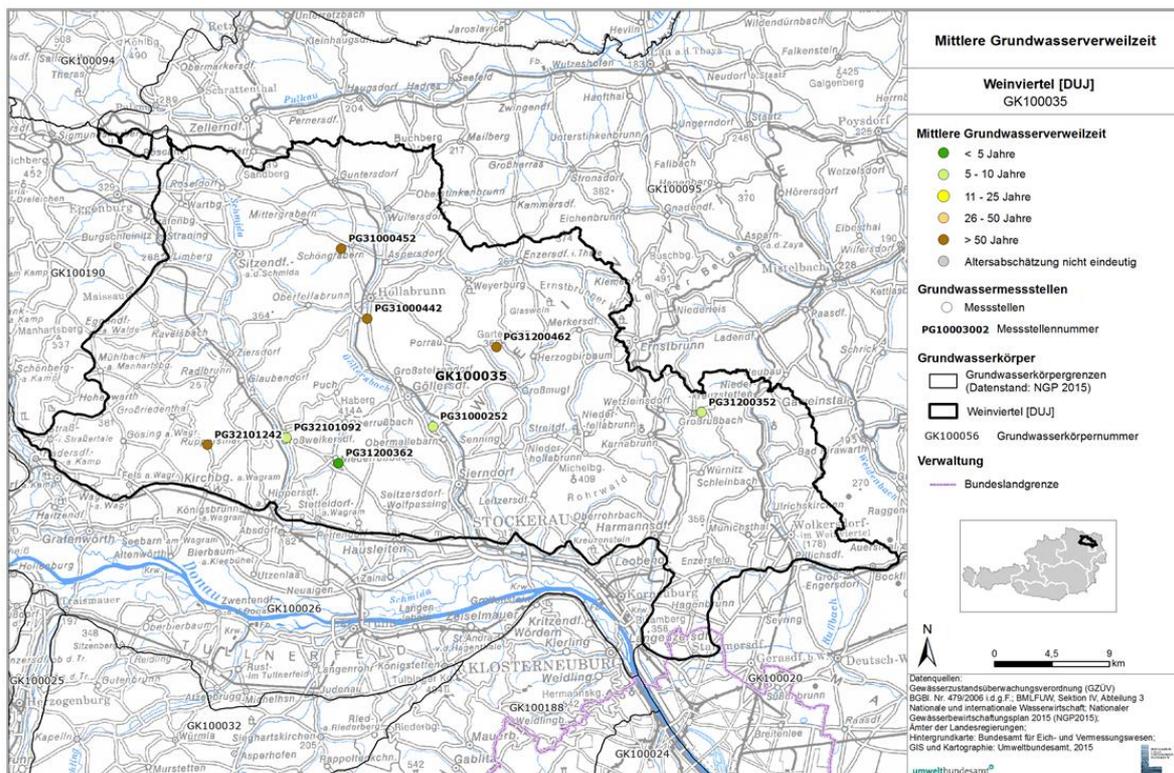
© Rudolf Philippitsch

5.7 GK100035 Weinviertel [DUJ]

Das Weinviertel In Niederösterreich umfasst zwei Gruppen von Porengrundwasserkörpern – zum einen den GK100035 Weinviertel [DUJ], zum anderen den GK100095 Weinviertel [MAR]. Der Grundwasserkörper Weinviertel [DUJ] erstreckt sich nördlich der Donau und des Tullnerfeldes über eine Länge von 65 km bei einer maximalen Breite von 30 km. Die Gesamtfläche umfasst 1.347 km² auf einer Seehöhe von 163 bis 456 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Petrologisch wird der Aquifer überwiegend aus eher feinkörnigen tertiären Sedimententwicklungen wie Schluff und Ton aufgebaut, Sande und Kies bilden lediglich Nebenanteile. Entsprechend dieser feinkörnigen Entwicklung ist überwiegend eine eher geringe Grundwasserführung zu verzeichnen. Umfangreichere Grundwasservorkommen sind lediglich in grobkörnigen Sedimenteinschaltungen oder auflagernden jungtertiären Schottervorkommen ausgebildet (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 36: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Weinviertel [DUJ].



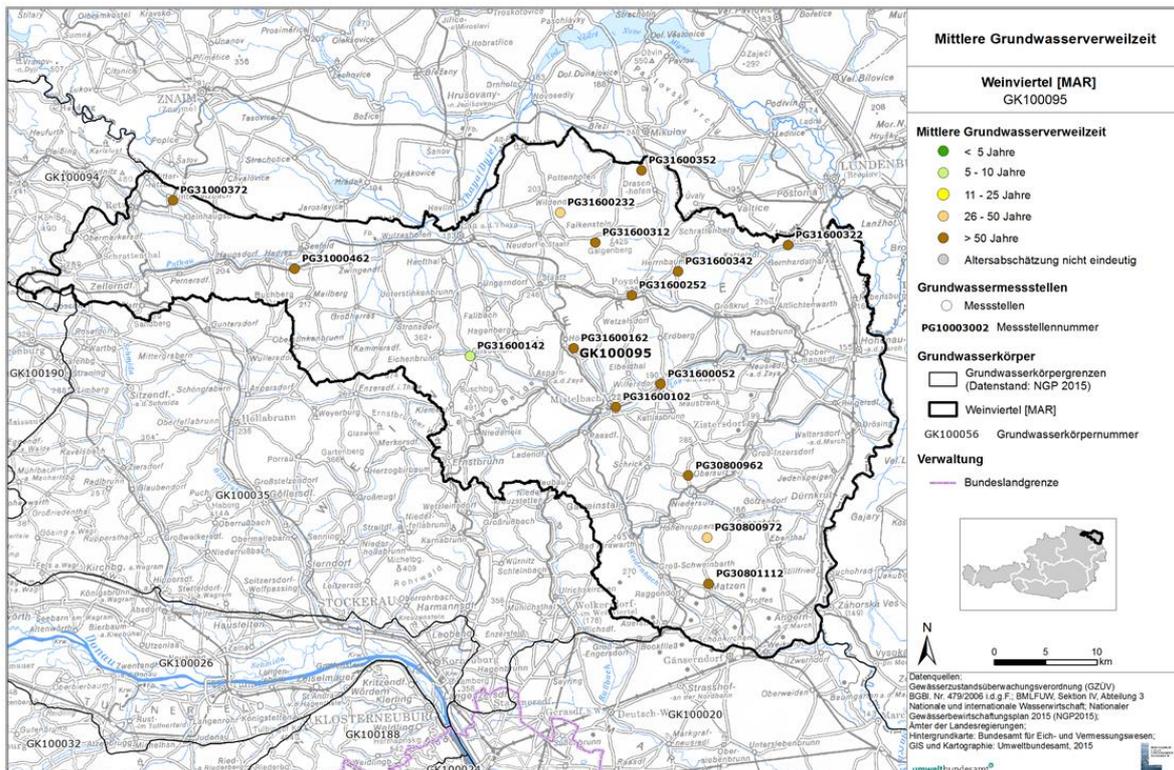
Quelle: BMLFUW, 2014

In der Grundwasserkörpergruppe Weinviertel [DUJ] weist die Hälfte der acht untersuchten Messstellen Mittlere Verweilzeiten > 50 Jahren auf. Eine Messstelle zeigt sehr junges Grundwasser < 5 Jahre. Drei Messstellen fallen in die Alterskategorie 5–10 Jahre.

5.8 GK100095 Weinviertel [MAR]

Das Weinviertel in Niederösterreich umfasst zwei Gruppen von Porengrundwasserkörpern – zum einen den GK100035 Weinviertel [DUJ], zum anderen den GK100095 Weinviertel [MAR]. Der Grundwasserkörper Weinviertel [MAR] befindet nordöstlich anschließend an den Grundwasserkörper Weinviertel [DUJ] und erstreckt sich über eine Länge von 82 km bei einer maximalen Breite von 43 km auf einer Seehöhe zwischen 122 bis 483 m ü. A.. Die Fläche des Grundwasserkörpers umfasst 2.008 km² (H₂O-Fachdatenbank ,2015).

Abbildung 37: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper im Weinviertel [MAR].



Quelle: BMLFUW, 2014

Die Aquifere in den beiden Grundwasserkörpern, die eigentlich Gruppen von kleinräumigen Grundwasserkörpern darstellen, sind sehr geringmächtig und heterogen. Sie liegen entweder in tertiären grobkörnigeren Kiesen und Sanden oder in teilweise quartären Ablagerungen entlang der größeren Bäche (Schippeck & Niederbacher, 1995). Umfangreichere Grundwasservorkommen sind lediglich in grobkörnigen Sedimenteinschaltungen oder auflagernden jungtertiären Schottervorkommen ausgebildet (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

In der Grundwasserkörpergruppe Weinviertel [MAR] wurden insgesamt 15 Grundwassermessstellen untersucht. Mehr als zwei Drittel der Messstellen weisen eine Mittlere Verweilzeit von > 50 Jahren auf. Von diesen zeigen zwei Messstellen überhaupt nur alte (tritiumfreie) Wässer. Der Rest der Messstellen dieser Gruppe von MVZ > 50 Jahre enthalten auch kleine Anteile von jüngeren, tritiumhaltigen Wässern. In die Altersgruppen < 5 Jahre fällt keine einzige Messstelle, ebenso in die Kategorie von 11–25 Jahren. Die Altersgruppen von 5–10 und 26–50 Jahren sind mit einer bzw. zwei Messstellen nur untergeordnet vertreten.

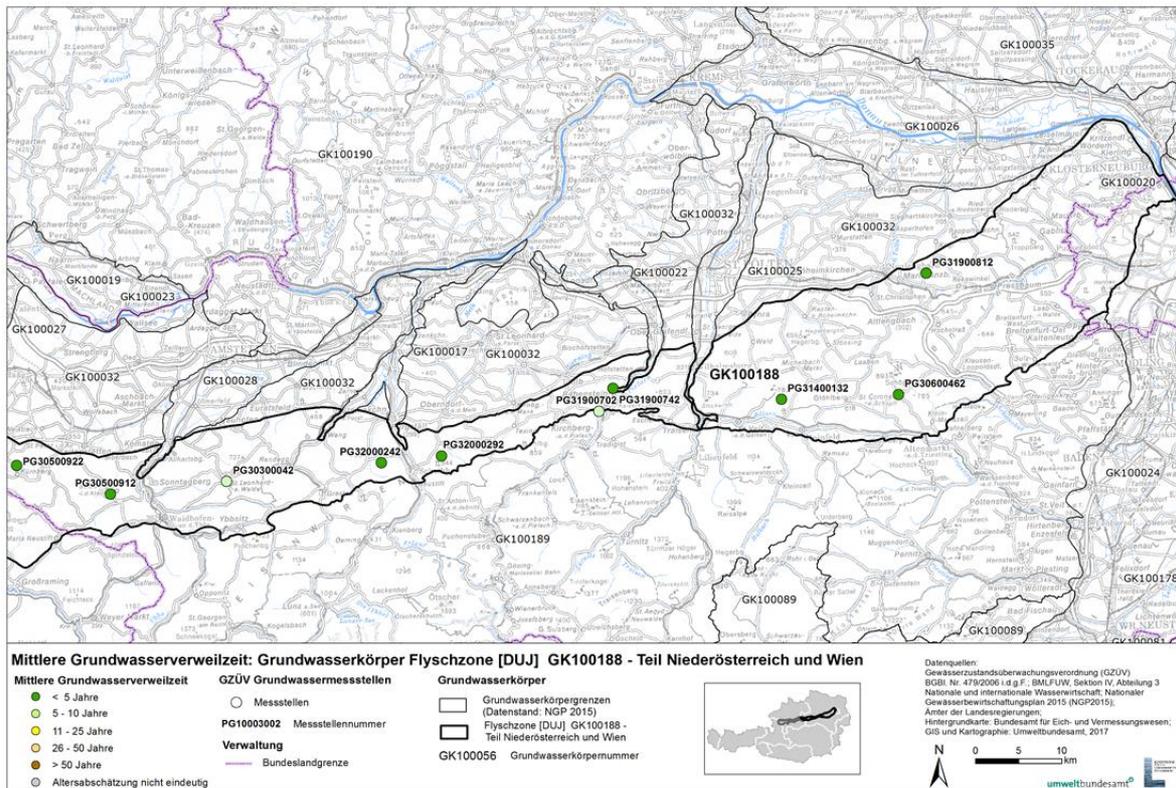
5.9 GK100188 Flyschzone [DUJ] – Teil Niederösterreich und Wien

Die Flyschzone ist geprägt durch sanfte Hügel und Kuppen, die hauptsächlich aus Sandstein, Mergel und Kalkmergel bestehen und sich im Mittel auf 507 m erheben. Die Grundwasserkörpergruppe erstreckt sich über ca. 240 km und ist ca. 10–15 km breit, wobei die größte Breite im Wienerwald mit rund 20 km erreicht wird. Diese Gruppe von Grundwasserkörpern erstreckt sich mit einer Fläche von knapp 2.600 km² hauptsächlich über nieder- und oberösterreichisches Landesgebiet. Kleine Teile liegen auch in Wien und in Salzburg. Die Grundwasserkörpergruppe wird durch querende Talfluren in fünf nicht zusammenhängende Bereiche unterteilt.

Es handelt sich um einen oberflächennahen Grundwasserkörper, der vorwiegend als Kluftgrundwasserkörper und nachrangig als Porengrundwasserkörper auftritt. Für die Grundwasserführung sind im Wesentlichen die Klüfte im Sandstein von Bedeutung. Im Norden grenzen mehrere Grundwasserkörper des Alpenvorlandes an und im Süden erfolgt die Begrenzung durch die Nördlichen Kalkalpen (H₂O-Fachdatenbank, 2017).

Acht von zehn untersuchten Messstellen der niederösterreichischen Flyschzone wurden in die MVZ-Kategorie < 5 Jahre eingeordnet, zwei weitere Messstellen in die Kategorie 5-10 Jahre.

Abbildung 38: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Flyschzone [DUJ] – Teil Niederösterreich und Wien.



Quelle: BMLFUW, 2017

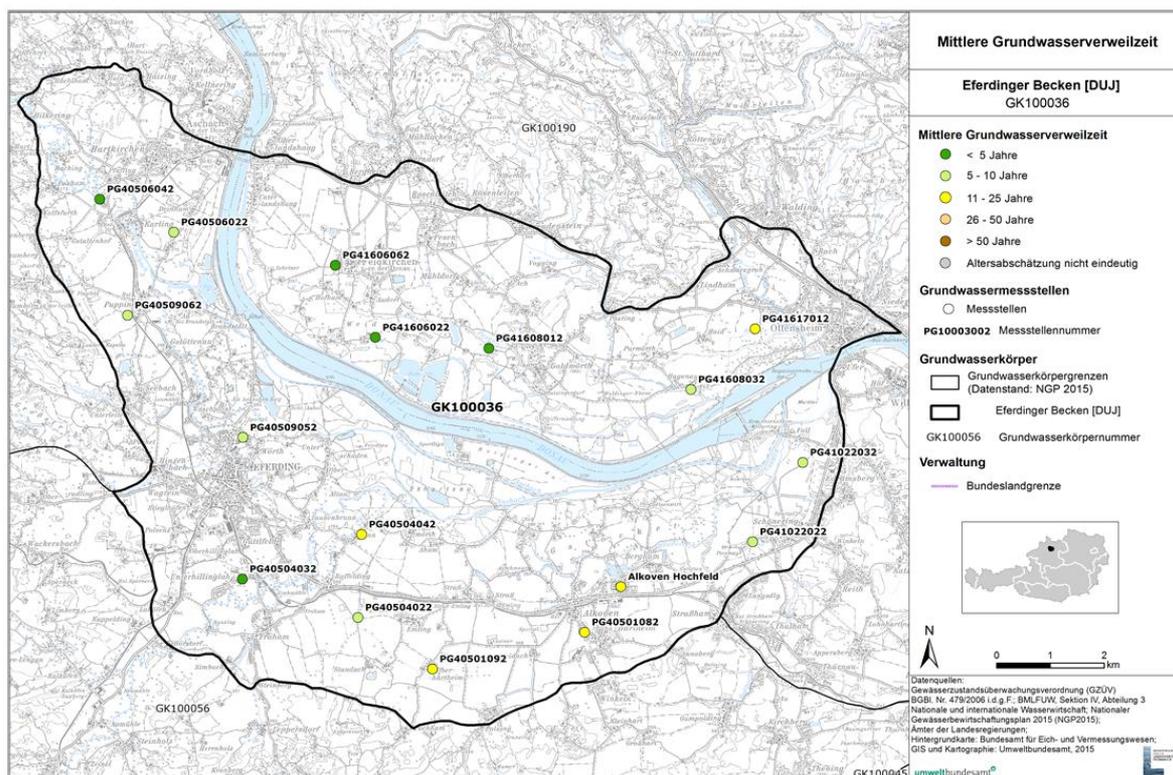
Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen in der niederösterreichischen Flyschzone als charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit überwiegend kurzen Mittleren Verweilzeiten beschreiben. Dementsprechend ergibt sich eine erhöhte Empfindlichkeit dieser Wasserressourcen gegenüber Änderungen im Wasserhaushalt sowie bewirtschaftungsbedingten Änderungen der Wasserqualität.

6 Oberösterreich

6.1 GK100036 Eferdinger Becken [DUJ]

Der Einzelgrundwasserkörper Eferdinger Becken erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 120 km² zu beiden Seiten der Donau. Der Porengrundwasserkörper ist etwa 16 km lang und maximal 9 km breit. Die mittlere Seehöhe beträgt 265 m ü. A. mit einer Bandbreite von 248 bis 307 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 39: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Eferdinger Becken [DUJ].



Quelle: BMLFUW, 2014

Der Grundwasserleiter besteht aus Niederterrassenschotter der Würmkaltzeit und Schottern des Holozäns (Alluvionen). Morphologisch lässt sich der Schotterkörper in Niederterrasse (3–8 m Stufenhöhe), Oberes Alluvialfeld, Unteres Alluvialfeld und Austufe gliedern (Vohryzka, 1973; Breiner, 1974). Nach den Bohrprofilen der GeoloGISDatenbank (Amt der

oberösterreichischen Landesregierung) beträgt die mittlere Schottermächtigkeit 9 m. Das linksufrig der Donau gelegene nördliche Eferdinger Becken wird im obersten Bereich von der Donau alimentiert (stets ca. 200 l/s). Aus dem Hinterland fließen dem nördlichen Eferdinger Becken ebenfalls konstant etwa 100 l/s zu.

Keine einzige der 17 untersuchten Messstellen des Eferdinger Beckens kann der Alterskategorie > 50 Jahre zugeordnet werden. Die Altersgruppen < 5 Jahre, 5–10 Jahre und 11–25 Jahre sind entsprechend ihrer unterschiedlichen hydrogeologischen Situation und des tiefenmäßigen Ausbaues der Messstellen etwa gleich verteilt. Jeweils fünf Messstellen (das entspricht ca. 29 %) können den Alterskategorien < 5 Jahre und 11–25 Jahre zugeordnet werden. Sieben Messstellen (41 %) weisen Mittlere Verweilzeiten von 5–10 Jahren auf.

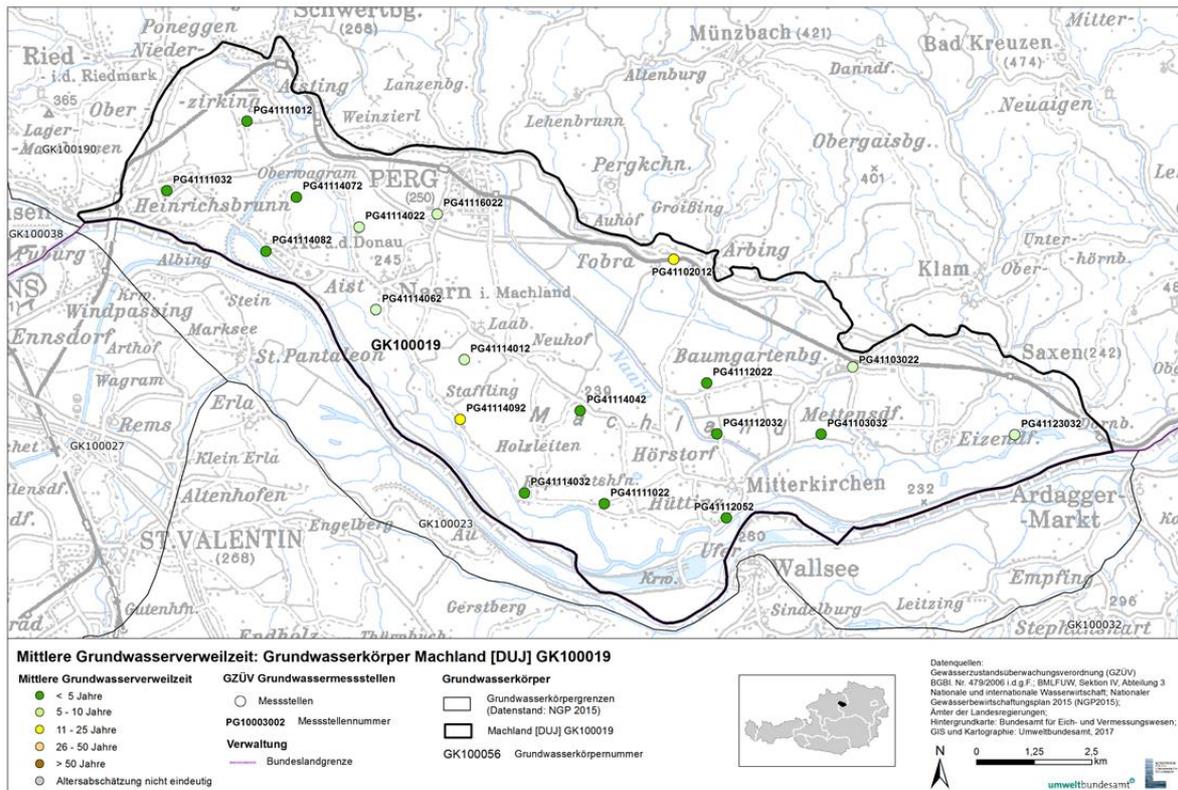
6.2 GK100019 Machland [DUJ]

Der Grundwasserkörper Machland liegt eingebettet zwischen der Donau im Süden und der Böhmisches Masse im Norden. Er erstreckt sich von Mauthausen im Westen bis Ardagger im Osten. Die Landschaft ist geprägt durch ein ausgedehntes Auegebiet, das in eine landwirtschaftlich stark genutzte Niederterrasse übergeht. Der Grundwasserkörper liegt nahezu vollständig auf oberösterreichischen Landesgebiet.

Der geologische Aufbau macht das Machland zu einem hervorragenden Grundwasserspeicher. Der stark ausgewaschene Schotter, der in der Nacheiszeit die Becken und Rinnen gefüllt hat, bietet mit seiner guten Durchlässigkeit ideale Voraussetzungen für die Regeneration und Speicherung des Grundwassers. Die stauende Basis für den Grundwasserleiter wird fast ausschließlich von Schlier gebildet. Dieser verzahnt nach Norden mit tertiären Sanden. Nur bei Weinzierl bilden kristalline Gesteine den Grundwasserstauer (H₂O-Fachdatenbank, 2017).

Entsprechend der hydrogeologischen Gegebenheiten des Machlandes sind für die untersuchten GZÜV-Grundwassermessstellen vorwiegend geringe Mittlere Verweilzeiten zu verzeichnen. Elf Messstellen weisen Mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf, für sechs Messstellen wurden Verweilzeiten von 5–10 Jahren ermittelt. Zwei Messstellen fallen in die Kategorie 11–25 Jahre. Bei keiner Messstelle wurden Mittlere Verweilzeiten von 26–50 Jahren bzw. > 50 Jahre ermittelt.

Abbildung 40: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Machland [DUJ].



Quelle: BMLFUW, 2017

Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen im Machland als charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit vorrangig kurzen Mittlere Verweilzeiten beschreiben. Dementsprechend ergibt sich eine erhöhte Empfindlichkeit dieser Wasserressourcen gegenüber Änderungen im Wasserhaushalt sowie bewirtschaftungsbedingten Änderungen der Wasserqualität.

Abbildung 41: Grundwasserkörper Machland [DUJ], Oberösterreich



© Archiv Presseabteilung Land Oberösterreich

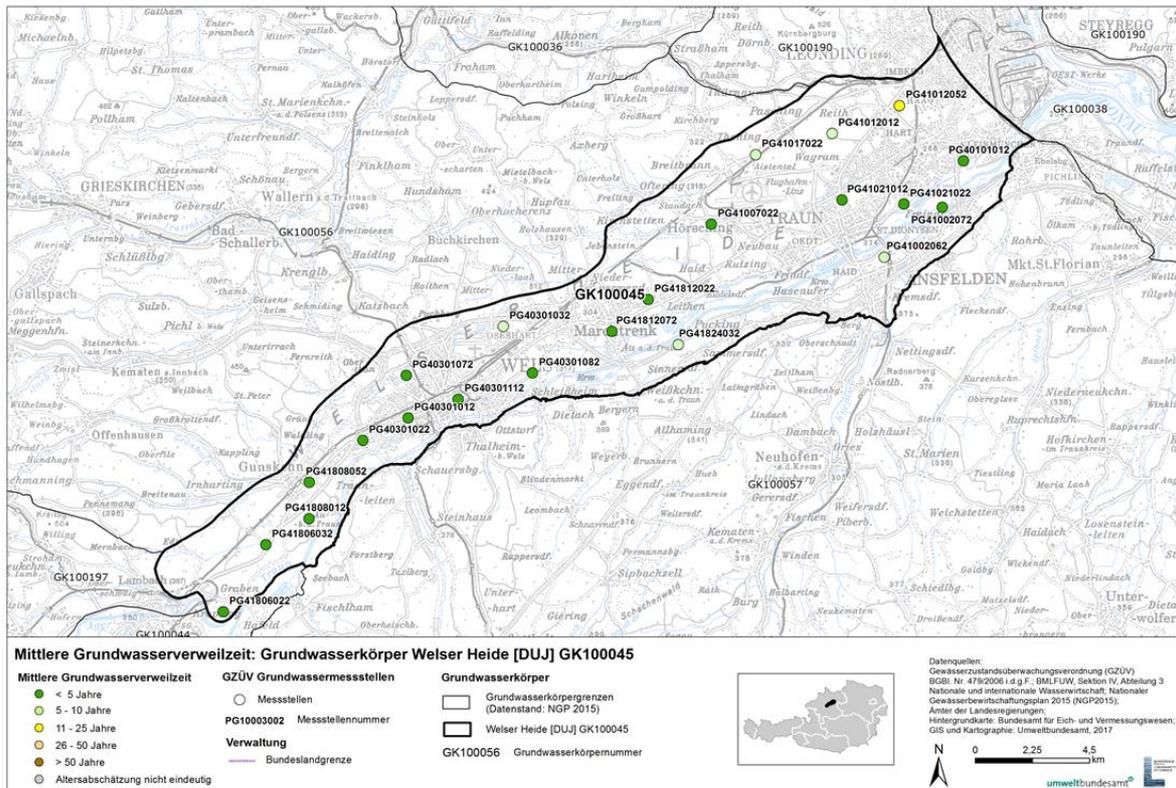
6.3 GK10045 Welser Heide [DUJ]

Der Grundwasserkörper Welser Heide wird im Nordwesten vom Schlierhügelland und im Südosten von der Traun-Enns-Platte begrenzt. Der Grundwasserleiter setzt sich aus unterschiedlich alten quartären Schottern zusammen.

Der Grundwasserstrom fließt vom Südwesten Richtung Nordosten und folgt dem Verlauf der Traun, die auch immer wieder Wasser in den Grundwasserkörper infiltriert. Das versickernde Niederschlagswasser und der Grundwasserzstrom spielen ebenfalls eine Rolle bei der Grundwasserneubildung.

Der Grundwasserleiter ist stark durchlässig und verfügt über Deckschichten mit einer mittleren Mächtigkeit von 3 m, die ca. die Hälfte der Gebietsfläche mit äolischen Sedimenten wie Löß oder Aulehm bedecken. Der mittlere Grundwasserflurabstand liegt bei 11 m (H₂O-Fachdatenbank, 2017).

Abbildung 42: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Welser Heide [DUJ].



Quelle: BMLFUW, 2017

Insgesamt 16 Messstellen des Grundwasserkörpers Welser Heide fallen in die MVZ-Kategorie < 5 Jahre, fünf Grundwassermessstellen fallen in die MVZ-Kategorie 5–10. Eine Messstelle weist Mittlere Verweilzeiten im Bereich von 11–25 Jahren auf.

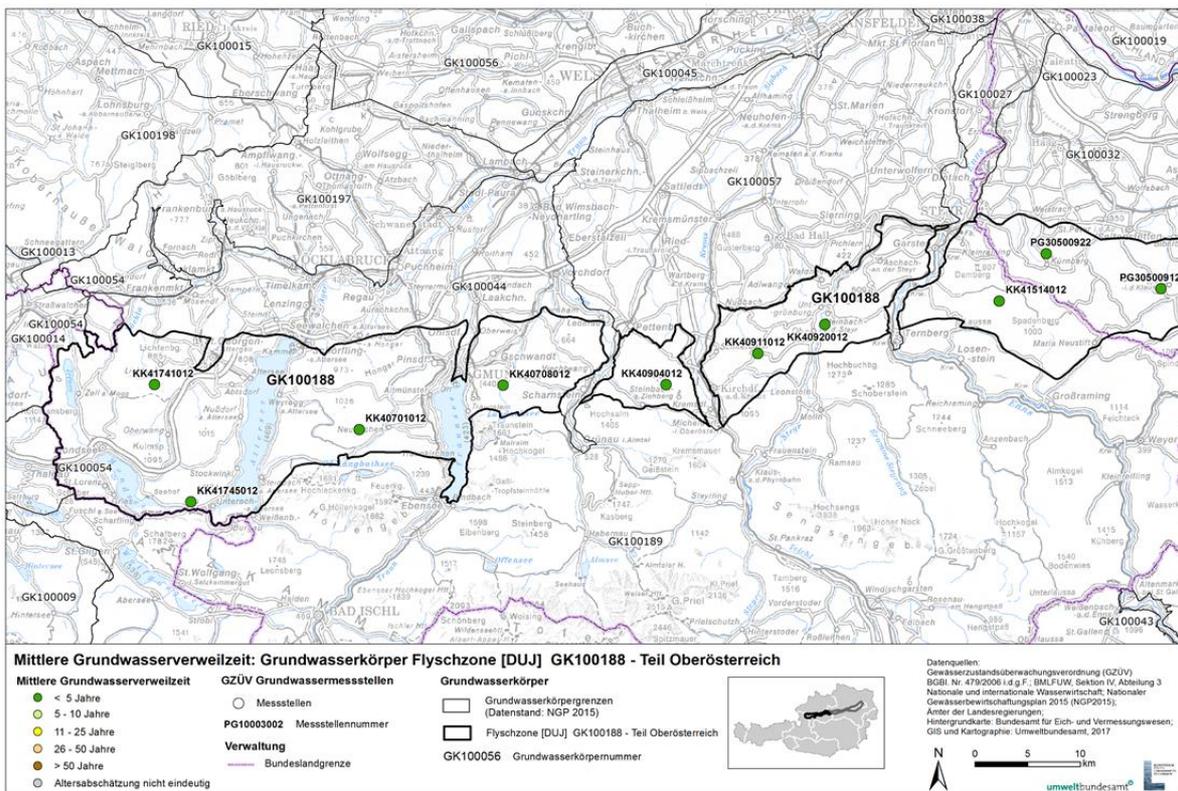
Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen in der Welser Heide als charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit überwiegend kurzen Mittlere Verweilzeiten beschreiben. Dementsprechend ergibt sich eine erhöhte Empfindlichkeit dieser Wasserressourcen gegenüber Änderungen im Wasserhaushalt sowie bewirtschaftungsbedingten Änderungen der Wasserqualität.

6.4 GK100188 Flyschzone [DUJ] – Teil Oberösterreich

Die Flyschzone ist geprägt durch sanfte Hügel und Kuppen, die hauptsächlich aus Sandstein, Mergel und Kalkmergel bestehen und sich im Mittel auf 507 m. erheben. Die Grundwasserkörpergruppe erstreckt sich über ca. 240 km und ist ca. 10–15 km breit. Diese

Gruppe von Grundwasserkörpern erstreckt sich mit einer Fläche von knapp 2.600 km² hauptsächlich über nieder- und oberösterreichisches Landesgebiet. Kleine Teile liegen auch in Wien und in Salzburg. Die Grundwasserkörpergruppe wird durch querende Talfluren in fünf nicht zusammenhängende Bereiche unterteilt.

Abbildung 43: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Flyschzone [DUJ] – Teil Oberösterreich.



Quelle: BMLFUW, 2017

Es handelt sich um einen oberflächennahen Grundwasserkörper, der vorwiegend als Kluftgrundwasserkörper und nachrangig als Porengrundwasserkörper auftritt. Für die Grundwasserführung sind im Wesentlichen die Klüfte im Sandstein von Bedeutung. Im Norden grenzen mehrere Grundwasserkörper des Alpenvorlandes an und im Süden wird die Gruppe von Grundwasserkörpern durch die Nördlichen Kalkalpen begrenzt (H₂O-Fachdatenbank, 2017).

Alle acht Messstellen der oberösterreichischen Flyschzone fallen in die MVZ-Kategorie < 5 Jahre. Dabei konnten fünf von acht Messstellen nur anhand der Variabilität der Sauerstoff-18- und Tritiumkonzentrationen beurteilt werden, was grundsätzlich zu höheren Unsicherheiten in Bezug auf die ermittelten Mittleren Verweilzeiten führt.

Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen in der oberösterreichischen Flyschzone als charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit überwiegend kurzen Mittleren Verweilzeiten beschreiben. Dementsprechend ergibt sich eine erhöhte Empfindlichkeit dieser Wasserressourcen gegenüber Änderungen im Wasserhaushalt sowie bewirtschaftungsbedingten Änderungen der Wasserqualität.

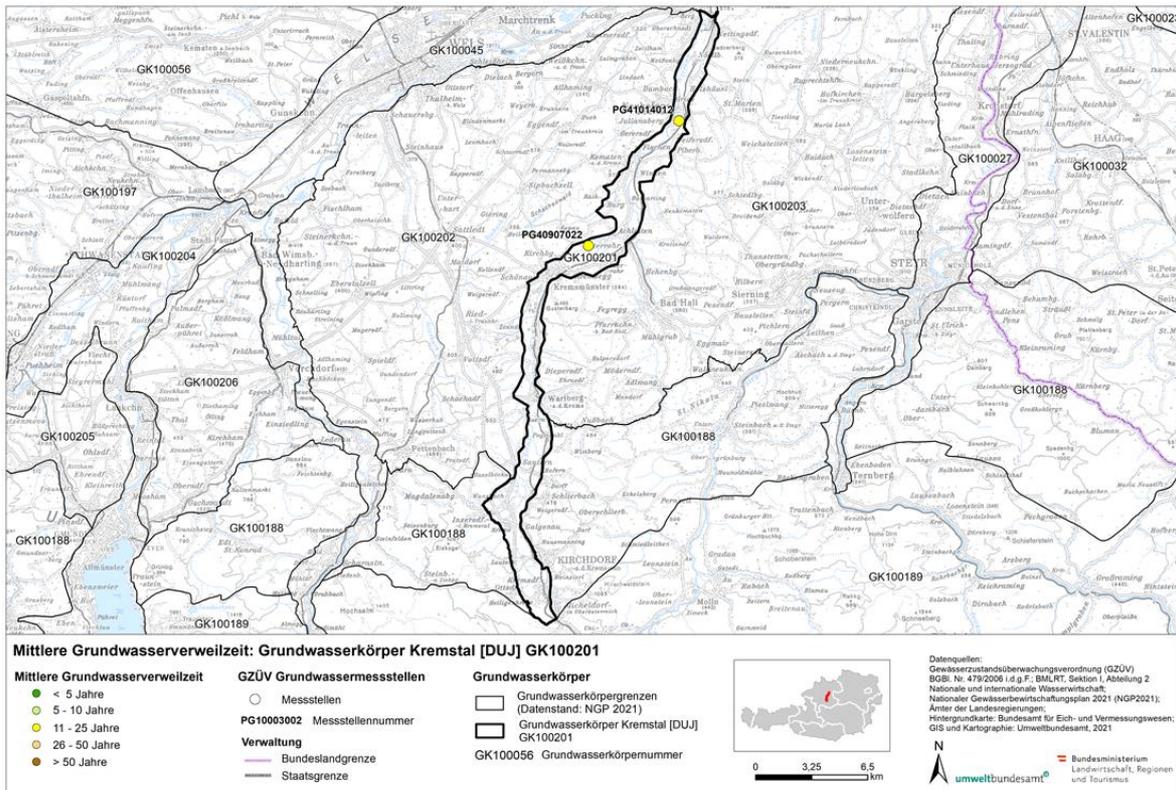
6.5 GK100201 Kremstal [DUJ]

Der Einzelporengrundwasserkörper Kremstal folgt dem Flusslauf der Krems und erstreckt sich ca. in S-N-Richtung von Micheldorf bis zum Eintritt der Krems in die Welser Heide südlich von Haid. Die maximale Längserstreckung beträgt ca. 40 km, die mittlere Breite ca. 1,4 km. Im Nordteil wird das Kremstal von der Grundwasserkörpergruppe „Zwischen Alm und Krems“ im Westen und von der Grundwasserkörpergruppe „Zwischen Krems und Moosbachl“ im Osten eingefasst. Der südliche Teil des Grundwasserkörpers wird beidseitig von der Flyschzone begrenzt. Den nördlichen Abschluss des Kremstales bildet das Trauntal, den südlichen Abschluss die Nördlichen Kalkalpen.

Der Schliersockel sowie die Gesteine der Flyschzone sind im Wesentlichen als stauende Basis der darüber liegenden quartären Sedimente anzusehen. Die Grundwasserleiter bestehen vor allem aus Alluvionen, Nieder- und Hochterrassenschottern sowie Schuttkegeln. Die Hochterrassen führen Grundwasser, das seitlich in die Terrassen eintritt oder auf der Terrassenoberfläche versickert. Nördlich Wartberg können zumindest zwei Horizonte unterschieden werden: seichtes Grundwasser, das vom Wasserspiegel der Krems beeinflusst wird sowie gespanntes Grundwasser unter der Krems. Nördlich von Kirchdorf beträgt die mittlere Aquifermächtigkeit 2 m. Im Kirchdorfer Becken beträgt die mittlere Aquifermächtigkeit 25 m (H₂O-Fachdatenbank, 2021).

Die beiden im Grundwasserkörper Kremstal untersuchten Messstellen weisen jeweils Mittlere Verweilzeiten des Grundwassers von 11–25 Jahren auf.

Abbildung 44: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Kremstal [DUJ].



Quelle: verändert nach Umweltbundesamt 2009

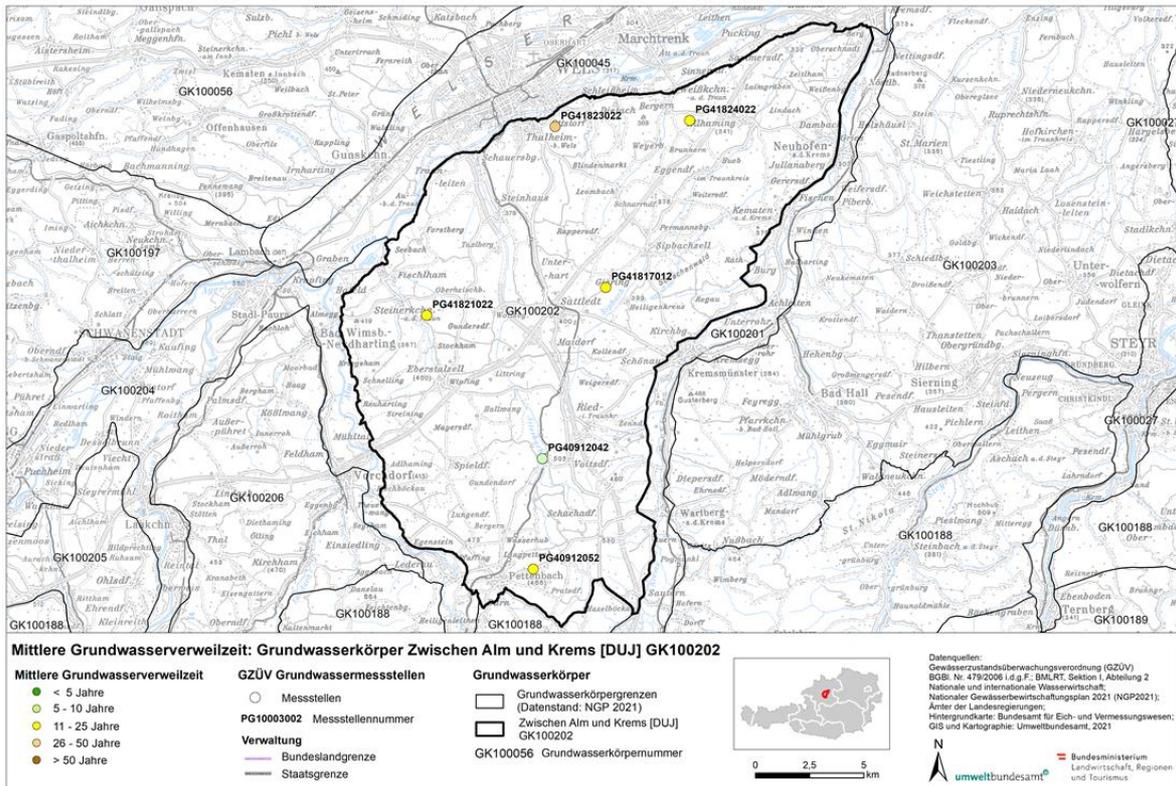
6.6 GK100202 Zwischen Alm und Kreams [DUJ]

Die Grundwasserkörpergruppe „Zwischen Alm und Kreams“ wird im Westen durch das Alm- und Traental, im Norden durch das Traental, im Osten durch das Kremstal und im Süden durch die Flyschzone begrenzt. Die maximale Längserstreckung in SW-NO-Richtung beträgt ca. 31 km, die mittlere Breite in NW-SO-Richtung beläuft sich auf ca. 14 km.

Es dominieren Porengrundwasserleiter, diese setzen sich vor allem aus quartären Sedimenten unterschiedlichen Alters zusammen. Vorherrschend sind Ältere Deckenschotter, die gegen Süden hin von Weißem Nagelfluh, Jüngeren Deckenschottern und Moränen überlagert bzw. abgelöst werden. Im Bereich östlich des Almtales lagern bis über 50 m mächtige Hochterrassenschotter (Pettenbachrinne). Deckschichten sind mit einem Flächenanteil über 75 % ausgebildet. Ihre Mächtigkeit beträgt zumeist mehrere Meter bis 15 m, kann jedoch lokal bis zu 90 m erreichen. Die Alimентация des Grundwassers erfolgt

hauptsächlich über versickernde Oberflächengewässer. Bedeutende Grundwasservorkommen liegen im Bereich der Pettenbachrinne und der Voitsdorfer Rinne (H₂O-Fachdatenbank, 2021).

Abbildung 45: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Zwischen Alm und Krems [DUJ].



Quelle: verändert nach Umweltbundesamt 2009

Vier der sechs untersuchten Messstellen der Grundwasserkörpergruppe, das entspricht 67 %, weisen Mittlere Verweilzeiten von 11–25 Jahren auf. Eine Messstelle weist kürzere Mittlere Verweilzeiten des Grundwassers von 5–10 Jahren auf. Eine weitere Messstelle fällt in die Alterskategorie 26–50 Jahre.

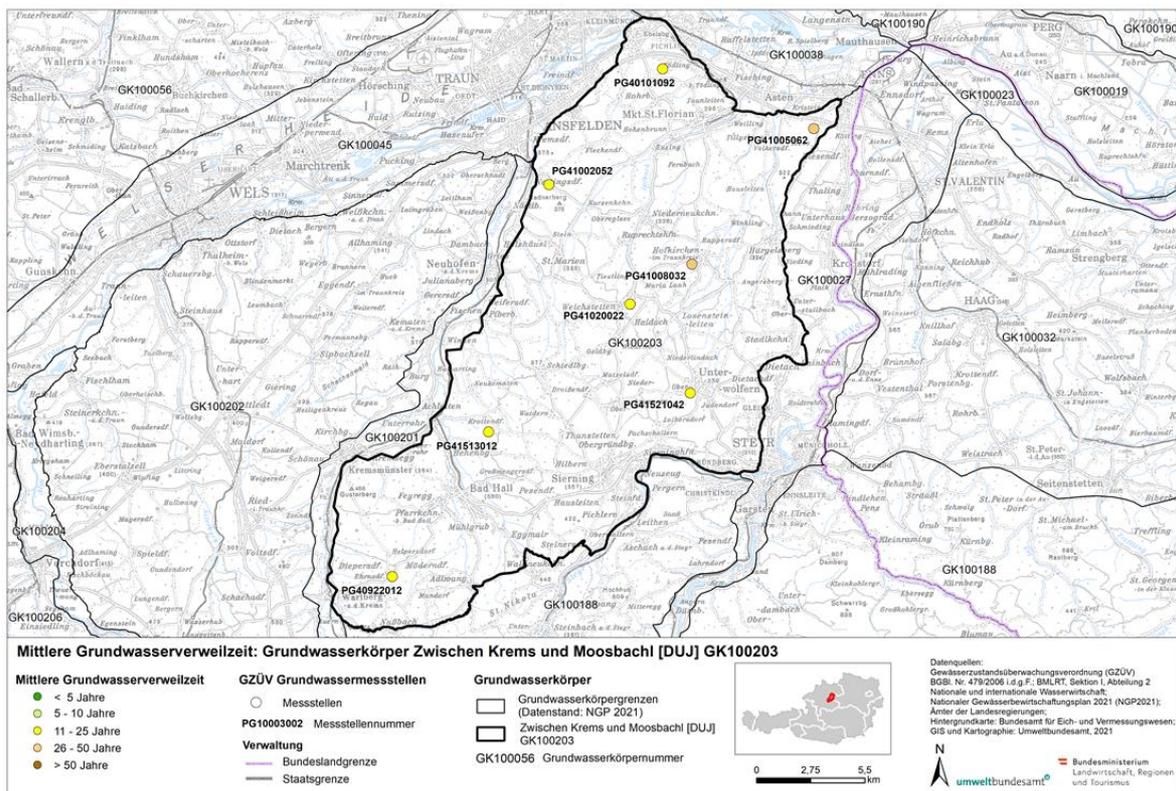
6.7 GK100203 Zwischen Krems und Moosbachtal [DUJ]

Die Grundwasserkörpergruppe „Zwischen Krems und Moosbachtal“ wird im Westen durch das Kremstal, im Norden durch das Trauntal (Welser Heide) und das Linzer Becken, im Osten durch das Untere Ennstal (mit dem Moosbachtal als dessen Westgrenze) und im Süden

durch die Flyschzone begrenzt. Die maximale Längserstreckung in SW-NO-Richtung beträgt ca. 33 km, die mittlere Breite in NW-SO-Richtung beträgt ca. 12 km.

Es dominieren Porengrundwasserleiter, diese setzen sich vor allem aus quartären Sedimenten unterschiedlichen Alters zusammen. Vorherrschend sind Ältere Deckenschotter, die gegen Süden hin von Jüngeren Deckenschottern und Moränen überlagert bzw. abgelöst werden. Eine bedeutende Ausdehnung erreichen die Jüngeren Deckenschotter in einer Schlierrinne im Bereich Sierning – Wolfertn – Hagelsberg. Die Alimentation des Grundwassers erfolgt hauptsächlich über versickernde Oberflächengewässer. Bedeutende Grundwasservorkommen liegen im Raum Wolfertn (Wolfertner Rinne) und im Bereich Hametwald-Droissingerwald (H₂O-Fachdatenbank, 2021).

Abbildung 46: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Zwischen Krems und Moosbachtl [DUJ].



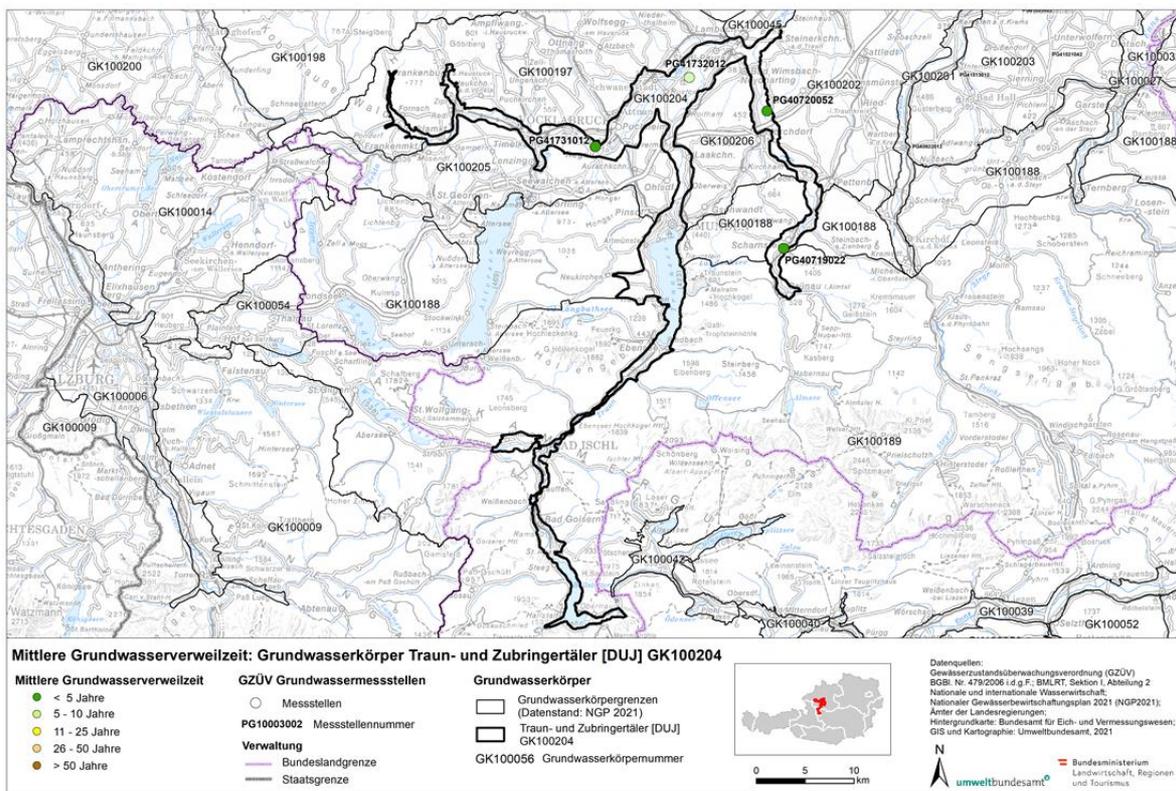
Quelle: verändert nach Umweltbundesamt 2009

Sechs der acht untersuchten Messstellen der Grundwasserkörpergruppe, das entspricht 75 %, weisen Mittlere Verweilzeiten von 11–25 Jahren auf. Zwei Messstellen (25 %) weisen längere Mittlere Verweilzeiten auf und fallen in die Alterskategorie 26–50 Jahre.

6.8 GK100204 Traun und Zubringertäler [DUJ]

Die Grundwasserkörpergruppe umfasst das Trauntal, das Almtal, das Vöckla-Ager-Tal sowie die aus Kobernaußerwald und Hausruck zum Vöcklatal führenden Täler der Fornacher Redl und Frankenburger Redl. Die Gesamtfläche der Grundwasserkörpergruppe beläuft sich auf ca. 253 km².

Abbildung 47: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Traun und Zubringertäler [DUJ].



Quelle: verändert nach Umweltbundesamt 2009

Porengrundwasserleiter dominieren, diese setzen sich aus quartären Sedimenten unterschiedlichen Alters zusammen, insbesondere Niederterrassenschottern und Alluvionen, daneben auch Schwemm- und Schuttkegeln, Hochterrassenschottern und Moränenablagerungen. Das mit quartären Ablagerungen gefüllte Rinnensystem des stauenden Untergrundes ist für die Grundwasserbewegung bedeutsam. Die Alimentation des Grundwassers erfolgt vorwiegend über versickernde Oberflächengewässer sowie aus versickernden Niederschlagswässern. Die im Süden vorhandenen Grundwasservorkommen stehen großteils in Wechselwirkung mit den Oberflächengewässern, zudem erfolgt eine Einspeisung

von Karstwässern aus den Nördlichen Kalkalpen in die Porenaquifere. Aquifermächtigkeiten, Grundwasserflurabstände und Deckschichten sind räumlich sehr unterschiedlich ausgeprägt (H₂O-Fachdatenbank, 2021).

Drei der vier untersuchten Messstellen der Grundwasserkörpergruppe, das entspricht 75 %, weisen kurze Mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf. Eine Messstelle (25 %) weist etwas längere Mittlere Verweilzeiten auf und fällt in die Alterskategorie 5–10 Jahre.

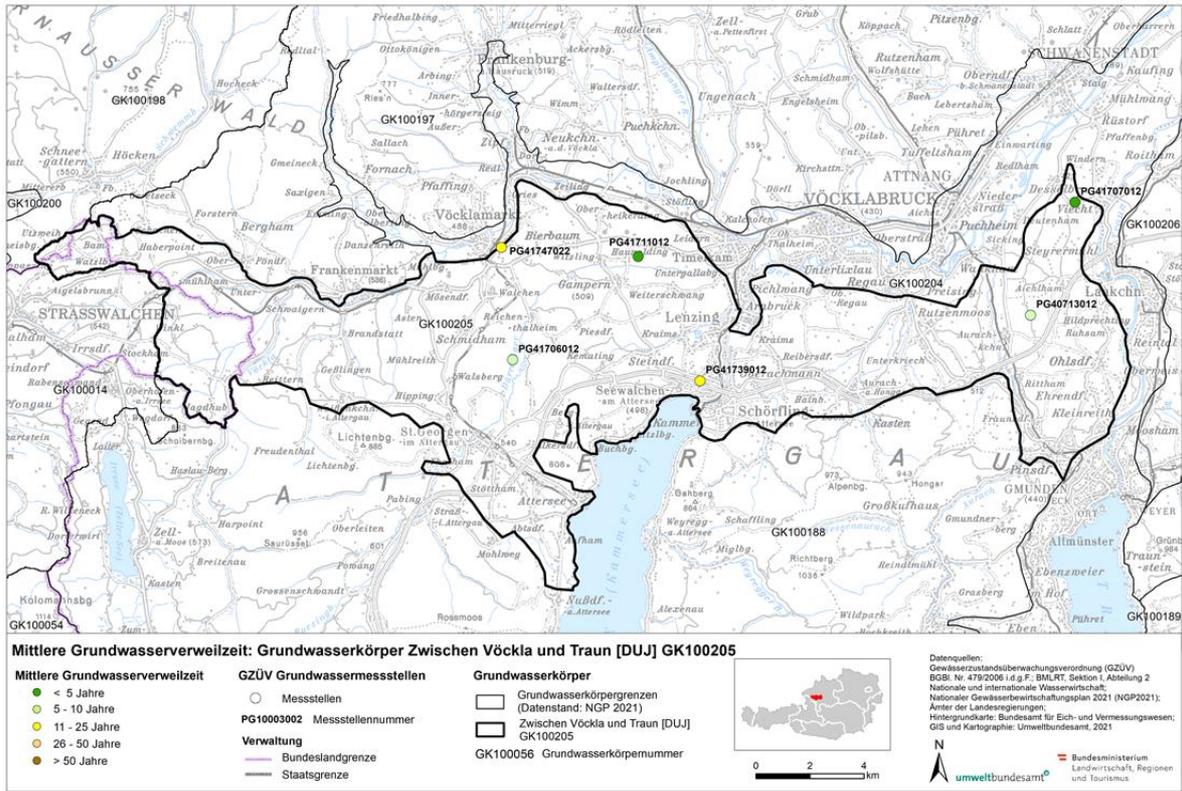
6.9 GK100205 Zwischen Vöckla und Traun [DUJ]

Die Grundwasserkörpergruppe wird im Norden vom Vöckla-Ager-Tal und vom Hausruckgebiet begrenzt. Im Süden bildet die Flyschzone die Begrenzung bzw. in Teilbereichen das Nord- und Westufer des Attersees. Im Osten wird die Grundwasserkörpergruppe durch das Trauntal begrenzt. Im Westen bildet die Wasserscheide zwischen den Einzugsgebieten des Vöckla-Gewässersystems und des Schwemmbach-Gewässersystems die Begrenzung. Die Gesamtfläche beläuft sich auf ca. 235 km².

Porengrundwasserleiter bilden den vorherrschenden Aquifertyp, diese sind primär aus quartären Sedimenten unterschiedlichen Alters aufgebaut. Die Grundwasserleiter bestehen vor allem aus Moränen, Deckenschottern, Hochterrassenschottern und untergeordnet auch aus Niederterrassenschottern. Für das sich in den Schotterkörpern bewegendes Grundwasser ist das Relief des aus Schlier und Flysch bestehenden stauenden Untergrundes von großer Bedeutung aufgrund der bevorzugten Grundwasserwegigkeit in den mit quartären Ablagerungen gefüllten Rinnensystemen. Die Alimentation des Grundwassers erfolgt hauptsächlich über versickernde Oberflächengewässer sowie aus versickernden Niederschlagswässern. Bedeutende Grundwasservorkommen liegen im Raum Pöndorf, im Bereich der Randrinne, im Raum Grafenbuch (Dürre-Aurach-Rinne) und im Bereich der Aurachrinne (H₂O-Fachdatenbank, 2021).

Im Grundwasserkörper wurden sechs Messstellen hinsichtlich der Mittleren Verweilzeiten des Grundwassers bewertet. Jeweils zwei Messstellen (je 33 %) entfallen auf die drei Alterskategorien < 5 Jahre, 5–10 Jahre sowie 11–25 Jahre.

Abbildung 48: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Zwischen Vöckla und Traun [DUJ].



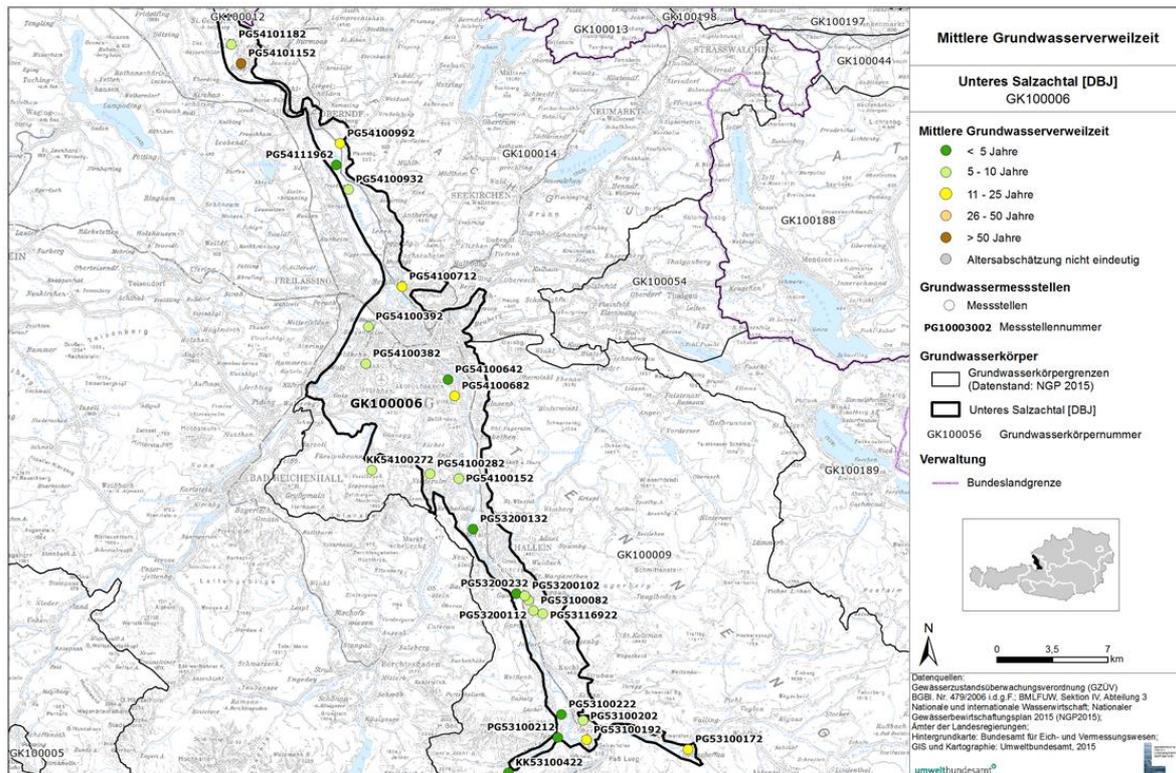
Quelle: verändert nach Umweltbundesamt 2009

7 Salzburg

7.1 GK100006 Unteres Salzachtal [DBJ]

Der Grundwasserkörper Unteres Salzachtal befindet sich im Bundesland Salzburg. Er erstreckt sich von der Talenge am Pass Lueg entlang der Salzach nach Norden über die Stadt Salzburg bis nach St. Georgen im Gebiet der Staatsgrenze zu Deutschland. Es handelt sich um einen vorwiegend oberflächennahen Porengrundwasserkörper. Die Fläche beträgt 182 km² mit einer Längserstreckung von rund 60 km und einer maximalen Breite von 13 km. Die mittlere Seehöhe entspricht 437 m ü. A. mit einer Bandbreite von 374 bis 635 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 49: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Unteres Salzachtal [DBJ].



Quelle: BMLFUW, 2011

Die Petrographie besteht hauptsächlich aus quartärem Mittelkies mit siltig/schluffigem Sand als Nebenanteil. Im südlichsten Teil des Salzburger Beckens sowie im Stadtgebiet von Salzburg finden sich wasserführende Schotter. Im Nordteil sind kleinere Flysch-Aufragungen, die den Porengrundwasserkörper durchstoßen, von lokaler Bedeutung. Die Talniederungen im Nordteil des Grundwasserkörpers weisen nur eine geringmächtige Schotterdecke auf, die von kaum wasserwegigen Schlierböden unterlagert ist.

Im Grundwasserkörper Unteres Salzachtal wurden 25 Messstellen ausgewählt, an denen Isotopenuntersuchungen durchgeführt wurden. Sieben Messstellen (28 %) weisen Mittlere Verweilzeiten von < 5 Jahren auf, bei zwölf Messstellen (48 %) betragen die Verweilzeiten 5–10 Jahre und bei fünf Messstellen lagen die Verweilzeiten im Bereich zwischen 11 und 25 Jahren.

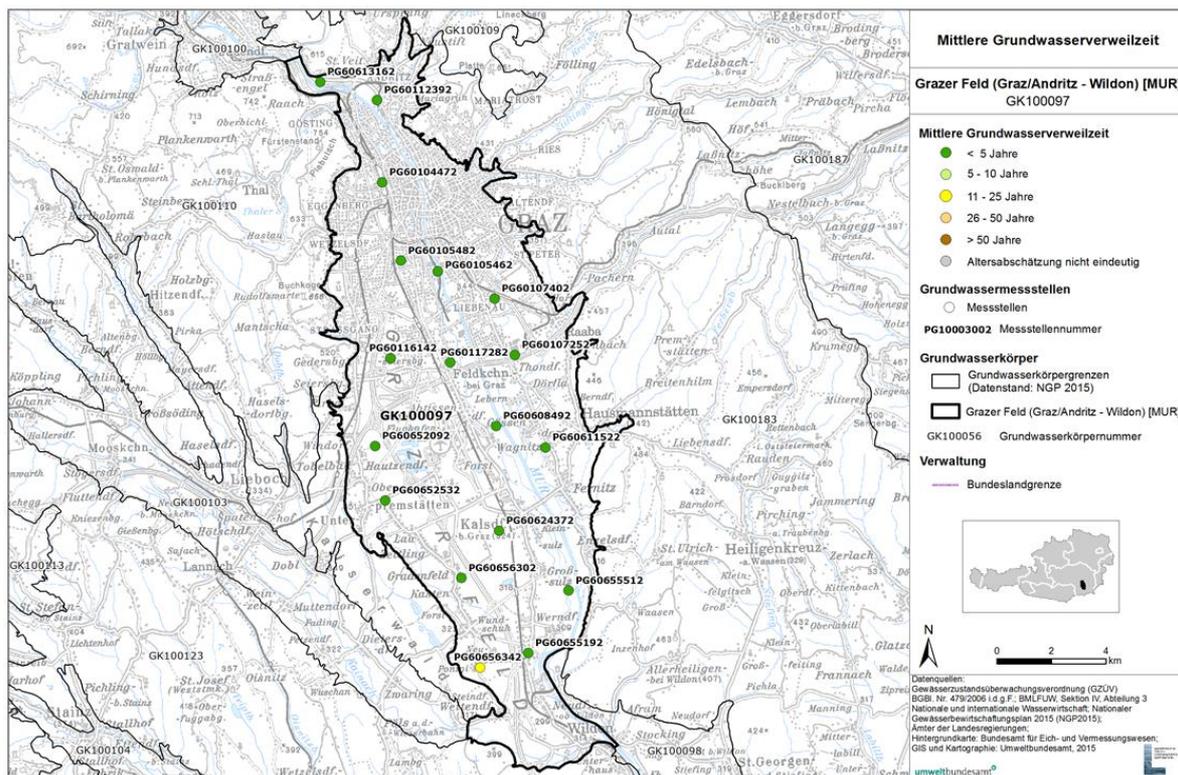
Demnach wird der überwiegende Anteil der Messstellen vorwiegend durch die Versickerung lokaler Niederschläge oder Infiltration von Oberflächengewässern geprägt. Dies lässt sich im Unteren Salzachtal zumeist durch das Fehlen von gering durchlässigen Deckschichten und den zum Teil geringen Flurabständen erklären. Lediglich eine Messstelle im Norden weist eine Mittlere Verweilzeit von > 50 Jahren auf. Bei dieser Messstelle wird angenommen, dass sie gespannte pleistozäne Wässer erfasst.

8 Steiermark

8.1 GK100097 Grazer Feld (Graz/Andritz – Wildon) [MUR]

Der 166 km² grosse oberflächennahe Einzelgrundwasserkörper Grazer Feld liegt in der Steiermark und erstreckt sich vom Grazer Stadtgebiet bis nach Wildon im Süden. Die mittlere Seehöhe beträgt 337 m ü. A. mit einer Bandbreite von 291 bis 468 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 50: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Grazer Feld [MUR].



Quelle: BMLFUW, 2011

Das gesamte Grazer Feld ist in seiner Morphologie von den weit ausgedehnten Terrassenflächen von Schottern aus der Würmkaltzeit, die annähernd parallel zur Mur angeordnet sind, geprägt. Das Becken ist mit überwiegend gut durchlässigen quartären sandigen Kiesen aufgefüllt. Einen breiten Raum nimmt die höhere Teilflur der Wurm-Niederterrasse

(Bahnhofsterrasse) mit einem markanten Abfall zur etwa 2 km breiten holozänen Austufe ein. Zwei Grundgebirgsaufbrüche ragen im Stadtgebiet inselförmig aus der breiten Schotterflur: der Schlossberg (Dolomit der Flösserkogel-Formation) und der Kalvarienberg (Grünschiefer der Taschen-Schiefer-Formation). Ältere Hochterrassen sind noch im Süden am westlichen Talrand vorhanden (Harum et al., 1996).

Die Isotopenanalysen bzw. die Berechnung der Mittleren Verweilzeiten ergaben im Grundwasserkörper Grazer Feld an 17 von 18 Messstellen Mittlere Grundwasseralter von < 5 Jahren. Die am südlichsten gelegene Messstelle weist mit einem mittleren Alter zwischen 11 und 25 Jahren die ältesten Wässer im Grundwasserkörper auf. Dies ist wahrscheinlich auf einen Anteil an Wässern mit längeren Verweilzeiten aus dem Bereich der Kaiserwaldterrasse zurückzuführen.

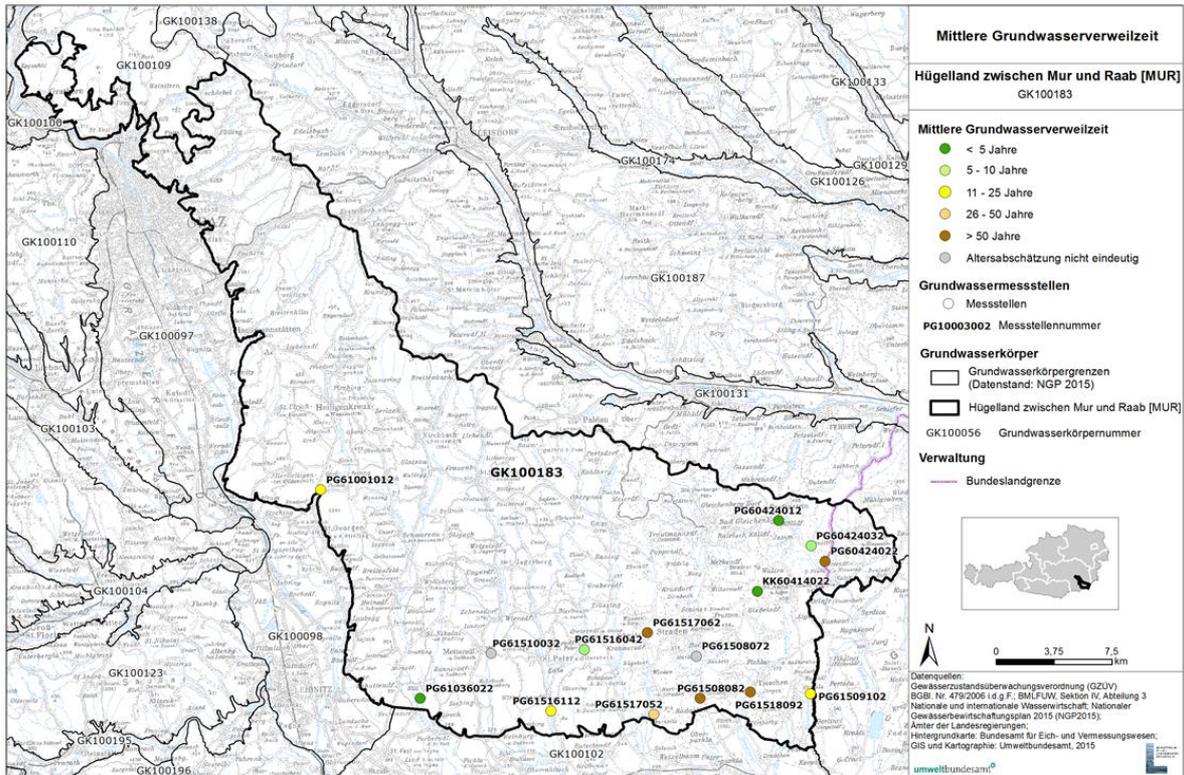
8.2 GK100183 Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR]

Die Grundwasserkörpergruppe Hügelland zwischen Mur und Raab befindet sich in der Steiermark, einen kleinen Anteil im Burgenland ausgenommen. Bei einer Längserstreckung von 67 km und einer maximalen Breite von 21 km umfasst der Porengrundwasserkörper eine Fläche von 863 km². Die mittlere Seehöhe der Gebietsfläche beträgt 349 m ü. A. mit einer Bandbreite von 210 bis 657 m ü. A.

Charakteristisch für das Gebiet des Grundwasserkörpers sind langgezogene Rücken mit deutlich asymmetrisch ausgebildeten Hängen: die Westhänge sind flach, während die Ostseiten steil verlaufen. Zudem prägen aus dem Murtal hereinstreichende Terrassensporne das Erscheinungsbild der Gebietsfläche. Die Talfüllung des Grabentales bilden neogene Sedimententwicklungen in Form von Sand, Schluff und Ton, von untergeordneter Bedeutung sind Karbonate und Vulkanite (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Ausgehend von der Zusammenschau der Isotopenuntersuchungen, hydrochemischen Analyseergebnissen und hydrogeologischer Modellvorstellungen verteilen sich die Mittleren Verweilzeiten der Grundwässer annähernd gleich über alle fünf Alterskategorien: Drei Messstellen (23 %) < 5 Jahre, zwei Messstellen (15 %) 5–10 Jahre, drei Messstellen (23 %) 11–25 Jahre, eine Messstelle (8 %) 26–50 Jahre und vier Messstellen (31 %) > 50 Jahre.

Abbildung 51: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR].



Quelle: BMLFUW, 2015

Abbildung 52: Grundwasserkörper Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR]: Straden und Umgebung, Steiermark.



© Bergmann / vulkanland.at

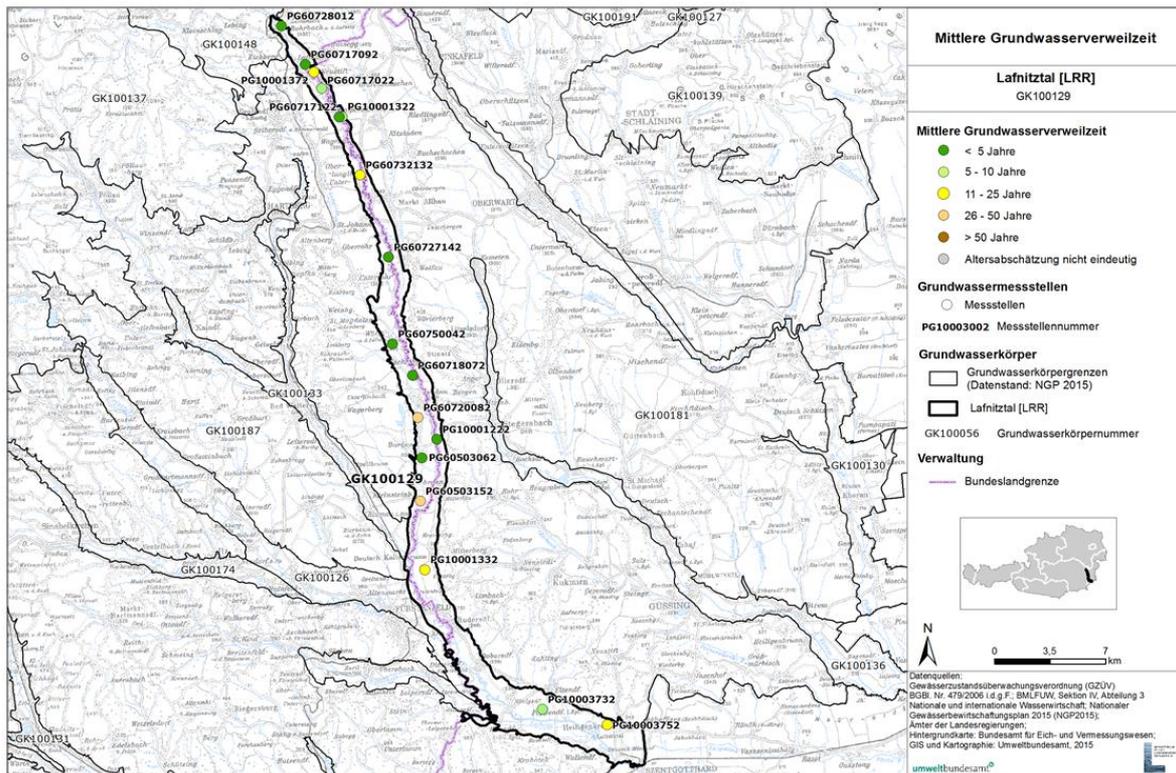
8.3 GK100129 Lafnitztal [LRR]

Der Einzelgrundwasserkörper Lafnitztal ist ein oberflächennaher Porengrundwasserkörper, der sowohl burgenländisches als auch steirisches Landesgebiet umfasst. Bei einer Länge von 57 km und einer maximalen Breite von 3 km beläuft sich die Gesamtfläche auf 96 km². Die Seehöhe variiert zwischen 215 und 456 m ü. A. und beträgt im Mittel 279 m ü. A.

Der Grundwasserkörper ist an die quartäre Talfüllung des Lafnitztales gebunden. Der Aquifer wird grundsätzlich durch Sande und Fein- bis Grobkiese aufgebaut, die in eine feinkörnige Matrix aus fluviatilen Sedimenten sowie schluffigem Sand eingebettet sind. Die sandigen und schluffigen Beimengungen weisen eine inhomogene Verteilung auf. Bedingt durch den ursprünglich stark mäandrieren Flusslauf der Lafnitz – insbesondere im unteren Talabschnitt – zeigt der Aufbau des quartären Sand-Kieskörpers einen kleinräumigen lateralen und vertikalen Fazieswechsel (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Von 17 untersuchten Messstellen weisen acht (47 %) sehr junge Verweilzeiten < 5 Jahre auf. Drei Messstellen (18 %) fallen in die Alterskategorie 5–10 Jahre. Vier Messstellen (24 %) zeigen Mittlere Verweilzeiten von 11–25 Jahren. Zwei Messstellen (12 %) fallen in die Alterskategorie 26–50 Jahre.

Abbildung 53: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Lafnitztal [LRR].



Quelle: BMLFUW, 2015

Abbildung 54: Grundwasserkörper Lafnitztal [LRR]: Lafnitz, Steiermark.



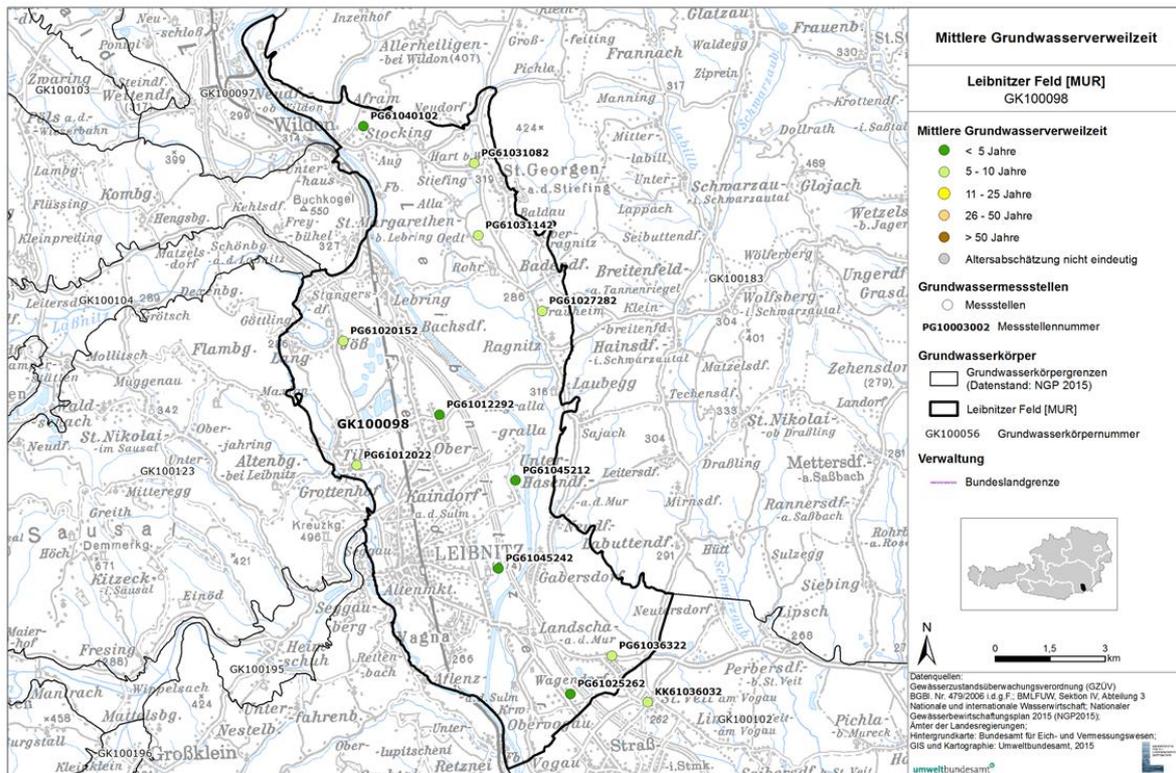
© Gemeinde Lafnitz

8.4 GK100098 Leibnitzer Feld [MUR]

Das Leibnitzer Feld erstreckt sich in N-S-Richtung und umfasst eine Gesamtfläche von 103 km². Es wird im Norden durch den Kollischberg und Aframberg, im Osten durch die Hügel des Oststeirischen Tertiärbeckens, im Süden durch die Mur sowie im Westen durch den Buchkogel und die Hügel des Weststeirischen Tertiärbeckens begrenzt.

Bei den quartären Ablagerungen werden die Auzonen, die würmzeitlichen Niederterrassen und risszeitlichen Hochterrassen (z.B. Helfbrunner Flur) unterschieden. Die Niederterrassen sind in zwei Teilfluren untergliedert, wobei der Abfall von der höheren zur tieferen Teilflur meist um die 5 m beträgt. Die Mächtigkeit der beiden Teilfluren beträgt durchschnittlich 6 bis 10 m. Die Niederterrasse wird meist aus vorwiegend gering schluffigen, sandigen Kiesen mit Steinen aufgebaut. Die Auzonen an der Mur zeigen ebenfalls einen Aufbau aus schwach schluffigen, sandigen Kiesen, über denen im Gegensatz zur Niederterrasse eine 1,5 bis 3 m mächtige Aulehmdecke liegt. Die Mächtigkeit der Sedimente der Austufe beträgt meist zwischen 4 und 6 m (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 55: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Leibnitzer Feld [MUR].



Quelle: BMLFUW, 2011

Im Grundwasserkörper Leibnitzer Feld wurden zwölf GZÜV-Messstellen ausgewählt. An fünf Messstellen (42 %) wurde eine mittlere Verweilzeit von < 5 Jahren und an sieben Messstellen (ca. 58 %) eine Mittlere Verweilzeit von 5–10 Jahren berechnet.

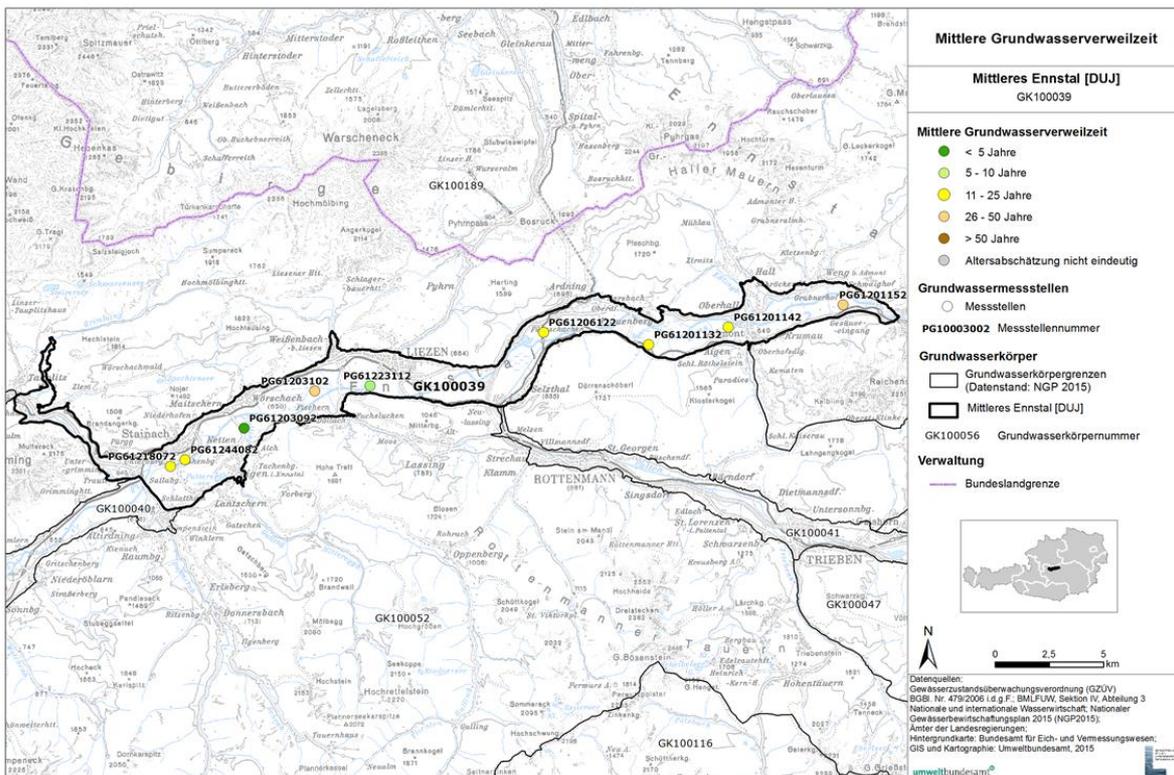
8.5 GK100039 Mittleres Ennstal (Trautenfels bis Gesäuse) [DUJ]

Der Grundwasserkörper Mittleres Ennstal (Trautenfels bis Gesäuse) befindet sich in der Steiermark, eingebettet in den Bereich zwischen den Nördlichen Kalkalpen im Norden und dem Kristallin der Niederen Tauern einschließlich der Grauwackenzone im Süden. Der Einzel-Porengrundwasserkörper erstreckt sich entlang der Enns von Trautenfels bis zum Gesäuseeingang und umfasst eine Fläche von 80 km². Die mittlere Seehöhe beträgt 649 m ü. A. mit einer Bandbreite von 609 bis 935 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Der Grundwasserkörper ist an die mächtige quartäre Talfüllung des Mittleren Ennstales gebunden, die durch jungpleistozäne Sedimente und holozäne Bildungen charakterisiert

wird. Rezente Ablagerungen umfassen postglaziale Moorbildungen und junge Ennssedimente. Der Aquifer wird überwiegend durch Glazialsedimente mit einzugsgebietsspezifischen Sedimenten in Form von Kiesen aufgebaut. Petrographisch lassen sich die Kiese als Gneise, Glimmerschiefer, mesozoische Carbonate sowie paläozoische Schiefer ansprechen. Die quartäre Talfüllung des Ennstales gehört zu den bedeutendsten Grundwasservorkommen der Steiermark. Grundwasserneubildung erfolgt hauptsächlich durch Niederschlagswässer und versickernde Oberflächengewässer (H₂O-Fachdatenbank, 2015). Das Fließgeschehen in der Enns übt maßgeblichen Einfluss auf die Grundwasserstände aus.

Abbildung 56: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Mittleres Ennstal [DUJ].



Quelle: BMLFUW, 2015

Von den neun Messstellen im Grundwasserkörper Mittleres Ennstal fallen mehr als die Hälfte (59 %, n=5) in die Alterskategorie 11–25 Jahre. Jeweils eine Messstelle (je 11 %) weisen relativ kurze Mittlere Verweilzeiten < 5 Jahre bzw. 5–10 Jahre auf. Zwei Messstellen (22 %) weisen etwas ältere Wässer zwischen 26 und 50 Jahren Mittlerer Verweilzeit auf. Bei keiner Messstelle konnten Wässer > 50 Jahren festgestellt werden.

Abbildung 57: Warscheneck, Oberösterreich: Im Norden wird der Grundwasserkörper Mittleres Ennstal u. a. durch den Südfuß des Warschenecks begrenzt.



© Elisabeth Stadler, Umweltbundesamt

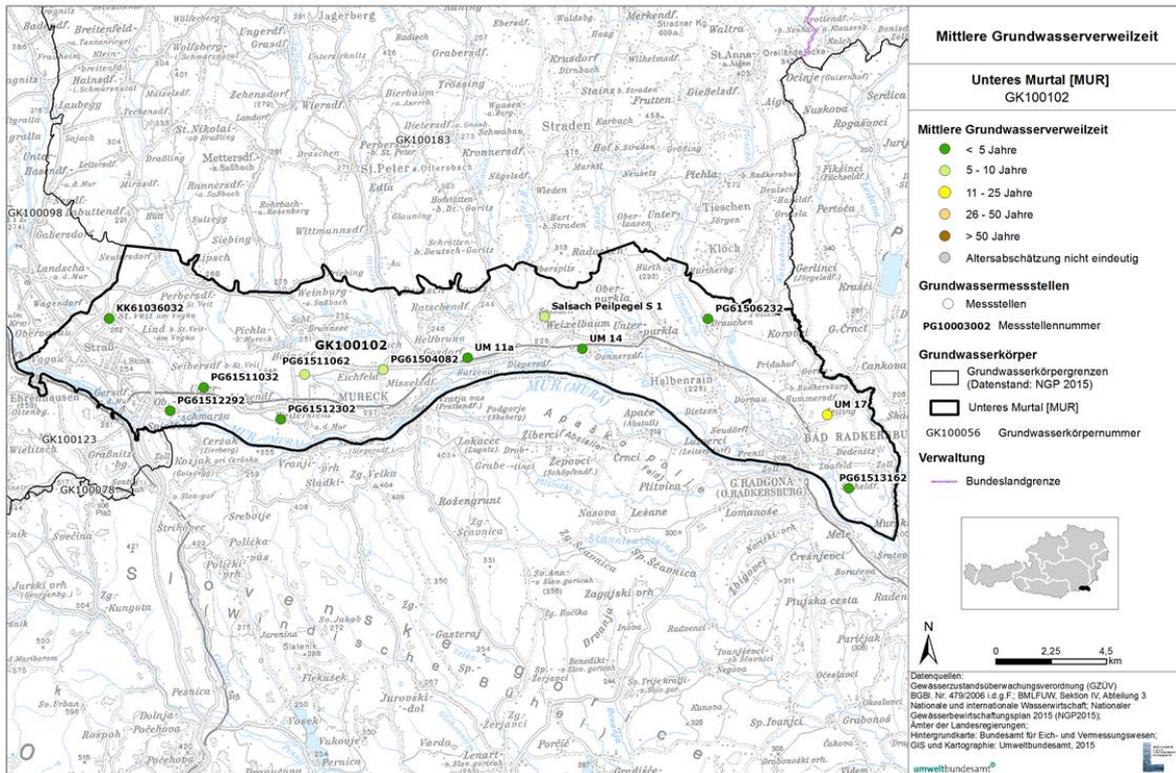
8.6 GK100102 Unteres Murtal [MUR]

Der Einzelgrundwasserkörper Unteres Murtal erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 196 km². Die mittlere Seehöhe liegt bei 236 m ü. A. mit einer Bandbreite von 196 bis 297 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank 2015).

Von Süd nach Nord kann das Gebiet des Grundwasserkörpers in: Auelandschaft – Niederterrasse – Helfbrunner Terrasse – Schweinsbachwald- und Rosenbergterrasse und Höhere Terrassenreste des Altpleistozän bzw. Pliozän gegliedert werden (Fank & Suetter, 1994). Die Quartärablagerungen des Unteren Murtales werden durchwegs von fluvioglazialen bzw. fluviatilen Sedimenten aufgebaut. Die Austufe besteht überwiegend aus Sanden und Schottern, die von i. a. geringmächtigen Lehmdecken überlagert werden. Die gering schluffig-sandigen Terrassenschotter setzen sich hauptsächlich aus kristallinen Geröllen

(Quarz, Gneis, Amphibolit, Schiefer) und Kalken zusammen. Die jungquartären Lockergesteinsablagerungen bilden den Hauptaquifer.

Abbildung 58: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Unteres Murtal [MUR].



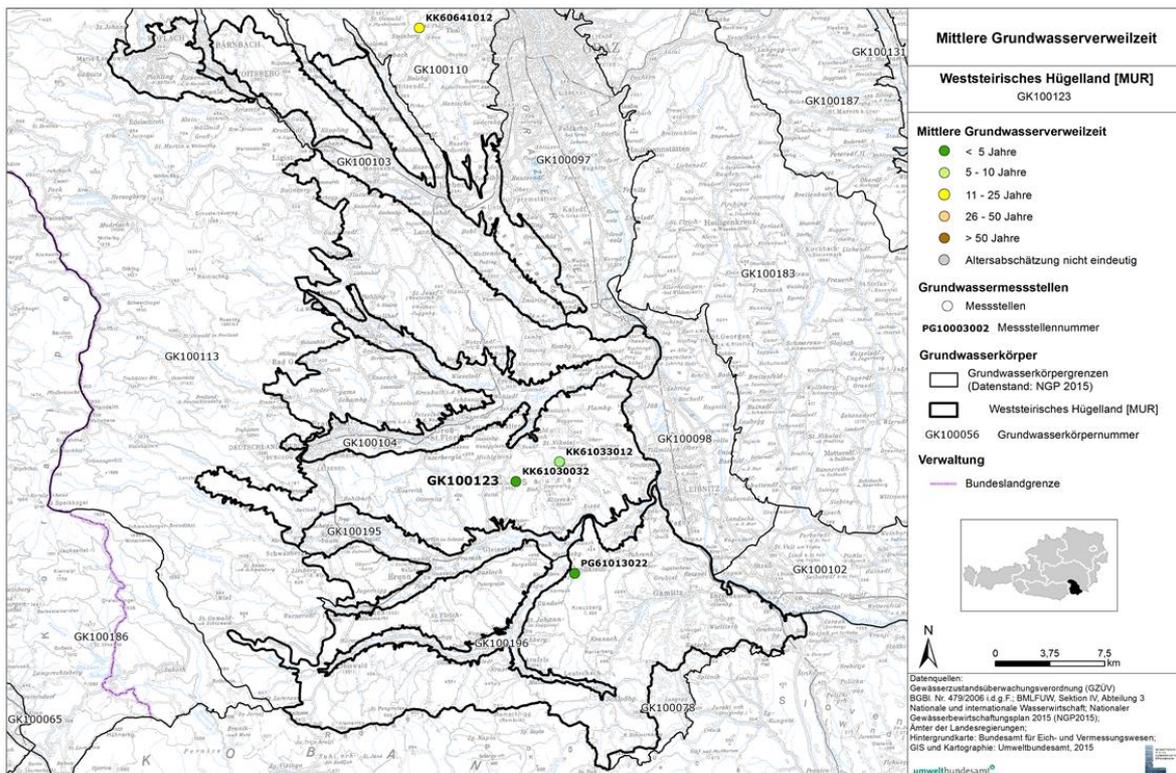
Quelle: BMLFUW, 2014

Im Grundwasserkörper Unteres Murtal wird das Grundwasser vorwiegend von den aus dem Norden anströmenden Bächen und dem lokalen Niederschlag beeinflusst. Zwei Drittel der Messstellen (n=8) weisen eine Mittlere Verweilzeit von < 5 Jahren auf. Drei weitere (25 %) haben etwas längere Verweilzeiten von 5–10 Jahren und eine Messstelle zeigt weitere Zustromzeiten im Bereich von 11–25 Jahren. Die Helium- und Neommessungen an sieben Messstellen im Unteren Murtal weisen eine zusätzliche Heliumquelle nach. Die Zusammensetzung dieses Heliums ist wahrscheinlich durch den Aufstieg von Mantelhelium aus tiefliegenden Störungen zu erklären.

8.7 GK100123 Weststeirisches Hügelland [MUR]

Der Grundwasserkörper Weststeirisches Hügelland [MUR] umfasst eine Gruppe oberflächennaher Porengrundwasserkörper im Planungsraum Mur und erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 907 km². Die maximale Breite beträgt 36 km, die Längserstreckung beläuft sich auf rund 60 km. Die mittlere Seehöhe des Grundwasserkörpers beträgt 411 m ü. A. und variiert zwischen 252 und 1.131 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 59: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Weststeirisches Hügelland [MUR].



Quelle: BMLFUW, 2015

Die Sedimentationsabfolge der Füllung des steirischen Beckens ist vom Ottnang bis in das Pliozän durch syndementäre Tektonik gekennzeichnet. Innerhalb des Steirischen Beckens treten neben den tertiären marinen und limnisch-fluviatilen Sedimenten auch ausgedehnte Vulkanitkörper auf. Der Norden des Riedellandes wird durch die jüngeren marinen Ablagerungen geprägt, der Süden durch die älteren limnisch-fluviatilen Sedimente. Die Riedel sind sehr stark zerschnitten und gehen nach unten häufig in ältere Terrassen

über. Die Grundwasserführung in der Grundwasserkörpergruppe Weststeirisches Hügelland ist folglich überwiegend an neogene Kiese, Sande und Kalksandsteine gebunden. Eine untergeordnete Rolle spielen Vulkanite (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Zwei von vier GZÜV-Messstellen des Weststeirischen Hügellandes weisen sehr junge Mittlere Verweilzeiten des Grundwassers < 5 Jahre auf. Die beiden weiteren Messstellen liegen in den Alterskategorien 5–10 bzw. 11–25 Jahre.

Abbildung 60: Grundwasserkörper Weststeirisches Hügelland [MUR]: Naturpark Südsteiermark.



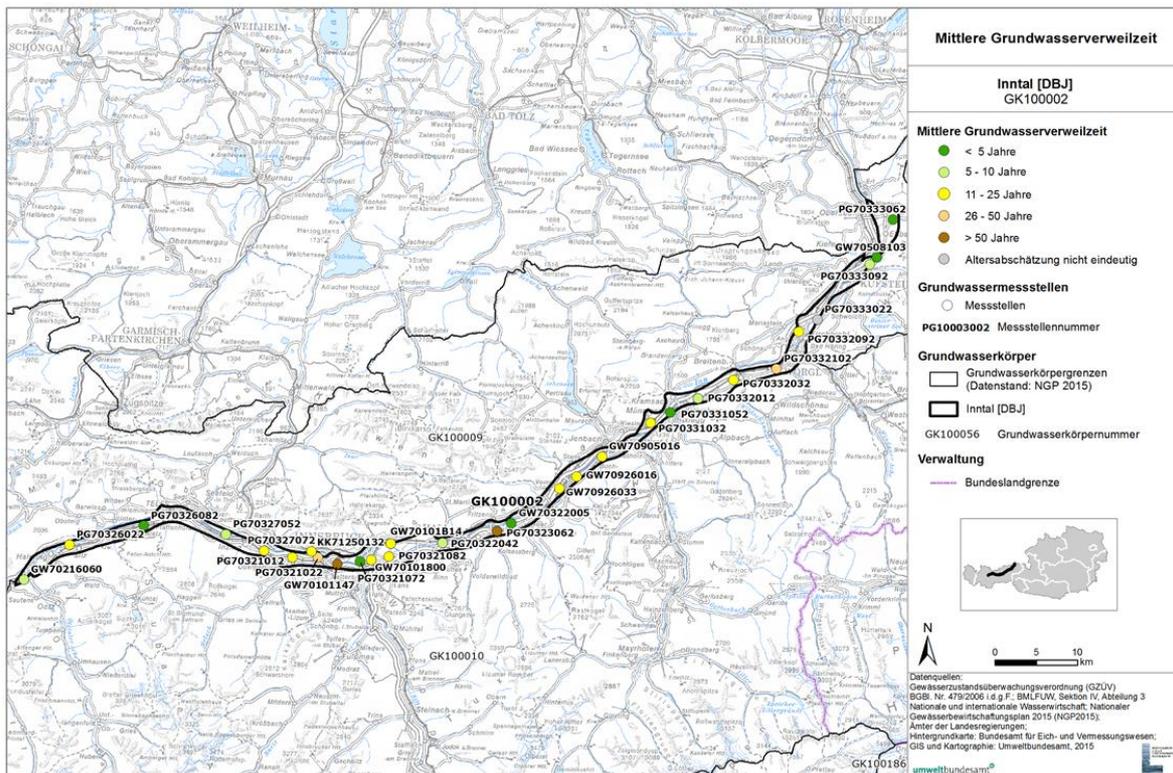
© Andrea Bund / Naturpark Südsteiermark

9 Tirol

9.1 GK100002 Inntal [DBJ]

Der Einzelgrundwasserkörper Inntal erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 223 km². Der Porengrundwasserkörper ist etwa 130 km lang und maximal 3 km breit. Die mittlere Seehöhe beträgt 570 m ü. A. mit einer Bandbreite von 463 bis 976 m ü. A. (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Abbildung 61: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Inntal [DBJ].



Quelle: BMLFUW, 2014

Der Porengrundwasserkörper Inntal besteht aus bis zu mehreren hundert Metern mächtigen Lockersedimenten, die über der Felstalsole lagern. Die Lockersedimente des Inntales bestehen an der Geländeoberkante häufig aus Aulehmen, darunter folgen unterschiedlich gut wasserdurchlässige Sande und steinige Kiese. Tonschluffhorizonte unterschiedlicher

räumlicher Erstreckung teilen die Porengrundwasserleiter zumindest abschnittsweise in mehrere Grundwasserstockwerke (Heissel, 1951). Die Inhomogenitäten innerhalb der Talfüllungen werden größtenteils durch engräumige Verzahnungseffekte von Sedimenten der Seitenbäche mit Sedimenten des Vorfluters Inn und durch die klimagesteuerte Abfolge kumulativer und erosiver Phasen im Inntal verursacht (Brenner Eisenbahn GmbH, 1997).

Von den insgesamt 29 untersuchten Messstellen (davon zwei tiefere) konnten bis auf eine alle bezüglich der Mittleren Verweilzeit des Grundwassers eingestuft werden. Fast die Hälfte dieser Messstellen (46 %) weist eine Verweilzeit 11–25 Jahren auf. 39 % der Messstellen ordnen sich in die jüngeren Alterskategorien von < 5 Jahren und 5–10 Jahren ein. Auf die Altersgruppen 26–50 Jahre und > 50 Jahre entfallen jeweils nur 7 % (je n=2) der Messstellen.

Abbildung 62: Wildspitze in den Öztaler Alpen, Nordtirol.

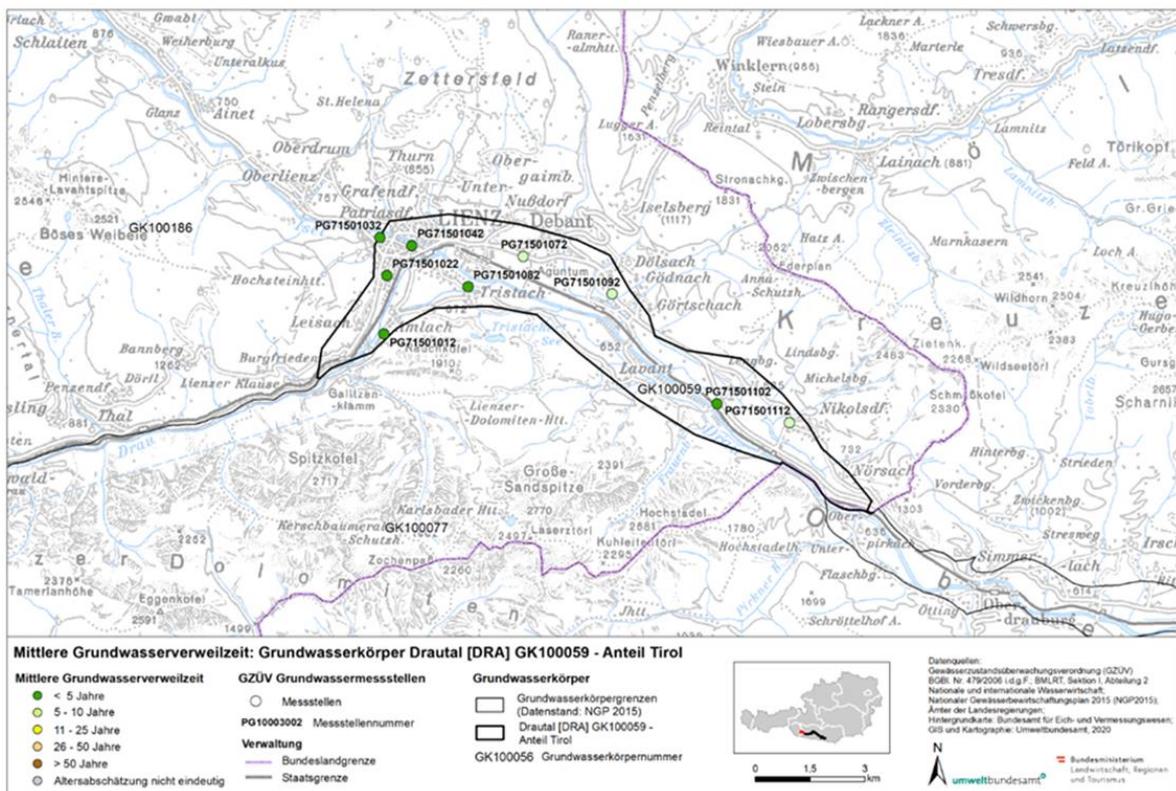


© Hans Gschnitzer / Tirol Atlas

9.2 GK100059 Drautal [DRA] – Tiroler Anteil

Der Einzelgrundwasserkörper Drautal erstreckt sich mit einer Länge von ca. 130 km als schmales, langes Band von Lienz in Osttirol über Spittal a. d. Drau bis nach Villach. Der ca. 15 km lange Talabschnitt zwischen Lienz und der Landesgrenze Tirol/Kärnten bildet den hier beschriebenen Tiroler Abschnitt des Grundwasserkörpers Drautal. Der Kärntner Anteil wird in Kapitel 4.2 dargestellt.

Abbildung 63: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Drautal [DRA] (Tiroler Anteil).



Quelle: BMLRT, 2021

Mächtige Horizonte feinkörniger Sedimente mit grobkörnigen Einschaltungen prägen den sedimentären Aufbau des glazial übertieften Drautals. Es wechseln mehrmals grobkörnige, gut durchlässige Schichten mit sandig-schluffigen Lagen. Wasserwirtschaftlich nutzbare Grundwasservorkommen sind auf die oberen 50–60 m beschränkt. Die Grobschotter weisen besonders im westlichen Talbereich eine große Mächtigkeit auf. Zur Grundwasserneubildung trägt westlich aus dem Hochpuster- und Iseltal eindringendes Grundwasser bei.

Gleichzeitig erfolgt ein erheblicher Grundwasserzustrom aus dem Bereich der umgebenden Gebirgszüge über Seitenbäche. Zudem erfolgt Grundwasserneubildung dort, wo verkarstete Gesteine angrenzen, über unterirdische Anreicherung durch Karstwässer. Zusätzlich wird das Grundwasser durch lokal versickerndes Niederschlagswasser erneuert. Im westlichen Teil des Lienzer Beckens besteht aufgrund der Tiefenlage des Grundwasserspiegels kein Zusammenhang mit der Drau bzw. der Isel. Nach Osten hin nimmt die Entfernung zwischen Oberfläche und Grundwasserspiegel immer weiter ab, so dass im Bereich von Dölsach von einer Beeinflussung des Grundwassers durch die Drau auszugehen ist.

Generell sind die untersuchten Grundwässer im Tiroler Anteil des Drautaales aufgrund der hohen Durchlässigkeit und hohen Neubildungsraten in den höher gelegenen, das Lienzer Becken umgebenden, Grundwasserneubildungsgebieten durch vergleichsweise kurze Mittlere Verweilzeiten gekennzeichnet. Sechs der untersuchten Grundwassermessstellen weisen Mittlere Verweilzeiten von weniger als fünf Jahren auf, drei Messstellen fallen in die MVZ-Kategorie 5–10 Jahre.

Abbildung 64: Quellfassung – GZÜV-Messstelle in Tirol

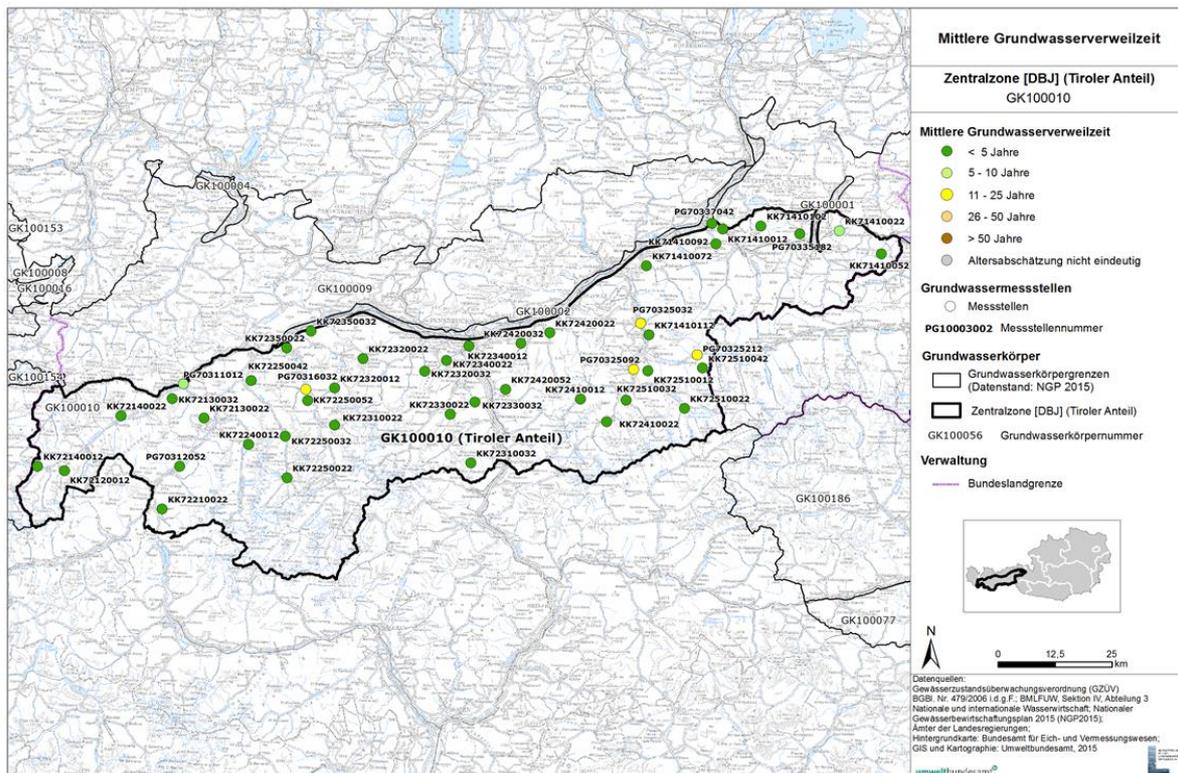


© Rudolf Philippitsch

9.3 GK100010 Zentralzone [DBJ] – Tiroler Anteil

Geologisch den östlichen Zentralalpen zugehörig, stellt der Grundwasserkörper Zentralzone [DBJ] mit einer Fläche von rund 9.563 km² den größten Grundwasserkörper Österreichs dar. Der Tiroler Anteil umfasst eine Fläche von rund 6.276 km². Der Grundwasserkörper umfasst eine Reihe verschiedener Gebirgsgruppen (z.B. Ötztaler Alpen, Stubai Alpen, Zillertaler Alpen) mit jenen Gebieten, die über die Donau in das Schwarze Meer entwässern. Hohe Lagen sind häufig stark vergletschert. Die Seehöhe des Grundwasserkörpers Zentralzone variiert zwischen ca. 500 und 3.800 m ü. A.

Abbildung 65: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Tiroler Anteil des Grundwasserkörpers Zentralzone [DBJ] (Tiroler Anteil).



Quelle: BMLFUW, 2015

Aufgrund der alpidischen Orogenese umfasst das Gebiet der Zentralzone unterschiedliche geologische Einheiten verschiedener Gesteine (z.B. Granite, Gneise, feinblättrige Phyllite und Tonschiefer) mit zum Teil mächtigen eingeschalteten karbonatischen Serien, die aus metamorphen Kalken und Dolomiten zusammengesetzt sind und teilweise Verkarstungen aufweisen (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

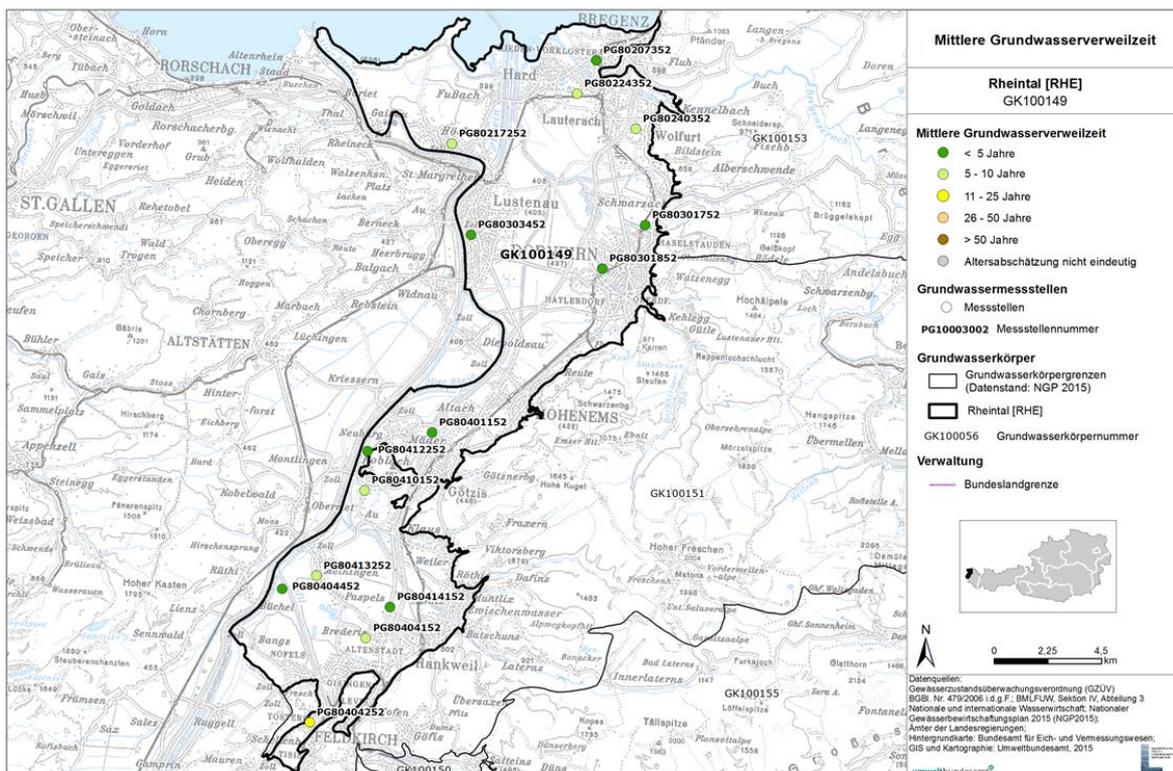
Von den 46 untersuchten Messstellen weisen 40 Messstellen (87 %) Mittlere Verweilzeiten < 5 Jahre auf. Bei 39 dieser Messstellen handelt es sich um Karst- und Kluftgrundwässer, bei denen die Abschätzung der Mittleren Verweilzeiten generell mit höheren Unsicherheiten behaftet ist (siehe Kapitel 2.6). Zwei Messstellen fallen in die Alterskategorie 5–10 Jahre, bei vier Porengrundwassermessstellen konnten Mittlere Verweilzeiten zwischen 11 und 25 Jahren festgestellt werden.

10 Vorarlberg

10.1 GK100149 Rheintal [RHE]

Der Grundwasserkörper Rheintal befindet sich in Vorarlberg, südlich des Bodensees. Die Fläche des oberflächennahen Grundwasserkörpers beträgt 202 km², wobei die maximale Breite des Einzelgrundwasserkörpers bei 10 km, die Längserstreckung bei 40 km liegt. Die mittlere Seehöhe über die Gebietsfläche beträgt 418 m ü. A. mit einer Bandbreite von 395 bis 539 m ü. A.

Abbildung 66: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Rheintal [RHE].



Quelle: BMLFUW, 2011

Petrologischer Hauptanteil des Porengrundwasserleiters Rheintal ist Mittelkieles mit Nebenanteil Feinsand. Leistungsfähige Porengrundwasserkörper treten in erster Linie im Bereich der Schwemmfächer der großen Seitenflüsse (Ill, Bregenzerach, Dornbirnerach) sowie der

in das Haupttal mündenden Bäche auf. Parallel zum Alpenrhein tritt ein langgestreckter Porengrundwasserkörper auf, der in erster Linie aus Sand- und Kiesablagerungen des Rheins aufgebaut wird (H₂O-Fachdatenbank, 2015).

Im Grundwasserkörper Rheintal kommt der hohe Anteil an Messstellen mit jungen Grundwässern (acht Messstellen bzw. 53 % < 5 Jahre) durch den raschen Zustrom aus den alpinen Gebirgsketten am Ostrand des Rheintales bzw. durch die Beeinflussung durch Uferfiltrat nahe der Flüsse Rhein und Ill zustande. Dazwischen befinden sich Grundwässer, die sich vorwiegend aus lokalen Niederschlägen speisen und in die Kategorie 5–10 Jahre fallen. Erst tiefe Messstellen mit bis zu 60 und 248 m Teufe ergeben Verweilzeiten, die in die Kategorien von 11–25 Jahren und 26–50 Jahren fallen.

Abbildung 67: Bodensee, Vorarlberg.



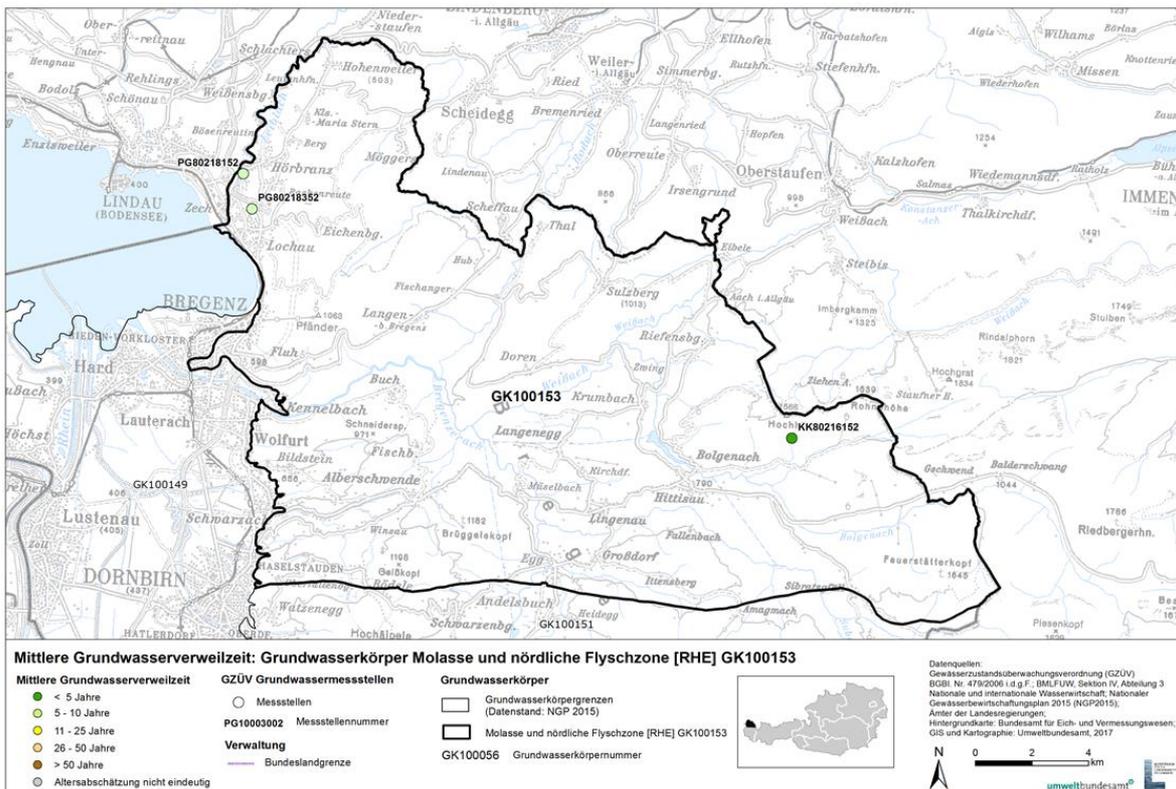
© Rudolf Philippitsch

10.2 GK100153 Molasse und nördliche Flyschzone [RHE]

Die Gruppe von Grundwasserkörpern umfasst eine Fläche von 311 km² und liegt im nördlichen Vorarlberg, östlich des Bodensees. Es handelt sich hauptsächlich um Kluftgrundwasserkörper, aber auch Porengrundwasserkörper sind Bestandteil dieser Gruppe.

Wasserwirtschaftlich relevant sind vor allem die Sandsteine der Molassezone und die mächtigen Konglomeratabfolgen der Nagelfluhbänke. Während die Sandsteine der Molassezone ausschließlich als Kluftgrundwasserleiter einzustufen sind, weisen die Nagelfluhbänke zusätzlich örtlich geringmächtige Verkarstungen auf. Es befinden sich auch Porengrundwasserkörper von untergeordneter Bedeutung in der Gruppe, wobei der Porengrundwasserleiter des Leiblachtals am bedeutendsten ist (H₂O-Fachdatenbank, 2017).

Abbildung 68: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Molasse und nördliche Flyschzone [RHE].



Quelle: BMLFUW, 2017

Die Mittlere Verweilzeiten der untersuchten lokalen Grundwasservorkommen in der Molasse und nördlichen Flyschzone [RHE] variieren im Bereich von < 5 Jahren bis hin zu

5–10 Jahren, wobei die beiden Porengrundwassermessstellen im Leiblachtal die höheren Mittleren Verweilzeiten aufweisen.

Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen in der vorarlbergischen Molasse und Flyschzone als charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit überwiegend kurzen Mittleren Verweilzeiten beschreiben. Dementsprechend ergibt sich eine erhöhte Empfindlichkeit dieser Wasserressourcen gegenüber Änderungen im Wasserhaushalt sowie bewirtschaftungsbedingten Änderungen der Wasserqualität.

Abbildung 69: Bodensee, Blick von Bregenzer Seepromenade, Vorarlberg.



© Rudolf Philippitsch

Abbildung 70: Grundwasserkörper Molasse und nördliche Flyschzone [RHE]: Lochau, Pfänder, Bregenz, Vorarlberg.



© Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abt. Raumplanung

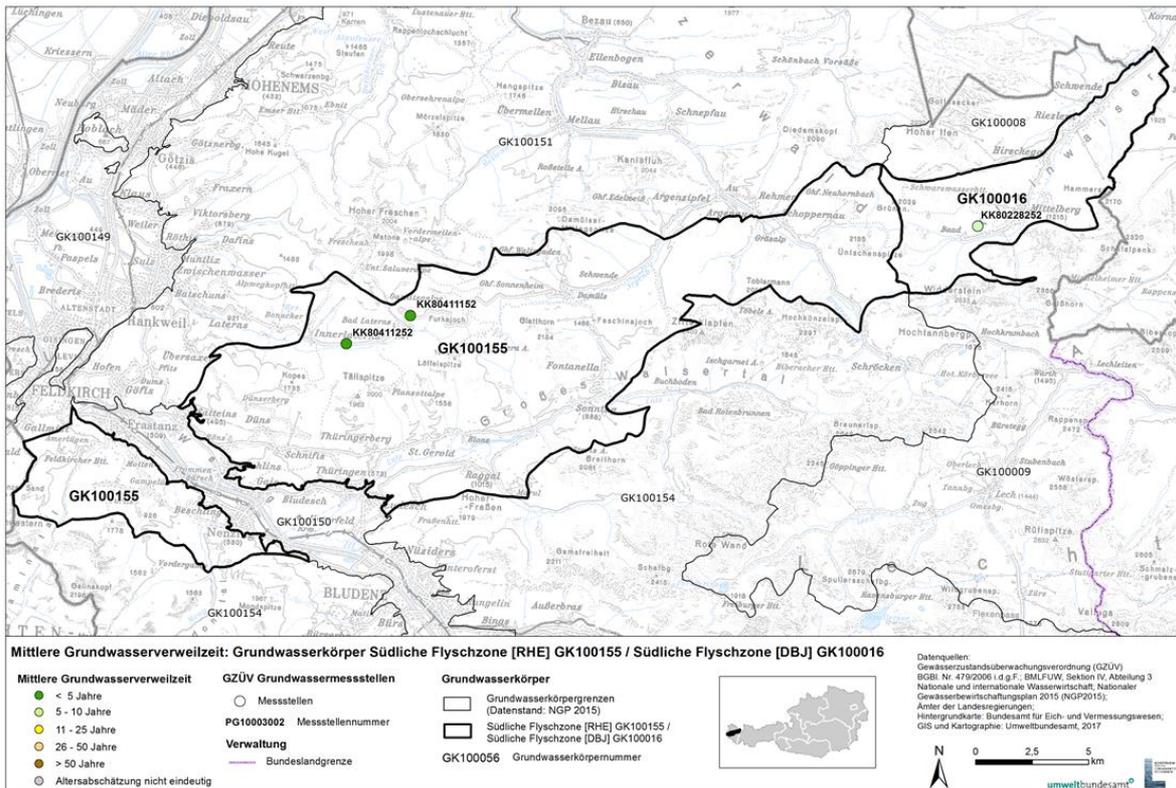
10.3GK100155 Südliche Flyschzone [RHE]

Die Grundwasserkörpergruppe Südliche Flyschzone (im Planungsraum Rhein) besteht hauptsächlich aus oberflächennahen Kluftgrundwasserkörpern und liegt zwischen dem Helvetikum im Norden und den nördlichen Kalkalpen im Süden. Die mittlere Gebietshöhe liegt bei 1.255 m ü. A., die Gebietsfläche beträgt 256 km². Der Einzelgrundwasserkörper Walgau trennt die Gruppe von Grundwasserkörpern in zwei nicht zusammenhängende Teile, wobei der kleinere Teil im Westen durch die Staatsgrenze begrenzt wird.

Die mächtigen Vorkommen von Reiselberger Sandstein sind für die Grundwasserführung in der Südlichen Flyschzone von Bedeutung, da die Ton- und Sandsteinwechselfolgen, die für diesen Bereich charakteristisch sind, generell schlechte Grundwasserleiter darstellen.

Aus diesem Kluftgrundwasserkörper ist die Wasserführung an die mächtigen und weitreichenden Rutschungsmassen gebunden. Für den Wasserhaushalt spielen diese glazialen Sedimentabfolgen keine wesentliche Rolle (H₂O-Fachdatenbank, 2017).

Abbildung 71: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliche Flyschzone [RHE].



Quelle: BMLFUW, 2017

Die Mittleren Verweilzeiten der untersuchten lokalen Grundwasservorkommen in der Südlichen Flyschzone [RHE] liegen bei < 5 Jahren.

Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Grundwassermessstellen in der Südlichen Flyschzone [RHE] als charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit überwiegend kurzen Mittlere Verweilzeiten beschreiben. Dementsprechend ergibt sich eine erhöhte Empfindlichkeit dieser Wasserressourcen gegenüber Änderungen im Wasserhaushalt sowie bewirtschaftungsbedingten Änderungen der Wasserqualität.

Abbildung 72: Grundwasserkörper Südliche Flyschzone [RHE]: Düns, Vorarlberg.



© Gemeinde Mittelberg

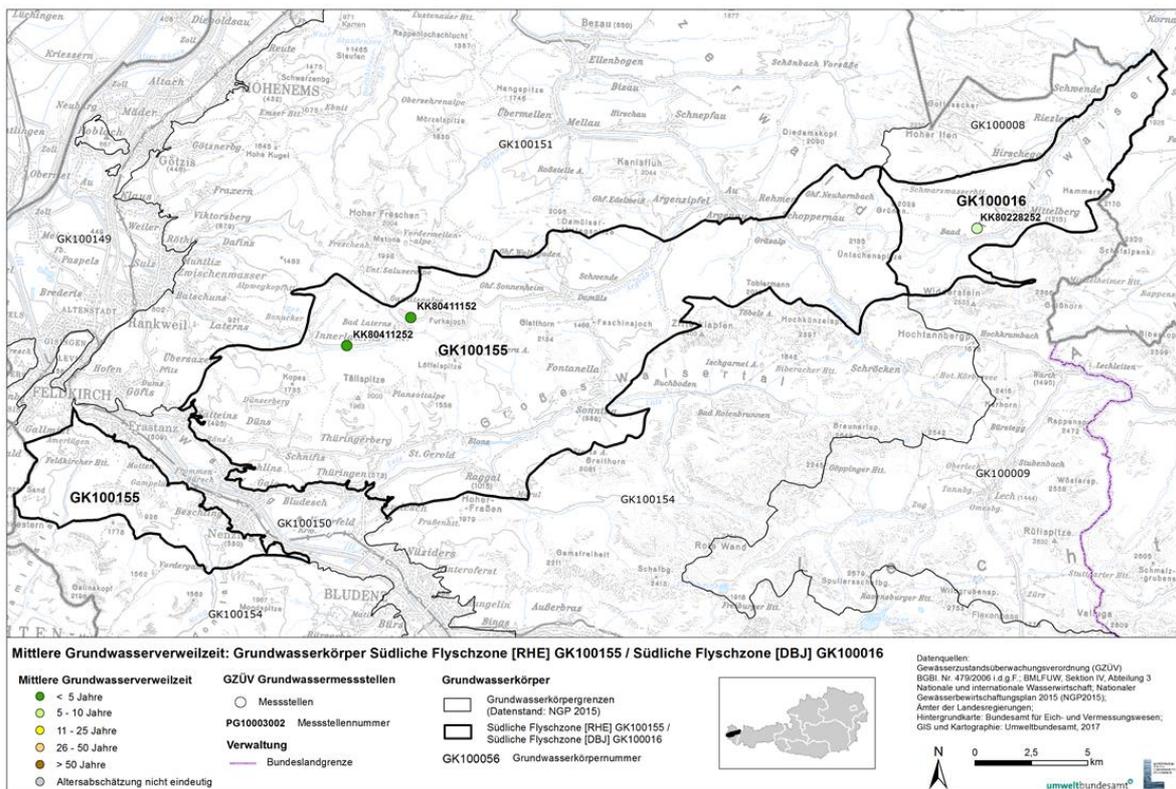
10.4GK100016 Südliche Flyschzone [DBJ]

Die Gruppe von Grundwasserkörpern im Planungsraum „Donau bis Jochenstein“ weist Gebirgscharakter auf und erstreckt sich mit einer Fläche von knapp 50 km² auf einer mittleren Gebietshöhe von 1.468 m ü. A.. Die südliche Flyschzone wird aus Sand- und Tonsteinwechselfolgen aufgebaut, die sehr schlechte Grundwasserleiter darstellen. Der Kluftgrundwasserleiter aus Reiselberger Sandstein, der aufgrund seiner geringen Verbreitung nur von lokaler Bedeutung ist, und die Gleitbahnen großflächiger Hangrutschungen stellen hydrologisch interessante Ausnahmen dar. Die glazial und tektonisch übertieften Talböden sind von nacheiszeitlichen Lockergesteinsabfolgen gefüllt und bilden im Bereich von Mittelberg einen leistungsfähigen Porengrundwasserkörper (H₂O-Fachdatenbank, 2017).

Die Kluftwassermessstelle KK80228252 in der Gemeinde Mittelberg fällt in die MVZ-Kategorie 5–10 Jahre.

Zusammenfassend lässt sich die untersuchte Grundwassermessstelle in der Südlichen Flyschzone [DBJ] als charakteristisch für lokale Grundwasservorkommen mit überwiegend kurzen Mittleren Verweilzeiten beschreiben. Dementsprechend ergibt sich eine erhöhte Empfindlichkeit dieser Wasserressourcen gegenüber Änderungen im Wasserhaushalt sowie bewirtschaftungsbedingten Änderungen der Wasserqualität.

Abbildung 73: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliche Flyschzone [DBJ].



Quelle: BMLFUW, 2017

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bearbeitungszeiträume der ausgewählten Grundwasserkörper.	8
Abbildung 2: Kiesgrube Obersiebenbrunn im Grundwasserkörper Marchfeld (Niederösterreich): Profil durch einen Grundwasserleiter. Das Marchfeld ist ein Beispiel für Porengrundwasserkörper mit stark durchlässigen Sedimenten.....	9
Abbildung 3: Schematisches Diagramm idealisierter Bedingungen in einem Grundwasserleiter mit den entsprechenden Transferfunktionen und erwarteten Verweilzeitverteilungen.	11
Abbildung 4: Schematische Darstellung der Spannbreite von Grundwasserverweilzeiten in einem hydrogeologischen System.....	13
Abbildung 5: ANIP-Stationen Patscherkofel, Tirol und Silvretta Stausee, Vorarlberg.....	14
Abbildung 6: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen den saisonalen Schwankungen der Sauerstoff-18-Konzentrationen im Niederschlag und im Grundwasser.....	16
Abbildung 7: Tritium und sein Zerfallsprodukt Helium-3 (linke Seite). Verlust von Helium-3 in der ungesättigten Zone (rechte Seite).....	18
Abbildung 8: Grundwassermessstelle bei Lech, Vorarlberg.	20
Abbildung 9: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Hügelland Rabnitz [LRR].	22
Abbildung 10: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Ikvatal [LRR].....	23
Abbildung 11: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Parndorfer Platte [LRR].	25
Abbildung 12: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Seewinkel [LRR].	26
Abbildung 13: Grundwasserkörper Seewinkel [LRR]: Stinkersee, Burgenland	27
Abbildung 14: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Stooberbachtal [LRR].....	28
Abbildung 15: Grundwasserkörper Stooberbachtal [LRR]: Stoober Bach, Burgenland.....	29
Abbildung 16: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Stremtal [LRR].....	30
Abbildung 17: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Wulkatal [LRR].	31
Abbildung 18: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Jauntal [DRA].	33

Abbildung 19: Grundwasserkörper Drautal [DRA]: Drau nahe Kleblach-Lind, Kärnten.....	34
Abbildung 20: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Drautal [DRA] (Kärntner Anteil).	36
Abbildung 21: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Gailtal [DRA].	38
Abbildung 22: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Krappfeld [DRA].	39
Abbildung 23: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliche Kalkalpen [DRA] (westlicher Teil).	40
Abbildung 24: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliche Kalkalpen [DRA] (östlicher Teil).	41
Abbildung 25: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Böhmisches Masse [MAR].	43
Abbildung 26: Thaya bei Hardegg, Niederösterreich.	44
Abbildung 27: Typische Waldviertlerische Landschaft, Niederösterreich.	45
Abbildung 28: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Marchfeld [DUJ].	46
Abbildung 29: Grundwasserkörper Marchfeld [DUJ]: Grundwassermessstelle zur Beweissicherung nahe Obersiebenbrunn, Niederösterreich.	47
Abbildung 30: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliches Wiener Becken [DUJ].	48
Abbildung 31: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliches Wiener Becken-Ostrand [DUJ].	49
Abbildung 32: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliches Wiener Becken-Ostrand [LRR].	50
Abbildung 33: Donau bei Fischamend, Niederösterreich.	51
Abbildung 34: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Tullnerfeld [DUJ].	52
Abbildung 35: Blick vom Wagram auf den Porengrundwasserkörper Tullnerfeld, Niederösterreich.	53
Abbildung 36: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Weinviertel [DUJ].	54

Abbildung 37: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper im Weinviertel [MAR].....	55
Abbildung 38: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Flyschzone [DUJ] – Teil Niederösterreich und Wien.	57
Abbildung 39: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Eferdinger Becken [DUJ].....	58
Abbildung 40: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Machland [DUJ].	60
Abbildung 41: Grundwasserkörper Machland [DUJ], Oberösterreich	61
Abbildung 42: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Welser Heide [DUJ].	62
Abbildung 43: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Flyschzone [DUJ] – Teil Oberösterreich.....	63
Abbildung 44: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Kremstal [DUJ].	65
Abbildung 45: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Zwischen Alm und Krems [DUJ].	66
Abbildung 46: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Zwischen Krems und Moosbachl [DUJ].....	67
Abbildung 47: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Traun und Zubringertäler [DUJ].	68
Abbildung 48: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Zwischen Vöckla und Traun [DUJ].	70
Abbildung 49: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Unteres Salzachtal [DBJ].....	71
Abbildung 50: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Grazer Feld [MUR].....	73
Abbildung 51: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR].....	75
Abbildung 52: Grundwasserkörper Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR]: Straden und Umgebung, Steiermark.....	76
Abbildung 53: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Lafnitztal [LRR].....	77

Abbildung 54: Grundwasserkörper Lafnitztal [LRR]: Lafnitz, Steiermark.....	78
Abbildung 55: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Leibnitzer Feld [MUR].....	79
Abbildung 56: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Mittleres Ennstal [DUJ].....	80
Abbildung 57: Warscheneck, Oberösterreich: Im Norden wird der Grundwasserkörper Mittleres Ennstal u. a. durch den Südfuß des Warschenecks begrenzt.	81
Abbildung 58: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Unteres Murtal [MUR].	82
Abbildung 59: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Weststeirisches Hügelland [MUR].....	83
Abbildung 60: Grundwasserkörper Weststeirisches Hügelland [MUR]: Naturpark Südsteiermark.	84
Abbildung 61: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Inntal [DBJ].	85
Abbildung 62: Wildspitze in den Ötztaler Alpen, Nordtirol.	86
Abbildung 63: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Drautal [DRA] (Tiroler Anteil).	87
Abbildung 64: Quellfassung – GZÜV-Messstelle in Tirol	88
Abbildung 65: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Tiroler Anteil des Grundwasserkörpers Zentralzone [DBJ] (Tiroler Anteil).....	89
Abbildung 66: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Rheintal [RHE].	91
Abbildung 67: Bodensee, Vorarlberg.	92
Abbildung 68: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Molasse und nördliche Flyschzone [RHE].	93
Abbildung 69: Bodensee, Blick von Bregenzer Seepromenade, Vorarlberg.	94
Abbildung 70: Grundwasserkörper Molasse und nördliche Flyschzone [RHE]: Lochau, Pfänder, Bregenz, Vorarlberg.	95
Abbildung 71: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliche Flyschzone [RHE].....	96
Abbildung 72: Grundwasserkörper Südliche Flyschzone [RHE]: Düns, Vorarlberg.....	97
Abbildung 73: Mittlere Verweilzeiten der Grundwässer bei den ausgewählten Messstellen im Grundwasserkörper Südliche Flyschzone [DBJ].	98

Literaturverzeichnis

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

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.

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung (o.J.): GeoloGIS – Aufschlusdatenbank.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2011): KRALIK, M.; WENTER, F.; HUMER F. & GRATH, J.: Grundwasseralter von ausgewählten Grundwasserkörpern (GW-Alter 2009/2010) - Grazerfeld, Jauntal, Leibnitzerfeld, Rheintal, Unteres Salzachtal, Wulkatal. Endbericht 2011. Umweltbundesamt, Wien, im Auftrag des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 206 S., BMLFUW, Wien.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2014): KRALIK, M; BRIELMANN, H.; HUMER, F. & WEMHÖNER, U.: Grundwasseralter von ausgewählten Grundwasserkörpern, 2010 2014: Eferdinger Becken, Hügelland Rabnitz, Ikvatal, Inntal, Seewinkel, Stremtal, Südl. Wiener Becken, Tullner Feld, Unteres Murtal, Vöckla-Ager-Traun-Alm, Weinviertel. Endbericht 2014. Umweltbundesamt, Wien, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2015): BRIELMANN, H.; WEMHÖNER, U.; HUMER, F. & PHILIPPITSCH, R.: Grundwasseralter ausgewählter Grundwasserkörper, 2014–2015. Böhmisches Masse, Hügelland zwischen Mur und Raab, Lafnitztal, Mittleres Ennstal, Stooberbachtal, Weststeirisches Hügelland, Zentralzone. Umweltbundesamt, Wien, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien. 132 S., BMLFUW, Wien.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017): BRIELMANN, H.; WEMHÖNER, U.; SCHATNER, C; HUMER, F. & PHILIPPITSCH, R.: Grundwasseralter 2015–2017. Ausgewählte Grundwasserkörper. Umweltbundesamt, Wien, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 93 S. und 49 S. Anhang, BMLFUW, Wien.

BMLRT – Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2021): Brielmann, H.; Humer, F.; Wemhöner, U. & Schartner, C.: Grundwasseralter 2017–2019. Umweltbundesamt, Wien, im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. 160 S., BMLRT, Wien.

Breiner, H. (1974): Untersuchung Aschach-Ottensheim. Siedlungswasserwirtschaftliche Regionalstudie für den Bereich der österreichischen Donaustrecke. Bericht 8. – Wien.

Brenner Eisenbahn GmbH (1997): UVE – Eisenbahnachse Brenner München–Verona; Teilprojekt Zulaufstelle Nord: Abschnitt Kundl/Radfeld – Baumkirchen.

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

Erhart-Schippek, W. & Niederbacher, P. (1995): Tiefengrundwasservorkommen in Niederösterreich, Schwerpunkt Nördliches Inneralpines Wiener Becken. – im Auftrag vom Amt der Niederösterreichischen Landesregierung Abteilung B/9 Wasser- und Abfallwirtschaft, Wien.

Fank, J. & Suetter, G. (1994): Grundwassersanierungsgebiete Steiermark; Gesamtgutachten. - Unveröffentl. Bericht, Amt der Steiermärkischen Landesregierung LBD-Fachabteilung IIIa-Wasserwirtschaft & Institut für Hydrogeologie und Geothermie, 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.

H₂O-Fachdatenbank (2015, 2017, 2021): Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) BGBl. Nr. 479/2006 i.d.g.F.; Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Sektion I/ Abteilung 2 Nationale und internationale Wasserwirtschaft; Ämter der Landesregierungen.

Harum, T. et al. (1996): Kraftwerk Puntigam Machbarkeits-, Standortstudie, Gutachten Geologie und Grundwasser. - Unveröff. Bericht, Joanneum Research, Institut für Hydrogeologie und Geothermie, Graz.

Heissel, W. (1951): Beiträge zur Tertiär-Stratigraphie und Quartärgeologie des Unterinntales. - Jahrb. Geol. B.-A., 94/2, S. 207-221.

Kendall, C. & McDonnell, J. J. (Hrsg.). (2012): Isotope tracers in catchment hydrology. Elsevier.

Kollmann, W. et al. (2004): Digitale Erstellung einer hydrogeologischen Karte des Bundeslandes Burgenland im Maßstab 1:200.000 als Basis für eine interaktiv abfragbare Visualisierung der Grundwasserverhältnisse. Erläuterungen zur hydrogeologischen Karte Burgenland. Geologische Bundesanstalt, Wien.

Maloszewski, P. & Zuber, A. (1996): Lumped parameter models for interpretation of environmental tracer data. Manual on the mathematical models in isotope hydrogeology, IAEA Tec-Doc 910, 9-59, Vienna.

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

Solomon, D.K.; Hunt, A. & Poreda, R.J. (1996): Source of radiogenic helium-4 in shallow aquifers: Implications for dating young groundwater, Water Resour. Res. 32, 1805–1813.

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 9(4), S.221-234.

Torgersen, T. & Stute, M. (2013): Helium (and other noble gases) as a tool for understanding long timescale groundwater transport. IN: IAEA (2013). Isotope methods for dating old groundwater. Vienna, International Atomic Energy Agency.

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.

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

Zojer, H. (Projektleitung) (1988): Hydrogeologische Untersuchungen im Rahmen des Projektes „Ermittlung des Naturraumpotentials ausgewählter Tallandschaften Kärntens: Unteres Gailtal“ KC-11. Endbericht. Forschungsgesellschaft Joanneum GmbH, Institut für Geothermie und Hydrogeologie, Graz.

Abkürzungen

^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
^{18}O	Sauerstoff-18
$\delta^{18}\text{O} / \delta^2\text{H}$	Abweichung des Isotopenhäufigkeitsverhältnisses der Probe gegenüber dem Referenzstandard, Angabe in ‰
BGBI	Bundesgesetzblatt
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMLRT	Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (vormals BMNT)
BMNT	Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (vormals BMLFUW)
DBJ	Planungsraum „Donau bis Jochenstein“
DRA	Planungsraum „Drau“
DUJ	Planungsraum „Donau unterhalb Jochenstein“
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GK	Grundwasserkörper
GZÜV	Gewässerzustandsüberwachungsverordnung
H	Wasserstoff
LRR	Planungsraum „Leitha – Raab – Rabnitz“
m ü. A.	Meter über Adria
MAR	Planungsraum „March“
MUR	Planungsraum „Mur“
MVZ	Mittlere Verweilzeit
O	Sauerstoff
ÖPUL	Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft
RHE	Planungsraum „Rhein“
SF ₆	Schwefelhexafluorid
WRG 1959	Wasserrechtsgesetz 1959
WRRL	EU Wasserrahmenrichtlinie

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

Stubenring 1, 1010 Wien

bmlrt.gv.at