

LAND TIROL

Grundwassertemperaturen Tirols



Endbericht

07. Okt. 2021

Auftraggeber:

Amt der Tiroler Landesregierung
Abteilung Wasserwirtschaft
Herrengasse 3
A-6020 Innsbruck



Projektabwicklung:

Wasser Tirol -
Ressourcenmanagement-GmbH
Leopoldstr. 3
A-6020 Innsbruck
www.wassertirol.at



Beauftragung durch: Land Tirol – Abteilung Wasserwirtschaft

Bearbeitet durch: Felix Thalheim, M.Sc.
Maximilian Wallner, M.Sc.

Geprüft durch: Dr. Andreas Hertl

Freigegeben durch: DI Rupert Ebenbichler

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Veranlassung	5
2 Zielsetzung	6
3 Thematischer Hintergrund	7
4 Methodik	9
4.1 Datenbeschaffung	9
4.2 Datenaufbereitung und Grundlagen zur -auswertung	10
4.3 Auswertung	16
5 Ergebnisse	19
5.1 Statistische Aufbereitung	19
5.2 Trendanalyse	29
5.3 Temperatur-Tiefenprofile	30
5.4 Vorflutereinfluss	46
5.5 Grundwassergebiete Tirols – Datenlage und Charakteristika	61
6 Zusammenfassung und Interpretation	165
6.1 GWT – Niveau und Schwankungsbreite	165
6.2 Saisonalitäten	167
6.3 Messtiefe und Vorflutereinfluss	167
6.4 Trends – Klimawandel	168
6.5 Anthropogener Einfluss - AHI	169
6.6 Temperaturprofile	169
7 Diskussion und Schlussfolgerungen	170
8 Literaturverzeichnis	173
9 Abbildungsverzeichnis	175
10 Tabellenverzeichnis	179
11 Anhang – Tabellen und Abbildungen	180

1 VERANLASSUNG

Tirol strebt eine bilanzielle Energieautonomie bis zum Jahr 2050 an. Das heißt, die gesamte im Land benötigte Energie (Sektoren Gebäude, Produktion und Mobilität) soll im Jahressaldo betrachtet aus heimischen, erneuerbaren Energieträgern bereitgestellt werden.

Die 2019 veröffentlichte Studie „Ressourcen- und Technologieeinsatz-Szenarien Tirol 2050“ (EBENBICHLER ET AL. 2018) kommt zu dem Ergebnis, dass diese Ziele mit den gegebenen Energieressourcen Tirols sowie den bereits heute bestehenden Technologien durch Energieeinsparung, Energieeffizienzsteigerung und durch Substitution fossiler Energieträger durch Erneuerbare erreichbar ist. Dies setzt einen umfassenden Umbau des Energiesystems voraus.

Gemäß Studienergebnis würde der Endenergieeinsatz gegenüber heute um rund 37 % gesenkt werden, bei sogar infolge von hinterlegtem Wirtschaftswachstum und Bevölkerungszunahme leicht gestiegenem Nutzenergiebedarf.

Die Bedeutung des Energieträgers Strom wird in Zukunft stark steigen und in allen Sektoren eine maßgebliche Rolle spielen.

Im Gebäudebereich, in dem die Wärmebereitstellung heute noch vielfach auf den fossilen Energieträgern Öl und Erdgas basiert, wird die Wärmebereitstellung sukzessive auf die alternativen Energieträger Nah- und Fernwärme (auf Basis Erneuerbarer) und v.a. Umweltwärme umgestellt. Letztere wird mittels Wärmepumpentechnologie aus der Erde, der Luft der auch dem Grundwasser gewonnen, wozu wiederum Strom benötigt wird.

Eine grobe Abschätzung ergab, dass in Tirol allein bis zum Jahr 2030 der Zubau von rund 28.500 Wärmepumpenanlagen notwendig ist, die sich vor allem auf Wohngebäude beschränken, aber auch in Hotels oder Büro- und Dienstleistungs- sowie gewerblichen Gebäuden errichtet werden sollen.

Die Möglichkeit der Errichtung von Grundwasser-Wärmepumpensystemen (GWWP) ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Hierzu zählen in erster Linie das Vorhandensein eines nutzbaren Grundwasserkörpers, eines geeigneten Heizungssystems mit entsprechendem Bedarf (v. a. Niedertemperatur-Systeme) sowie der Nicht-Beeinflussung durch bzw. von benachbarten Anlagen.

Einen wesentlichen Faktor im Bereich GWWP stellt die Temperatur des Grundwassers im Bereich bis etwa 20 m Tiefe dar, da gemäß ÖWAV-Regelblatt eine Rückgabe von Wasser mit Temperaturen unter 5 °C nicht erfolgen sollte. Das Wissen über die Temperaturverhältnisse der Grundwasserkörper Tirols – insbesondere auch für die zu erwartenden jahreszeitlichen Schwankungsbreiten – liegt jedoch weitestgehend nur punktuell für etwa 200 Messstellen vor, die sich überwiegend in den Haupttalbereichen befinden. Für Grundwasserkörper in den Seitentälern sowie vor allem in höheren Bereichen, in denen die Temperaturen deutlich niedriger sein können als z. B. im Inntalbereich, liegen kaum Werte vor. Entsprechend ist auch die Planung von Grundwasserwärmepumpen in diesen Bereichen aufwändiger und risikoreicher.

2 ZIELSETZUNG

Das oberste Ziel dieses Projektes ist es, einen Überblick über die in Tirol in den verschiedenen Gebieten vorliegenden Daten zu Grundwassertemperaturen zu erhalten. In einem weiteren Schritt sollen auf Basis der Temperaturwerte an den bestehenden Messstellen die Grundwassertemperaturen so nachvollziehbar, präzise und flächendeckend wie möglich für sämtliche Grundwassergebiete Tirols (gemäß Hydrologischem Atlas Österreichs) abgeleitet und grafisch dargestellt werden.

Dabei liegt der Schwerpunkt auf Stationen, für welche kontinuierliche Datenloggeraufzeichnungen vorliegen, idealerweise über längere Zeiträume. Lediglich ergänzend werden regelmäßige Messungen (z. B. monatlich) oder gar Einzelmessungen im Rahmen von z. B. jährlichen Beprobungen hinzugezogen.

In diesem Rahmen werden auch die Faktoren untersucht, welche a) die Höhe der Grundwassertemperaturen und b) deren Schwankungsbreite und Saisonalität beeinflussen, um im Idealfall genauere standortbezogene Aussagen treffen zu können, als dies bislang der Fall ist.

Die Ergebnisse sollen somit eine wesentliche Grundlage für einen forcierten Grundwasser-Wärmepumpenausbau zur Erreichung der Energieziele bis 2050 bilden. Die gebietsbezogenen Temperaturen sollen nach Möglichkeit in das TIRIS eingebunden werden und somit sämtlichen Interessierten als Planungsgrundlage zur Verfügung gestellt werden.

Anmerkung: Der vorliegende Bericht ersetzt keine geologischen oder hydrogeologischen Erhebungen und Einschätzungen. Es handelt sich hierbei um eine Art Sachstandsbericht, eine generelle Einschätzung auf Basis der vorhandenen Daten, die keine Detailanalyse für konkrete Vorhaben ersetzt.

3 THEMATISCHER HINTERGRUND

Wassertemperaturen unterliegen selbst in ein und demselben Grundwasserkörper/-gebiet bestimmten Schwankungen – sowohl räumlich als auch saisonal. Die Grundwassertemperatur (GWT) ist dabei sowohl hinsichtlich Niveau als auch Schwankungsbreite von verschiedenen Faktoren abhängig, die bereits seit mehr als einem halben Jahrhundert im Rahmen zahlreicher Veröffentlichungen beschrieben und aktuell vor allem in Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels untersucht werden. Um den Rahmen für die in diesem Projekt angewendete Vorgehensweise vorzugeben und gleichzeitig die Grundlage für die diesen Bericht beschließende Diskussion zu bilden, wird an dieser Stelle ein kurzer Überblick zur themenrelevanten wissenschaftlichen Literatur gegeben.

Allgemein hängt die GWT eng mit der Luft- (LT) bzw. Oberflächentemperatur (OT) und damit im Wesentlichen mit geogr. Länge und Breite zusammen (siehe BENZ ET AL. 2017a). Das bedeutet, dass die GWT tendenziell ebenso wie die LT mit der Höhe abnehmen sollte. Änderungen der Lufttemperatur betragen im Alpenraum im Mittel 0,5 bis 0,6 K/100 hm (u. a. ROLLAND, 2002), für die GWT kann in erster Näherung Ähnliches angenommen werden.

Verschiedene Untersuchungen haben aufgezeigt, dass die durchschnittliche GWT an einem Ort nicht genau der dortigen mittleren LT oder OT entspricht (u.a. KAPPELMEYER & HAENEL 1974). Stattdessen liegt die GWT oft über diesen. Internationale regionale Forschungsergebnisse, globale Trends (z.B. BENZ ET AL. 2017a) sowie Erkenntnisse des Umweltbundesamtes (UBA 2011) zeigen einen Zusammenhang zwischen GWT und LT bzw. OT in Abhängigkeit von Evapotranspiration (ET) sowie der Dauer der Schneebedeckung. Dieser Zusammenhang wurde bis zu einem gewissen Grade funktional empirisch beschrieben (BENZ ET AL. 2017a). In den oft engräumigen alpinen Grundwasserkörpern ist auch davon auszugehen, dass laterale Anspeisungen aus höher gelegenen Gebieten die GWT lokal gegenüber der mittleren Jahrestemperatur der Luft herabsetzen können.

Außerdem hat sich gezeigt, dass die Form der Landnutzung einen klaren Einfluss auf die GWT haben kann, es also einen Unterschied macht, ob sich die Messstellen im Wald, auf landwirtschaftlichen Nutzflächen oder in bewohnten Arealen befinden (BENZ ET AL. 2018). Im Siedlungsgebiet und insbesondere in Orten dichter Bebauung und Industrie sind teils markante Erhöhungen der GWT gegenüber der „unbeeinflussten“ Umgebungstemperatur bekannt. Dieses Phänomen wird als „Subsurface Urban Heat Island“ beschrieben (siehe MENBERG ET AL. 2013a; MENBERG ET AL. 2014b; BENZ ET AL. 2015; BENZ ET AL. 2016), der Temperatur-Offset als „Anthropogenic Heat Index“ (cf. BENZ ET AL. 2017b; TISSEN ET AL. 2019).

Die Temperatursignale von der Oberfläche können auf zwei primären Wegen Einfluss auf die Grundwassertemperatur nehmen (u.a. BUNDSCHUH 1993; STONESTROM & CONSTANTZ 2004). Einerseits wirkt sich die Lufttemperatur über Konduktion aus, das heißt das Temperatursignal von der Oberfläche wird über die bodenbildenden Teilchen weitergegeben, die Geschwindigkeit dieser Ausbreitung hängt folglich primär von der Wärmeleitfähigkeit des Bodens ab. Das Temperatursignal von der Oberfläche wird rasch gedämpft, Tagesschwankungen sind nur im obersten Bereich bei oberflächennahem Grundwasser feststellbar, saisonale Schwankungen hingegen sind bis in Tiefen >10 m erkennbar, wobei aber gemäß LEDITZKY (1986) diese „jahreszeitlichen Schwankungen sehr

rasch mit der Tiefe abklingen“ und bereits in 15,0–20,0 m Tiefe die „Schwankungsbreite innerhalb der Messgenauigkeit liegt“. Laut TAYLOR & STEFAN (2009) liegt die Eindringtiefe saisonaler Temperatursignale in den gemäßigten Breiten der Nordhalbkugel bei lediglich 10,0–15,0 m.

Andererseits findet Konvektion statt, wobei das Temperatursignal von der Oberfläche durch ein Trägermedium (in dem Fall Wasser) in den Boden eindringt. Dieser Prozess kann in Abhängigkeit der horizontalen und vertikalen hydraulischen Leitfähigkeit weitaus schneller stattfinden und bis in größere Tiefen wirken, obgleich sich die Temperatur des Trägermediums natürlich fortlaufend der Umgebungstemperatur anpasst. Insbesondere spielt dieser Prozess eine Rolle bei verstärkter Infiltration aufgrund von Grundwasserneubildungsereignissen wie Stark- und Dauerregen sowie Schneeschmelze. Ebenso wichtig ist aber auch die Interaktion von Vorfluter und Grundwasserkörper, bei der sich das Temperatursignal des einen aufgrund verschiedenster Faktoren mehr oder weniger auf das Temperaturniveau des anderen Wasserkörpers auswirken kann (u.a. CONSTANTZ 1988; CONSTANTZ 2008; CONSTANTZ ET AL. 2002; STONESTROM & CONSTANTZ 2003; STONESTROM & CONSTANTZ 2004; MOLINA-GIRALDO ET AL. 2011). Umgekehrt können über den Grad der thermischen Kopplung auch Rückschlüsse auf die Sickerraten gezogen werden (siehe HATCH ET AL. 2006).

Dabei ist entscheidend, ob influente oder effluente Verhältnisse vorliegen, ob also der Vorfluter vom Grundwasser gespeist wird, ob er das Grundwasser speist, oder gar kein/kaum Austausch stattfindet (Kolmatierung – River Bed Clogging; siehe z.B. GRISCHEK & BARTAK 2016). Diese Verhältnisse können sich auch im Jahresverlauf ändern. So kann ein Fluss beispielsweise im Winter bei Niedrigwasser vom Grundwasser gespeist werden, wohingegen sich das Verhältnis bei der Schneeschmelze und Hochwässern umkehren und sich im übrigen Jahresverlauf eine Art Gleichgewichtszustand ausbilden kann. Das kann sich insofern in der GWT niederschlagen, als dass die Schwankungen unter und neben dem Vorfluter bei infiltrierendem Oberflächenwasser stärker ausgeprägt sind als dies im umgekehrten Fall zu beobachten ist. Insgesamt sind diese Interaktionsprozesse aber ausgesprochen komplex (siehe WOESSNER 2000), weswegen auch generalisierte Ausbreitungsmodelle unter Realbedingungen oft fehlerhafte Ergebnisse liefern und die Interpretation schwierig ist (u.a. MOLINA-GIRALDO ET AL. 2011)).

Es ist also bei der Betrachtung von Messwerten jeweils zumindest darauf zu achten, in welcher Tiefe die GWT gemessen wird, wie groß jeweils die Eintauchtiefe ist und ob sich die Messstelle nahe einem Vorfluter befindet. Wobei bei letzterem auch entscheidend ist, ob dieser mit dem Grundwasser korrespondiert oder dieser Vorgang durch Sohl- und Uferverbauung, Kolmation o.ä. unterbunden ist. Seitens des HD Tirol wird die Temperatur bei oberflächennahen Grundwasserkörpern i.d.R. in einer Tiefe von 10 m gemessen, was in etwa der optimalen Tiefe aus LEDITZKY (1986) entspricht.

Darüber hinaus konnten Anstiege der Grundwassertemperaturen nachgewiesen werden, die in Österreich innerhalb der letzten 20 Jahre bei rund 0,8 bis 1,0 K liegen (u.a. BENZ ET AL. 2018). Dabei zeigte sich wie bei der LT auch bei der GWT die Ausprägung, dass es sich nicht um einen linearen Anstieg handelt, sondern zu bestimmten Zeitpunkt bzw. besser in einem bestimmten Zeitraum ein Übergang in ein höheres Regime stattfindet (u.a. MENBERG ET AL. 2014). Diese sogenannten Climate Regime Shifts lassen sich gemäß RODIONOV (2004) nachweisen. Im GW treten sie oftmals verzögert im Zusammenhang mit Klimawandel-Auswirkungen auf (z.B. BURNS ET AL. 2016).

4 METHODIK

In folgenden Unterkapiteln wird die angewendete Methodik kurz beschrieben. Dabei wird zunächst auf die Datenbeschaffung, -aufbereitung und letztlich -auswahl für die jeweiligen Teilanalysen eingegangen, bevor diese im Unterkapitel Auswertung beschrieben werden.

4.1 Datenbeschaffung

Die Beschaffung der nötigen Daten erfolgte größtenteils über den Hydrographischen Dienst des Landes Tirol (HD Tirol), da dort von etwa 200 Messstellen kontinuierliche, mehrjährige Daten über Grundwassertemperaturen vorliegen.

4.1.1 GWT-Tagesmittelwerte der Hydrografie

Basierend auf einer Vorauswahl (WIS-Datensatz im GIS) wurde eine Liste sämtlicher GWT-Stationen seitens der Hydrografie übermittelt und die benötigten GWT-Messstellen ausgewählt.

Die übermittelte Liste (siehe Tab. 32 im Anhang) umfasst alle verfügbaren Messstellen, die nach GW-Katasternummern sortiert sind. Zusätzlich sind Messstellenname, HZB-Nummer und Messtiefe vermerkt.

Auf Basis dieser Liste wurden die verfügbaren Messstellen im ArcGIS gekennzeichnet und eine Vorauswahl getroffen, von welchen Messstellen GWT-Tagesmittelwerte benötigt werden. Kriterium war dabei insbesondere die bestmögliche räumliche Abdeckung.

Zusätzlich wurden seitens des AG GWT-Tiefenprofilaten zur Verfügung gestellt.

4.1.2 Vorfluterdaten und Wetterdaten Hydrografie

Basierend auf einer Vorauswahl wurden Pegelraten (Wasserstand, Temperatur) von Fließgewässern bei der Hydrografie angefragt. Für weitere Analysen wurde eine Vorauswahl zusätzlicher Pegel getroffen, wobei insbesondere die Nähe zu den bereits erhobenen GW-Messstellen ausschlaggebend war, um Untersuchungen hinsichtlich des möglichen Vorflutereinflusses durchführen zu können.

Um im Speziellen für diese Gebiete die Grundwasser- und Oberflächengewässertemperaturen sowie -stände auch mit Lufttemperatur, Niederschlag und Schneehöhe vergleichen zu können, wurden seitens des HD die Daten von mehr als 40 Wetterstationen zur Verfügung gestellt.

4.1.3 Ergänzende GWT-Daten

Eine Liste sämtlicher im WIS-Online verfügbarer Temperaturmessungen aus den Eigenüberwachungen der Anlagenbetreiber wurde von der Abt. Wasserwirtschaft der Wasser Tirol zur Verfügung gestellt. Die Datei enthält über 67 000 Messungen von über 1 500 Messstellen. Da diese allerdings nur Einzelmessungen sind und je Messstelle in den meisten Fällen zu ähnlichen Jahreszeiten gemessen wird, kommen die Daten allenfalls als Ergänzungsinformationen in Betracht. Ebenfalls zur Ergänzung wurden Daten aus der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) zu Porengrundwassermessstellen online abgefragt (<https://wasser.umweltbundesamt.at>).

Um Informationen über das Verhalten von GW-Temperaturen im laufenden Betrieb von GW-Entnahmen zu erhalten, wurden an verschiedene Unternehmen Anfragen ausgesendet. Im Zuge der gegenständlichen Untersuchung werden daher für bestimmte Auswertungen auch die langjährigen Zeitreihen von Messstellen der Firma Sandoz verwendet.

Zwecks weiterer Datenverdichtung wurden gezielt Bereiche (Grundwassergebiete; GWG) geringer bzw. nicht vorhandener Messstellenabdeckung durch HD-Messstellen eingehender betrachtet. Solche Gebiete stellten u.a. das Wipptal, die Mittelgebirgsbereiche und diverse Areale des Oberinntals dar. Die dort befindlichen und günstig gelegenen Messstellen wurden ausgewählt und nach Betreibern sortiert.

Bei größeren Betreibern wie TIWAG, ÖBB und BBT wurde in weiterer Folge auf Basis der zusammengestellten Liste bezüglich vorhandener Daten angefragt. Im Zuge dessen wurden unter anderem seitens BBT, TIWAG und ÖBB Daten zu oberflächennahe Messstellen teils inkl. Tiefenprofilen übermittelt.

Darüber hinaus wurden zur lokalen Einschätzung bestehende Wärmepumpenanlagen berücksichtigt.

4.2 Datenaufbereitung und Grundlagen zur -auswertung

4.2.1 Datenqualität und Messstellenaufbau

Vom HD Tirol wurden die Daten als Tagesmittelwerte geliefert. Sämtliche verfügbaren Basisdaten der Stationen wurden im Datenkopf mitgeliefert und enthalten u.a. die unter 4.2.2 gelisteten, kursiv markierten Parameter. Von den anderen Betreibern wurden die Daten in der höchsten verfügbaren zeitlichen Auflösung übermittelt, die Basisdaten mussten teils aus dem WIS nacherhoben werden.

Seitens des HD wurden die Daten für den Gesamtzeitraum der kontinuierlichen Erfassung übermittelt, in der Regel frühestens ab 2002. Bei den anderen Betreibern wurden nach Möglichkeit ebenfalls die längsten verfügbaren Zeitreihen erhoben, andernfalls zumindest auf den Zeitraum 01.01.2015 bis 31.12.2018 bezogen, der sich als allgemein als Zeitraum der größten Überschneidung der gesamten Messstellen-Datenreihen herausstellte. Dieser wurde schließlich als Referenzzeitraum ausgewählt und wird im Folgenden auch so bezeichnet.

Die Messgenauigkeit bei den HD-Sonden beträgt beim Orpheus Mini von OTT 0,5 °C, bei den OTT-CTD-Loggern 0,1 °C.

Eine wichtige Einflussgröße bei den GWT-Messungen ist neben der Messtiefe natürlich auch der Messstellenaufbau. So wurden z.B. die speziell für GWT-Messungen hergerichteten Messstellen aus den 90er Jahren als 2-Zoll-Pegel ausgebaut und nur im untersten Bereich auf einem halben Meter mit einem Filterrohr versehen. So sollen Zirkulationsbewegungen innerhalb der Messstelle vermieden werden, die zum Absinken des kälteren und damit dichteren Wassers führen können. Ebenfalls sollen damit im Pegel Umschichtungen verhindert werden, aufgrund derer die GWT-Schichtung nicht den tatsächlichen GWTs im Bodenaufbau entsprechen könnte.

Zudem kann es zu Datenausfällen und vor allem auch zu Datenshifts kommen, Sonden können sich dekalibrieren etc., was nicht immer so auffällig ist, dass es adäquat korrigiert werden kann, zumal

auch Kalibrationsmessungen Messungenauigkeiten aufweisen können.

Darüber hinaus sind natürlich die hydrogeologischen Gegebenheiten nicht zu vernachlässigen. Viele der vom HD übernommenen Messstellen wurden nicht zur Messung der GWT eingerichtet, sondern dienten anderen Fragestellungen. Die GWT eines leicht gespannten unteren GW-Leiters kann beispielsweise das Temperatursignal des oberflächennaheren Grundwassers verändern.

4.2.2 Auswertungsparameter

Um für die Auswertungen eine möglichst einheitliche Datenstruktur gewährleisten zu können und künftig auch Zusatzdaten nach diesem Muster einpflegen zu können, wurden die übermittelten Daten aller Messstellen mit GW-Temperaturen in einer Gesamtdatei zusammengefasst.

Als erster Auswertungsschritt wurde eine Liste von Parametern definiert, welche für jede Messstation abgefragt, berechnet und ggf. weiterverwendet werden sollten:

- | | | |
|--------------------------|-------------------------|-----------------|
| • <i>GW-Nummer</i> | • <i>Messtiefe uGOK</i> | • GWT_3Quartile |
| • <i>HZB-Nummer</i> | • <i>Länge</i> | • GWT_95% |
| • <i>Messstelle</i> | • <i>Breite</i> | • Delta_GWT |
| • <i>Messfrequenz</i> | • GWT_mean | • GWST_mean |
| • <i>Datenquelle</i> | • GWT_median | • GWST_median |
| • <i>Poren-GW-Gebiet</i> | • GWT_min | • GWST_min |
| • <i>GW-Körper</i> | • GWT_max | • GWST_max |
| • <i>Geländehöhe</i> | • GWT_StabwN | • GWST_StabwN |
| • <i>Messpunkthöhe</i> | • GWT_5% | • DeltaGWST |
| • <i>Sohllage</i> | • GWT_1Quartile | |

Stammdaten, die vom AG geliefert wurden, sind in obiger Liste kursiv gehalten, berechnete Parameter in Standardschriftart. Zusätzlich zu der mittleren GWT des Referenzzeitraumes GWT_mean wurden auch Median und verschiedene Perzentile ermittelt, um ggfs. Ausreißer besser erkennen bzw. deren Einfluss auf den Mittelwert besser abbilden zu können. Damit wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass z.B. ausbaubedingte Ausreißer in der GWT den Mittelwert stark beeinflussen können und für die „unbeeinflusste“ GWT nicht oder nur bedingt repräsentativ sind.

Die Daten der 42 Pegel (Abfluss, Wasserstand und ggf. Wassertemperatur) wurden zunächst analog zu den Grundwassertemperaturdaten in eine Gesamt-Exceldatei überführt und nachfolgend bezüglich folgender Parameter ausgewertet.

- | | | |
|----------------|-------------|--------------|
| • Name | • Q_median | • WT_max |
| • HZB-Nr. | • Q_max | • WT_min |
| • Gewässer | • Q_min | • WT_Stabw.N |
| • Höhe aktuell | • WT_mean | • WT_Delta |
| • Q_mean | • WT_median | |

Zusätzlich wurden Gebiete ausgewählt, in denen sowohl zum Vorfluter als auch zu den Grundwassertemperaturen höhere Datendichten vorliegen und die sich für Analysen zum Vorflutereinfluss eignen. Folgende Gebiete boten sich auf Basis der Daten des HD Tirol an:

- Innsbruck
- Kössen

- Landeck
- St. Johann

- Sillian
- Jenbach

4.2.3 Standardabweichung

Als ein Maß zum Vergleich der Schwankungsbreite bzw. Streuung von GWT-Datenreihen wurde stets die Standardabweichung ermittelt.

Um einen Einblick darüber zu erhalten, was konkret bestimmte Standardabweichungen für die Temperatur-Datenreihen im ggst. Projekt bedeuten, werden im Folgenden Beispiele für Standardabweichungen von 0,2, 1,1, 2,0 und 2,9 K gegeben.

Die GWT der Messstelle Pettnau BI14 (Abb. 1) hat im Auswahlzeitraum eine Standardabweichung von 0,2 K, sie weist nur geringfügige Schwankungen von 0,8 K um den Mittelwert von 9,8 °C auf.



Abb. 1: GWT-Datenreihe der Messstelle GW70339060 mit einer StAbw von 0,2 K

Im gegenständlichen Projekt betragen die minimalen Standardabweichungen 0,05 K, was Streuungen von etwa 0,1 K um den Mittelwert entspricht. 16 Messstellen weisen Standardabweichungen $\leq 0,1$ K auf.

Abb. 2 gibt die Zeitreihe der Messstelle Innsbruck BI 66 wieder, welche eine Standardabweichung von knapp 1,0 K aufweist. Das entspricht einer Schwankungsbreite von etwa 1,9 K um den Mittelwert von 11,7 °C.



Abb. 2: GWT-Datenreihe der Messstelle GW70101B23/1 mit einer StAbw von 1,1 K

Mehr als die Hälfte der gemäß Unterkapitel 5.5 ausgewählten GWT-Datenreihen weist Standardabweichungen $\leq 1,0$ K auf.

Als weiteres Beispiel wurde die Messstelle Lengberg BI 5 aus dem oberen Drautal ausgewählt (Abb. 3). Diese weist eine StAbw von 2,0 K auf, was hier einer Schwankungsbreite von 3,0 K um den Mittelwert von 8,5 °C entspricht. Fast 85 % aller ausgewählten Datenreihen weisen StAbw kleiner 2,0 K auf.



Abb. 3: GWT-Datenreihe der Messstelle GW70718039 mit einer StAbw von 2,0 K

Abschließend wird in Abb. 4 illustriert, was eine Standardabweichung von 3,0 K bedeutet: Die GWT an der Messstelle Polling BI 2 schwankt um etwa 5,0 K um den Mittelwert von 9,0 °C.

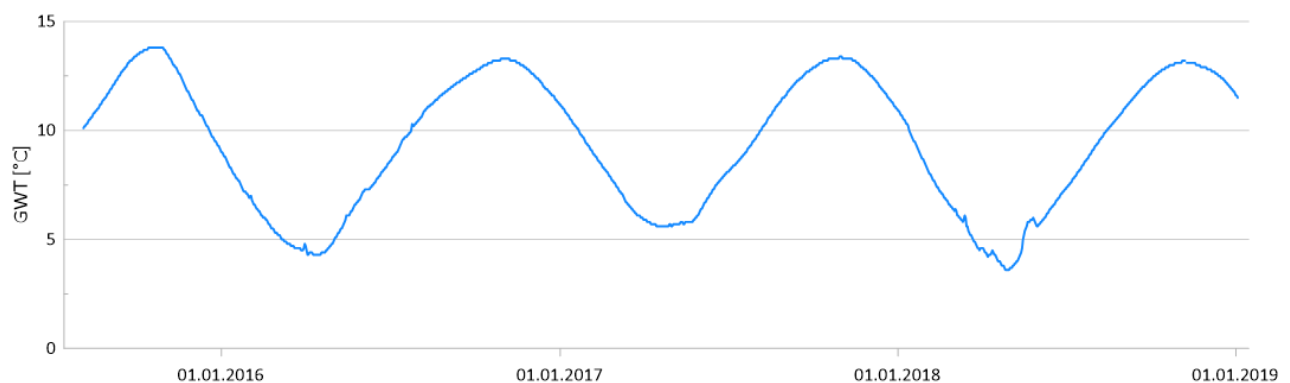


Abb. 4: GWT-Datenreihe der Messstelle GW70342001 mit einer StAbw von 3,0 K

4.2.4 Messtiefe

Auf Basis bestehender Untersuchungen kann angenommen werden, dass die Messtiefe einen wesentlichen Einfluss auf die Schwankungsbreite der GWT ausübt (LEDITZKY, 1986), teils auch auf das Temperaturniveau. Daher wurde dem möglichen Einfluss der Messtiefe auf die GWT ein besonderes Augenmerk zuteil.

Zumindest die kontinuierlichen Zeitreihen des HD Tirol verfügen auch immer über eine Angabe der Messtiefe der GWT. Bei Daten aus anderen Quellen lagen diese Angaben nicht zwangsläufig vor bzw. kann bei diskontinuierlichen Messungen die Messtiefe variieren, sodass eine klare Zuordnung nicht immer möglich war.

Der Einfluss der Messtiefe wurde zunächst bei den allgemeinen statistischen Aufbereitungen (Abschnitt 5.1.4) versucht zu ermitteln und nachfolgend über die Temperatur-Tiefenprofile in Unterkapitel 5.3 genauer untersucht.

4.2.5 Eintauchtiefe

Eine weitere Kenngröße ist die Eintauchtiefe, also wie weit unterhalb des GW-Niveaus sich der Temperatursensor befindet. Sie ergibt sich aus der Höhe der Messauflage, der Messtiefe und dem Grundwasserstand. Damit ist sie nur für solche Zeitreihen kontinuierlich berechenbar, für die neben den Temperaturdaten auch Grundwasserstände sowie die Information über die Messtiefe vorliegen. Es wird angenommen, dass bei geringerer Eintauchtiefe der Oberflächeneinfluss (u. a. Lufttemperatur im Messschacht/-rohr/-pegel; Temperaturschichtungen) höher ist, was zu größeren Schwankungsbreiten führt.

Um diese Zusammenhänge zu beleuchten, wurden die Eintauchtiefen an jedem Zeitpunkt (Tagesmittel) für die Standorte mit ausreichend Informationen berechnet und letztlich die Mittelwerte für den Auswahlzeitraum gebildet. Der Einfluss dieser Eintauchtiefe auf die Standardabweichung der GWT wird in Abschnitt 5.1.5 allgemein untersucht.

4.2.6 Vorfluterabstand

Als weitere Kenngröße, die unter begründetem Verdacht steht, die Schwankungsbreite und ggf. auch Höhe der Grundwassertemperatur zu beeinflussen, ist der Vorfluterabstand. Bei groben Erstanalysen von GWT-Zeitreihen fiel einerseits auf, dass die Grundwassertemperaturen in der unmittelbaren Umgebung der Haupt-Vorfluter oftmals höhere Schwankungen aufweisen als in größerer Entfernung und bei „unbeeinflussten“ Grundwassersonden. Andererseits schienen die GWT-Niveaus bei Messstellen am Vorfluter teils sogar allgemein niedriger zu sein. Zudem ist aus der Praxis bekannt, dass die Grundwassertemperaturen im Nahbereich z.B. des Inns zu bestimmten Zeitpunkten niedriger als erwartet sein können, weswegen es beim Betrieb von Grundwasser-Wärmepumpen zu Performance-Problemen kommen kann. Voraussetzung dafür ist wohl, dass der Vorfluter in einem stärkeren hydraulischen Austausch mit dem Grundwasserkörper steht, was bei niedriger WT im Vorfluter und influenten Verhältnissen zu einer Absenkung der GWT im jeweiligen Einflussbereich des Vorfluters führen kann.

Um auf diese Besonderheit genauer einzugehen und ggf. Bereiche um die Vorfluter ausweisen zu können, in denen Dynamik und Niveau der GWT bei Planungen speziell untersucht werden sollte, wurden folgende Schritte gesetzt:

1. Ermittlung der Abstände sämtlicher GW-Messstellen zu den Vorflutern. Dabei jeweils, sofern zutreffend und zweckmäßig, zum Haupt-Vorfluter (z.B. Inn) sowie zum nächstgelegenen Vorfluter (z.B. Völser Gießen).
2. Teils gezielte Auswahl der Messstellen nach Nähe zum Vorfluter mit dem Ziel, in bestimmten Gebieten eine möglichst hohe Informationsdichte über GWTs von Messstellen in unterschiedlichen Abständen zum Vorfluter zu erhalten.
3. Identifizierung von Bereichen, die sich für Temperatur-Querprofile bzw. Schwerpunktuntersuchungen zum Vorflutereinfluss eignen.
4. Beschaffung von Vorfluterdaten (Wasserstand, Wassertemperatur), Wetterdaten (Niederschlag, Lufttemperatur) und Detailauswahl der Untersuchungsgebiete nach Punkt 3
5. Beschreibung der Untersuchungsgebiete und der Charakteristika zum Vorflutereinfluss in Unterkapitel 5.4.

4.2.7 Temperatur-„Anomalien“

Der Begriff der „Anomalie“ wird im Rahmen dieses Projektes relativ weit gefasst verwendet. Anomalien sind hier im Wesentlichen GWT-Niveaus von Messstellen, die eine im Vergleich zu den umgebenden Messstellen („Hintergrundtemperatur“) bzw. zur auf Basis einer Regressionsgerade für die jeweilige Geländehöhe berechneten GWT auffällig höhere oder niedrigere mittlere GWT aufweisen. Als Grenzwert wurde eine Abweichung von idR 1,0 K zum Berechnungs- und/oder Messwert angesetzt.

Ob diese „Anomalie“ natürlichen Ursprungs (z. B. starker Vorflutereinfluss, Schmelzwässer, Hangwässer) oder anthropogen (z. B. Kühl- oder Heizanlagen, Bebauung) bedingt ist, wird damit noch nicht gesagt. Darauf wird in einigen Fällen genauer eingegangen, indem nach den möglichen Ursachen der „Anomalien“ unterschieden wird und ggfs. vom Anthropogenic Heat Index (AHI) gemäß Kap. 3 gesprochen wird.

4.2.8 Interpolation von Datenlücken

Von der Interpolation von Datenlücken wurde im Rahmen dieses Projektes weitestgehend Abstand genommen. Aufgrund der Verfügbarkeit einer größeren Zahl an Messreihen zumindest in bestimmten Grundwassergebieten wurden schwerpunktmäßig solche ausgewählt, die möglichst lückenlose Daten aufweisen. Einzig bei den für die langfristigen Trends verwendeten Messreihen wurden in wenigen Fällen lineare Interpolationen über gewisse Zeiträume vorgenommen (etwa < 3 Monate und nur bei Datenreihen ohne kurzfristige Schwankungen und abseits der Extrema), bei allen weiteren Messstellen wurden höchstens Einzelwerte korrigiert.

4.3 Auswertung

Im Folgenden wird kurz auf die einzelnen Auswertungsschritte eingegangen, um einen Überblick über die Datenauswahl und die Analysemethoden zu geben.

4.3.1 Statistik

Für die statistische Aufbereitung wurden zunächst Histogramme erstellt, die die Verteilung von GWT, Standardabweichung, Messtiefe und Vorfluterabstand auf verschiedene Klassen darstellen. Um mögliche Trends und Zusammenhänge aufzuzeigen, wurden auf Basis der o.g. möglichen Einflussfaktoren verschiedene Punktplots erstellt. Dabei wurde teils nach Grundwassergebieten klassifiziert, um ggf. Unterschiede zwischen den einzelnen Gebieten erkennen zu können. Ebenso wird dadurch die Datendichte in Bezug auf die einzelnen Grundwassergebiete deutlich.

4.3.2 Trends

Für die Untersuchung der langjährigen Trends wurden die Messstellen gewählt, für welche über einen längstmöglichen gemeinsamen Überschneidungsbereich GWT-Daten vorliegen. Es wurde der Zeitraum 01.11.2003 bis 31.10.2018 ausgewählt, für welchen von folgenden 13 Messstellen kontinuierliche Datenreihen vorliegen:

- GW70223001 Umhausen-Tumpen, Bl 2
- GW70320020 Kematen, Bl 6
- GW70335017 Oberhofen, Bl 4
- GW70411041 Kitzbühel-Land, Bl 1
- GW70419012 Waidring, Bl 2
- GW70512012 Voldöpp-Hagau, Bl 5
- GW70514034 SANDOZ HFB 4
- GW70520103 SANDOZ NBR II
- GW70531102 Wörgl-Boden, Bl 16
- GW70716067 Lienz, Bl 2
- GW70801003 Bach-Schönau, Bl 3
- GW70905013 Buch-Tuft, Bl 2
- GW70936039 Vomp, Bl 5

Die GWT-Zeitreihen dieser Messstellen werden in Unterkapitel 5.2 genauer behandelt.

4.3.3 Temperaturprofile

Um die Änderungen der GWT mit der Tiefe einer genaueren Untersuchung zu unterziehen, wurden kontinuierliche Temperaturprofile sowie monatliche Handmessungen aus den 1990er Jahren bereitgestellt.

Die kontinuierlichen Messungen entstammen den Messstellen GW70346034 (Rum Blt 2) und GW70936035 (Vomp Blt 1), wo in 7, 10, 12, 14 und 24 m Tiefe bzw. 4, 6, 10 und 16 m Tiefe die GWT aufgezeichnet wird. Die Daten für Rum liegen seit März 2013 bis Juli 2020 vor, die für Vomp seit Mai 2011 bis Juli 2020. In Abschnitt 5.3.1 wird auf diese Profildaten genauer eingegangen.

Die Tiefenprofile aus den Handmessungen (monatliche Messungen in 1-Meter-Tiefenstufen) wurden für die folgenden elf Messstellen grafisch dargestellt:

GW70101178 Hötting, Blt 2	GW70346034 Rum, Blt 3	GW70930029 Strass, Blt 8
GW70101443 Pradl, Blt 22	GW70357090 Telfs, Blt 17	GW70936035 Vomp, Blt 1
GW70342002 Polling, Blt 4	GW70828068 Reutte, Blt 16	GW70412162 Kössen Blt 8

GW70416069 St. Johann Bt2

GW70909010 Fügen Bt 3

In Abschnitt 5.3.2 erfolgt zunächst eine Überblicksdarstellung, bevor jeweils u. a. auf die jahreszeitliche Dynamik der GWT-Tiefenprofile eingegangen wird.

4.3.4 Vorflutereinfluss

Um in Erweiterung zur allgemeinen statistischen Aufbereitung genauere Erkenntnisse über den Vorflutereinfluss zu erlangen, wurden sechs Schwerpunktgebiete ausgewählt, in denen Daten mehrerer Grundwassermessstellen (GWT, Grundwasserstand) sowie zu Vorfluter (Wasserstand, WT) und Wetter (Lufttemperatur (LT), Niederschlag (NS) und Schneehöhe (SH)) vorliegen. Diese Gebiete sind:

- | | |
|-------------|--------------|
| • Landeck | • St. Johann |
| • Innsbruck | • Kössen |
| • Jenbach | • Sillian |

In Kap. 5.4 werden für diese sechs Gebiete die Grundwasserstände sowie -temperaturen der Wassertemperatur und dem Wasserstand des Vorfluters und ggf. auch der Lufttemperatur gegenübergestellt.

Darüber hinaus wurden die Wassertemperatur-Zeitreihen von mehreren Messstellen am Inn miteinander verglichen, um herauszustellen, ob es signifikante Unterschiede und ggf. auch einen zeitlichen Versatz gibt.

4.3.5 Grundwassertemperaturen nach Grundwassergebieten

Als letzter Schritt werden die 37 Grundwassergebiete (GWG) Tirols (nach hydrologischem Atlas Österreichs) zunächst kurz beschrieben, die jeweilige Datenlage dargestellt und dann die GWT-Daten für die Grundwassergebiete grafisch dargestellt und ausgewertet. Dafür wurden insgesamt 204 Messstellen ausgewählt, für welche GWT-Daten aus dem gemeinsamen Zeitfenster 01.11.2015 bis 31.10.2018 vorliegen. Unvollständige Zeitreihen wurden dann verwendet, wenn keine anderen Daten verfügbar waren. Ebenso wurden für GWGs, zu denen keine Zeitreihendaten vorlagen, Einzelmessungen (WIS, GZÜV etc.) als Anhaltspunkte herangezogen.

Aus dem Verhältnis von mittlerer GWT und Geländehöhe wurde eine Regressionsgerade abgeleitet, welche im Rahmen dieser Beschreibungen zur Abschätzung der mittleren GWT herangezogen wird. Um die mittlere Schwankungsbreite und den Vorflutereinfluss auf selbige grob bestimmen zu können, werden die Informationen aus der statistischen Auswertung mit den Erkenntnissen bezüglich Vorfluter- und Messtiefeneinfluss verschnitten.

Am Ende eines jeden Abschnitts zu den GWGs wird eine zusammenfassende Einschätzung gegeben, die jeweils auch Bezug auf die berechnete mittlere GWT sowie die saisonale Schwankungsbreite nimmt und in Hinblick auf 4.3.6 die Eignung des Grundwassers zu Heizzwecken thematisiert.

4.3.6 TIRIS-Implementierung

Um das Projektziel einer möglichen Verfügbarmachung der Ergebnisse als Layer im Tiroler Rauminformationssystem zu erreichen, wurden folgende Schritte gesetzt:

- Klassifikation der Grundwassergebiete hinsichtlich der Eignung für Grundwassernutzungen zu Heizzwecken (grün = „geeignet“, orange = „bedingt geeignet“, rot = „nicht geeignet“)
- Klassifikation der verfügbaren GWT-Daten (dreijährige Mittelwerte auf Tageswertbasis) aus kont. Messung, farbliche Abstufung aufsteigend von blau nach rot
- Übersichtliche Aufbereitung beider Layer für Übermittlung an AG und optionale Einbindung
- Aufbereitung der Beschreibungen der GWGs aus 5.5 für möglichen ergänzenden Download

5 ERGEBNISSE

In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse des Projektes beschrieben und grafisch dargestellt. Zunächst wird auf die allgemeine statistische Auswertung der Daten eingegangen (Kap. 5.1), wobei hier nicht der gesamte zusammengetragene Datensatz betrachtet wird, sondern nur die gemäß Unterkapitel 5.5 verwendeten Daten gleichen Zeitraumes (also in etwa 01.11.2015 bis 31.12.2018). In Kap. 5.2 werden die langfristigen Temperaturtrends von 13 Grundwassermessstellen analysiert, in Kap. 5.3 werden verschiedene Temperaturprofil-Messungen ausgewertet, um genauere Erkenntnisse über die Auswirkung von Messtiefe und Jahreszeit auf die Grundwassertemperaturen zu erhalten. In Unterkapitel 5.4 werden dann ausgewählte Gebiete betrachtet, in denen eine gezielte Darstellung des Vorflutereinflusses durchgeführt wird.

Auf Basis dieser Erkenntnisse werden abschließend in Kap. 5.5 die Grundwassergebiete Tirols beschrieben und in Hinblick auf die Grundwassertemperaturen und Einflussfaktoren charakterisiert. Höher aufgelöste Versionen der Abb. 7, Abb. 10, Abb. 13, Abb. 15, Abb. 16 und Abb. 17 im A3-Querformat können dem Anhang entnommen werden.

5.1 Statistische Aufbereitung

5.1.1 Grundwassertemperatur

Die Grundwassertemperaturen der Tageswerte der 204 ausgewählten Zeitreihen liegen im Mittel zwischen 5,7 und 14,4 °C, der Durchschnitt beträgt 8,9 °C. Abb. 5 zeigt die Häufigkeitsverteilung der mittleren GWT der Zeitreihen in 9 Klassen. Daraus wird ersichtlich, dass sich die Mehrzahl der mittleren GWTs auf die Klassen 3 bis 5 verteilt (133). Die Klassen 7, 8 und 9 sind Ausreißer.

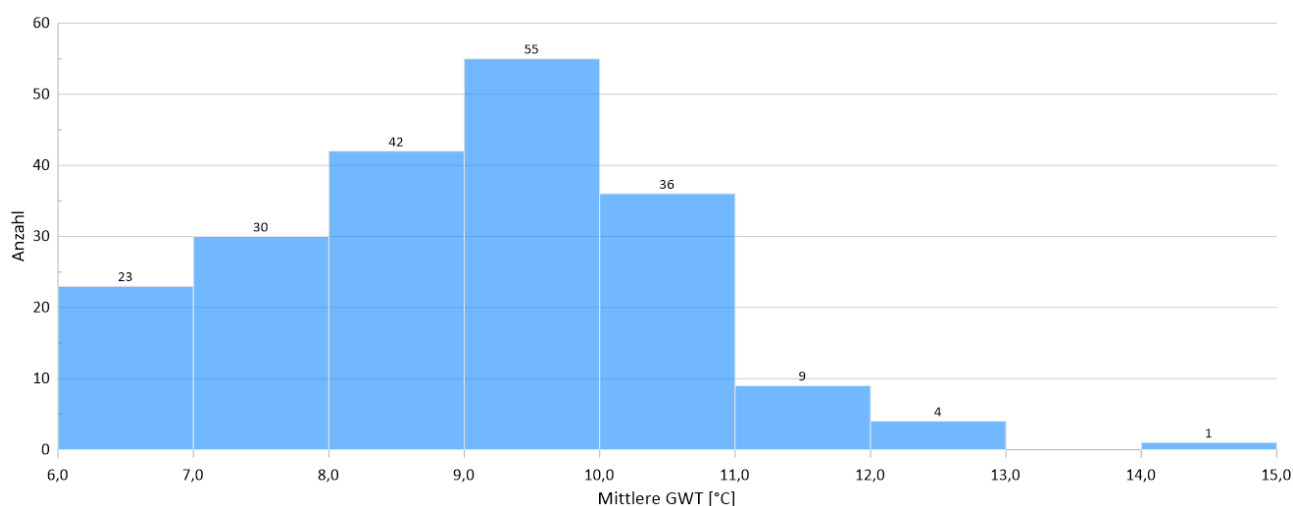


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung der mittleren GWT der Zeitreihen in 9 Klassen

Das absolute GWT-Minimum auf Tagesmittelwertbasis liegt bei 0,4 °C, das absolute Maximum bei 19,3 °C. Das 5. Perzentil (P5) beträgt 1,5 °C, das 95. Perzentil (P95) 17,3 °C.

5.1.2 Standardabweichung

Zusätzlich zu Mittelwert, Minima, Maxima und Perzentilen wurden die Standardabweichungen (kurz: StAbw) der Zeitreihen ermittelt, um eine Kenngröße der Streuung der Datenreihen zu erhalten. Die Häufigkeitsverteilung der StAbw kann Abb. 6 entnommen werden.

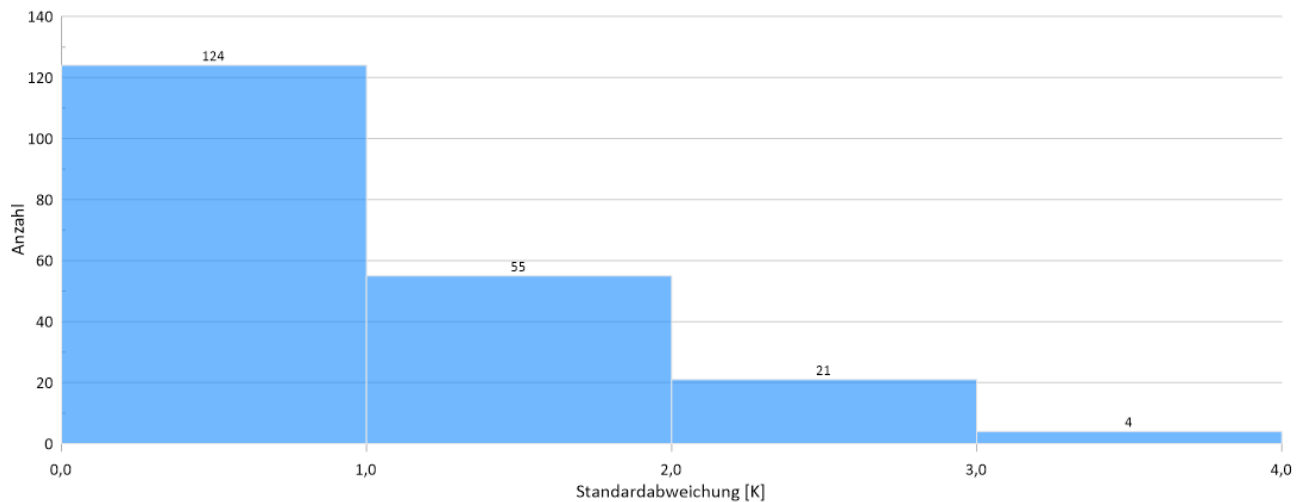


Abb. 6: Häufigkeitsverteilung der StAbw der Zeitreihen in 4 Klassen

Demnach liegt die Mehrheit der Zeitreihen in der 1. Klasse mit StAbw bis 1,0 K, im Mittel liegt sie bei 0,9 K. Gemäß 4.2.3 bedeutet eine mittlere Standardabweichung von 1,0 K eine Streuung der Datenreihe von 2,0 K um ihren Mittelwert.

Wird das Verhältnis statt auf die Differenz aus Maximum und Minimum auf die Differenz aus P5 und P95 bezogen, so bedeutet die StAbw von 1,0 K eine Streuung von $\pm 1,5$ K.

5.1.3 GWT und Geländehöhe

Wegen der Abhängigkeit der Luft- wie auch Wassertemperaturen von der Geländehöhe wird in Abb. 7 (höher aufgelöst im Anhang als Abb. 157) zunächst die mittlere GWT des Auswahlzeitraums aller 204 Stationen gegen die Geländehöhe geplottet. Dabei ist deutlich die Abnahme der Grundwassertemperatur mit der Geländehöhe zu erkennen, welche etwa 0,5 K pro 100 Höhenmeter beträgt. Allerdings ist die relativ hohe Schwankungsbreite in den einzelnen Höhenlagen zu erkennen, die bei ähnlicher Höhenlage bis zu 4,0 K oder gar 6,0 K betragen kann.

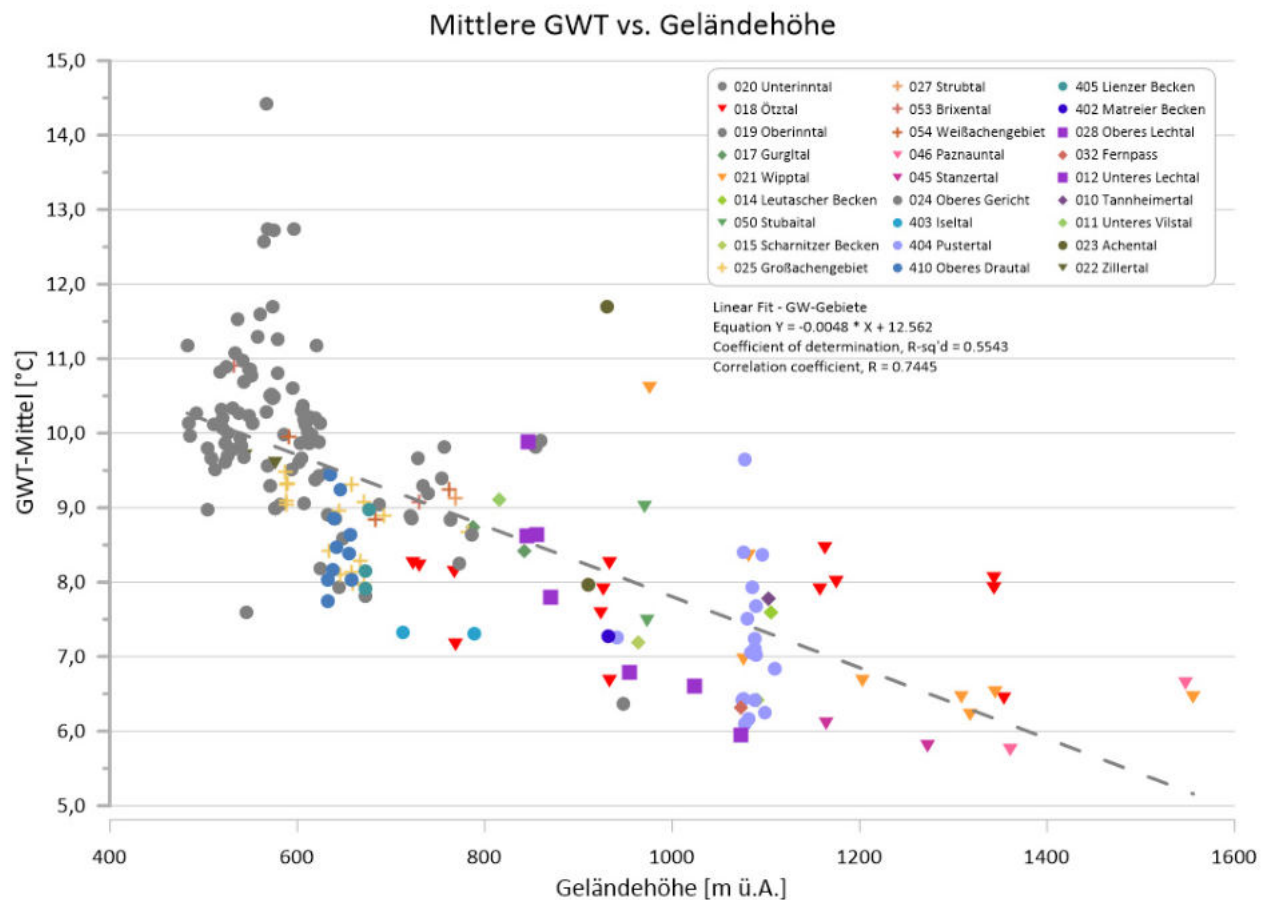


Abb. 7: Abhängigkeit der mittleren Grundwassertemperatur von der Geländehöhe

Es ist ebenfalls ersichtlich, dass die Punktwolke an einigen Stellen besonders verdichtet erscheint, weswegen zur genaueren Unterscheidung ein Class-Scatter-Plot erzeugt wurde. Dadurch wurden die 204 Datenpunkte nach den 38 Grundwassergebieten klassifiziert, aus denen Daten vorliegen. Dabei sind u. a. die Datendichte in Unter- und Oberinntal sowie Oberem Drautal und Pustertal gut ersichtlich, ebenso die hohe Geländehöhen-Bandbreite bei ähnlichem Temperaturniveau aus dem Ötztal.

In Abb. 8 wird nicht nur die mittlere GWT der Geländehöhe gegenübergestellt, sondern ebenfalls die Minima und Maxima der ausgewählten Zeitreihen. Dabei fällt auf, dass die Minima der GWT mit der Höhe weitaus stärker abnehmen (0,57 K pro 100 m) als bei den Mittelwerten (0,48 K pro 100 m). Noch geringer ist dieser Trend bei den Maxima der Zeitreihen ausgeprägt, wo er nur 0,39 K bei 100 Metern beträgt. Das dürfte aber keinen rein physikalischen Hintergrund haben, sondern an der Messstellenausführung liegen (siehe Diskussionsteil Kap. 7).

Als näherungsweise, vereinfachte Regressionsgleichung zur Berechnung der mittleren GWT in verschiedenen Höhenlagen im Rahmen von Kap. 5.5 wird $GWT [^{\circ}C] = 12,8 - 0,005 \cdot \text{Geländehöhe}$ angesetzt.

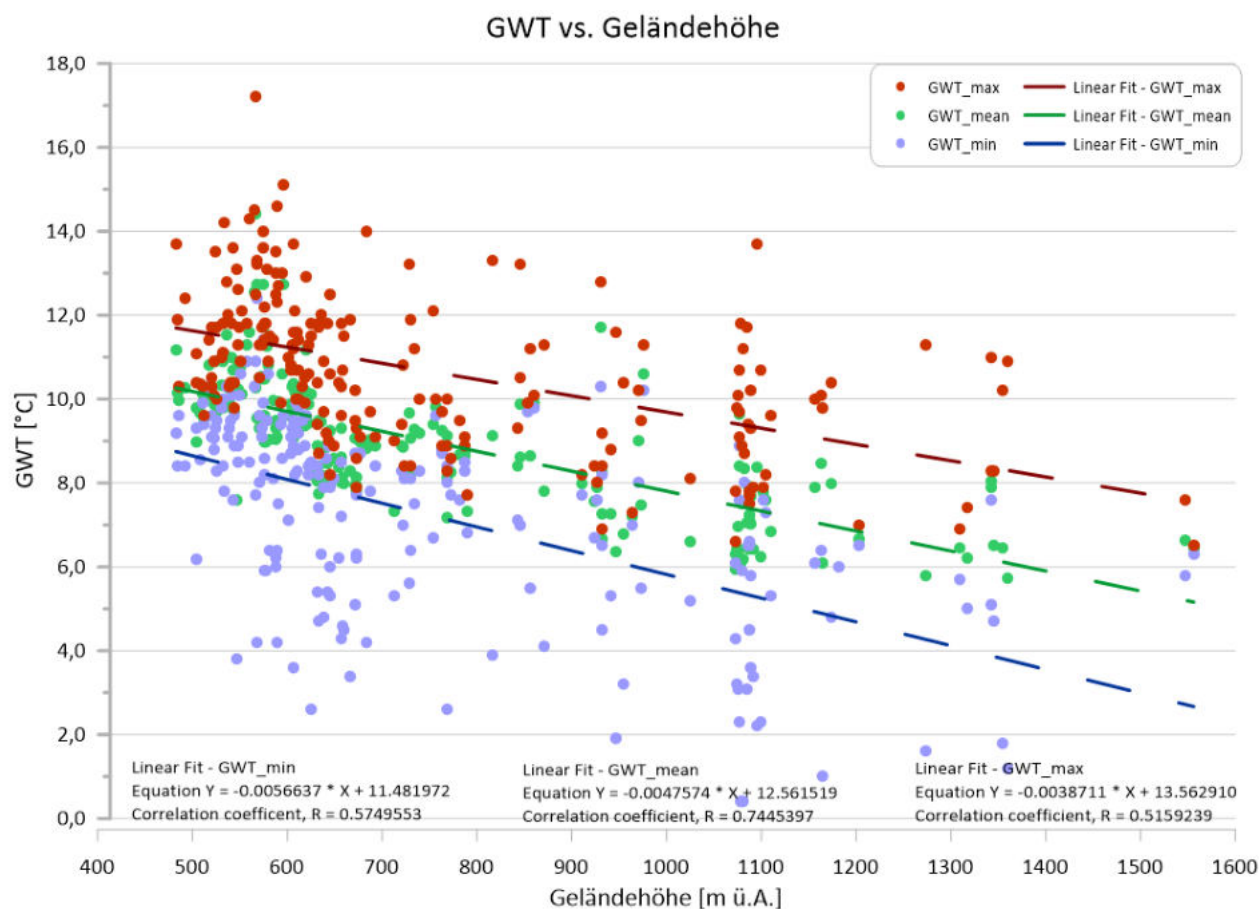


Abb. 8: Minimale, mittlere und maximale GWT vs. Geländehöhe

5.1.4 GWT und Messtiefe

In einem nächsten Schritt wurden die Messtiefen genauer betrachtet. In Abb. 9 ist ersichtlich, dass die Messtiefe zu 72 % 4,0–8,0 m (54 Messstellen) und 8,0–12,0 m (93 Messstellen) Tiefe liegt. Weniger als 10 % der Grundgesamtheit liegen tiefer als 20,0 m.

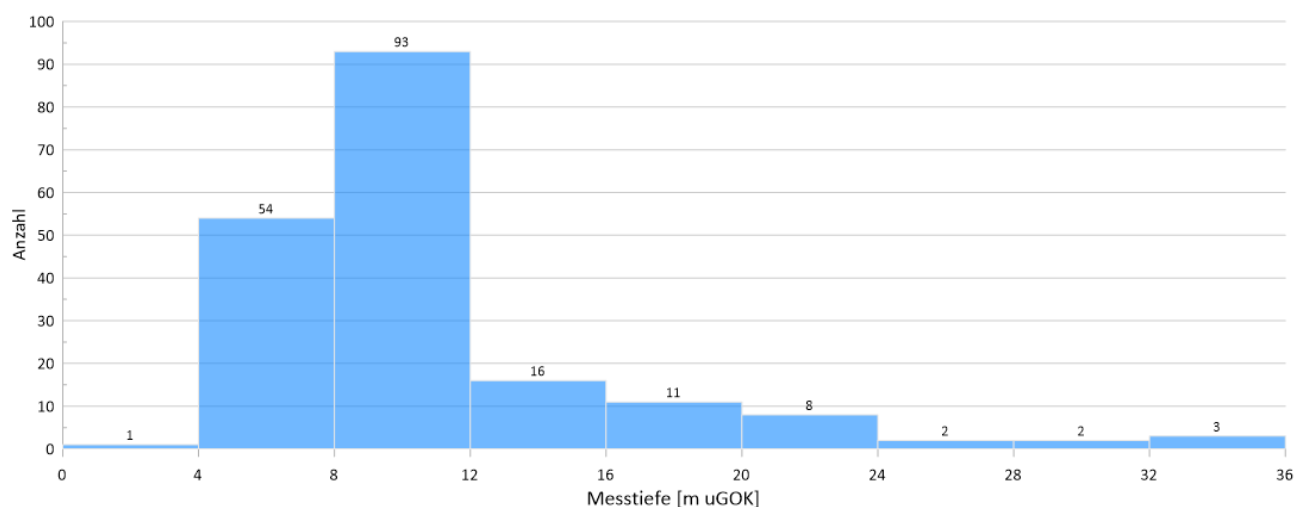


Abb. 9: Verteilung der Messtiefen auf 9 Klassen

Um mögliche weitere Zusammenhänge erkennen zu können, wurden die Standardabweichungen der Datenreihen gegen die Messtiefen geplottet (Abb. 10, im Anhang höher aufgelöst als Abb. 158). Dabei ist ersichtlich, dass die Standardabweichung bei höheren Messtiefen tendenziell geringer ist. Standardabweichungen über 2,0 K treten nur bei Messtiefen < 13,0 m auf, Standardabweichungen über 1,0 K nur bei Messtiefen < 17,0 m. Allerdings wird ebenso deutlich, dass auch bei geringen Messtiefen sehr geringe Standardabweichungen auftreten können. Dieses Verhalten kann gebietsübergreifend attestiert werden, z.B. beim Vergleich von Inntal und Pustertal.

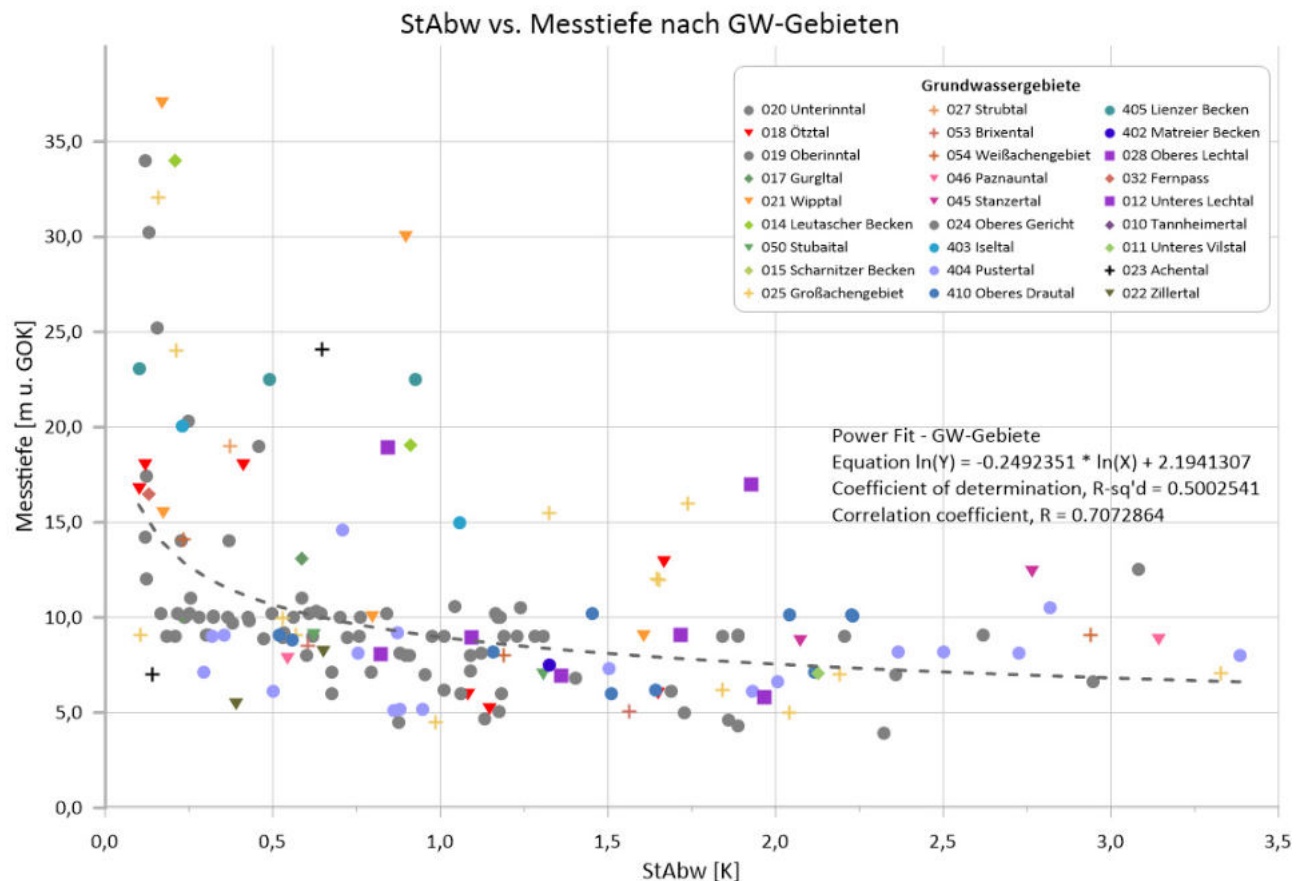


Abb. 10: Standardabweichung der GWT in Abhängigkeit von der Messtiefe

Größere Messtiefen (> 15,0 m) bedingen folglich in der Regel geringe Standardabweichungen, also geringe Schwankungen der Grundwassertemperatur im Jahresverlauf. Geringe Messtiefen führen tendenziell zu höheren Standardabweichungen.

Für die beiden Hauptklassen 4,0–8,0 m Messtiefe und 8,0–12,0 m Messtiefe wurden als Ergänzung jeweils Class-Scatter-Plots analog zu Abb. 7 erzeugt, um zu ermitteln, wie sich mittlere GWT und Geländehöhe in diesen Klassen verhalten (Abb. 11 und Abb. 12). Es ist ersichtlich, dass in der größten Klasse 8,0–12,0 m Messtiefe die GWT mit 0,57 K/100 Höhenmeter stärker variiert als in der Klasse 4,0–8,0 m Messtiefe und zudem die lineare Regressionsgerade eine bessere Korrelation aufweist.

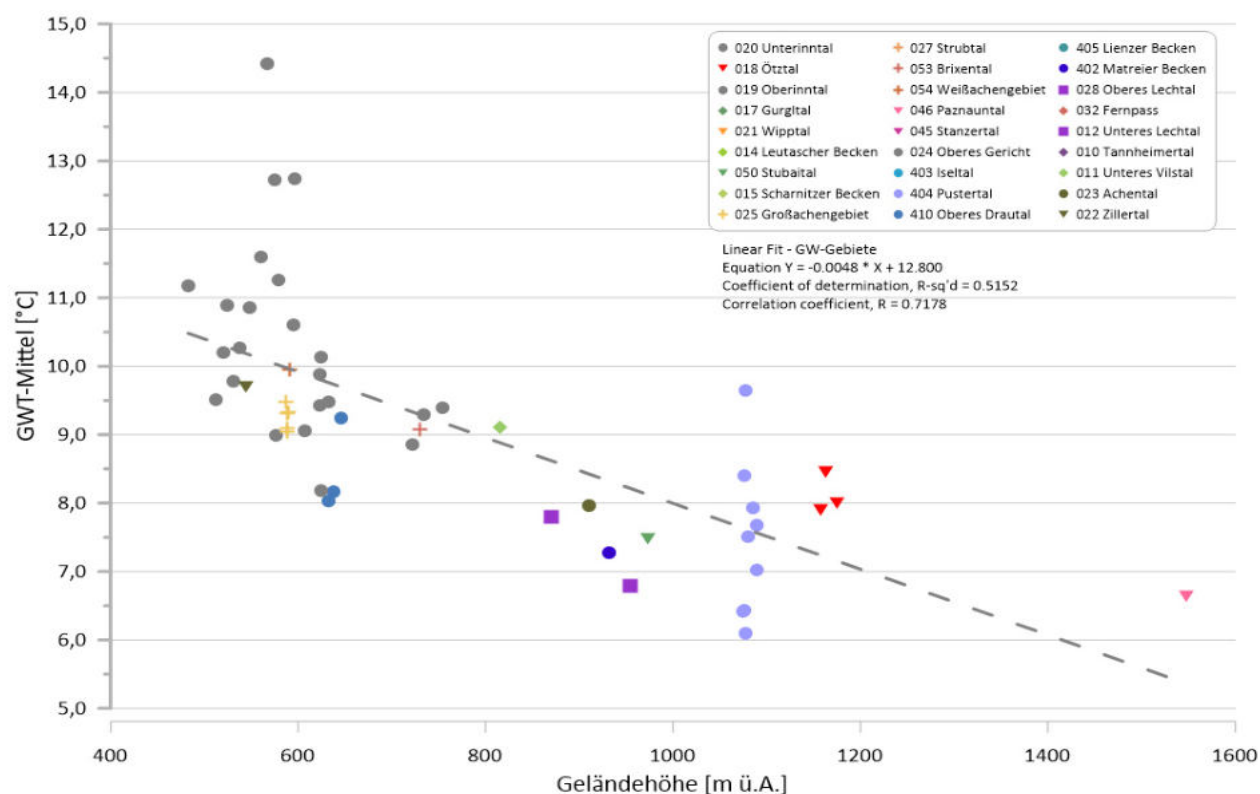


Abb. 11: Mittlere GWT vs. Geländehöhe für 4,0–8,0 m Messtiefe

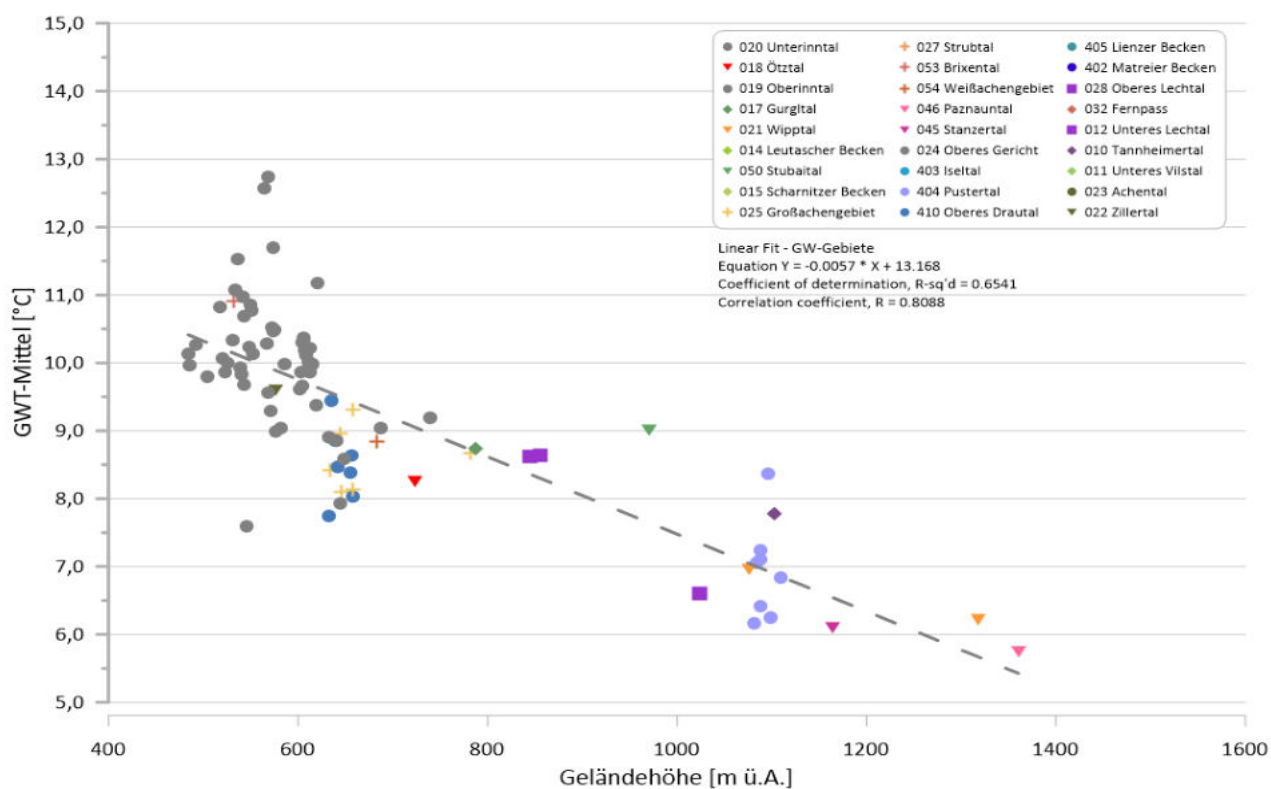


Abb. 12: Mittlere GWT vs. Geländehöhe für 8,0–12,0 m Messtiefe

5.1.5 GWT und Eintauchtiefe

Um den möglichen Einfluss der Eintauchtiefe auf die Grundwassertemperaturen zu untersuchen, wurden die beiden Parameter für die Messstellen, bei denen sich die Eintauchtiefen aus den Basisdaten ableiten ließen, verglichen (Abb. 13, in höherer Auflösung im Anhang als Abb. 159).

Daraus ist ersichtlich, dass es keinen klaren Zusammenhang zwischen Eintauchtiefe und Standardabweichung gibt. Auch bei sehr geringen Eintauchtiefen kann die Standardabweichung sehr niedrig sein, höhere Eintauchtiefen bedeuten nicht zwangsläufig niedrige Standardabweichungen.

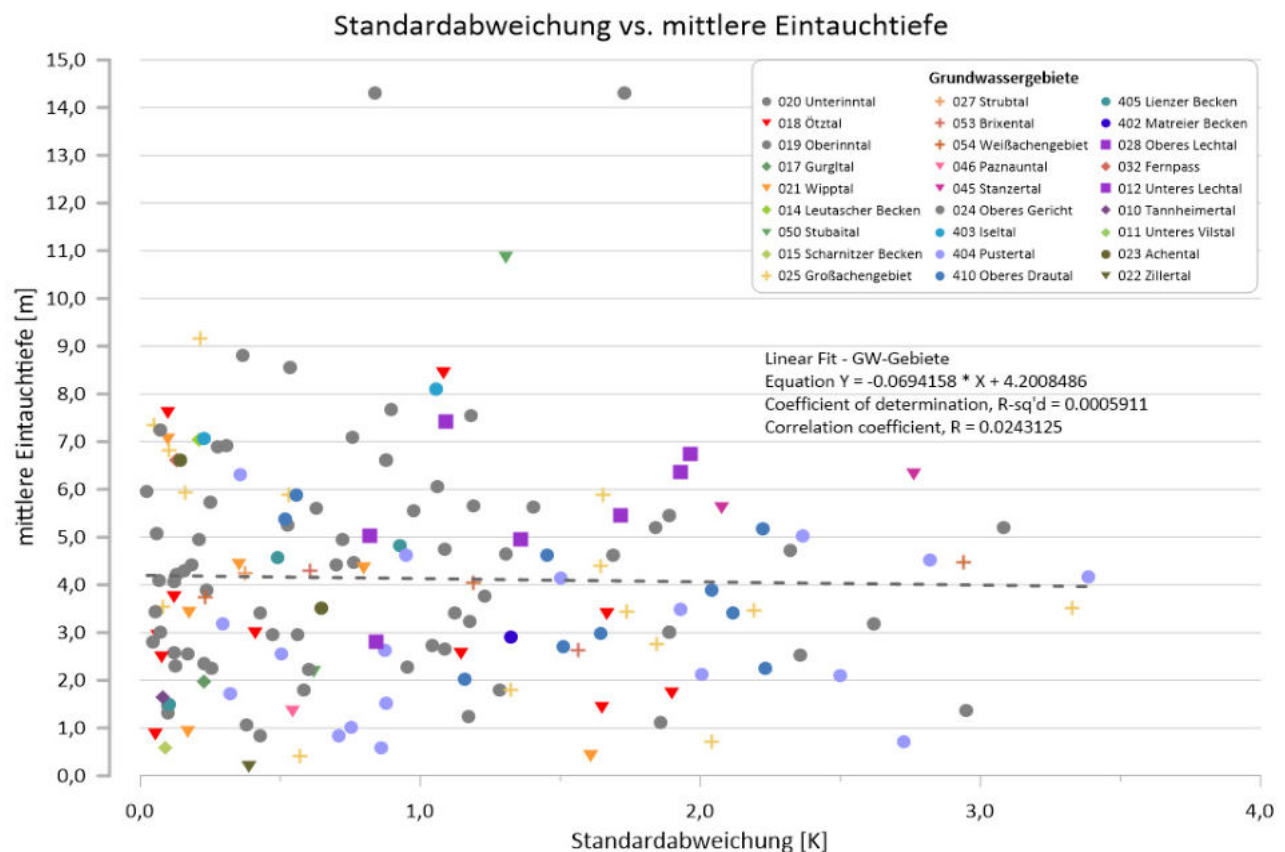


Abb. 13: Standardabweichung der Grundwassertemperatur gegenüber der mittleren Eintauchtiefe

Dieses Verhalten scheint auch hier gebietsübergreifend aufzutreten, da die Bandbreite bei ausgewählten Grundwassergebieten mit einer größeren Anzahl an Messstellen (wie Ober- und Unterinntal, Oberes Drautal, Pustertal, Großachengebiet) ähnlich hoch ist.

5.1.6 GWT und Vorfluterentfernung

In diesem Abschnitt wird der Zusammenhang zwischen Vorfluterabstand und GWT betrachtet. Dazu werden in Abb. 14 die Vorfluterabstände zunächst im Histogramm dargestellt.

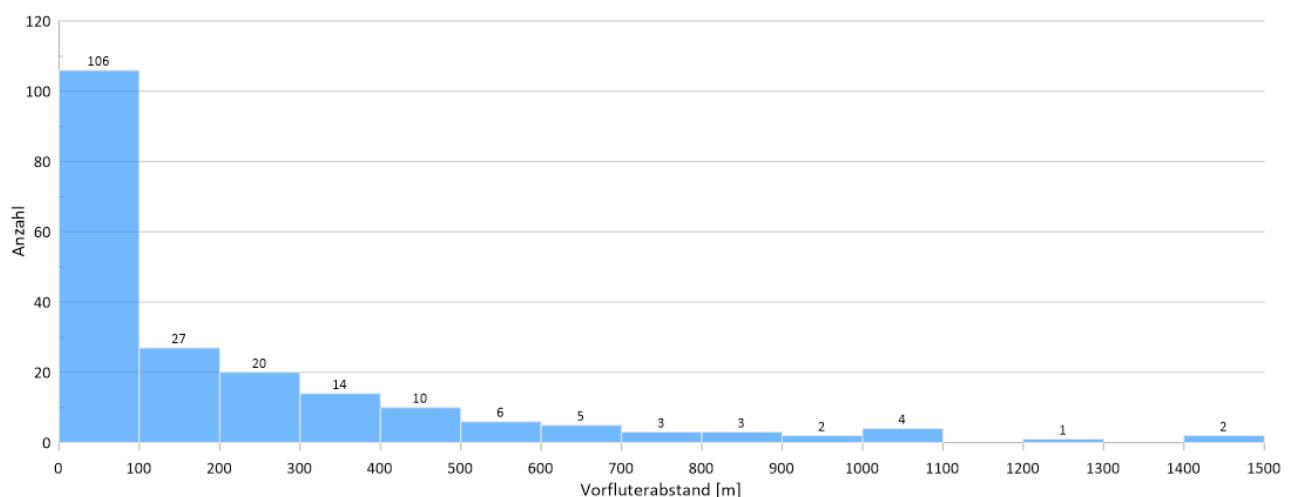


Abb. 14: Verteilung der Vorfluterabstände in 15 Klassen

Daraus ist ersichtlich, dass sich etwa die Hälfte aller Vorfluterabstände in der Klasse von 0 bis 100 m befindet. Über 80 % befinden sich in Abständen < 500 Meter zum Vorfluter. Aufgrund der relativ geringen Talweiten und damit der Grundwassergebiete ergibt sich in Tirol auch nur in wenigen Bereichen überhaupt die Möglichkeit, dass sich Messstellen in größerer Distanz zum Haupt- oder auch einem Nebenvorfluter befinden können.

In Abb. 15 (bzw. Abb. 160 im Anhang) wird die Standardabweichung in Abhängigkeit von der Vorfluterentfernung dargestellt, um einen groben Einblick bezüglich möglicher Zusammenhänge zu erhalten.

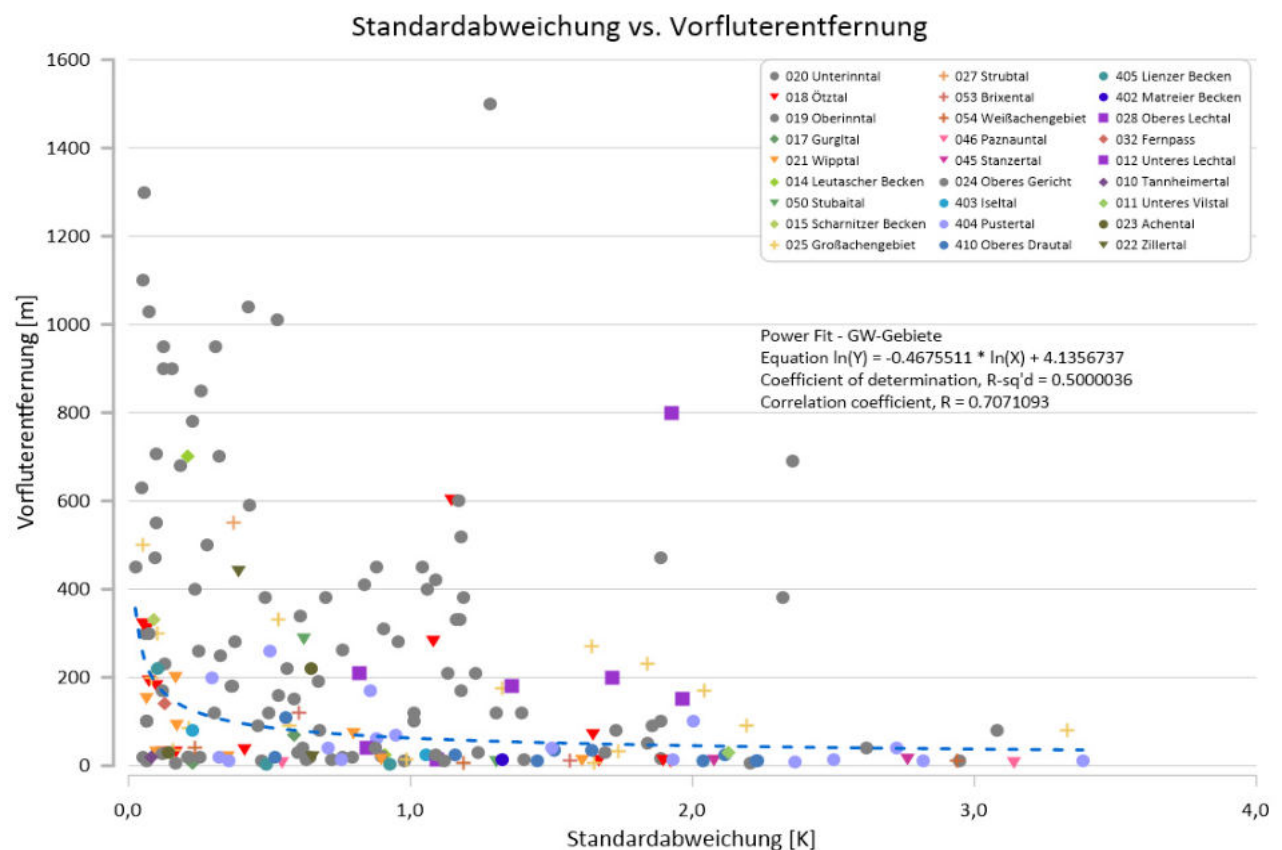


Abb. 15: Standardabweichung der mittleren GWT gegenüber der Entfernung zum Vorfluter

Hier zeigt sich ein deutlicherer Zusammenhang als bei den Eintauchtiefen. Es ist erkennbar, dass die Häufigkeit von hohen Standardabweichungen, also hohen Schwankungsbreiten der GWT, mit zunehmendem Abstand zum Vorfluter abnimmt. Auf der anderen Seite wird aber bereits im Abstand von unter 100 m zum Vorfluter nahezu die ganze Schwankungsbreite an Standardabweichungen abgedeckt. Der Zusammenhang erscheint auch hier nicht so signifikant und eindeutig, als dass er sich generalisieren ließe.

5.1.7 Weitere Betrachtungen

Aus den obenstehenden Betrachtungen der Zwei-Komponenten-Systeme ergibt sich, dass es zwar Zusammenhänge gibt, diese aber nicht (abgesehen von der mittleren GWT und der Geländehöhe bzw. von Schwankungsbreite und Messtiefe) eindeutig und generalisierbar sind. Daher werden in diesem Abschnitt zwei der Wertepaare um eine dritte Ebene in Form einer Klassifikation ergänzt.

In Abb. 16 (bzw. Abb. 161 im Anhang) werden in diesem Sinne Standardabweichung und Vorfluterentfernung gegenübergestellt und nach der Messtiefe klassifiziert. Dabei werden sieben Unterteilungen von 0,0 bis 35,0 m Messtiefe unter GOK vorgenommen.

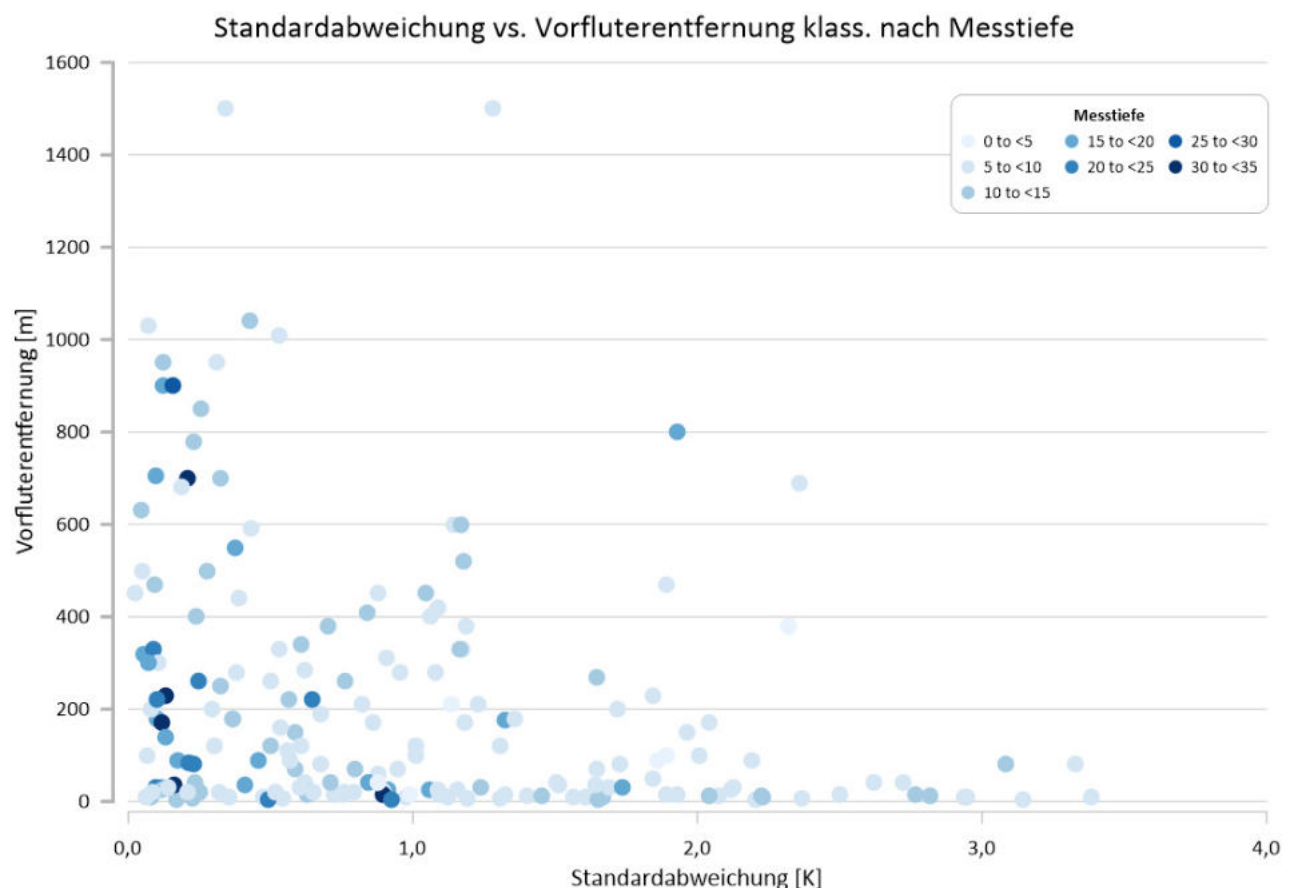


Abb. 16: StAbw vs. Vorfluterentfernung klassifiziert nach der Messtiefe

Anhand dieser Abbildung wird ein deutlicherer Zusammenhang von niedrigen Standardabweichungen mit höherem Vorfluterabstand und höherer Messtiefe ersichtlich. Das ist unter anderem an der klaren Häufung der dunkleren Punkte (Messtiefe > 15,0 m) im Bereich von

1,0 K StAbw erkennbar. Höhere StAbw bei größerem Vorfluterabstand sind mehrheitlich an niedrige Messtiefen gebunden.

Weniger aussagekräftig ist dagegen folgende Abb. 17 (Abb. 162 im Anhang), in der Eintauch- und Messtiefe gegenübergestellt und nach Standardabweichung in sieben Klassen unterteilt werden. Geringe Standardabweichungen ($< 1,0$ K) werden dabei in Blautönen dargestellt, höhere aufsteigend von Orange nach Rot. Die StAbw zeigt sich hierbei erneut verhältnismäßig unabhängig von der Eintauchtiefe, Punkte mit Blau- und Rottönen sind im Bereich von Messtiefen von 4,0 bis 12,0 m und Eintauchtiefen von 0,0 bis 9,0 m recht ausgewogen durchmischt, Maxima wie Minima der Standardabweichungen können bei Eintauchtiefen unter 1,0 m, aber auch bei $> 8,0$ m auftreten. Erst oberhalb des Bereiches von 12,0 bis 16,0 m Messtiefe dominieren geringe Standardabweichungen klar – wiederum aber recht unabhängig von den Eintauchtiefen, die in diesem Bereich zwischen 1,0 und 15,0 Metern liegen.

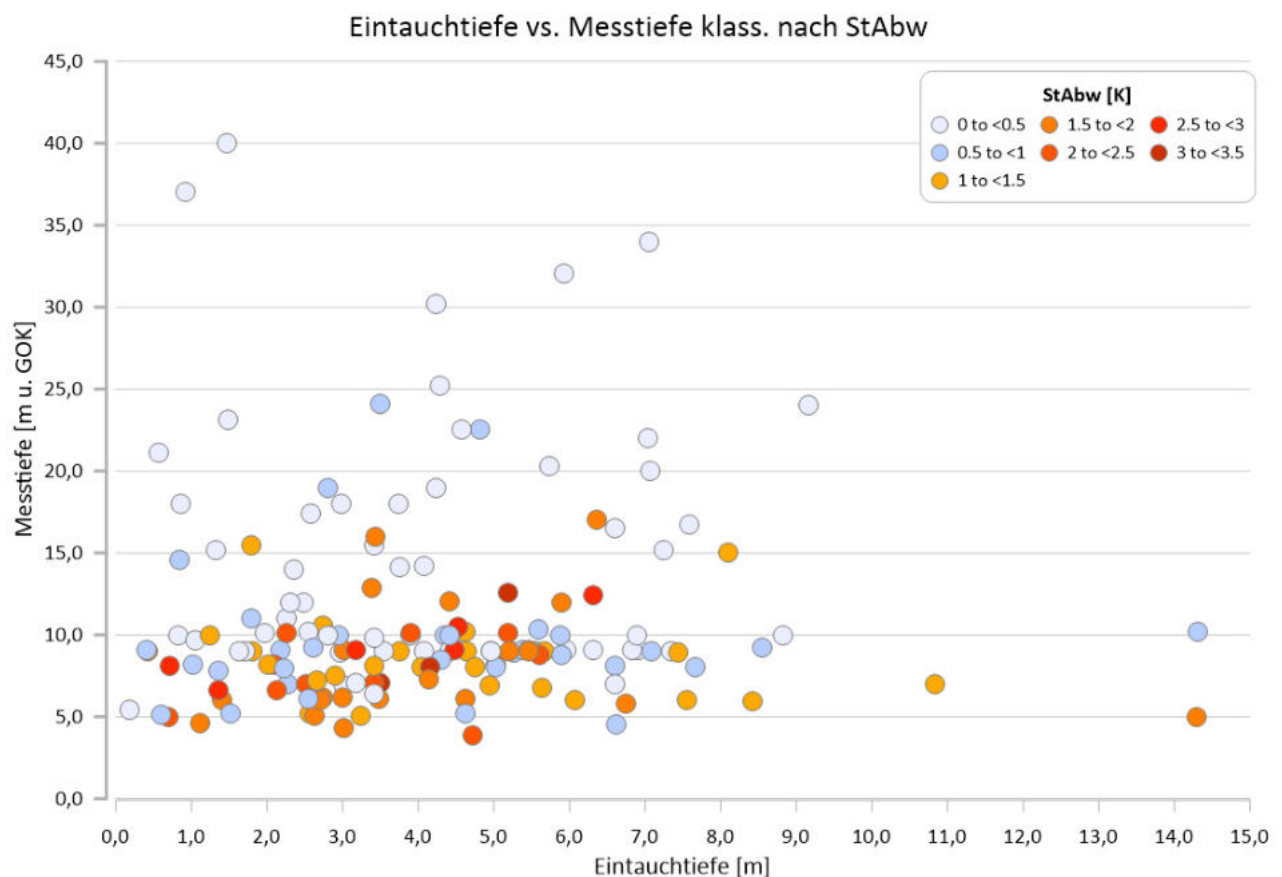


Abb. 17: Eintauchtiefe und Messtiefe klassifiziert nach Standardabweichung

5.2 Trendanalyse

Zur Trendanalyse wurden die in Abschnitt 4.3.2 angeführten Stationen ausgewählt, die den längsten gemeinsamen Zeitraum an GWT-Daten abdecken. Für jeden Tag des Zeitraumes wurden je auf Tagesbasis Minima, Maxima, Mittelwerte sowie die gängigen Perzentilen berechnet und letztlich eine Vertrauensbereich-Grafik erstellt (siehe Abb. 18).

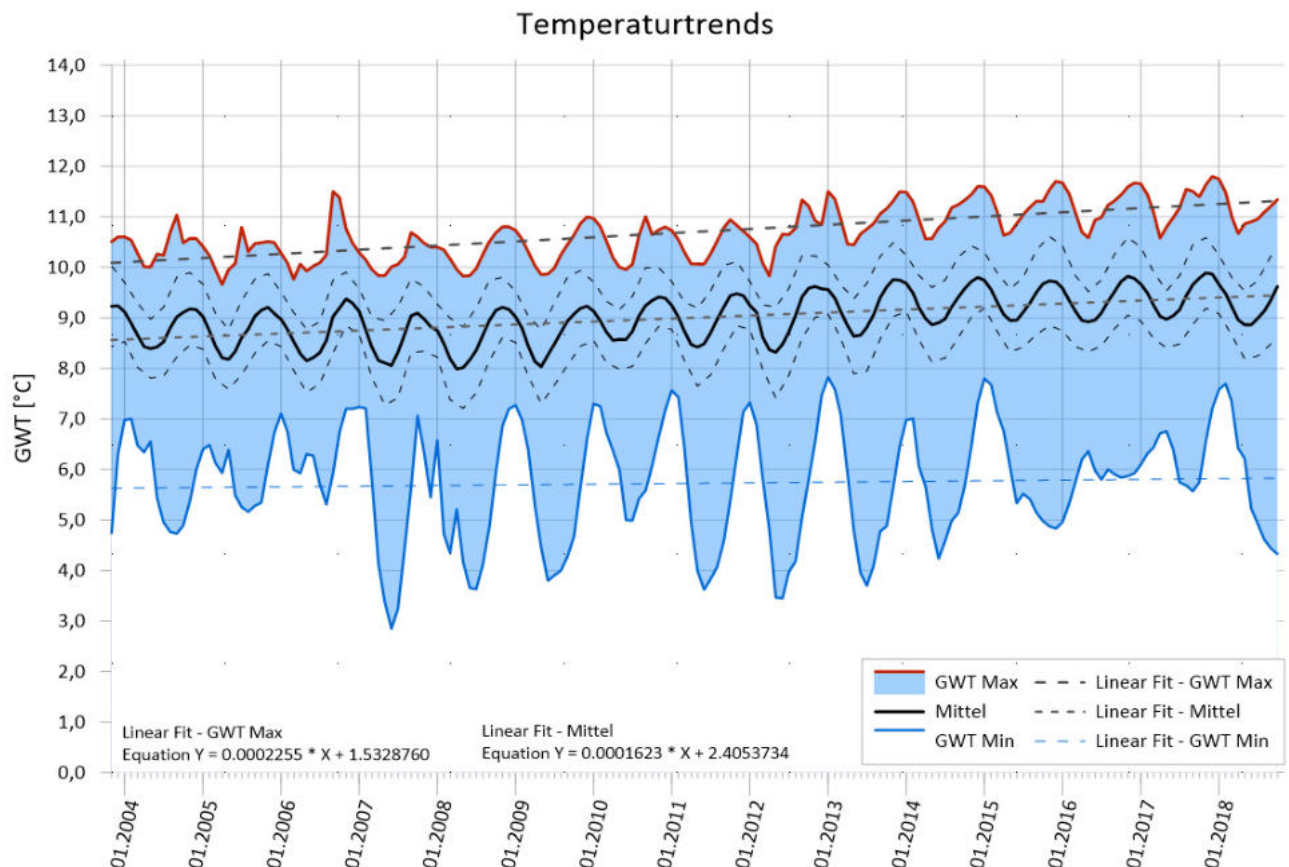


Abb. 18: Trendanalyse der Temperatur für den Zeitraum 01.11.2003 bis 31.10.2018

Allgemein ist in dieser Darstellung ein tendenzieller Anstieg sowohl der Maxima, Mittelwerte und Minima zu erkennen, wobei die Maxima deutlich stärker zunehmen als die Minima.

Der Mittelwert liegt bei knapp 9,1 °C, wobei 2007 mit 8,7 °C das kälteste und 2017 mit 9,5 °C das wärmste Jahr war. Daraus lässt sich ein linearer Anstieg von 0,06 K pro Jahr ableiten. Allerdings ist ebenfalls deutlich, dass es keinen klar linearen Anstieg gibt, sondern sich die Werte bis 2012 auf einem ähnlichen Niveau bewegen (im Mittel 8,9 °C), wohingegen sie ab 2014 ein Mittel von 9,4 °C aufweisen.

Die Maxima liegen im Mittel bei 10,6 °C, der Anstieg der Temperatur ist deutlicher und liegt bei mehr als 0,08 K pro Jahr. Auch hier ist aber ersichtlich, dass der Anstieg eigentlich nicht linear erfolgt, sondern sich ähnlich zu den Mittelwerten bis etwa 2012 auf einem ähnlichen Niveau bewegt (Mittelwert 10,4 °C) und ab 2013/14 deutlich höher liegt (11,2 °C).

Die Minima hingegen zeigen den geringsten Anstieg und weisen zudem die höchsten Schwankungen auf, sodass sich die Tendenzen der Mittel und Maxima hier nicht widerspiegeln.

Auffällig sind darüber hinaus die Zeitpunkte der Maxima und Minima. So treten die jährlichen Maxima der Temperatur im Mittel nahezu ausschließlich in der zweiten Jahreshälfte auf, und das nur teilweise im Sommer, sondern häufiger im Spätherbst bis Winter, wie z.B. besonders gut ab 2013 zu erkennen, wo die Maxima fast immer im Dezember auftreten. Die jährlichen Minima der Mittel- und Maximaltemperaturen treten hingegen in der 1. Jahreshälfte auf, schwerpunktmäßig zwischen März und Mai.

Die absoluten Minima werden großteils von der mit Abstand kältesten Messstelle Bach-Schönau am Lech gestellt und repräsentieren daher weitestgehend das dortige Infiltrationsverhalten in Abhängigkeit von Schneeschmelze und Vorfluterdynamik.

5.3 Temperatur-Tiefenprofile

In diesem Unterkapitel wird zunächst auf die durch den HD Tirol an zwei Messstellen (Vomp und Rum) erfassten GWT-Messreihen aus unterschiedlichen Tiefenstufen eingegangen. Danach erfolgt die Auseinandersetzung mit GWT-Tiefenprofilen von elf Messstellen aus dem Jahr 1999, die auf Handmessungen basieren.

5.3.1 Kontinuierliche Profile

5.3.1.1 Vomp GW70936035

An der Messstelle Vomp Blt 1 wird die GWT seit 2011 in vier Tiefenstufen gemessen, 4,0, 6,0, 10,0 und 14,0 m unter GOK. Die Zeitreihen werden in Abb. 19 für den Zeitbereich 01.11.2011 bis 31.10.2019 dargestellt.

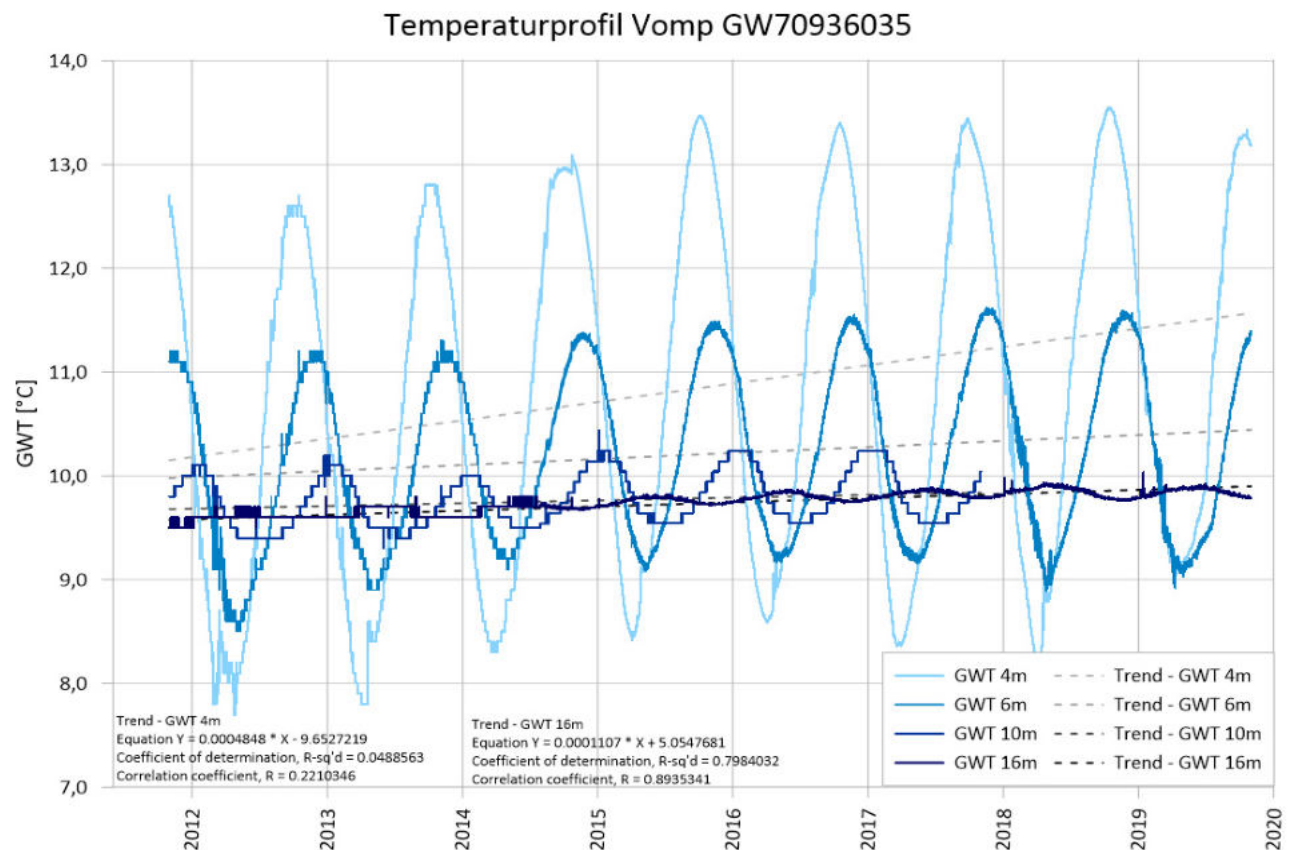


Abb. 19: Verlauf der GWTs der Messstelle GW70936035 in Vomp von 2011 bis 2019

Aus den Datenreihen lässt sich einerseits ablesen, dass mit der Tiefe die Temperatur sinkt. Desto tiefer der Messpunkt, umso weniger schwankt die Grundwassertemperatur über den Jahresverlauf. In 4,0 m Tiefe schwankt die GTW um ca. 4,5 bis 5,5 K, in 16,0 m Tiefe lediglich nur um ca. 0,1 bis 0,2 K.

Über den Messzeitraum hat sich die Grundwassertemperatur vor allem im oberen Bereich erwärmt und liegt in 4 m Tiefe heute um fast 1,4 K höher als 2012. Die Grundwassertemperatur in 16 m Tiefe hat sich über den Messzeitraum lediglich leicht erwärmt (etwa 0,2 K).

Über den linearen Trend lässt sich ableiten, dass die GWT in 4,0 m Tiefe um fast 0,2 K pro Jahr ansteigt, wohingegen der Anstieg in 16,0 m Tiefe lediglich 0,04 K beträgt.

In Abb. 20 werden die Datenreihen (Tagesmittelbasis) als Box-Whisker-Plots dargestellt. Wie auch bei allen im ggst. Bericht folgenden Box-Whisker-Darstellungen werden die 5., 25., 50., 75. und 95. Perzentile dargestellt, unter P5 sowie über P95 befinden sich die Ausreißer, der Median ist jeweils beschriftet. Oberflächennah liegt die GWT im Mittel um über 1,0 K höher als in 10,0 und 16,0 m Tiefe.

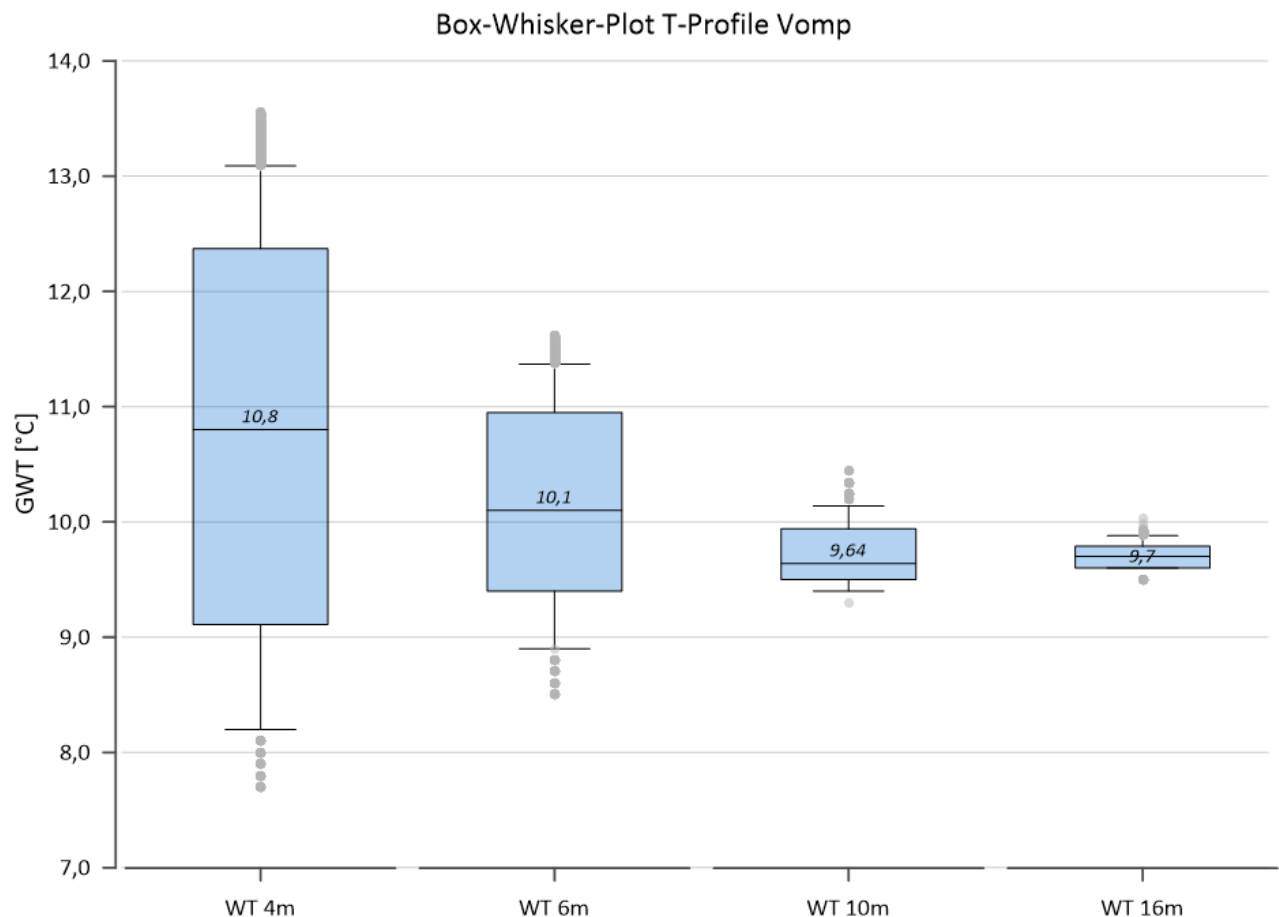


Abb. 20: Box-Whisker-Plots der Messstelle GW70936035 in Vomp in Messtiefen von 4 m bis 16 m

Es ist auch hier ein eindeutiger Trend erkennbar, dass in geringeren Messtiefen die GWT stärker schwankt als in größeren Tiefen. In 4 m Tiefe liegen 50 % der Werte innerhalb von rund 3,2 K, in 16,0 m Tiefe 90 % der Werte innerhalb von etwa 0,3 K. Zudem ist das Absinken der Temperatur mit

der Tiefe zumindest bis 10,0 m erkennbar.

5.3.1.2 Rum GW70346034

An der Messstelle Rum Blt 3 wird die GWT seit 2013 in fünf Tiefenstufen gemessen, 7,0, 10,0, 12,0, 14,0 und 24,0 m unter GOK. Die Zeitreihen werden in Abb. 21 für den Zeitbereich 01.11.2013 bis 31.10.2019 dargestellt.

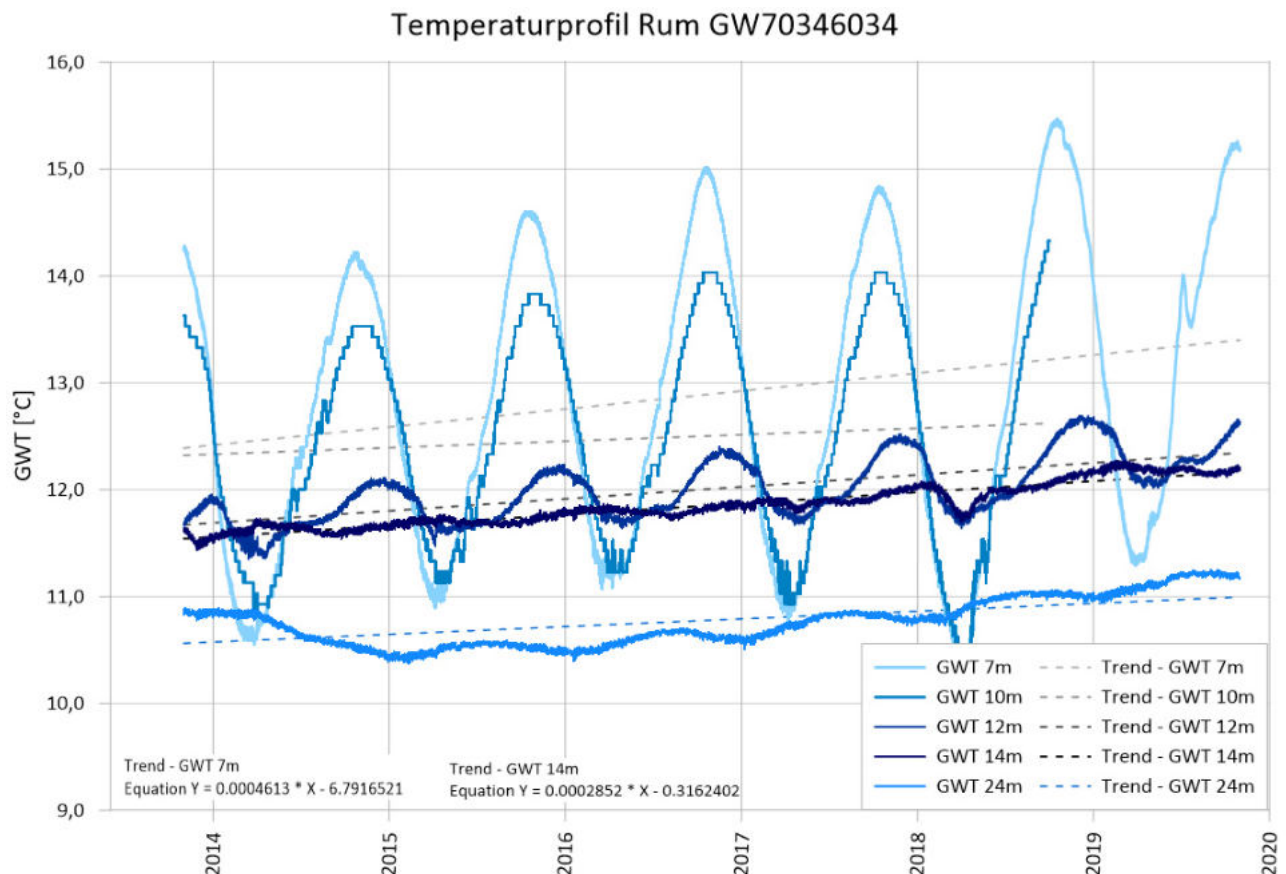


Abb. 21: Verlauf der GWTs der Sonde GW70346034 von 2013 bis 2020

Die verschiedenen Kurven zeigen verschiedene Messtiefen dieser Sonde. Mit der Tiefe ist allgemein eine Abnahme der Temperatur zu verzeichnen. Desto tiefer zudem der Messpunkt liegt, umso weniger schwankt die GWT im Jahresverlauf. In 7,0 m Tiefe schwankt sie jährlich etwa zwischen ca. 11,0 °C und bis über 15,0 °C, in 14 und auch 24,0 m Tiefe im Jahresverlauf lediglich um etwa 0,2-0,3 K.

Über den Messzeitraum weist die GWT in allen Tiefenstufen einen deutlichen Anstieg auf, der in der obersten Tiefenstufe am markantesten ist. Dort liegt sie heute um ca. 1,0 K höher als zu Beginn, der lineare Trend aus Abb. 21 bedeutet einen jährlichen Anstieg von 0,17 K. In 14,0 Metern Tiefe beträgt der Anstieg 0,01 K pro Jahr (also insgesamt 0,6 K).

Die Maxima der GWT treten in der ersten Tiefenstufe im Spätsommer bis Herbst auf. Mit jeder weiteren Tiefenstufe tritt der Peak später auf, bei 12,0 m im November/Dezember, bei 14,0 m im 1. Quartal des Folgejahres. Bei der 24-m-Tiefenstufe dann sogar zur Jahresmitte (also wahrscheinlich

verschoben zur Mitte des jeweiligen Folgejahres.

Allgemein weist die unterste Tiefenstufe ein anderes Verhalten auf als die vier oberen, die GWT sinkt zunächst bis Anfang 2015 und steigt ab dort ähnlich der 14-m-Stufe an, allerdings phasenverschoben und mit einem Versatz von ungefähr 1,0 K (vgl. auch Abb. 22).

Abb. 22 zeigt die GWT-Zeitreihen dieser Messstelle. Daraus ist die Abnahme sowohl von GWT als auch deren Streuung mit der Tiefe ersichtlich. Oberflächennah beträgt der Median der GWT noch 12,7 °C, in 14,0 m Tiefe bereits nur noch 11,7 °C. Bis 24,0 m Tiefe sinkt das Temperaturniveau dann auf rund 10,8 °C ab.

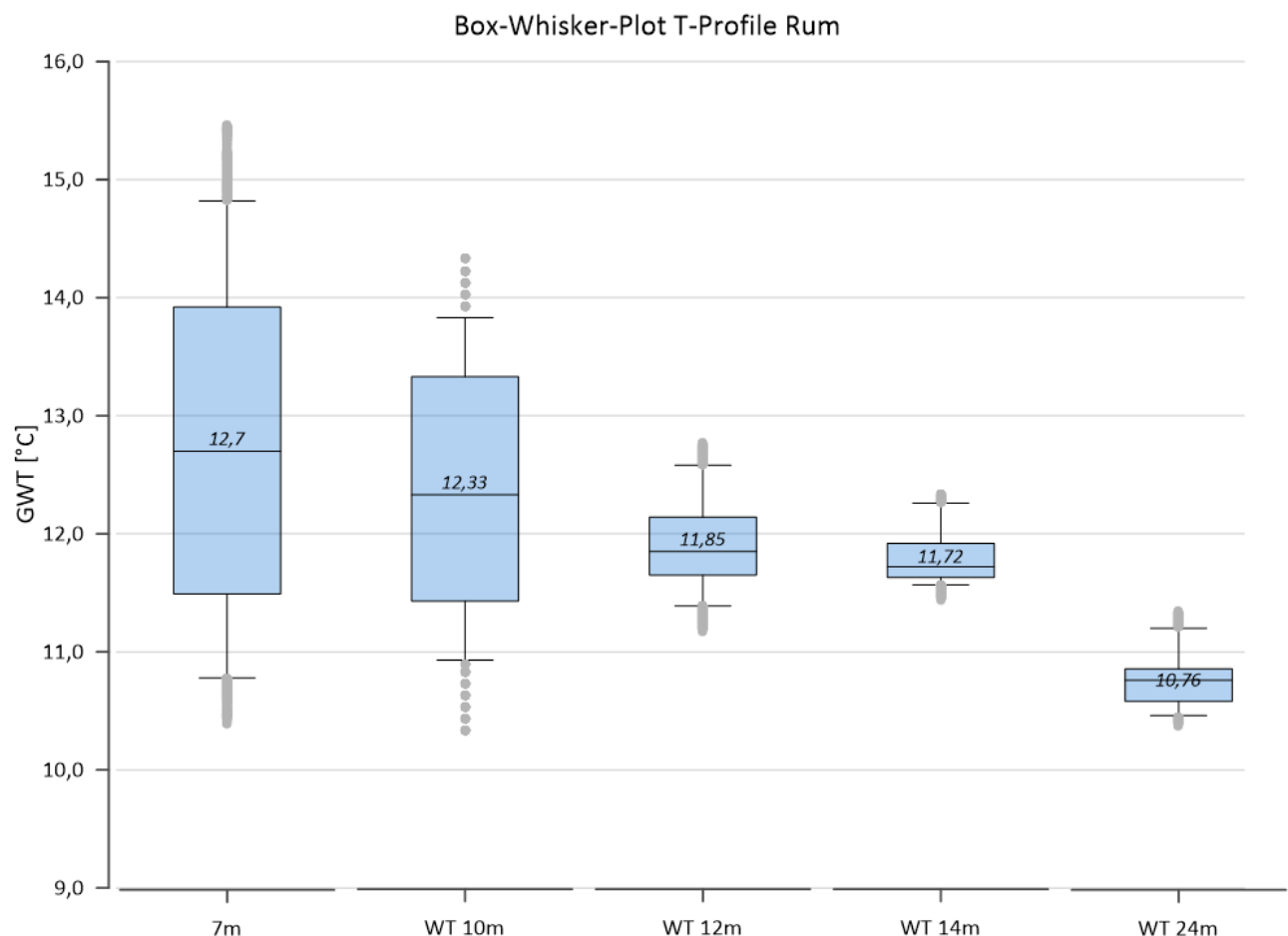


Abb. 22: Box-Whisker-Plots der Messstelle GW70346034 in Messtiefen von 7 m bis 24 m

5.3.2 Monatliche Stichtagsmessungen

In diesem Abschnitt werden die Temperaturprofile von elf Lokalisationen beschrieben und jeweilige Charakteristika herausgearbeitet.

5.3.2.1 Übersicht

In Abb. 23 ist die Lage der elf Messstellen in Tirol dargestellt. Die Mehrheit der Grundwassersonden befindet sich im Grundwasserkörper des Inntals (6 Stück), zwei Sonden repräsentieren das Zillertal, wobei Strass Blt 8 zumindest zum Teil dem Inntal-Grundwasserkörper zuzuordnen ist. Zudem

befinden sich zwei Messstellen im Großachengebiet bei Kössen und St. Johann. Eine weitere Sonde liegt im Außerfern und repräsentiert das Grundwassergebiet Unteres Lechtal.

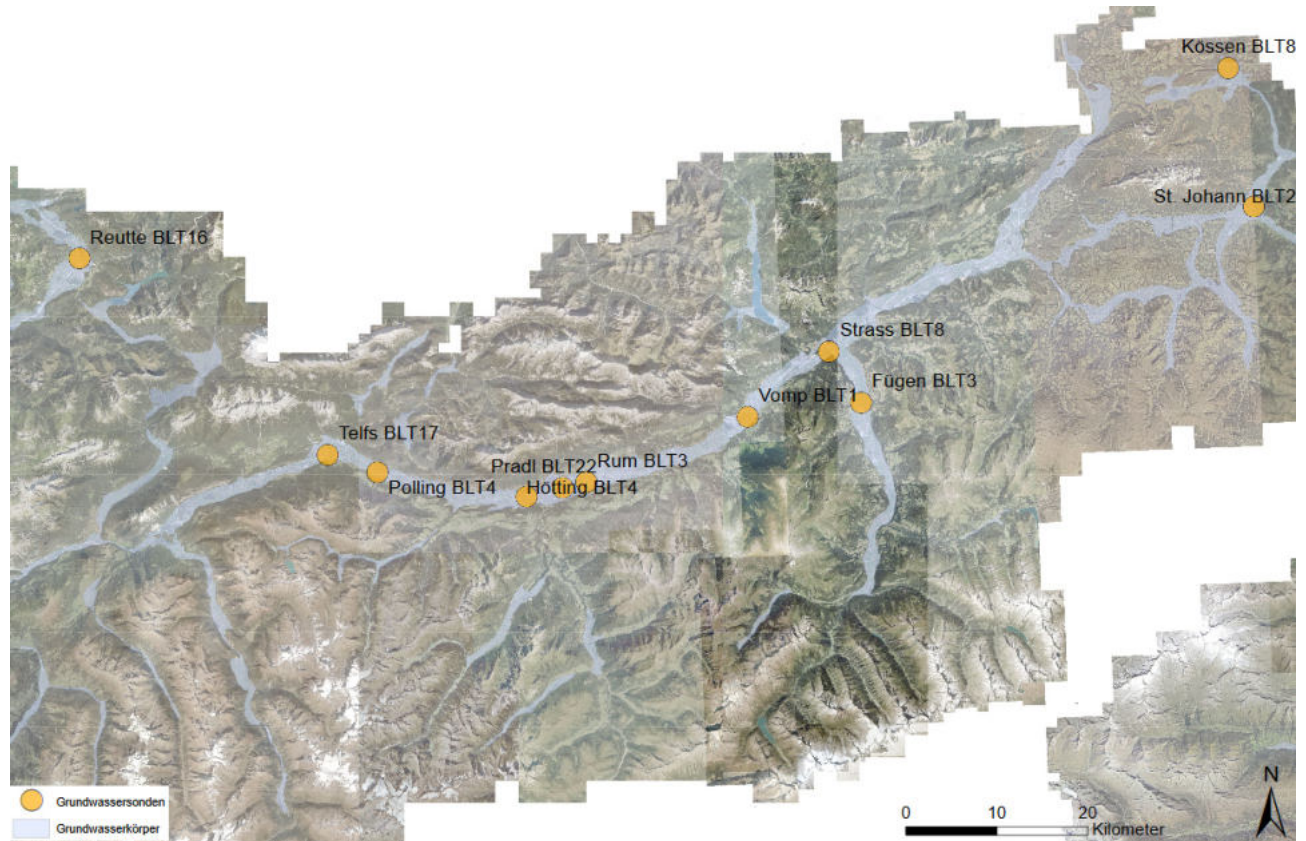


Abb. 23: Übersichtskarte der Temperaturprofil-Messstellen

Die Temperaturprofile in den folgenden Unterabschnitten zeigen die Veränderung der GWT dieser elf Grundwassersonden innerhalb eines Jahres. Dazu wurde bei jeder Grundwassersonde das Jahr 1999 ausgewählt, um Vergleichbarkeit untereinander zu gewährleisten, und pro Messstelle ein Tiefenprofil eines jeden Monats in ein Diagramm eingetragen. Zunächst wird das Inntal von West nach Ost abgearbeitet, dann das Zillertal, das Unterland und schließlich das Außerfern.

Eingangs muss darauf hingewiesen werden, dass die Temperaturprofile ebenso wie die Temperaturen an sich im Laufe der letzten 20 Jahre wohl teils mehr oder minder starken Änderungen unterworfen waren. Das Verhalten der GWT mit der Tiefe von 1999 ist somit nicht als direkt auf das Jahr 2020 projizierbar zu erachten, insbesondere in Gebieten, die einer Bebauungsverdichtung oder sonstigen anthropogenen Einflüssen unterzogen waren.

Sofern vorhanden, werden daher abschließend in jedem Unterabschnitt die aktuellen Mitteltemperaturen mit denen von 1999 verglichen.

5.3.2.2 GW70357090 – Telfs, Blt 17

Das Temperaturprofil von Telfs in Abb. 24 zeigt eine leicht verzerrte Trichterform, was an der Temperaturentwicklung oberhalb einer Messtiefe von 10,0 m liegt. Der Temperaturunterschied in 4,0 m Tiefe beträgt bis zu 5,0 K, in 18,0 m Tiefe nur ca. 0,5 K. Von Juni bis Februar nimmt die GWT mit der Tiefe ab, im März und April nimmt sie zu. Im Mai bis Juli findet dabei eine Umkehr statt, die GWT nimmt bis zu einer gewissen Tiefe, die von Mai bis Juli von 5,0 auf 10,0 m ansteigt, zunächst ab, bevor sie wieder ansteigt. In anderer Richtung findet diese Umkehr des Gradienten von Dezember bis Februar statt.

Aus den Mittelwerten, die ebenfalls eingetragen wurden, lässt sich ableiten, dass das Temperaturmittel im Bereich oberhalb von 10,0 m von einem positiven Thermal Offset geprägt ist. Dadurch ist auch die verzerrte Trichterform bedingt.

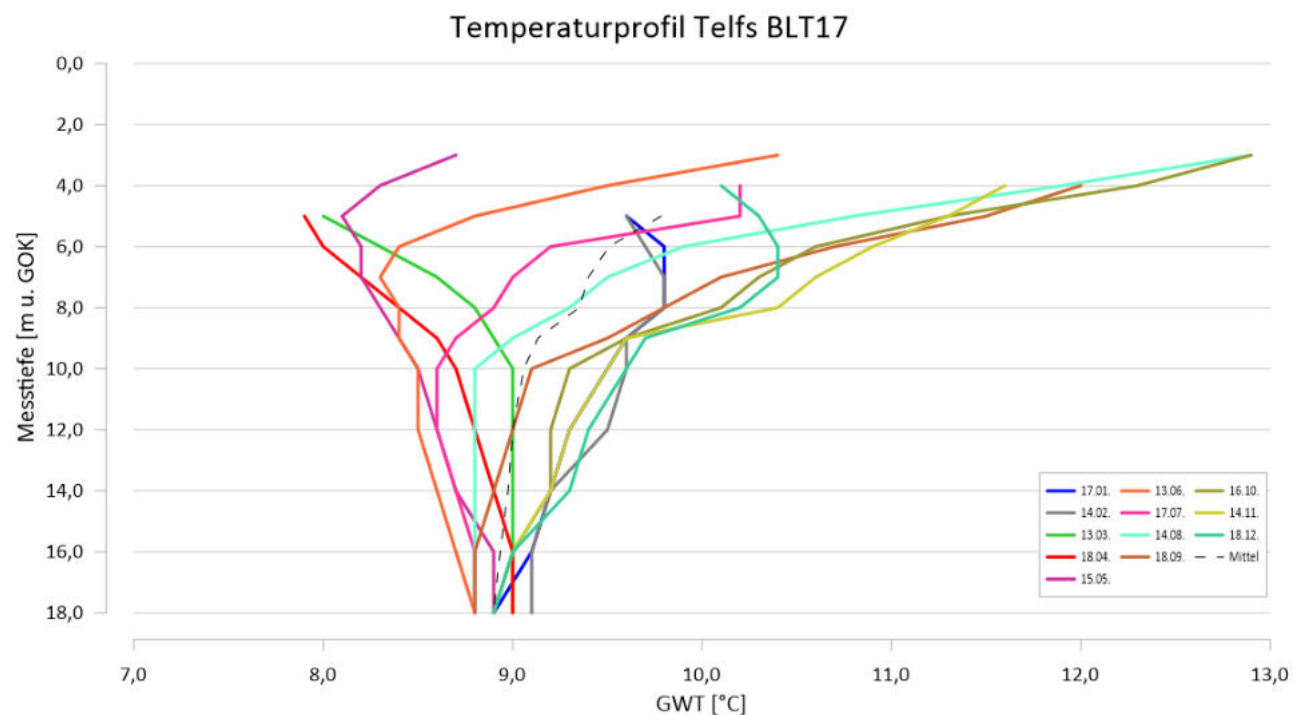


Abb. 24: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Telfs Blt 17

Von 2015 bis 2018 betrug die Mittlere GWT an dieser Messstelle in 9,0 m Tiefe durchschnittlich 11,2 °C (Mittel) bzw. 11,4 °C (Median) und liegt damit um mehr als 2,0 K höher als noch 1999. Es ist anzunehmen, dass die Trichterform heutzutage noch weitaus stärker verzerrt ist:

Im Jahr 2017 lag die GWT in 9,0 m Tiefe zwischen 9,7 und 12,7 °C.

5.3.2.3 GW70342002 – Polling, Blt 4

Das Temperaturprofil von Polling (Abb. 25) des Jahres 1999 zeigt eine Trichterform, welche in 4,0 m Tiefe einen Temperaturunterschied von 9,0 K aufweist. In 28,0 m Tiefe (und auch bereits bei 16,0 m) beträgt der Temperaturunterschied weniger als 0,5 K.

Lediglich im Oktober (und mit Abstrichen im September) nimmt die GWT mit der Tiefe ausschließlich ab, im März und April (fast) ausschließlich zu. Die restlichen Monatsprofile sind geprägt von Phasen der Umkehr des Temperaturgradienten, wobei sich der Umkehrpunkt von Monat zu Monat tiefer befindet. Dieses deutliche Geschehen verliert sich erst im Tiefenbereich von 12,0 bis 16,0 m.

Aus den Mittelwerten lässt sich ableiten, dass das Temperaturmittel (etwa 9,7 °C) im Bereich oberhalb von 10,0 m nur von einem geringen positiven Thermal Offset geprägt ist.

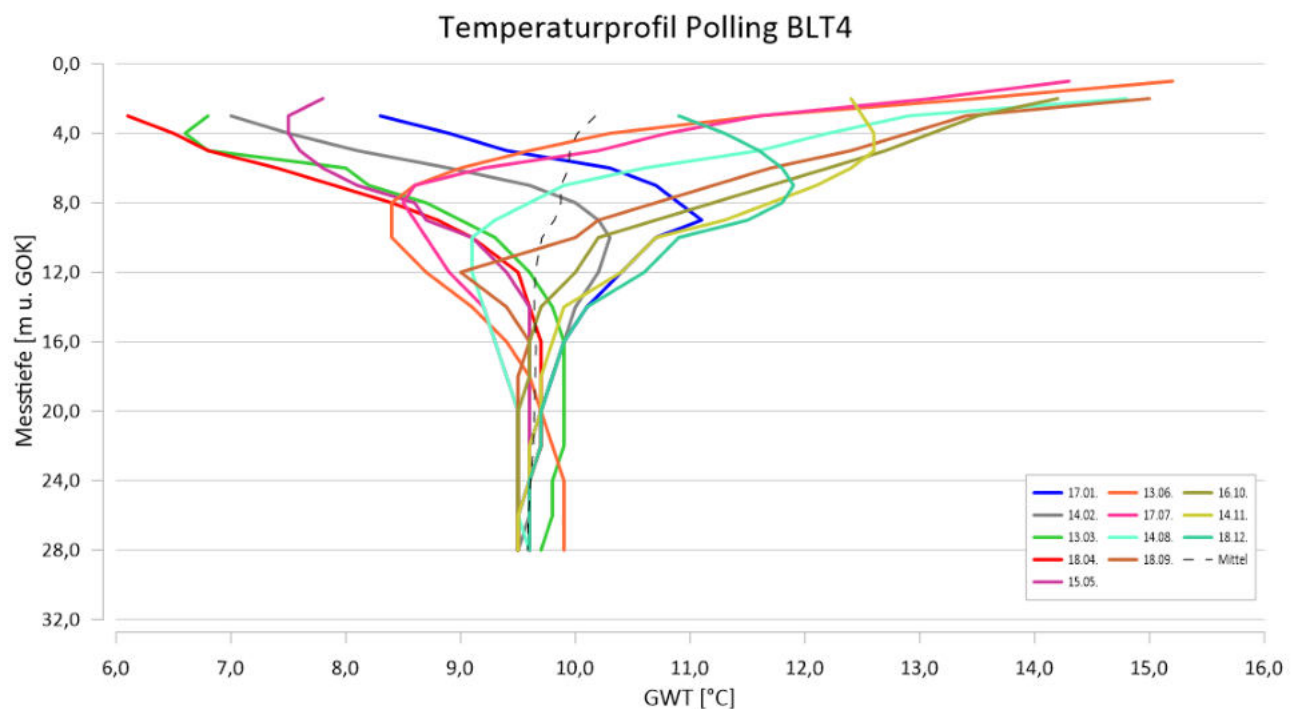


Abb. 25: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Polling Blt 4

Von 2015 bis 2018 betrug die Mittlere GWT an dieser Messstelle in 10 m Tiefe durchschnittlich 10,4 °C und liegt damit um weniger als 1,0 K höher als 1999. Im Jahr 2017 lag die GWT in 10,0 m Tiefe zwischen 9,5 °C und 11,2 °C. Es kann eine geringe Verschiebung des Trichters angenommen werden.

5.3.2.4 GW70101178 – Hötting Blt 27

Das Temperaturprofil von Hötting Blt 27 zeigt eine stark verzerrte Trichterform (Abb. 26). In 3,0 m Tiefe beträgt der Temperaturunterschied nahezu 8,0 K, in 28,0 m Tiefe lediglich etwa 0,5 K. Von August bis November nimmt die GWT kontinuierlich ab, eine kontinuierliche Zunahme ist hingegen nicht zu beobachten. Im März und Mai kommt es gar zu einer doppelten Temperaturumkehr, die GWT nimmt erst von 3,0 zu 4,0 m ab, bleibt kurz gleich, steigt dann bis 16,0 m an, um hernach wieder abzunehmen.

Bei 16 m existiert ein markanter Knickpunkt, ab dem die GWT zu jedem Zeitpunkt abnimmt. Von diesem Punkt abwärts liegt die Spreizung bei weniger als 1,0 K.

Die stark verzerrte Trichterform spiegelt sich auch beim Mittelwert wider, der an der Basis bei etwa 9,0 °C beträgt, bis 16,0 m Tiefe bereits auf über 10,0 °C ansteigt und dann im oberflächennahen Bereich fast 11,3 °C erreicht.

Aktuelle GWT-Daten liegen im ggst. Projekt nicht vor.

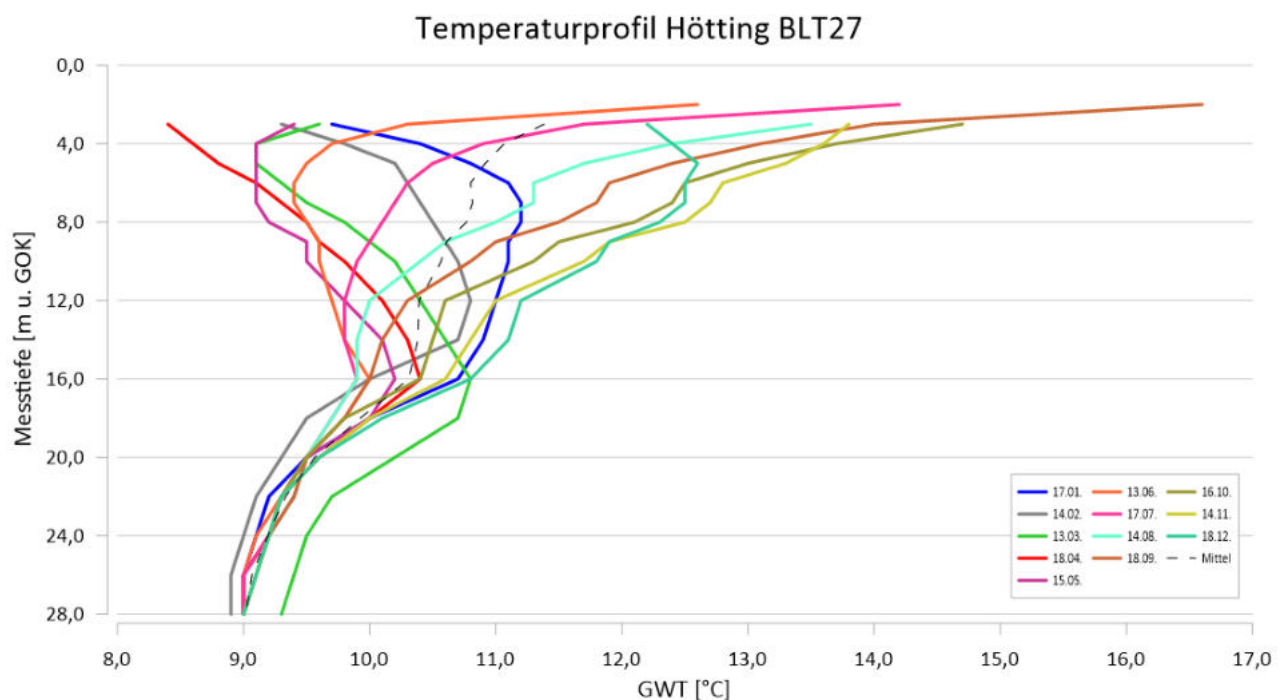


Abb. 26: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Hötting Blt 27

5.3.2.5 GW70101443 – Pradl Blt 22

Das Temperaturprofil von Pradl Blt 22 weist eine leicht verzerrte Trichterform auf (Abb. 27). In 5,0 m Tiefe beträgt der Temperaturunterschied nahezu 5,0 K, ab etwa 16,0 m Tiefe nur mehr knapp 0,5 K. Von August bis November nimmt die GWT kontinuierlich ab, eine kontinuierliche Zunahme ist hingegen nicht zu beobachten. Im Mai, Juni und Juli kommt es gar zu einer doppelten Temperaturumkehr, die GWT nimmt erst bis etwa 8,0 m ab, steigt dann bis 16,0 m an, um hernach wieder abzunehmen.

Bei 16 m existiert ein markanter Knickpunkt, ab dem die GWT zu jedem Zeitpunkt abnimmt. Von diesem Punkt abwärts liegt die Spreizung bei weniger als 1,0 K.

Die verzerrte Trichterform spiegelt sich auch beim Mittelwert wider, der an der Basis bei etwa 10,4 °C liegt, bis 8,0 m Tiefe recht gleichmäßig auf 11,0 °C ansteigt, um dann bei 6,0 m Tiefe gar 11,8 °C zu erreichen.

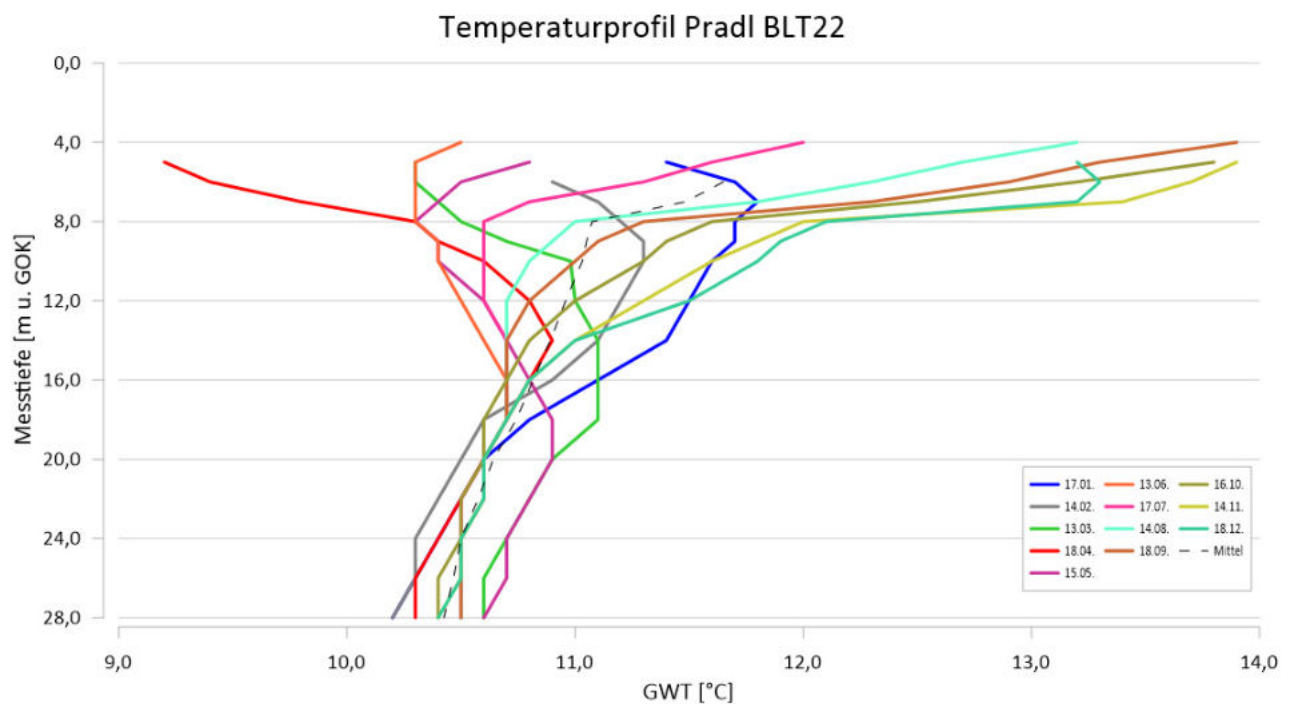


Abb. 27: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Pradl Blt 22

Kontinuierliche Daten liegen im ggst. Projekt nur von Februar 2018 bis Januar 2019 vor, in diesem Zeitraum betrug die GWT an dieser Messstelle in 10,0 m Tiefe durchschnittlich 12,7 °C und liegt damit um fast 2,0 K höher als 1999. Es ist anzunehmen, dass die Trichterform heute weitaus stärker verzerrt ist.

Im o.g. Messzeitraum lag die GWT in 10,0 m Tiefe zwischen 12,1 °C und 13,5 °C, die Spreizung ist hier also ähnlich.

5.3.2.6 GW70346034 – Rum, Blt 3

Das Temperaturprofil von Rum Blt 3 zeigt eine stark verzerrte Trichterform (Abb. 28) ähnlich Hötting Blt 27 in Abb. 26. In 4,0 m Tiefe beträgt der Temperaturunterschied mehr als 6,0 K, ab 16,0 m Tiefe nur mehr etwa 0,5 K. Von September bis Dezember nimmt die GWT kontinuierlich ab, wobei die Ausbildung eines späteren Umkehrpunktes aber bereits im Oktober erkennbar ist. Eine kontinuierliche Zunahme ist wie auch bei den beiden vorhergehenden Messstellen nicht zu beobachten. Von April bis Juli kommt es zu einer doppelten Temperaturumkehr, die GWT nimmt erst bis 5,0 m und später 8,0 m ab, steigt dann bis 12,0 m und später 16,0 m an, um hernach wieder abzunehmen.

Zwischen 14,0 m und 16,0 m existiert ein markanter Knickpunkt, ab dem die GWT zu jedem Zeitpunkt abnimmt. Von diesem Punkt abwärts liegt die Spreizung bei etwa 0,5 K.

Die stark verzerrte Trichterform spiegelt sich auch beim Mittelwert wider, der 30,0 m Tiefe etwa 9,5 °C beträgt, bis 16,0 m Tiefe bereits auf über 10,5 °C ansteigt und dann im oberflächennahen Bereich über 11,0 °C erreicht.

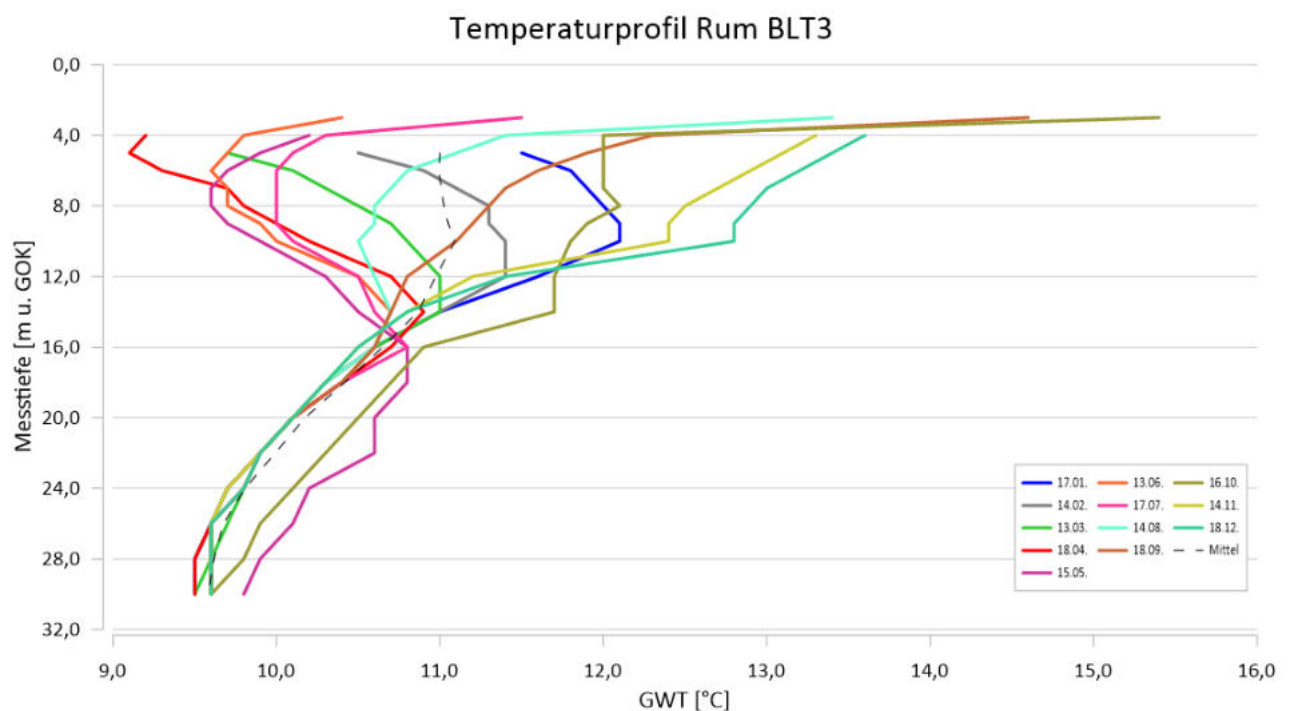


Abb. 28: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Rum Blt 3

Kontinuierliche Daten der GWT liegen im ggst. Projekt mehrfach vor. Einerseits die kont. Tiefenprofile aus Unterabschnitt 5.3.1.2, andererseits eine Datenreihe aus 10,0 m Tiefe mit Daten ab 2006. Im Jahr 2017 lag die mittlere GWT in 10,0 m Tiefe bei fast 12,6 °C, also gut 1,5 K höher als 1999. Es ist anzunehmen, dass die Trichterform heute noch stärker verzerrt ist. Im Jahr 2017 lag die GWT in 10,0 m Tiefe zwischen 10,9 und 14,0 °C, die Spreizung ist hier also ähnlich.

5.3.2.7 GW70936035 – Vomp Blt 1

Neben der im vorherigen Unterabschnitt beschriebenen Messstelle in Rum liegen auch von der Blt 1 in Vomp kontinuierliche Profildaten vor (siehe 5.3.1.1).

Das Temperaturprofil der Sonde aus dem Jahr 1999 zeigt einen Trichter mit nur leichter Verzerrung (Abb. 29). In 4,0 m Tiefe beträgt die Temperaturspreizung knapp über 4,0 K, ab 13,0 m Tiefe nur mehr etwa 0,5 K. Von September bis Dezember nimmt die GWT kontinuierlich ab, eine kontinuierliche Zunahme ist wie auch bei den drei vorhergehenden Messstellen nicht zu beobachten. Von Juni bis August kommt es zu einer doppelten Temperaturumkehr, die GWT nimmt erst bis 6,0 m und später 9,0 m ab, steigt dann bis 14,0 m an, um hernach wieder geringfügig abzunehmen.

Die lediglich leichte Verzerrung des Trichters zeigt sich auch beim Mittelwert, der an der Basis bei etwa 9,2 °C liegt, bis 8,0 m Tiefe recht gleichmäßig auf 9,4 °C ansteigt, um dann bei 5,0 m Tiefe etwa 10 °C zu erreichen.

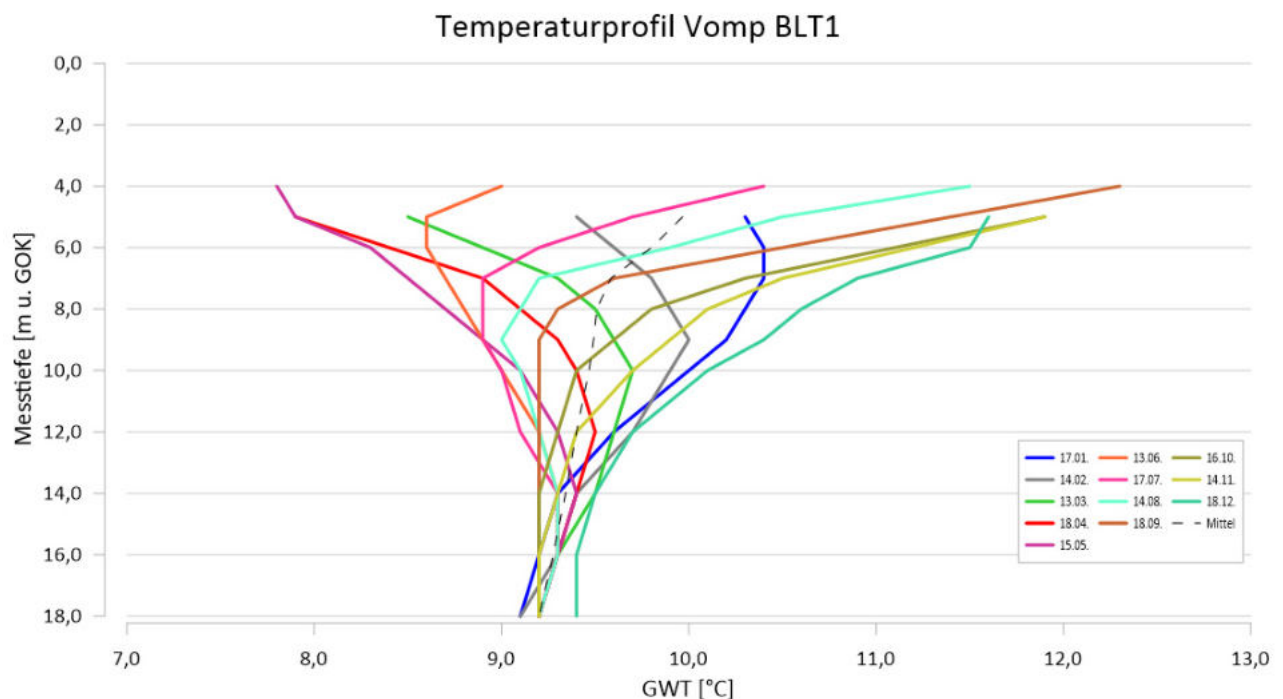


Abb. 29: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Vomp Blt 1

Kontinuierliche Daten der GWT liegen im ggst. Projekt im Rahmen der kont. Tiefenprofile aus Unterabschnitt 5.3.1.1 vor. Im Jahr 2017 lag die mittlere GWT in 10 m Tiefe bei 9,8 °C, also unter 0,5 K höher als 1999. Das ist noch weniger, als sich aus dem Trend der kont. Zeitreihe von etwa 0,04 K pro Jahr ergibt. Die Trichterform dürfte heute, wenn überhaupt, nur geringfügig stärker verzerrt sein. Im Jahr 2017 lag die GWT in 10,0 m Tiefe zwischen 9,5 und 10,3 °C, die Spreizung ist hier also ähnlich bzw. etwas geringer.

5.3.2.8 GW70930029 – Strass Blt 8

Das Temperaturprofil der Sonde aus dem Jahr 1999 zeigt einen Trichter mit einer ausgeprägten Verzerrung (Abb. 30). In 3,0 m Tiefe beträgt die Temperaturspreizung knapp über 5,0 K, ab 14,0 bis 16,0 m liegt sie unter 0,5 K und nimmt zur Basis des Profils bis auf unter 0,2 K ab. Von September bis November nimmt die GWT kontinuierlich ab, eine kontinuierliche Zunahme ist nicht zu beobachten. Ab Dezember setzt die Temperaturumkehr ein, wobei es zu einer Anomalie im Bereich zwischen 5,0 m und 7,0 m kommt, die sich auch im Januar und Februar zeigt. Sie ist durch die Zutritte kälterer Wässer gekennzeichnet. Im Dezember und Januar kommt es dadurch gar zu einer dreifachen Temperaturumkehr. Von Mai bis August ist die Temperaturumkehr ebenfalls stark ausgeprägt (Abnahme bis 3,0-6,0 m mit folgender Zunahme).

Die Verzerrung des Trichters zeigt sich auch beim Mittelwert, der an der Basis bei etwa 8,8 °C liegt, bis 10,0 m Tiefe recht gleichmäßig auf 9,2 °C ansteigt, bis 6,0 m stagniert und dann bis 3,0 m etwa 10,0 °C erreicht.

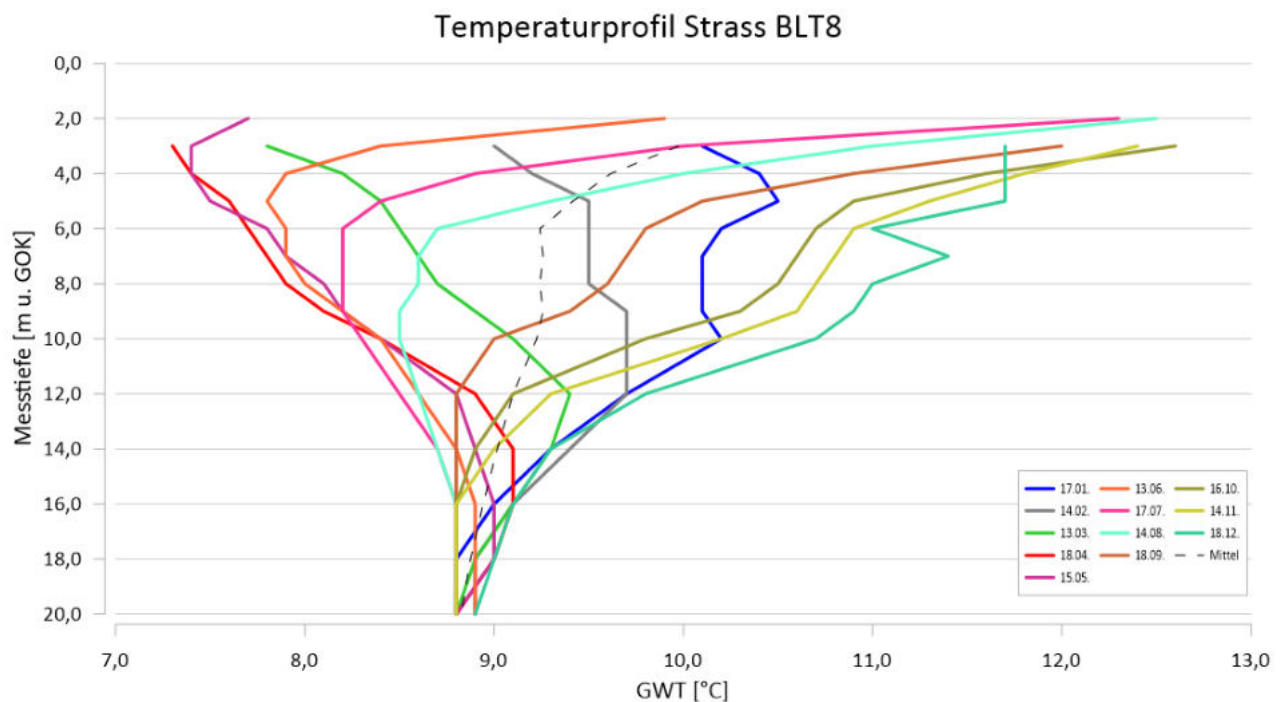


Abb. 30: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Strass Blt 8

Von 2015 bis 2018 betrug die Mittlere GWT an dieser Messstelle in 10,0 m Tiefe durchschnittlich 9,8 °C und liegt damit um knapp 0,6 K höher als 1999. Im Jahr 2017 lag die GWT in 10,0 m Tiefe zwischen 8,9 und 10,9 °C, die Schwankungsbreite ist damit etwas geringer als 1999. Es kann eine gewisse Verschiebung des Trichters angenommen werden.

5.3.2.9 GW70909010 – Fügen Blt 3

Das Temperaturprofil von Fügen des Jahres 1999 zeigt eine relativ symmetrische Trichterform (ähnlich Polling Blt 4), welche in 3,0–4,0 m Tiefe einen Temperaturunterschied von gut 8,0 K aufweist (Abb. 31). Ab 14,0 bis 16,0 m Tiefe beträgt der Temperaturunterschied weniger als 1,0 K. Ohne den Ausreißer vom Februar 1999 liegen die Temperaturen ab 16,0 m Tiefe ähnlich eng beisammen wie bei Strass Blt 8.

Von September bis November nimmt die GWT mit der Tiefe ausschließlich ab, kontinuierliche Zunahmen liegen nicht vor. Die restlichen Monatsprofile sind geprägt von Phasen der Umkehr des Temperaturgradienten, was besonders gut von März bis Juli erkennbar ist. Dabei kommt es von April bis Juli zu einer doppelten Umkehr. Dieses deutliche Geschehen verliert sich erst im Tiefenbereich von 14,0 bis 16,0 m.

Aus den Mittelwerten lässt sich ableiten, dass das Temperaturmittel (etwa 9,0 °C) nur im obersten Bereich von einem geringen positiven Thermal Offset geprägt ist.

Aktuelle GWT-Daten liegen im ggst. Projekt nicht vor. Die Sonde wurde nur bis 2008 seitens der Hydrografie genutzt.

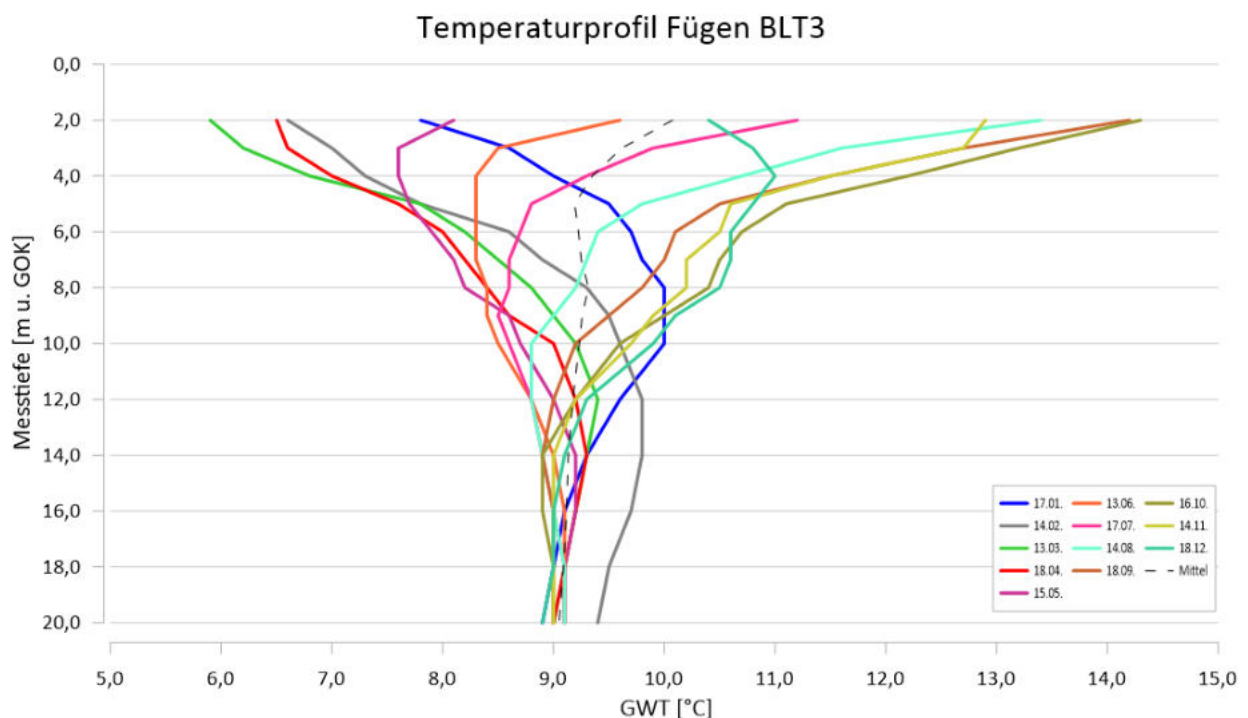


Abb. 31: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Fügen Blt 3

5.3.2.10 GW70416069 – St. Johann Blt 2

Das Temperaturprofil von St. Johann Blt 2 weist eine leicht verzerrte Trichterform auf (Abb. 32). In 3,0–4,0 m Tiefe beträgt der Temperaturunterschied etwa 5,5 K, ab etwa 16,0 m Tiefe nur mehr knapp 0,2 K. Von Oktober bis Dezember nimmt die GWT (nahezu) kontinuierlich ab, eine ebensolche Zunahme ist hingegen nicht zu beobachten. Von Mai bis September kommt es gar zu einer doppelten Temperaturumkehr, die GWT nimmt erst bis etwa 12,0 m ab, steigt dann bis 16,0 m an, um hernach wieder abzunehmen.

Bei 16,0 m existiert ein markanter Knickpunkt, ab dem die GWT zu jedem Zeitpunkt abnimmt. Ab diesem Punkt ist auch die Spreizung minimal.

Die verzerrte Trichterform spiegelt sich auch beim Mittelwert wider, der an der Basis bei etwa 8,1 °C liegt, bis 12,0 m Tiefe recht gleichmäßig auf 8,4 °C ansteigt, um dann bei 4,0 m Tiefe gar 9,5 °C zu erreichen.

Allgemein ist hier die starke Verjüngung des Temperaturtrichters auffällig, ebenso die relativ gleichmäßige Abnahme der GWT mit der Tiefe ab 16,0 m bis zur Endteufe von 30,0 m.

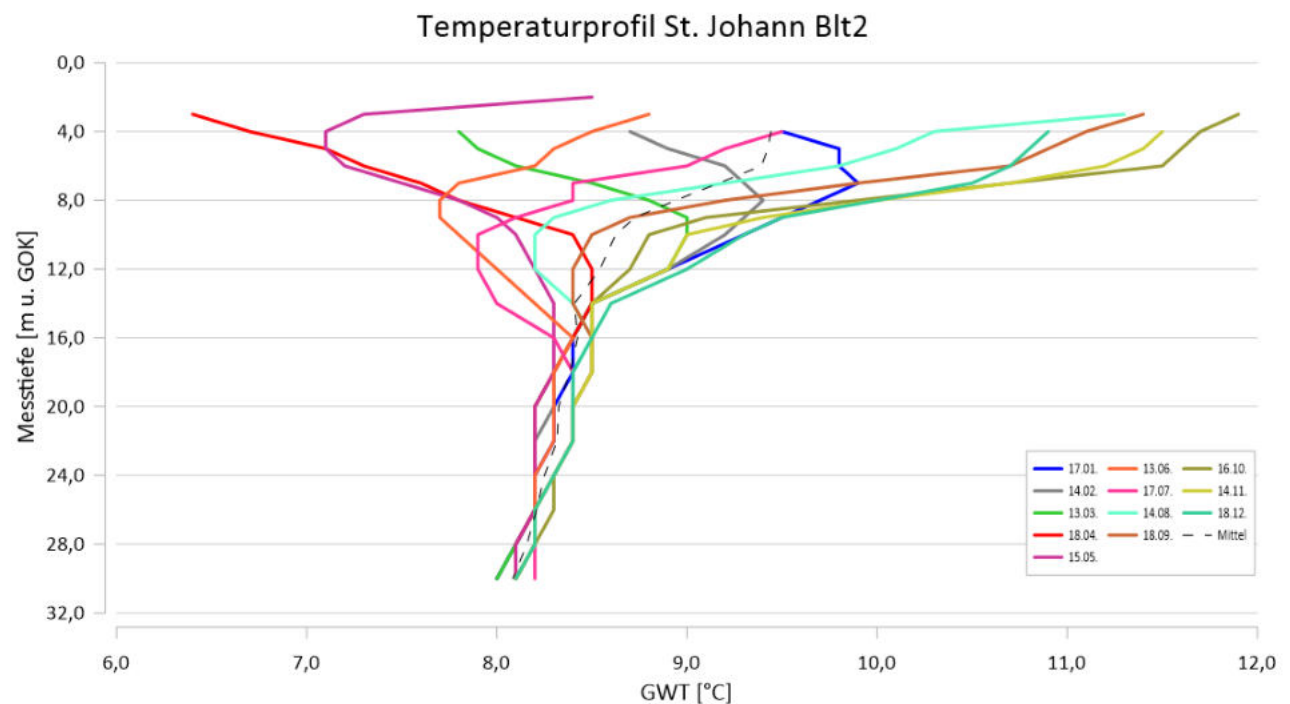


Abb. 32: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle St. Johann Blt 2

Aktuelle GWT-Daten liegen nicht vor.

5.3.2.11 GW70412162 – Kössen Blt 8

Das Temperaturprofil von Kössen Blt 8 des Jahres 1999 zeigt eine Trichterform, die sowohl im oberen als auch unteren Bereich eine gewisse Verzerrung aufweist (Abb. 33). In 3,0–4,0 Metern Tiefe beträgt der Temperaturunterschied bis über 6,0 K. Ab 18,0/19,0 m Tiefe beträgt er weniger als 1,0 K. Dabei ist in der Tiefe der parallele Kurvenverlauf auffällig, ebenso die relativ hohe Spreizung von 0,6 K bei höheren Temperaturen von Februar bis Mai.

Von September bis November nimmt die GWT (nahezu) kontinuierlich ab, eine ebensolche Zunahme ist von Februar bis April zu beobachten. Doppelte Temperaturumkehren sind im Wesentlichen nicht beobachtbar.

Aus den Mittelwerten lässt sich ableiten, dass das Temperaturmittel (etwa 8,2 °C) nur im obersten Bereich geringfügig von einem positiven Thermal Offset geprägt ist. Auffällig ist die relativ hohe Schwankungsbreite in allen Tiefenbereichen, die eine verstärkte Zirkulation und Interkonnektivität des Grundwassers andeuten könnte.

Aktuelle GWT-Daten liegen im ggst. Projekt nicht vor.

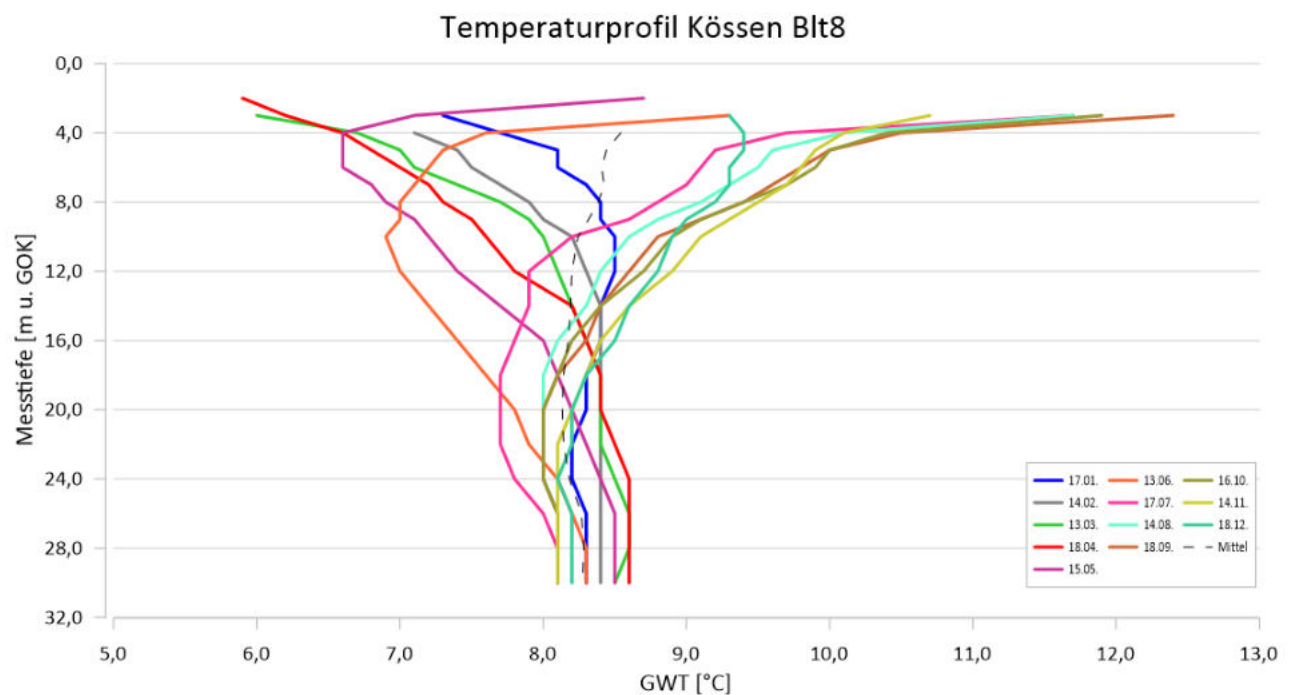


Abb. 33: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Kössen Blt 8

5.3.2.12 GW70828068 – Reutte Blt 16

Das Temperaturprofil von Reutte zeigt eine leicht asymmetrische Glockenform (Abb. 34), womit diese Messstelle eine Sonderform darstellt, da sich hier die GWT mit der Tiefe auffällig anders verhält als bei den vorhergehend beschriebenen Profilen. Das Grundwasser wird hier erst in einer Tiefe von etwa 9,0 m angetroffen, der maximale Temperaturunterschied beträgt bei 14,0 m knapp 8,0 K, in der Endteufe von 24,0 m liegt die Spreizung noch bei 0,6 K.

Kontinuierliche Ab- oder Zunahmen der GWT können auf Basis dieses Datensatzes nicht beobachtet werden, ebenso gibt es keine doppelten Temperaturumkehren. Die Werte links des Mittelwertes zeigen je zunächst eine Abnahme, dann eine Zunahme der GWT (Juni bis November). Rechts des Mittelwertes von Dezember bis Mai verhält es sich genau umgekehrt, die oberflächennahen Temperaturen sind demzufolge im Sommer und Herbst geringer als im Winter und Frühling.

Die Pfeile in Abb. 34 zeigen die klare „Wanderung“ der Temperaturgradienten an. Ein Vergleich mit den analog vorhandenen Daten der Jahre 1993 bis 2000 zeigt klar, dass dieses Verhalten in jedem Jahr in nahezu gleicher Weise zu beobachten war.

Das Temperaturmittel steigt von knapp 8,4 °C an der Basis bis auf knapp über 9,0 °C in 9,0 m Tiefe an.

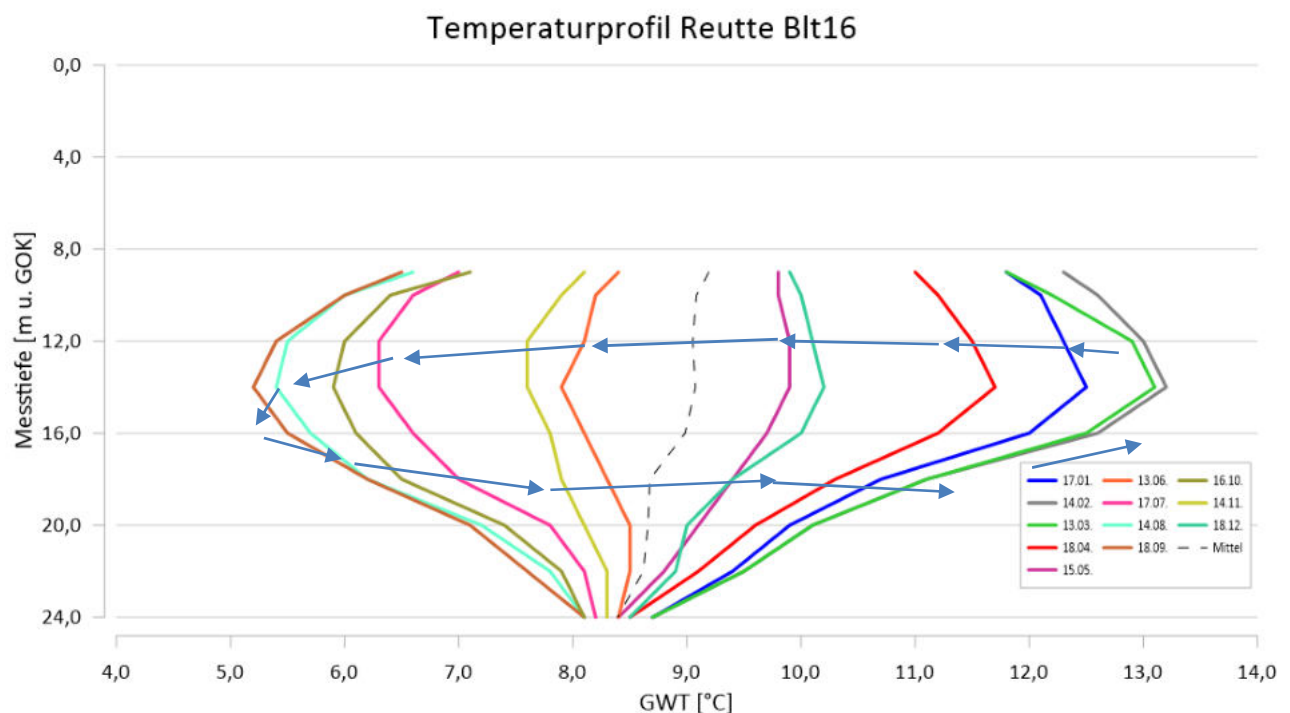


Abb. 34: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Reutte Blt 16

Von Nov. 2015 bis Ende Okt. 2018 betrug die Mittlere GWT an dieser Messstelle in 17,0 m Tiefe durchschnittlich 9,9 °C und liegt damit um knapp 1,0 K höher als 1999. Im Jahr 2017 lag die GWT in 17,0 m Tiefe zwischen 7,3 und 12,4 °C, die Schwankungsbreite ist damit etwas geringer als 1999. Es kann eine gewisse Verschiebung des Trichters gegenüber 1999 angenommen werden.

5.4 Vorflutereinfluss

Im Rahmen dieses Kapitels wird auf die Gebiete Landeck (5.4.1), Innsbruck (5.4.2), Jenbach (5.4.3), St. Johann (0), Kössen (5.4.5) und Sillian (5.4.6) eingegangen, welche aufgrund der günstigen Datenlage gemäß Kap. 4.3.4 zur Beschreibung und Analyse der möglichen Vorflutereinflüsse auf die GWT herangezogen werden.

Da hierbei nicht nur auf die GWT eingegangen wird, sondern diese im Zusammenhang mit u.a. Luft- und Wassertemperatur betrachtet werden, wird an dieser Stelle einleitend kurz auf deren Charakteristika an den ausgewählten Orten eingegangen. In Abb. 35 werden die WT-Daten von vier Messstellen am Inn kurz gegenübergestellt. Dabei zeigt sich in Hinblick auf die Wassertemperatur, dass sie allgemein einen ähnlichen Verlauf nimmt, allerdings das Temperaturniveau erwartungsgemäß mit der Höhe abnimmt (Landeck vs. Brixlegg). Die Zeitpunkte der Extremereignisse ist allerdings nahezu identisch, es lässt sich kein Shift erkennen.

In Tab. 1 wurden die statistischen Kenndaten der im Rahmen dieses Unterkapitels verwendeten Zeitreihen der Wetter- und Pegelstationen in Landeck, Innsbruck oh. der Sill/Inn, Jenbach, Kössen, St. Johann in Tirol und Sillian gegenübergestellt. Diese können als Vergleichs- bzw. Referenzwerte für die Grundwassertemperaturen (insb. Unterkapitel 5.5) herangezogen werden.

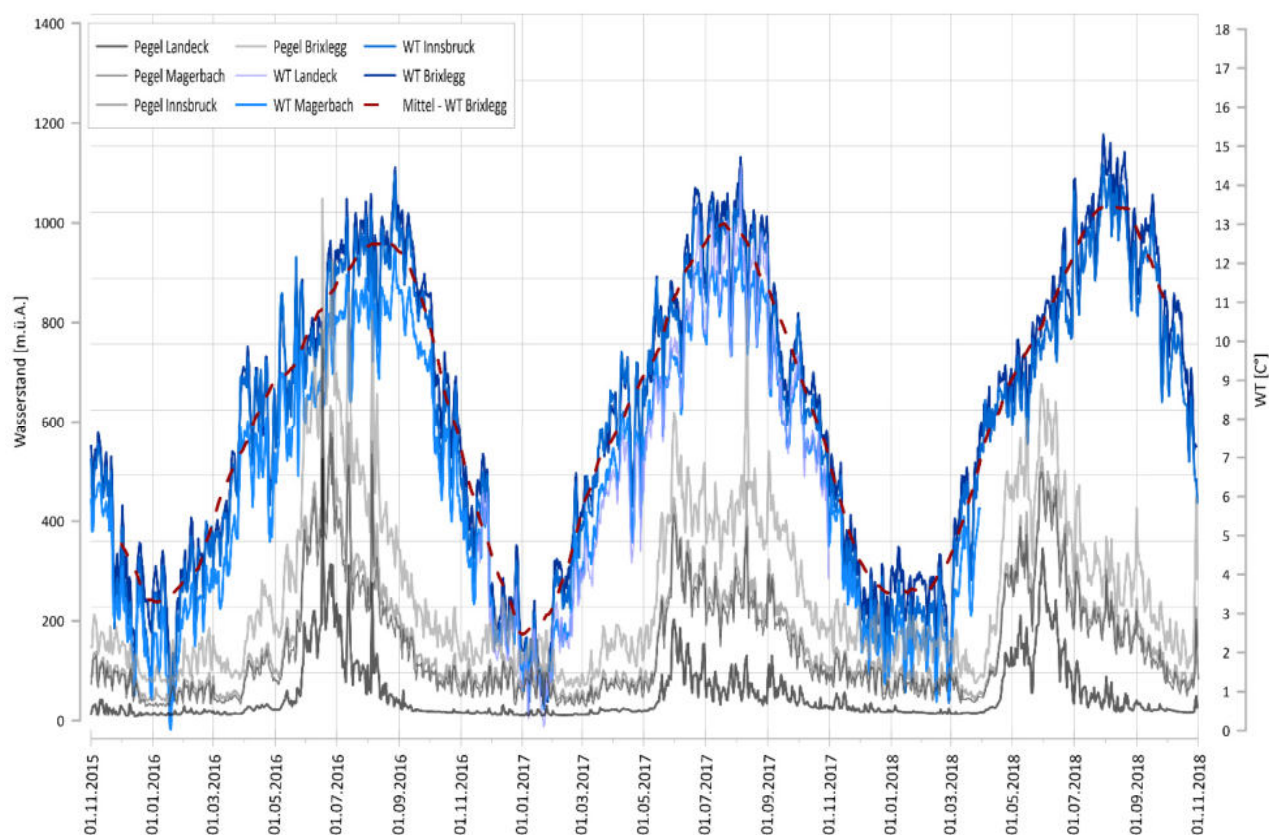


Abb. 35: Vergleich der WT an verschiedenen Inn-Pegeln

Tab. 1: Zusammenstellung der mittleren LT und WT an den ausgewählten Messstellen für die Vorflutereinfluss-Betrachtungen im Referenzzeitraum

Zusammenfassung Wassertemperatur [°C]							
Ort	Mittel	Median	StAbw	Min	P5	P95	Max
Landeck 201293	6,7	6,6	3,6	0,1	1,4	12,3	14,5
Innsbruck 201525	7,8	8,2	3,7	0,2	2,0	13,1	14,5
Jenbach 201681	8,2	8,6	3,7	0,2	2,6	13,6	15,3
Kössen 202382	8,6	8,1	4,1	0,7	3,0	14,8	17,2
St. Johann 201939	8,0	7,6	4,8	0,0	1,0	15,5	18,1
Sillian 212027	5,8	5,7	3,1	0,3	1,4	10,8	12,9
Zusammenfassung Lufttemperatur [°C]							
Ort	Mittel	Median	StAbw	Min	P5	P95	Max
Landeck 101899	11,2	12,1	7,9	-10,1	-1,1	22,9	26,0
Innsbruck 102335	11,6	12,3	8,0	-11,2	-0,7	23,5	27,0
Jenbach 102491	10,9	11,6	8,0	-12,9	-1,4	22,5	26,7
Kössen 102905	8,6	9,0	8,0	-15,8	-3,6	20,5	24,6
St. Johann 103143	8,3	8,9	8,3	-15,5	-4,2	20,7	24,6
Sillian 113001	6,9	7,5	8,3	-13,2	-7,0	19,1	23,4

5.4.1 Landeck

Für die Betrachtung des Bereichs Landeck (siehe Abb. 36) wurden die Daten des Pegels Landeck-Perjen (201293; Wst. absolut und WT), der Niederschlagsmessstelle Landeck (101889; LT, NS, SH; Betreiber: ZAMG) sowie GWT und Wst. der GW-Sonden GW70614032, GW70614033 und GW70630122 herangezogen.

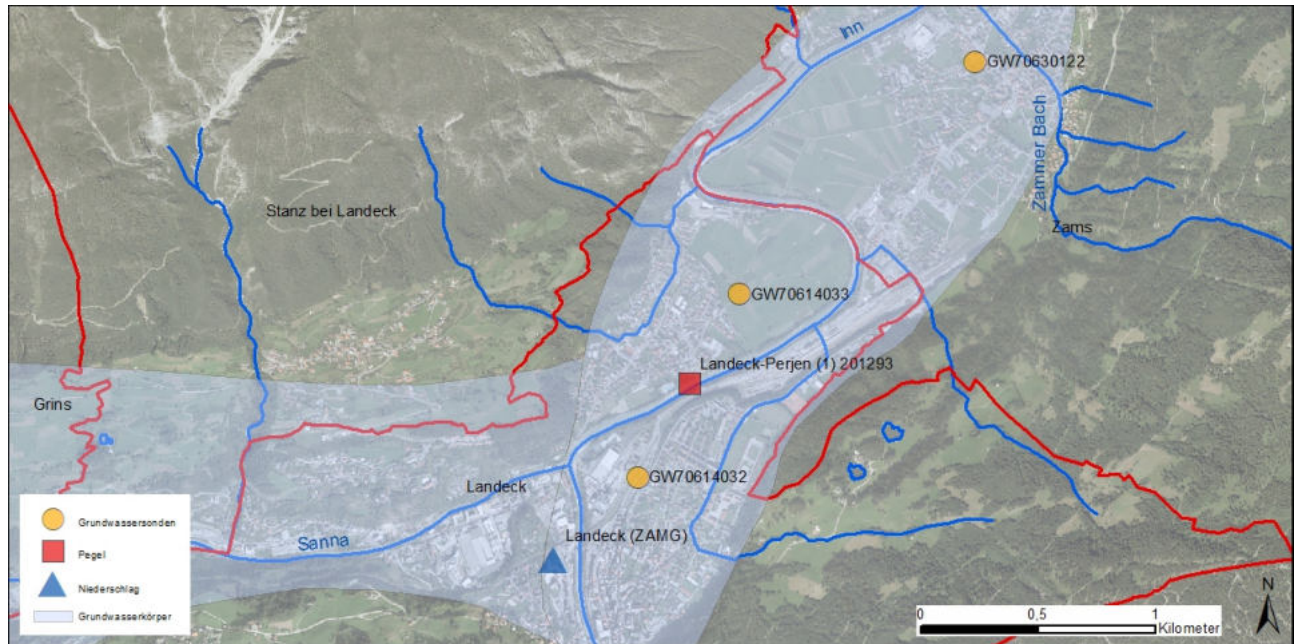


Abb. 36: Übersichtskarte von den Grundwassersonden, Niederschlagsmessstelle und Pegel in Landeck

Die entsprechenden Daten des Referenzzeitraumes November 2015 bis November 2018 sind in der folgenden Abb. 37 dargestellt. Die blauen Balken und Flächen zeigen den Niederschlag und Schneehöhe in Landeck, wobei die dunkelblauen Balken den Niederschlag und die hellblauen Flächen die Schneehöhe darstellen. Die blauen Linien zeigen die GWT der ausgewählten Sonden. Die orange Linie zeigt die LT und die grüne Linie die WT des Inns. Im unteren Bereich des Diagramms sind zusätzlich die Wasserstände des Inns und Grundwassersonden als Form von schwarzen Linien dargestellt, wobei der Inn mit einer durchgehenden Linie, die Wasserstände mit gestrichelten Linie dargestellt werden. Diese Symbologie wurde auch weitestgehend bei den in den nächsten Abschnitten behandelten Untersuchungsgebieten verwendet, wieso in der Folge nur noch auf etwaige Abweichungen eingegangen wird.

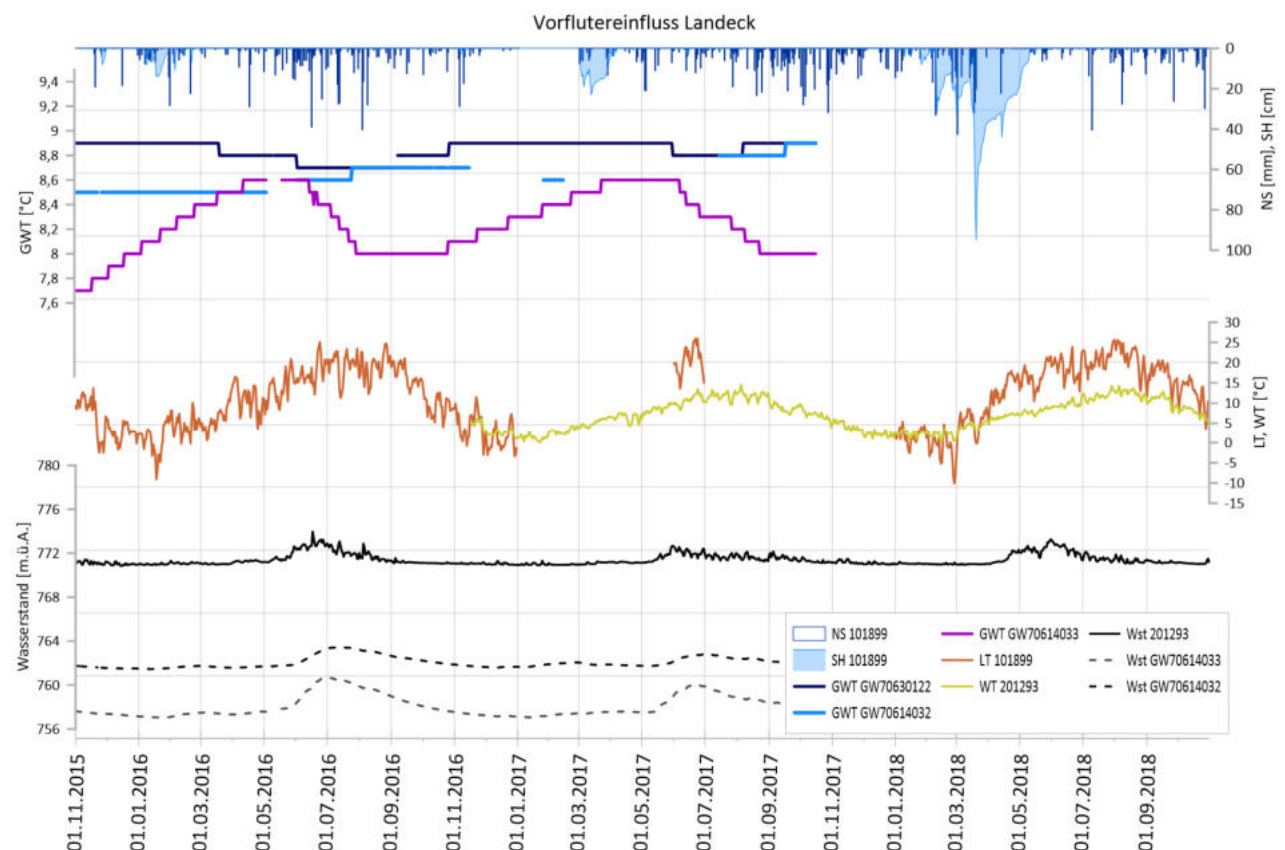


Abb. 37: Datenreihen der Messstellen im Bereich Landeck

Der meiste Niederschlag fällt tendenziell im Frühling und im Sommer, die Schneehöhen zeigen jeweils im März Maxima, der Rückgang indiziert ein Abschmelzen bis April/Mai. Das Frühjahr 2018 war ausgesprochen schneereich. Die WT des Inns korreliert relativ gut mit der Lufttemperatur, reagiert aber gedämpft und zeigt im Tagesmittel eine um etwa 10,0 K geringere Amplitude.

Die GWTs der Grundwassersonden weisen weitaus geringere Amplituden auf, GW70630122 und GW70614032 zeigen im Jahresverlauf nur ausgesprochen geringe Schwankungen, sind aber auch wegen einiger Datenausfälle und vorzeitigem Datenreihenende nur bedingt aussagekräftig. GW70614033 hingegen zeigt einen deutlicheren Jahresverlauf mit Maxima im Mai und Minima im August bis Oktober. Damit weisen die GWTs teils einen deutlichen Versatz zur Luft- und Wassertemperatur auf. Mit Blick auf die Wasserstände des Inns sind mehrere Aspekte auffällig. Einerseits liegen die Grundwasserstände der beiden Sonden in Landeck um mehr als 5,0 m unter Vorfluterniveau und weisen eine ähnliche (GW70614033) oder gar höhere (GW70614032) Schwankungsbreite auf. Der Vorfluter speist also den Grundwasserstrom. Die Maxima der Grundwasserstände treten dabei mit ½ bis 1 Monat Versatz auf (Ende Juni / Anfang Juli vs. Anfang Juni).

Im Bereich Landeck scheint der Inn bis zu einem gewissen Grad durchgängig den Grundwasserstrom zu speisen, die infiltrierende Wassermenge reicht aber offenbar nicht aus, das GW-Niveau auf Vorfluterniveau anzuheben oder gar nur in die Nähe zu bringen. Steigt im Frühjahr im Inn der Wasserstand, kommt es zu verstärkter Infiltration und etwas zeitlich versetzte Anstiege

des GW-Niveaus. Interessant ist dabei, dass die Vorflutertemperatur ab etwa Mitte Mai bis Ende September über der GWT liegt. Das infiltrierende Wasser alleine kann also nicht dafür sorgen, dass die GWT innerhalb weniger Wochen vom saisonalen Maximum auf das saisonale Minimum absinkt, während das GW-Niveau steigt.

In diesem Fall ist aber auch darauf hinzuweisen, dass alle drei Messstellen etwa 200 bis 300 Meter vom Vorfluter Inn entfernt liegen, weswegen allgemein nur ein gedämpfter Einfluss auf die GWT anzunehmen ist.

5.4.2 Innsbruck

Für die Betrachtung des Bereichs Innsbruck (siehe Abb. 38) wurden die Daten des Pegels Innsbruck oh. der Sill/Inn (Nr. 201525; Wst. absolut und WT), der Niederschlagsmessstelle Innsbruck-Universität (102335; LT, NS, SH, Betreiber: ZAMG) sowie GWT und Wst. der GW-Sonden GW70101B17, GW70101358, GW70101476, GW70101444, GW70101448 und GW70101B07 herangezogen. Die weiteren Messstellen aus Abb. 38, von denen Daten vorlagen, wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht verwendet.

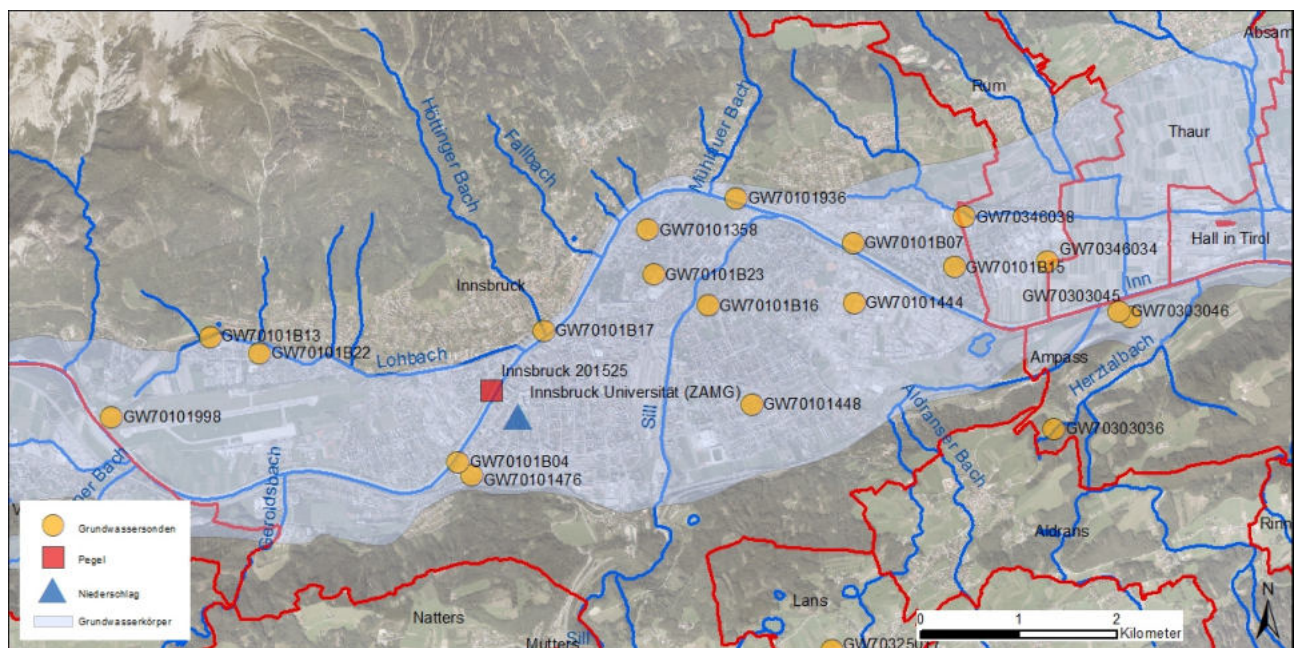


Abb. 38: Übersichtskarte von den Grundwassersonden, Niederschlagsmessstelle und Pegel in Innsbruck

Die entsprechenden Daten des Referenzzeitraumes November 2015 bis November 2018 sind in der folgenden Abb. 39 dargestellt.

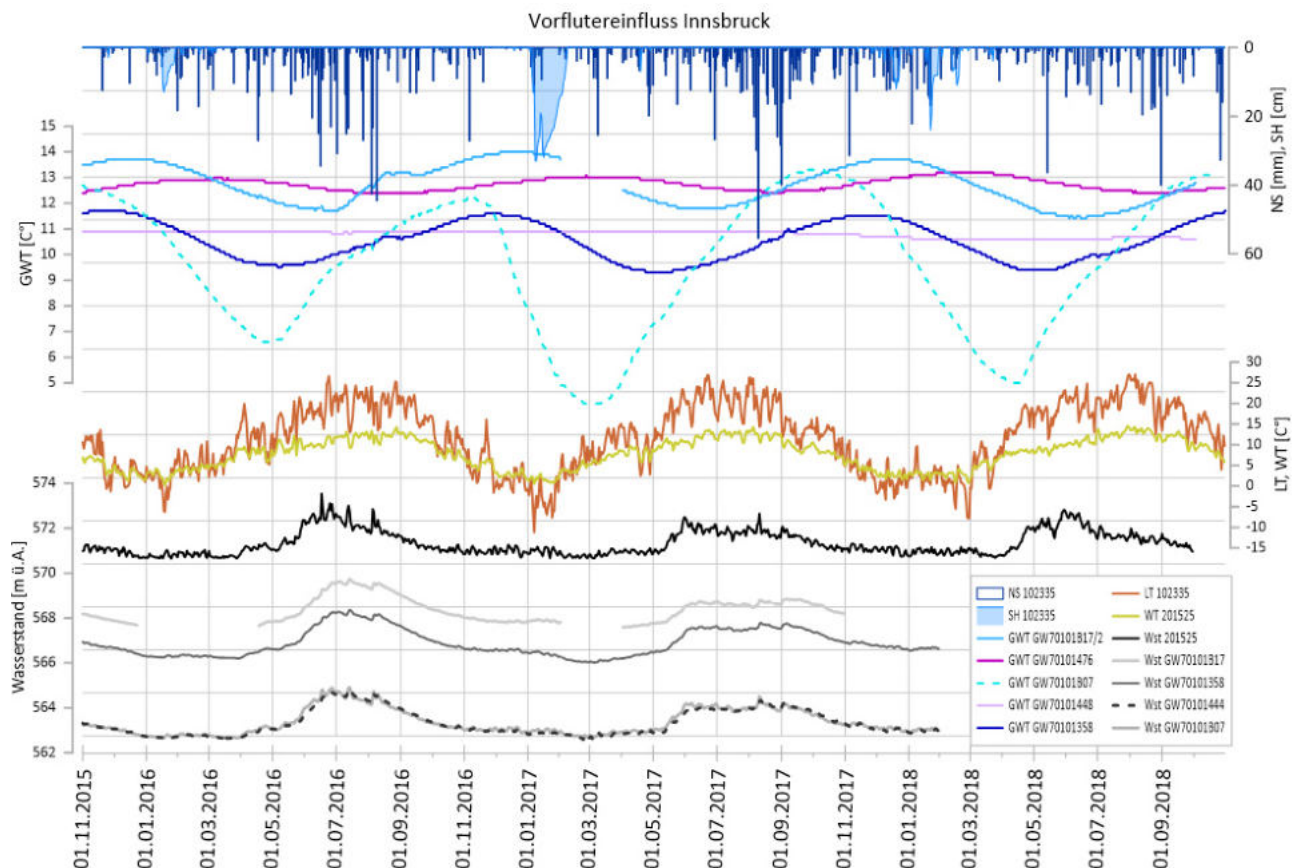


Abb. 39: Datenreihen der Messstellen im Bereich Innsbruck

Der meiste Niederschlag fällt tendenziell im Sommer, die Schneehöhen zeigen jeweils im Januar Maxima, der Rückgang indiziert ein Abschmelzen bis Anfang/Mitte Februar. Das Frühjahr 2017 war ausgesprochen schneereich. Die WT des Inns korreliert relativ gut mit der Lufttemperatur, reagiert aber insbesondere bei den Maxima gedämpft und zeigt im Sommerhalbjahr im Tagesmittel eine um bis zu 15,0 K geringere Amplitude.

Die GWTs der Grundwassersonden weisen – mit Ausnahme von GW70101B07 – weitaus geringere Amplituden auf, zeigen aber durchaus unterschiedliche Temperaturniveaus und Saisonalitäten. So ist das GWT-Niveau von GW70101444 und GW70101B17 ähnlich hoch bei im Mittel über 12,5 °C, die Schwankungsbreite ist bei GW70101B17, wo in einer Tiefe von 7,1 m die GWT gemessen wird, aber deutlich höher. Bei GW70101444 ist der saisonale Shift der Minima und Maxima ausgeprägter, er scheint fast 9 Monate zu betragen (März vs. Juli/August), wohingegen er bei der GW70101B17 etwa 6 Monate beträgt (Ende Dezember vs. Juli/August). Der Vergleich von GW70101448 und GW70101358 fällt ähnlich aus, wobei bei der Sonde in Pradl keinerlei Saisonalität erkennbar ist – hier wird allerdings auch in über 17,0 m Tiefe gemessen. Das Temperaturniveau beider Sonden liegt bei 10,5 bis 11,0 °C und damit fast 2,0 K niedriger als bei den zuvor beschriebenen Sonden. Die Sonde GW70101B07 befindet sich direkt neben dem Inn, woraus sich zum Teil die starken Schwankungen der GWT um bis zu über 8,0 K im Jahresverlauf erklären lassen dürften. Ein stärkerer Zusammenhang zeigt sich auch im geringeren saisonalen Shift von 1 bis 3 Monaten.

Die Grundwasserstände weisen einen Jahresgang auf, der den Pegelständen des Inns sehr stark ähnelt, wenn auch gedämpft und teils geringfügig phasenverschoben. Zumindest im Bereich von GW70101B17 nahe des Innpegels liegt der Grundwasserstand einige Meter unter dem Vorfluterniveau, im Bereich der Sonden Amras und Mühlau hingegen auf Basis der Höheninformationen aus dem TIRIS eher auf Vorfluterniveau. Die GWT der Sonde GW70101B17 weist trotz hoher Vorfluternähe, Wasserstand unter Vorfluterniveau sowie geringerer Messtiefe einen weitaus weniger ausgeprägten Jahresgang als z.B. GW70101B07 auf.

5.4.3 Jenbach

Für das Gebiet Jenbach und Umgebung (siehe Abb. 40) wurden die Daten des Pegels Rotholz (201681; Wst. absolut und WT), der Niederschlagsmessstelle Jenbach (102491; LT, NS, SH; Betreiber: ZAMG) sowie GWT und Wst. der GW-Sonden GW70905013, GW70928038, GW70517032, GW70917040 und GW70930029 herangezogen.

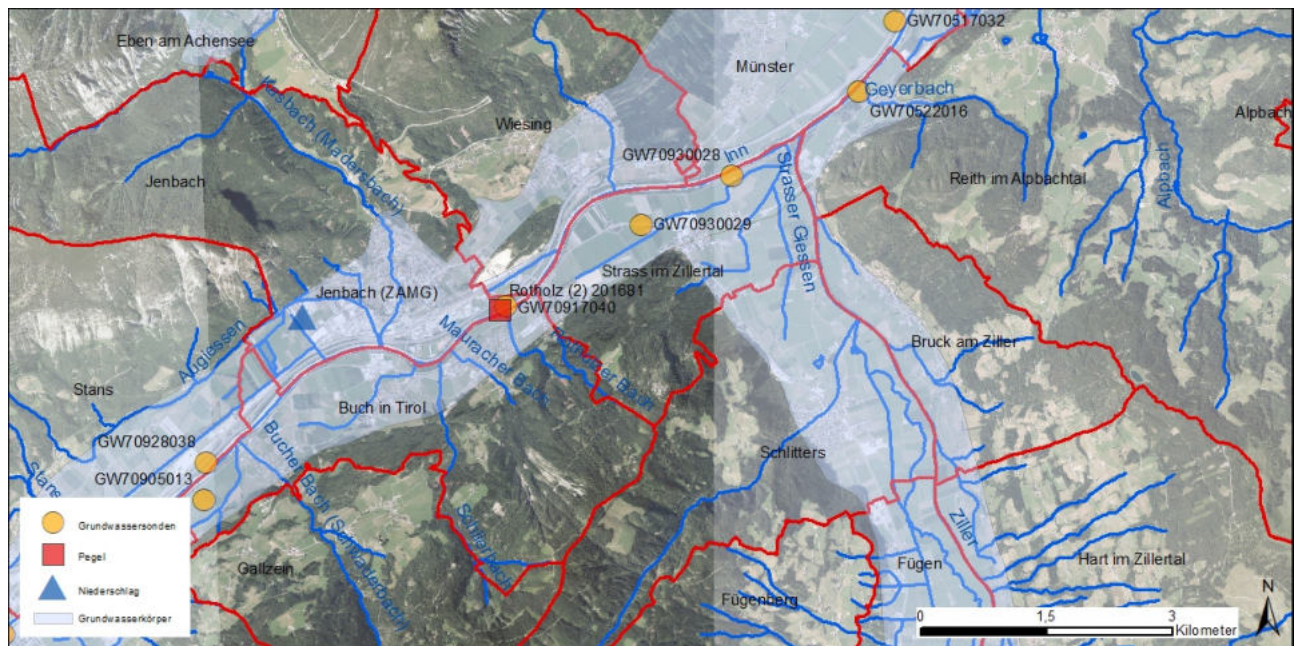


Abb. 40: Übersichtskarte von den Grundwassersonden, Niederschlagsmessstelle und Pegel in Jenbach

Die entsprechenden Daten des Referenzzeitraumes November 2015 bis November 2018 sind in der folgenden Abb. 41 dargestellt.

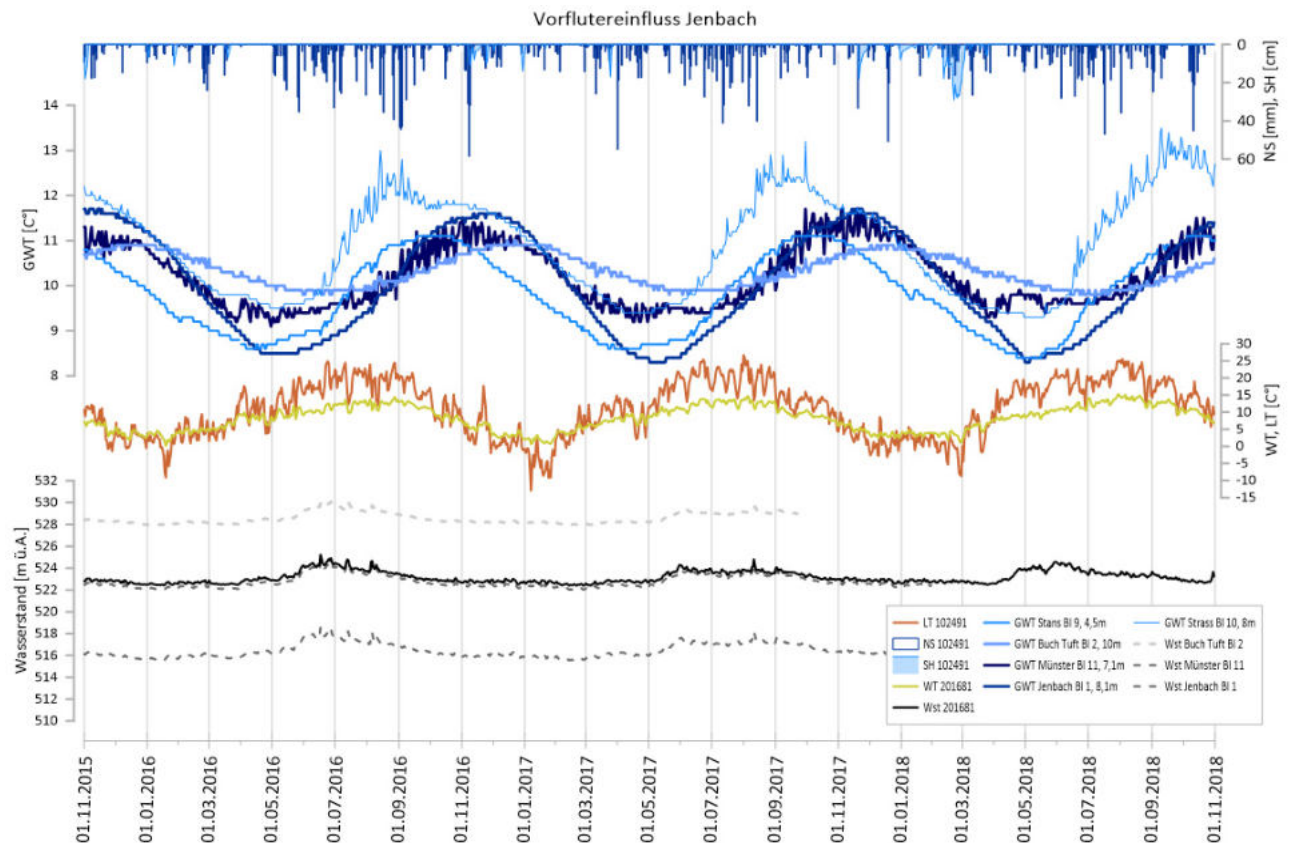


Abb. 41: Datenreihen der Messstellen im Bereich Jenbach

Der meiste Niederschlag fällt tendenziell im Sommer und Frühherbst, die Schneehöhen sind weitestgehend gering ausgeprägt und selten durchgängig über mehrere Wochen, einzig im Februar bis Anfang März 2018 gibt es einen längeren Zeitraum mit Schneehöhen > 20 cm. Zum Verhältnis WT Inn und Lufttemperatur vgl. Vorgängerkapitel.

Die GWTs der Grundwassersonden weisen verhältnismäßig ähnliche Amplituden und Saisonalitäten auf, obwohl sie in unterschiedlichen Entfernungen zum Haupt-Vorfluter Inn liegen. Die Standardabweichungen liegen zwischen 0,5 K bei Buch Tuft BI 2 und 1,1 K bei Jenbach BI 1, wobei die Sonde in Buch am weitesten vom Vorfluter entfernt (fast 200 m) und die in Jenbach am nächsten dran (unter 10 m) liegt. Das Niveau der GWT liegt allgemein relativ ähnlich (verglichen insb. mit Innsbruck), beträgt im Mittel der Beobachtungszeitraums 9,9 °C in Stans und 10,9 °C in Strass. Der geringste saisonale Shift der GWT gegenüber LT und WT tritt bei der Sonde Strass BI 10 auf und beträgt insbesondere bei den Maxima nur wenige Wochen, bei den Minima hingegen bis zu 4 Monate. Einen nahezu halbjährlichen Shift weist die Sonde in Buch auf.

Die Grundwasserstände weisen hier einen Gang auf, der den Pegelständen des Inns noch stärker ähnelt als dies z.B. in Innsbruck der Fall ist. So ist bei der Sonde in Jenbach, die sich nur etwa 100 m stromab des Innpegels Rotholz befindet, ein nahezu deckungsgleicher Verlauf zu erkennen. Auch bei der am weitesten vom Inn entfernten Sonde in Buch ist die Korrelation hoch, die Phasenverschiebungen nur gering. Grundsätzlich spiegelt das eine hohe Anbindung des Vorfluters an den Grundwasserkörper wider.

5.4.4 St. Johann

Für das Gebiet St. Johann in Tirol (siehe Abb. 42) wurden die Daten der Pegel St. Johann in Tirol (201939) und Almdorf (201947; jeweils Wst. absolut und WT), der Niederschlagsmessstelle St. Johann in Tirol - Almdorf (103143; LT, NS, SH) sowie GWT und Wst. der GW-Sonden GW70416115, GW70416125, GW70416124, GW70416121, GW70416126 und GW70410005 herangezogen.

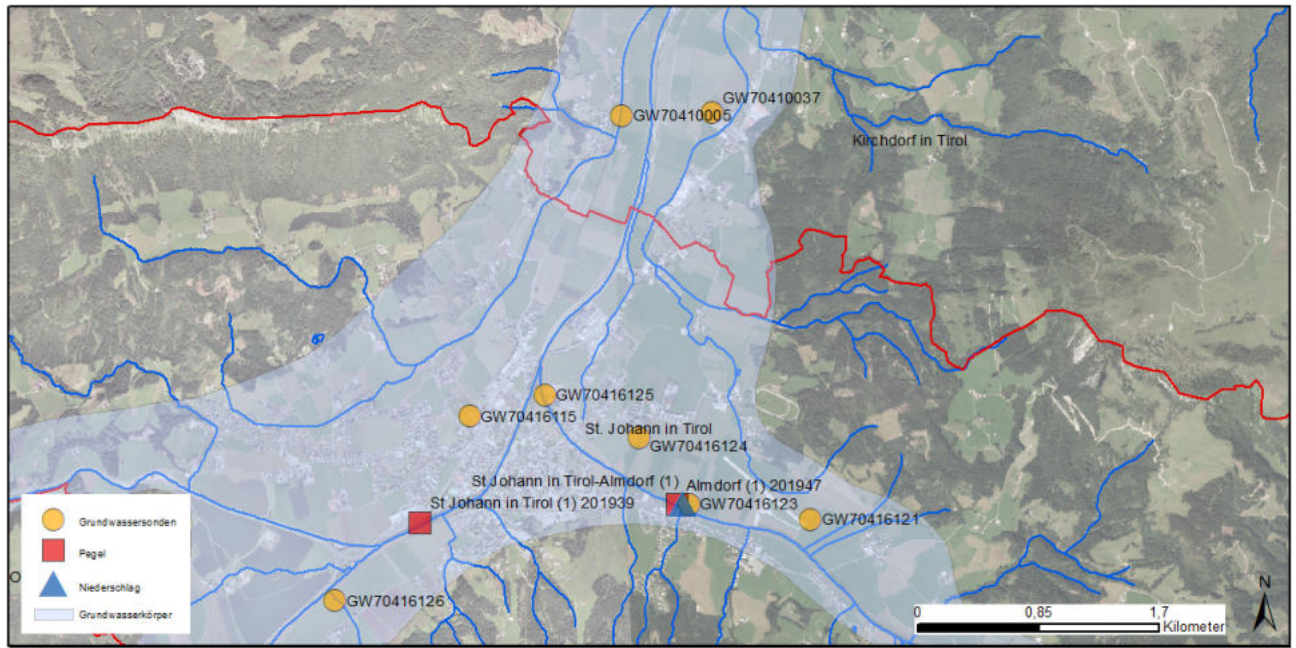


Abb. 42: Übersichtskarte der relevanten Messstellen im Gebiet St. Johann

Die entsprechenden Daten von Nov. 2015 bis Nov. 2018 sind in der folgenden Abb. 43 dargestellt.

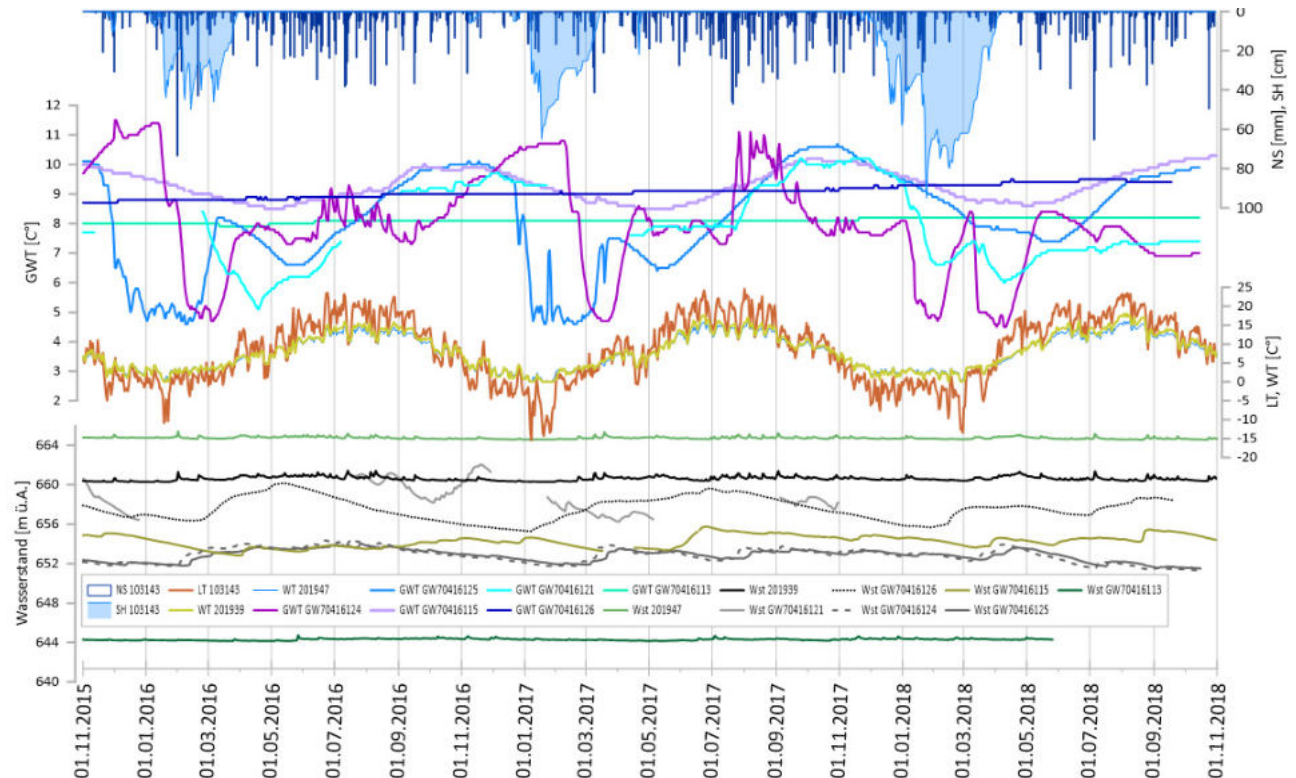


Abb. 43: Datenreihen der Messstellen im Bereich St. Johann

Die Region ist verhältnismäßig niederschlagsreich, das langjährige Mittel der Station St. Johann – Almdorf liegt gemäß Hydrographischem Jahrbuch 2017 bei über 1.500 mm (Zeitraum 01.01.1981 bis 31.12.2015). Der Sommer weist im Referenzzeitraum zahlreiche Niederschlagsspitzen auf. Allerdings ist auch der Winterniederschlag vergleichsweise hoch, es gibt in allen drei Jahren eine mehrere Monate währende Schneedecke größer 20,0 cm, insbesondere von Anfang Januar bis Ende März. Die WT der Großache verhält sich weniger gedämpft als die des Inns, sie geht folglich stärker mit der LT mit.

Die GWTs der Grundwassersonden verhalten sich ausgesprochen unterschiedlich. Bei drei Sonden (GW70416125, GW70416124 und GW70416121) wird eine durchaus erkennbare Saisonalität vor allem im Frühjahr bei Schneeschmelze-Ereignissen durch kurzfristig auftretende Temperaturabnahmen verzerrt, innerhalb weniger Tage kann die GWT um bis zu 5,0 K absinken. Im Sommerhalbjahr bzw. bei steigendem GWT-Trend tritt dies nur bei der Sonde GW70416124 ähnlich deutlich auf. Schmelz- und Niederschlagswasser scheint hier ausgesprochen zügig in den Untergrund in Sondennähe einzudringen. Bei der Sonde GW70416125 tritt dies Frühjahr 2018 ungeachtet der Schneemengen und schnellen Schmelze nicht wieder auf.

Die Sonde GW70416115 hingegen zeigt einen gleichmäßigen Jahresgang mit einer Standardabweichung von etwa 0,6 K um den Mittelwert 9,3 °C. Die Sonden GW70410005 und GW70416126 weisen keinerlei Jahresgang auf, bei der BI 32 ist allerdings ein markanter Anstieg von über 0,7 K im Referenzzeitraum zu verzeichnen. Ein klarer Zusammenhang der Schwankungen und des GWT-Niveaus mit Messtiefe und/oder Vorfluterentfernung ist nicht erkennbar.

Diese Unterschiede des Verhaltens bei der GWT dürften auch darin begründet sein, dass die Messstellen GW70416125, GW70416124 und GW70416121 der Fieberbrunner Ache und damit auch deren Begleitgrundwasserstrom zuzuordnen sind.

Im Vergleich zu den Wasserständen am Inn weist die Großache weitaus häufigere Schwankungen auf und lässt damit weniger Regelmäßigkeit erkennen. Höchststände treten sowohl im Februar als auch im Herbst auf. Die Grundwasserstände weisen hier ausgesprochen unterschiedliche Jahresgänge auf, einzig die Kurven von GW70416125 und GW70416124 verhalten sich sehr ähnlich. GW70416115 hingegen verhält sich zu beiden teils gegenläufig, GW70410005 weist wie auch bei der GWT nur ausgesprochen geringfügige Schwankungen auf. Der allgemeine Trend allerdings ist ähnlich: Einem abnehmenden Trend bis Februar folgt ein teils markanter Anstieg bis Sommer oder Herbst. Die dem Grundwasserstrom aus dem Tal der Fieberbrunner Ache zugehörige Sonde GW70416121 zeigt eine noch andere Dynamik, die aber aufgrund zahlreicher Datenlücken nicht besser nachvollziehbar ist.

Die Grundwasserstände liegen im Bereich St. Johann weitestgehend deutlich unter Vorfluterniveau (meist 5,0–10,0 m), die Fieberbrunner Ache sowie die Großache agieren hier also potenziell als Speiser des Grundwasserstroms. Dieses Verhältnis ändert sich allerdings in Richtung Kirchdorf deutlich, denn an der Sonde GW70410005 entspricht der Grundwasserstand in etwa dem Vorfluterniveau (Geländehöhe im Bachbett 220 Meter östlich der GW-Sonde gemäß TIRIS bei 645 m ü. A.).

Dennoch reagieren die Grundwasserstände nicht direkt auf unterschiedliche Wasserführungen der Großache. Schneeschmelze und höhere Abflüsse der Oberflächengewässer führen zwar tendenziell

zu steigenden Grundwasserniveaus, die Begleitgrundwasserkörper der Fieberbrunner Ache und Großache weisen aber durchaus eigene Dynamiken auf, deren genauere Untersuchung aber den Rahmen des ggst. Projektes sprengen würde.

5.4.5 Kössen

Für das Gebiet Kössen (siehe Abb. 44) wurden die Daten des Pegels Kössen-Hütte (202382; Wst. absolut und WT), der Niederschlagsmessstelle Kössen (102905; LT, NS, SH; Betreiber: ZAMG) sowie GWT und Wst. der GW-Sonden GW70412080, GW70412220, GW70412216 und GW70412183 herangezogen.

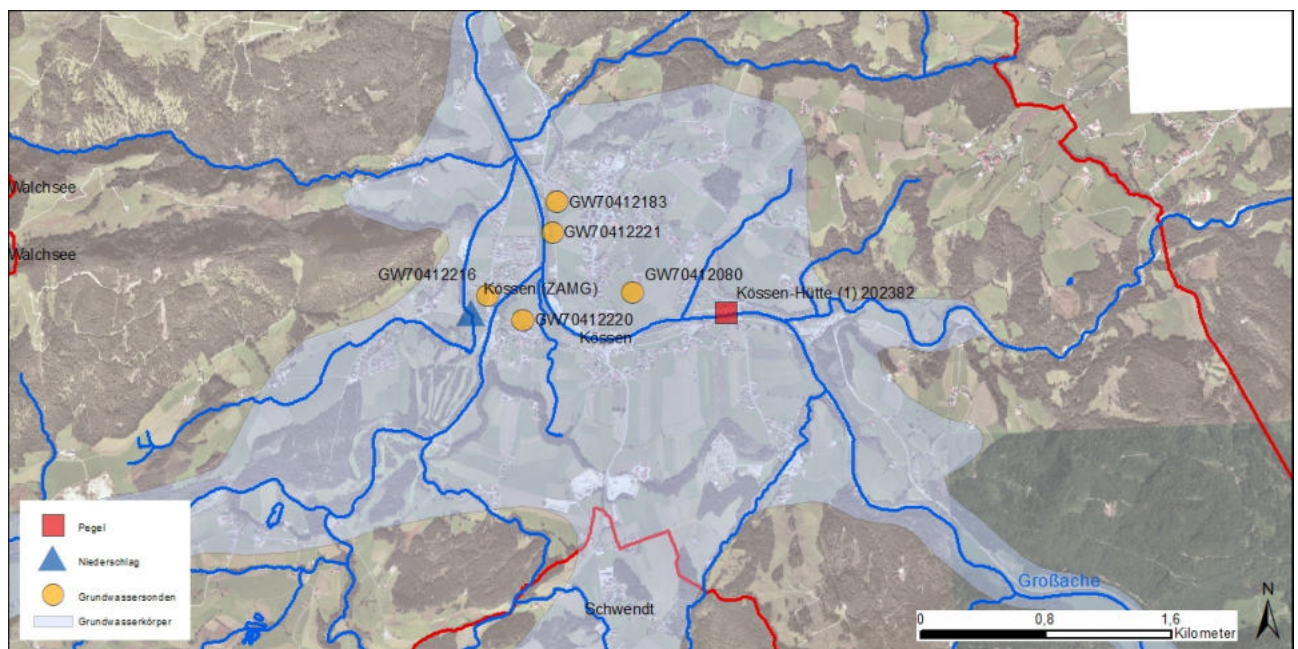


Abb. 44: Übersichtskarte der relevanten Messstellen im Gebiet Kössen

Die entsprechenden Daten des Referenzzeitraumes November 2015 bis November 2018 sind in der folgenden Abb. 45 dargestellt.

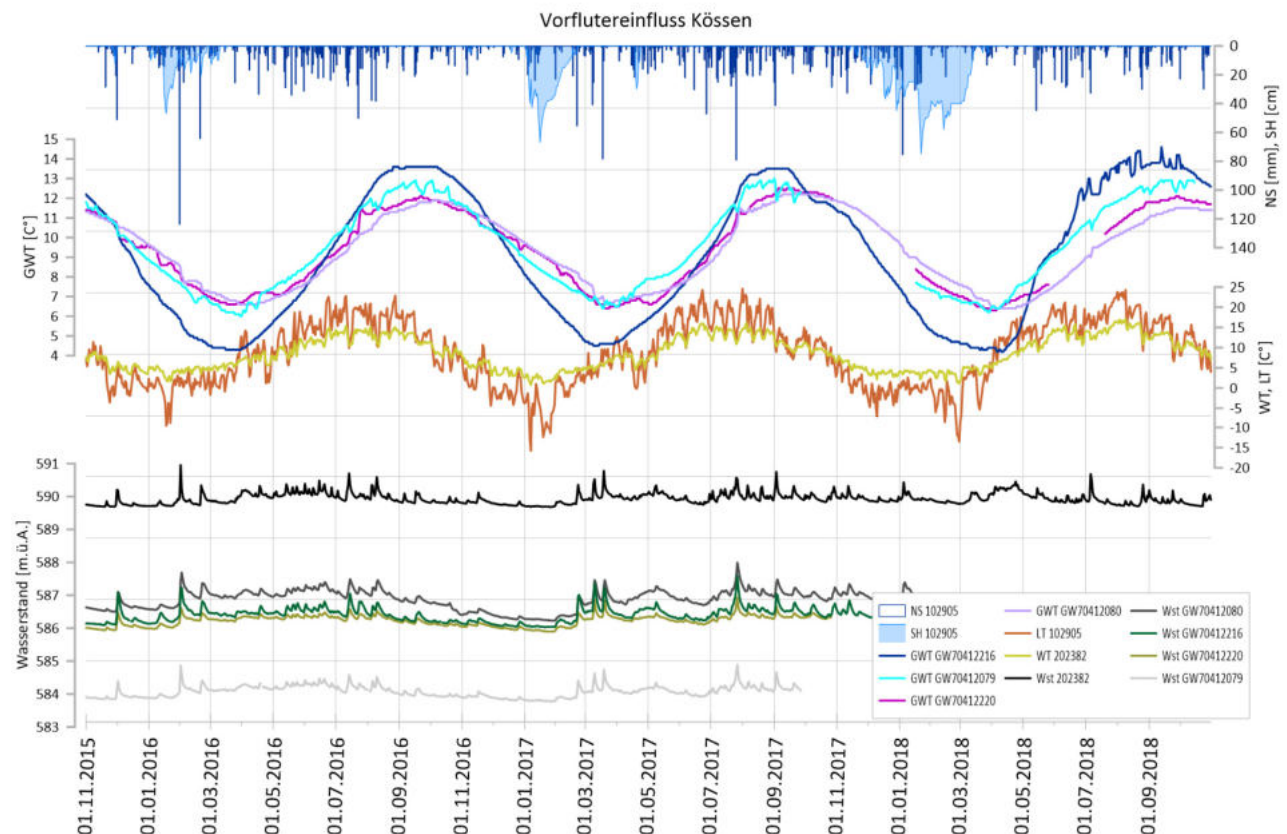


Abb. 45: Datenreihen der Messstellen im Bereich Kössen

Ähnlich dem zuvor betrachteten Gebiet ist auch Kössen verhältnismäßig niederschlagsreich, das langjährige Mittel der Station Kössen liegt gemäß Hydrographischem Jahrbuch 2017 bei über 1.600 mm (Zeitraum 01.01.1981 bis 31.12.2015). Besonders auffällig ist auch hier der hohe Winterniederschlag, es gibt in allen drei Jahren mehrere Monate während Schneedecken jenseits 20,0 cm, insbesondere von Anfang Januar bis Ende März, wobei vor allem im Frühjahr eine langanhaltende und massive Schneedecke zu beobachten ist. Die WT der Großache verhält sich hier ebenso wie bereits für St. Johann beschrieben.

Die GWTs der ausgewählten Grundwassersonden in Kössen zeigen ausgesprochen ähnliche Jahresgänge, was einen markanten Unterschied zu St. Johann darstellt. Bei allen vier Sonden ist eine regelmäßige Saisonalität zu erkennen, die Maxima der GWT treten um Anfang September auf, die Minima Anfang/Ende März. Besonders auffällig ist hier die hohe Amplitude der GWT, die Standardabweichung liegt über 2,0 K. Die GWT der Sonde GW70412216 schwankt im Jahresverlauf um nahezu 10,0 °C. Die Maxima der GWT treten etwa einen Monat nach den Maxima der LT und WT auf, die Minima zeigen eine etwas höhere Phasenverschiebung von etwa zwei Monaten. Ein klarer Zusammenhang der Schwankungen und des GWT-Niveaus mit Messtiefe und/oder Vorfluterentfernung ist nicht erkennbar, keine der Sonden befindet sich unmittelbar am Vorfluter.

Auch hier ist beim Wasserstand der Großache die Tendenz zu kurzfristig auftretenden Maxima feststellbar. Im Gegensatz zu den Sonden in St. Johann hingegen zeichnet der Grundwasserstand diese Änderungen aber ausgesprochen deutlich nach, die meisten Spitzen beim Abfluss spiegeln

sich auch im Grundwasserstand wider. Der Abgleich der Höheninformationen zum Vorfluter im TIRIS mit den Grundwasserständen zeigt darüber hinaus an, dass sie auf einem ähnlichen Niveau liegen. Einige Sonden zeigen aber eine etwas höhere Schwankungsbreite beim Wasserstand als die Großsache, was auf einen möglichen Übergang von Influenz zu Effluenz hinweist.

Im Bereich Kössen kann festgehalten, dass hier der Einfluss des Vorfluters auf die Grundwassertemperaturen hoch ist. Obwohl die Grundwasserstände recht unmittelbar auf Pegelstandsänderungen des Vorfluters reagieren, dauert es einige Wochen bis Monate, bis sich die Auswirkungen der Temperatursignale in der Saisonalität der Ganglinien zeigen.

5.4.6 Sillian

Für das Gebiet Sillian – Heinfels (siehe Abb. 46) wurden die Daten der Pegel Rabland (212027) und Arnbach (202523; jeweils Wst. absolut und WT), der Niederschlagsmessstelle Sillian (113001; LT, NS, SH) sowie GWT und Wst. der GW-Sonden GW70728056, GW70728061, GW70728067, GW70728068, GW70728070, GW70728074 und GW70735016 herangezogen.

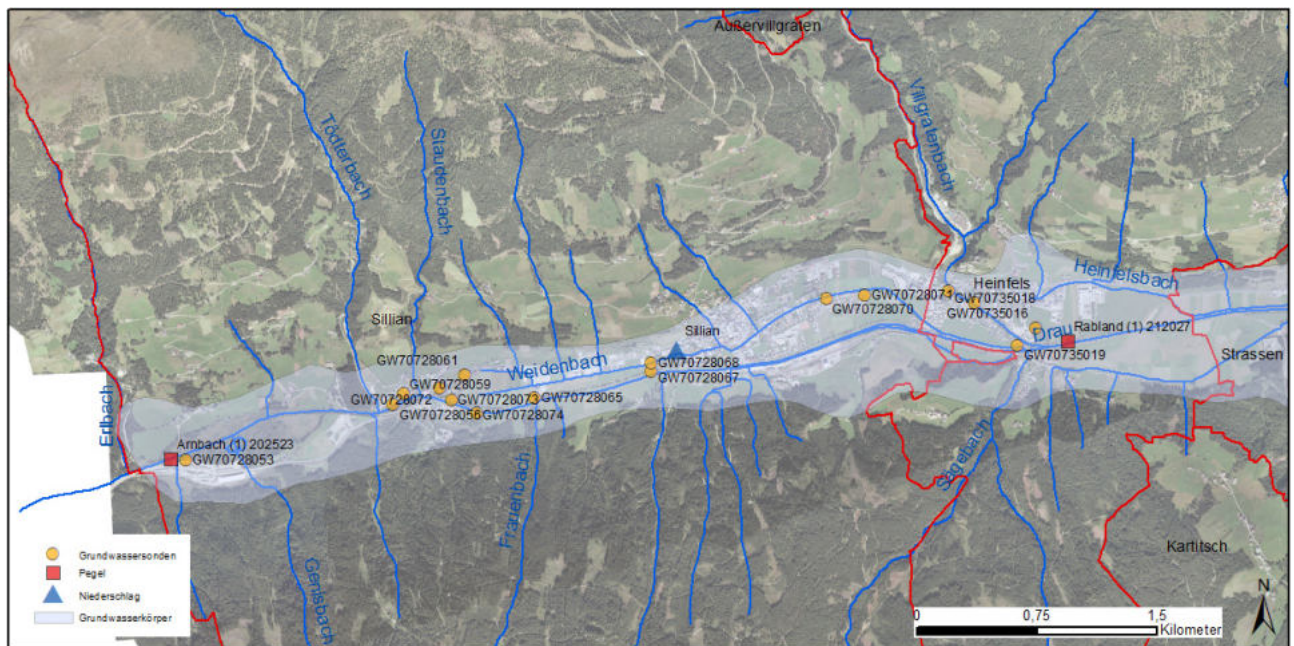


Abb. 46: Übersichtskarte von den Grundwassersonden, Niederschlagsmessstelle und Pegel in Sillian

Die entsprechenden Daten des Referenzzeitraumes November 2015 bis November 2018 sind in der folgenden Abb. 47 dargestellt.

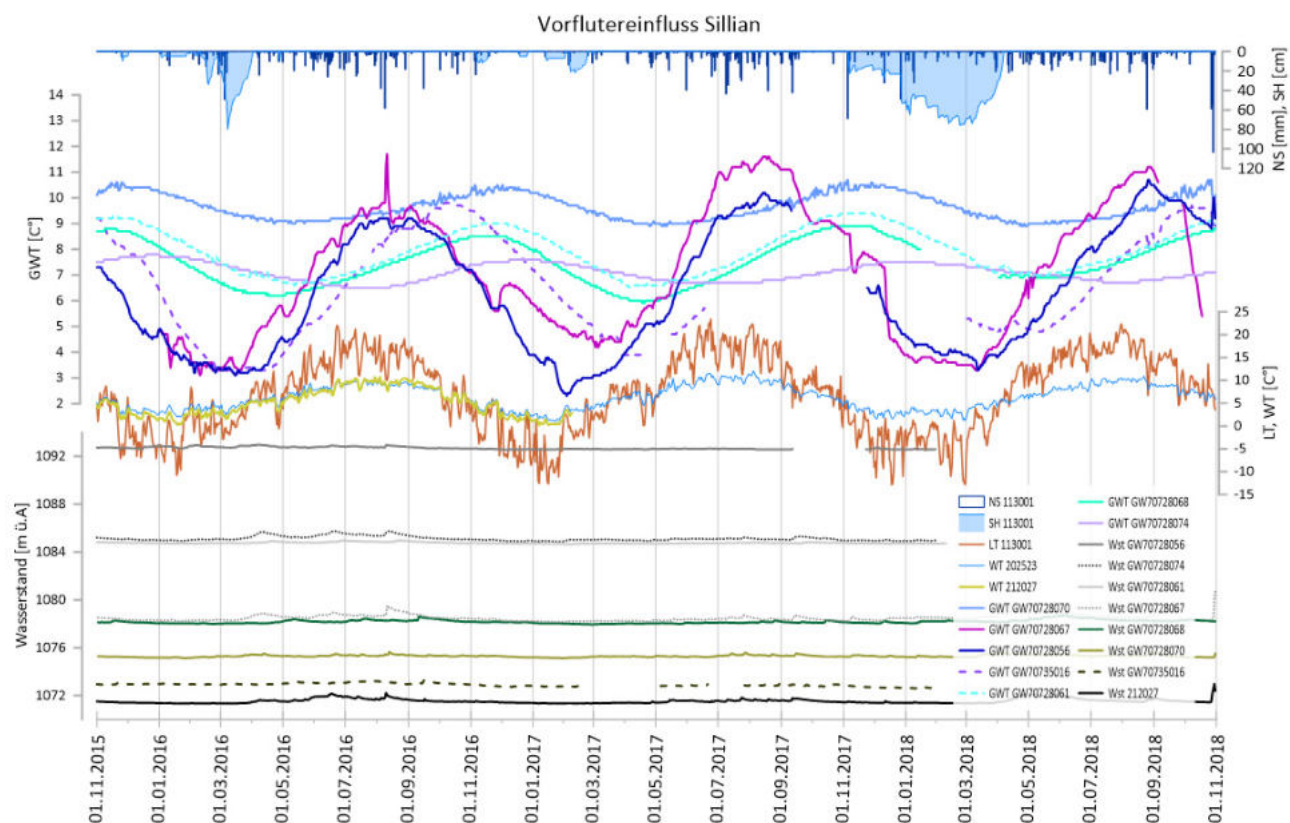


Abb. 47: Datenreihen der Messstellen im Bereich Sillian

Im Vergleich zu den bisher betrachteten Gebieten weist Sillian eher durchschnittliche Niederschlagsmengen auf, das langjährige Mittel der Wetterstation liegt gemäß Hydrographischem Jahrbuch 2017 bei knapp 1.000 mm (Zeitraum 01.01.1981 bis 31.12.2015), also 100 mm über dem von Innsbruck und unter Jenbach. Besonders auffällig sind hier die Schneehöhen, ein beachtlicher Teil des Winterniederschlages fällt als Schnee, der länger anhaltende Schneedecken bildet. 2017/2018 hielt die Schneedecke von Anfang November bis Anfang April an. Die WT der Drau geht deutlich weniger mit der LT mit als bei Inn und insbesondere Großache, sie erreicht statt mehr als 15,0 °C lediglich um die 10,0 °C. Die Daten der WT liegen allerdings nur für einen eingeschränkten Zeitraum vor.

Die GWTs der ausgewählten Grundwassersonden in Sillian und Heinfels zeigen teils ausgesprochen unterschiedliche Jahresgänge bei auf engem Raum recht unterschiedlichen Temperaturniveaus und überall klar erkennbarer Saisonalität. Hinsichtlich der Standardabweichungen sind die Sonden im Pustertal ziemlich weit oben mit dabei, allein die Sonden GW70728056 und -67 weisen Schwankungen von mehr als 8,0 K auf. Bei diesen beiden Sonden fällt auf, dass teils Temperatursprünge auftreten, die im unmittelbaren Zusammenhang mit Schneeschmelz- und Niederschlagsereignissen – und zumindest bei der -67 auch GW-Hochständen – zu stehen scheinen. Beide Sonden befinden sich zudem in unmittelbarer Vorfluternähe und zeigen überdies die geringsten saisonalen Shifts von wenigen Wochen.

Die Sonden GW70728061, -68 und insbesondere -70 und 74 zeigen untereinander ein ähnliches Verhalten mit geringeren Schwankungen der GWT im Jahresverlauf (etwa 1,0 bis 2,5 K) und

höheren saisonalen Shifts von etwa 3 bis 5 Monaten. Bis auf die -74er Sonde – bei welcher die GWT allerdings auch in etwas größerer Tiefe von 9,0 m gemessen wird – befinden sich die Sonden in größerer Entfernung zum Vorfluter (etwa 60 bis 300 m). Die GW70735016 in Heinfels-Panzendorf liegt sowohl bei Schwankungsbreite als auch den saisonalen Shifts in etwa zwischen diesen beiden Extrema.

Ein direkter Zusammenhang der Schwankungen der GWT mit der Messtiefe ist nicht erkennbar, wobei allerdings darauf hingewiesen werden muss, dass die Messtiefen in diesem Gebiet mit 5,0 bis 9,0 m relativ gering sind und – mit Verweis auf Kap. 5.3 Temperatur-Tiefenprofile – damit in der Regel noch im Bereich mit höheren GWT-Schwankungsbreiten liegen. Die näher am Vorfluter befindlichen Sonden zeigen tendenziell höhere Schwankungen der GWT und geringere saisonale Shifts.

Der Wasserstand der Drau zeigt in der Regel primäre Maxima bei Schneeschmelze im Mai/Juni und sekundäre bei Starkniederschlägen im Sommer/Herbst. Bei den meisten näher an der Drau liegenden Sonden zeichnet der Grundwasserstand diese Änderungen deutlich nach, die weiter entfernten Messstellen zeigen verzögerte und gedämpfte Wasserstandsänderungen. Da der Pegel Rabland (201681) niedriger liegt als sämtliche Messstellen, ist ein direkter Vergleich von Vorfluter- und GW-Niveau schwierig. Angesichts der geringen Messtiefen und auf Basis von WIS-Informationen ist der GW-Stand aber durchaus hoch und in etwa auf Vorfluterniveau anzusetzen. Das zeigt sich auch in der guten Korrespondenz der Wasserstände und vorfluternahen GW-Temperaturen.

Eine weitere Auffälligkeit stellt das GWT-Niveau der am weitesten von der Drau entfernten Sonde GW70728070 dar, welches mit fast 10,0 °C um mehr als 1,0 bis 2,0 K über dem der restlichen Sonden liegt. Aufgrund der Lage innerhalb des Haupt-Siedlungsgebietes von Sillian könnte es sich um anthropogen erhöhte GWT handeln. Die hier nicht abgebildete und etwas weiter abstromig und am Rande des Siedlungsgebietes liegende Sonde -71 zeigt ebenfalls ein gegenüber der GWT der restlichen Sonden erhöhtes Niveau, wenngleich auch etwas abgeschwächer.

5.5 Grundwassergebiete Tirols – Datenlage und Charakteristika

In diesem Unterkapitel finden sich die Kurzbeschreibungen sämtlicher Grundwassergebiete Tirols (basierend auf dem hydrologischen Atlas) wieder. Eine Übersicht dieser Gebiete einschließlich Zusatzinformationen zu Ausdehnung und Datenlage wird in Tab. 2 gegeben. Basierend auf dem Zahlencode und dem Gebietsnamen wird in jeweiligen Unterkapiteln auf das Grundwassergebiet kurz eingegangen, eine Übersichtskarte mit den verfügbaren GWT-Messstellen eingefügt und schließlich sowohl die GWT-Ganglinien des Referenzzeitraums 01.11.2015 bis 31.10.2018 sämtlicher Messstellen dargestellt wie auch dazugehörige Box-Whisker-Plots.

Liegen für ein Grundwassergebiet keine kont. Zeitreihen aus dem Referenzzeitraum vor, werden – sofern vorliegend – Daten aus anderen Quellen und ggf. anderer zeitlicher Auflösung herangezogen, um auf Basis der in diesem Bericht gewonnenen Erkenntnisse zumindest eine grobe Abschätzung der zu erwartenden Grundwassertemperaturen zu geben.

Tab. 2: Übersichtstabelle der Grundwassergebiete Tirols einschließlich einiger Charakteristika

Code	GW-Gebiet	Fläche [km²]	Länge [km]	Vorfluter	Anzahl Sonden	Mittlere Höhe [m ü.A.]
10	Tannheimertal	16,4	19	Vils	1	1.100
11	Unteres Vilstal	8,4	5	Vils	1	800
12	Unteres Lechtal	47,2	33	Lech	6	870
13	Ehrwalder Becken	8,6	4	Loisach	0	960
14	Leutascher Becken	9,0	12	Leutascher Ache	2	1.100
15	Scharnitzer Becken	3,4	6	Isar	1	1.000
16	Seefeldler Becken	5,7	6	Seebach	1	1.170
17	Gurgltal	15,3	14	Gurglbach	2	780
18	Oberes Ötztal	14,1	20	Ötztaler Ache	5	1.300
18	Unteres Ötztal	13,9	16	Ötztaler Ache	8	900
19	Oberinntal	89,0	58	Inn	40	700
20	Unterinntal	182,5	97	Inn	56	530
21	Wipptal	7,9	8	Sill	1	1.040
22	Zillertal	41,5	29	Ziller	3	600
23	Achental	19,9	20	Ache	2	930
24	Oberes Gericht	15,9	22	Inn	1	910
25	Großachengebiet	93,7	87	Großache	15	800
26	Pillerseetal	9,6	9	Grießelbach	0	880
27	Strubtal	6,9	9	Grießelbach	1	760
28	Oberes Lechtal	19,1	23	Lech	2	1.040
32	Fernpass	9,9	9	Loisach	1	1.180
43	Zwischentoren	11,9	15	Grundbach	0	1.090
44	Tuxertal	4,4	8	Tuxbach	0	1.340
45	Stanzertal	8,8	14	Rosanna	2	1.270
46	Paznauntal	9,0	30	Trisanna	2	1.200
47	Kaunertal	5,7	16	Fagge	0	1.200
48	Pitztal	8,8	17	Pitze	0	1.111
49	Sellraintal	10,1	22	Melach	0	1.420
50	Stubaital	11,8	13	Ruetz	2	1.040
51	Gschnitztal	7,1	11	Gschnitzbach	0	1.290
52	Gerlostal	1,8	6	Gerlosbach	1	1.250
53	Brixental	23,0	26	Brixentaler Ache	2	670
54	Weißachengebiet	13,7	14	Weißache	3	690
402	Matreier Becken-Virgental	6,5	8	Isel	1	1.020
403	Iseltal	14,5	19	Isel	2	790
404	Pustertal	17,1	27	Drau	17	920
405	Lienzer Becken	18,0	9	Drau	5	680
410	Oberes Drautal	18,0	10	Drau	10	640

5.5.1 10 Tannheimertal

Das Tannheimertal befindet sich im Außerfern rund um die Gemeinde Tannheim und reicht vom Lechtal bis zum Allgäu. Das GWG umfasst eine Fläche von ca. 16,4 km² und eine Länge von rund 19,0 km. Der Vorfluter ist die Vils und die mittlere Höhe des GWG befindet sich auf 1.115 m ü. A. Es befindet sich eine Grundwassersonde mit Temperaturdaten in diesem GWG, GW70832010 bzw. Grundwassersonde Tannheim Innerg. BL1 (Abb. 48), die sich zwischen Haldensee und Tannheim orographisch links des Berger Baches im Auwald auf etwa 1.000 m ü. A. befindet.

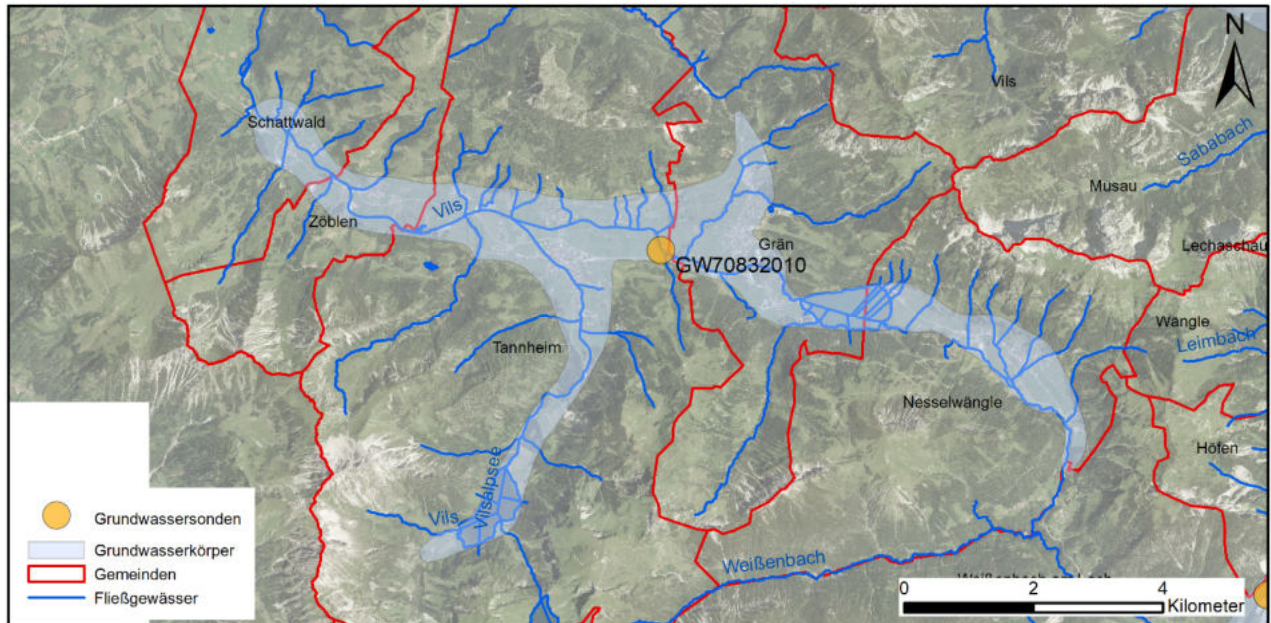


Abb. 48: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Tannheimertal

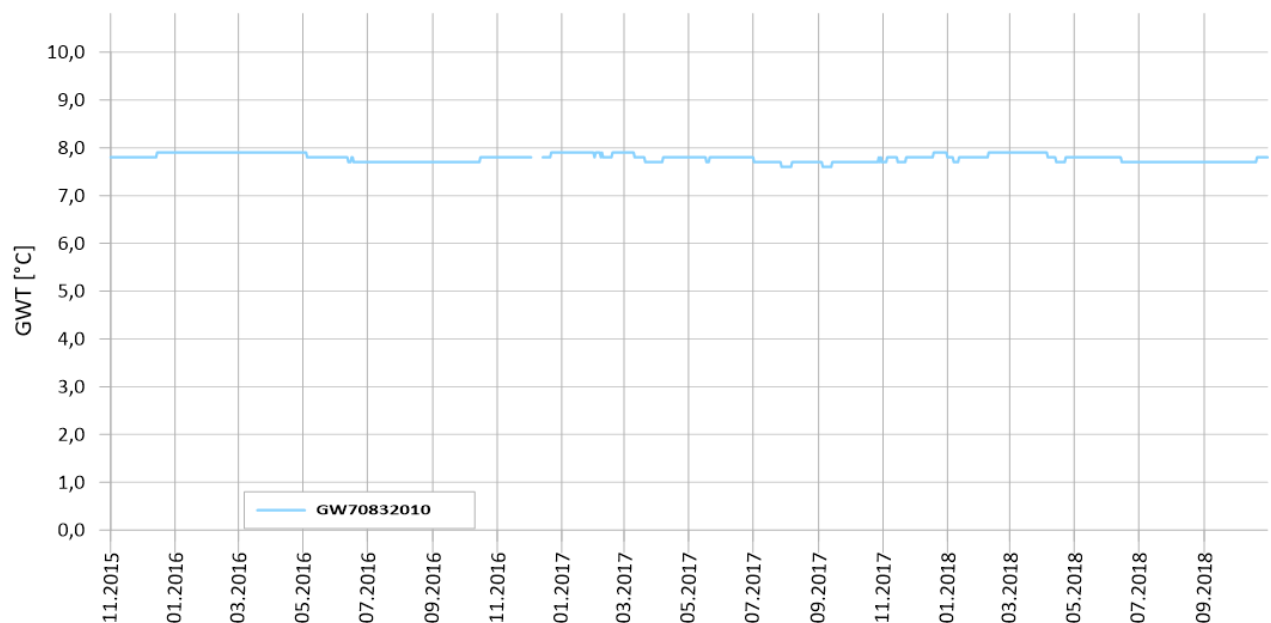


Abb. 49: Datenreihe der Messstelle GW70832010 im Tannheimertal

Tab. 3: Basisdaten der Messstelle

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StabwN [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70832010	Tannheim- Innerg., BI 1	1102,6	9,0	7,8	7,6	7,9	0,1	7,7	7,9	0,3

Die Schwankung der Temperatur ist gering und beträgt 0,2 K. Es ist eine geringfügige Saisonalität mit Maxima im Winter und Minima im Sommer/Herbst erkennbar, was auf eine zumindest halbjährliche Phasenverschiebung zwischen GWT und WT/LT hinweist. Trotz der im Durchschnitt liegenden Messtiefe von 9 m und der Lage am Berger Bach ist hier kaum Oberflächen- und Vorflutereinfluss erkennbar. Dies spiegelt sich auch im Box-Whisker-Plot wider (Abb. 50), der aufgrund der geringen Schwankung nur einen kleinen Wertebereich umfasst, wobei der Median bei 7,8 °C liegt.

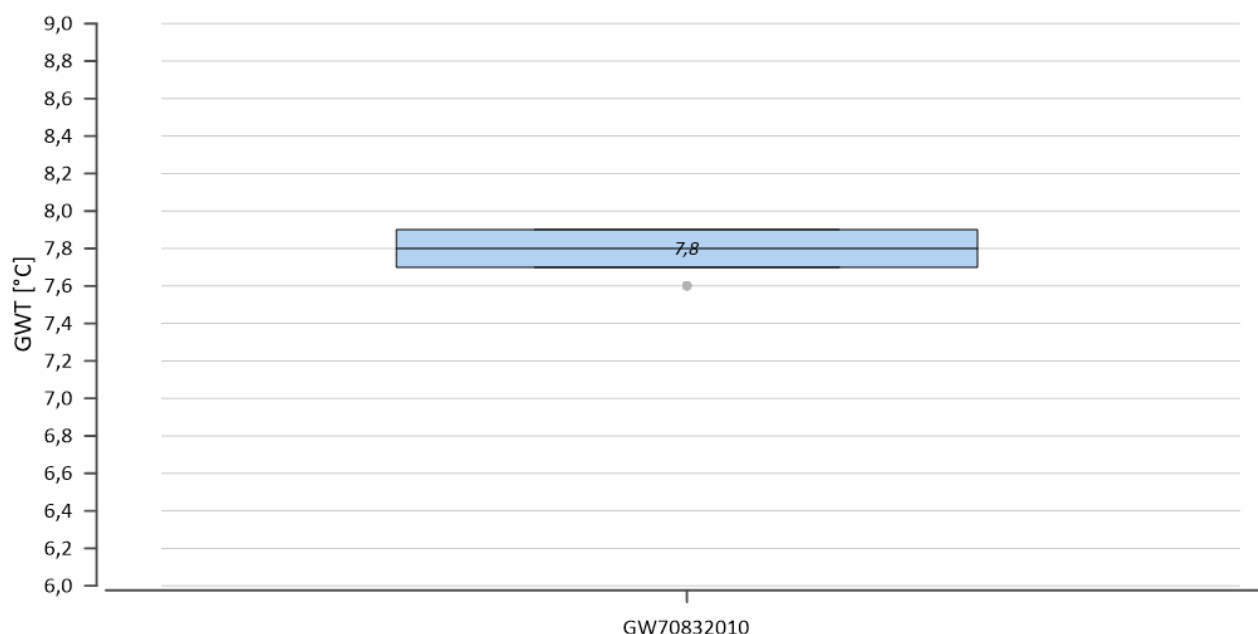


Abb. 50: Box-Whisker-Plot der Datenreihe

Dies stellt in Hinblick auf thermische Grundwassernutzungen einen Optimalfall dar. An Orten mit höherem Vorfluter- und Oberflächeneinfluss insbesondere entlang der Vils ist mit ausgeprägteren Saisonalitäten zu rechnen. Allerdings bestätigen Einzelmessungen der GWT an den Messstellen TB Schmieden (GW70832003) und TB EWVA Vilsalpsee (GW70832004), die zwischen 7,8 und 8,4 °C liegen, diese eher geringen GWT-Schwankungen.

Einschätzung:

Auf Basis der vorliegenden Informationen sowie Einzelmessungen aus dem WIS ist im GWG Tannheimer Tal eine mittlere GWT von $8,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ mit einer Schwankungsbreite von etwa $\pm 1,5\text{ K}$ zu erwarten.

Bei geringerer Mess- bzw. Entnahmetiefe sowie in unmittelbarer Vorfluternähe können höhere saisonale Temperaturschwankungen auftreten.

Für thermische Grundwassernutzungen sind jedenfalls eigene Erhebungen im Zuge der Planung nötig.

5.5.2 11 Unteres Vilstal

Das Untere Vilstal befindet sich im Außerfern und reicht von der deutschen Grenze über die Gemeinde Vils bis zum Lech. Das GWG umfasst eine Fläche von ca. 8,4 km² und eine Länge von etwa 5,0 km. Der Vorfluter dieses GWG ist die Vils. In dem GWG befindet sich eine Grundwassersonde mit repräsentativen Temperaturdaten (Vils BL 1, GW70833004, siehe Tab. 4). Diese Sonde befindet sich bei einer GOK von knapp 816 m ü. A. höhenmäßig in der Mitte des GWG. Die GWT wird in 7 Metern Tiefe gemessen, die Sonde liegt etwa 30 m orographisch links der Vils. Die GWT wird in 7 Metern Tiefe gemessen, die Sonde liegt etwa 30 m orographisch links der Vils.

In Abb. 52 wird der Jahresgang der GWT im Referenzzeitraum dargestellt. Darin ist ersichtlich, dass die Temperatur hier sehr stark von etwa 3,9 °C bis auf 13,3 °C schwankt. Darüber hinaus fallen zahlreiche Spitzen, also Ausreißer nach oben und unten auf, die den saisonalen Verlauf etwas verzerren. Das spricht für starke Infiltration im unmittelbaren Sondenbereich, welche im Winterhalbjahr z. B. bei Schneeschmelze zu kurzzeitigen Temperaturminima führen. Im Sommerhalbjahr hingegen kommt es bei stärkeren Niederschlags- und GW-Neubildungsereignissen zu temporären Maxima.

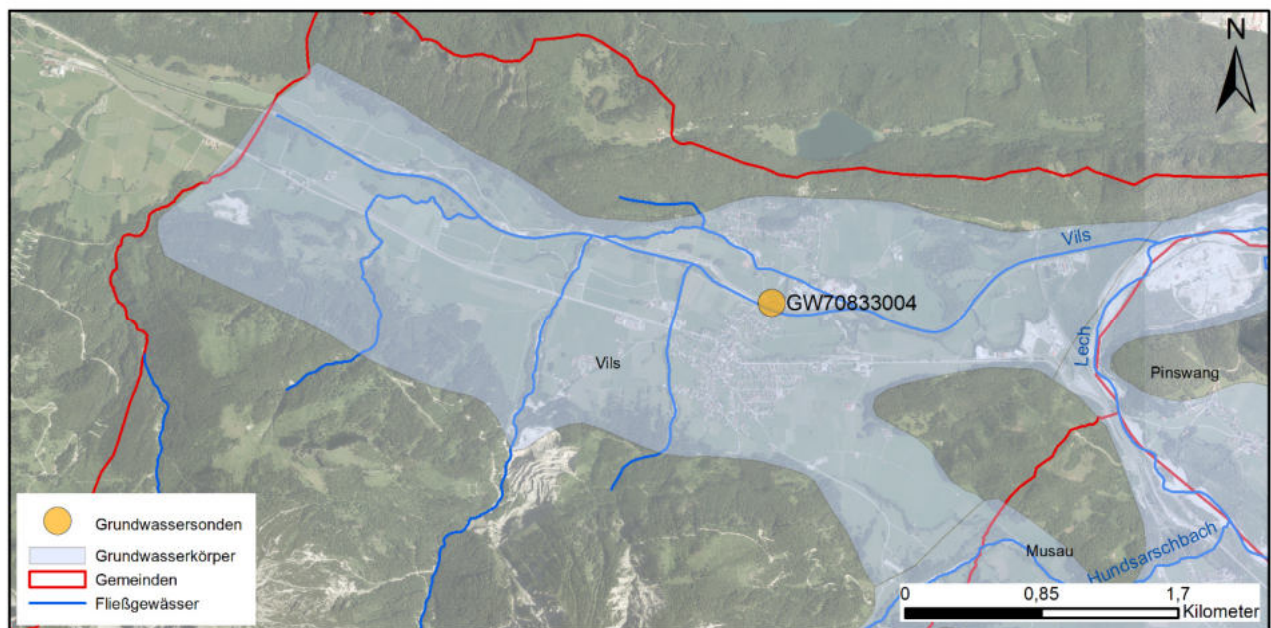


Abb. 51: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unteren Vilstal

Tab. 4: Basisdaten zur Messstelle im Unteren Vilstal

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StabwN [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70833004	Vils, Bl 1	815,8	7,0 m	9,8	3,9	13,3	2,1	6,1	11,8	9,4

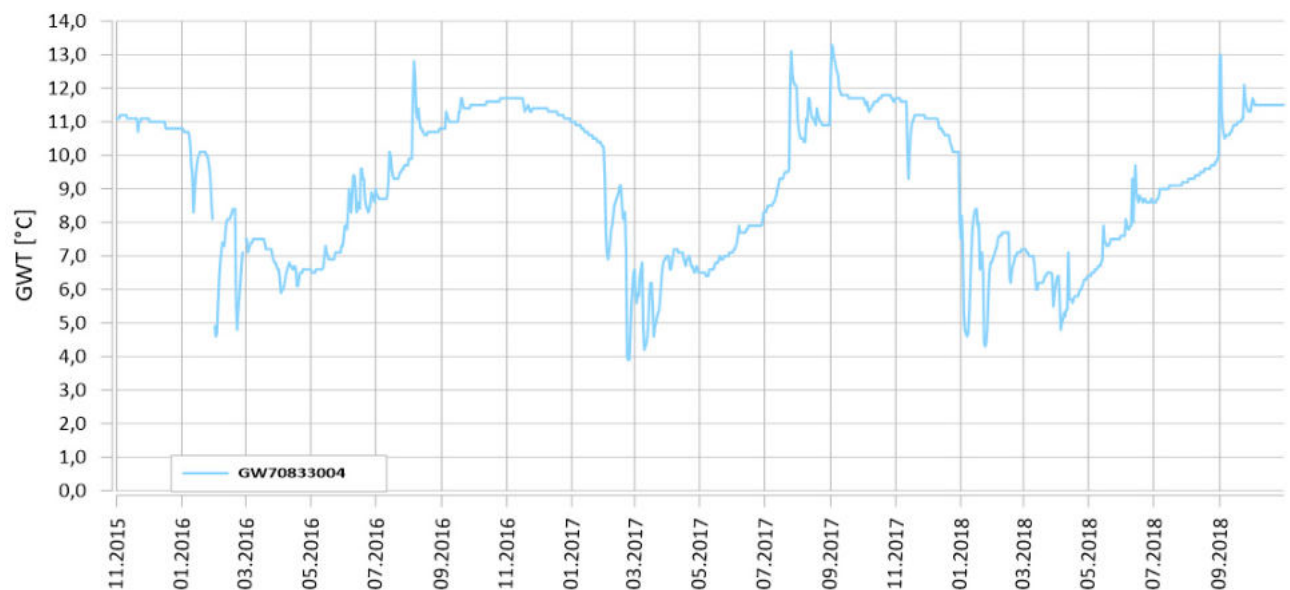


Abb. 52: Datenreihen der Messstelle GW70833004 im Unteren Vilstal

In Abb. 53 werden diese Ausreißer nochmals deutlich durch die Werte, die über bzw. unter der 95er und 5er Perzentile liegen. Etwa 50 % der Werte liegen zwischen 7,0 °C und 11,0 °C und 90 % liegen innerhalb von rund 6,0 °C und 12,0 °C. Der Median liegt bei 9,3 °C.

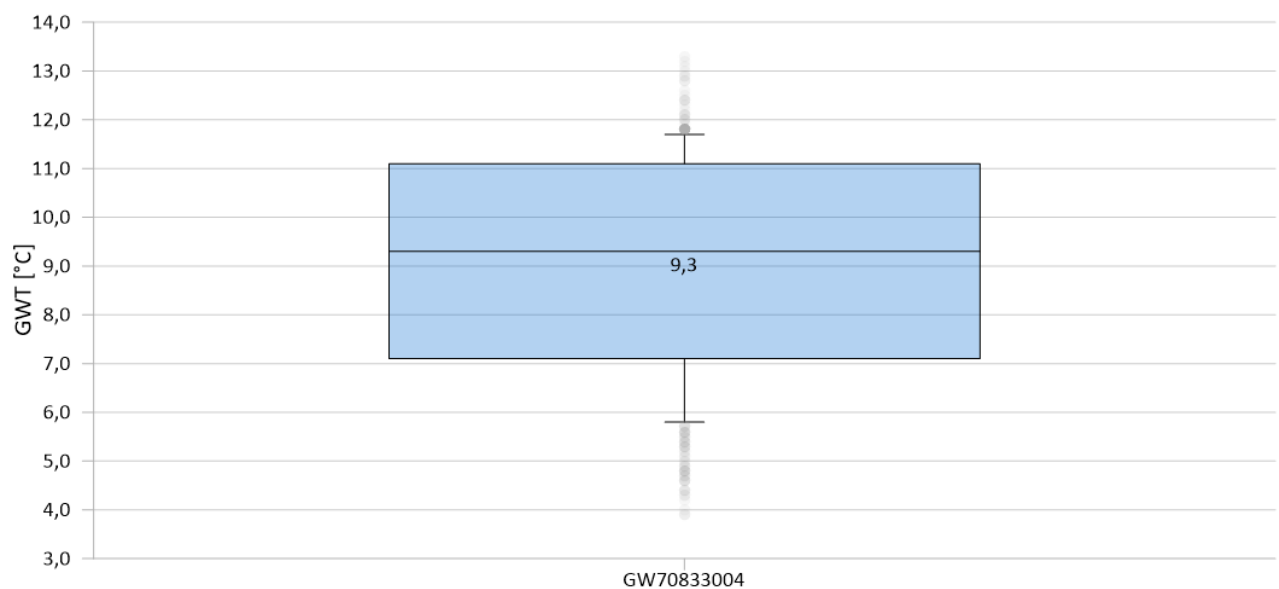


Abb. 53: Box-Whisker-Diagramm der Messstelle

Die Ausreißer sind wohl nicht als repräsentativ für das GWG zu erachten, sondern durch Ausbau und Lage der Messstelle bedingt, daher eignen sich P5 und P95 besser zur Annäherung. Das gilt auch für weitere Messstellen mit ähnlichem Verhalten.

Einschätzung:

Auf Basis der vorliegenden Information sowie Einzelmessungen aus dem WIS ist im GWG Unteres Vilstal eine mittlere GWT von 8,5 °C bis 9,5 °C mit einer Schwankungsbreite von etwa $\pm 1,5$ K zu erwarten.

Bei geringerer Mess- bzw. Entnahmetiefe treten höhere saisonale Temperaturschwankungen bis zu $\pm 3,0$ K auf, ebenso bei Vorfluternähe < 100 m.

Auf Basis der zu erwartenden mittleren GWT und der Flurabstände sind thermische Grundwassernutzungen prinzipiell möglich, im Zuge der Planung sind aber jedenfalls eigene Erhebungen notwendig.

5.5.3 12 Unteres Lechtal

Das Untere Lechtal befindet sich im Außerfern und reicht von der Gemeinde Elmen bis zur deutschen Grenze im Norden (Abb. 54). Dieses GWG umfasst eine Fläche von ca. 47,2 km² und weist eine Länge von ca. 33,0 km auf. Der Hauptvorfluter ist der Lech, die mittlere Höhe liegt bei etwa 870 m ü. A. In diesem GWG befinden sich 4 Grundwassersonden mit verwendbaren Temperaturdaten (siehe Tab. 5).

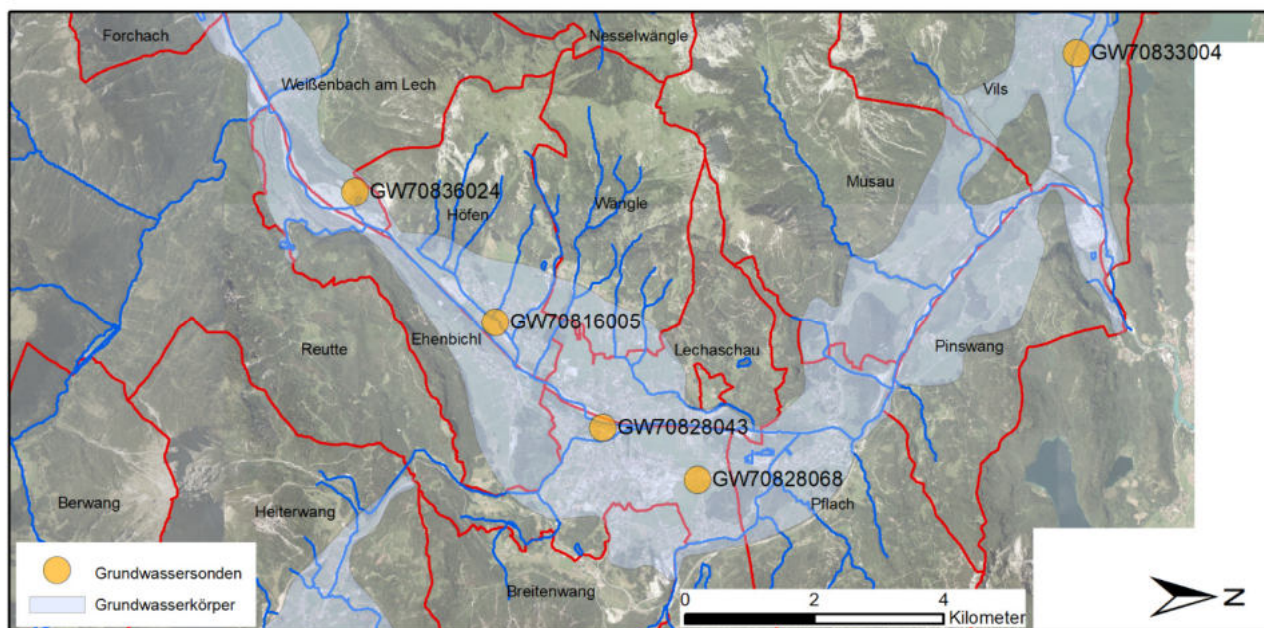


Abb. 54: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Unteres Lechtal

Tab. 5: Basisdaten der vier Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70816005	Höfen, Bl 1	856,0	9,1	8,6	4,4	11,7	1,9	5,5	11,1	7,3
GW70828043	Reutte, Bl 12	845,3	8,9	8,6	7,0	10,5	1,1	7,2	10,3	3,5
GW70828068	Reutte, Blt 16	846,1	17,0	9,7	6,7	13,2	2,0	7,1	12,7	6,5
GW70836024	Weißenbach, Bl 3	870,5	6,9	7,9	4,1	11,3	1,3	5,8	10,1	7,2

Abb. 55 zeigt den Temperaturverlauf der vier Grundwassersonden im Unteren Lechtal im Referenzzeitraum. Drei Sonden zeigen einen ähnlichen Verlauf, wobei allerdings Sonde GW70836024 auffällige Anomalien zeigt wie teils zwei saisonale Temperaturpeaks sowie insbesondere 2017/2018 starke temporäre Schwankungen. Dies könnte durch den unmittelbar oberstromig gelegenen Betrieb der Storf Schotterwerke bedingt sein. Die Sonde GW70828068, deren teilweise Auffälligkeiten bereits in Abschnitt 5.3.2.12 beschrieben wurden, zeigt einen azyklischen Temperaturverlauf mit Maxima im März/April (also vor den Maxima der LT und WT) und Minima im Oktober/November (also wiederum vor denen der WT und LT).

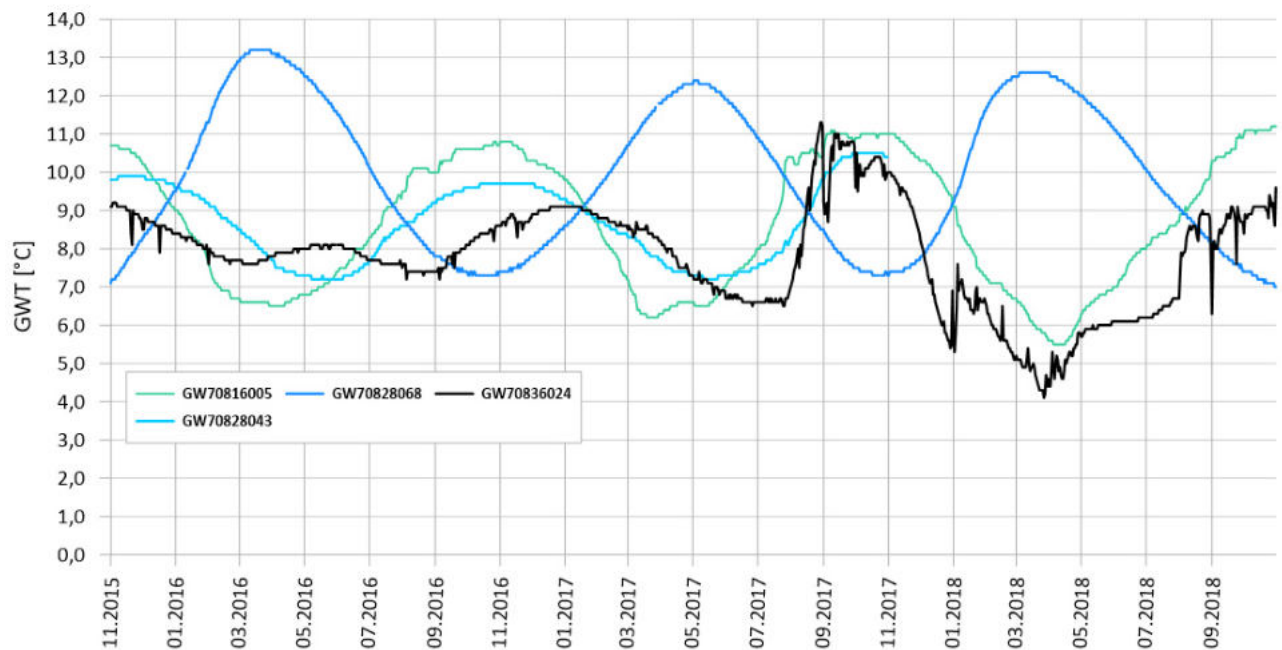


Abb. 55: Datenreihen der Messstellen im Unteren Lechtal

Abb. 56 zeigt die Box-Whisker-Plots von den Grundwassersonden im Unteren Lechtal. Die am höchsten liegende Sonde in Weißenbach weist mit 7,9 °C den geringsten Median auf, die am niedrigsten liegende in Reutte mit 9,7 °C den höchsten Median. Allgemein weisen die Sonden hier unabhängig von der Messtiefe jeweils überdurchschnittlich hohe saisonale Schwankungsbreiten auf.

Einzelmessungen beim TB Pinswang (GW70827001), TB Lüss II und III (GW70828015 und GW70828074) sowie TB Weißenbach (GW70836013) bestätigen diese Schwankungsbreiten.

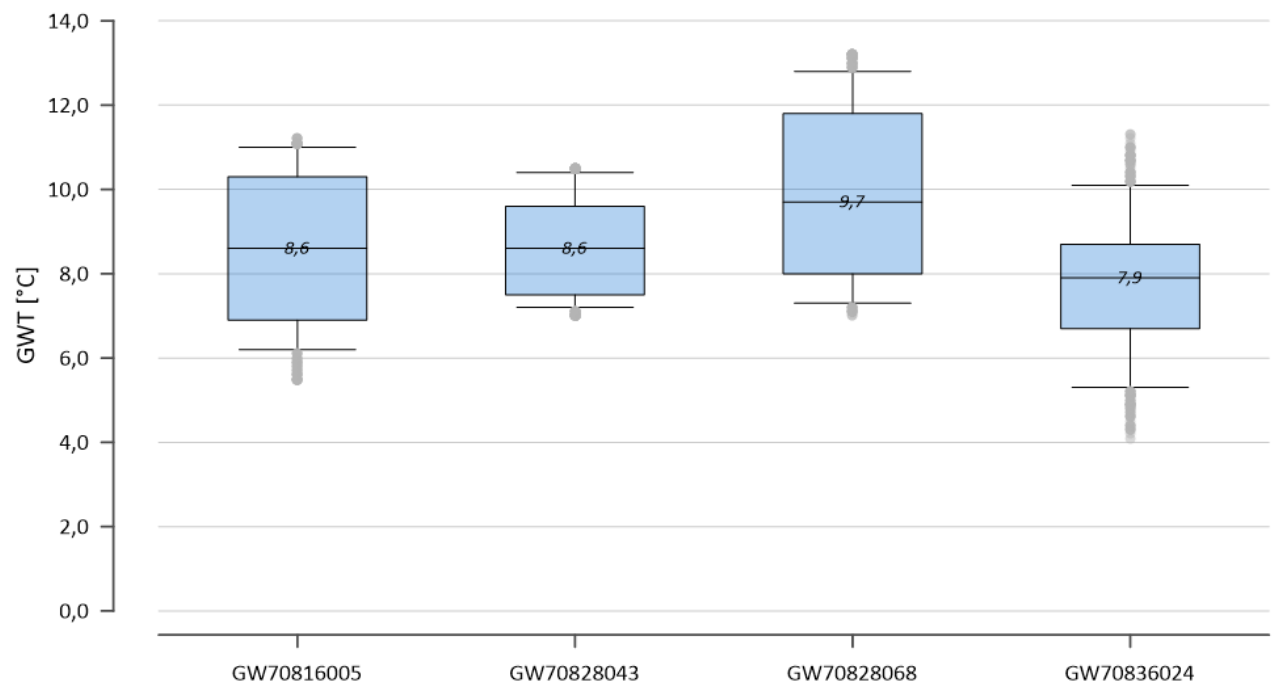


Abb. 56: Box-Whisker-Plots der Messstellen

Einschätzung:

Auf Basis der vorliegenden Informationen sowie Einzelmessungen aus dem WIS ist im GWG Unteres Lechtal eine mittlere GWT von 8,0 °C bis 9,0 °C mit einer Schwankungsbreite von etwa $\pm 2,0$ K zu erwarten. Im Siedlungsgebiet insbesondere von Reutte können höhere Temperaturen angetroffen werden.

Insbesondere bei geringerer Entfernung zum Lech (im Wesentlichen unter 100 m) können noch höhere jahreszeitliche Schwankungen mit mehr als $\pm 3,0$ K erwartet werden.

Auf Basis der zu erwartenden mittleren GWT und der vorfluternahen Flurabstände sind thermische Grundwassernutzungen prinzipiell möglich, im Zuge der Planung sind aber jedenfalls eigene Erhebungen hinsichtlich GWT notwendig.

5.5.4 13 Ehrwalder Becken

Das Ehrwalder Becken befindet sich im Außerfern und umfasst das Gebiet um die Gemeinden Ehrwald im Osten, Lermoos im Westen und Biberwier im Süden (Abb. 57). Die Fläche des Grundwassergebietes beträgt ca. 8,6 km², es besitzt in Ost- und Westrichtung eine Ausdehnung von max. 5 km. Der Vorfluter dieses GWG ist die Loisach und die mittlere Höhe beträgt 965 m ü. A. In diesem GWG befinden sich keine Grundwassersonden mit Temperaturdaten. Es liegen auch weder Einzelmessungen aus der Eigenüberwachung im WIS noch Daten aus Bescheiden bestehender Grundwassernutzungen vor.

GWT-Messungen, die am Nikolaus-Bader-Schacht nahe der Loisachquelle in Biberwier erfolgten, der etwa 100 hm höher gelegen ist, betragen im Mittel der verschiedenen Tiefenstufen zwischen etwa 6,5 °C und 8,0 °C (WOLKERSDORFER & MUGOVA 2020). Diese Lokalität befindet sich allerdings im südlich angeschlossenen Fernpass-Grundwassergebiet.

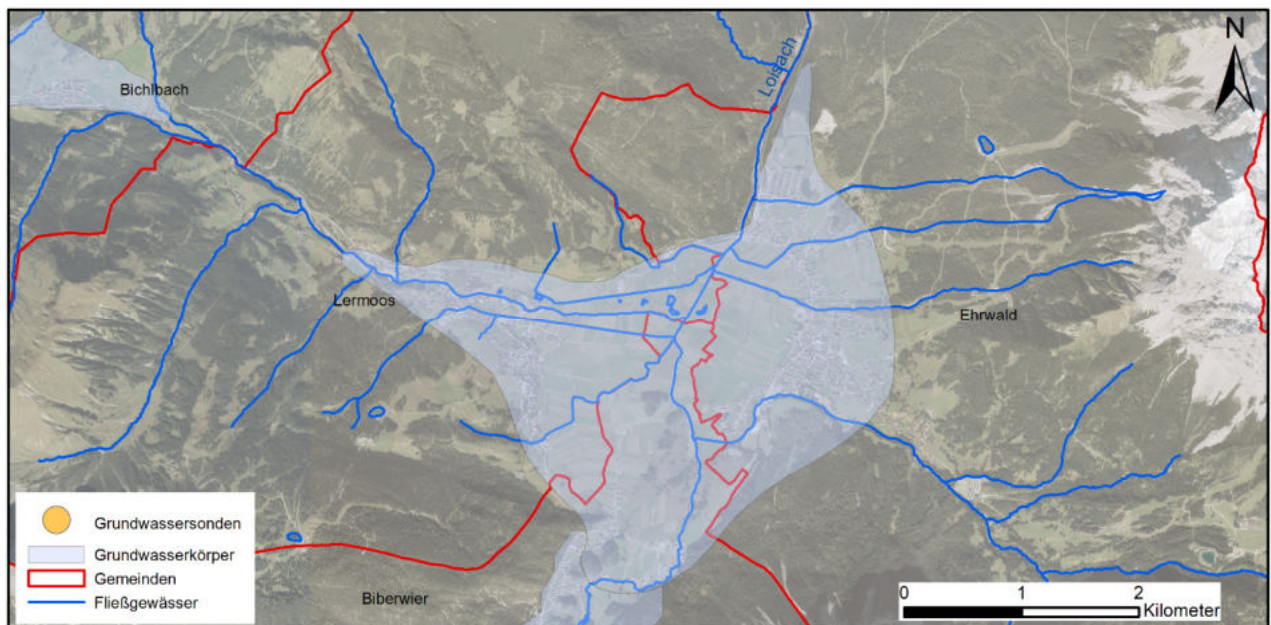


Abb. 57: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Ehrwalder Becken

Einschätzung:

Zum Aquifer im Ehrwalder Becken liegen nur wenige Informationen vor. Punktuelle Informationen zu Grundwasserstand und Geologie deuten auf einen relativ heterogenen Aufbau hin.

Eine mittlere GWT von etwa 8,0 °C mit einer Schwankungsbreite von etwa $\pm 1,5$ K erscheint plausibel. Abweichungen sind nahe der Oberflächengewässer zu erwarten. Der artesisch gespannte Grundwasserkörper im Norden weist im Mittel aller GZÜV-Messungen an der Messstelle GW70821001 eine GWT von 7,6 °C auf.

Auf Basis der zu erwartenden mittleren GWT und der Flurabstände sind thermische Grundwassernutzungen prinzipiell möglich, im Zuge der Planung sind aber jedenfalls eigene Erhebungen auch insbesondere hinsichtlich der hydrogeologischen Situation notwendig.

5.5.5 14 Leutascher Becken

Das Leutaschtal reicht von der Hohen Munde bis zur deutschen Grenze nach Mittenwald (Abb. 58). Darin befindet sich auch das Grundwassergebiet Leutascher Becken, welches sich auf einer mittleren Höhe von ca. 1.100 m ü. A. befindet (etwa 1.150 bis 1.020 m ü. A.). Die Fläche des Grundwassergebietes beträgt ca. 9,0 km² und die Länge rund 12,0 km. Der Vorfluter dieses Grundwassergebietes ist die Leutascher Ache. In diesem Grundwassergebiet befinden sich zwei Grundwassersonden mit verwendbaren Temperaturdaten (siehe Tab. 6). Die Sonde GW70326001 befindet sich auf einer Geländehöhe von etwa 1.093 m ü. A. weniger als 20 m orographisch links der Leutascher Ache. Die GW70326002 liegt über 700 m WSW davon etwa 13,0 m höher.

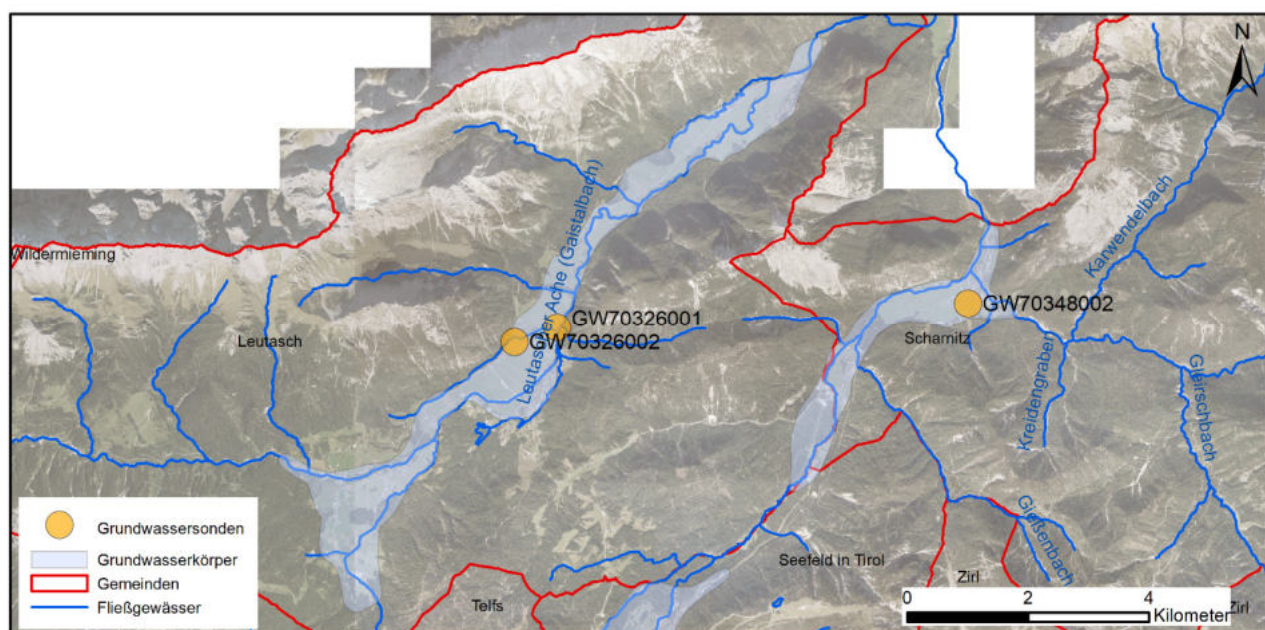


Abb. 58: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Leutascher Becken

Tab. 6: Basisdaten der zwei Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70326001	Leutasch-Arn, Bl 3	1091,3	19,1	6,9	3,4	8,4	0,8	5,0	7,7	5,0
GW70326002	Leutasch-Gasse, Bl 7	1104,8	34,0	7,6	7,3	8,2	0,2	7,3	8,0	0,9

Abb. 59 zeigt den Temperaturverlauf von zwei Grundwassersonden im Leutascher Becken im Referenzzeitraum. Von der GW70326002 liegen GWT-Daten erst ab Juni 2017 vor, sie wurde dennoch hinzugezogen, da die andere Sonde eine starke negative GWT-Anomalie aufweist. Bei dieser Sonde sinkt die GWT etwa im Zeitraum der Schneeschmelze innerhalb etwa eines Monats um bis zu 3,0 K ab. Der Wiederanstieg auf Normalniveau auf etwa 6,5 °C erfolgt innerhalb von zwei Monaten. Im restlichen Jahresverlauf schwankt die GWT bei beiden Kurven nur mehr um etwa 1,0 K. Dieses Verhalten widerspiegelt sich auch deutlich in den Box-Whisker-Plots (Abb. 60).

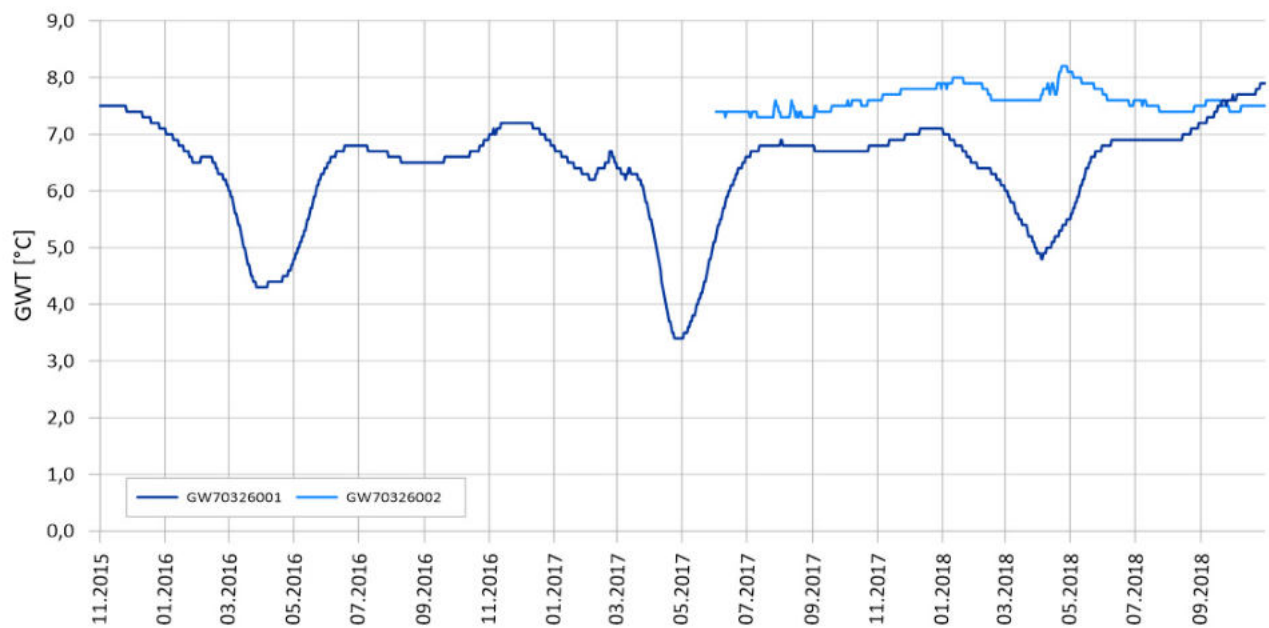


Abb. 59: Datenreihen der Messstellen im Leutascher Becken

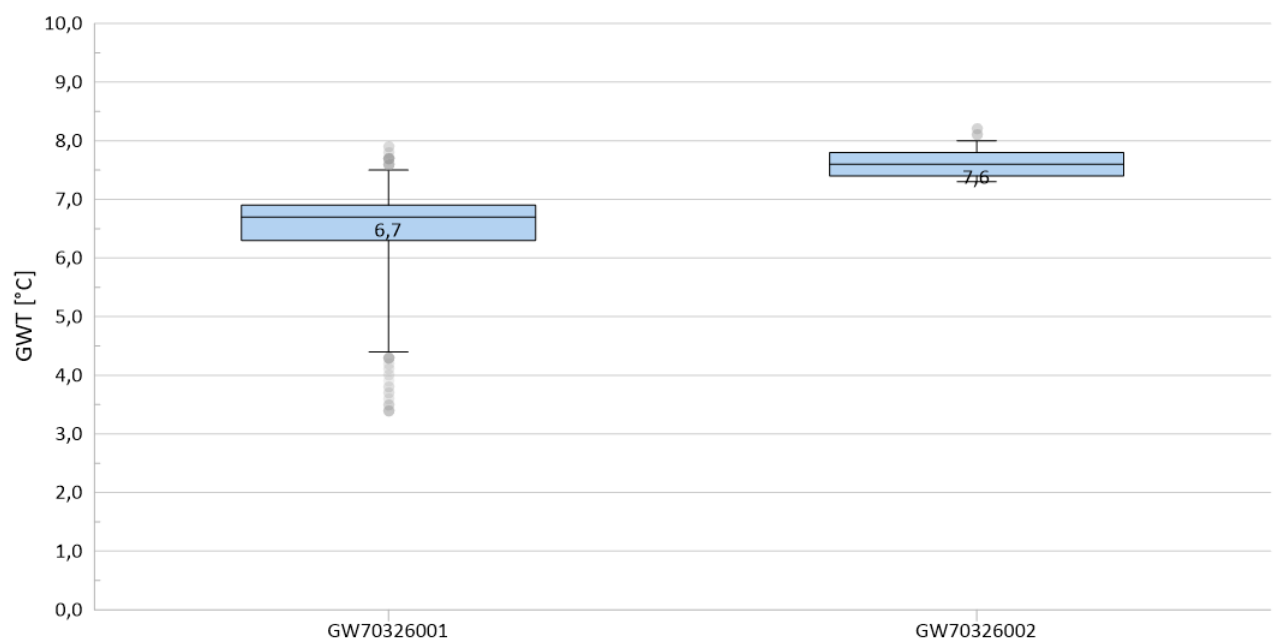


Abb. 60: Box-Whisker-Plots der Messstellen

Bei der Sonde GW70326001 ist die negative Temperaturanomalie deutlich zu erkennen, der Median liegt bei 6,7 °C, wohingegen er bei der GW70326002 um 0,9 K höher bei 7,6 °C liegt.

Der Vergleich mit den Wasserstandsdaten (Hydrographisches Jahrbuch, Vergleichszeitreihe 1984-2020) zeigt, dass bei der 6001er Sonde Wasserstandsschwankungen um fast 20 m auftreten können. Das Minimum wird dabei in der Regel im Februar erreicht, das Absinken der GWT setzt wenige Wochen nach beginnendem Wiederanstieg ein. Das deutet auf eine rasche Infiltration kalter

Wässer aus lokaler Schneeschmelze und dem Vorfluter hin. Die in Abb. 59 deutlich erkennbaren zwei- bis dreifachen saisonalen Minima wie Maxima weisen auf eine mögliche Überlagerung von verschiedenen Grundwasserkomponenten hin.

Einschätzung:

Auf Basis der vorliegenden Informationen ist im GWG Leutascher Becken eine mittlere GWT von 7,0 °C bis 7,5 °C mit einer Schwankungsbreite von etwa $\pm 2,0$ K zu erwarten. Insbesondere bei geringerer Entfernung zur Leutascher Ache (im Wesentlichen unter 100 m) können noch höhere jahreszeitliche Schwankungen mit mehr als $\pm 3,0$ K erwartet werden.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist 1.000 m ü. A. eine mittlere GWT von 7,3 °C $\pm 1,0$ K zu erwarten. Das stimmt gut mit den Messwerten überein. Allerdings zeigt sich direkt am Vorfluter ein niedrigeres GWT-Niveau. Der Grundwasserstand im Leutaschtal unterliegt teils sehr hohen Schwankungen von mehr als 15 m.

Aufgrund der zu erwartenden Schwankungen der GWT sowie des Flurabstandes ist das Grundwasser in diesem GWG für Nutzungen zu Heizzwecken weitestgehend ungeeignet. Bei allfälligen Planungen sind jedenfalls detaillierte lokale Untersuchungen zu GWT und Flurabstand nötig.

5.5.6 15 Scharnitzer Becken

Das Scharnitzer Becken befindet sich rund um die Gemeinde Scharnitz und reicht von der deutschen Grenze im Norden über Gießenbach und Leutasch bis zur Gemeindegrenze mit Seefeld im Süden (Abb. 61). Die Fläche des Grundwassergebietes beträgt ca. 3,4 km² und die Länge rund 6,0 km. Die mittlere Höhe des Gebiets befindet sich auf 989 m ü. A. (etwa 950 m ü. A. im N und 1.020 m ü. A. im Süden). Der Vorfluter des GWG ist die Isar. In diesem GWG befindet sich eine Grundwassersonde mit verwendbaren Temperaturdaten (Tab. 7). Sie liegt auf etwa 964 m Seehöhe neben der Trasse der Karwendelbahn und in einer Entfernung von etwa 450 m zum Gießenbach im NW und 350 m zur Isar im EW.

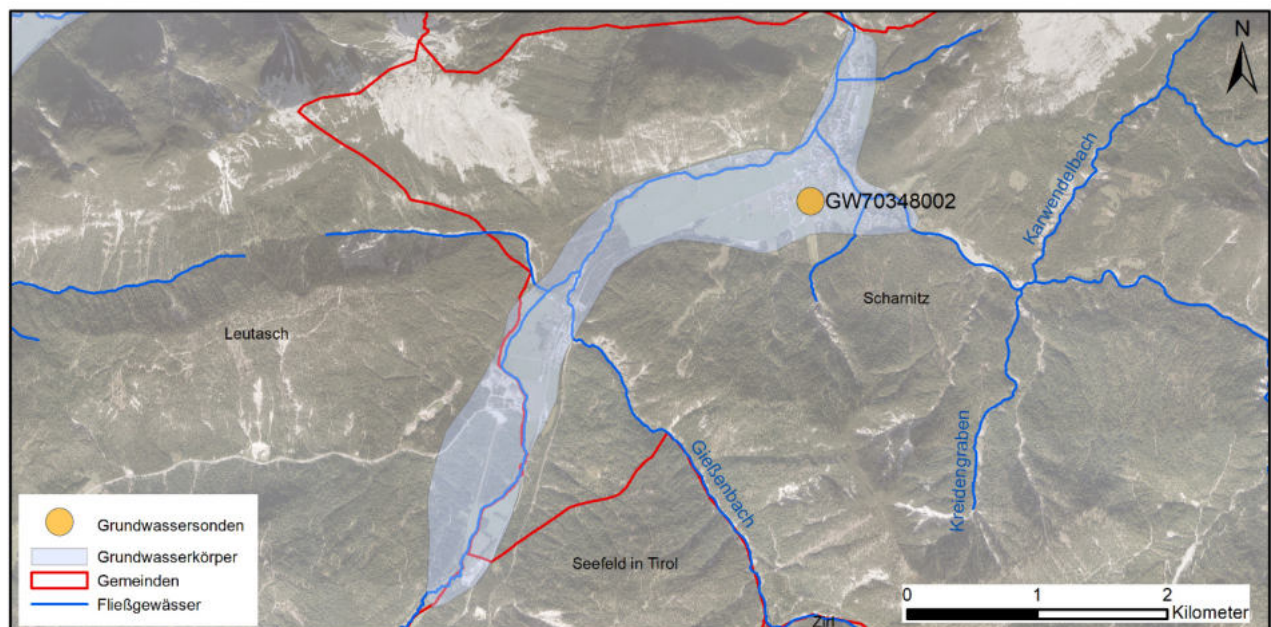


Abb. 61: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Scharnitzer Becken

Tab. 7: Basisdaten der Messstelle

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70348002	Scharnitz, BI 3	964,3	21,5	6,9	6,3	7,3	0,2	6,6	7,3	1,0

Abb. 62 zeigt den Verlauf der GWT an dieser Messstelle in einer Messtiefe von 21,2 m. Im Referenzzeitraum liegt sie im Mittel bei 7,2 °C und unterliegt nur geringfügigen jahreszeitlichen Schwankungen um wenige Zehntelgrad. Allgemein lässt sich ein leicht ansteigender Trend erkennen, 2020 lag die GWT gemäß Hydro Online bereits bei 7,6 °C.

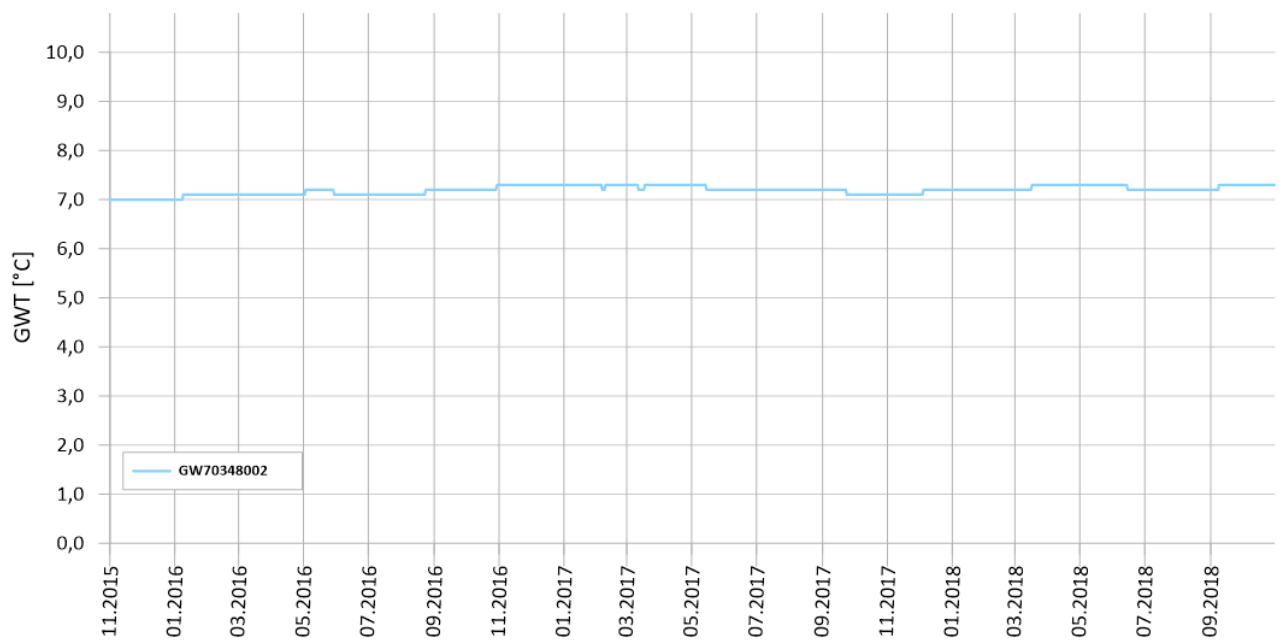


Abb. 62: Datenreihe der Messstelle im Scharnitzer Becken

Diese geringe Schwankungsbreite, die sich auch in der folgenden Abb. 63 deutlich zeigt, ist umso auffälliger, da der Grundwasserstand hier im langjährigen Verlauf um bis zu 18,0 m schwankt, im Jahresverlauf immer noch um wenigstens 10,0 Meter. Trotz nur geringfügig höherer Lage von wenigen Metern über den Vorflutern liegt der Grundwasserstand hier im Mittel fast 10,0 m u. GOK und damit deutlich unter den Vorflutern.

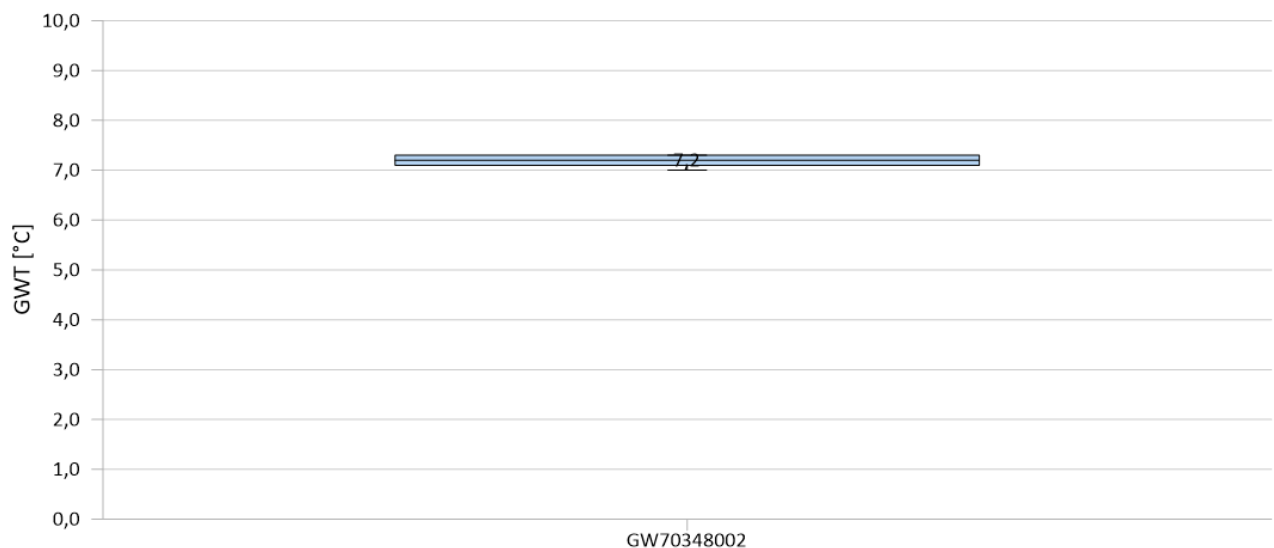


Abb. 63: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde

Gemäß der Regressionsgerade sollte die mittlere GWT im Referenzzeitraum bei etwa 7,8 °C liegen. Sie liegt allerdings etwas tiefer, sogar noch unter der mittleren LT der Station Scharnitz (7,4 °C). Dies könnte hier durch den allgemeinen Einfluss der relativ kühlen Vorfluter liegen (mittlere WT der Isar in Scharnitz bei 5,9 °C; Reihe 2012-2016, Hydrographisches Jahrbuch 2017).

Einschätzung:

Die GWT der einzigen Messstelle ist zwar repräsentativ für die saisonal und anthropogen „unbeeinflusste“ GWT, mit einer Messtiefe von 21 Metern ist sie aber nicht repräsentativ für die oberflächennaheren Temperaturverläufe.

Die mittlere GWT kann mit etwa 7 bis 7,5 °C angenommen werden. Insbesondere nahe der Isar kann der Mittelwert noch geringer ausfallen. Sofern oberflächennah mancherorts durchgängig Grundwasser vorhanden sein sollte, sind insbesondere vorfluternah höhere Schwankungsbreiten von bis zu $\pm 3,0$ K zu erwarten.

Wegen der mittleren GWT, der Schwankungsbreiten und weil der Grundwasserstand im Bereich der Sonde Scharnitz BI 3 bis auf fast 20,0 m u. GOK absinkt, sind thermische Nutzungen über Wärmepumpen insbesondere für Private schwer bis nicht realisierbar. Bei allfälligen Planungen sind jedenfalls detaillierte lokale Untersuchungen zu GWT und Flurabstand nötig.

5.5.7 16 Seefelder Becken

Das Seefelder Becken befindet sich rund um die Gemeinde Seefeld und umfasst eine Fläche von 5,7 km² und eine Länge von rund 6,0 km. Die mittlere Höhe liegt auf 1.175 m ü. A. Der Vorfluter ist der Seebach und in dem GWG befindet sich eine repräsentative Grundwassersonde (siehe Tab. 8). Diese liegt auf etwa 1.182 m ü. A. im Möserer Tal am Raabach, etwa 600 m SSW des TB Seewiese.

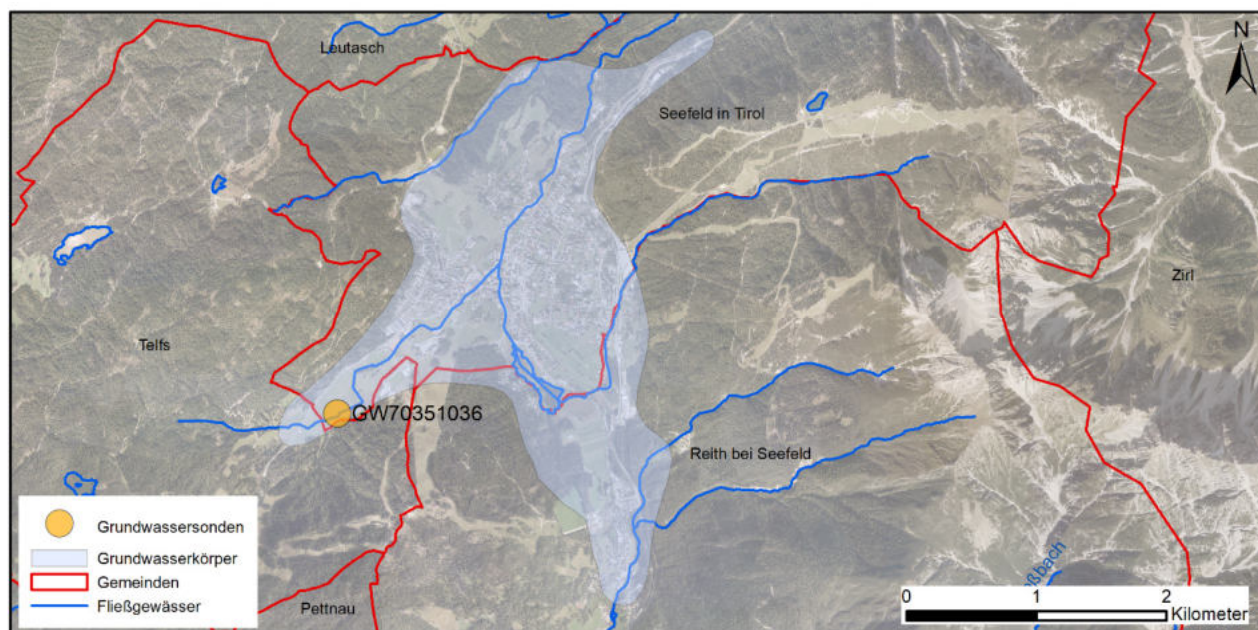


Abb. 64: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Seefelder Becken

Tab. 8: Basisdaten der Messstelle

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70351036	Seefeld, BI 1	1182,4	6,4	6,9	6,0	7,5	0,3	6,2	7,3	1,5

In Abb. 65 ist der klare saisonale Verlauf der GWT im Referenzzeitraum erkennbar. Die Minima treten im März/April auf, die Maxima im Spätherbst/Winter. Die Schwankungsbreite ist allerdings gering, insbesondere bei der relativ geringen Messtiefe. Der Median der GWT beträgt 6,9 °C, 90 % der Werte liegen zwischen 6,2 °C und 7,3 °C (vgl. Abb. 66).

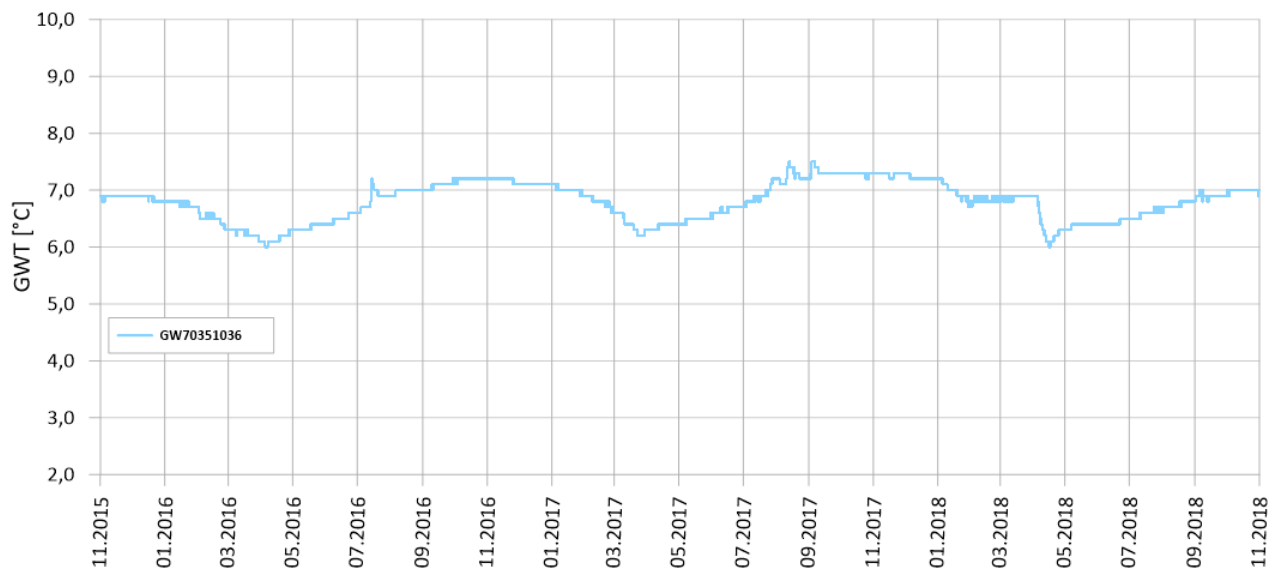


Abb. 65: Datenreihe der Messstelle im Seefelder Becken

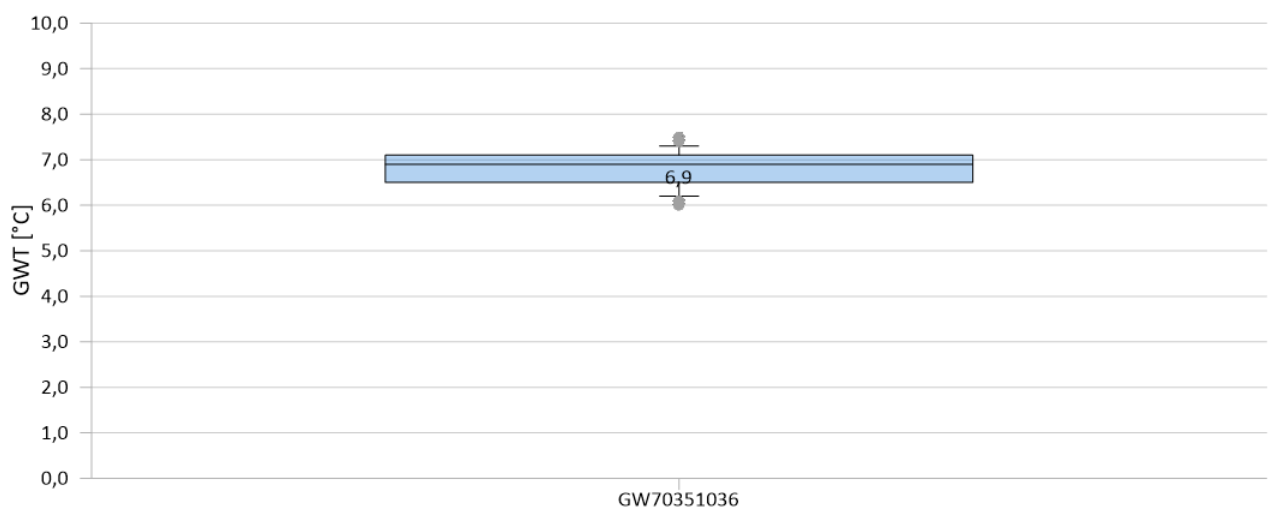


Abb. 66: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde

Gemäß den Einzelmessungen aus dem WIS liegt die GWT beim TB Seewiese (GW70351001) etwas höher mit etwa 7,0 °C im April und bis zu 9,0 °C im Herbst.

Gemäß der ermittelten Regressionsgleichung ergibt sich bei der o.a. mittleren Höhe eine mittlere GWT von 6,9 °C. Das entspricht exakt dem Median der Grundwassersonde.

Aus den Daten der GZÜV-Messstellen PG70223032 und PG70223032 lassen sich erhöhte Temperaturen im enger besiedelten Bereich im Ortszentrum ableiten.

Einschätzung:

Die GWT der einzigen Messstelle erscheint vom Mittelwert her als repräsentativ für das Gebiet, die Schwankungsbreite dürfte allerdings z.B. am Drahnbach/Seebach höher ausfallen.

Die mittlere GWT kann mit etwa 7,0 °C angenommen werden, die Schwankungsbreite mit $\pm 1,5$ K. Im dichter besiedelten Bereich können positive GWT-Anomalien angetroffen werden.

Auf Basis der verfügbaren Informationen zur GWT und Flurabstand erscheint das Grundwasser in diesem GWG für thermische Nutzungen bedingt geeignet. Für genauere Planungen solcher Anlagen sind lokal eigene Erhebungen durchzuführen.

5.5.8 17 Gurgltal

Das Gurgltal erstreckt sich von Imst nach Nordost bis zur Gemeinde Nassereith und biegt dort dem Talverlauf folgend nach NNW zum Fernpass hin um. Das Grundwassergebiet umfasst eine Fläche von 15,3 km² und eine Länge von 14 km. Die mittlere Höhe des Grundwassergebietes befindet sich auf 781 m ü. A. (zwischen 875 und 720 m ü. A. Vorfluterhöhe). Im GWG befinden sich zwei Grundwassersonden mit verwendbaren Temperaturdaten. GW70212018 liegt im nördlichen Teil etwa 70 m orographisch rechts des Gurglbaches auf knapp 843 m Seehöhe, GW70222006 direkt am orographisch linken Ufer auf etwa 788 m Seehöhe.

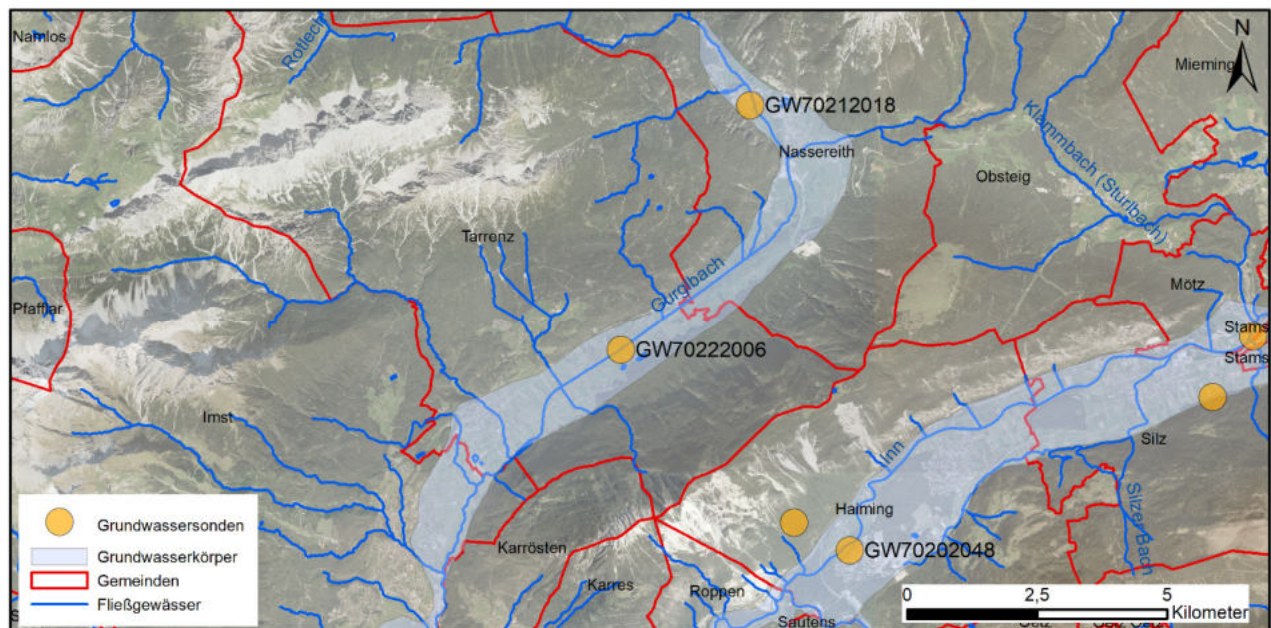


Abb. 67: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Gurgltal

Tab. 9: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StabwN [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70212018	Nassereith, BI 4	842,7	13,1	8,5	7,1	9,3	0,6	7,2	9,2	2,2
GW70222006	Tarrenz, BI 3 (S2)	787,7	10,1	8,7	8,0	9,1	0,2	8,4	9,0	1,1

Abb. 68 zeigt den Temperaturverlauf der beiden Grundwassersonden im Gurgltal im Referenzzeitraum. Diese Kurven zeigen ein gegenläufiges Verhalten. Die GW70222006 hat das Temperaturmaximum im Dezember und Jänner, wohingegen die Sonde GW70212018 das Temperaturmaximum zwischen April und Juni hat. Das Temperaturmaximum liegt auf ähnlichem Niveau auf knapp über 9,0 °C. Die GWT der Sonde GW70212018 schwankt stärker in den niedrigen Temperaturbereich.

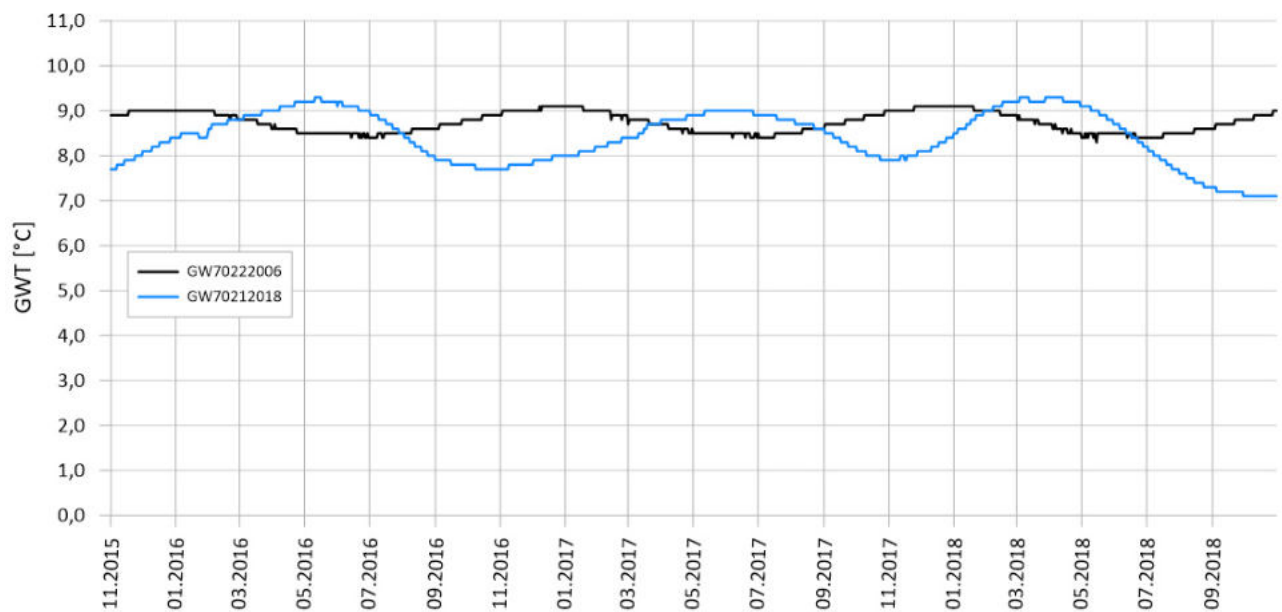


Abb. 68: Datenreihen der Messstellen im Gurgltal

Trotz der Nähe zum Vorfluter schwankt die GWT der Sonde GW70222006 demzufolge nur gering, wie sich auch im Box-Whisker-Plot (Abb. 69) zeigt. Der Median beträgt hier 8,7 °C, bei der Sonde in Nassereith 8,5 °C. Das GWT-Niveau sowie die Schwankungsbreite und die jahreszeitliche Dynamik der GW70212018 stimmen recht gut mit den WT-Daten der Mühl sprungquelle aus den 90er Jahren zusammen (siehe WIS-Online bzw. THALHEIM, 2020).

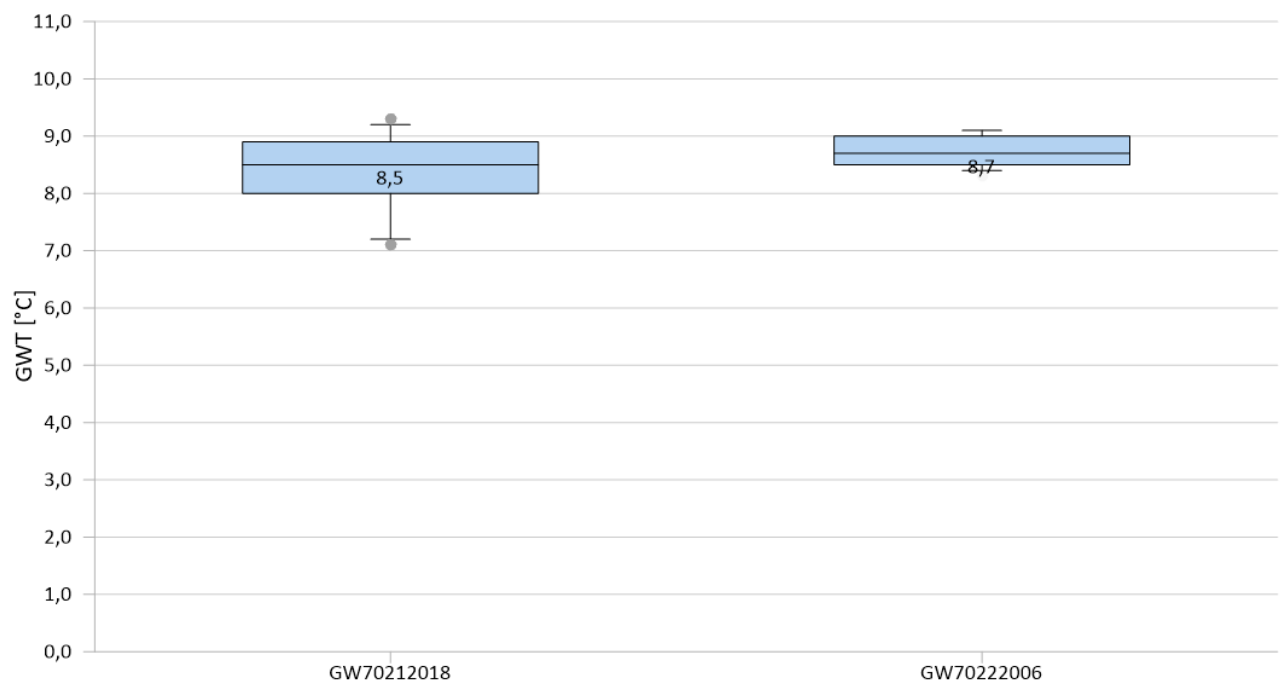


Abb. 69: Box-Whisker-Plots der Datenreihen

Gemäß der Regressionsgleichung zur Berechnung der mittleren GWT würde diese hier in den jeweiligen Geländehöhen 8,6 °C bzw. 8,9 °C betragen – was eine ausgesprochen gute Übereinstimmung bedeutet.

Unter Bezugnahme auf das Hydrographische Jahrbuch 2017 ist zum Pegel Nassereith (Wiesenmühle) am Gurglbach festzuhalten, dass die WT mit im Mittel 7,9 °C (Zeitraum 2013-2017) verhältnismäßig hoch ist und insbesondere die Minima mit meist über 5,0 °C deutlich über denen anderer Fließgewässer liegen (vgl. Kap. 5.4).

Einschätzung:

Die GWTs der beiden Messstellen erscheinen als repräsentativ für dieses Grundwassergebiet, die Schwankungsbreite dürfte allerdings oberflächennäher und vorfluternah höher sein.

Die mittlere GWT kann mit etwa 8,5 bis 9,0 °C angenommen werden, die Schwankungsbreite mit $\pm 1,5$ K.

Basierend auf den Daten zur GWT und dem Flurabstand ist das Grundwasser in diesem GWG zur Nutzung zu Heizzecken weitestgehend geeignet. Nahe den Vorflutern und insbesondere im Bereich der Gemeinde Nassereith sind aber u.a. aufgrund der hydrogeologischen Situation unter Verweis auf Bestandsanlagen gemäß TIRIS eigene Erhebungen im Zuge der Planung notwendig.

5.5.9 18 Ötztal

Das Grundwassergebiet im Ötztal wurde unter anderem aus Darstellungsgründen in ein hinteres und vorderes GWG unterteilt. Das GWG im hinteren Ötztal erstreckt sich von der Gemeinde Sölden im Süden bis unterhalb der Gemeinde Längenfeld im Norden (Abb. 70). Die Fläche beträgt 14,1 km² und die Länge etwa 20,0 km. Der Vorfluter des GWG ist die Ötztaler Ache. Die mittlere Höhe liegt auf etwa 1.300 m ü. A., es befinden sich fünf Messstellen mit GWT-Zeitreihen im GWG.

Das GWG im vorderen Ötztal reicht von der Gemeinde Längenfeld im Süden ins Inntal im Norden (Abb. 71). Der Grundwasserkörper umfasst eine Fläche von 13,9 km² und eine Länge von 16,0 km. Der Vorfluter ist ebenfalls die Ötztaler Ache und die mittlere Höhe liegt bei etwa 900 m ü. A. In diesem Teil des GWG befinden sich sieben Grundwassersonden mit GWT-Daten (Tab. 10).

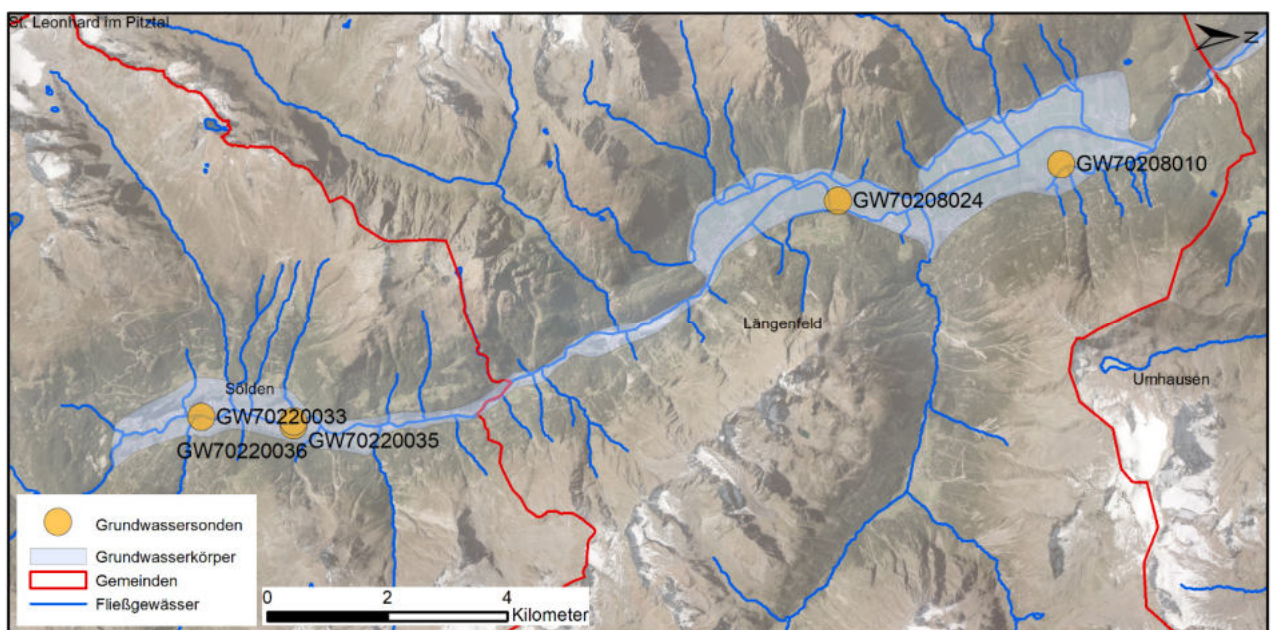


Abb. 70: Übersichtskarte des Grundwassergebiets im hinteren Ötztal

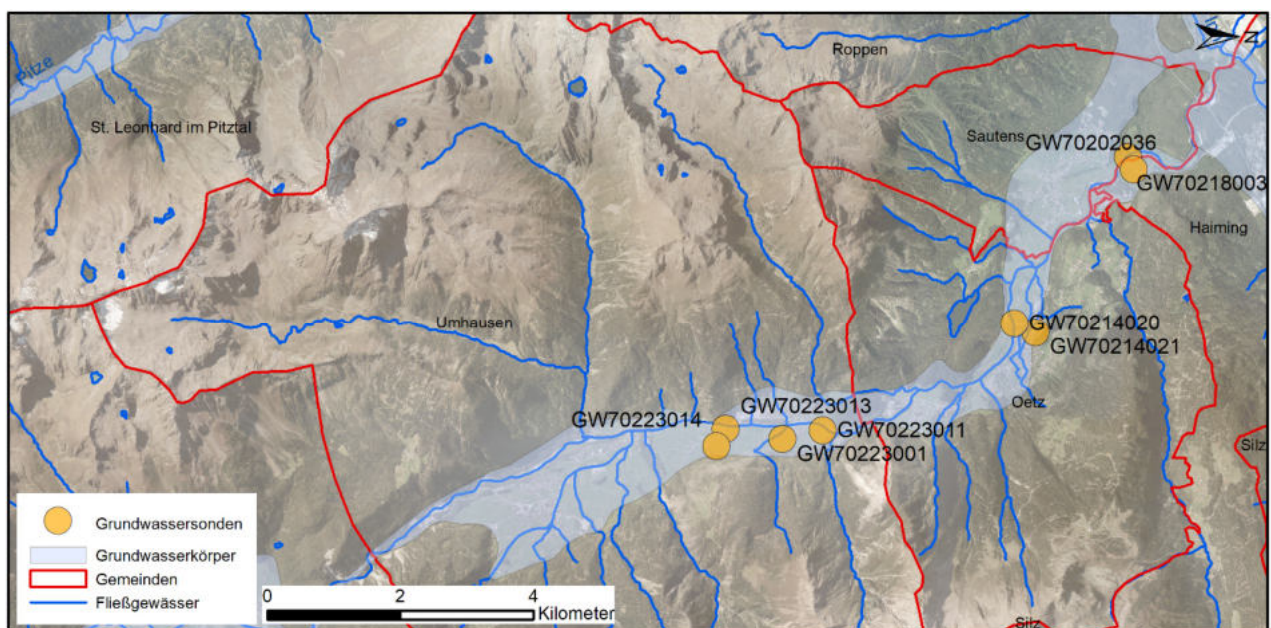


Abb. 71: Übersichtskarte des Grundwasserkörpers im vorderen Ötztal

Tab. 10: Basisdaten der Messstellen (zus. Datenquelle: TIWAG)

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StabwN [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70202036	AK-OE-KB 16_11	729,7		8,2	8,0	8,4	0,1	8,1	8,3	0,4
GW70208009	Längenfeld- Oberried, BI 1	1162,6	5,9	8,4	6,4	10,2	1,1	7,0	10,0	3,8
GW70208010	Längenfeld- Espan, BI 6	1156,9	5,2	7,8	5,9	10,0	1,1	6,2	9,4	4,1
GW70208024	Längenfeld- Astlehn, BI 10 (3	1174,4	6,0	8,0	4,8	10,4	1,6	5,5	10,2	5,6
GW70208025	Längenfeld- Oberried, BI 5	1165,3	6,6	8,2	6,8	10,2	1,1	7,0	10,1	3,4
GW70214020	Ötz, BI 2 (3-837)	768,8	12,9	7,6	2,6	8,9	1,2	4,6	8,7	6,3
GW70214021	AK-OE-KB 14_11	768,0		8,1	7,6	8,3	0,1	7,9	8,2	0,7
GW70218003	AK-OE-KB 15_11	723,0	12	8,2	8,0	8,4	0,1	8,1	8,4	0,4
GW70220033	AK-OE-KB 02_11	1354,0		6,6	1,8	10,2	1,6	4,0	9,5	8,4
GW70220035	AK-OE-KB 03_11	1343,0		7,9	7,0	8,4	0,2	7,6	8,3	1,4
GW70220036	AK-OE-KB 04_11	1343,0		7,9	3,8	11,0	1,9	4,7	10,6	7,2
GW70223001	Umhausen- Tumpen, BI 2	926,4	16,7	7,3	6,8	8,1	0,4	6,9	8,0	1,3
GW70223011	Umhausen- Tumpen, BI10	923,7	18,0	7,6	6,7	8,4	0,4	6,9	8,2	1,7
GW70223013	Umhausen-Platzl, BI12	932,5	18,0	6,5	6,3	6,9	0,2	6,3	6,9	0,6
GW70223014	Umhausen-Platzl, BI 4	932,5	18,0	8,1	8,0	8,4	0,1	8,1	8,3	0,4

Abb. 72 zeigt den Temperaturverlauf der Grundwassersonden im hinteren und vorderen Ötztal im Referenzzeitraum. Aufgrund der Vielzahl an Datenreihen wurde zur besseren Übersichtlichkeit eine Vertrauensbereich-Darstellung der Minima, Maxima und Mittelwerte auf Tagesmittelbasis erstellt. Der Mittelwert schwankt zwischen etwa 6,5 °C und 8,5 °C, die Maxima erreichen Temperaturen von 11,0 °C, die Minima erreichen bis zu 1,8 °C. Der Jahresgang mit Minima von Februar bis Mai und Maxima im September bis November ist klar ausgeprägt, wobei die Minima von im Wesentlichen zwei Sonden stammen (GW70214020 und GW70220033) und plötzlich auftreten und kurz andauern. Dies dürfte an Schneeschmelze und Infiltration von kaltem Wasser aus der Ötztaler Ache liegen – beide Messstellen liegen in unmittelbarer Vorfluternähe. Die Tendenz der mittleren GWT ist steigend – etwa 0,5 K in drei Jahren.

Die hohe Schwankungsbreite an diesen Messstellen ist u.a. auch aus folgender Abb. 73 ersichtlich. Dieses Diagramm zeigt die Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden. Der Median liegt meist bei rund 8,0 °C. Die Schwankung ist je nach Grundwassersonde unterschiedlich, meist in Abhängigkeit von Messtiefe und Vorfluterentfernung – je näher je oberflächennaher, desto höher die Schwankungsbreite. Hinsichtlich des GWT-Niveaus ist auffällig, dass mit weniger Ausnahmen in allen vier Höhenstufen (Ötz, Umhausen, Längenfeld, Sölden) ähnliche Mittelwerte auftreten, wobei die Werte in Längenfeld auf der zweithöchsten Stufe am höchsten sind. Darüber hinaus liegt die GWT überall klar über der WT der Ötztaler Ache (gemäß Hydrogr. Jahrbuch 2017 im Zeitraum 2012-2016 bei 4,5 °C (Pegel Huben, Gem. Längenfeld) und 5,9 °C (Pegel Tumpen, Gem. Umhausen).

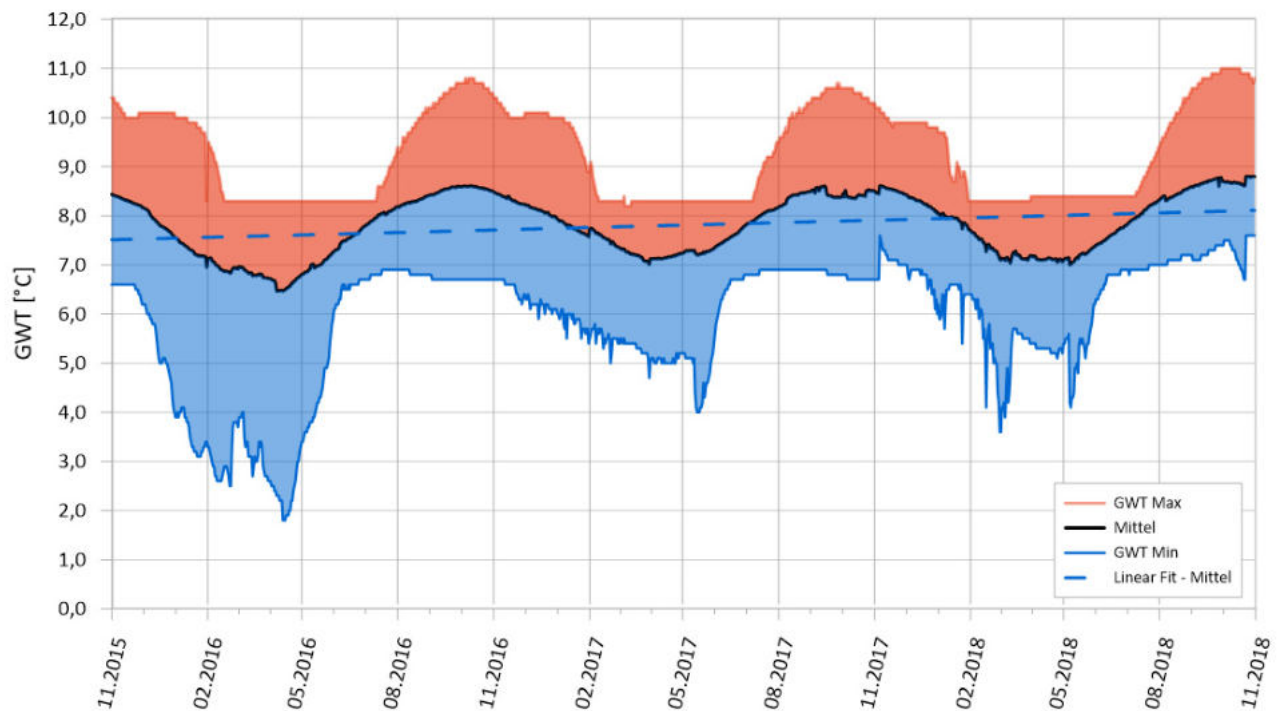


Abb. 72: Vertrauensbereich-Darstellung der Zeitreihen im GWG Ötztal (zus. Datenquelle: TIWAG)

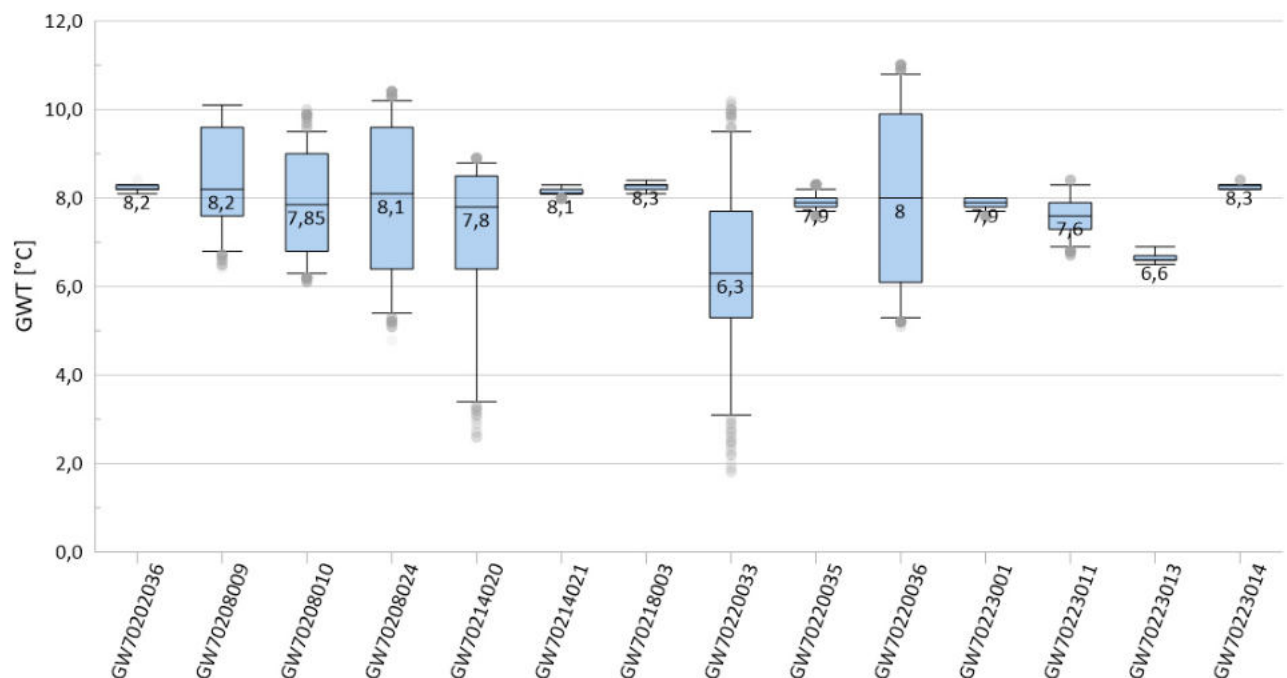


Abb. 73: Box-Whisker-Plots der Datenreihen (zus. Datenquelle: TIWAG)

Die GWT im Ötztal liegt mit wenigen Ausnahmen auf einem Niveau vom im Mittel 8,0 °C – ungeachtet der unterschiedlichen Höhenstufen von 720 bis 1.350 m ü. A. Damit weist die GWT hier positive Anomalien gegenüber der zu erwartenden GWT gemäß der Regressionsgleichung auf, welche in z.B. 1.300 m Seehöhe bei 6,3 °C $\pm$ 1,0 K liegen würde.

Einschätzung:

Trotz der Erstreckung des GWG im Ötztal über mehr als 600 Höhenmeter ist die mittlere GWT in den meisten Teilgebieten recht ähnlich und mit etwa $8,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten. In unmittelbarer Vorfluternähe ($< 50\text{ m}$) und bei geringer Mess-/Entnahmetiefe kann es zu höheren Schwankungen um mehr als $\pm 3,0\text{ K}$ im Jahresverlauf sowie einem niedrigeren mittleren GWT-Niveau kommen. Die Bandbreite aus den Datenreihen kann als repräsentativ erachtet werden.

Mit Ausnahme vorfluternaher Bereiche insb. in Ötz und Sölden ist das Grundwasser in diesem GWG für thermische Nutzungen prinzipiell geeignet. Aufgrund der Heterogenität hinsichtlich GWT und auch Flurabstand sind für Planungen aber jedenfalls lokal eigene Erhebungen durchzuführen.

Das Oberinntal erstreckt sich von Landeck im Westen bis nach Völs im Osten. Die Fläche des Grundwassergebietes beträgt etwa 89,0 km² und die Länge ungefähr 58,0 km. Das GWG erstreckt sich über 230 hm von Landeck bei über 810 m ü. A. bis Kematen/Völs bei 580 m ü. A. Die mittlere Höhe liegt auf 700 m ü. A. und der Vorfluter ist der Inn. Es befinden sich 40 repräsentative Grundwassersonden mit Temperaturdaten im GWG.

Seite 88 von 192

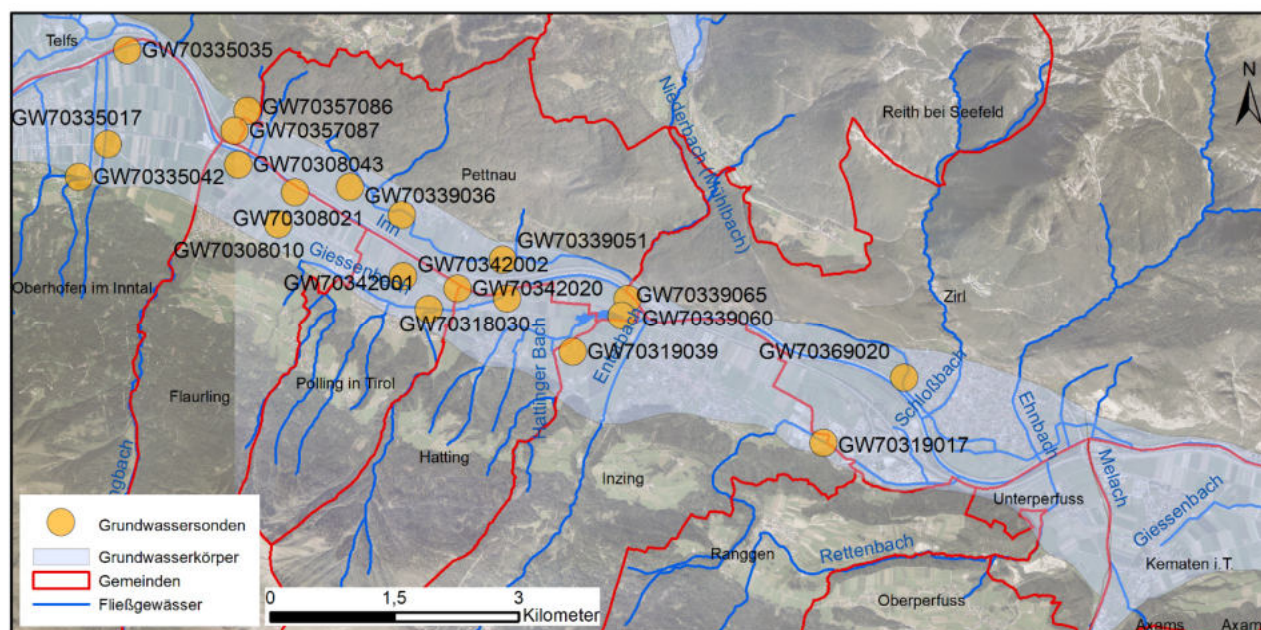


Abb. 76: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im östlichen Oberinntal

Tab. 11: Basisdaten der Messstellen (zus. Datenquelle: TIWAG)

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70204007	Imsterberg, BI 4 (187)	721,5	4,7	8,8	7,0	10,8	1,1	7,2	10,4	3,8
GW70204018	Imsterberg, BI 6 (IM- KB 03/12)	720,8	14,0	8,9	8,3	9,5	0,4	8,3	9,4	1,2
GW70210003	Mils-Au, BI 1 (122)	728,4	3,9	10,3	5,6	13,2	2,3	6,2	12,8	7,6
GW70215011	Rietz, BI 2 (T181)	631,9	10,1	9,0	8,4	9,6	0,3	8,5	9,4	1,2
GW70215029	Rietz, BI 10 (T402)	624,5	7,0	10,4	8,5	11,5	1,0	8,8	11,4	3,0
GW70215030	Rietz, BI 12 (T406)	624,9	7,0	9,1	2,6	11,8	2,3	4,1	11,1	9,2
GW70219037	Silz, BI 20 (SI116)	644,5	10,5	8,4	5,3	10,6	1,2	5,6	9,6	5,3
GW70219064	Silz, BI 12 (St106)	648,9	0,0	8,6	8,1	8,9	0,3	8,2	8,9	0,8
GW70221010	Stams, BI 22 (T121)	633,0	8,0	9,7	7,4	11,8	0,9	8,2	10,7	4,4
GW70221057	Stams, BI 18 (St451)	640,7	12,0	8,9	8,6	9,2	0,1	8,7	9,0	0,6
GW70308010	Flauring, BI 2	609,6	9,1	9,9	9,9	10,0	0,04	9,9	10,0	0,1
GW70308021	Flauring, BI 4 (F- KB07/11)	610,9	9,0	10,1	8,3	11,6	1,0	8,7	11,5	3,3
GW70308043	Flauring, BI 6 (F- KB30/12)	612,4	9,0	9,9	9,8	10,0	0,1	9,8	10,0	0,2
GW70318030	Hatting, BI 2 (H-KB 07/11)	604,0	9,0	9,6	8,7	10,8	0,6	8,8	10,6	2,1
GW70319017	Inzing, BI 8	596,2	6,8	13,1	9,6	15,4	1,5	10,7	14,9	5,8
GW70319039	Inzing, BI10 (J-KB 01/11)	619,0	25,2	10,2	9,9	10,5	0,2	9,9	10,4	0,6
GW70335017	Oberhofen, BI 4	618,8	9,1	9,2	8,5	9,9	0,3	8,7	9,8	1,4
GW70335035	Oberhofen, BI10 (O- KB 09/12)	615,6	10,2	10,0	9,5	10,3	0,2	9,7	10,2	0,8
GW70335042	Oberhofen, BI 8 (O- KB 16/12)	622,5	8,0	10,0	8,4	11,3	0,9	8,5	11,2	2,9
GW70339040	Pettinau, BI 5 (Pe- KB16/11)	607,6	10,2	10,3	8,2	12,1	1,2	8,6	11,9	3,9
GW70339051	Pettinau, BI13 (Pe- KB32/11)	604,8	10,2	10,3	9,3	11,3	0,6	9,4	11,2	2,0

GW70339060	Pettinau, BI14 (Pe-KB42a/11)	603,2	10,2	9,9	9,1	10,7	0,2	9,5	10,1	1,6
GW70339065	Pettinau, BI16 (Pe-KB45/12)	601,3	10,2	9,7	7,1	11,1	0,7	8,3	10,5	4,0
GW70340004	Pfaffenhofen, BI 4 (T601)	622,8	6,0	9,4	8,2	10,6	0,7	8,3	10,4	2,4
GW70342001	Polling, BI 2	606,4	6,6	9,9	3,6	13,8	3,0	4,5	13,3	10,2
GW70342002	Polling, BI 4	606,3	10,0	10,4	9,5	11,2	0,6	9,6	11,2	1,7
GW70342020	Polling, BI 6 (P-KB 15/11)	605,9	9,0	10,4	8,9	11,6	0,8	9,2	11,5	2,7
GW70357086	Telfs, BI 21 (T-KB04/11)	611,9	10,2	10,3	8,8	11,4	0,8	9,0	11,4	2,6
GW70357087	Telfs, BI 19 (T-KB05/11)	611,9	10,2	10,0	9,2	10,7	0,5	9,3	10,7	1,5
GW70357090	Telfs, BI 17	620,4	9,0	11,6	9,6	12,9	1,0	9,8	12,7	3,3
GW70369020	Zirl, BI 9	594,6	6,2	10,9	8,6	13,0	1,0	9,2	12,0	4,4
GW70614031	Landeck, BI 1	780,5	16,8	9,3	9,1	9,4	0,1	9,1	9,4	0,3
GW70614032	Landeck, BI 2	786,7	30,2	8,6	8,5	9,0	0,1	8,5	8,8	0,5
GW70614033	Landeck, BI 3	773,1	20,3	8,3	7,3	9,0	0,4	7,4	9,0	1,7
GW70622029	Schönwies, BI 4	738,7	9,2	9,1	7,8	10,3	0,6	8,1	10,0	2,5
GW70622032	Schönwies, BI 10	734,0	7,2	9,5	7,4	11,2	1,1	7,7	11,1	3,8
GW70630050	Zams, BI 1	757,1	14,2	9,8	9,6	10,0	0,1	9,6	10,0	0,4
GW70630122	Zams, BI 10	763,4	15,2	8,8	8,6	8,9	0,1	8,7	8,9	0,3
GW70202048	IH-TF-KB 03/12	673,2		7,8	7,5	8,2	0,1	7,6	7,9	0,7
GW70202082	IH-TF-KB 15/14	684,0		9,0	8,7	9,4	0,02	9,0	9,0	0,7
GW70216066	IH-TF-KB 12/16	706,6		9,8	8,3	11,0	0,4	9,0	10,6	2,7

Abb. 77 zeigt den Temperaturverlauf der Grundwassersonden im Oberinntal im Referenzzeitraum. Aufgrund der Vielzahl an Datenreihen wurde zur besseren Übersichtlichkeit eine Vertrauensbereich-Darstellung der Minima, Maxima und Mittelwerte auf Tagesmittelbasis erstellt. Beim Mittelwert bzw. Median fällt die enorme Schwankungsbreite auf, die absoluten Werte liegen zwischen 7,8 °C in Haiming (GW70202048) und 13,1 °C in Inzing (GW70319017), auch beim Gesamt-Mittelwert aller Stationen existieren markante saisonale Schwankungen zwischen 8,9 °C und 10,5 °C. Die Maxima erreichen Temperaturen von 15,0 °C, die Minima liegen bei unter 3,0 °C. Der Jahresgang mit Minima im März/April und Maxima im November/Dezember ist klar ausgeprägt.

Die hohe Schwankungsbreite wird in folgender Abb. 77 in den Box-Whisker-Plots der Datenreihen noch deutlicher. Der Median liegt im Mittel bei etwa 10,0 °C. Die Schwankungsbreite ist auch hier je nach Grundwassersonde sehr unterschiedlich ausgeprägt, meist in Abhängigkeit von Messtiefe und Vorfluterentfernung. Ausgesprochen auffällig sind hier die überhöhten Temperaturen der Messstellen GW70357090 in Telfs und GW70319017 in Inzing – beide liegen in Gewerbegebieten abstromig von dicht bebauten Siedlungsgebieten und weisen einen deutlichen AHI auf.

Allgemein ist hinsichtlich des GWT-Niveaus auffällig, dass trotz der unterschiedlichen Höhenlagen der Messstellen kein linearer, klarer Trend zur GWT-Zunahme mit abnehmender Geländehöhe besteht. Obgleich die Messstellen im Bereich zwischen Telfs und Völs erwartungsgemäß klar höhere GWTs aufweisen als in Landeck (etwa + 1,0–2,0 K), scheinen die GWTs dazwischen teils von zusätzlichen Einflüssen geprägt. Zwischen Landeck/Zams und Imst kommt es nicht zu signifikanten Anstiegen, im Mittel bleiben die Werte etwa gleich. Im Bereich Haiming beim Zusammenfluss von Inn und Ötztaler Ache ist das GWT-Niveau eher etwas niedriger, was sich weiter stromabwärts auch

in den relativ niedrigen Mittelwerten bei Silz zeigt. Gegen Telfs/Pfaffenhofen hin kommt es zu einem deutlichen Anstieg der GWT, von dort an liegen mit Mittelwerte weitestgehend über 10,0 °C.

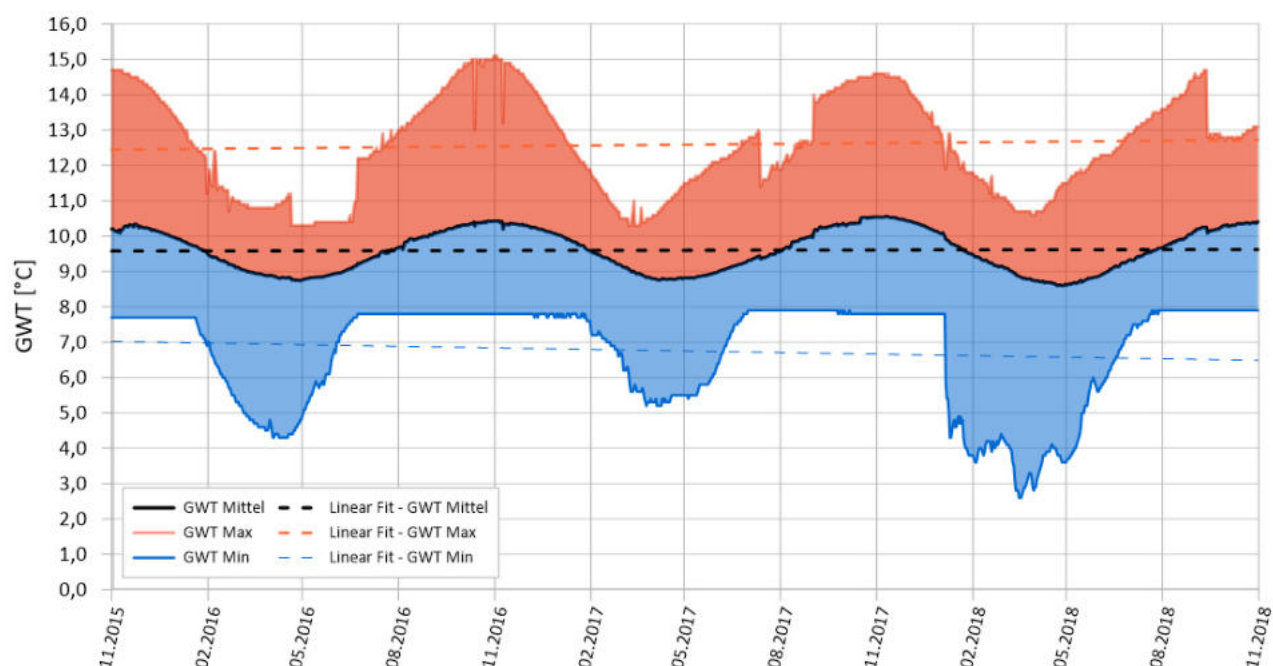


Abb. 77: Vertrauensbereich-Darstellung der ausgewählten Zeitreihen im GWG (zus. Datenquelle: TIWAG)

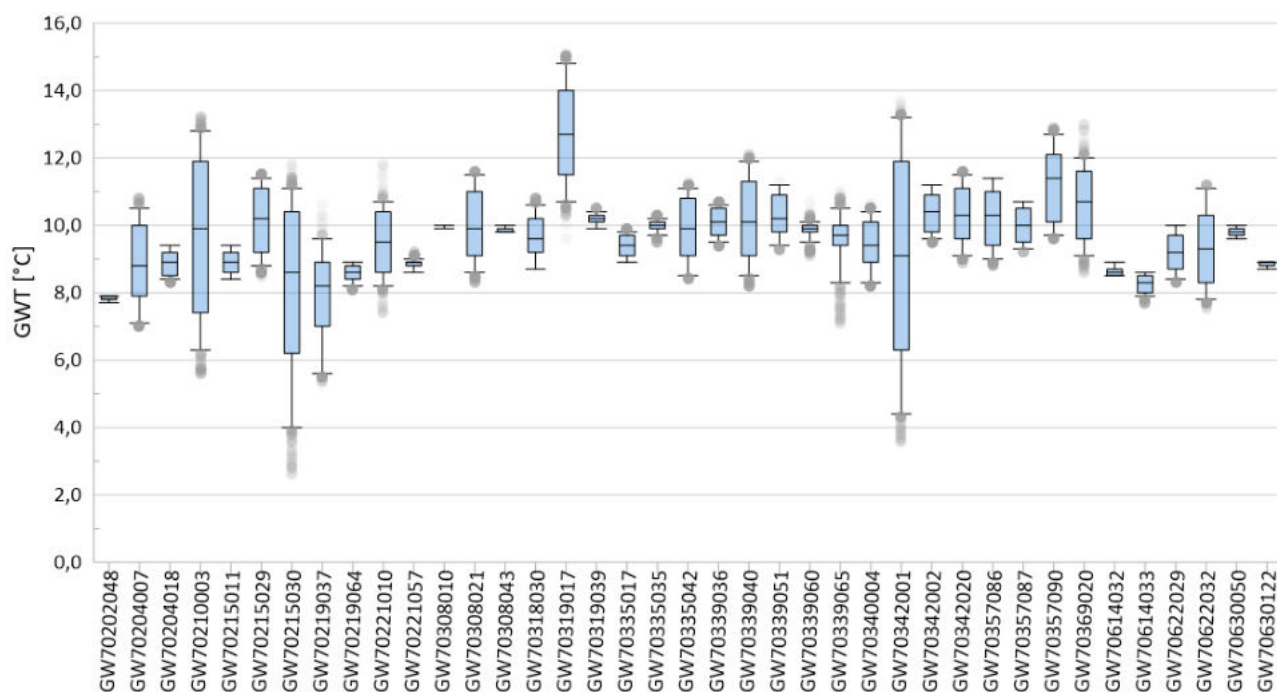


Abb. 78: Box-Whisker-Plots der Datenreihen (zus. Datenquelle: TIWAG)

Einschätzung:

Das GWG im Oberinntal erstreckt sich bei einer Länge von etwa 60 km über lediglich etwas über 200 Höhenmeter und weist ein mehrheitlich sehr geringes Gefälle auf. Im Bereich zwischen Landeck/Zams und Imst kann mit einer mittleren GWT von 8,5 bis 9,5 °C gerechnet werden. Im Bereich zwischen Imst und Telfs können insbesondere bei Haiming und Silz teils um etwa 0,5 K niedrigere GWT-Mittel angetroffen werden. Ab Telfs gen Innsbruck können weitestgehend mittlere GWTs von 9,5 bis 10,5 °C angetroffen werden. Negative GWT-Anomalien sind nahe der Vorfluter anzutreffen, wo auch erhöhte Schwankungsbreiten auftreten können. Positive GWT-Anomalien u.a. aufgrund anthropogenen Einflusses (AHI) treten in Siedlungs- und Gewerbegebieten auf (z. B. Telfs, Inzing).

Saisonale Schwankungsbreiten von $\pm 1,0 - 2,0$ K sind zu erwarten, sehr oberflächen- und vorfluternah können diese auch über $\pm 3,0$ K betragen.

Prinzipiell ist das Grundwasser im GWG Oberinntal für thermische Nutzungen geeignet, sofern die Flurabstände und hydrochemisch-hydrogeologischen Gegebenheiten es am jeweiligen Standort zulassen. Im unmittelbaren Nahbereich der Vorfluter, insbesondere des Inns, sind Untersuchungen hinsichtlich der Eignung des GWT-Niveaus insbesondere im Frühjahr zu empfehlen. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass im Gebiet Landeck das Grundwasser teils mehrere Meter unter Vorfluterniveau liegt.

Das Unterinntal reicht von Völs im Westen bis zur deutschen Grenze bei Kufstein und Erl im Osten. Das Grundwassergebiet umfasst eine Fläche von 182,5 km² und besitzt eine Länge von 97,0 km. Das GWG erstreckt sich über etwa 120 km von Völs bei 580 m ü. A. bis Erl bei knapp 463 m ü. A. – jeweils bezogen auf die Höhe des Hauptvorfluters Inn. Die mittlere Höhe liegt bei 529 m ü. A. Aus diesem GWG liegen von 52 repräsentativen Grundwassersonden Temperaturdaten vor.

Map of the Innsbruck region showing groundwater resources. The map displays the city of Innsbruck and surrounding areas, with various rivers and streams labeled. Groundwater resources are indicated by yellow circles (Grundwassersonden) and blue shaded areas (Grundwasserkörper). Municipal boundaries are shown in red, and water bodies in blue. A legend in the bottom left corner defines the symbols. A scale bar at the bottom indicates distances up to 3 kilometers. A north arrow is located in the top right corner.

Seite 93 von 192

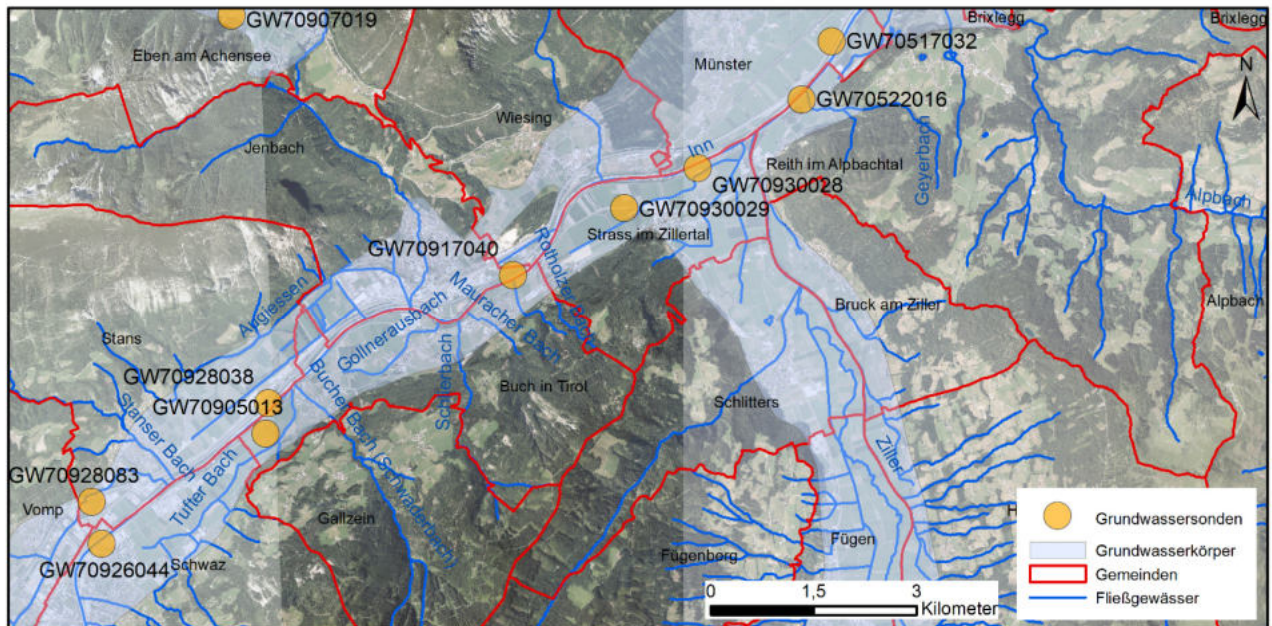


Abb. 81: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unterinntal im Bereich von Schwaz bis Münster

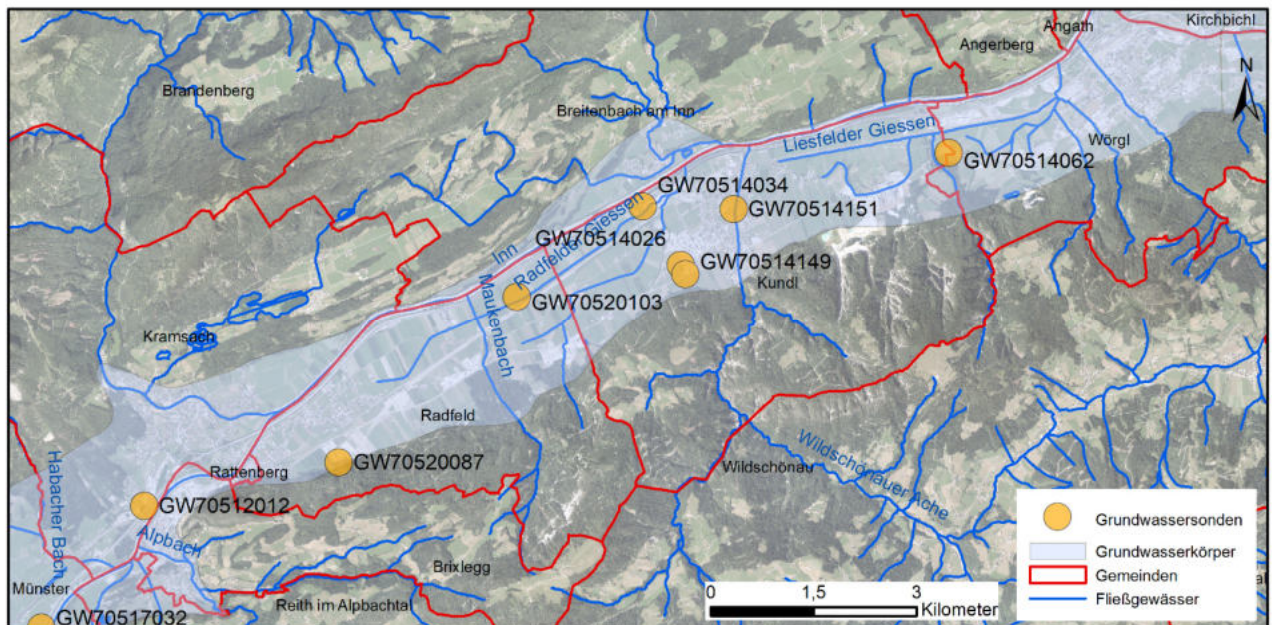


Abb. 82: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unterinntal im Bereich von Münster bis Wörgl

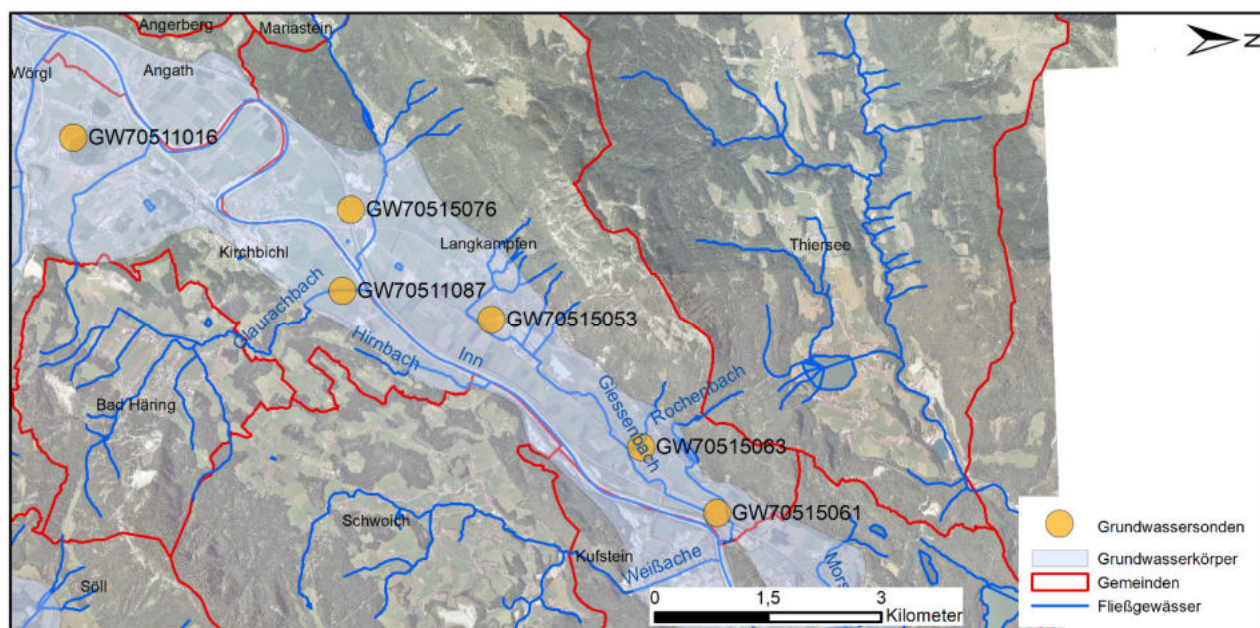


Abb. 83: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unterinntal im Bereich von Kirchbichl bis Kufstein

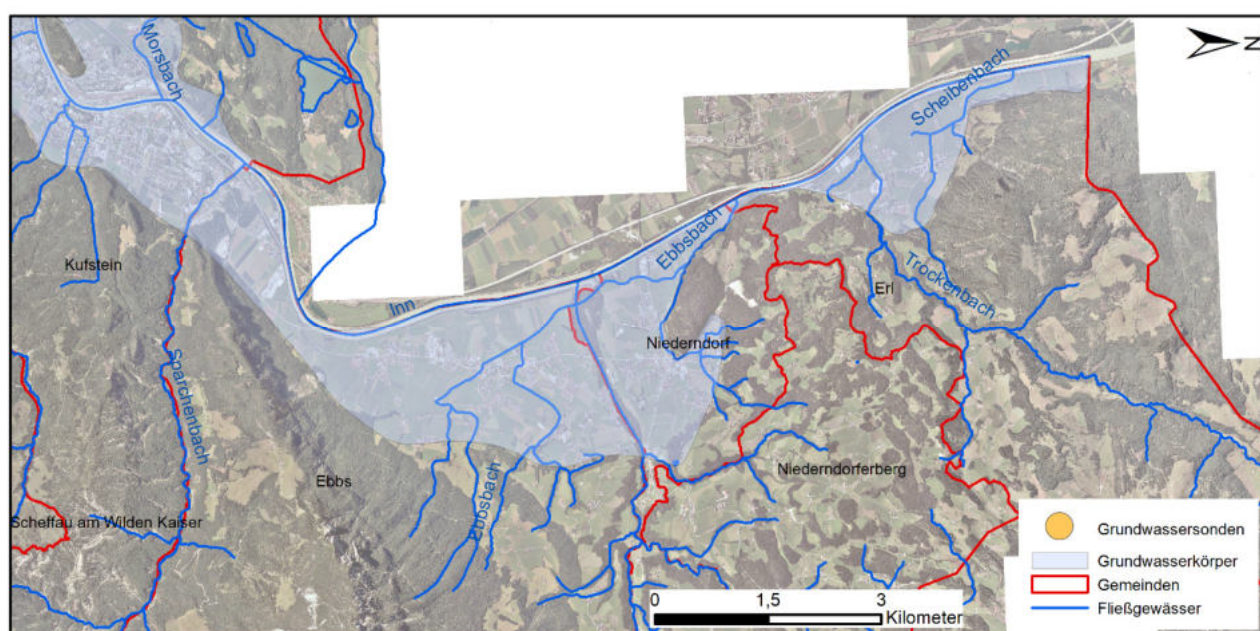


Abb. 84: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unterinntal im Bereich von Kufstein bis Erl

Tab. 12: Basisdaten der Messstellen im Unterinntal (zus. Datenquellen: TIWAG, ÖBB, Sandoz)

GW-Nummer	Messstelle	Gel.höhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	ΔGWT [K]
GW70101358	Innsbruck, BI 30	572,7	10,0	10,3	8,6	11,8	0,8	8,9	11,5	3,2
GW70101444	Amras, BI 10 (Pradl, BI 10)	568,6	10,0	12,4	11,7	13,2	0,4	11,8	13,0	1,5
GW70101448	Pradl, BI 28	579,6	17,4	10,8	10,6	10,9	0,1	10,6	10,9	0,3
GW70101476	Wilten, BI 16	575,4	9,0	10,3	5,9	12,2	1,2	8,4	11,9	6,3
GW70101936	Mühlau, BI 74	570,9	8,9	9,2	8,0	10,5	0,4	8,6	10,0	2,5
GW70101998	Hötting, BI 67	581,7	9,0	9,1	6,4	12,1	1,3	7,1	11,0	5,7

GW70101B04/3	Wiltén, BI 49 (B04/3)	576,8	9,1	9,0	5,1	11,8	1,9	6,1	11,5	6,7
GW70101B07/3	Mühlau, BI 55 (B07/3)	568,4	9,1	9,9	4,2	13,3	2,5	5,3	12,8	9,1
GW70101B13/2	Hötting, BI 51 (B13/2)	579,0	5,1	10,3	7,7	12,5	1,3	8,6	12,2	4,8
GW70101B15/1	Arzl, BI 59 (B15/1)	566,7	9,0	10,8	9,0	12,3	1,0	9,3	12,2	3,3
GW70101B16	Pradl, BI 61 (B16)	573,8	11,0	10,5	8,6	11,3	0,7	9,1	11,1	2,7
GW70101B17/2	Innsbruck, BI 63 (B17/2)	574,8	7,1	12,5	11,1	14,0	0,7	11,5	13,7	2,9
GW70101B22	Hötting, BI 69 (B22)	576,5	4,3	11,6	9,7	13,6	1,0	10,1	13,1	3,9
GW70101B23/1	Innsbruck, BI 66 (B23/1)	574,0	10,6	10,4	9,8	11,5	0,4	9,9	11,3	1,7
GW70320020	Kematen, BI 6	585,3	8,1	9,4	4,0	14,1	1,4	7,2	11,2	10,1
GW70322010	Kolsass, BI 6	547,9	9,0	10,1	7,3	11,3	0,9	8,4	11,0	4,0
GW70322011	Kolsass, BI 8	546,2	9,0	7,1	3,8	13,1	1,6	5,4	10,8	9,3
GW70322012	Kolsass, BI 10	549,9	9,0	10,8	9,8	11,7	0,5	10,1	11,6	1,9
GW70346034	Rum, Blt 3	564,9	10,0	12,1	10,3	14,6	1,1	10,8	14,1	4,3
GW70346038	Rum, BI 7	566,4	6,1	14,2	10,6	17,2	1,7	11,5	16,8	6,6
GW70354041	Hall, BI 5	560,1	5,0	11,6	6,6	14,9	2,1	7,8	14,1	8,3
GW70365027	Volders, BI 2	550,9	10,2	10,7	10,5	10,9	0,1	10,5	10,9	0,4
GW70367038	Wattens, Blt 6	547,8	6,0	10,8	8,5	12,8	1,2	8,9	12,5	4,3
GW70367043	Wattens, BI 8	558,0	14,0	11,0	10,8	11,8	0,2	10,9	11,5	1,0
GW70511016	Kirchbichl, BI 2	510,2	15,2	10,1	9,9	10,3	0,1	9,9	10,3	0,4
GW70512012	Voldöpp-Hagau, BI 5	518,1	9,1	10,4	9,0	11,4	0,5	9,6	11,1	2,4
GW70514062	Liesfeld, Blt 18	503,5	10,0	9,7	8,9	10,5	0,4	9,1	10,2	1,60
GW70515053	Langkampfen, BI 15 (B86)	486,0	9,0	9,8	9,4	10,3	0,2	9,5	10,2	0,9
GW70515061	Langkampfen, BI 31 (E80)	482,5	6,0	11,5	9,2	13,7	1,2	9,4	12,7	4,5
GW70515063	Langkampfen, Blt 1	484,1	10,0	9,9	8,1	12,2	1,2	8,4	11,8	4,1
GW70515076	Langkampfen, BI 45 (LK66)	491,7	9,0	10,3	8,4	12,4	1,2	8,6	12,0	4,0
GW70517032	Münster, BI 11 (E-KB 15/95)	519,6	7,1	10,0	8,8	11,7	0,7	9,3	11,2	2,9
GW70520087	Radfeld, BI 32 (C-KB03/95)	512,0	6,9	9,5	9,4	9,6	0,1	9,4	9,6	0,2
GW70522016	Reith im Alpbachtal, BI 8 (E-KB14/95)	520,8	9,0	10,1	9,5	10,4	0,1	10,0	10,1	0,9
GW70905013	Buch-Tuft, BI 2	531,0	10,0	10,0	8,9	11,0	0,5	9,3	10,7	2,1
GW70917040	Jenbach, BI 1 (G-KB37/95)	525,5	8,1	10,0	8,1	11,8	1,1	8,4	11,6	3,7
GW70926044	Schwaz, BI 10	535,9	10,3	11,5	9,7	12,8	0,7	10,5	12,5	3,1
GW70926058	Schwaz, BI 2	537,7	8,0	10,2	8,8	12,0	0,6	9,3	11,1	3,2
GW70928038	Stans, BI 9 (G-KB50/95)	531,4	4,5	10,0	8,4	11,2	0,9	8,6	11,1	2,8
GW70928083	Stans, BI 11 (G-KB71E/06)	533,8	9,0	11,0	7,8	16,3	1,8	8,6	13,8	8,5
GW70930028	Strass, BI 10	523,7	8,0	10,9	9,2	13,5	1,1	9,4	12,5	4,3
GW70930029	Strass, Blt 8	522,9	10,0	9,8	8,8	11,1	0,7	8,9	10,9	2,3
GW70933025	Terfens, BI 7 (H-BB 503/98)	542,4	9,0	10,8	7,6	13,6	1,8	8,3	13,3	6,0
GW70936035	Vomp, Blt 1	540,0	10,0	9,8	9,5	10,4	0,3	9,5	10,2	0,9
GW70936039	Vomp, BI 5	541,2	9,9	10,4	8,8	11,8	0,6	9,5	11,4	3,0
GW70936040	Vomp, BI 7	539,0	9,0	9,8	9,1	10,3	0,3	9,4	10,2	1,2
GW70937009	Weer, BI 4	543,5	10,0	9,6	9,4	10,5	0,1	9,5	9,7	1,1
GW70514026	Grundwassere ntnahme SANDOZ TB 10, TBR 10, 395087	522,6		9,5	9,0	10,2	0,1	9,4	9,7	1,1
GW70514034	Grundwassere ntnahme SANDOZ HFB 4, 395210	503,6		8,8	5,7	11,2	1,4	6,5	10,7	5,5

GW70520103	Grundwassere ntnahme SANDOZ NBR II, 395060	507,7		9,5	7,8	10,9	0,5	8,6	10,2	3,1
GW70514151	Kundl BL 8 (K63)	519,5		10,3	10,2	10,5	0,1	10,2	10,5	0,3

Abb. 85 zeigt den Temperaturverlauf der Grundwassersonden im Unterinntal im Referenzzeitraum. Aufgrund der Vielzahl an Datenreihen wurde zur besseren Übersichtlichkeit eine Vertrauensbereich-Darstellung der Minima, Maxima und Mittelwerte auf Tagesmittelbasis erstellt. Beim Mittelwert bzw. Median fällt hier die noch höhere Schwankungsbreite auf, die Mittelwerte der einzelnen Messstellen des Zeitraumes liegen zwischen 7,1 °C in Kolsass (GW70322011) und 14,2 °C in Rum (GW70346038). Die Tagesmittelwerte aller Stationen in der Vertrauensbereich-Darstellung (Abb. 85) weisen deutliche saisonale Schwankungen zwischen 9,6 °C und 11,5 °C auf. Die Maxima erreichen Temperaturen von über 17,0 °C (ebenfalls die Sonde in Rum), die Minima liegen bei unter 4,0 °C (ebenfalls Kolsass, GW70322011). Der Jahresgang mit Minima im Februar/März/April und Maxima im September/Oktober ist klar ausgeprägt, im Vergleich zum Oberinntal treten Minima und Maxima um grob einen Monat früher auf.

Die hohe Schwankungsbreite wird in folgender Abb. 86 in den Box-Whisker-Plots der Datenreihen noch deutlicher. Der Median liegt im Mittel bei etwa 10,0-11,0 °C. Ausgesprochen auffällig sind hier die überhöhten Temperaturen etlicher Messstellen u.a. in Innsbruck, Rum und Schwaz, die in Gewerbegebieten bzw. dicht bebauten Siedlungsgebieten liegen und einen deutlichen AHI aufweisen. Die hohe Schwankungsbreite ist alleine in Innsbruck augenscheinlich, wo die GWT-Mediane zwischen 9,0 °C und 12,5 °C liegen. Hier ist die gesamte Bandbreite an Messstellentypen abgedeckt: starker Vorflutereinfluss und Oberflächeneinfluss, starker anthropogener Einfluss (AHI) und „unbeeinflusste“ Messstellen.

Aufgrund all dieser Anomalien ist hinsichtlich des GWT-Niveaus kein Trend zur GWT-Zunahme mit abnehmender Geländehöhe feststellbar – zumal dieser bei der geringen Bandbreite an Geländehöhen jedenfalls nur bei wenigen Zehntelgrad liegen dürfte. Negative GWT-Anomalien sind im Wesentlichen auf die jeweiligen Lagebeziehungen zu den Vorflutern zurückzuführen, dort nähert sich die GWT der Vorfluter-WT an. Bei der Messstelle in Kolsass, die mit 7,0 °C Median und etwa 7,5 °C Mittelwert mit Abstand den geringsten Wert anzeigt, spielt wohl die Lage unmittelbar am Gießen sowie ggf. auch im Umfeld einiger Tiefbrunnen und GW-Entnahmen eine Rolle, die Datenreihe zeigt zahlreiche Auffälligkeiten u.a. bei der Schneeschmelze und ist eigentlich nur bedingt repräsentativ für den Grundwasserkörper. Neben dem Hauptvorfluter sind die größeren Nebenflüsse und teils deren GW-Begleitströme (insb. Ziller und Brixentaler Ache) aufgrund ihrer unterschiedlichen WT- und GWT-Signaturen und -Saisonalitäten als Einflussgrößen anzunehmen.

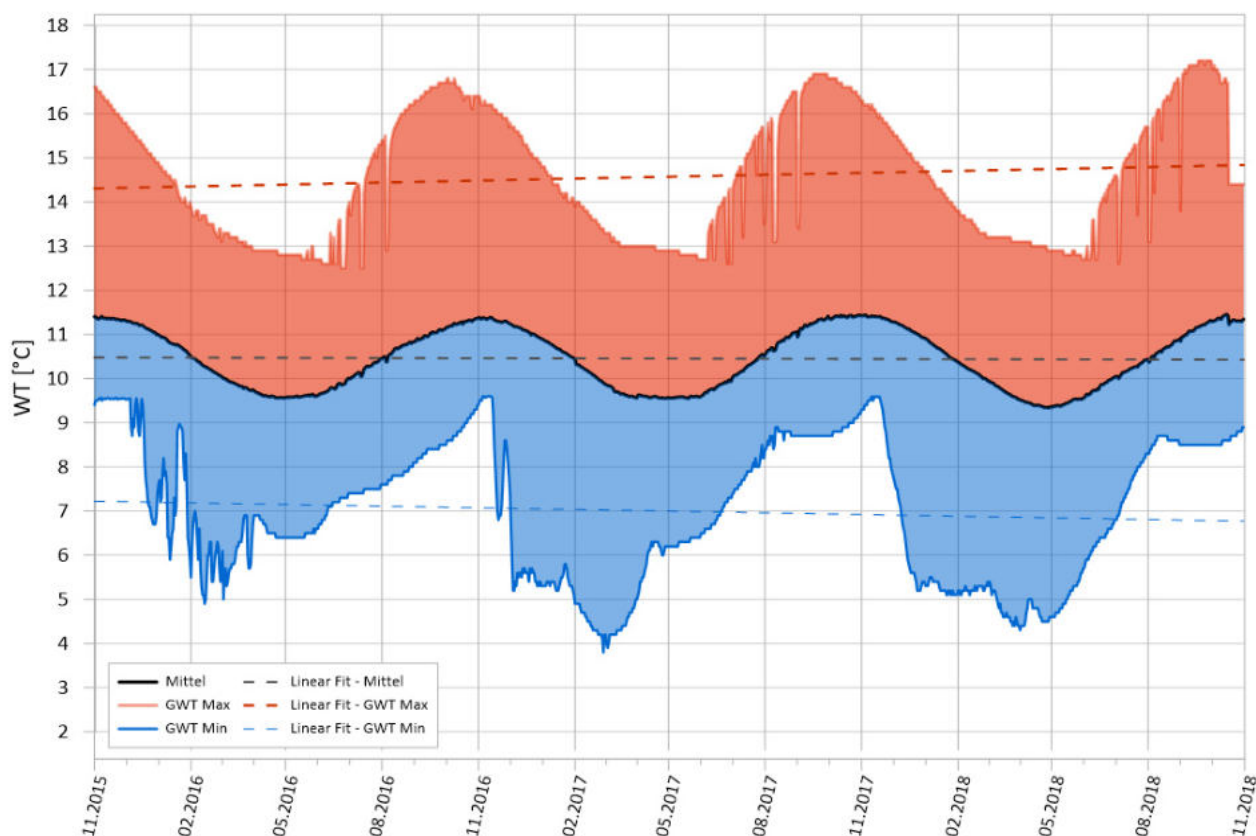


Abb. 85: Vertrauensbereich-Darstellung der ausgewählten Zeitreihen im GWG Oberinntal (zus. Datenquellen: TIWAG, ÖBB, Sandoz)

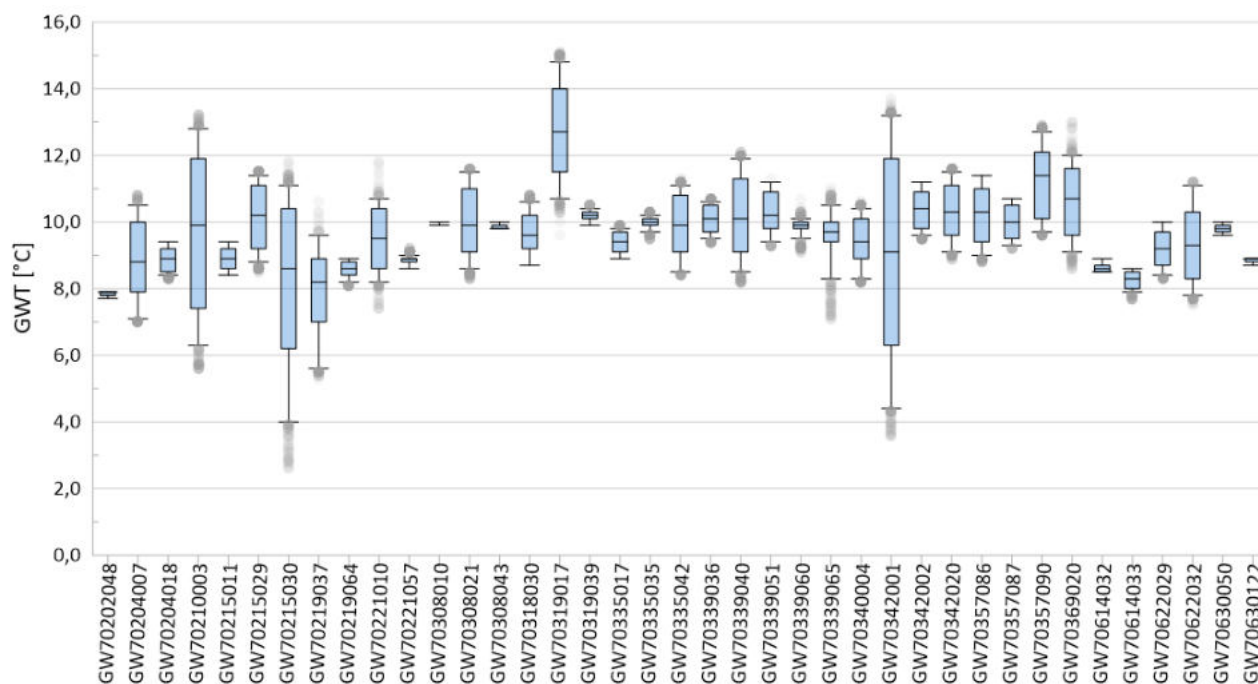


Abb. 86: Box-Whisker-Plots der Datenreihen (zus. Datenquellen: TIWAG, ÖBB, Sandoz)

Einschätzung:

Das GWG im Unterinntal erstreckt sich bei einer Länge von gut 90 km über etwa 100 Höhenmeter. Allgemein kann hier mit einer mittleren GWT von $10,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ gerechnet werden. Insbesondere in Gebieten dichter Besiedlung und mit Industriebetrieben (u.a. Innsbruck, Hall, Wattens, Schwaz, Jenbach, Kundl, Wörgl, Kufstein etc.) kann es zu lokalen positiven GWT-Anomalien kommen (AHI). Dort kann das GWT-Niveau um zumindest bis zu 5 K höher liegen. Im Mittel kann die Schwankungsbreite mit etwa $\pm 2,0\text{ K}$ angenommen werden. Ab Mess- bzw. Entnahmetiefen > 10 und bei größerem Vorfluterabstand ($> 100\text{-}200\text{ m}$) auf bis zu unter $\pm 0,5\text{ K}$, direkt am Vorfluter kann sie auch bis $\pm 3,0\text{-}4,0\text{ K}$ betragen. Das ist auch bei größeren GW-Entnahmen in unmittelbarer Vorfluternähe zu beachten, wo durch GW-Absenkung ein höherer hydraulischer Gradient auftreten und mehr Wasser vom Vorfluter eindringen kann.

Prinzipiell ist das Grundwasser im GWG Unterinntal von der GWT her durchwegs für thermische Nutzungen geeignet. Limitierend sind hier eher die Flurabstände und ggf. hydrochemisch-hydrogeologische Gegebenheiten am jeweiligen Standort. Im unmittelbaren Nahbereich der Vorfluter, insbesondere des Inns, sind jedoch Untersuchungen hinsichtlich der Eignung des GWT-Niveaus insbesondere im Frühjahr zu empfehlen.

5.5.12 21 Wipptal

Das GWG im Wipptal erstreckt sich von der Gemeinde Steinach im Brenner im Süden und der Gemeinde Matrei am Brenner im Norden und schließt auch Teile von Nebentälern mit ein. Dieses Grundwassergebiet umfasst eine Fläche von 7,9 km² und eine Länge von 8,0 km. Der Hauptvorfluter ist die Sill und die mittlere Höhe befindet sich auf 1.040 m ü. A. In dem Grundwassergebiet befinden sich sieben ausgewählte Grundwassersonden (Abb. 87). Bei diesen handelt es sich um Messstellen der BBT, welche in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen beprobt werden (monatlich bis wöchentlich) und die sich nicht nur im Talboden des Wipptals in der Nähe der Sill befinden, sondern teils auch das Grundwasser im Valser Tal und Venntal repräsentieren. Die Basisdaten der Messstellen sind in Tab. 13 zusammengefasst.

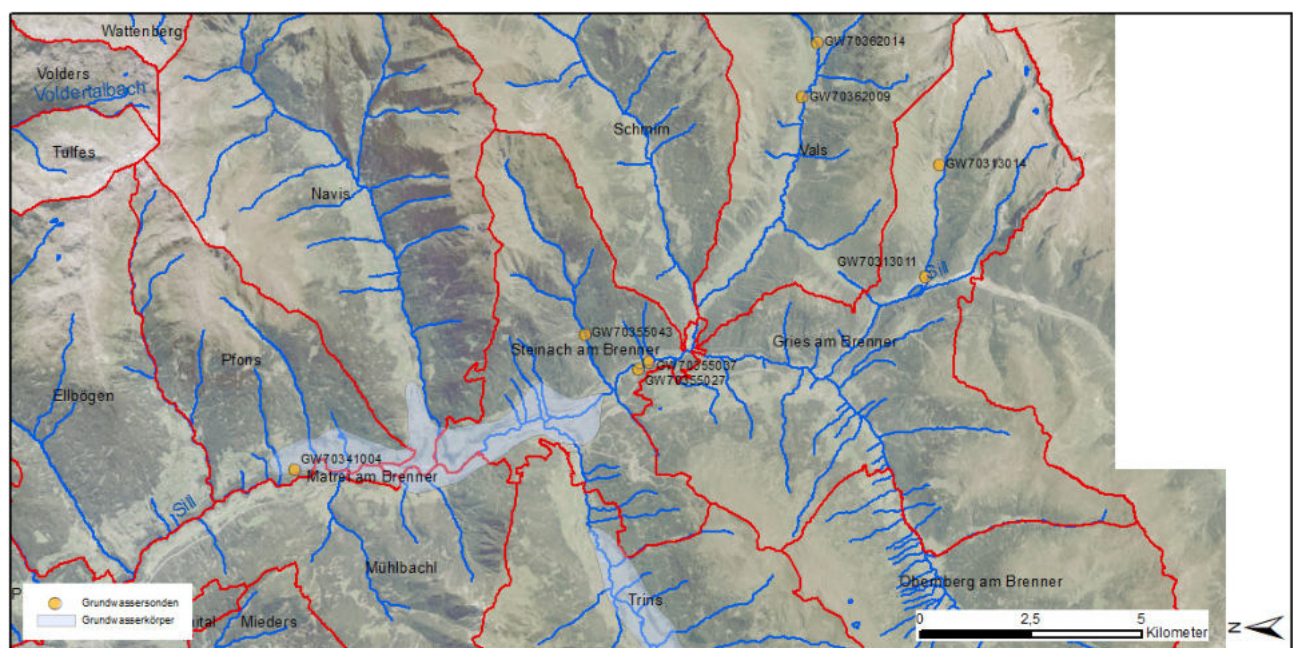


Abb. 87: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Wipptal

Tab. 13: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: BBT)

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StabwN [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70313011	Gr-B-04B_07	1317,9	10,0	6,4	5,0	7,7	-	5,3	7,4	2,7
GW70313014	Gr-B-06_09	1556,1	55,0	6,5	6,3	6,7	-	6,3	6,6	0,4
GW70341004	PD-B-02_06	976,4	37,0	10,5	9,9	11,3	-	10,3	10,8	1,4
GW70355027	St-B-11_07	1075,8	9,0	7,0	3,1	10,1	-	5,5	8,1	7,0
GW70355037	St-B-22_07	1082,0	15,5	8,4	8,0	8,7	-	7,8	8,6	1,5
GW70355043	St-B-28_09	1203,3	22,0	6,5	6,1	7,0	-	6,3	6,7	0,9
GW70362014	Va-B-11_10	1345,0	30,0	6,4	3,2	8,3	-	4,7	7,8	5,1

In Abb. 88 sind die Temperaturverläufe der Grundwassersonden GWG Wipptal im Referenzzeitraum einzusehen. Um die geringere Datendichte zu veranschaulichen, wurde hier eine abweichende

Darstellungsform verwendet. Darüber hinaus wurde aufgrund der unterschiedlichen Datenlage auf die Box-Whisker-Plots verzichtet.

Die Beobachtung von jahreszeitlichen GWT-Schwankungen oberflächennaher Grundwässer ist bei der BBT nicht zwangsläufig das Hauptaugenmerk. Dementsprechend wird hier die GWT häufig in höherer Tiefe gemessen, eine Messstelle im Valser Tal repräsentiert gar den dortigen Arteser. Daher sind die Datenreihen für gegenständliches Projektziel nicht geeignet.

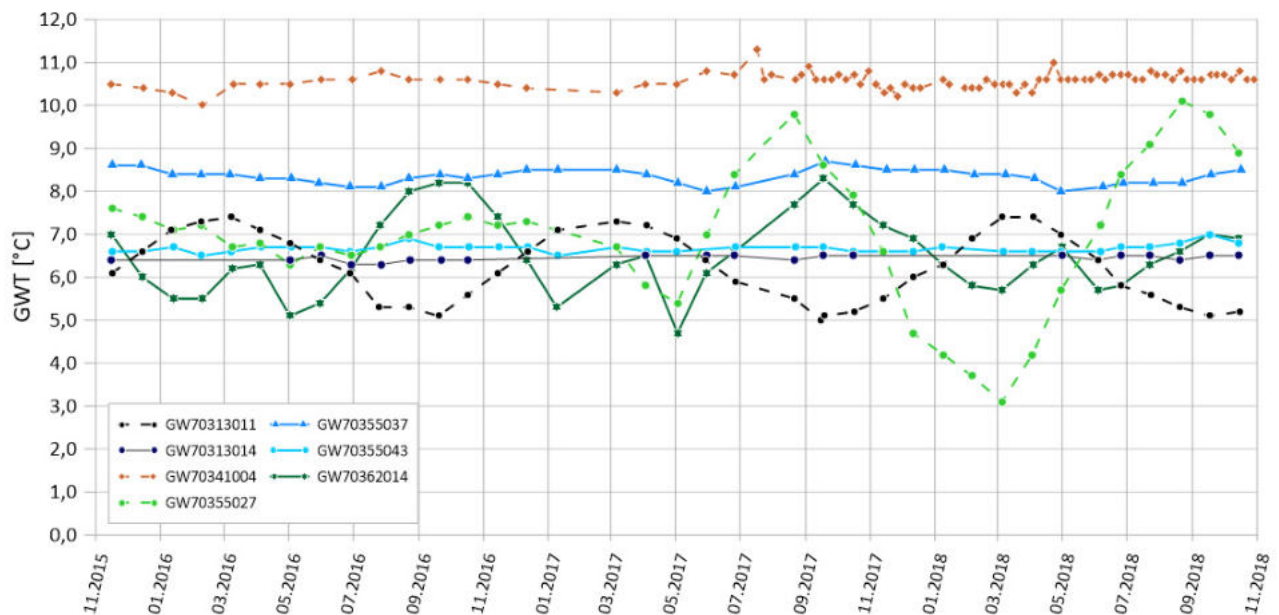


Abb. 88: Darstellung der ausgewählten Zeitreihen im GWG Wipptal (Datenquelle: BBT)

Den Begleitgrundwasserkörper der Sill repräsentieren hier nur drei Sonden, GW70313011, GW70355027 und GW70355037. GW70313011 zeigt einen klaren Jahresgang mit Minima im Herbst und Maxima im Frühjahr und einer geringeren Schwankungsbreite von etwa ± 1 K. Die anderen beiden Sonden liegen zwar nur knapp 300 m voneinander entfernt, zeigen aber ein sehr unterschiedliches Verhalten. Die GW70355027 liegt wenige Meter neben der Sill am orog. linken Ufer und macht bei nur geringfügigem saisonalen Shift bis auf die Minima im Winter fast die gesamte WT-Schwankungsbreite der Sill mit (im Vgl. zum Pegel Puig, Hydro Online), die GW70355037 hingegen, bei der auch 6,5 m tiefer gemessen wird, zeigt nur minimale Schwankungen bei Maxima im Herbst/Winter und Minima im Sommer.

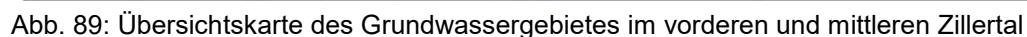
Einschätzung:

Das GWG im Wipptal ist ausgesprochen vielfältig, zumal zumindest die Abgrenzung gemäß hydrologischem Atlas vielfach Hangwasserbereiche miteinbezieht sowie die Grundwassergebiete einiger Nebentäler. Aufgrund der Heterogenität des GWG und der dafür unzureichenden Datendichte lassen sich kaum allgemeine Aussagen zu den Ist-Werten treffen. Im Bereich Gries und Steinach am Brenner liegt die GWT in der zu erwartenden Höhe bei 6,5 °C bis 8,0 °C im Jahresmittel. Im Nahbereich der Sill < 50 m muss insbesondere in Prallhangarealen mit starken GWT-Schwankungen gerechnet werden, die thermische Grundwassernutzungen erschweren.

Allgemein lässt sich die abgeleitete Regressionsgerade auch in diesem heterogenen Gebiet für oberflächennahes Grundwasser anwenden.

Aufgrund des in vielen Tal- und Hangbereichen nur eingeschränkt zur Verfügung stehenden Grundwassers und der je nach Höhen- und Vorfluterlage teils relativ niedrigen GWT-Niveaus ist das GWG für die Umsetzung thermischer Grundwassernutzungen nur bedingt geeignet. In jedem Fall sind lokale Erhebungen notwendig.

Das Zillertal erstreckt sich von Jenbach inkl. der südlichen Nebentäler, in die es sich aufgabelt, ca. 45 km nach Süden. Das hier befindliche Grundwassergebiet reicht bis Mayrhofen/Finkenberg und umfasst nach hydrologischem Atlas eine Fläche von ca. 41,5 km² und eine Länge von 29,0 km (Abb. 89 und Abb. 90). Der Vorfluter des Grundwassergebietes ist der Ziller, der niedrigste Punkt im Norden liegt bei 520 m ü. A., der höchste bei etwa 650 m ü. A. Vorfluterhöhe. Darin befindet sich eine repräsentative Grundwassersonde mit GWT-Daten (siehe Tab. 14). Es gibt weitere Sonden, die aber aufgrund der kurzen Datenreihe nicht verwendet wurden. Als Ergänzung wurden daher u.a. Einzelmessungen an verschiedenen Tiefbrunnen und aus anderen Projekten (u.a. Grundwasserschichtenpläne) herangezogen.



Tab. 14: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StabwN [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70940024	Zell am Ziller, BI 4	575,9	8,2	9,5	8,6	11,4	0,7	8,7	10,7	2,8

In Abb. 91 ist die Datenreihe dieser Messstelle in Zell am Ziller dargestellt, die sich im unmittelbaren Nahbereich orog. rechts des Ziller befindet. Abb. 92 beinhaltet den Box-Whisker-Plot dazu.

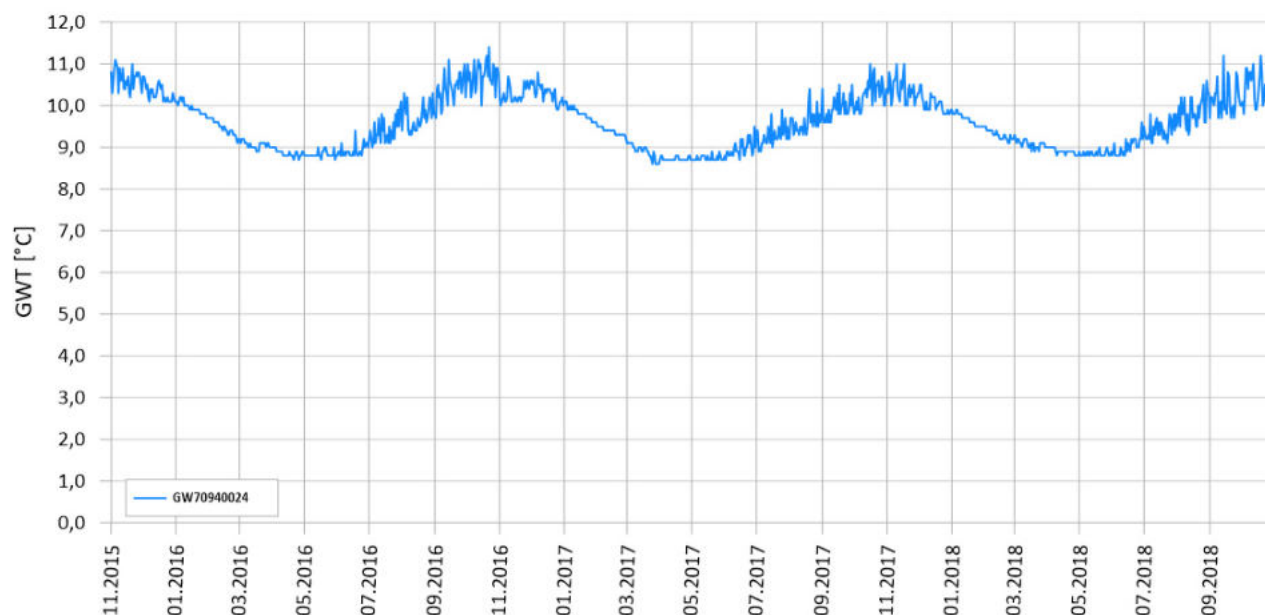


Abb. 91: Datenreihe der Messstelle im Zillertal

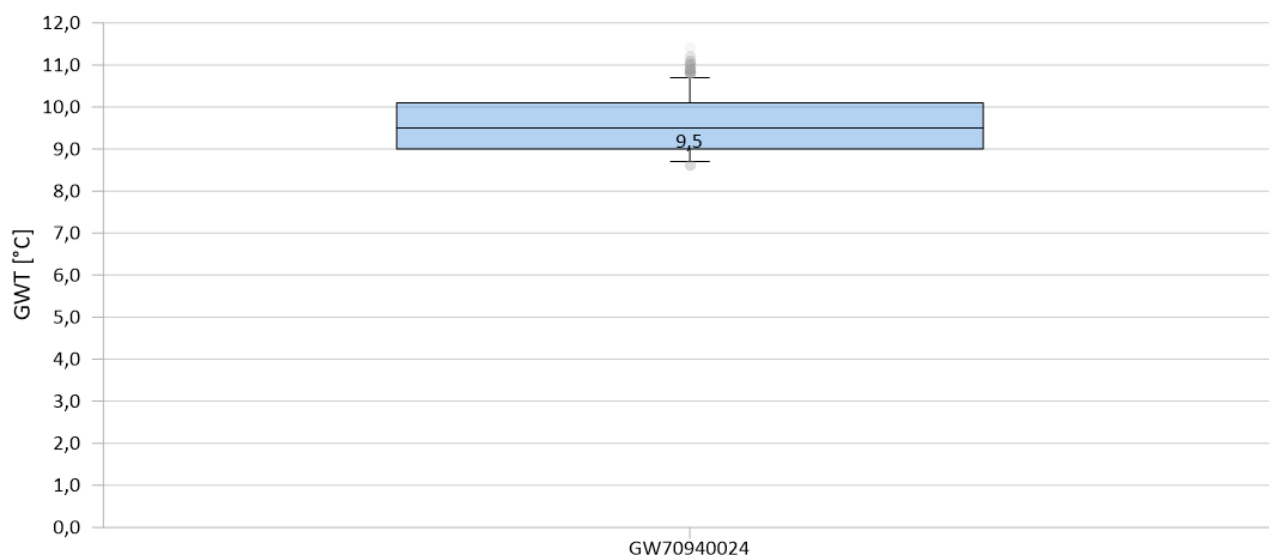


Abb. 92: Box-Whisker-Plot der Datenreihe

Im Referenzzeitraum liegt die GWT an dieser Messstelle im Median bei 9,5 °C und weist eine klare Saisonalität mit Maxima im Oktober/November und Minima im April/Mai auf. Auffällig sind dabei die zahlreichen temporären Schwankungen der GWT, die etwa ab Mai bis Dezember auftreten und

Temperaturzunahmen um bis 1,0 K bedeuten. Dadurch wirkt der Temperaturgang im Sommer sehr unruhig, im besonderen Gegensatz zum gleichmäßigen Kurvenverlauf von Jänner bis März/April. Sehr wahrscheinlich ist dies an den Kraftwerksbetrieb gebunden.

Dieses Temperaturniveau wird von den Einzelmessungen aus dem WIS bestätigt, die an den Messstellen GW70927003 (Schwendau), GW70931003 (Stumm) und GW70940033 (Zell) durchgeführt wurden und zwischen 9,5 °C und 10,5 °C liegen. Ein ähnliches Temperaturniveau ist auch aus den Untersuchungen aus dem vorderen Zillertal bekannt, die im Zuge der Erstellung des Grundwassergleichenplans durchgeführt wurden (siehe THALHEIM ET AL., 2018). Dort betrugen die GWT-Mittel der Einzelmessungen (Winter- und Sommermessungen) an den Messstellen mit nur geringen GWT-Schwankungen 10,5 °C.

Einschätzung:

Im GWG Zillertal lag für das ggst. Projekt nur eine kontinuierliche GWT-Messung mit einer mehrjährigen Datenreihe vor. Dafür liegen zahlreiche Informationen aus weiteren Projekten auf, in denen auch repräsentative Einzelmessungen durchgeführt werden konnten.

Im Hinteren Zillertal ist eine mittlere GWT von 9,5 °C ± 1,0 K zu erwarten, im Mittleren und Vorderen Zillertal liegt sie etwa bei 10,5 °C ± 0,5 K. Die Schwankungsbreite ist mit ± 1,5 K anzusetzen, kann in unmittelbarer Vorfluternähe aber auch etwas höher ausfallen. Auswirkungen des Kraftwerksbetriebs auf GWT und Grundwasserstand sind ufernah nicht auszuschließen.

Von der Grundwassertemperatur her ist das GWG Zillertal für thermische Grundwassernutzungen weitestgehend geeignet. Einschränkend sind hier die Vorkommen von mangan- und eisenreichen Sedimentlagen, die insbesondere aus dem Bereich Stumm-Aschau bekannt sind. Diese sind beim Ausbau abzudichten, da sie sonst zu Verockerungen führen können.

In Mayrhofen bis etwa zur Gemeindegrenze von Ramsau liegt der Grundwasserspiegel teils deutlich unter Zillerniveau, was bei allfälligen Planungen zu berücksichtigen ist. Hier kann die GWT im Frühjahr in Vorfluternähe auf Niveaus unter 5 °C sinken, eigene lokale Erhebungen sind jedenfalls notwendig.

5.5.14 23 Achentäl

Das Achentäl erstreckt sich vom Inntal auf Höhe der Gemeinde Jenbach im Süden bis zur deutschen Grenze im Norden. Das Grundwassergebiet umfasst eine Fläche von 19,9 km² und eine Länge von 20,0 km (einschließlich Achensee). Der natürliche Vorfluter ist die Ache, die mittlere Höhe befindet sich auf etwa 930 m ü. A. In diesem Grundwasserkörper befinden sich zwei repräsentative Grundwassersonden (Tab. 15).

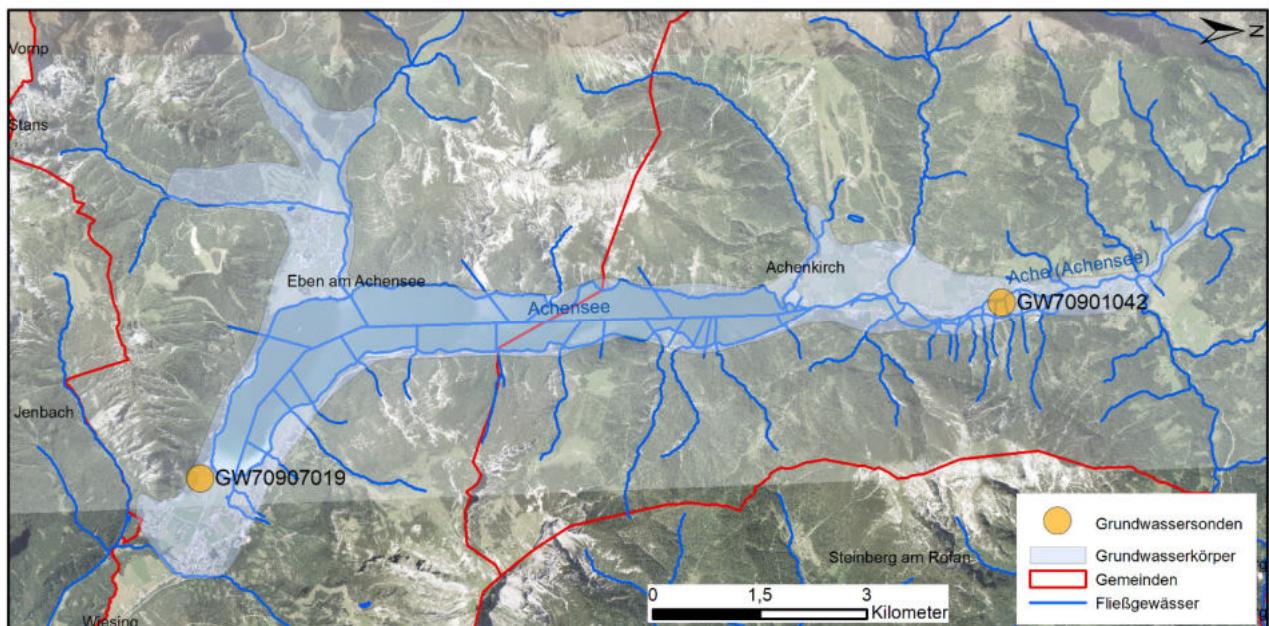


Abb. 93: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Achentäl

Tab. 15: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	Stabw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70901042	Achenkirch, BI 6	910,2	7,0	8,0	7,6	8,2	0,2	7,6	8,2	0,6
GW70907019	Maurach, BI 2	931,0	24,1	11,8	10,1	12,8	0,6	10,5	12,5	2,7

In Abb. 94 sind die Datenreihen der Messstellen im Referenzzeitraum abgebildet, Abb. 95 enthält die Box-Whisker-Plots. GW70901042 zeigt trotz der geringen Messtiefe eine ausgesprochen wenig schwankende GWT mit Maxima im Winter und Minima im Sommer bei einer mittleren GWT um 8,0 °C.

Die Messstelle GW70907019 hingegen zeigt eine deutlichere Saisonalität mit Maxima im Januar bis März und Minima im August/September, wobei die mittlere GWT bei über 11,5 °C liegt – und damit über 3,0 K höher als bei der Messstelle in Achenkirch und als es hier zu erwarten wäre. Die Ursache dieser GWT-Anomalie ist nicht klar, die Einzelmessungen aus dem direkt danebenliegenden TB Seespitz alt (GW70907013) aus den letzten fünf Jahren liegen mit 10,2 bis 11,2 °C ebenfalls verhältnismäßig hoch, der TB Seespitz II neu (GW70907017) zeigt ein niedrigeres GWT-Niveau zwischen 9,0 °C und 10,0 °C an.

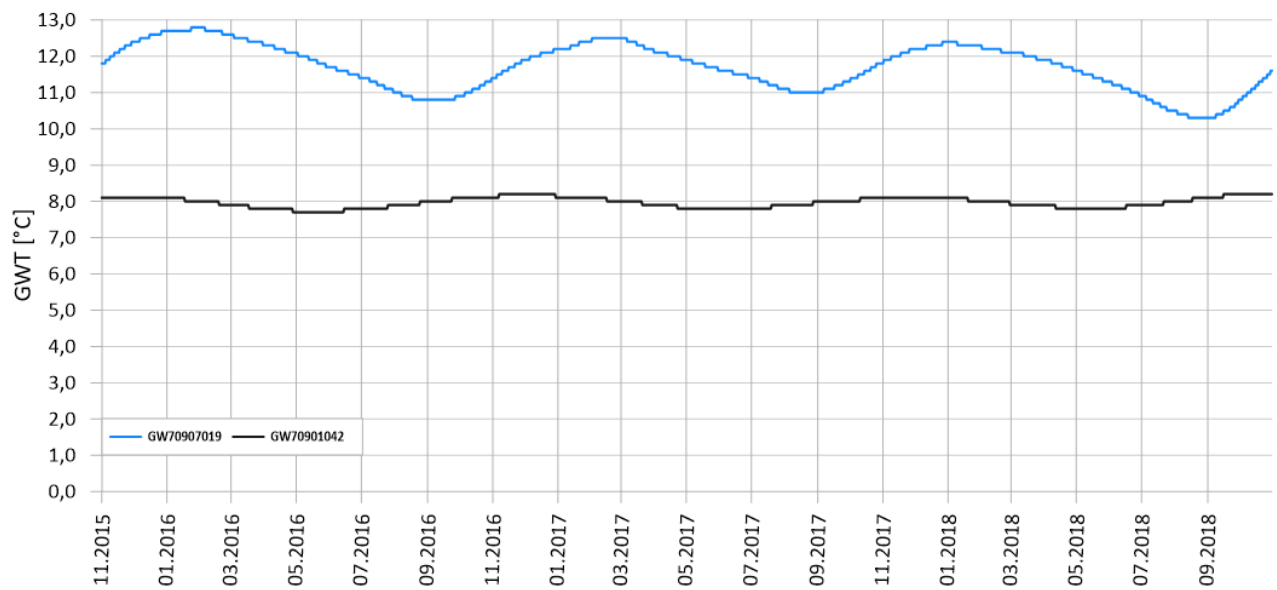


Abb. 94: Datenreihen der beiden Messstellen im Achental

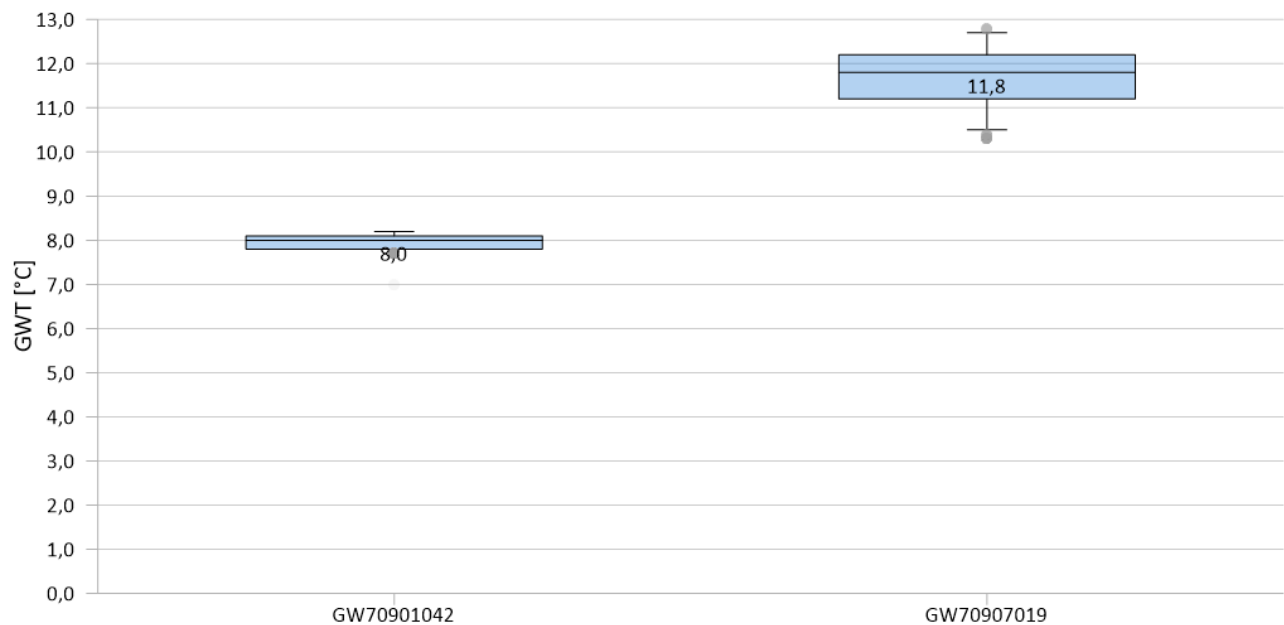


Abb. 95: Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden im Achental

Einschätzung:

Das GWG Achental ist sehr heterogen, der Nordteil ist von der Ache und der südliche Teil um Eben u. a. vom Achensee geprägt. Bei Eben am südlichen Seeufer nahe dem anstehenden Festgestein scheint eine positive GWT-Anomalie zu bestehen, die hier zu um fast 3,0 K überhöhten mittleren GWTs führt – ein Effekt, der schon wenige hundert Meter NÖ nicht bis kaum vorhanden ist.

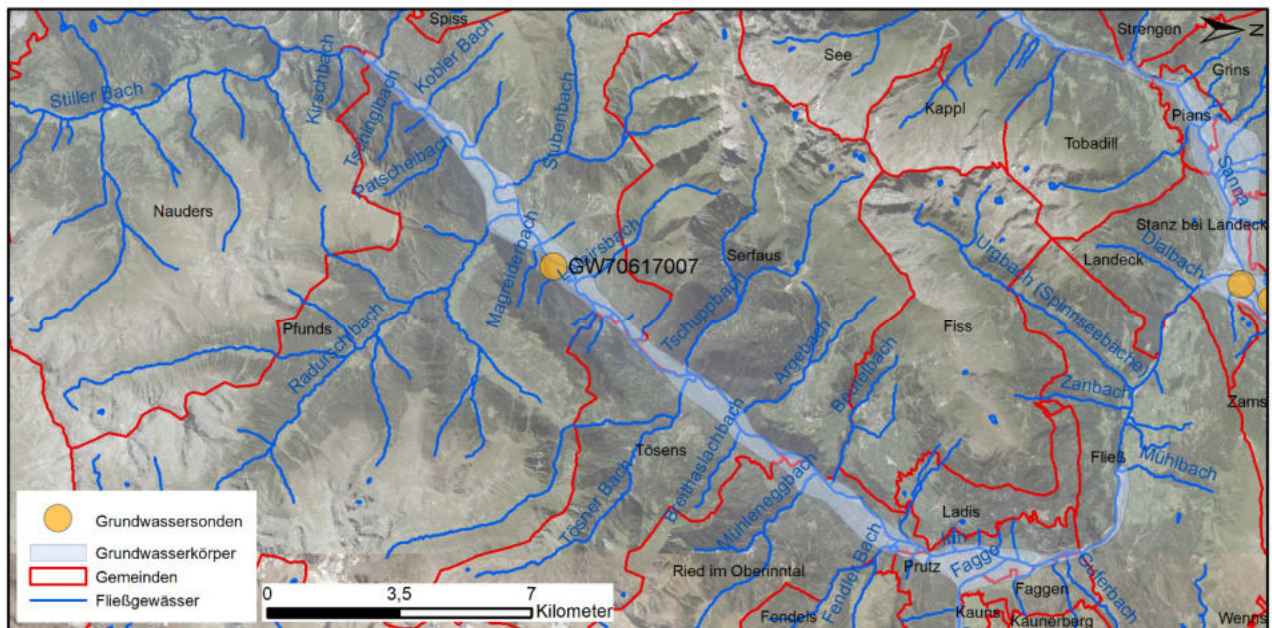
Allgemein können entsprechend der Höhenlage mittlere GWTs zwischen 8,0 und 9,0 °C erwartet werden, die mittlere Schwankungsbreite kann mit $\pm 1,5$ K angenommen werden.

Der mögliche Einfluss des Achensees auf den GW-Körper im südlichen Uferbereich im Bereich Eben am Achensee kann hier eine Rolle spielen, die zu GWT-Anomalien führen kann.

Auf Basis des GWT-Niveaus ist das Grundwasser in diesem GWG für thermische Grundwassernutzungen durchgängig geeignet. Im südlichen Bereich muss berücksichtigt werden, dass der Flurabstand bereits im Bereich vom TB Seespitz II neu etwa 10 m u. GOK beträgt und nach Süden hin weiter zunimmt.

Daher sind für Detailplanungen jedenfalls lokale Erhebungen notwendig.

Das Obere Gericht erstreckt sich von der Schweizer Grenze im Südwesten bis nach Landeck im Nordosten. Der Grundwassergebiet umfasst eine Fläche von 15,9 km² und eine Länge von 22,0 km. Der Vorfluter dieses GWG ist der Inn und die mittlere Höhe liegt auf 915 m ü. A. (etwa 850 m ü. A. bei Prutz und 1.000 vor der Schlucht SW von Pfunds). In dem Grundwassergebiet befindet sich eine repräsentative Grundwassersonde mit GWT-Daten. Dazu muss angemerkt werden, dass sich hier noch zahlreiche weitere Messstellen befinden, an denen u. a. für das Gemeinschaftskraftwerk Inn sowie im Zuge von „Ausbau Kaunertal“ Grundwasserstände und -temperaturen zumindest monatlich gemessen werden.



Tab. 16: Basisdaten der Messstelle

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	Stabw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70617007	Pfunds, BI12 (S2)	947,1	12,6	7,1	1,9	11,6	3,1	2,2	11,0	9,7

Seite 109 von 192

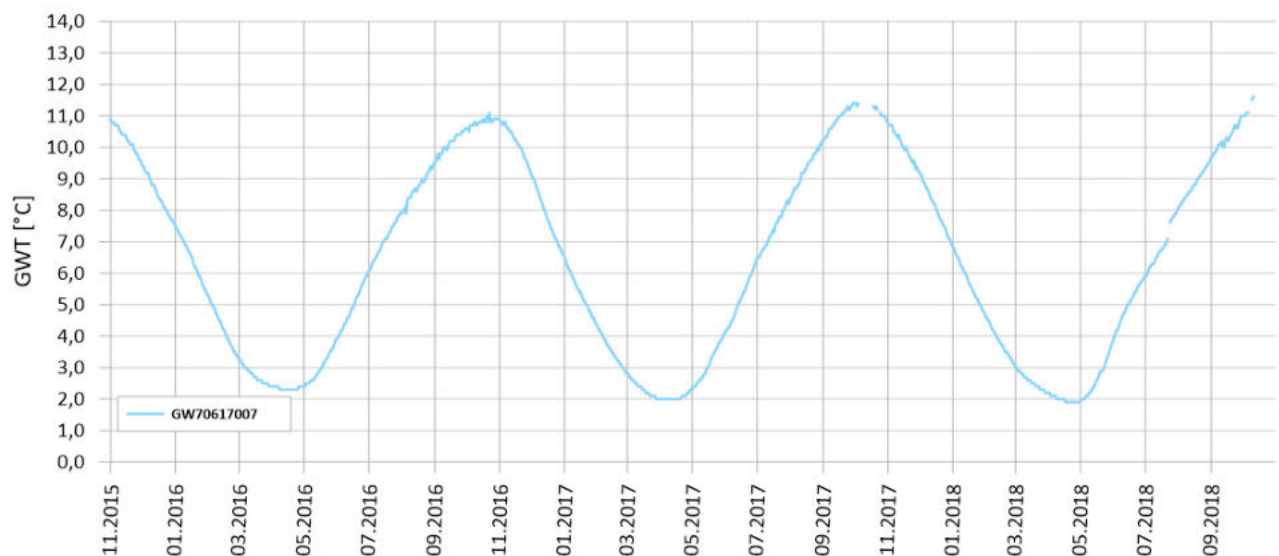


Abb. 97: Datenreihe der Messstelle im Oberen Gericht

Die Messstelle GW70617007 befindet sich etwa 100 m vom Inn entfernt an dessen rechten Ufer im prallhangseitigen Anströmungsbereich der Grundwasserentnahme TB Wiesfleck (GW70617004) der Gemeinde-WVA Pfunds. Die dazu vorliegenden Einzelmessungen der GWT sind zwar nicht für die Jahresdynamik repräsentativ, da sie fast ausschließlich aus den Monaten August bis Oktober stammen, bestätigen aber bei den wenigen vorliegenden Messungen Schwankungen zwischen 5,5 °C und 9,9 °C. Zudem zeigt der direkte Vergleich mit den Messdaten der GW-Sonde, dass am Brunnen Ende August 2018 6,3 °C betrug, an der Sonde etwa 9,5 °C, oder am 7.12.2017 9,9 °C, wohingegen bei der Sonde etwa 8,8 °C verzeichnet wurden. Der Vergleich weist auf eine Phasenverschiebung des GWT-Jahresganges um etwa einen Monat hin – bei Messstellen, die lediglich etwas über 150 m voneinander entfernt liegen.

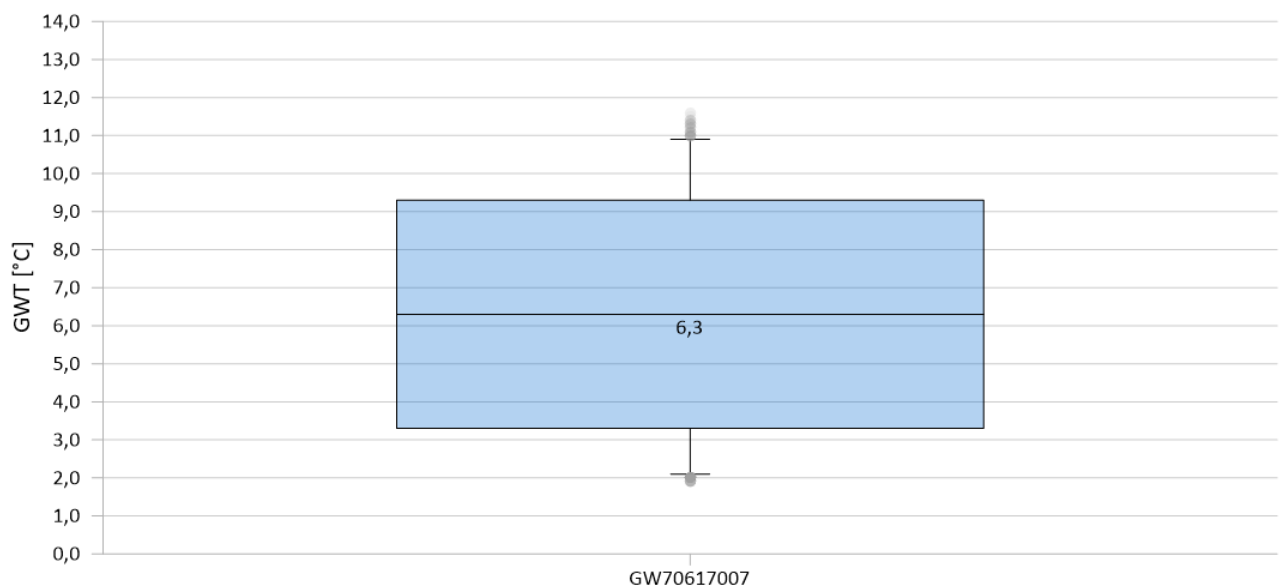


Abb. 98: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde GW70617007

Mit Blick auf die Daten von weiteren Messstellen aus dem Oberen Gericht, die hier nicht verwendet wurden, weil sie keine kontinuierlichen Datenreihen enthalten, ist auf folgende Besonderheit hinzuweisen: Im Nordteil des GWG im Bereich Prutzer Becken gibt es eine auffällige GWT-Anomalie, hier treten mittlere GWTs von über 12,0 °C und 13,0 °C auf, mit der Messtiefe nimmt neben der GWT auch die elektrische Leitfähigkeit zu. In diesem Gebiet eignet sich der Grundwasserkörper von der GWT her ausgesprochen gut zur thermischen Nutzung. Diese GWT-Anomalie ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

Einschätzung:

Das GWG im Oberen Gericht mit der Anomalie im Prutzer Becken ist in Hinblick auf die GWT recht heterogen, die ggst. Messstelle reicht nicht aus, um die Charakteristika annähernd zu repräsentieren. Das liegt auch daran, dass sie stark von der WT-Signatur des Vorfluters geprägt ist und die GWT daher im Mittel voraussichtlich niedriger liegt als im geringer vorfluter-beeinflussten GW-Körper.

Auf Basis der Regressionsgleichung können bei einer mittleren Höhe von 900 m ü. A. etwa 8,0 °C $\pm$ 1,0 K angenommen werden. In Vorfluternähe (bis zu etwa 200 m) kann ein um bis zu 2,0 K geringeres GWT-Niveau auftreten, die Schwankungen können dort insbesondere im Prallhangbereich bis zu mehr als $\pm$ 3,0 K betragen.

Im Bereich des Prutzer Beckens ist das Grundwasser im GWG Oberes Gericht für thermische Nutzungen geeignet. Im restlichen Talbereich – insbesondere im Nahbereich des Vorfluters – kann die GWT im Frühjahr teils deutlich unter 5 °C fallen. Daher sind für allfällige Planungen jedenfalls lokal eigene Erhebungen durchzuführen.

5.5.16 25 Großachengebiet

Das GWG im Großachengebiet ist ein verzweigtes Grundwassersystem und erstreckt sich von der Gemeinde Jochberg im Süden bis zur Gemeinde Kössen im Norden und weiter Richtung Westen bis zum Walchsee und schließt auch das Kohltal in Schwendt sowie im Osten von St. Johann das Fieberbrunner Tal mit ein (Abb. 99 und Abb. 100). Das Grundwassergebiet umfasst eine Fläche von etwa 94,0 km². Der Hauptvorfluter ist die Großache und die mittlere Höhe liegt auf etwa 800 m ü. A. In dem Grundwasserkörper befinden sich 15 ausgewählte Grundwassersonden mit verwendbaren Temperaturdaten (Tab. 17), die mehrheitlich in St. Johann und Kössen liegen. Ergänzend wurden die Daten einiger Messstellen herangezogen, die im Rahmen der GZÜV beprobt werden.

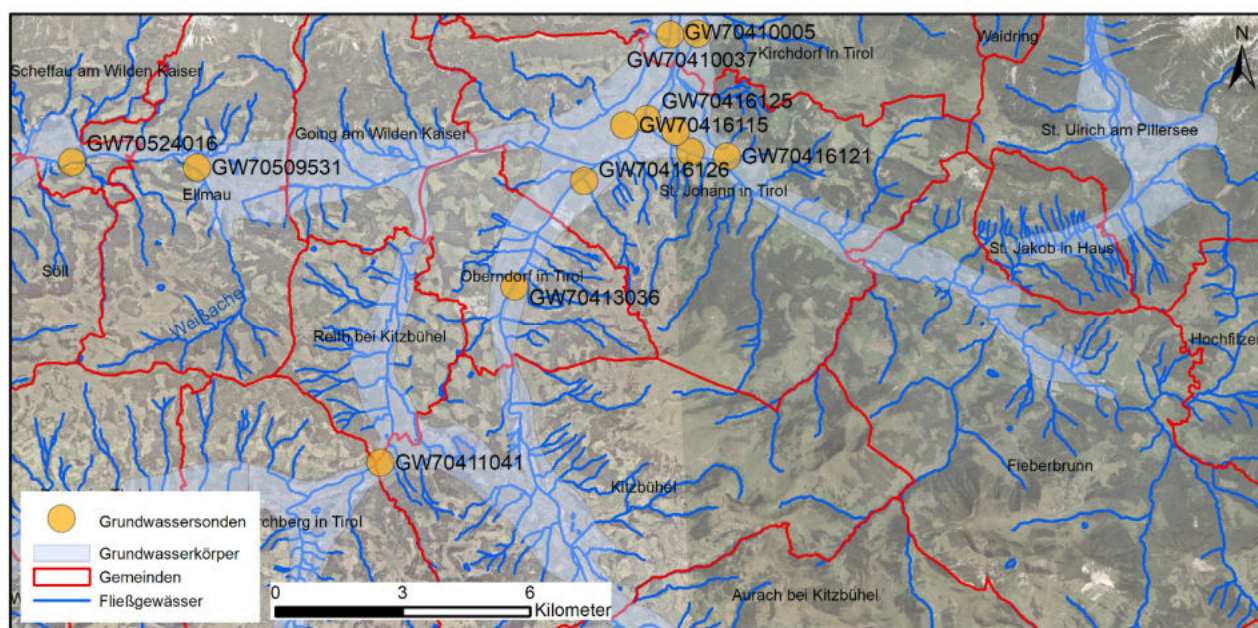


Abb. 99: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im südlichen Großachengebiet

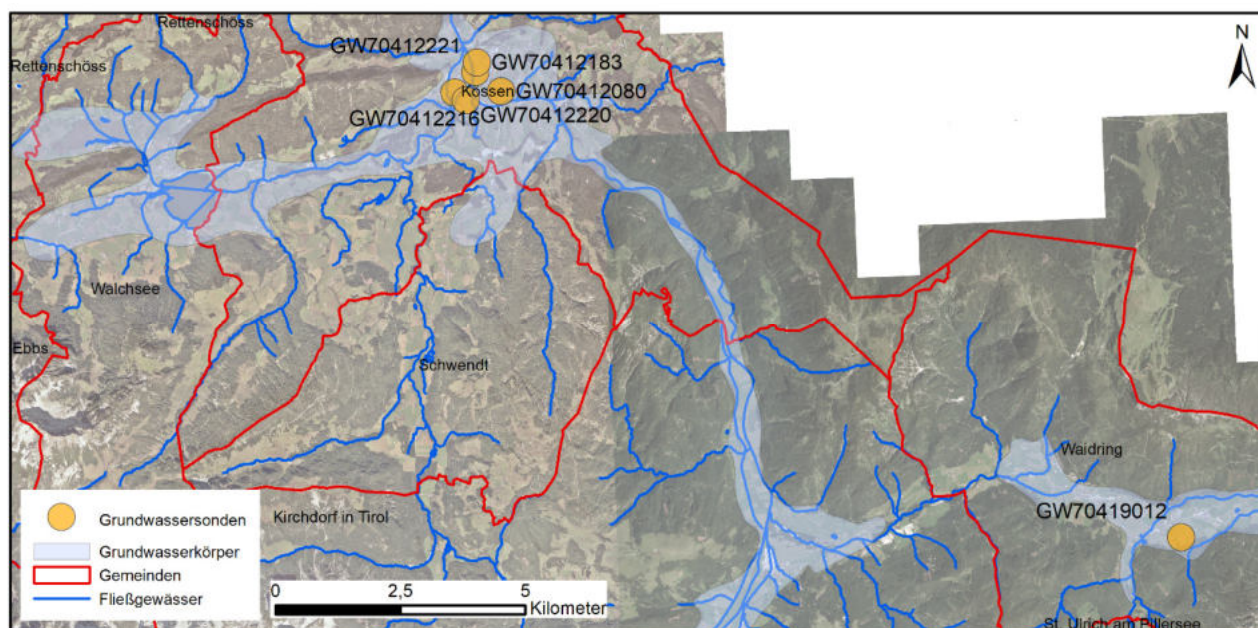


Abb. 100: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im nördlichen Großachengebiet

Tab. 17: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70410005	Kirchdorf-Litzfelden, BI 1	645,6	9,0	8,1	7,9	8,2	0,1	8,0	8,2	0,2
GW70410037	Kirchdorf-Furth, BI 2	644,0	9,0	8,4	8,2	8,7	0,1	8,3	8,6	0,3
GW70411041	Kitzbühel-Land, BI 1	781,5	9,0	9,0	8,9	9,0	0,05	8,9	9,0	0,1
GW70412080	Kössen, BI 2	589,6	6,2	8,7	7,6	9,5	0,6	7,8	9,5	1,7
GW70412183	Kössen, Br 6	587,6	7,0	9,3	6,4	12,3	1,8	6,6	11,9	5,3
GW70412216	Kössen, BI 5	589,0	7,0	9,3	6,0	13,0	2,2	6,5	12,8	6,3
GW70412220	Kössen, BI 3	588,1	5,0	9,1	4,2	14,6	3,3	4,4	13,6	9,2
GW70412221	Kössen, BI 16	588,3	4,5	9,4	6,3	12,5	2,0	6,6	12,2	5,6
GW70413036	Oberndorf, BI 2	692,9	32,0	8,9	6,2	13,5	1,0	7,6	10,8	3,2
GW70416115	St.Johann i.T., BI 19	657,3	10,0	8,9	8,4	9,1	0,2	8,5	9,1	0,6
GW70416121	St.Johann i.T., BI 24 (SO8)	671,7	15,5	9,3	8,5	10,3	0,5	8,5	10,1	1,6
GW70416123	St.Johann i.T., BI 22 (SO2U)	666,9	16,0	7,7	5,1	10,2	1,3	6,1	10,0	3,9
GW70416124	St.Johann i.T., BI 20 (SO4U)	659,5	12,0	8,7	3,4	11,9	1,7	4,5	10,7	6,2
GW70416125	St.Johann i.T., BI 16 (SO8U)	657,8	12,0	7,9	4,5	11,5	1,6	4,9	10,8	5,9
GW70416126	St.Johann i.T., BI 32	671,4	24,0	8,1	4,6	10,7	1,7	4,9	10,4	5,5

Da im Rahmen der Ausführungen zum Vorflutereinfluss in den Abschnitten 0 und 5.4.5 detailliert auf die GWT in St. Johann in Tirol und Kössen eingegangen wurde, wird hier auf diese Stationen nur kurz Bezug genommen und der Schwerpunkt auf allgemeine Aspekte und weitere Standorte gelegt. Abb. 101 zeigt die Vertrauensbereich-Darstellung der ausgewählten Zeitreihen, Abb. 102 die dazugehörigen Box-Whisker-Plots. Die mittlere Tagestemperatur bewegt sich im Jahresverlauf zwischen ca. 7,2 °C und 10,8 °C, die Minima werden im Februar bis April erreicht und liegen bei 3,5 °C bis 4,5 °C, die Maxima werden im August/September erreicht und liegen bei 13,5 °C bis 14,5 °C. Das bedeutet eine relativ hohe Schwankungsbreite und eine im Durchschnitt geringe Phasenverschiebung von GWT gegenüber LT und WT.

Bis auf die Messstellen in Kirchdorf und eine in St. Johann weisen alle relativ hohe Schwankungsbreiten von wenigstens $\pm 1,0$ K und maximal $\pm 5,0$ K auf, im Mittel sind es etwa $\pm 3,0$ K. Im Vergleich dazu sind die Temperaturmittel auffallend ähnlich, sie liegen bei etwa 8,7 °C $\pm 1,0$ K.

Im Bereich St. Johann liegt die GWT bei etwa 8,5 °C, in Kössen bei 9,2 °C, dazwischen bei Kirchdorf hat die GWT ein ähnliches Mittel wie in St. Johann, von den etwas höher gelegenen Orten Oberndorf und Kitzbühel liegen nur Einzelmessungen vor, die ebenfalls mittlere GWTs von etwa 9,0 °C anzeigen.

Aus den Teilgebieten Kohlental, Walchsee, Hagertal und auch Jochberg liegen keine kontinuierlichen Datenreihen vor, allerdings teils langjährige Turnusmessungen der GZÜV. Aus dem Kohlental in Schwendt liegen bis Ende 2006 28 Einzelwerte vor, die eine mittlere GWT von 7,5 °C aufweisen, in Walchsee liegt sie bei 8,5 °C. In Jochberg zeigen die Daten von 1992 bis 2002 eine mittlere GWT von etwa 8,0 °C, in Obernberg bei etwa 9,0 °C. Darüber hinaus liegen zumindest in Kitzbühel Messungen vor, die auf teils stark ausgeprägte positive GWT-Anomalien hinweisen.

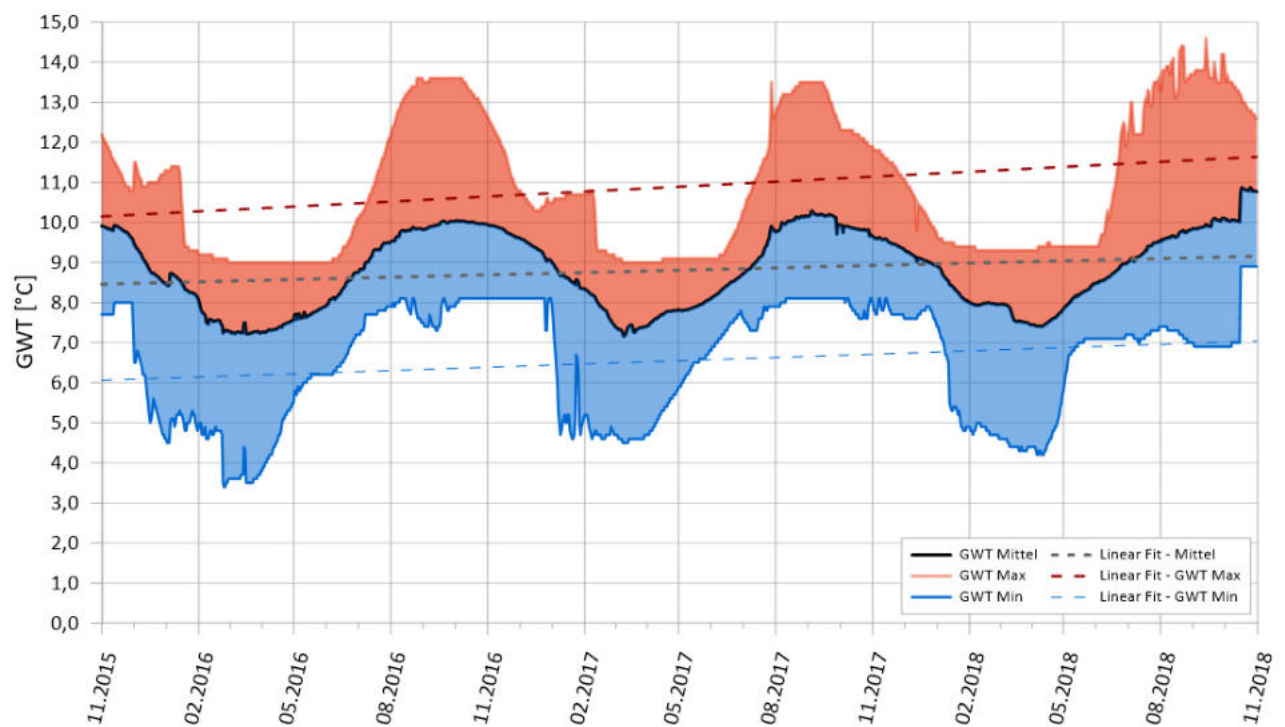


Abb. 101: Vertrauensbereich-Darstellung der Messstellen im Großsachengebiet

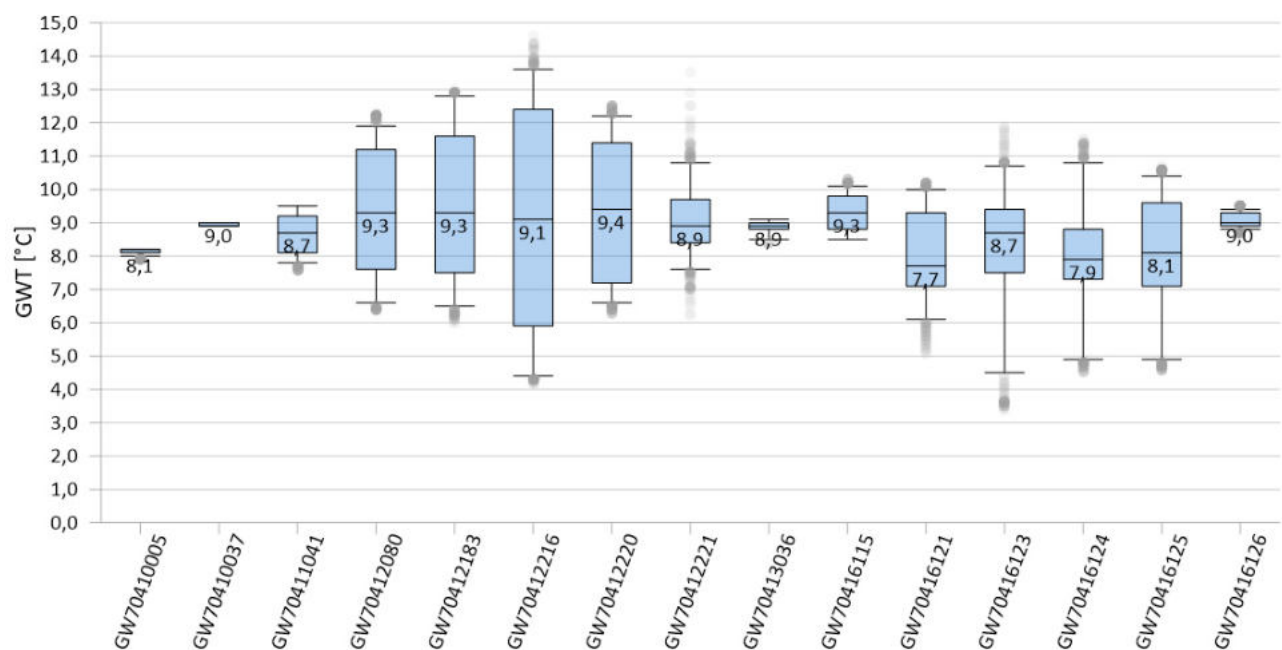


Abb. 102: Whisker-Plots der Datenreihen

Einschätzung:

Über die GWT im GWG Großache liegen von einer Vielzahl an Sonden kontinuierliche Daten vor. Allerdings ist dieses GWG ausgesprochen weit verzweigt und damit sehr heterogen aufgebaut, auch in Bezug auf die unterschiedlichen Charakteristika der Einzugsgebiete der Zubringer der Großache. Das Gebiet wird dabei von einem oftmals sehr starken Vorflutereinfluss und damit einhergehenden hohen Schwankungsbreiten und negativen GWT-Anomalien charakterisiert.

Allgemein können im GWG Großache mittlere GWTs von $8,5 \pm 1,0$ K erwartet werden. An vorfluternahen Sonden im Abstand bis über 100 m können höhere Schwankungsbreiten von $\pm 2,0$ K bis $\pm 5,0$ K auftreten. Im Siedlungsgebiet von Kitzbühel kommt es zu positiven GWT-Anomalien, die wohl auf anthropogenen Einfluss hindeuten.

Gemäß der Regressionsgleichung ergibt sich bei einer Seehöhe von etwa 700 m ü. A. bei St. Johann eine mittlere GWT von etwa $9,3 \text{ °C} \pm 1,0$ K. Davon weichen die Messwerte wie auch in Kössen um mehr als 0,5 K ab, erst in den höher gelegenen Gebieten wie Kitzbühel und teils Jochberg passen berechnete und gemessene Mittelwerte besser zusammen.

Das Grundwasser im GWG Großachengebiet ist bedingt für thermische Nutzungen geeignet. Auf Basis des gemessenen wie berechneten mittleren GWT-Niveaus wären Nutzungen zwar nahezu überall möglich, jedoch kommt es sowohl in z.B. Kössen als auch St. Johann vorfluternah zu ausgesprochen starken saisonalen Temperaturschwankungen, sodass die GWT im Winter/Frühjahr unter 5 °C sinken kann. Hier sind allenfalls eigene lokale Erhebungen nötig, die zahlreichen thermischen Nutzungen v.a. in Kössen indizieren allgemein eine gute Nutzbarkeit.

Zu berücksichtigen ist überdies, dass das Grundwasser besonders im Bereich Oberndorf und St. Johann teils 10,0–20,0 m tiefer liegt als der Vorfluter.

5.5.17 26 Pillerseetal

Das Grundwassergebiet Pillerseetal befindet sich rund um die Gemeinde St. Ulrich am Pillersee und ist dem GWG Strubtal im Süden vorgelagert (Abb. 103). Die Fläche des Grundwassergebietes beträgt 9,6 km² und die Länge 9,0 km. Der Vorfluter ist der Grießelbach, die Geländehöhe im Bereich um den Hauptort beträgt etwa 840 m ü. A. In diesem GWG gibt keine Grundwassersonden, dafür aber zahlreiche Grundwasserentnahmen, insbesondere für Grundwasser-Wärmepumpen, GWT-Informationen liegen aber nicht vor. Daher wurde ergänzend die GZÜV-Messstelle PG70401012 (GW70417037) in St. Jakob am Pillersee, Ortsteil Straß, herangezogen, an welcher zumindest bis Ende 2006 die GWT bei Turnusmessungen aufgezeichnet wurde.

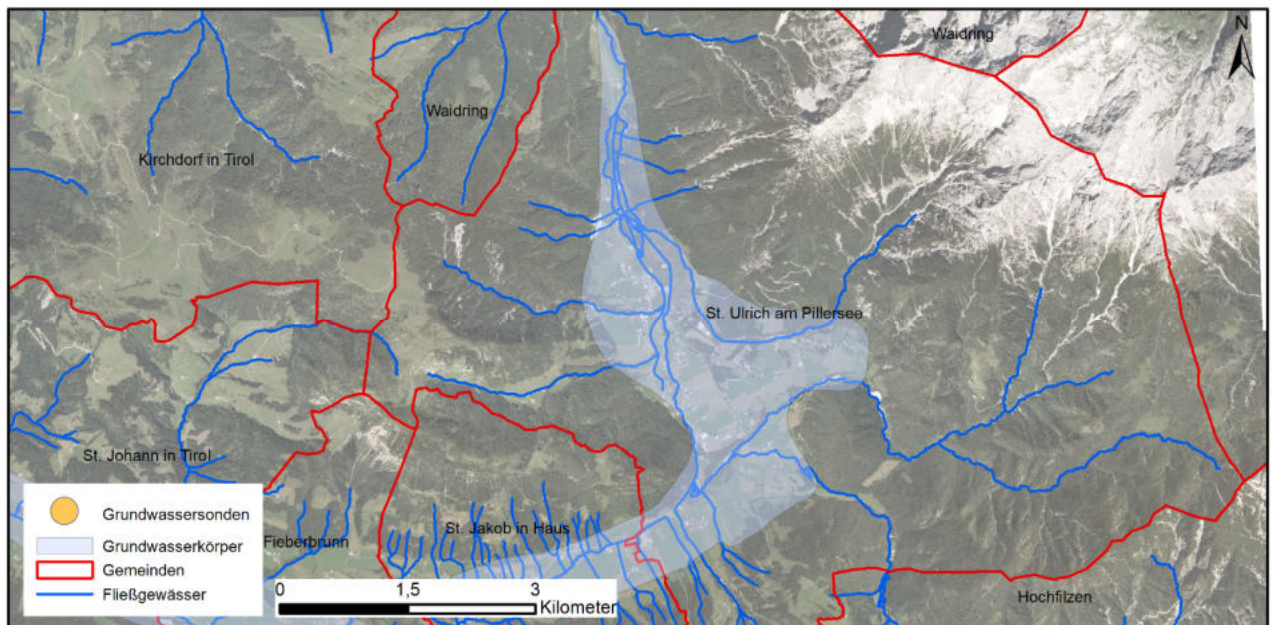


Abb. 103: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Pillerseetal

Einschätzung:

Im GWG Pillerseetal liegen keine kontinuierlichen Daten vor, die einzige Messstelle der GZÜV wurde 2006 aufgelassen. Dort wurde eine mittlere GWT von 8,1 °C verzeichnet.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ergibt sich bei einer Geländehöhe von etwa 850 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa 8,5 °C $\pm$ 1,0 K, was gut mit den wenigen Messdaten übereinstimmt, insbesondere unter Annahme eines gewissen GWT-Anstiegs seit Messende. Die Schwankungsbreite liegt bei etwa $\pm$ 1,5 K. Vorfluternah und bei oberflächennaher Entnahme kann es zu höheren jahreszeitlichen Schwankungsbreiten kommen.

Da im GWG einige Grundwasser-Wärmepumpenanlagen existieren, sollte das Grundwasser die entsprechenden Kriterien erfüllen, für genaue Planungen sind aber lokal eigene Erhebungen durchzuführen.

5.5.18 27 Strubtal

Der Grundwassergebiet Strubtal erstreckt sich westlich und östlich der Gemeinde Waidring (Abb. 104). Das GWG umfasst eine Fläche von 6,9 km² und weist eine Länge von 9,0 km auf. Der Vorfluter ist einerseits der Grießelbach, der nach Osten entwässert, und westlich der Wasserscheide, an der Waidring liegt, entwässern einige kleinere Zubringer in den Waldbach. Die Geländehöhe im Bereich Waidring liegt bei 760 bis 780 m ü. A. In diesem Grundwasserkörper befindet sich eine repräsentative Grundwassersonde (Tab. 18), die im Umfeld des TB Schäferau (GW70419009) liegt.

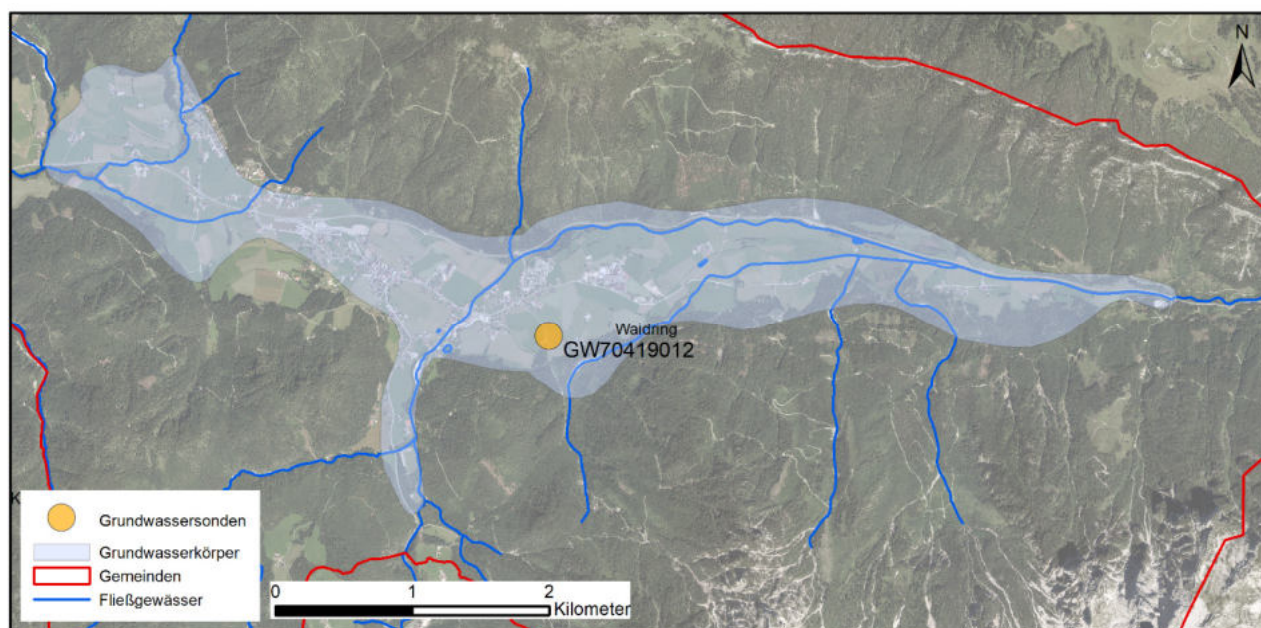


Abb. 104: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Strubtal

Tab. 18: Basisdaten der Messstelle

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70419012	Waidring, BI 2	768,9	19,0	9,1	8,4	10,0	0,4	8,5	9,9	1,4

Abb. 105 zeigt den Verlauf der GWT im Referenzzeitraum, Abb. 106 den dazugehörigen Box-Whisker-Plot. Die GWT schwankt nur geringfügig um maximal 1,4 K, der Median und Mittelwert liegt bei 9,1 °C. Die Maxima der GWT treten im Frühjahr, die Minima im Sommer auf, ein klarer Jahresgang wie bei zahlreichen anderen Messstellen ist nicht zu erkennen, stattdessen gibt es etwa zwei relative Minima und Maxima pro Jahr, was auf die Überlagerung zweier GW-Komponenten mit unterschiedlichen Charakteristika hindeutet.

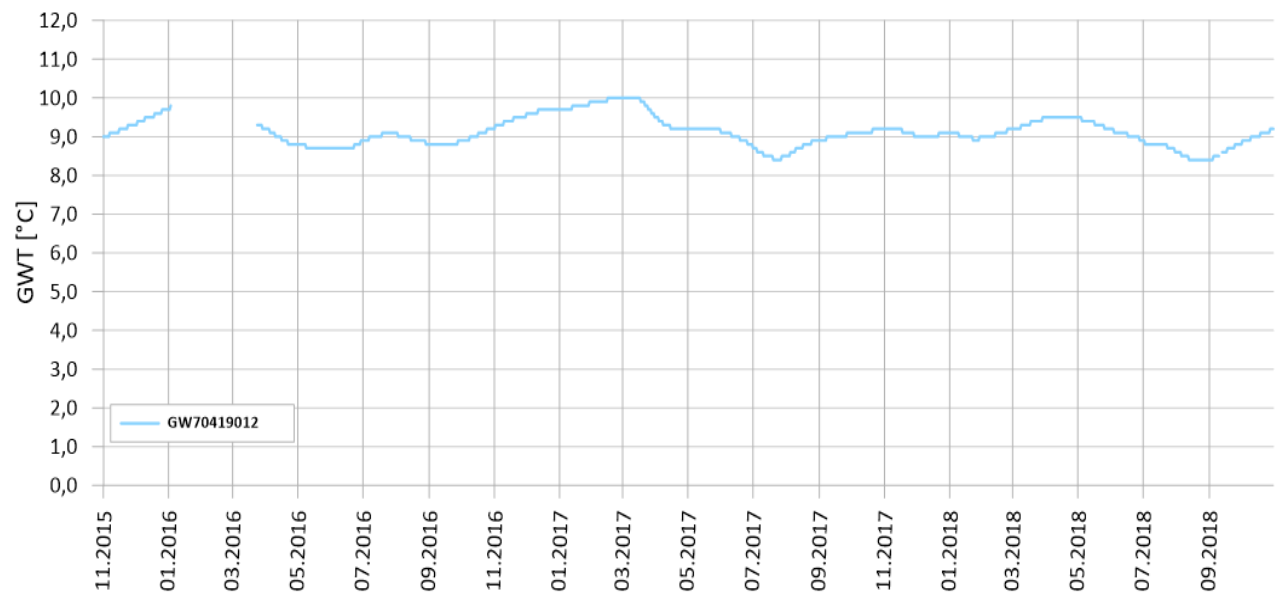


Abb. 105: GWT-Datenreihe der Messstelle im Strubtal

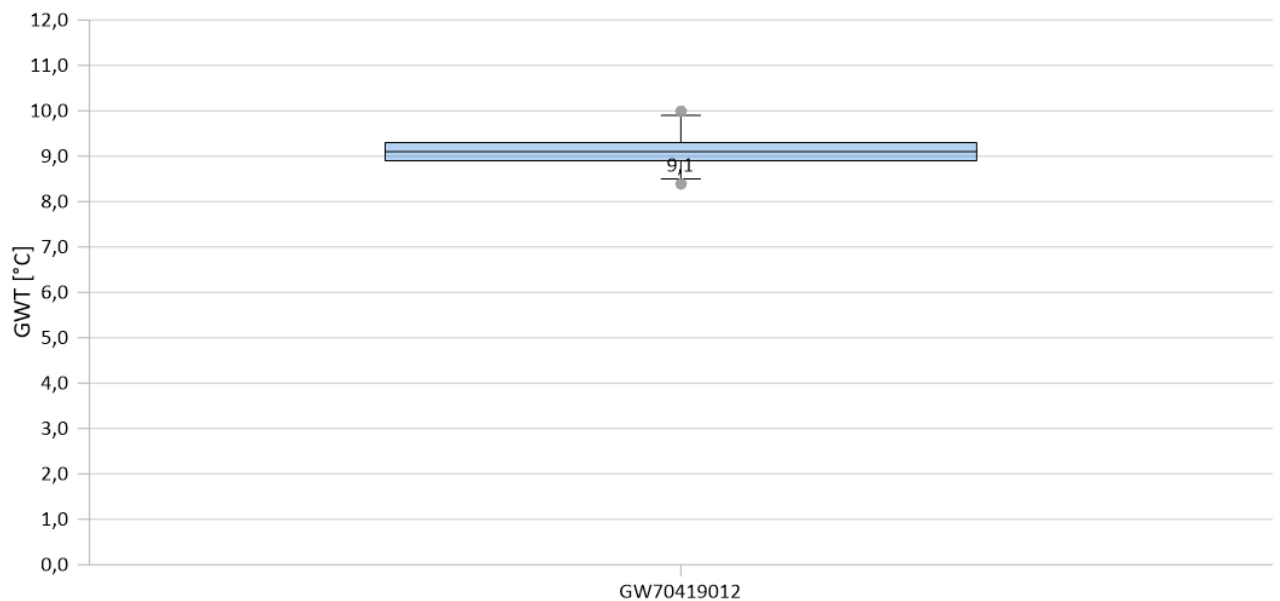


Abb. 106: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde im Strubtal

Die GWT-Einzelmessungen im TB Schäferau zeigen nur minimale Schwankungen bei etwa 8,1 °C an, das GWT-Niveau ist hier also niedriger.

Einschätzung:

Im GWG Strubtal liegen kont. Daten einer GW-Sonde sowie Einzelmessungen eines Tiefbrunnens vor. Demnach ist in diesem GWG um die Gemeinde Waidring eine mittlere GWT von 8,0 bis 9,0 °C zu erwarten.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ergibt sich bei einer Geländehöhe von etwa 800 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa 9,0 °C $\pm$ 1,0 K, was sehr gut mit den Messdaten übereinstimmt. Die Schwankungsbreite liegt bei etwa $\pm$ 1,5 K. Vorfluternah und bei oberflächennaher Entnahme kann es zu höheren jahreszeitlichen Schwankungsbreiten kommen.

Auf Basis der gemessenen wie berechneten GWT ist das Grundwasser im GWG Strubtal für thermische Nutzungen prinzipiell geeignet. Dafür bietet sich vor allem das Gebiet östlich bzw. orog. links des Grieselbaches an, im Bereich des Ortszentrums von Waidring bis über die Wasserscheide zum Waidbach hinüber im Bereich der Terrassensedimente liegt das Grundwasser tiefer. Insbesondere hier sind für Detailplanungen lokal eigene Erhebungen notwendig.

5.5.19 28 Oberes Lechtal

Das Grundwassergebiet Oberes Lechtal reicht ca. 23,0 km von der Gemeinde Elmen nach Südwesten (Abb. 107). Die Fläche des GWG beträgt 19,1 km² und der Haupt-Vorfluter ist der Lech. Die Geländehöhe im Siedlungsgebiet von Elmen beträgt etwa 980 m ü. A., im Südwesten in der Gemeinde Steeg sind es etwa 1.100 m ü. A. Hier befinden sich drei ausgewählte Grundwassersonden mit verwendbaren Temperaturdaten (Tab. 19).

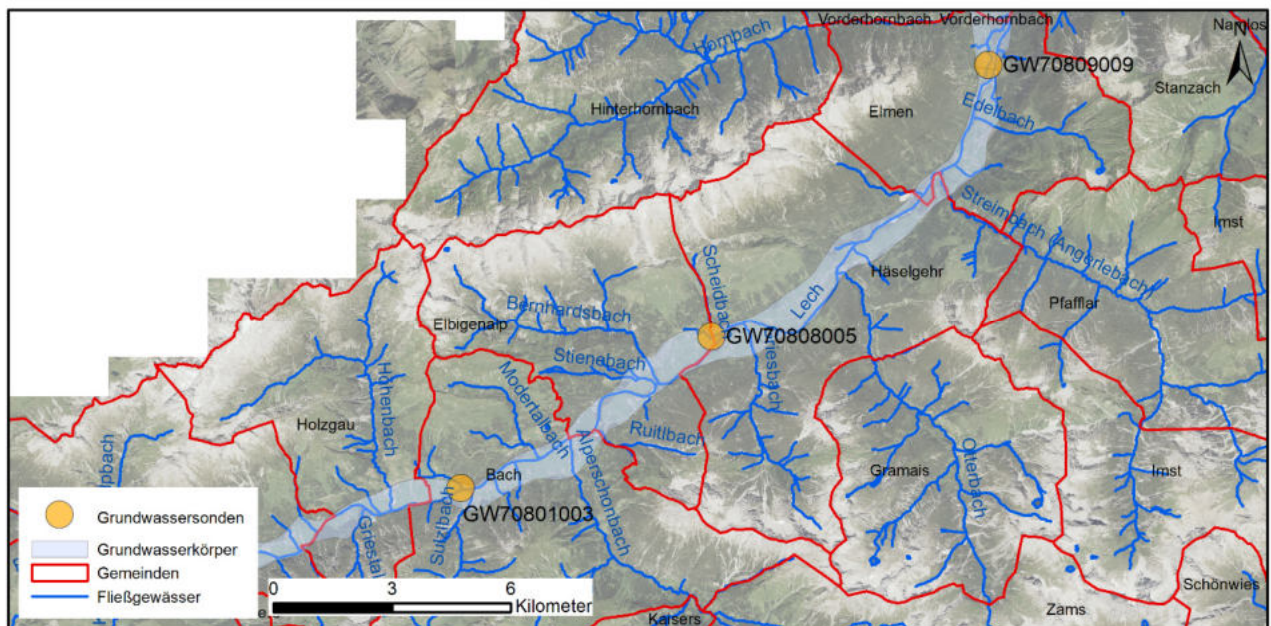


Abb. 107: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Oberen Lechtal

Tab. 19: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StabwN [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70801003	Bach-Schönau, BI 3	1072,9	18,9	5,9	4,3	7,8	0,8	4,5	7,6	3,1
GW70808005	Elbigenalp BL 1	1024,5	8,1	6,6	5,2	8,1	0,8	5,4	7,8	2,4
GW70809009	Elmen BI 1	955,0	5,8	7,0	3,2	10,4	2,0	3,6	10,0	7,2

Abb. 108 zeigt den Temperaturverlauf der drei Grundwassersonden im Oberen Lechtal im Referenzzeitraum, Abb. 109 den dazugehörigen Box-Whisker-Plot. Zwei der Sonden zeigen zumindest hinsichtlich der Saisonalität einen ähnlichen Verlauf, wobei allerdings Sonde GW70809009 eine deutlich höhere Schwankungsbreite als GW70808005 aufweist. Beide zeigen Maxima im September/Oktober und Minima zwischen März und Mai. Die Sonde GW70801003 hingegen zeigt Maxima teils im Mai, teils im Januar und Februar, Minima können sowohl im Winter (2015 und 2018) als auch Sommer (2017) auftreten. Möglicherweise überlagern sich hier teils die GWT-Signale von Lech und Holzgauer Waal.

Allgemein zeigen die beiden Sonden in Bach und Elbigenalp eine durchschnittliche Schwankungsbreite, die Sonde in Elmen hingegen, welche sich mit etwa 150 m am weitesten vom

Vorfluter entfernt befindet, weist eine überdurchschnittliche hohe Schwankungsbreite auf. Im Vergleich zu GW-Messungen in vergleichbarer Höhenlage ist bei allen drei Sonden im Oberen Lechtal eine unterdurchschnittliche mittlere GWT feststellbar.

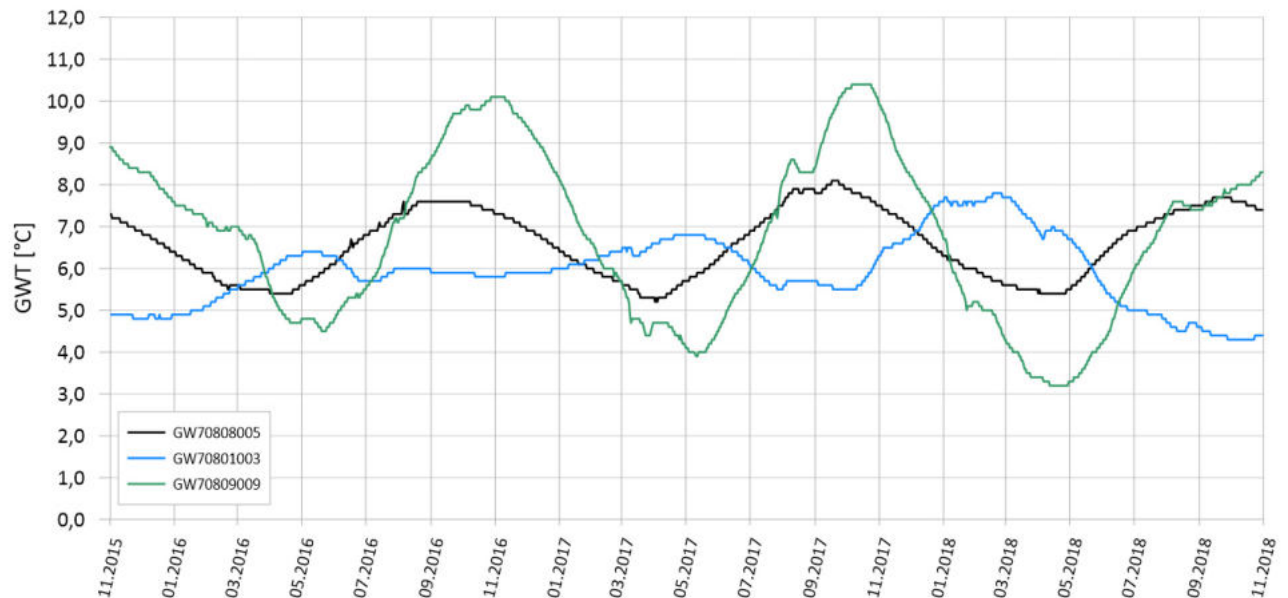


Abb. 108: GWT-Datenreihen der Messstellen im Oberen Lechtal

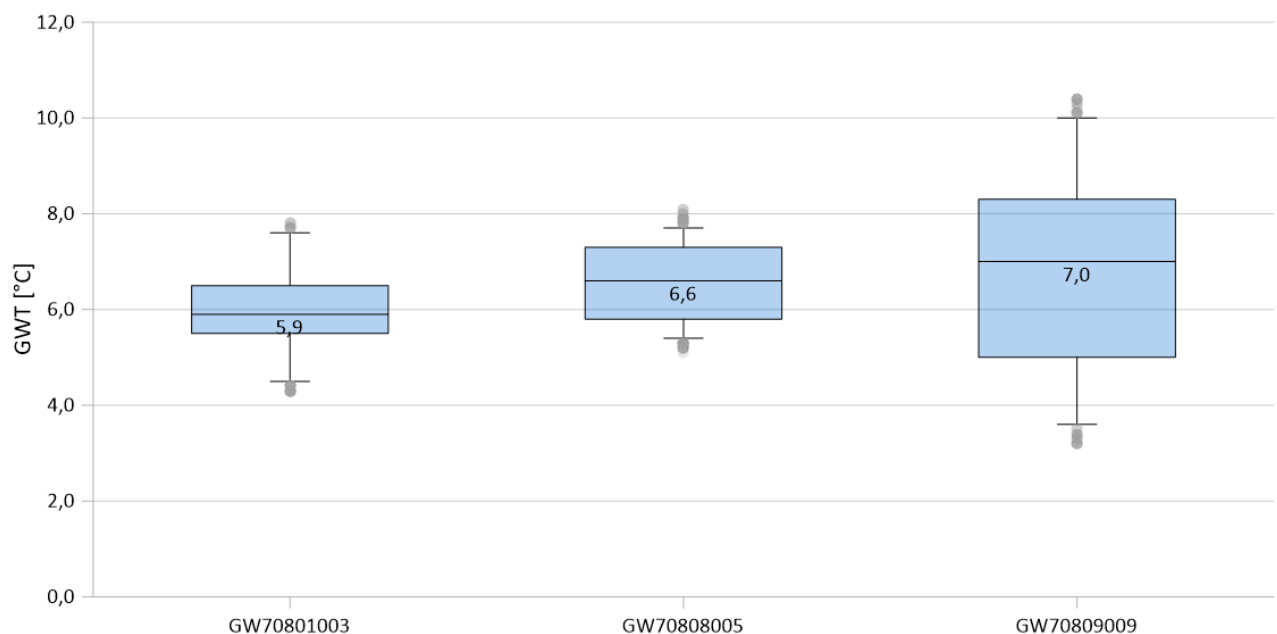


Abb. 109: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonden im Oberen Lechtal

Einschätzung:

Auf Basis der vorliegenden Information ist im GWG Oberes Lechtal eine mittlere GWT von 6,0 °C bis 7,0 °C mit einer Schwankungsbreite von etwa $\pm 2,0$ K zu erwarten.

Bei geringerer Entfernung zum Lech (im Wesentlichen unter 200 m) können noch höhere jahreszeitliche Schwankungen mit mehr als $\pm 3,0$ K erwartet werden.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade würde bei etwa 1.000 m ü. A. die mittlere GWT bei 7,8 °C ± 1 K liegen, bei 1.100 m ü. A. bei 7,3 °C $\pm 1,0$ K. Die Messwerte liegen somit teils stark unter der berechneten GWT, was auf eine negative GWT-Anomalie im Lechtal hindeutet, die ggf. auch auf die hohe Interaktion mit dem Vorfluter zurückzuführen ist.

Aufgrund des gemessenen GWT-Niveaus sowie der teils hohen jahreszeitlichen GWT- und Flurabstandsschwankungen ist das Grundwasser im GWG Oberes Lechtal für thermische Nutzungen zu Heizzwecken eher nicht geeignet. Ausnahmen bilden die GWWP-Anlage der Gemeinde Elmen im unteren Talabschnitt sowie einige Anlagen in Häselgehr und Elbigenalp, die sich allerdings auch alle mehr als 300–400 m vom Lech entfernt befinden.

In jedem Fall sind für allfällige Planungen lokal eigene Erhebungen insbesondere zum GWT-Niveau im Winter/Frühjahr durchzuführen. Ein Abstand von mehr als 300 m zum Haupt-Vorfluter ist zu empfehlen.

5.5.20 32 Fernpass

Das Grundwassergebiet Fernpass erstreckt sich vom Fernpass aus nach Südwest und Nordost (Abb. 110). Das GWG umfasst den Bereich des Fernpass-Bergsturzes und ist von diesem hydrogeologisch maßgeblich geprägt. Die Fläche beträgt ca. 9,9 km² und eine Länge von 9,0 km. In diesem Grundwassergebiet gibt es zwei Vorfluter, einerseits entwässert die Loisach den Nordosten und andererseits der Gurglbach den Südwesten. Die mittlere Höhe liegt auf 1.180 m ü. A., im nutzungsrelevanten Siedlungsgebiet von Biberwier bei im Mittel 1.000 m ü. A. Es ist eine Grundwassersonde mit verwendbaren Temperaturdaten vorhanden (Tab. 20).

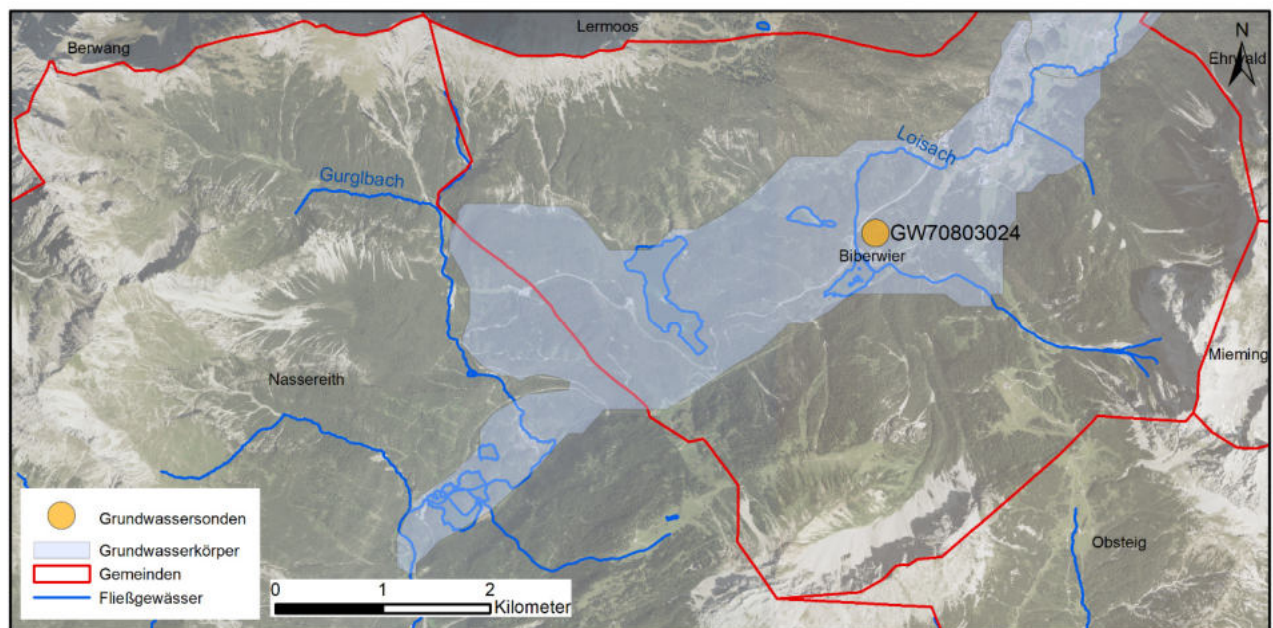


Abb. 110: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Fernpass

Tab. 20: Basisdaten der Messstelle

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70803024	Biberwier, BI 1 (KB4)	1073,1	16,5	6,3	6,1	6,6	0,1	6,1	6,5	0,4

Abb. 111 zeigt den Temperaturverlauf der Grundwassersonde im GWG Fernpass im Referenzzeitraum. Die GWT schwankt nur gering im Jahresverlauf und weist einen Mittelwert von 6,3 °C auf, zudem ist ein klarer Anstieg der GWT von mehr als 0,2 K im Referenzzeitraum erkennbar. Der Box-Whisker-Plot in Abb. 112 veranschaulicht die geringe Schwankungsbreite, welche hier wohl maßgeblich durch die hohe Messtiefe von über 16 m uGOK bedingt ist.

Die in Kap. 5.5.4 erwähnte Publikation von WOLKERSDORFER & MUGOVA (2020) bezieht sich auf eine Messstelle, die in der Nähe der gegenständlichen GW70803024 liegt. Dort zeigten sich oberflächennah höhere Grundwassertemperaturen (bis etwa 8,0 °C im Mittel), in der Tiefe jedoch Temperaturen, die im Bereich der GWT der HD-Messstelle liegen.

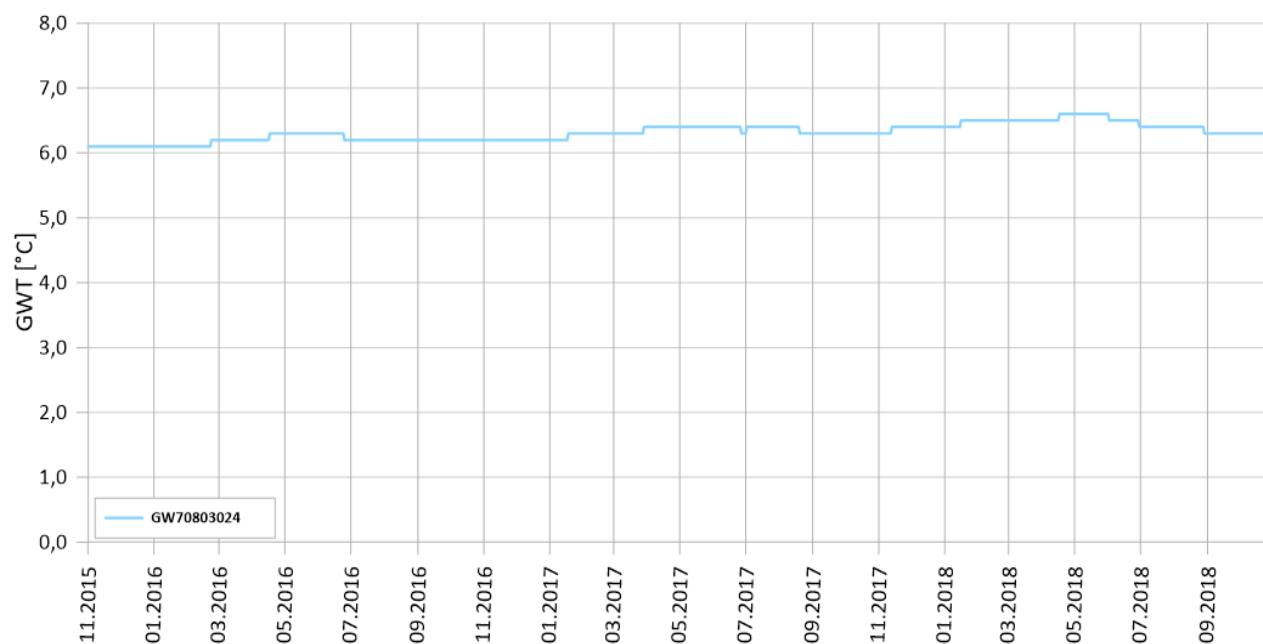


Abb. 111: GWT-Datenreihe der Messstelle im GWG Fernpass

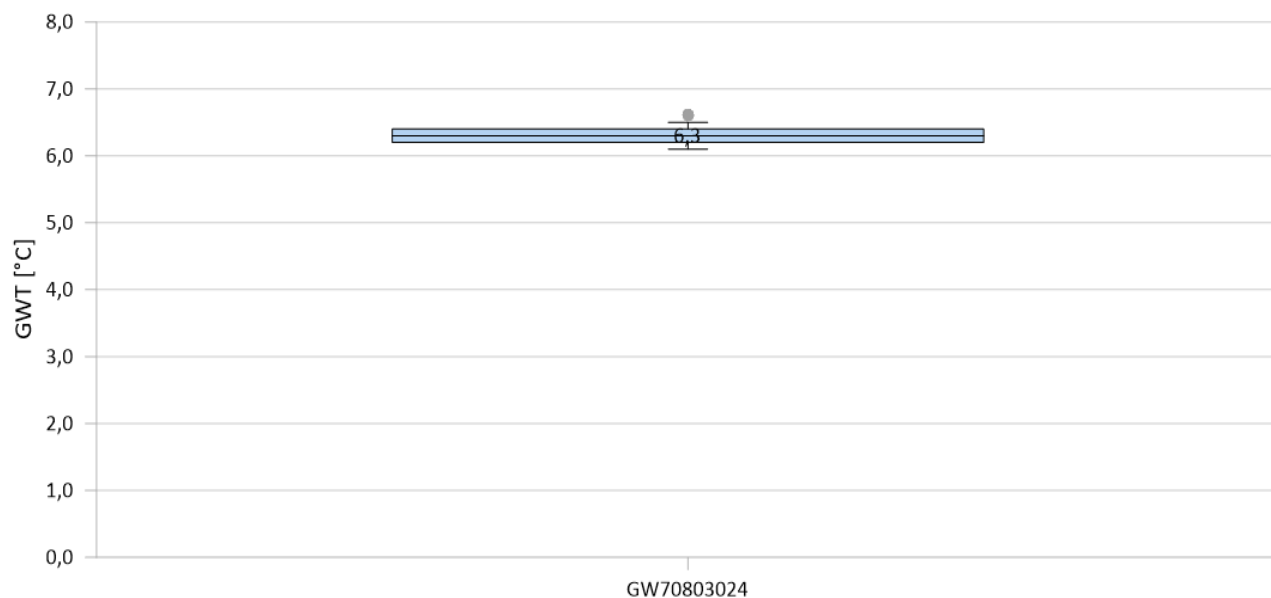


Abb. 112: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde am Fernpass

Einschätzung:

Im GWG Fernpass liegen Informationen von einer GW-Sonde mit kontinuierlicher GWT-Aufzeichnung vor. Da bei dieser die GWT in über 16 m Tiefe gemessen wird, ist sie von der Schwankungsbreite her nicht als repräsentativ für das anzutreffende Grundwasser zu sehen. Die mittlere GWT beträgt hier auf einer Höhe von fast 1.100 m ü. A. 6,3 °C.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 1.100 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa $7,3 \text{ °C} \pm 1,0 \text{ K}$ zu erwarten, das schließt die gemessene GWT gerade noch mit ein. Aus dem nutzungsrelevanten Siedlungsbereich von Biberwier liegen keine Daten vor, bei einer Geländehöhe von 1.000 m ü. A. sollte die GWT dort bei $8,3 \pm 1,0 \text{ K}$ liegen. Aufgrund hoher Fließgeschwindigkeiten im Untergrund (Bergsturzmaterial) könnte es hier der Fall sein, dass das örtliche GWT-Signal einer anderen Höhenlage entspricht, weswegen es hier zu einer negativen GWT-Anomalie kommt. Vorfluternah kann es zu höheren jahreszeitlichen Schwankungsbreiten kommen.

Sowohl vom GWT-Niveau, der zu erwartenden saisonalen Schwankungsbreite als auch von den hydrogeologischen Gegebenheiten her erscheint das GWG Fernpass für thermische Grundwassernutzungen insb. zum Heizen ungeeignet.

5.5.21 43 Zwischentoren

Dieses Grundwassergebiet reicht von der Gemeinde Bichlbach nach Westen bis zur Gemeinde Heiterwang und weiter nach Norden bis zum Plansee (Abb. 113). Die Fläche des Grundwasserkörpers beträgt 11,9 km² und die Länge 15 km. Der Vorfluter ist der Grundbach, das Zentrum von Heiterwang liegt bei etwa 1.000 m ü. A., Bichlbach und dessen Ortsteil Lähn bei etwa 1.100 m ü. A. Im Gebiet gibt es etliche Grundwasserentnahmen, darunter auch zwei größere Tiefbrunnen (TB Sefersfeld, GW70804001; TB Lähner, GW70814002), zu denen aus den vergangenen Jahren auch vereinzelte GWT-Messungen vorliegen. Zudem werden bzw. wurden einige der Grundwassersonden im Rahmen der GZÜV-Turnusmessungen untersucht.

Bei den beiden Brunnen wurden GWTs von etwa 7,0 bis 10,0 °C (TB Sefersfeld) bzw. 7,2 °C und 11,4 °C (TB Lähner) gemessen, letzterer weist einen längeren Beobachtungszeitraum mit einer mittlerem GWT von etwa 8 °C auf. Die Messstellen aus der GZÜV zeigen GWT-Niveaus von etwa 7,2 °C (Bichlbach) und 7,5 °C bzw. 9,0 °C (Heiterwang) an.

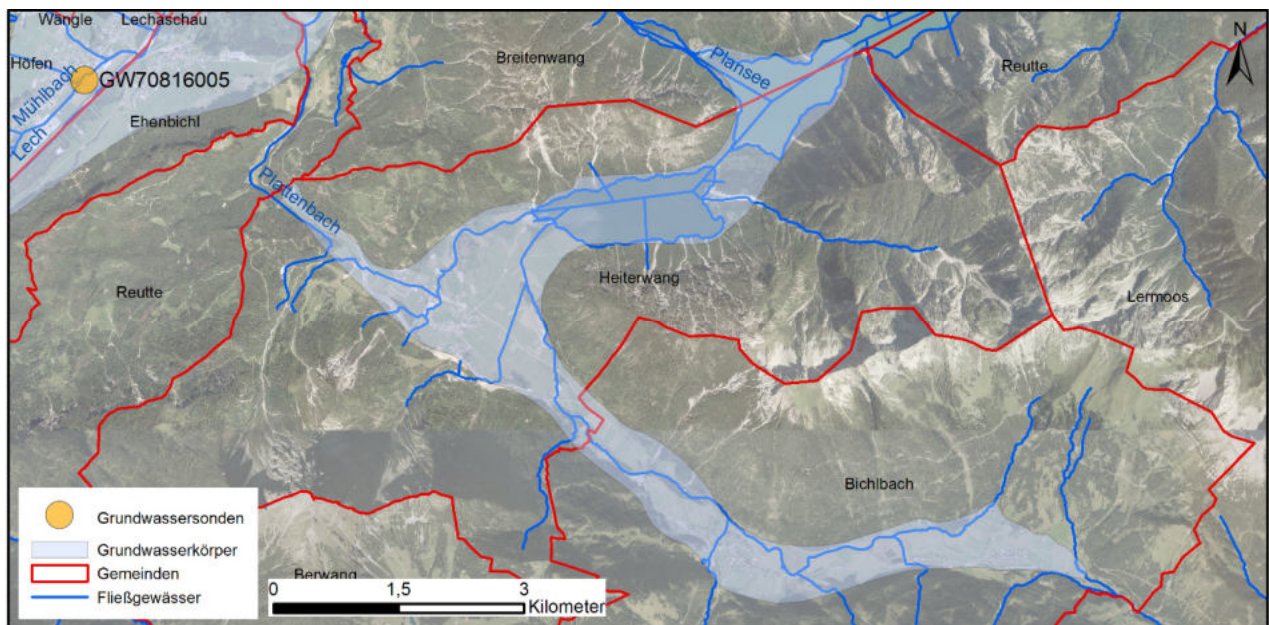


Abb. 113: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Zwischentoren

Einschätzung:

Zur Einschätzung wurden im GWG Zwischentoren Daten aus Einzelmessungen herangezogen. Demnach ist im Bereich Bichlbach eine mittlere GWT von etwa 7,5 °C zu erwarten, im Bereich Heiterwang 7,5 °C bis 8,0 °C, im Nahbereich des Sees (u. a. Campingplatz) ist das GWT-Niveau höher.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 1.000 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa 7,8 °C $\pm$ 1,0 K zu erwarten, was sehr gut mit den Messdaten übereinstimmt. Die Schwankungsbreite liegt bei etwa $\pm$ 1,5 K. Vorfluternah (< 50 m) kann es zu höheren jahreszeitlichen Schwankungsbreiten kommen, im Nahbereich des Heiterwanger Sees kann eine positive GWT-Anomalie auftreten. Für allfällige Planungen thermischer Grundwassernutzungen zu Heizzwecken sind lokal eigene Erhebungen durchzuführen.

5.5.22 44 Tuxertal

Das Tuxertal ist ein hinteres Seitental des Zillertals. Das Grundwassergebiet erstreckt sich von der Gemeinde Tux ca. 8 km nach Südwesten bis Hintertux und umfasst eine Fläche von 4,4 km². Der Vorfluter ist der Tuxbach, die mittlere Höhe beträgt etwa 1.350 m ü. A., wobei Tux-Lanersbach etwa bei 1.270 m ü. A. liegt, der Ortsteil Hintertux bei 1.480 m ü. A. Im GWG gibt es zwei Grundwassersonden (GW70934009 und -10), es liegen aber keine Informationen über die Temperaturverhältnisse vor. Allerdings gibt es einige Grundwasserentnahmen für Grundwasser-Wärmepumpen in diesem Gebiet (GW70934004, GW-Bemessungstemperatur 7,1 °C; GW70934001, 7,0 °C; GW70934002), welche teils aus den 80er Jahren stammen und von Hotels betrieben werden. Die Messungen für die angeführten Temperaturen (jeweils nur eine Messung) fanden im Sommer/Herbst statt (Juli und September). Die Messstelle GW70934004 wurde bis Ende 2006 im Rahmen der GZÜV beprobt und zeigt bei 30 Messwerten ein relativ stabiles Temperaturniveau von 7,0 °C ± 1,0 K.

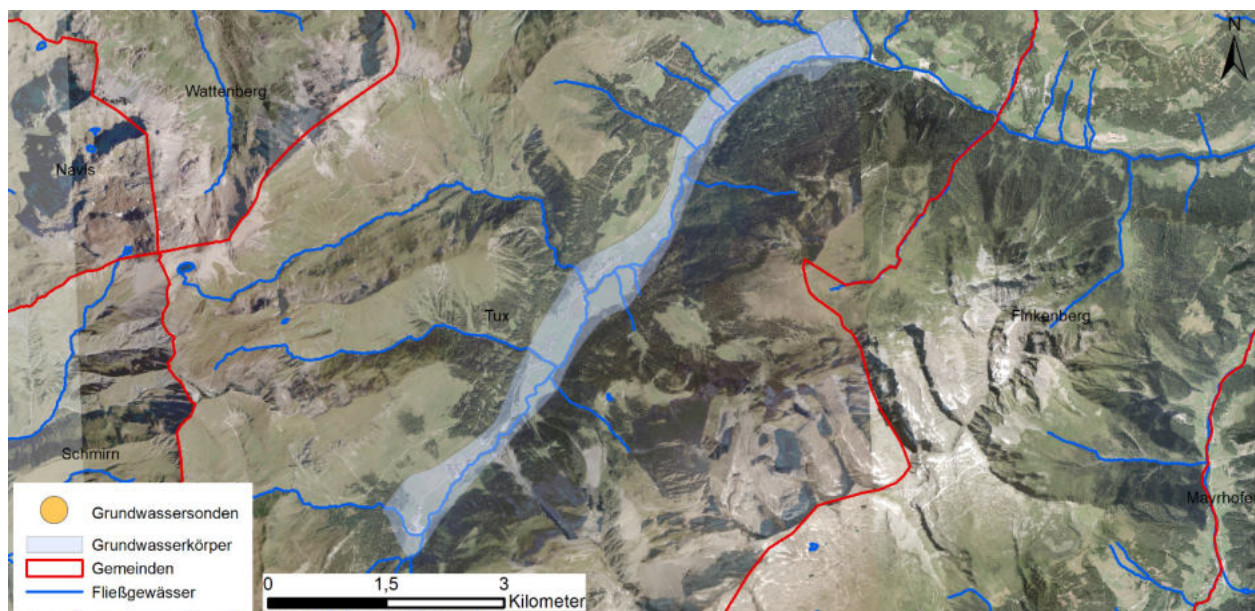


Abb. 114: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Tuxertal

Einschätzung:

Im GWG Tuxertal liegen nur sehr vereinzelte Informationen über die GWT vor, so immerhin Daten von zwei Einzelmessungen aus den 80er Jahren, die etwa 7,0 °C anzeigen, sowie Turnusmessungen aus der GZÜV, die ebenfalls ein Mittel von etwas über 7,0 °C anzeigen. Über die Grundwassersituation im Allgemeinen gibt es kaum Daten.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 1.300 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa 6,5 °C ± 1,0 K zu erwarten, das entspricht in etwa der Höhe des Ortsteils Tux-Lanersbach und stimmt mit den Messdaten gut überein. Insbesondere vorfluternah (< 50 m) kann es zu höheren jahreszeitlichen Schwankungsbreiten von etwa ± 3,0 K kommen. Teilweise könnten im Tuxertal die Thermalwasservorkommen auch die GWT beeinflussen.

Für thermische Grundwassernutzungen zu Heizzwecken ist das GWG Tuxertal bedingt geeignet, für Planungen sind lokal jedenfalls eigene Erhebungen durchzuführen.

5.5.23 45 Stanzertal

Das Grundwassergebiet in Stanzertal erstreckt sich von der Gemeinde Flirsch im Osten bis zur Gemeinde St. Anton am Arlberg im Westen (Abb. 115). Die Fläche des Grundwasserkörpers beträgt 8,8 km² bei einer Länge von 14,0 km. Der Vorfluter ist die Rosanna, die Geländehöhe liegt bei etwa 1.150 m ü. A. in Flirsch, 1.200 m ü. A. in Pettneu und 1.300 m ü. A. in St. Anton. Im GWG befinden sich zwei repräsentative Grundwassersonden (Tab. 21).

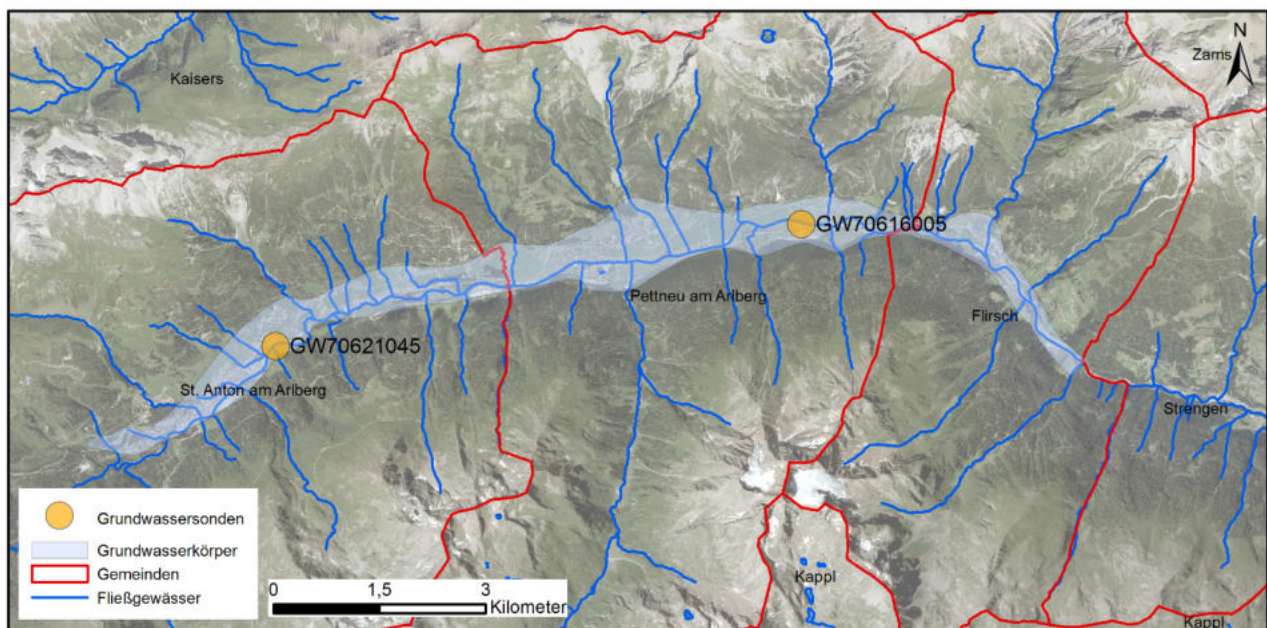


Abb. 115: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Stanzertal

Tab. 21: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70616005	Pettneu, Bl 4	1164,8	8,8	6,3	1,0	9,8	2,1	2,8	8,8	6,0
GW70621045	St. Anton am Arlberg, Bl 2	1272,9	12,4	5,3	1,6	11,3	2,8	2,1	10,0	7,9

Abb. 116 zeigt den Temperaturverlauf der beiden Grundwassersonden im Referenzzeitraum. Die beiden Sonden haben einen ähnlichen Temperaturverlauf hinsichtlich Saisonalität und Amplitude. Bei beiden sinkt die GWT im Januar/Februar bis unter 2,0 °C ab und erreicht im Sommer/Herbst 10,0 °C und mehr. Die Messstelle in Pettneu weist ein um etwa 1,0 K höheres mittleres GWT-Niveau auf und zeigt eine geringfügig gedämpftere Schwankungsbreite, wie auch im Box-Whisker-Plot ersichtlich ist (Abb. 116). Zudem ist hier eine gewisse Phasenverschiebung des GWT-Jahresganges feststellbar.

Die Messstelle in Pettneu liegt unmittelbar am Vorfluter entfernt, die in St. Anton befindet ebenfalls sich im unmittelbaren Nahbereich (< 30,0 m).

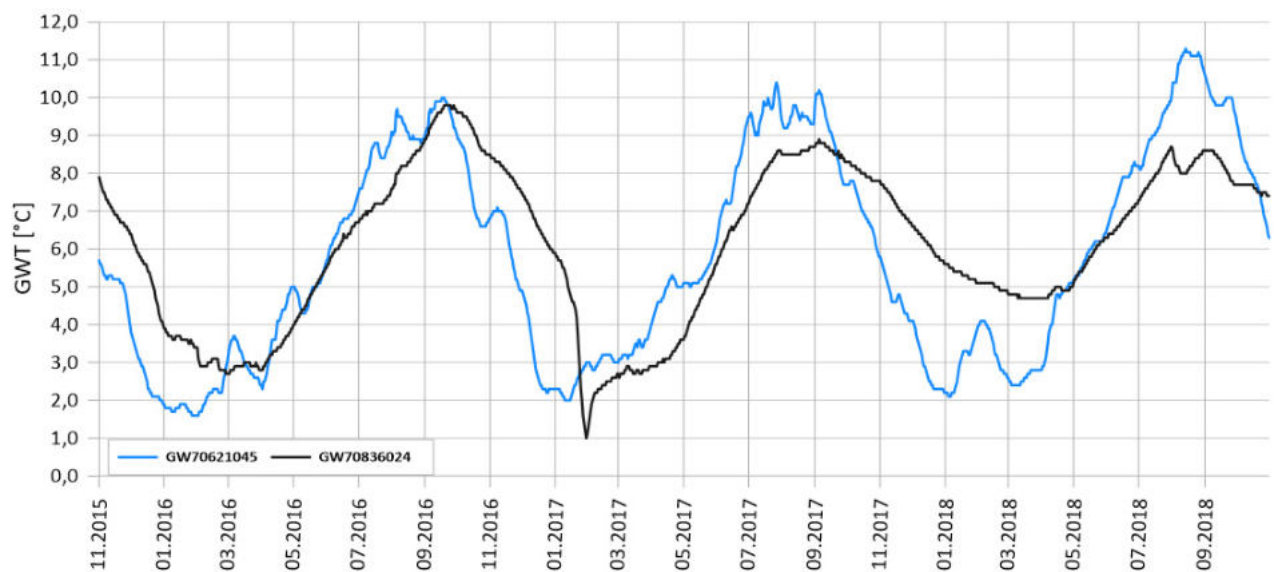


Abb. 116: Datenreihen der beiden Messstellen im Stanzertal

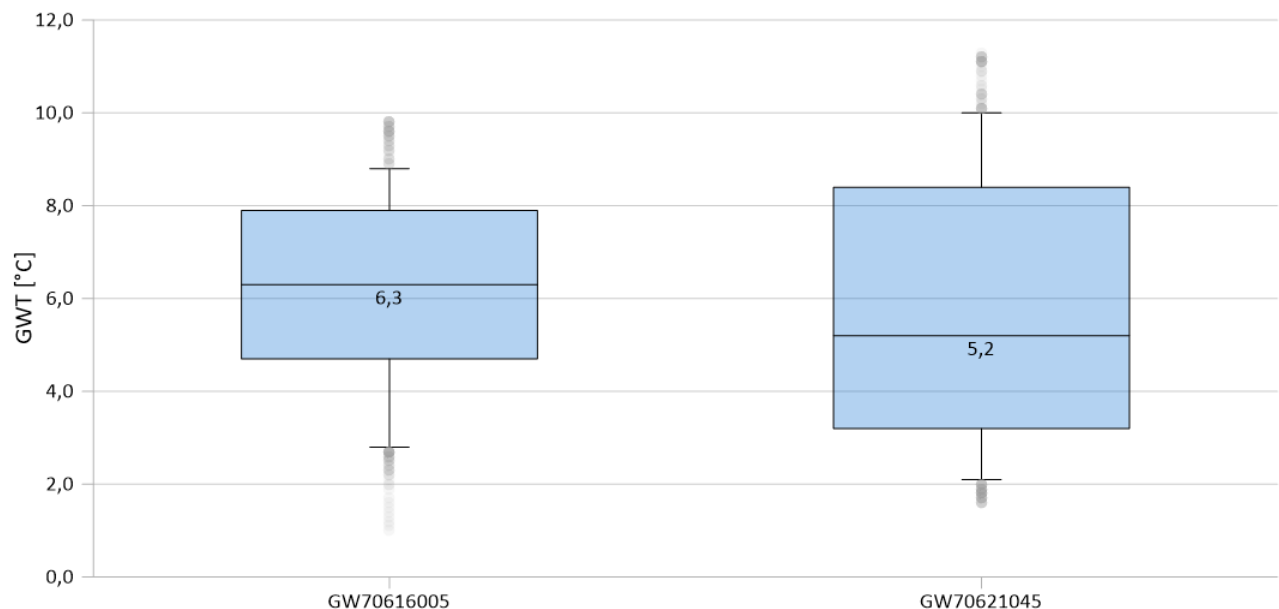


Abb. 117: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonden im Stanzertal

Einschätzung:

Die beiden Sonden mit kont. Datenreihen zeigen mittlere GWTs von 6,3 °C für Pettneu und 5,2 °C für St. Anton an. Die Schwankungsbreiten sind bei beiden hoch und betragen mehr als $\pm 3,0$ K.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ergibt sich bei Geländehöhen von 1.200 bzw. 1.300 m ü. A. mittlere GWTs von etwa $6,8 \text{ °C} \pm 1,0 \text{ K}$ bzw. $6,3 \pm 1,0 \text{ K}$, was jeweils über der gemessenen mittleren GWT liegt. Durch den erkennbaren hohen Vorflutereinfluss kann es bei beiden Messstellen zu einer Absenkung des GWT-Niveaus kommen.

Aufgrund der hohen Schwankungsbreite und des hohen Vorflutereinflusses inkl. Temperaturen deutlich unter 5,0 °C während der Heizperiode ist die Situation für Grundwassernutzungen zu Heizzwecken ungünstig.

5.5.24 46 Paznauntal

Das Grundwassergebiet Paznauntal erstreckt sich von Landeck im Osten bis nach Galtür im Südwesten (Abb. 118 und Abb. 119). Die Fläche des Grundwasserkörpers beträgt bei einer Länge von etwa 30,0 km und 9,0 km². Der Vorfluter ist die Trisanna, die mittlere Höhe beträgt etwa 1.200 m ü. A. Dabei erstreckt sich das GWG über eine Höhendifferenz von über 700 hm (etwa 850 m ü. A. in Pians, 1.350 in Ischgl, 1.550 in Galtür). In diesem langgestreckten GWG befinden sich zwei Sonden mit Temperaturaufzeichnungen, die die höheren Bereiche des GWG repräsentieren (Tab. 22).

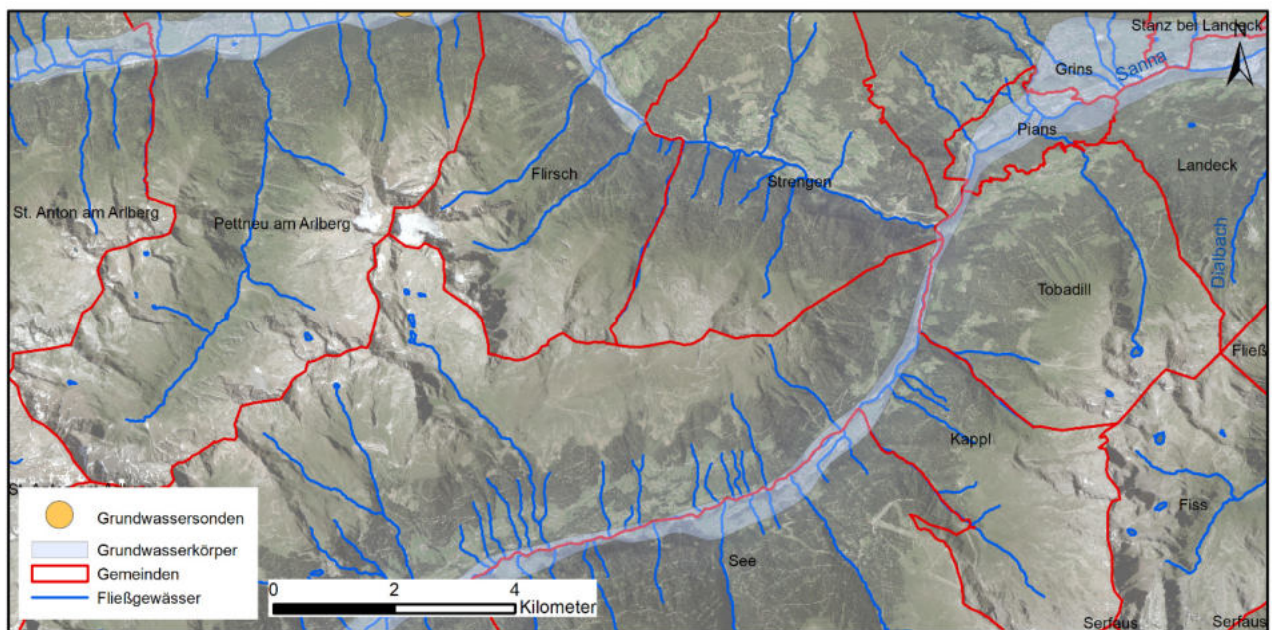


Abb. 118: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im östlichen Paznauntal

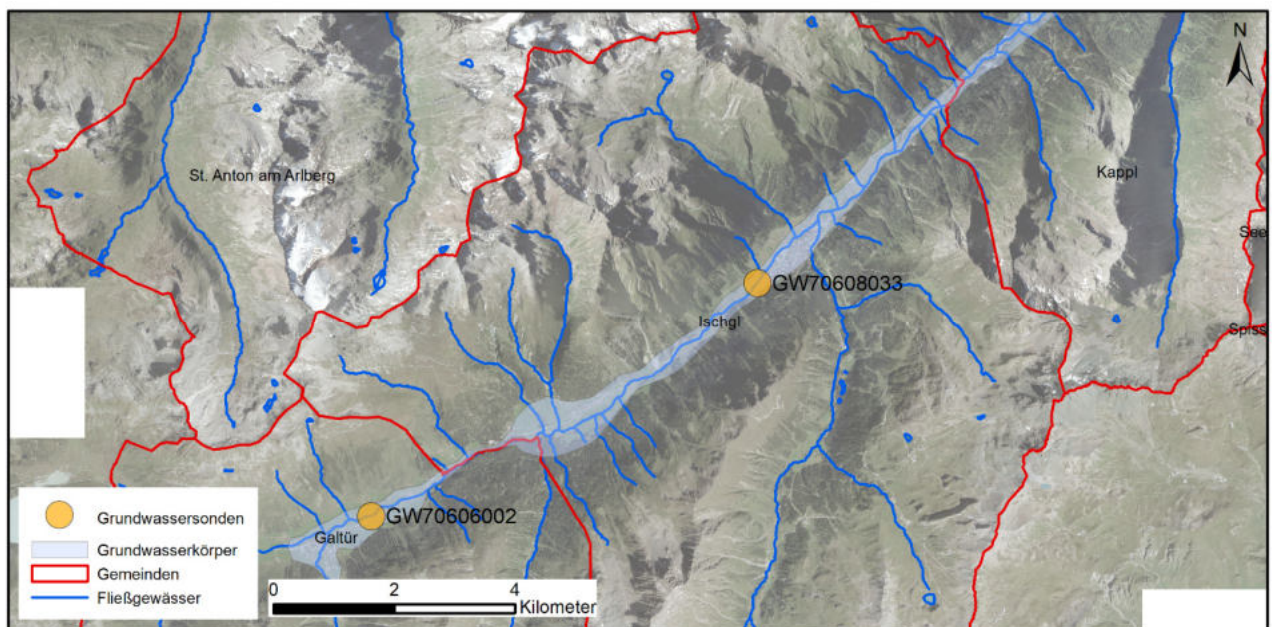


Abb. 119: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im westlichen Paznauntal

Tab. 22: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70606002	Galtür, BI 2	1547,1	7,8	6,6	5,8	7,6	0,5	5,8	7,5	1,8
GW70608033	Ischgl, BI 4	1360,2	8,9	5,5	1,2	10,9	3,1	1,6	10,4	8,8

Abb. 120 zeigt den Temperaturverlauf der beiden Grundwassersonden im Paznauntal im Referenzzeitraum, Abb. 121 die dazugehörigen Box-Whisker-Plots. Die Schwankung der GW70608033 ist hoch und liegt zwischen fast 1,0 °C und nahezu 11,0 °C, es ist eine klare Saisonalität mit Minima im Januar bis März und Maxima im August/September erkennbar. Die mittlere GWT liegt hier bei 5,5 °C. Die über 200 Höhenmeter weiter oben gelegene GW70606002 zeigt ein deutlich anderes Verhalten mit lediglich geringfügigen saisonalen Schwankungen um weniger als $\pm 1,0$ K und einem GWT-Niveau von über 6,6 °C bei Maxima im September/Oktober und Minima im April. Damit existiert hier – in Bezug auf die Regressionsgerade – eine positive GWT-Anomalie, die sich zumindest nicht auf Basis der Luftaufnahmen durch anthropogenen Einfluss erklären lässt, zumal beide Sonden im unmittelbaren Nahbereich der Trisanna liegen.

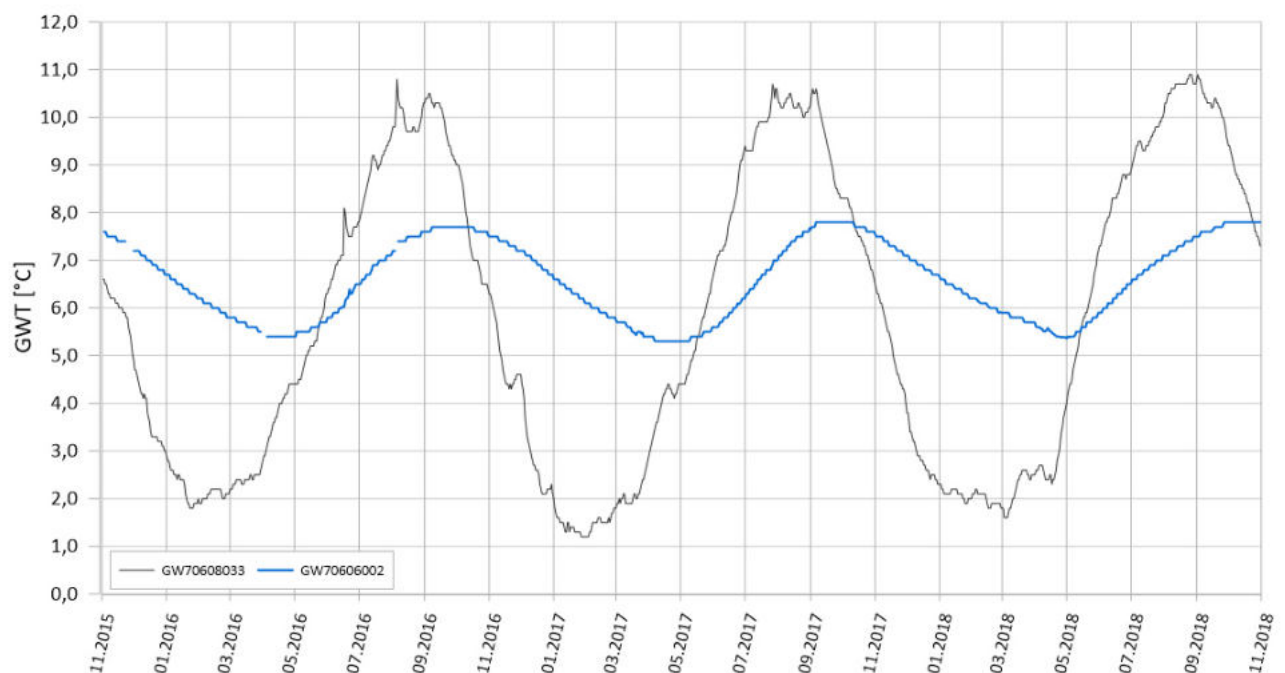


Abb. 120: Datenreihen der beiden GWT-Messstellen im Paznauntal

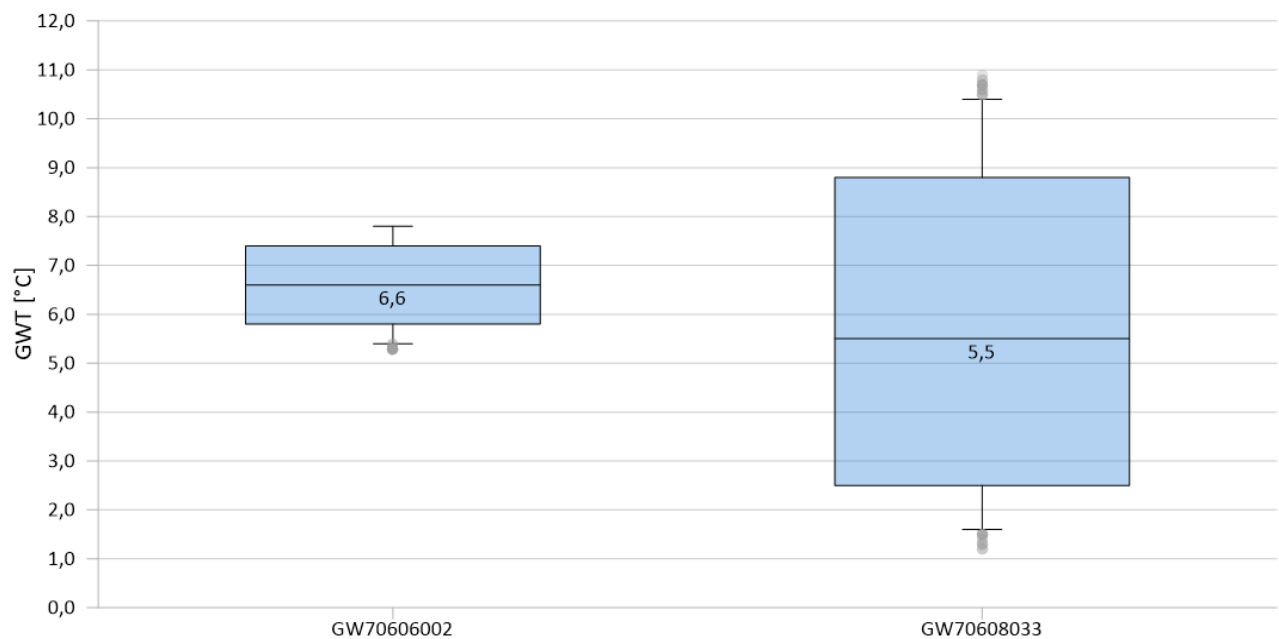


Abb. 121: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonden im Paznauntal

Einschätzung:

Im GWG Paznauntal liegen von zwei Sonden Informationen über die GWT vor, was angesichts der großen Höhererstreckung des GWG für eine Repräsentation aller relevanten Siedlungsareale nicht ausreicht. Über die Grundwassersituation im Allgemeinen gibt es kaum Daten. Gemäß den Messdaten liegt die mittlere GWT in Galtür bei 6,5 °C und in Ischgl bei 5,5 °C.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 1.550 m ü. A. (Galtür) eine mittlere GWT von $5,0 \text{ °C} \pm 1,0 \text{ K}$ zu erwarten, bei 1.350 m ü. A. (Ischgl) eine mittlere GWT von etwa $6,0 \text{ °C} \pm 1,0 \text{ K}$ und bei 1.000 m ü. A. (Pians) $8,0 \text{ °C} \pm 1,0 \text{ K}$. Damit liegt an der Messstelle in Galtür eine positive GWT-Anomalie vor.

Für thermische Grundwassernutzungen ist das GWG Paznauntal nur bedingt geeignet. In den höheren Talbereichen bei Galtür und Ischgl sind Nutzungen zu Heizzwecken aufgrund des niedrigen GWT-Niveaus und starken jahreszeitlichen GWT-Schwankungen insb. nahe dem Vorfluter nur unter besonderen Voraussetzungen möglich. In den unteren Talbereichen von See bis Pians sind derartige Nutzungen schon eher möglich. In jedem Fall sind aber für allfällige Planungen lokal eigene Erhebungen v. a. hinsichtlich der Grundwassertemperatur im Winter/Frühjahr notwendig.

5.5.25 47 Kaunertal

Das GWG Kaunertal erstreckt sich zunächst rund 6,0 km von der Gemeinde Prutz nach Osten und anschließend ca. 10,0 km nach Süden. Es umfasst eine Fläche von 5,7 km² bei einer Länge von 16 km. Der Vorfluter ist die Fagge, die mittlere Höhe beträgt etwa 1.200 m ü. A. (960-1.500 m ü. A.). Im GWG befinden sich keine Grundwassersonden, es liegen keinerlei Informationen über die Temperaturverhältnisse vor, auch existiert gemäß WIS lediglich im untersten Talbereich eine Grundwassernutzung (GW70612001) in diesem Gebiet.

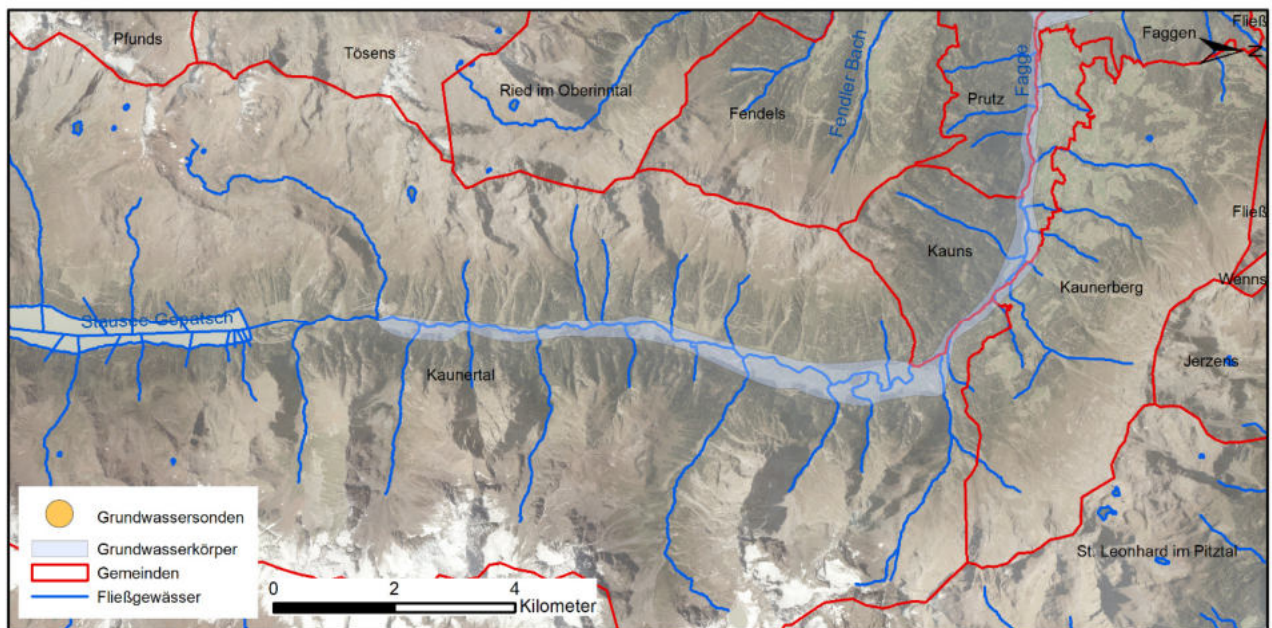


Abb. 122: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Kaunertal

Einschätzung:

Im GWG Kaunertal liegen keinerlei Informationen über die GWT vor, auch über die Grundwassersituation im Allgemeinen gibt es kaum Daten. Allerdings ist bekannt, dass im Zuge der Sanierung des Quellalpin Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit durchgeführt wurden, die sowohl hinsichtlich GWT als auch Grundwasserverfügbarkeit negativ waren.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 1.300 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa $6,5\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten, das entspricht in etwa der Höhe des Ortsteils Feichten der Gemeinde Kaunertal. Insbesondere vorfluternah kann es zu höheren jahreszeitlichen Schwankungsbreiten von etwa $\pm 3,0\text{ K}$ kommen.

Daher ist das GWG Kaunertal für Grundwassernutzungen zu Heizzwecken ungeeignet.

5.5.26 48 Pitztal

Der Grundwassergebiet Pitztal erstreckt sich von der Gemeinde Wenns im Norden ca. 17 km in Richtung Süden. Die Fläche beträgt 9 km² und der Vorfluter ist die Pitze. Die mittlere Höhe beträgt etwa 1.400 m ü. A. Grundwassersonden mit verwendbaren Temperaturdaten sind nicht vorhanden. Im GWG befinden sich eine Grundwassersonde (GW70217009), dort wird aber noch nicht die GWT gemessen. Gemäß WIS existieren aber im mittleren Talbereich in den Ortsteilen Eggenstall und Innerwald zwei Grundwasser-Wärmepumpen (GW70217011, GW70217013), in dem Bescheid zu einer werden Grundwassertemperaturen erwähnt (6,7 °C).

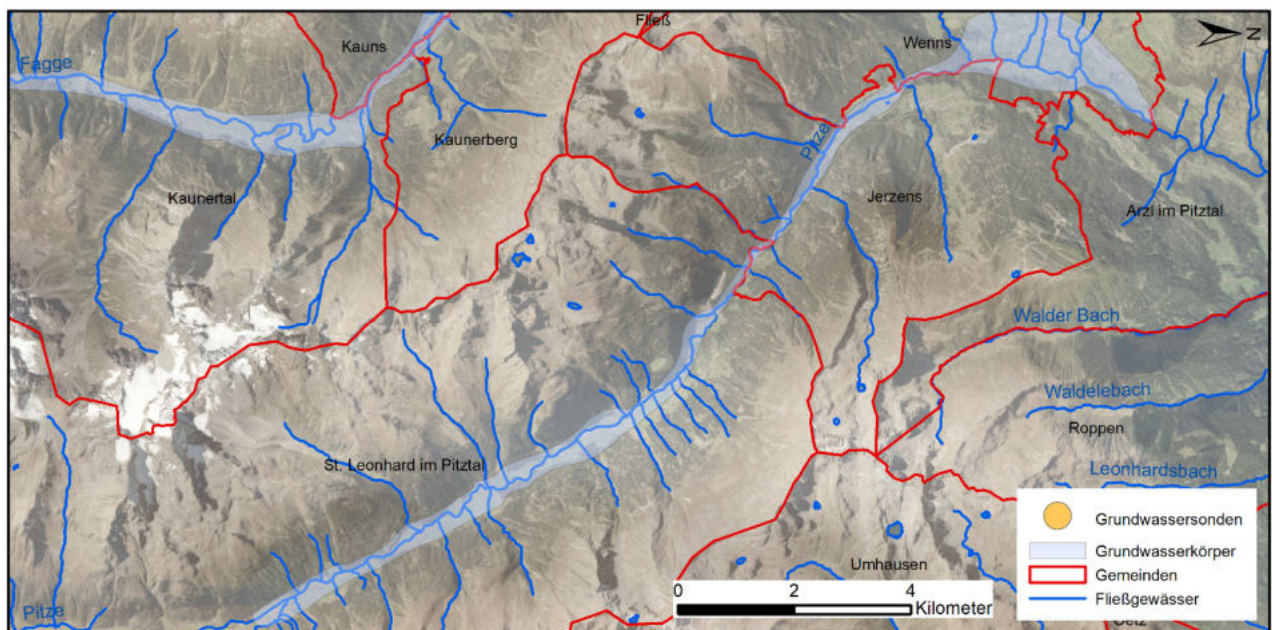


Abb. 123: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Pitztal

Einschätzung:

Im GWG Pitztal liegen keinerlei verwertbare Informationen über die GWT vor, lediglich bei einer Wärmepumpenanlage wird in einem Bescheid im WIS ohne Angabe des Messzeitpunkts von einer GWT von 6,7 °C berichtet. Auch über die Grundwassersituation im Allgemeinen gibt es kaum Daten.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 1.300 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa 6,5 °C ± 1,0 K zu erwarten, das entspricht in etwa der Höhe der Ortsteile Innerwald und Eggenstall mit den beiden Wärmepumpenanlagen. Insbesondere vorfluternah kann es allerdings zu höheren jahreszeitlichen Schwankungsbreiten von etwa ± 3,0 K kommen.

Aufgrund der beiden Bestandsanlagen wird das GWG Pitztal noch als für Grundwassernutzungen zu Heizzwecken bedingt geeignet eingestuft. In jedem Fall sind aber für allfällige Planungen lokal eigene Erhebungen v.a. hinsichtlich der Grundwassertemperatur im Winter/Frühjahr notwendig.

5.5.27 49 Sellraintal

Der Grundwassergebiet Sellraintal reicht von der Gemeinde Kühtai im Westen bis zur Gemeinde Oberperfuss im Osten (Abb. 124). Die Fläche des GWG beträgt 10,1 km² bei einer Länge von 22,0 km. Der Vorfluter ist die Melach, das Gebiet erstreckt sich über eine enorme Höhendifferenz von über 1.200 hm, die mittlere Höhe befindet sich auf etwa 1.400 m ü. A. Im GWG befinden sich keine Grundwassersonden, es liegen keinerlei Informationen über die Temperaturverhältnisse vor, auch existiert gemäß WIS keine einzige Grundwassernutzung in diesem Gebiet. Darüber hinaus gibt es auch kaum Informationen zur Grundwassersituation.

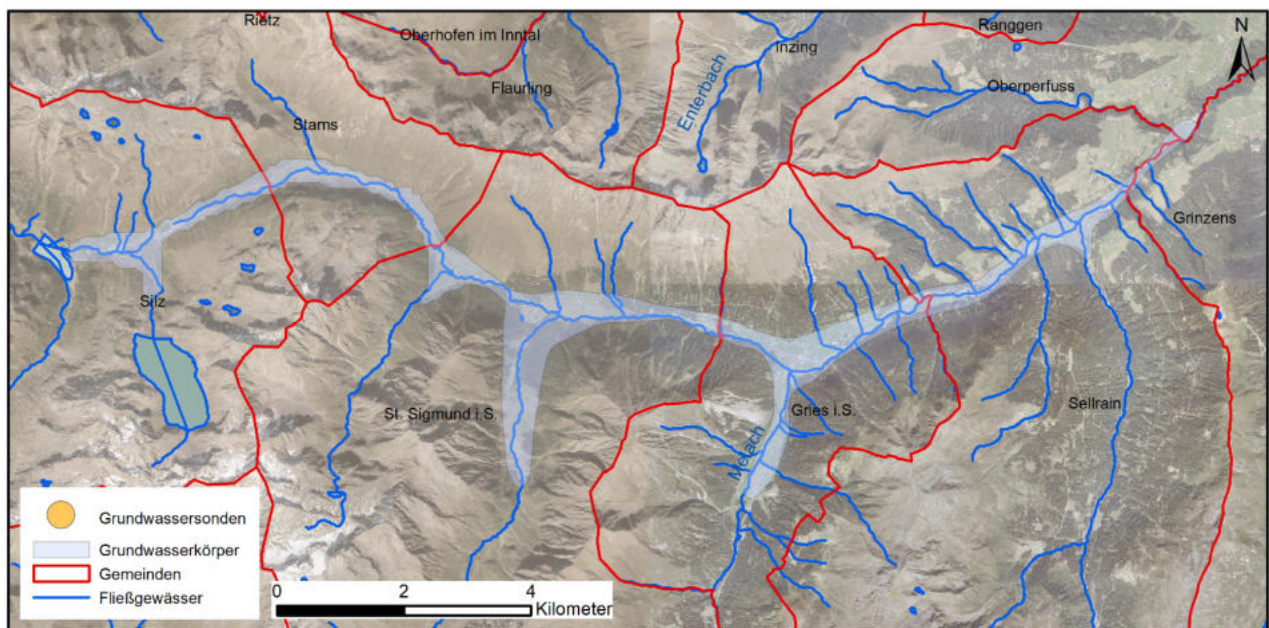


Abb. 124: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Sellraintal

Einschätzung:

Zum GWG Sellraintal liegen keinerlei Informationen über die GWT vor.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer mittleren Geländehöhe von 1.400 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa $6,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten, im Kühtai am höchsten Punkt bei etwa 2.000 m ü. A. läge sie bei lediglich $3,0\text{ °C}$. St. Sigmund im Sellrain bei über 1.500 m ü. A. ist ebenfalls bereits außerhalb des theoretisch nutzbaren GWT-Bereiches, solche Nutzungen sind erst in den Haupt-Siedlungsgebieten von Gries im Sellrain (etwa $7,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$) und Sellrain ($8,5\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$) möglich – sofern überhaupt oberflächennahes Grundwasser vorhanden ist. Dabei gälte es jedenfalls zu berücksichtigen, dass insbesondere vorfluternah höhere jahreszeitliche Schwankungsbreiten von bis zu $\pm 3,0\text{ K}$ zu erwarten sind.

Aufgrund der GWT, der Daten zu Grundwasserständen und des Fehlens thermischer Nutzungen wird das GWG Sellraintal als für Grundwassernutzungen zu Heizzwecken ungeeignet eingestuft. In der Gemeinde Sellrain sind derartige Nutzungen noch am ehesten möglich, in jedem Fall sind aber auch dort lokal eigene Erhebungen v.a. hinsichtlich der Grundwassertemperatur im Winter/Frühjahr notwendig.

5.5.28 50 Stubaital

Der Grundwasserkörper im Stubaital reicht von der Gemeinde Schönberg im Stubaital im Osten bis zur Gemeinde Neustift im Stubaital (Abb. 125). Der Grundwasserkörper umfasst eine Fläche von 11,8 km² und eine Länge von 13,0 km, der Vorfluter ist die Ruetz. Die Hauptsiedlungsbereiche liegen bei einer Geländehöhe von 900 bis 1.000 m ü. A. (Fulpmes, Neustift). In diesem GWG befinden sich zwei repräsentative Sonden mit Temperaturdaten, die beide in Neustift liegen (Tab. 23).

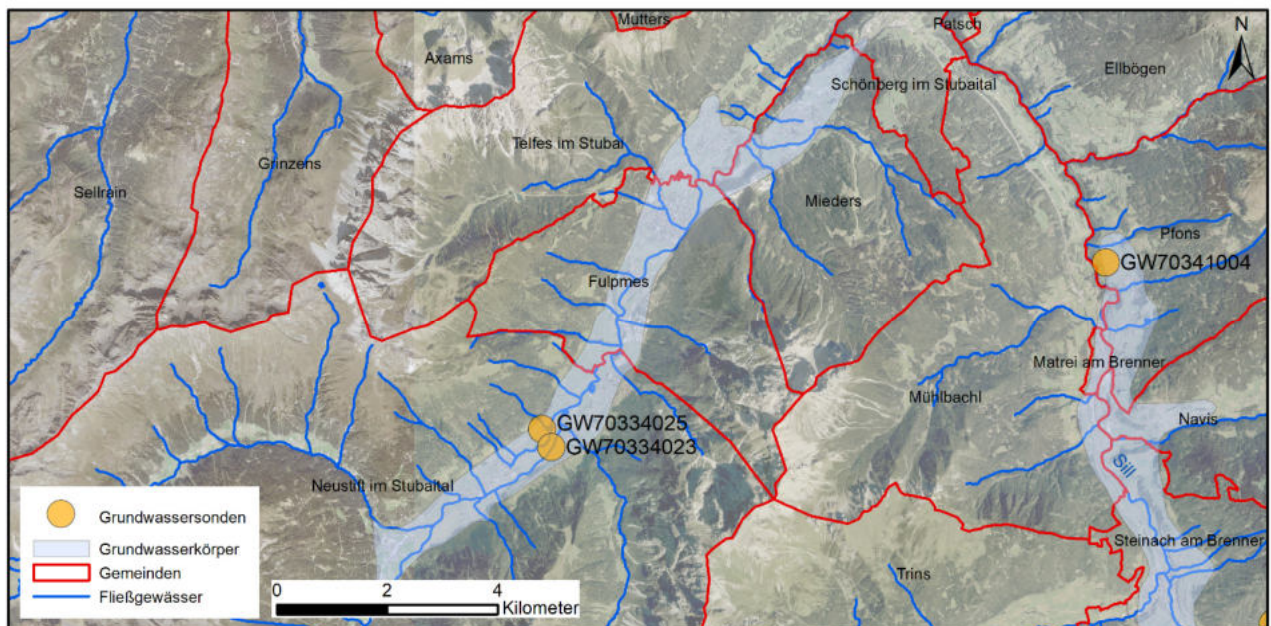


Abb. 125: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Stubaital

Tab. 23: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70334023	Neustift, Bl 1	973,6	7,0	7,5	5,5	9,5	1,3	5,6	9,3	3,7
GW70334025	Neustift, Bl 3	970,0	9,1	8,9	8,0	10,2	0,6	8,1	10,0	1,9

Abb. 126 zeigt den Temperaturverlauf der beiden Grundwassersonden im Stubaital im Referenzzeitraum, Abb. 127 die dazugehörigen Box-Whisker-Plots. Die Temperaturmaxima werden im November/Dezember und die Temperaturminima im April/Mai erreicht, die Sonden zeigen also prinzipiell eine ähnliche Saisonalität, allerdings schwankt die GWT der Sonde GW70334023 stärker und besitzt ein niedrigeres Temperaturlevel. So liegt sie hier fast 1,5 K niedriger (7,5 °C vs. 8,9 °C), die direkt neben der Ruetz gelegene Sonde weist also ein niedrigeres GWT-Niveau und eine höhere Schwankungsbreite auf als die mehrere hundert Meter entfernt gelegene. Die mittlerweile aufgelassenen Messstellen aus der GZÜV zeigen ebenfalls die Existenz zweier GWT-Niveaus an, welche über 1,0 K auseinanderliegen.

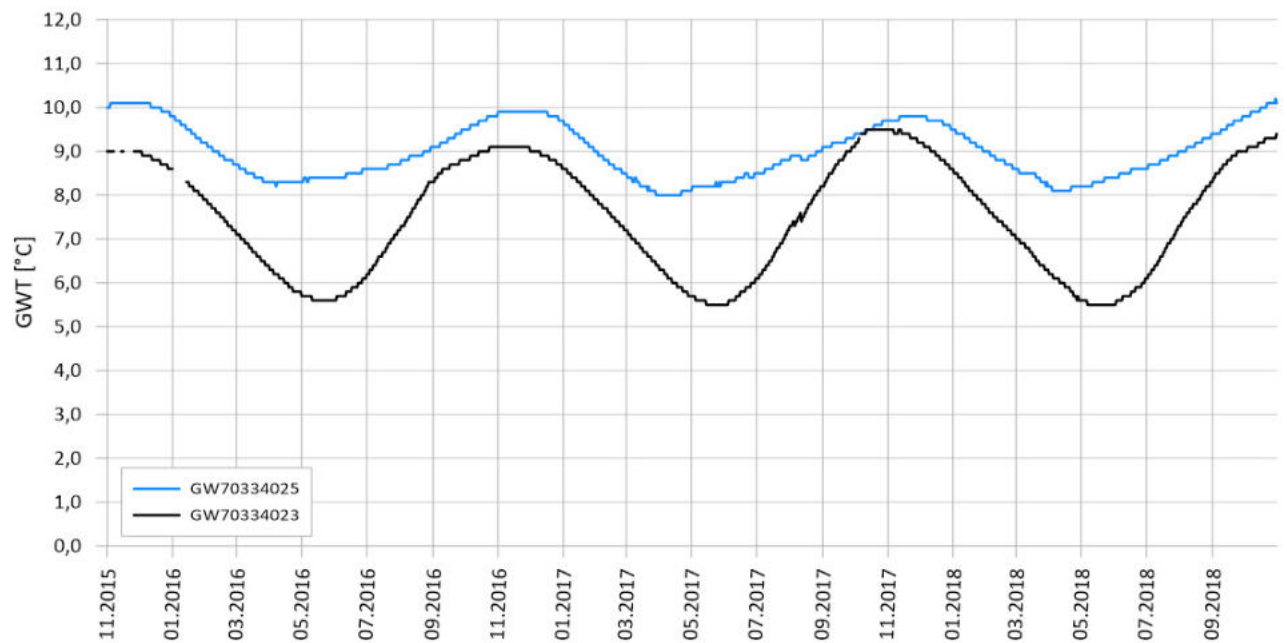


Abb. 126: Datenreihen der beiden Messstellen im Stubaital

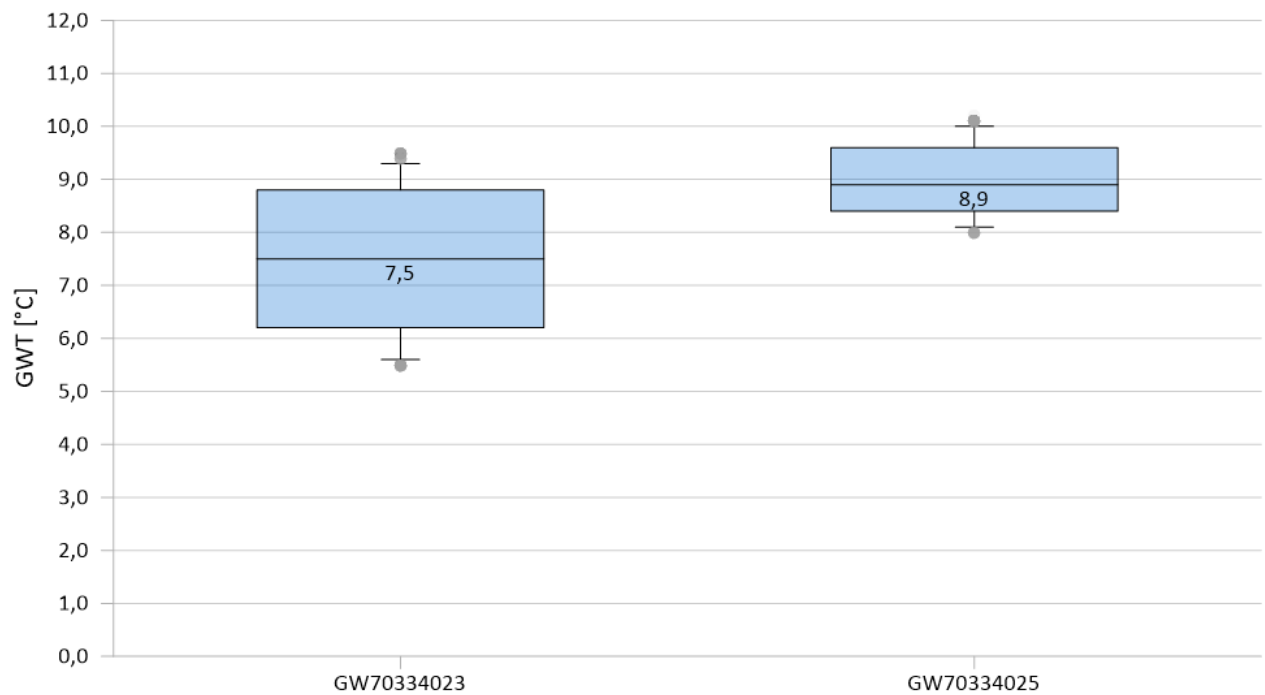


Abb. 127: Box-Whisker-Plots der beiden GWT-Datenreihen

Einschätzung:

Im GWG Stubaital liegen von zwei Sonden Daten über die GWT vor, beide liegen in der Gemeinde Neustift und zeigen unterschiedliche GWT-Niveaus mit unterschiedlichen Schwankungsbreiten an. Bei der weiter von der Ruetz entfernten Messstelle wird eine mittlere GWT von $8,9\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ aufgezeichnet, bei der direkt am Vorfluter gelegenen $7,5\text{ °C} \pm 2,0\text{ K}$.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 1.000 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa $8,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten. Damit liegt an einer Messstelle eine bedingte positive GWT-Anomalie vor. Die Schwankungsbreite kann in unmittelbarer Vorfluternähe über $\pm 2,0\text{ K}$ betragen, zudem kann an der Ruetz das GWT-Niveau um mehr als 1,0 K niedriger liegen.

In den Haupt-Siedlungsbereichen im Talboden von Neustift und Fulpmes ist das Grundwasser für Grundwassernutzungen zum Heizen prinzipiell geeignet. Aufgrund des niedrigeren GWT-Niveaus in der Nähe des Vorfluters sind aber für allfällige Planungen lokal eigene Erhebungen v.a. hinsichtlich der Grundwassertemperatur im Winter/Frühjahr notwendig.

5.5.29 51 Gschnitztal

Der Grundwassergebiet Gschnitztal erstreckt sich über den Talbereich im Gschnitztal, der von den beiden Gemeinden Trins und Gschnitz eingenommen wird (Abb. 128). Die Fläche des Grundwassergebietes beträgt etwa 7,1 km² und die Länge 11,0 km. Der Vorfluter des Grundwasserkörpers ist der Gschnitzbach und die mittlere Höhe des besiedelten Areals liegt bei etwa 1.180 m ü. A. Vorfluterniveau. Im GWG befinden sich keine Grundwassersonden, es liegen keinerlei Informationen über die Temperaturverhältnisse vor, auch existiert gemäß WIS nur eine Grundwassernutzung in diesem Gebiet, der 2020 bewilligte TB einer Bewässerungsanlage in Trins (GW70359001). Darüber hinaus gibt es auch keine Informationen zur Grundwassersituation.

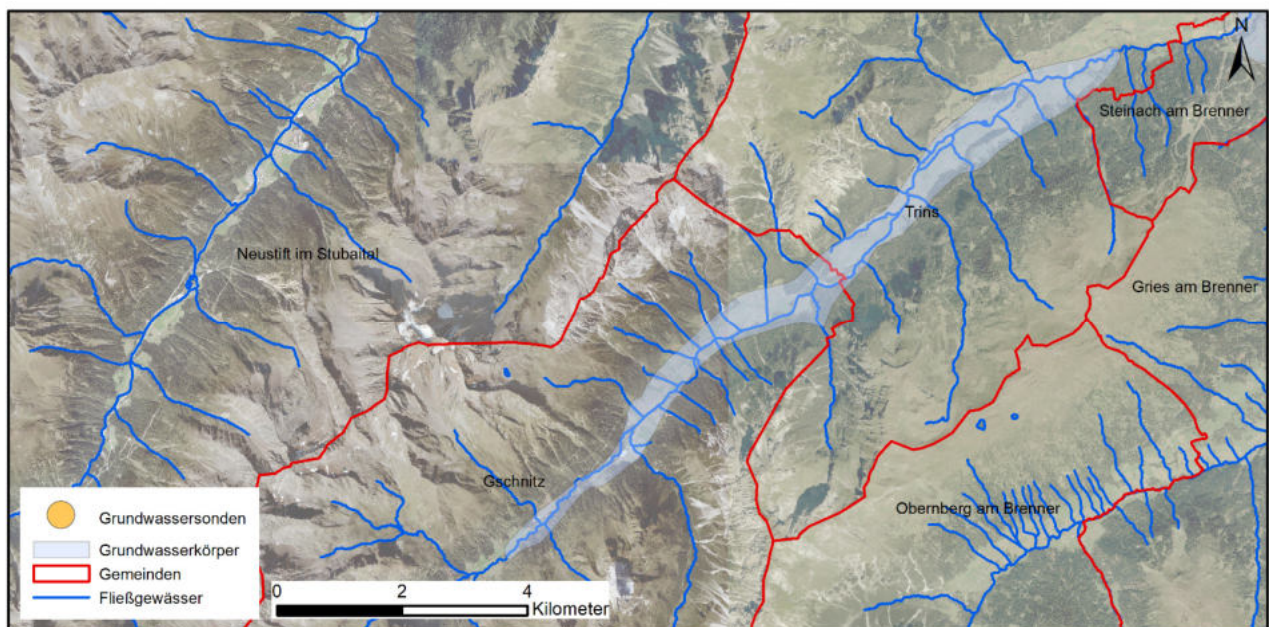


Abb. 128: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Gschnitztal

Einschätzung:

Über das GWG Gschnitztal liegen keinerlei Informationen über die GWT vor, auch über die Grundwassersituation im Allgemeinen gibt es kaum Daten. Im Bereich der erwähnten Grundwassernutzung scheint ein potenter oberflächennaher Aquifer zu existieren. Die wenigen vorliegenden Bohrprofile deuten auf einen bereichsweise nur geringmächtigen nutzbaren GW-Leiter hin, der von eiszeitlichen Moränensedimenten nach unten begrenzt wird.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 1.200 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa $7,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten, oberflächennah ($< 10\text{ m}$) und vorfluternah ($< 50\text{ m}$) können höhere jahreszeitliche Schwankungsbreiten von $\pm 3,0\text{ K}$ zu erwarten.

Auf Basis der Informationen zu GWT und Hydrogeologie erscheint das GWG Gschnitztal als für thermische Grundwassernutzungen nicht geeignet.

5.5.30 52 Gerlostal

Das Grundwassergebiet im Gerlostal liegt im umliegenden Bereich der Gemeinde Gerlos (Abb. 129). Die Fläche beträgt 1,8,0 km² und die Länge 6 km. Der Vorfluter ist der Gerlosbach, die Geländehöhe im Ortsgebiet von Gerlos liegt bei etwa 1.250 m ü. A. In dem Grundwassergebiet befindet sich eine Grundwassersonde mit verwendbaren Temperaturdaten (Tab. 24), die allerdings nicht am Gerlosbach liegt, sondern am Ende des Schönachtals unmittelbar neben dem Schönachbach nahe dem TB Schönachtal (GW70912010) der WVA Gerlos. Daher wurden Daten von zwei Messstellen als Ergänzung hinzugezogen, die im Rahmen der GZÜV beprobt werden/wurden, u.a. ebenjenem TB Schönachtal.

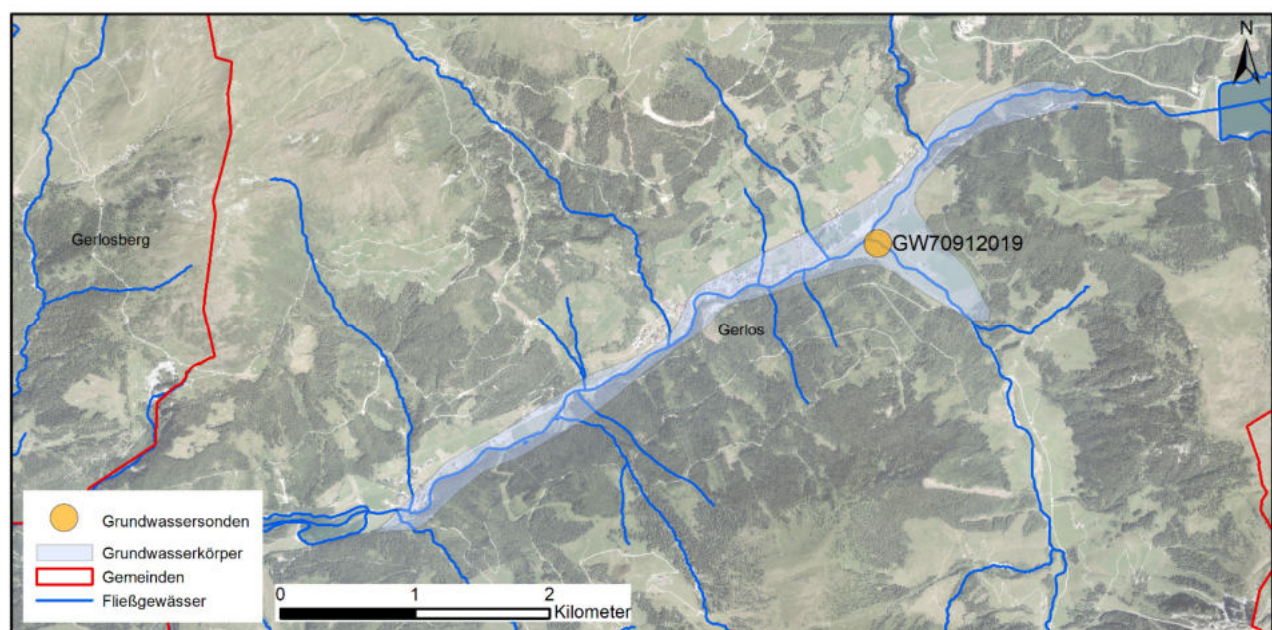


Abb. 129: Übersichtskarte des Grundwassergebiets Gerlostal

Tab. 24: Basisdaten der Messstelle

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70912019	Gerlos, BI 3	1258,3		5,8	1,3	10,9	3,0	1,8	10,1	9,6

Abb. 130 zeigt die Zeitreihe der ausgewählten Messstelle, Abb. 131 den dazugehörigen Box-Whisker-Plot. Die GWT an dieser Messstelle schwankt ausgesprochen stark mit über $\pm 4,5$ K um einen Mittelwert von 5,8 °C, wobei sich markante Ausreißer in beide Extreme zeigen, was für rasche Infiltration im Bereich der Messstelle und damit starke Oberflächen- und Vorfluterbeeinflussung spricht.

Im nur etwa 100 m westlich gelegenen Tiefbrunnen hingegen zeigt sich bei 65 Messungen ein relativ stabiles GWT-Niveau bei 6,5 °C mit Schwankungen um etwa 1,0 K (mit einer Ausnahme). Bei einer weiteren, seit Ende 2006 aufgelassenen Messstelle, lag der Wert im Mittel von 35 Messungen sogar bei 7,8 °C $\pm$ 2,0 K.

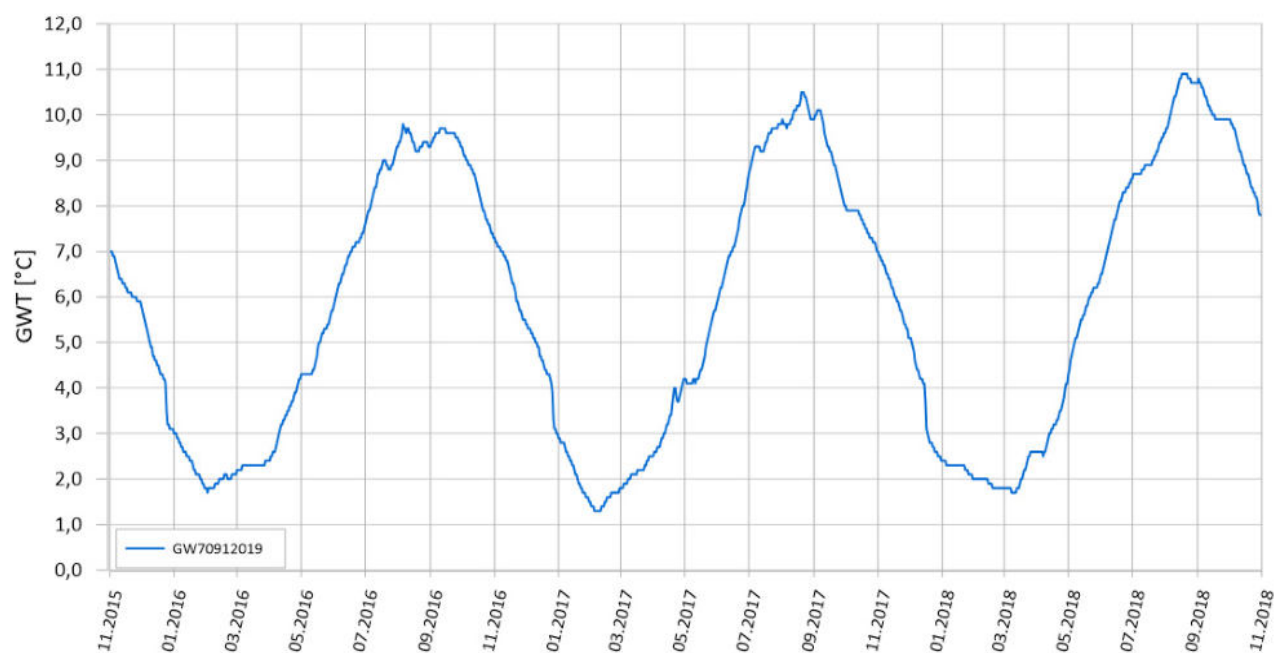


Abb. 130: Datenreihen der beiden Messstellen im Gerlostal

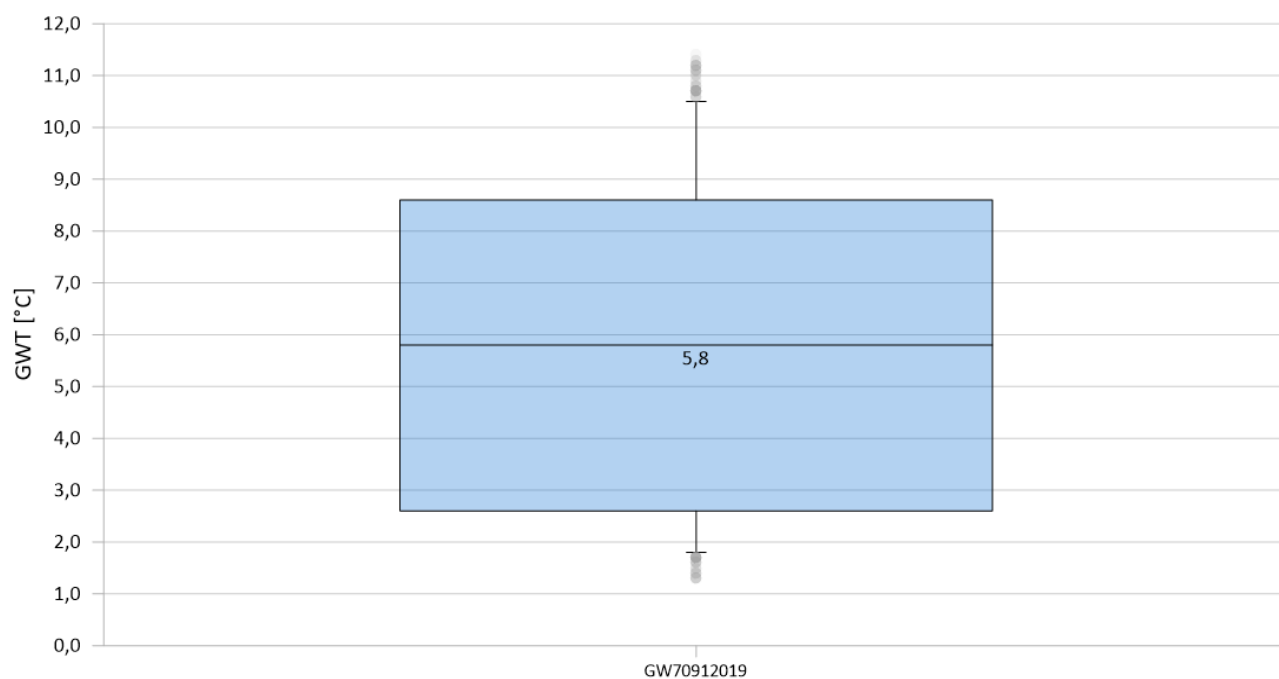


Abb. 131: Box-Whisker-Plots der GWT-Datenreihe

Einschätzung:

Über die GWT im GWG Gerlostal liegen einerseits kontinuierliche Daten einer GW-Sonde sowie Turnusmessungen im Rahmen der GZÜV aus dem Brunnen der WVA Gerlos vor. Es ist fraglich, wie repräsentativ die Daten der Sonde für den GW-Körper sind. An der Sonde herrscht eine mittlere GWT von 5,8 °C mit einer Schwankungsbreite von 4,5 K, beim Brunnen liegt das GWT-Niveau bei 6,5 °C, was als repräsentativer für das Grundwasser im Bereich Gerlos erscheint.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 1.250 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa 6,5 °C $\pm$ 1,0 K zu erwarten, was dem Mittelwert des TB Schönachtal entspricht. Oberflächennah und vorfluternah können geringere GWT-Niveaus und höhere jahreszeitliche Schwankungsbreiten von auftreten, allerdings ist der Gerlosbach im Ort teils ufer- und sohlverbaut.

Aufgrund des GWT-Niveaus und möglicher jahreszeitlicher Schwankungen bis zu $\pm$ 5,0 K sind Grundwassernutzungen zu Heizzwecken schwer zu realisieren, das GWG Gerlostal ist für solche Anlagen nicht geeignet.

5.5.31 53 Brixental

Das Grundwassergebiet im Brixental reicht von der Gemeinde Kirchberg im Tirol im Osten bis ins Inntal im Westen bei der Gemeinde Wörgl (Abb. 132). Die Fläche des verzweigten und langgestreckten GWG beträgt 23,0 km² und die Länge grob 26,0 km. Der Vorfluter des Grundwasserkörpers ist die Brixentaler Ache und die mittlere Höhe liegt bei 666 m ü. A. In diesem GWG befinden sich zwei repräsentative Grundwassersonden (Tab. 25). Zusätzlich wurden die Daten einiger Turnusmessungen aus den GZÜV-Beprobungen ergänzend herangezogen.

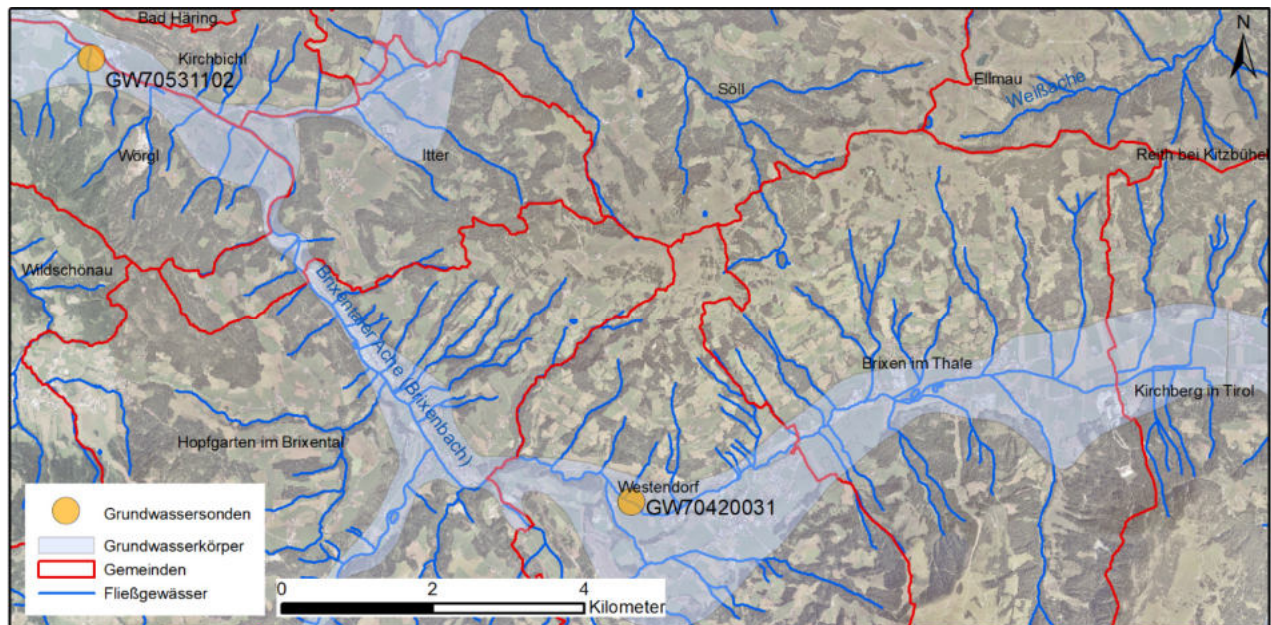


Abb. 132: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Brixental

Tab. 25: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70420031	Westendorf, Bl 2	729,5	5,1	9,2	6,4	11,9	1,6	6,7	11,6	4,9
GW70531102	Wörgl-Boden, Bl 16	531,7	8,5	10,9	10,0	11,8	0,6	10,1	11,7	1,6

Abb. 133 zeigt den Temperaturverlauf der beiden Grundwassersonden im Brixental im Referenzzeitraum, Abb. 133 den dazugehörigen Box-Whisker-Plot. Die beiden Sonden verhalten sich unterschiedlich, die Sonde GW70420031 weist ein niedrigeres GWT-Niveau von im Mittel etwa 9,2 °C und stärkere saisonale Schwankungen um $\pm 2,0$ K auf, die etwa 200 hm tiefer gelegene GW70531102 zeigt eine mittlere GWT von fast 11,0 °C bei Schwankungen $< 1,0$ K. Hinsichtlich der Saisonalität zeigt die Messstelle in Wörgl Maxima im Winter und Minima im Sommer, gegenüber der LT und WT ist sie also um etwa 6 Monate phasenverschoben, wohingegen die Sonde in Westendorf eine geringere Phasenverschiebung der GWT von 2-3 Monaten bei etwas unregelmäßigerer Saisonalität besitzt. Die Daten aus der GZÜV einiger Messstellen aus Brixen, Westendorf und Hopfgarten liegen lediglich bis Ende 2006 vor und zeigen mittlere GWTs von etwa 8,0-9,0 °C für Brixen und Westendorf sowie von 10,0 °C für Hopfgarten an.

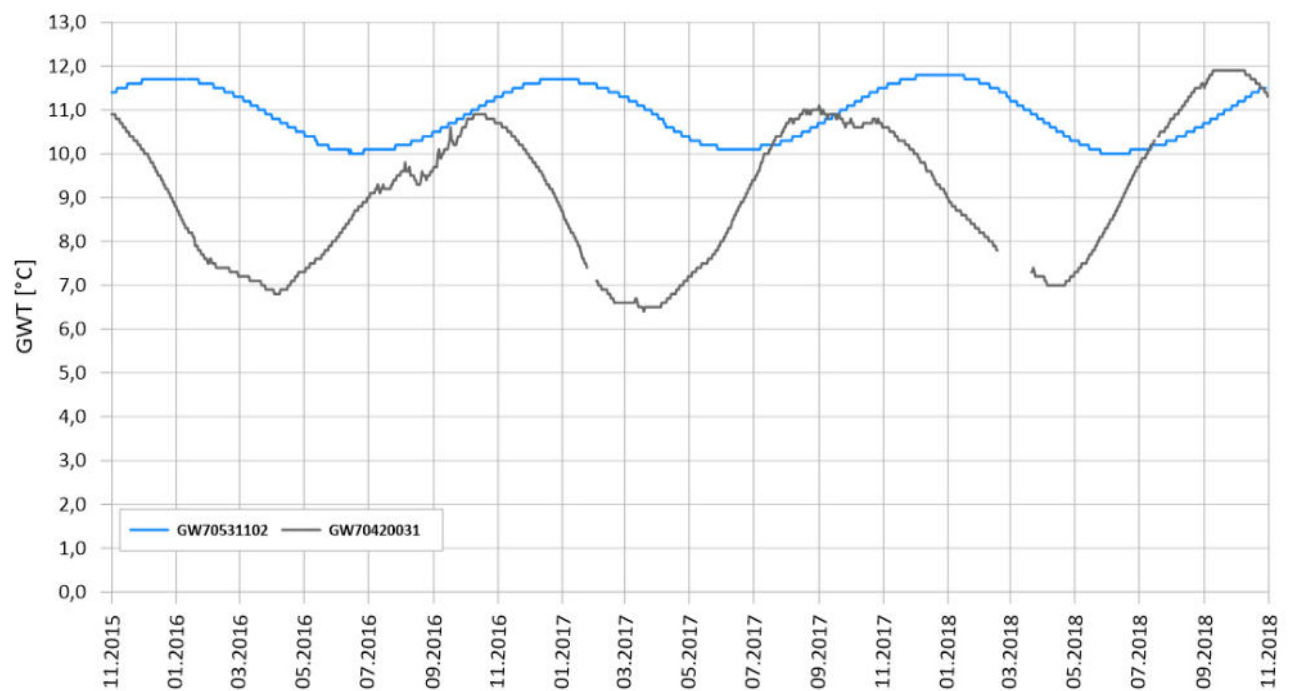


Abb. 133: Temperaturverlauf der Grundwassersonden im Brixental

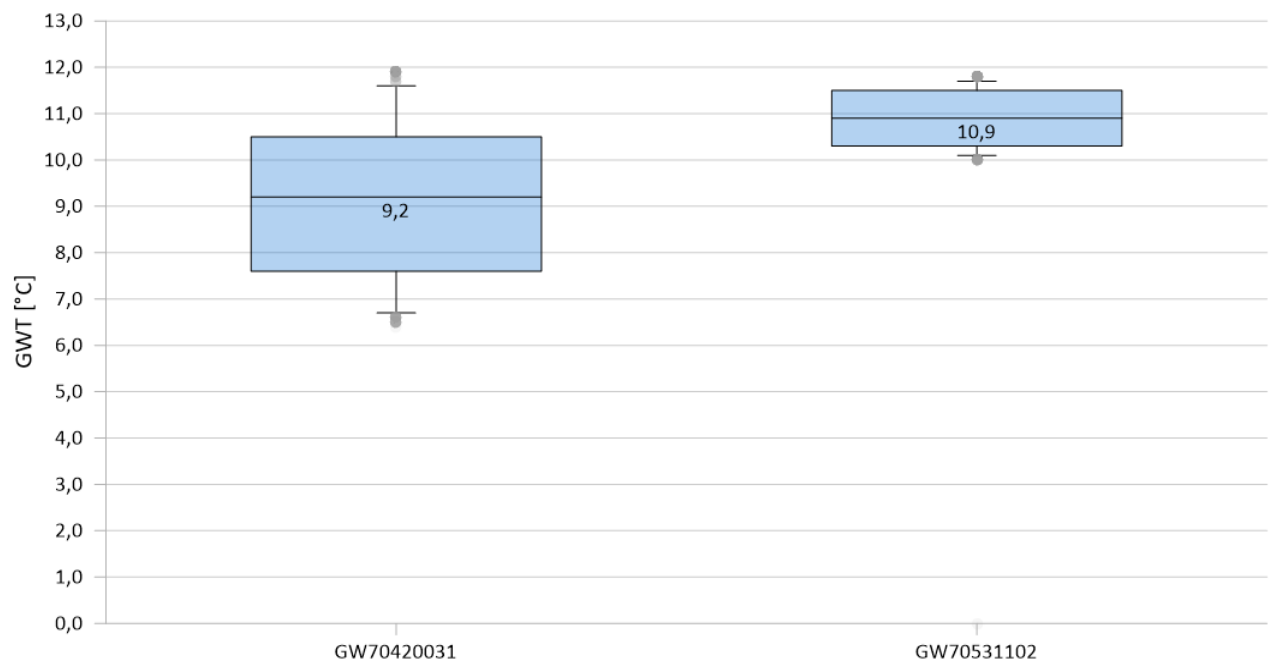


Abb. 134: Box-Whisker-Plots der zwei Grundwassersonden

Einschätzung:

Im GWG Brixental liegen von zwei Sonden kont. Datenreihen der GWT vor, eine liegt in Westendorf, eine in Wörgl. Zudem gibt es ergänzende Daten aufgelassener GZÜV-Messstellen. Die Sonden mit kontinuierlicher GWT-Messung zeigen unterschiedliche GWT-Niveaus mit verschieden stark ausgeprägten Schwankungsbreiten und veränderter Saisonalität an.

Im Bereich von Wörgl und Hopfgarten im Brixental ist eine mittlere GWT von $10,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten, in den höher gelegenen Gemeinden Brixen, Westendorf und Kirchberg eher $9,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$. Diese Größenordnungen finden sich in den Altdaten aus der GZÜV bestätigt.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 750 m ü. A. (Westendorf) eine mittlere GWT von etwa $9,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten, was genau den Messdaten entspricht. Für den Bereich der Messstelle Wörgler Boden auf 520 m ü. A. ergibt sich eine mittlere GWT von $10,2\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$, womit die Messstelle noch in der Schwankungsbreite liegt, aber ein GWT-Niveau anzeigt, welches möglicherweise auf die Lage abstromig eines Gewerbegebietes zurückgeht.

Allgemein sind Schwankungsbreiten von $\pm 2,0\text{ K}$ zu erwarten, in unmittelbarer Vorfluternähe können diese auch höher ausfallen. Daher sind für allfällige Planungen jedenfalls lokal eigene Erhebungen v.a. hinsichtlich der Grundwassertemperatur im Winter/Frühjahr notwendig.

5.5.32 54 Weißachengebiet

Das Grundwassergebiet Weißachengebiet erstreckt sich im Süden des Wilden Kaisers von der Gemeinde Ellmau im Osten bis zur Gemeinde Söll im Westen (Abb. 135). Die Fläche beträgt 13,7 km², die Länge liegt bei etwa 14,0 km. Der Vorfluter ist die Weißache, allerdings gibt es mehrere Wasserscheiden. Die Geländehöhe liegt in Söll bei etwa 600-650 m ü. A., in Scheffau bei ca. 700 m ü. A. und in Ellmau bei bis zu 800 m ü. A. In diesem Grundwassergebiet befinden sich drei Messstellen mit Temperaturaufzeichnungen (Tab. 26), die sich auf alle drei Gemeinden verteilen.

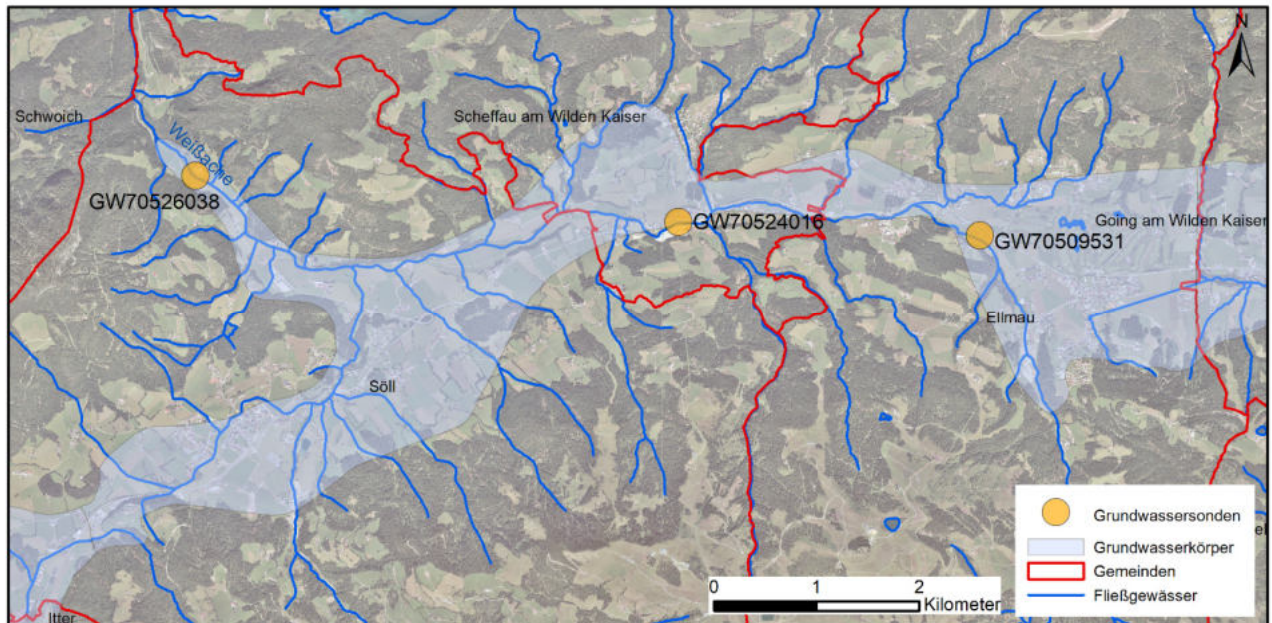


Abb. 135: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Weißachengebiet

Tab. 26: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70524016	Scheffau, BI 2	683,3	9,1	8,8	4,2	14,0	2,9	4,8	13,1	8,3
GW70526038	Söll, BI 2	590,9	8,0	9,6	7,5	12,7	1,2	8,1	11,8	3,7
GW70509531	Ellmau, BI 2	762,7	14,1	9,2	8,8	9,7	0,2	8,9	9,6	0,7

Abb. 136 zeigt den Temperaturverlauf der drei Grundwassersonden im Weißachengebiet im Referenzzeitraum, Abb. 137 den dazugehörigen Box-Whisker-Plot. Die drei Sonden liegen in verschiedenen Höhenniveaus etwa 100 hm auseinander und verhalten sich recht unterschiedlich. Die beiden unmittelbar orog. rechts der Weißache befindlichen Sonden GW70524016 und GW70524016 weisen eine ähnliche Saisonalität hinsichtlich Zeitpunkt der Extrema, unterscheiden sich aber in der Schwankungsbreite ($\pm 2,0$ K in Söll und $\pm 4,0$ K in Scheffau) und im GWT-Niveau ($9,6$ °C in Söll und $8,8$ °C in Scheffau). Bei beiden fallen durch sprunghafte Änderungen der GWT auf, welche auf sehr rasche Infiltration im unmittelbaren Gebiet um die Sonden hinweist. Die am höchsten gelegene Messstelle in Ellmau hingegen zeigt Maxima und Minima der GWT um mehr als 6 Monate nach den Maxima und Minima der LT und WT. Die Schwankungsbreite beträgt weniger als $\pm 0,5$ K, die mittlere GWT liegt bei etwa $9,2$ °C.

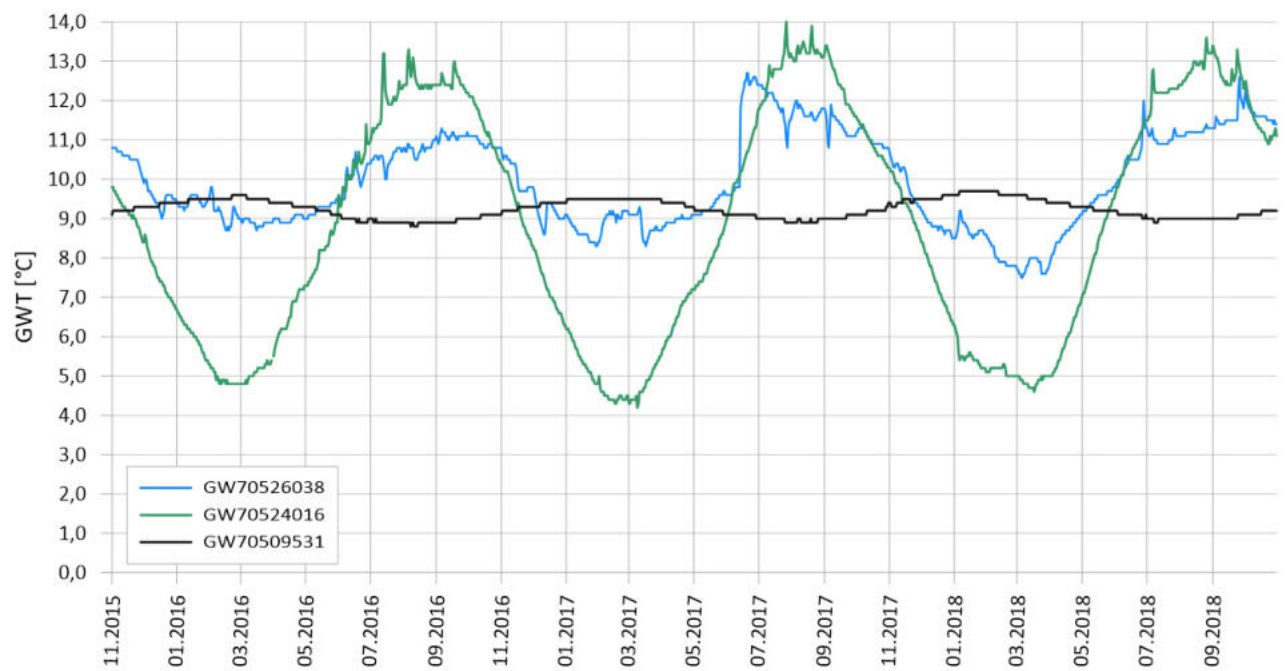


Abb. 136: GWT-Zeitreihen der drei Grundwassersonden im Weißachengebiet

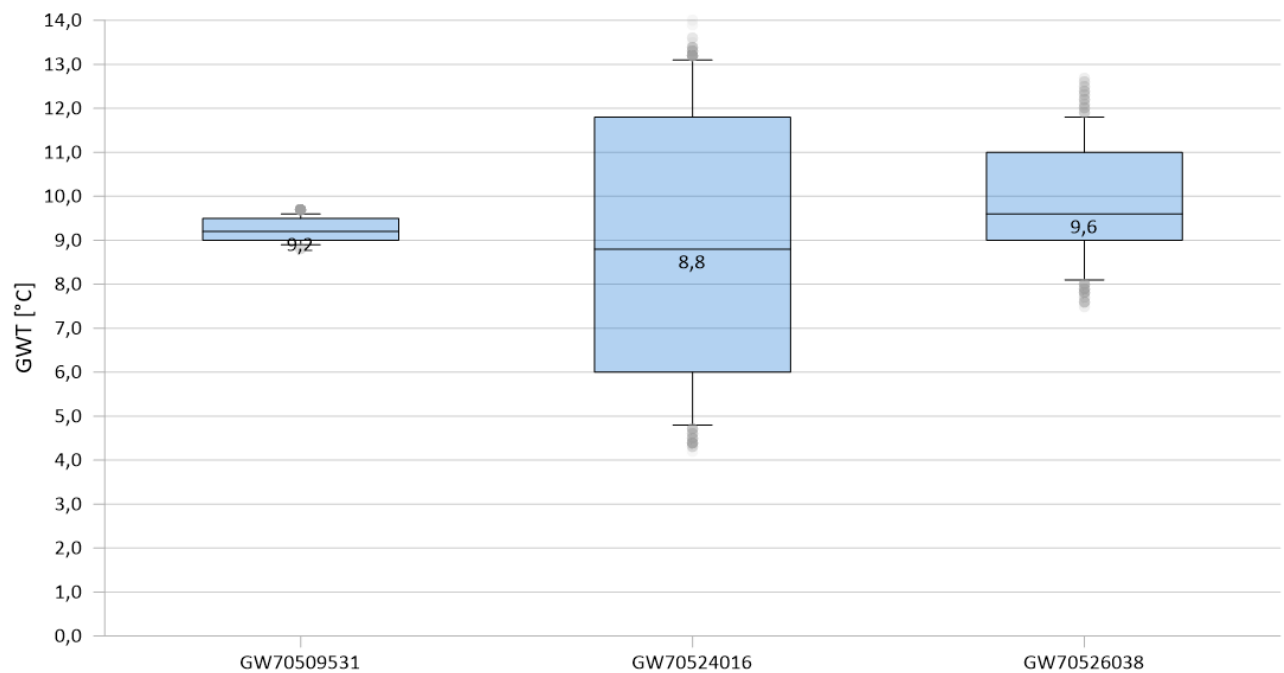


Abb. 137: Box-Whisker-Plots der ausgewählten Grundwassersonden

Einschätzung:

Im GWG Weißachengebiet liegen von drei Sonden kont. Datenreihen der GWT vor. Die Sonden zeigen unterschiedliche GWT-Niveaus mit verschiedenen stark ausgeprägten Schwankungsbreiten und veränderter Saisonalität sowie unterschiedlichem Vorflutereinfluss an.

In diesem GWG können auf Basis der als repräsentativ erachteten GWT-Zeitreihen mittlere GWTs von $9,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ erwartet werden. Die Schwankungsbreiten dürften in größerer Messtiefe und bei größerem Vorfluterabstand im Bereich um $\pm 1,0\text{ K}$ liegen, direkt am Vorfluter in Gebieten mit starker Interaktion zwischen Vorfluter und GW kann es zu Schwankungsbreiten bis $\pm 4,0\text{ K}$ kommen.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 800 m ü. A. (Ellmau) eine mittlere GWT von etwa $8,8\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten, was gut mit den Messdaten übereinstimmt. Für eine Geländehöhe von 600 m ü. A. (Söll) ergibt sich eine mittlere GWT von $9,8\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$, was ebenfalls gut übereinstimmt. Die am meisten saisonal beeinflusste Messstelle in Scheffau weicht etwas stärker von der Berechnung ab.

In jedem Fall sind aber für allfällige Planungen lokal eigene Erhebungen v.a. hinsichtlich der Grundwassertemperatur im Winter/Frühjahr notwendig.

5.5.33 402 Matreier Becken-Virgental

Das Grundwassergebiet Matreier Becken-Virgental erstreckt sich von der Gemeinde Matrei in Osttirol nach Norden Richtung des Tauernbachs und nach Westen in das Virgental. Richtung Süden erstreckt sich das GWG ca. 4 km weit (Abb. 138). Die Fläche des Grundwasserkörpers beträgt 6,5 km² und die Gesamtlänge liegt bei etwa 8,0 km. Der Hauptvorfluter des GWG ist die Isel (im nördlichen Teil der Tauernbach). Die Geländehöhe im Bereich Matrei beträgt etwa 950 m ü. A., in Virgen steigt sie auf etwa 1.100 m ü. A. an. In dem Gebiet befindet sich eine ausgewählte Grundwassersonde mit verwendbaren Temperaturdaten (Tab. 27), die sich direkt orog. links der Isel wenig unterhalb vom Zusammenfluss mit dem Tauernbach befindet.

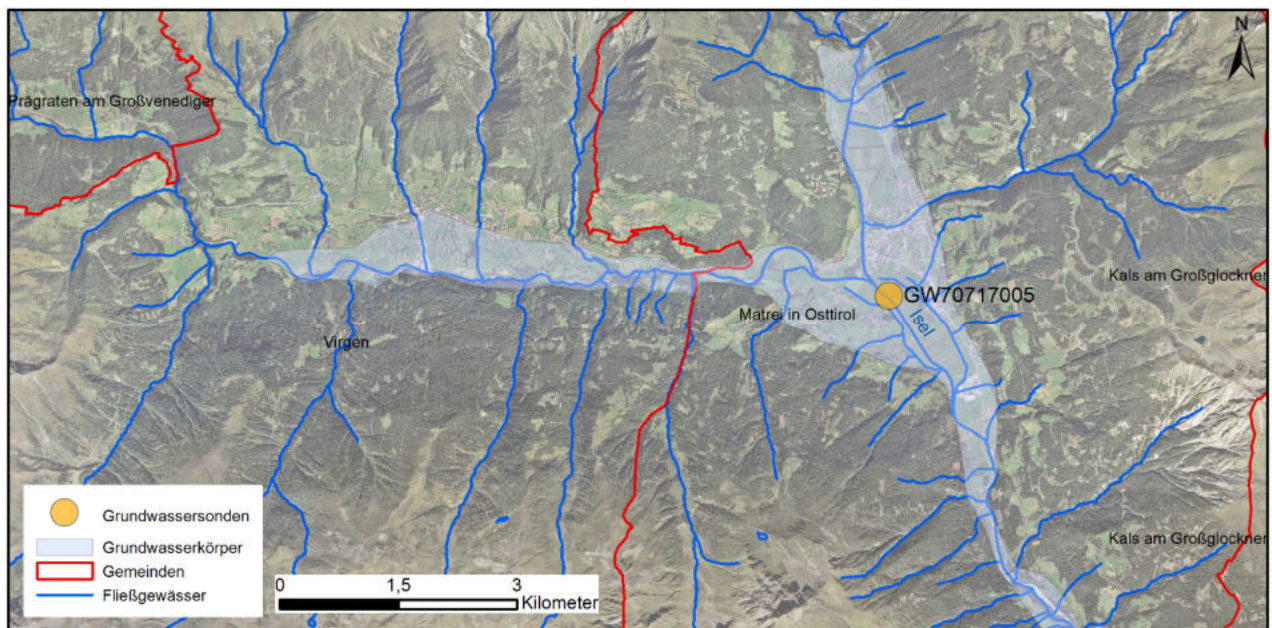


Abb. 138: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Matreier Becken und Virgental

Tab. 27: Basisdaten der Messstelle

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70717005	Matrei i.O., Bl 1	931,8	7,5	7,4	4,5	9,2	1,3	4,8	9,1	4,3

Abb. 139 zeigt den Temperaturverlauf der Grundwassersonde im Matreier Becken im Referenzzeitraum, Abb. 140 enthält den dazugehörigen Box-Whisker-Plot. Die Temperaturmaxima werden im November erreicht und liegen bei etwa 9,0 °C. Die Temperaturminima liegen bei ca. 4,5 °C und werden im April/Mai erreicht. Die Minima sind somit etwas weniger stark phasenverschoben (3-4 Monate) als die Maxima (4-5 Monate), der Jahresgang ist unregelmäßig, besonders beim jeweiligen Anstieg der GWT bildet sich ein lokales Maximum aus, ein sekundärer Peak, nach dem es zu einem kurzen Abfall der GWT kommt, gefolgt vom mehr oder minder gleichmäßigen Anstieg zum jährlichen GWT-Peak. Möglicherweise überlagern sich hier die Temperatursignale von Isel und Tauernbach. Die mittlere GWT beträgt 7,4 °C, die Schwankungsbreite etwas über $\pm 2,0$ K.

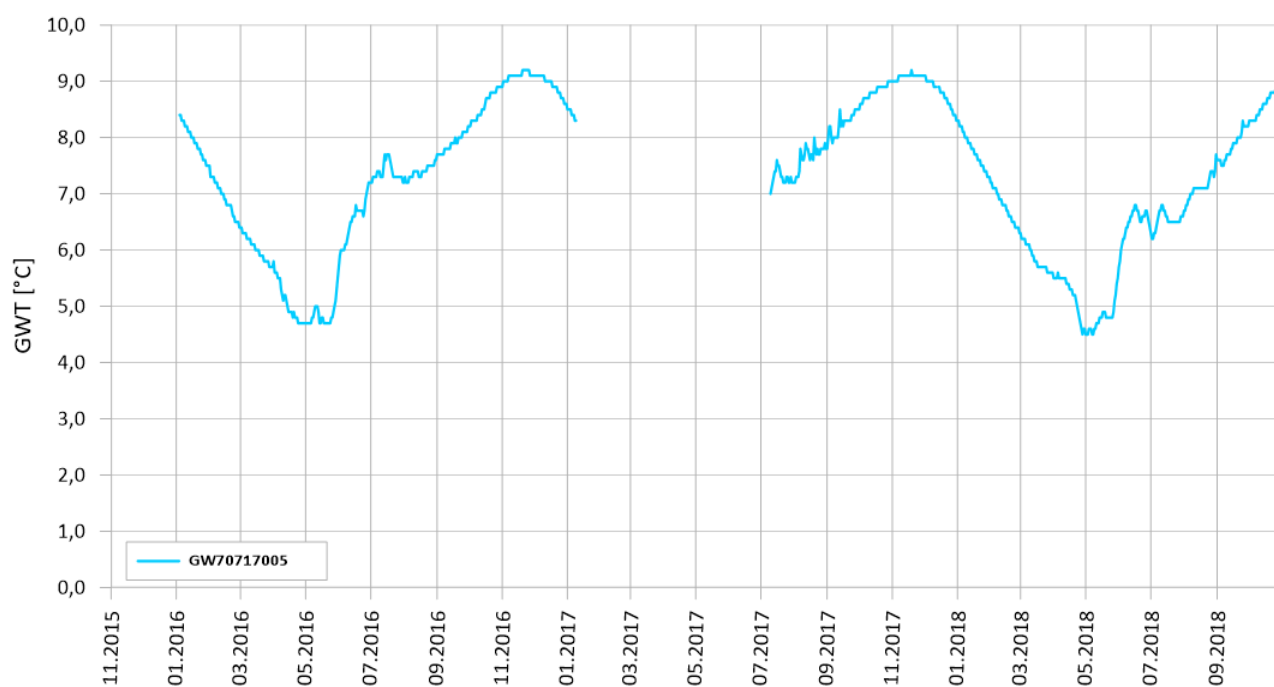


Abb. 139: Temperaturverlauf der Messstelle im Matreier Becken

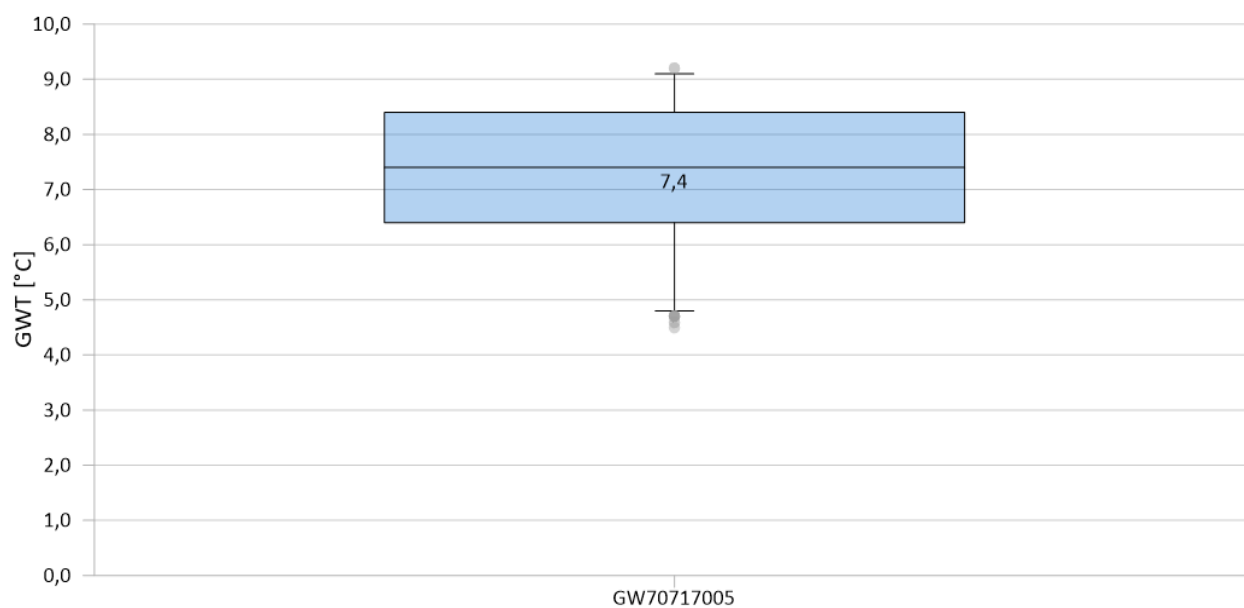


Abb. 140: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde im Matreier Becken

Einschätzung:

Über die GWT im GWG Matreier Becken-Virgental liegen nur von einer Sonde im Bereich Matrei kontinuierliche Daten vor, die zudem direkt an der Isel liegt und vom Vorfluter stärker beeinflusst wird. Daher ist die Informationslage für das weiter vom Vorfluter entfernte Siedlungsgebiet von Matrei nur bedingt repräsentativ. Ebenso ist die Aussagekraft für mögliche GW-Vorkommen in Virgen eher gering.

An der Sonde herrscht eine mittlere GWT von $7,4\text{ °C}$ mit einer Schwankungsbreite von etwas über $\pm 2,0\text{ K}$.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 950 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa $8,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten, was über dem Mittelwert der Messstelle liegt. Hier könnte der Vorflutereinfluss das GWT-Niveau verringern. Bei etwa 1.100 m ü. A. Geländehöhe in Virgen wäre eine mittlere GWT von $7,3 \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten. Vorfluternah können saisonale Schwankungen um mehr als $\pm 3,0\text{ K}$ auftreten, im Mittel sind saisonalen Schwankungen um etwa $\pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten.

In jedem Fall sind aber für allfällige Planungen lokal eigene Erhebungen v.a. hinsichtlich der Grundwassertemperatur im Winter/Frühjahr notwendig.

5.5.34 403 Iseltal

Das Grundwassergebiet Iseltal schließt im Süden an das GWG 402 an und erstreckt sich bis zur Stadtgemeinde Lienz im Süden (Abb. 141). Die Fläche des GWG beträgt 14,5 km² und die Länge 19,0 km. Der Vorfluter ist die Isel, die Geländehöhe beträgt bei Matrei-Huben noch etwa 800 m ü. A., bei St. Johann im Walde 750 m ü. A., bei Ainet 720 m ü. A. und schließlich bei Oberlienz etwa unter 700 m ü. A. In diesem GWG befinden sich zwei ausgewählte Grundwassersonden mit verwendbaren Temperaturdaten (Tab. 28). Die Sonde in Ainet befindet sich in unmittelbarer Vorfluternähe, die in Matrei etwa 80 m vom Vorfluter entfernt im Anströmungsbereich der Nutzwasserentnahme der Kläranlage Huben.

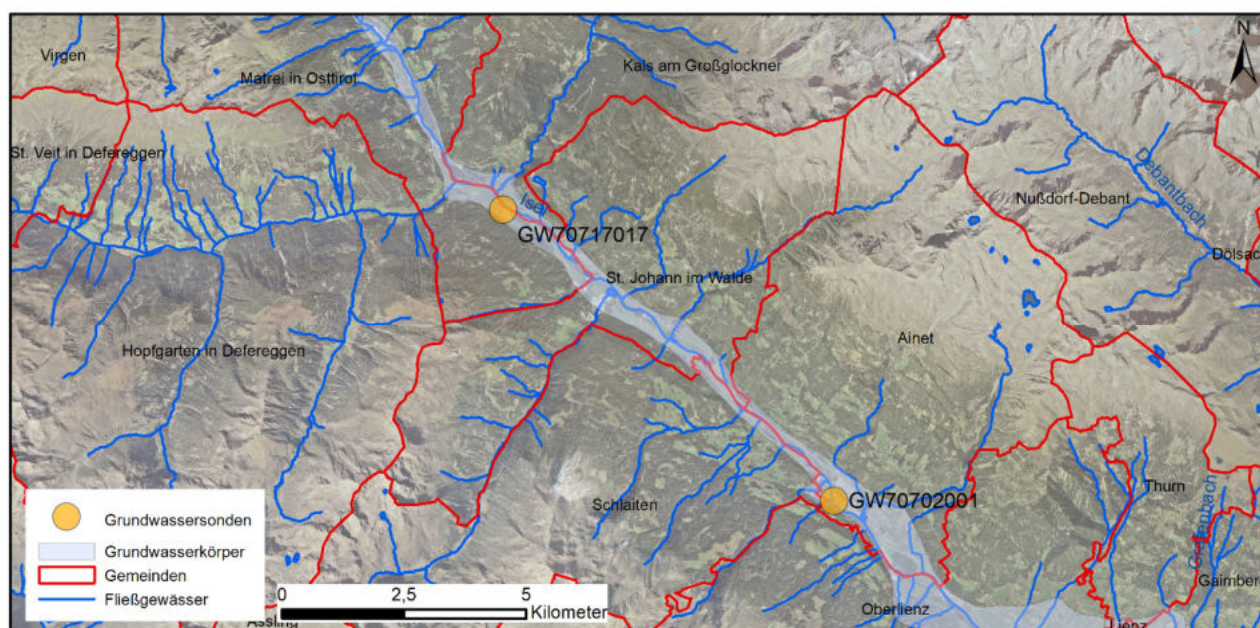


Abb. 141: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Iseltal

Tab. 28: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	Stabw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70717017	Matrei i.O., Bl 2	789,3	20,0	7,3	6,8	7,7	0,2	7,0	7,7	0,7
GW70702001	Ainet, Blt 1	712,2	15,0	7,2	5,3	9,0	1,1	5,7	8,9	3,2

Abb. 142 zeigt der Verlauf der GWT im Referenzzeitraum, Abb. 143 die entsprechenden Box-Whisker-Plots. Die GWT der Sonde GW70702001 weist im Jahresverlauf deutlich stärkere Schwankungen ($\pm 1,5$ K) bei relativ regelmäßiger Saisonalität mit Minima im März und Maxima im September/Oktober auf, die GWT der Messstelle GW70717017 ist geringschwankend ($< \pm 0,5$ K), der Jahresgang unregelmäßiger mit Minima im Mai/Juni und Maxima zwischen September und Dezember. Die mittlere GWT ist bei beiden in etwa gleich und beträgt 7,2-7,3 °C.

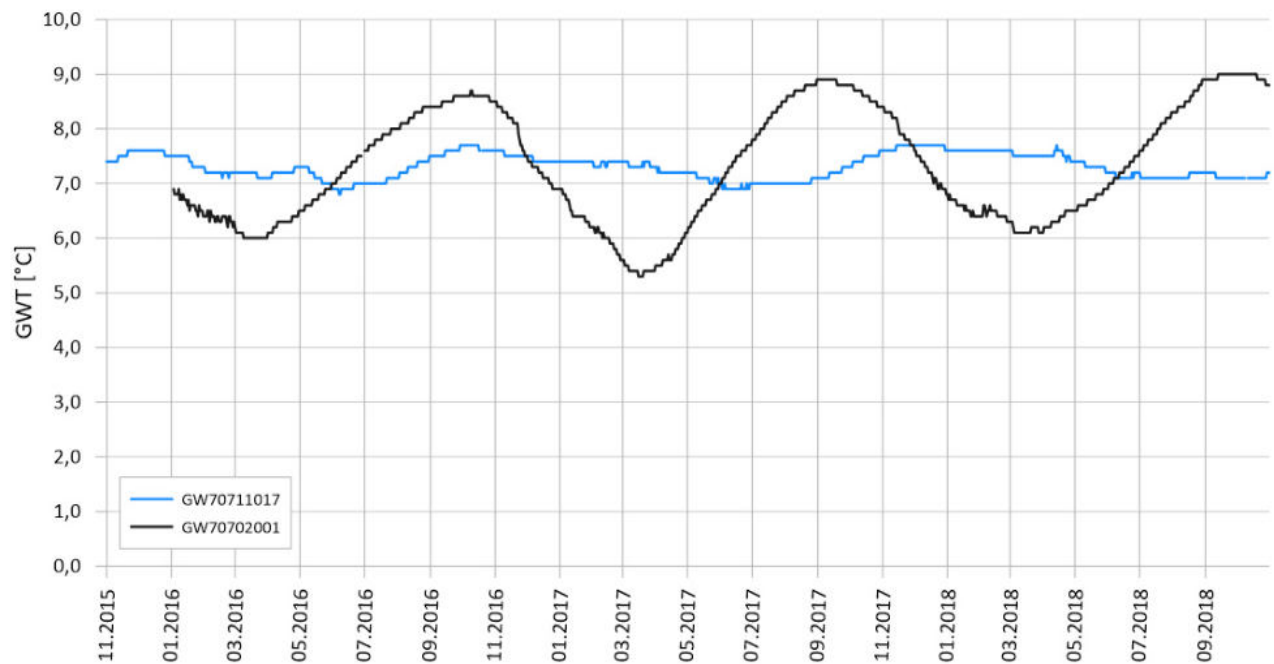


Abb. 142: Datenreihen der GWT der beiden Grundwassersonden im Iseltal

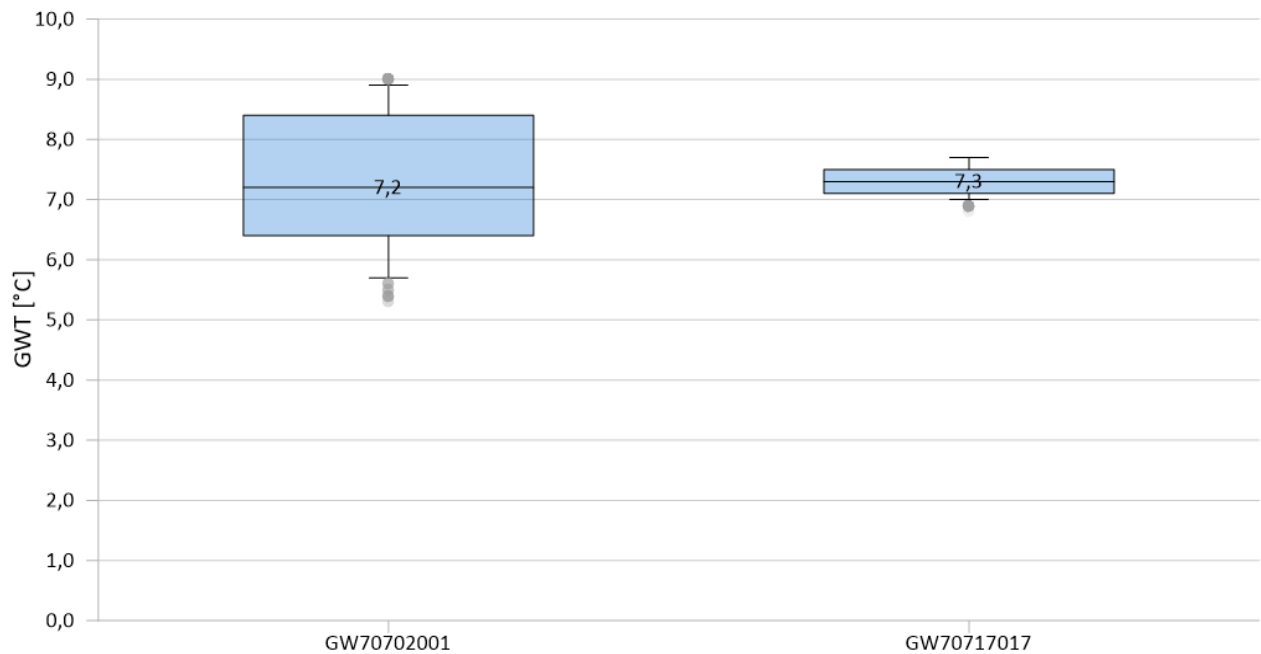


Abb. 143: Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden im Iseltal

Einschätzung:

Über die GWT im GWG Iseltal liegen von zwei Sonden kontinuierliche Daten vor. An den Sonden herrscht eine mittlere GWT von etwa $7,3\text{ °C}$ mit einer Schwankungsbreite, die am Vorfluter bis über $\pm 2,0\text{ K}$ betragen kann und in höherer Tiefe und etwas größerer Vorfluterentfernung bei unter $\pm 0,5\text{ K}$ liegen kann.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 750 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa $9,0\text{ °C} \pm 1,0\text{ K}$ zu erwarten, was deutlich über den Werten der Messstellen liegt. Es liegt eine negative GWT-Anomalie vor, die wie auch an der Messstelle im Matreier Becken durch den Vorflutereinfluss und dessen niedrigeres WT-Niveau bedingt sein dürfte.

In jedem Fall sind aber für allfällige Planungen lokal eigene Erhebungen v.a. hinsichtlich der Grundwassertemperatur im Winter/Frühjahr notwendig. Der hohe Flurabstand mit mehreren Metern unter Vorfluterniveau ist dabei ebenfalls zu berücksichtigen.

5.5.35 404 Pustertal

Der Grundwassergebiet Pustertal erstreckt sich von der Gemeinde Lienz im Osten bis zur Gemeinde Sillian (KG Arnbach) im Westen (Abb. 144 und Abb. 145). Die Fläche dieses GWG beträgt etwa 17,1 km² bei einer Länge von gut 27,0 km. Der Vorfluter ist die Drau, die Geländehöhe liegt in Sillian und Heinfels bei etwa 1.080 m ü. A., in Abfaltersbach bei 970 m ü. A., in Assling bei etwa 820 m ü. A. und schließlich beim Übergang in das GWG Lienzer Becken bei etwa 700 m ü. A. In diesem GWG befinden sich 18 repräsentative Grundwassersonden (Tab. 29), von denen sich der überwiegende Teil im Bereich Sillian-Heinfels befindet.

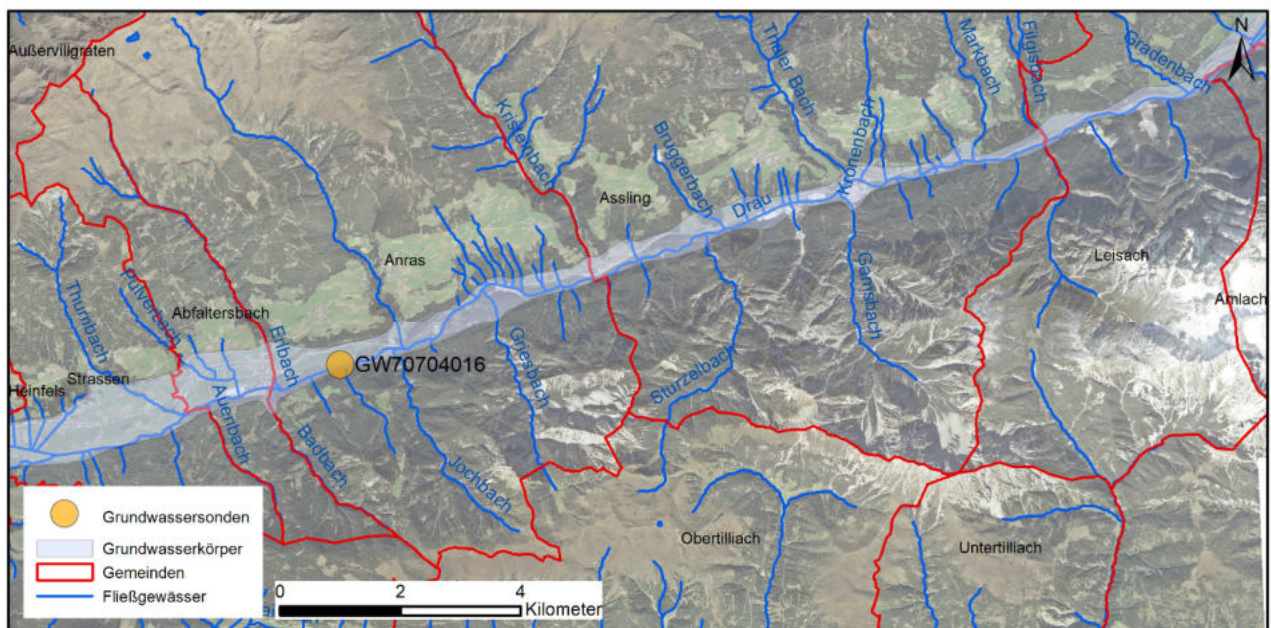


Abb. 144: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im östlichen Pustertal

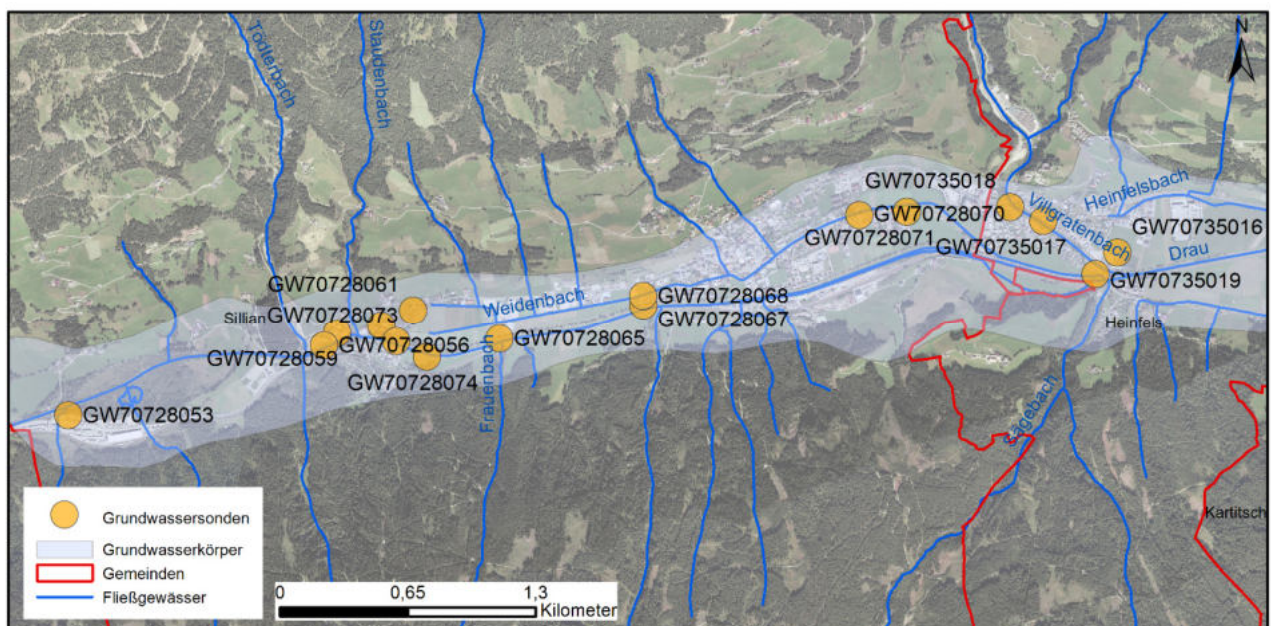


Abb. 145: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im westlichen Pustertal

Tab. 29: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70704016	Anras, BI 1	940,8	14,6	7,3	5,3	8,8	0,7	6,0	8,2	2,2
GW70728053	Arnbach, BI 2	1109,9	9,2	6,8	5,3	9,6	0,9	5,4	8,1	2,7
GW70728056	Arnbach, BI 1 (1)	1099,4	8,2	5,8	2,3	10,7	2,4	3,2	9,9	6,7
GW70728059	Arnbach, BI 3 (4)	1095,8	8,1	8,6	2,2	13,7	2,7	3,0	12,5	9,5
GW70728061	Arnbach, BI 13 (6)	1085,5	5,1	7,9	6,5	9,4	0,9	6,7	9,3	2,6
GW70728062	Arnbach, BI 17 (7)	1089,1	6,1	7,1	3,6	10,2	1,9	4,2	9,9	5,7
GW70728065	Arnbach, BI 19 (10)	1087,5	8,15	6,5	4,5	7,5	0,8	5,0	7,4	2,4
GW70728067	Sillian, BI 13 (12)	1084,4	8,2	7,0	3,1	11,7	2,5	3,5	11,1	7,6
GW70728068	Sillian, BI 7 (13)	1080,0	5,2	7,5	5,9	8,9	0,9	6,2	8,8	2,6
GW70728070	Sillian, BI 11 (15)	1077,3	6,1	9,5	8,9	10,7	0,5	9,0	10,4	1,4
GW70728071	Sillian, BI 9 (16)	1076,6	7,1	8,5	7,6	9,1	0,3	8,0	8,8	0,9
GW70728072	Arnbach, BI 11 (20)	1089,1	5,2	7,7	5,8	9,3	1,0	6,3	9,1	2,8
GW70728073	Arnbach, BI 4 (B1)	1088,0	9,0	7,3	6,6	7,7	0,3	6,7	7,7	1,0
GW70728074	Arnbach, BI 6 (B2)	1087,8	9,1	7,1	6,5	7,8	0,4	6,6	7,7	1,1
GW70735016	Panzendorf, BI 9	1074,4	6,6	6,0	3,2	9,8	2,0	3,4	9,6	6,2
GW70735017	Panzendorf, BI11	1077,5	8,0	6,1	0,4	11,8	3,4	1,5	10,9	9,4
GW70735018	Panzendorf, BI13	1080,8	10,5	6,6	0,4	11,2	2,8	1,7	10,5	8,8
GW70735019	Panzendorf, BI15	1076,2	7,3	6,4	2,3	9,7	1,5	3,9	8,9	5,0

Abb. 146 zeigt die Vertrauensbereich-Darstellung der GWT der 18 Sonden Grundwassersonden im Pustertal im Referenzzeitraum, Abb. 147 die entsprechenden Box-Whisker-Plots. Die mittlere GWT schwankt im Jahresverlauf zwischen ca. 5,0 °C und 9,0 °C (Abb. 146), was eine relativ hohe mittlere Schwankungsbreite von $\pm 2,0$ K bedeutet. Insgesamt ist eine GWT-Bandbreite von 0,4 °C bis 13,7 °C vorhanden, die von allen betrachteten Grundwassergebieten am auffälligsten ist. Diese unterschiedlichen GWT-Niveaus und Schwankungsbreiten sind umso auffälliger, weil bis auf eine Messstelle alle Zeitreihen aus derselben Höhenstufe stammen.

Auf mögliche Ursachen dessen sowie den markanten Vorflutereinfluss an einer Vielzahl an Sonden im Pustertal wird an dieser Stelle nicht genau eingegangen, da dies bereits Gegenstand der Vorflutereinfluss-Beschreibung im Kap. 5.4.6 war.

Allgemein kann festgehalten werden, dass die Sonden mit geringeren Schwankungsbreiten in den meisten Fällen auch ein höheres GWT-Niveau aufweisen. Darüber hinaus nimmt die Schwankungsbreite in Entfernungen > 50-100 m zum Vorfluter tendenziell ab, womit höhere GWT-Niveaus einhergehen.

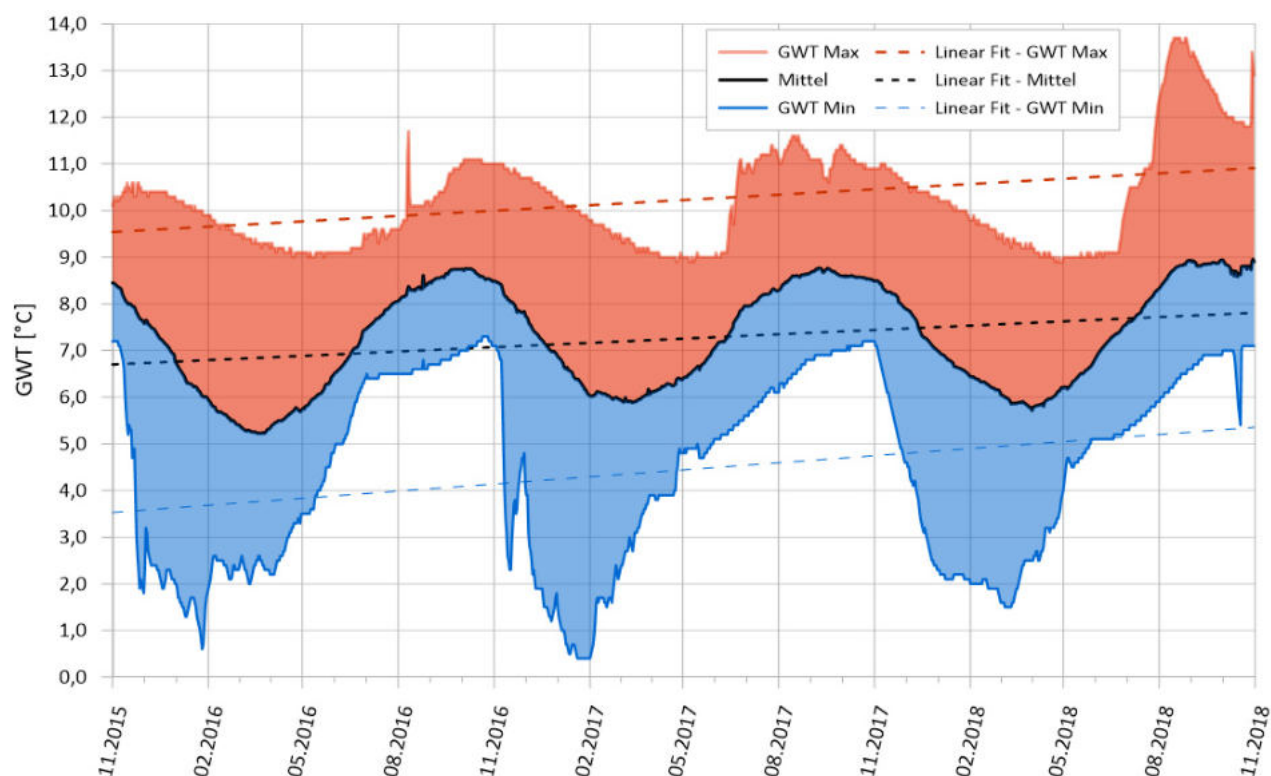


Abb. 146: Vertrauensbereich-Darstellung der ausgewählten Zeitreihen im GWG Pustertal

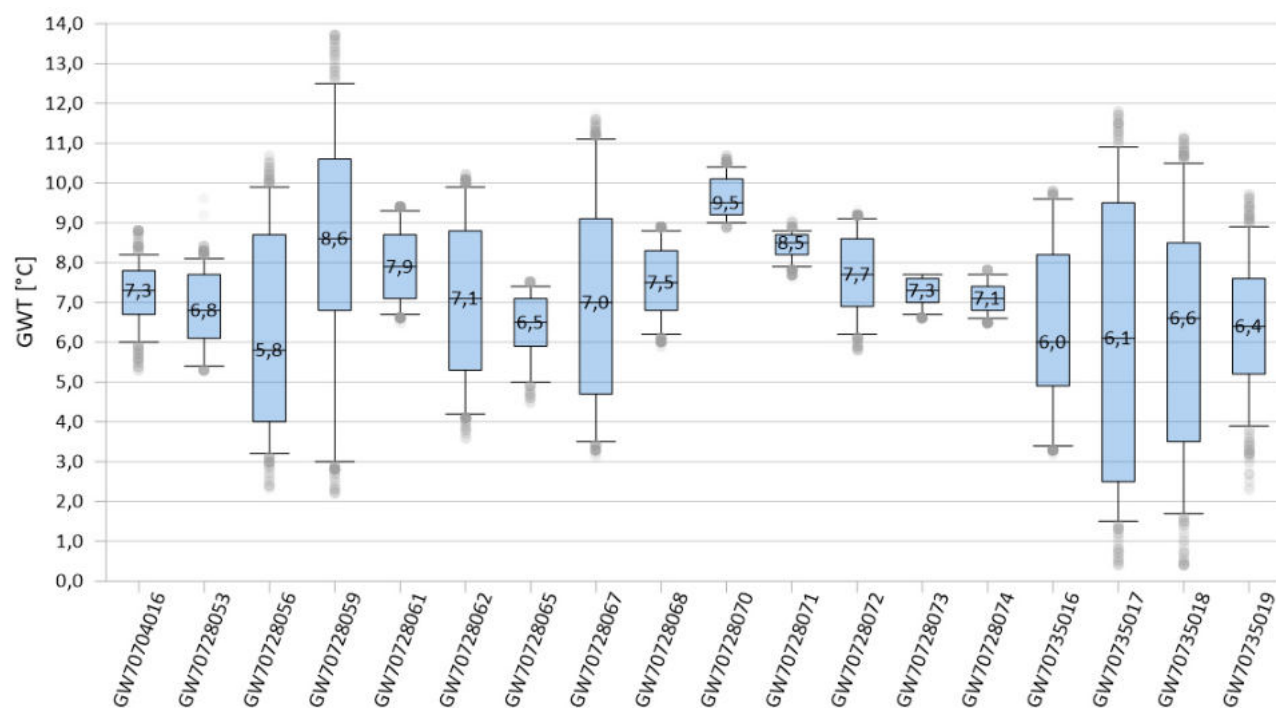


Abb. 147: Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden im Pustertal

Einschätzung:

Über die GWT im GWG Pustertal liegen von einer Vielzahl an Sonden kontinuierliche Daten vor. Das Gebiet wird dabei von einem sehr starken Vorflutereinfluss und damit einhergehenden hohen Schwankungsbreiten und negativen GWT-Anomalien charakterisiert.

An vorfluternahen Sonden ist im Bereich Sillian/Heinfels eine mittlere GWT von etwa 6,0 °C zu erwarten, Schwankungsbreiten von bis zu $\pm 5,0$ K können auftreten. Im Abstand von mehr als 50-100 m zum Vorfluter verringern sich die Schwankungsbreiten auf 1,0 bis 2,0 K, die mittlere GWT liegt hier bei etwa 7,5 °C. Im Siedlungsgebiet von Sillian kommt es zu positiven GWT-Anomalien, die wohl auf anthropogenen Einfluss hindeuten.

Gemäß der Regressionsgleichung ergibt sich bei einer Seehöhe von 1.100 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa $7,3 \text{ °C} \pm 1,0 \text{ K}$. Das entspricht im Wesentlichen den GWTs der Sonden mit geringerer Schwankungsbreite / höherem Vorfluterabstand, zahlreiche Sonden zeigen aber negative und positive GWT-Anomalien.

Insgesamt ist das GWG Pustertal für Grundwassernutzungen zu Heizzwecken bedingt geeignet. Insbesondere in Vorfluternähe kann die GWT im Winter weit unter 5 °C sinken, in jedem Fall sind daher für allfällige Planungen lokal eigene Erhebungen v.a. hinsichtlich der GWT im Winter/Frühjahr notwendig.

5.5.36 405 Lienzener Becken

Das Grundwassergebiet Lienzener Becken befindet sich im umliegenden Bereich der Gemeinde Lienz (Abb. 148). Es schließt sich im Osten an die GWGs Iseltal und Pustertal an, im Bereich Tristach-Nußdorf ist der Übergang zum anschließenden GWG Oberes Drautal. Die Fläche dieses GWG beträgt 18,0 km² und die Länge 9,0 km. Der Vorfluter ist die Drau und die Geländehöhe im Bereich Lienz beträgt etwa 670 m ü. A. In diesem GWG befinden sich drei repräsentative Grundwassersonden mit Temperaturdaten (Tab. 30). Zusätzlich wurden über die H₂O-Fachdatenbank GWT-Messungen aus der GZÜV abgerufen und als Vergleichswerte herangezogen.

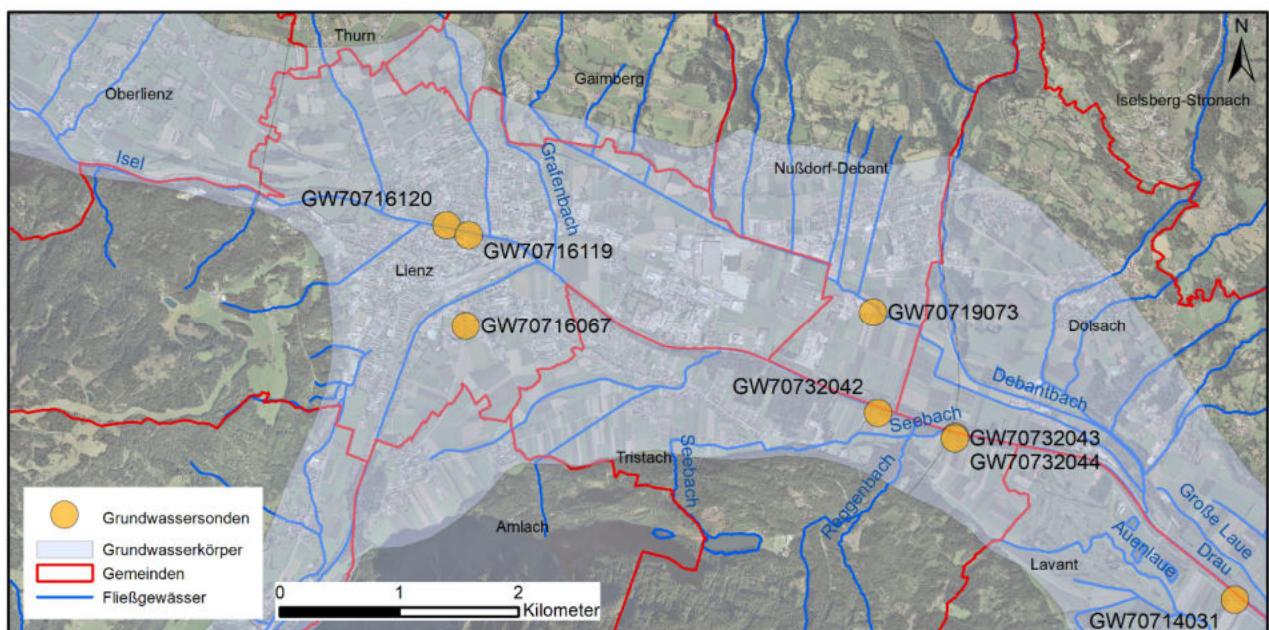


Abb. 148: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Lienzener Becken

Tab. 30: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70716067	Lienz, BI 2	676,8	23,1	9,0	8,7	9,1	0,1	8,8	9,1	0,3
GW70716119	Lienz, BI 4	672,6	22,5	7,9	6,2	9,3	0,9	6,7	9,2	2,5
GW70716120	Lienz, BI 5	673,2	22,5	8,3	6,3	8,6	0,5	6,9	8,5	1,6

Abb. 149 zeigt den Temperaturverlauf der drei Grundwassersonden im Lienzener Becken im Referenzzeitraum, Abb. 149 den dazugehörigen Box-Whisker-Plot. Die drei Sonden liegen alle auf dem Gemeindegebiet von Lienz, zwei befinden sich links und rechts der Isel in unmittelbarer Vorfluternähe, eine liegt in der Nähe des TB Lienz etwas weiter vom Vorfluter (in dem Fall der Drau) entfernt. Bei allen Sonden wird entsprechend des tiefen GW-Niveaus im Bereich Lienz in Tiefen > 22,0 m gemessen. Die beiden unmittelbar an der Isel befindlichen Messstellen GW70716119 und GW70716120 zeigen größere Schwankungen der GWT als die Sonde GW70716067, wobei die GW70716119 einen relativ regelmäßigen Jahresgang mit einer Schwankungsbreite von etwa über $\pm 1,0$ K bei Maxima Januar und Februar und Minima zwischen Mai und Juli aufweist. Hinsichtlich der Saisonalität verhalten sich die anderen beiden Sonden ähnlich, allerdings sind die Schwankungen

bei der GW70716067 im Bereich weniger Zehntelgrad, wohingegen bei der GW70716120 plötzliche GWT-Absenkungen um mehr als 1,0 K im Frühjahr auftreten – leider ist hier die Datenreihe unvollständig. Diese Minima weisen auf rasche Infiltration kühlerer Wässer hin. Die GWT-Niveaus liegen bei 8,0-9,0 °C.

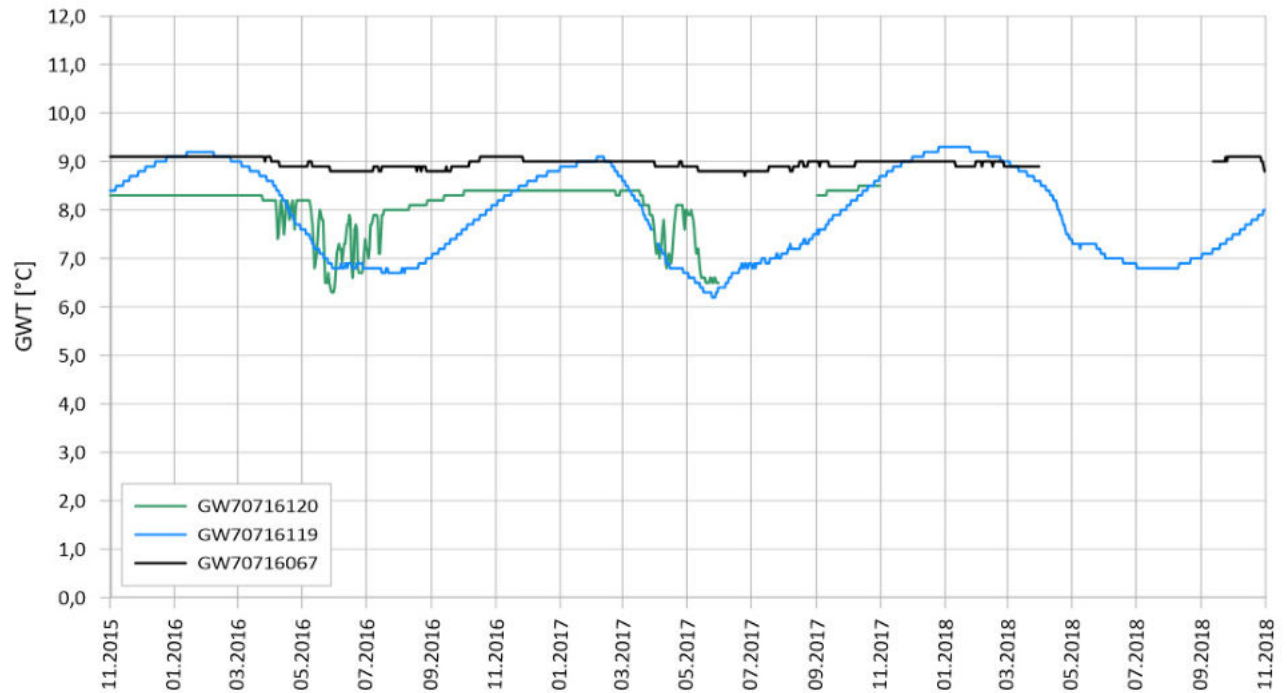


Abb. 149: GWT-Zeitreihen der drei Grundwassersonden im Lienzer Becken

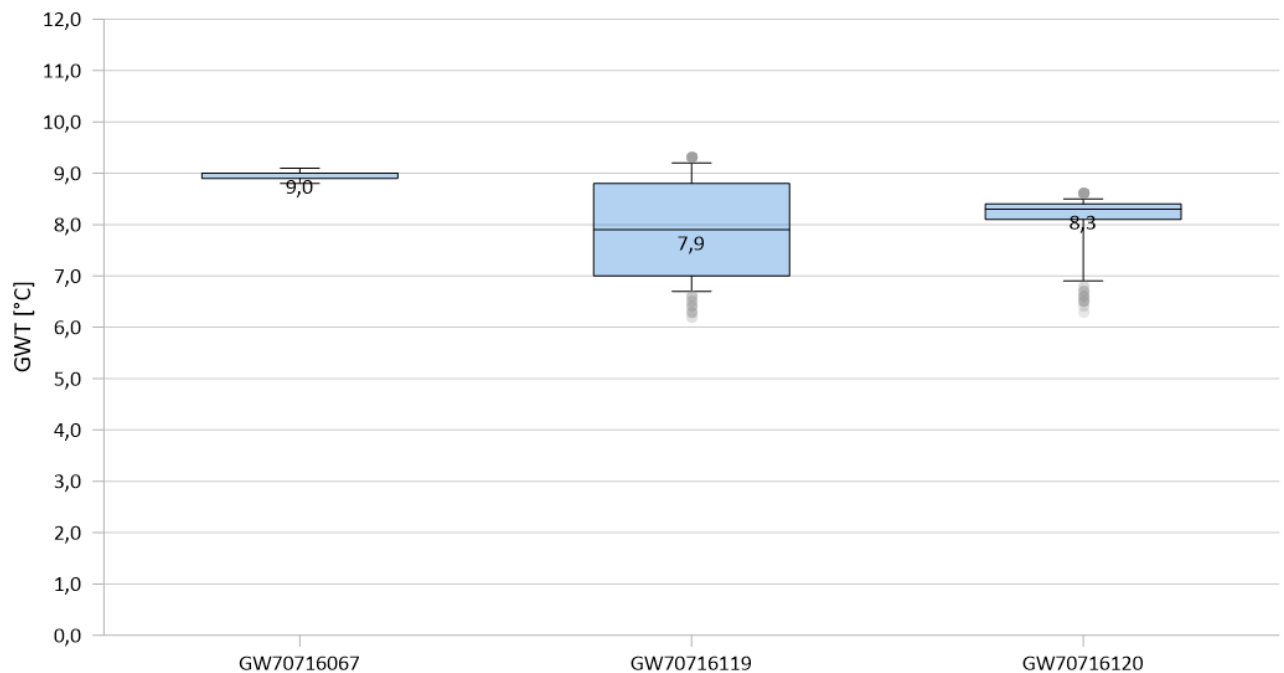


Abb. 150: Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden im Lienzer Becken

Für eine Messtiefe von über 20,0 m sind die GWT-Schwankungen der Messstellen GW70716119 und -20 verhältnismäßig hoch.

Der grobe Vergleich mit den GZÜV-Daten bestätigt GWT-Niveau und Schwanungsbreite: Die GWT-Mittelwerte der bis zu 76 Einzelmessungen aus der GZÜV ergeben einen Gesamt-Mittelwert im Raum Amlach-Lienz-Tristach von 9,1 °C, die mittlere Schwankungsbreite beträgt $\pm 1,5$ K (P95 zu P5) – bei Messtiefen weitestgehend jenseits von 20,0 m.

Einschätzung:

Im GWG Lienzer Becken liegen von drei Sonden kont. Datenreihen der GWT vor. Darüber hinaus wird bei zahlreichen GW-Entnahmen im Rahmen der GZÜV die Wassertemperatur mitgemessen.

Die mittlere GWT im Lienzer Becken liegt bei etwa 8,0-9,0 °C, die Einzelmessungen gemäß GZÜV liegen eher im Bereich des oberen Endes der Bandbreite. Die Schwankungsbreite kann mit $\pm 1,0$ -1,5 K erwartet werden.

Gemäß der abgeleiteten Regressionsgerade ist bei einer Geländehöhe von 700 m ü. A. eine mittlere GWT von etwa 9,3 °C $\pm 1,0$ K zu erwarten, was zwar gut mit den GZÜV-Messdaten übereinstimmt, aber für die beiden Sonden direkt an der Isel nicht zutrifft. Hier liegt eine negative GWT-Anomalie vor, wie sie auch im Iseltal und Matreier Becken sowie teils im Pustertal festgestellt werden konnte.

Auf Basis der berechneten wie gemessenen GWT ist das GWG Lienzer Becken für Grundwassernutzungen zu Heizzwecken geeignet. Allerdings liegt das Grundwasser bis zum Übergangsbereich Oberes Drautal in Tiefen von teils weit mehr als 10 m und weist zudem starke Spiegelschwankungen auf, was Nutzungen für Privatpersonen wirtschaftlich schwierig realisierbar macht.

5.5.37 410 Oberes Drautal

Das Grundwassergebiet Oberes Drautal schließt im Bereich Nußdorf – Tristach an das GWG Lienzer Becken an und reicht von dort bis zur Grenze zu Kärnten im Südosten (Kärntner Tor bzw. Tiroler Tor; Abb. 151). Die Fläche des GWG beträgt 18,0 km² und die Länge etwa 10,0 km. Der Vorfluter ist die Drau und die Geländehöhe liegt zwischen etwa 660 m ü. A. und 630 m ü. A. Vorfluterniveau. Das GWG beinhaltet zehn repräsentative Grundwassersonden (Tab. 31), die sich relativ gleichmäßig auf die Längserstreckung des GWG verteilen und alle in Vorfluternähe liegen (unter 100 m). Leider weisen alle Sonden eine Datenlücke im Juni, Juli und August 2017 auf.

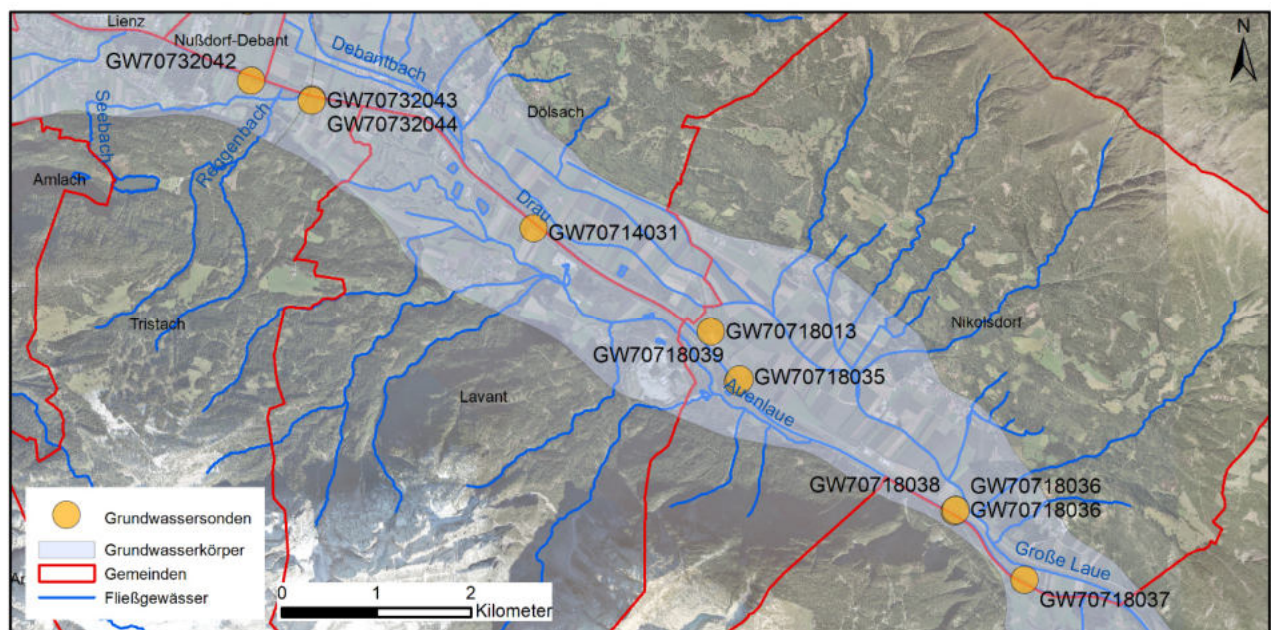


Abb. 151: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Oberes Drautal

Tab. 31: Basisdaten der Messstellen

GW-Nummer	Messstelle	Geländehöhe [m ü. A.]	Messtiefe uGOK [m]	Median [°C]	Min [°C]	Max [°C]	StAbw [K]	5% [°C]	95% [°C]	Δ GWT [K]
GW70708036	Nikolsdorf, BI 3 (KB16)	632,0	6,0	8,1	5,4	10,4	1,5	5,8	10,1	4,3
GW70714031	Lavant, BI 4 (KB6)	645,5	7,1	9,3	6,0	12,5	2,1	6,2	12,2	6,0
GW70718013	Lengberg, BI 1	638,7	8,8	8,9	7,9	9,7	0,6	8,1	9,6	1,5
GW70718035	Lengberg, BI 7 (KB14)	638,1	6,2	8,0	4,8	10,9	1,6	5,9	10,7	4,8
GW70718037	Nikolsdorf, BI 5 (KB17)	633,0	10,2	7,4	4,7	11,7	2,2	5,0	11,2	6,2
GW70718038	Nikolsdorf, BI 1 (KB15)	635,4	10,2	9,6	6,3	12,0	1,5	7,1	11,7	4,6
GW70718039	Lengberg, BI 5 (KB13)	642,2	10,2	8,2	5,4	11,8	2,0	5,7	11,4	5,7
GW70732042	Tristach, BI 6 (KB2)	657,1	9,1	8,8	7,2	9,6	0,5	7,7	9,3	1,6
GW70732043	Tristach, BI 8 (KB4)	654,5	8,2	8,4	6,2	10,4	1,2	6,6	10,0	3,4
GW70732044	Tristach, BI 10 (KB3)	657,5	10,1	8,1	4,3	11,8	2,2	4,6	11,2	6,6

Abb. 152 zeigt den Temperaturverlauf der zehn Grundwassersonden im Oberen Drautal im Referenzzeitraum, Abb. 153 die dazugehörigen Box-Whisker-Plots. Bei allen Sonden wird die GWT im am häufigsten vertretenen Tiefenbereich zwischen 6 m und knapp über 10 m Tiefe gemessen, was im Vergleich zum GWG Lienzer Becken aufgrund des geringeren Abstichs und der verminderten

Schwankungsbreite des Grundwasserstands möglich ist. Alle Sonden zeigen einen klaren Jahresgang, bei acht Sonden ist die Dynamik ausgesprochen gleich, hier treten die Maxima im August/September auf und die Minima im März/April, was einen nur geringen saisonalen Shift bedeutet, und die Schwankungsbreiten sind eher hoch mit etwa $\pm 2,0$ – $3,0$ K. Die GW70718013 und GW70732042 haben eine deutlich geringere Schwankungsbreite (unter $\pm 1,0$ K) und einen etwas höheren saisonalen Shift (um ein bis zwei Monate).

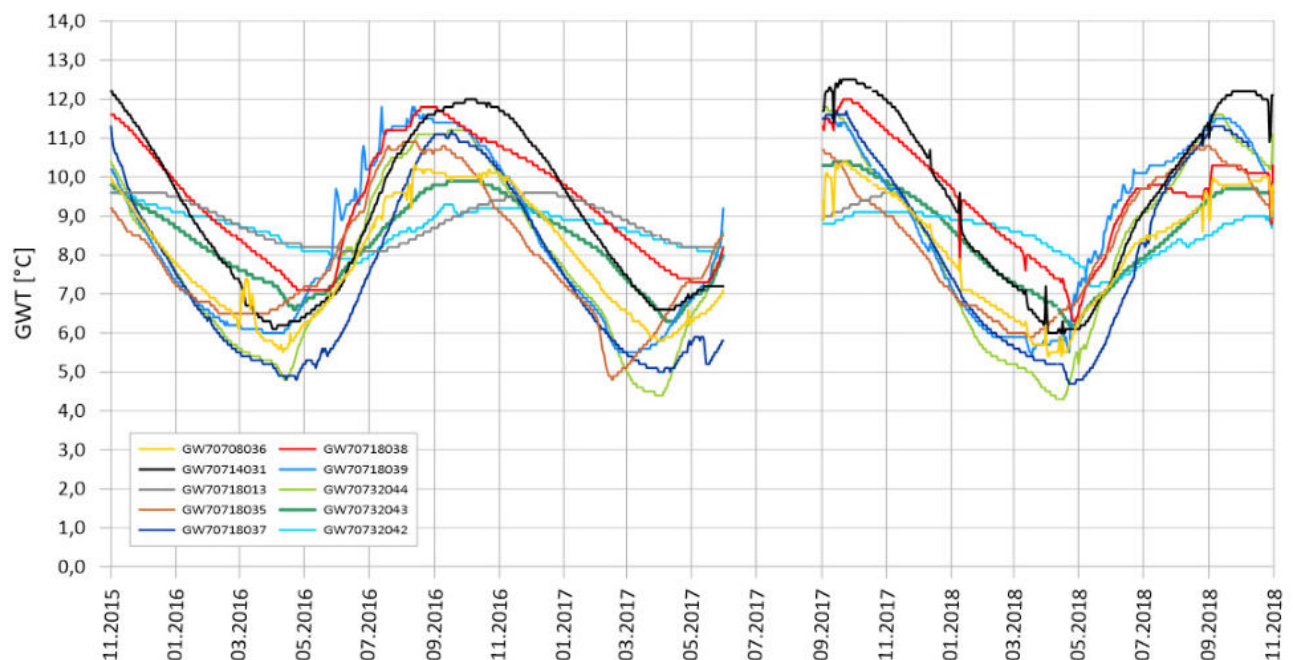


Abb. 152: Temperaturverlauf der zehn Grundwassersonden im Oberen Drautal

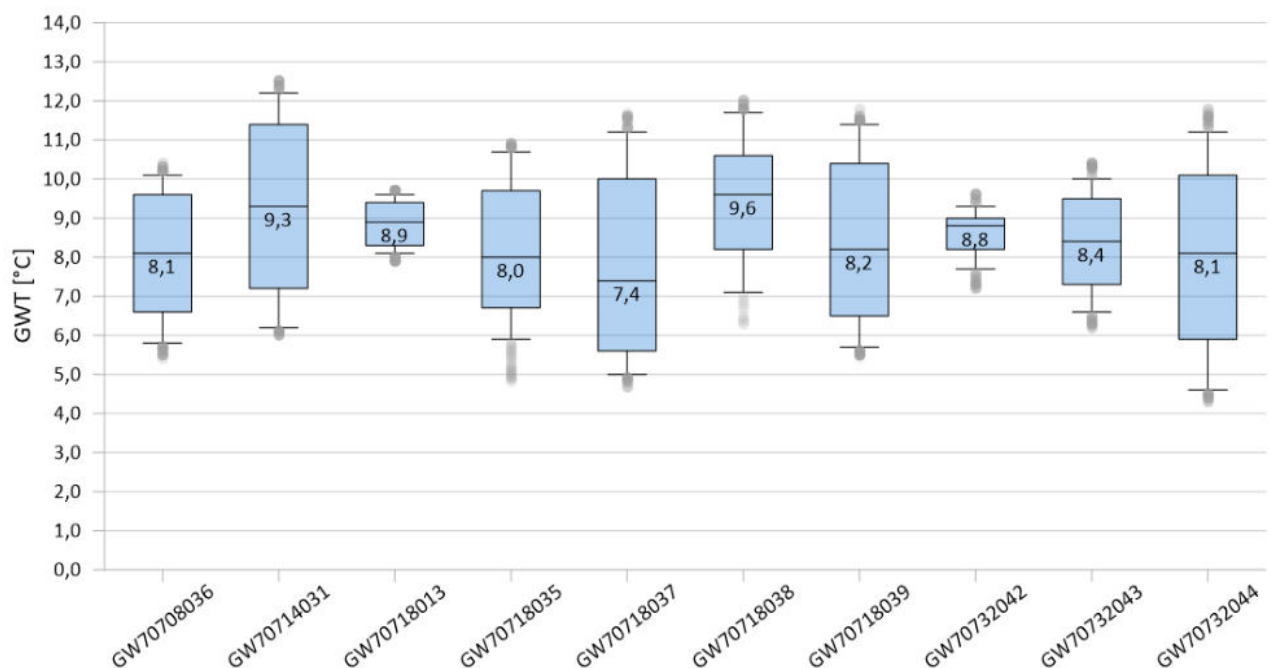


Abb. 153: Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden im Oberen Drautal

Die GWT-Niveaus sind auch hier trotz der ähnlichen Lage in Vorfluternähe und im siedlungstechnisch un bebauten Gebiet relativ unterschiedlich (7,4 °C bis 9,6 °C). Im Mittel beträgt die GWT hier 8,5 °C und liegt damit bei den meisten Messstellen deutlich unter der mittleren GWT von etwa 9,5 °C, die sich auf Basis der abgeleiteten Regressionsgerade für eine Seehöhe von 650 m ü. A. ergibt. Da alle Messstellen mehr oder weniger direkt am Vorfluter liegen, der auch in den vier zuletzt beschriebenen GWGs für niedrigere GWT-Niveaus sorgt, lässt sich diese Abweichung gut erklären. Allerdings stellt sich hier eine weitere Frage nach der Ursache der markanten Unterschiede bei den GWT-Niveaus. Zudem ist die Auswirkung der Datenlücken auf das mittlere GWT-Niveau nicht zu vernachlässigen.

Einschätzung:

Über die GWT im GWG Oberes Drautal liegen von einer Vielzahl an Sonden kontinuierliche Daten vor, die sich allerdings nahezu alle im unmittelbaren Nahbereich der Drau befinden und dementsprechend hinsichtlich Dynamik der GWT relativ ähnlich sind. Für weiter vom Vorfluter entfernte Messstellen sind die GWTs nur bedingt repräsentativ.

An vorfluternahen Sonden ist im Oberen Drautal eine mittlere GWT von etwa 8,5 °C zu erwarten, Schwankungsbreiten von bis zu $\pm 3,0$ K können auftreten. Bei größerem Vorfluterabstand dürften sich die Schwankungsbreiten auf $\pm 0,5$ bis 1,0 K verringern und die mittlere GWT sich dem über die Regressionsgerade ermittelten Wert von $9,5 \pm 1,0$ K (bei 650 m ü. A.) annähern.

Insgesamt ist das GWG Oberes Drautal von der mittleren GWT her für Grundwassernutzungen zu Heizzwecken geeignet. In unmittelbarer Vorfluternähe kann die GWT im Winter aber unter 5,0 °C sinken, weswegen für allfällige Planungen lokal eigene Erhebungen v.a. hinsichtlich der GWT im Winter/Frühjahr empfohlen werden.

6 ZUSAMMENFASSUNG UND INTERPRETATION

6.1 GWT – Niveau und Schwankungsbreite

Die in den Unterkapiteln 5.1.1 und 5.1.7 herausgearbeiteten statistischen Zusammenhänge von Geländehöhe mit mittlerer GWT sowie der Parameter Vorfluterentfernung und Messtiefe mit der Schwankungsbreite und Saisonalität wurden insbesondere im Kapitel 5.5 bei der Beschreibung der Grundwassergebiete Tirols zur Abschätzung der mittleren GWT sowie der Schwankungsbreite verwendet und ggf. mit den Ist-Werten verglichen. Bis auf gewisse Ausnahmen (näheres dazu in der Diskussion) kann die mittlere GWT – rein empirisch betrachtet – hinreichend gut mit der aus 5.1.1 resultierenden vereinfachten Regressionsgleichung abgebildet werden:

$$GWT_{mean} [^{\circ}C] = 12,8^{\circ}C - 0,005 \left[\frac{K}{m} \right] * Geländehöhe [m \text{ ü. A.}]$$

Unter Berücksichtigung der Unterschiede der mittleren GWT an einzelnen Standorten erscheint eine Bandbreite von ± 1 K repräsentativ.

Somit ergibt sich

$$GWT_{mean} [^{\circ}C] = 12,8^{\circ}C - 0,005 \left[\frac{K}{m} \right] * Geländehöhe [m \text{ ü. A.}] \pm 1 K$$

Um auch die mögliche Schwankungsbreite ΔGWT in diese empirische Gleichung mit einzubeziehen, wurden die Erkenntnisse aus den Betrachtungen zur Standardabweichung und allgemein zur Schwankungsbreite der GWT einerseits sowie den Detailbetrachtungen der GWT-Datenreihen im Rahmen der Untersuchungen zum Vorflutereinfluss und den GWGs andererseits zusammengeführt. Dabei wurde auch klar, dass zahlreiche Datenreihen kurzfristige Minima und Maxima der GWT aufweisen, welche auf starke Infiltration von Schmelz- und Niederschlagswässern im unmittelbaren Messstellenbereich hindeuten, die in der Regel nicht den Temperaturverlauf im Grundwasserkörper repräsentieren. Im Rahmen der GWG-Beschreibung wurde zwar als ΔGWT noch der Wert zwischen absoluten Minimum und Maximum der Zeitreihen auf Tagesmittelwertbasis angegeben, für eine Beschreibung der saisonalen Schwankungsbreite der GWT in den Grundwasserkörpern eignet sich dieser Wert jedoch aus den o.g. Gründen eher nicht.

Zur Annäherung an die durchschnittliche Schwankungsbreite bietet sich daher eher die Betrachtung der Differenz zwischen 95er- und 5er-Perzentile an, der zur Überprüfung vorerst mit $\Delta GWT = \pm 2,0$ K angesetzt wurde. Damit ergibt sich für jeden potenziellen Messstellenort $GWT = GWT_{mean} + \Delta GWT$, was einer absoluten Schwankungsbreite von 3,0 K um den auf Basis der Höhenlage ermittelten mehrjährigen Mittelwert gleichkommt.

Um diese Herangehensweise zu überprüfen, wurde für 207 Messstellen die mittlere GWT für die jeweilige Geländehöhe auf Basis der o. a. Regressionsgleichung kalkuliert. Diese Werte wurden mit den Ist-Werten der 204 Messstellen aus dem Referenzzeitraum verglichen. Zusätzlich wurden jeweils $GWT + 1$ K und $GWT - 1$ K berechnet und letztlich überprüft, ob die Mittelwerte innerhalb dieses Intervalls liegen. Das ist bei 148 von 204 Sonden der Fall, also bei 73 %. Bei den 56 Messstellen, die außerhalb des Intervalls liegen, wurde nachfolgend überprüft, welche Ursache dies haben könnte. Dabei wurde, um die Betrachtung möglichst einfach zu halten, letztlich in drei Fälle

unterschieden: AHI (Anthropogenic Heat Index), hoher Vorflutereinfluss und Sonstige. Diese wurden zunächst grob automatisiert klassifiziert und nachfolgend individuell überprüft. Als AHI wurde dabei eingeordnet, wenn die tatsächliche GWT mehr als 1,0 K über der kalkulierten liegt. Für den Vorflutereinfluss, der in der Regel zu niedrigen GWTs führt, die sich eher der mittleren GWT des Vorfluters annähern und daher auch durch höhere Schwankungsbreite charakterisiert sind, wurde in erster Annäherung $\Delta GWT > 5,0$ K und Vorfluterabstand < 100 m angenommen und nachfolgend verfeinert. Bei den als AHI klassifizierten Werten wurde auch der Standort überprüft. War wie im Ötztal oder in Galtür ein anthropogener Einfluss nicht ersichtlich, wurde der Status auf „Sonstige“ geändert. Nach Abschluss der Klassifizierung lassen sich von den 56 abweichenden Messstellen 17 als „AHI“ und 19 als „vorfluterbeeinflusst“ klassifizieren. 20 fallen in die Klasse „Sonstige“.

Dieser Vergleich von berechneter GWT, gemessener GWT, Bandbreite einschließlich Klassifizierung wurde in Abb. 154 zusammenfassend dargestellt. Zusätzlich wurde die Abbildung noch um die berechnete mittlere Schwankungsbreite ΔGWT von $\pm 2,0$ K ergänzt sowie P95 und P5 sämtlicher Messstellen geplottet, die gleichsam klassifiziert wurden. Der Einfachheit halber und aufgrund von teils schwieriger Abgrenzbarkeit wurde die Klassifizierung in „None“ (= unauffällig), „AHI“ (Anthropogenic Heat Index) und „VoFl/Son“ vorgenommen, „Vorflutereinfluss“ und „sonstige“ wurden folglich zusammengefasst. Bei 144 von 204 Messstellen liegt die Gesamt-Schwankungsbreite innerhalb $\pm 3,0$ K um den errechneten Mittelwert. Die Ausreißer sind hier weitestgehend die, die auch beim Mittelwert abweichen.

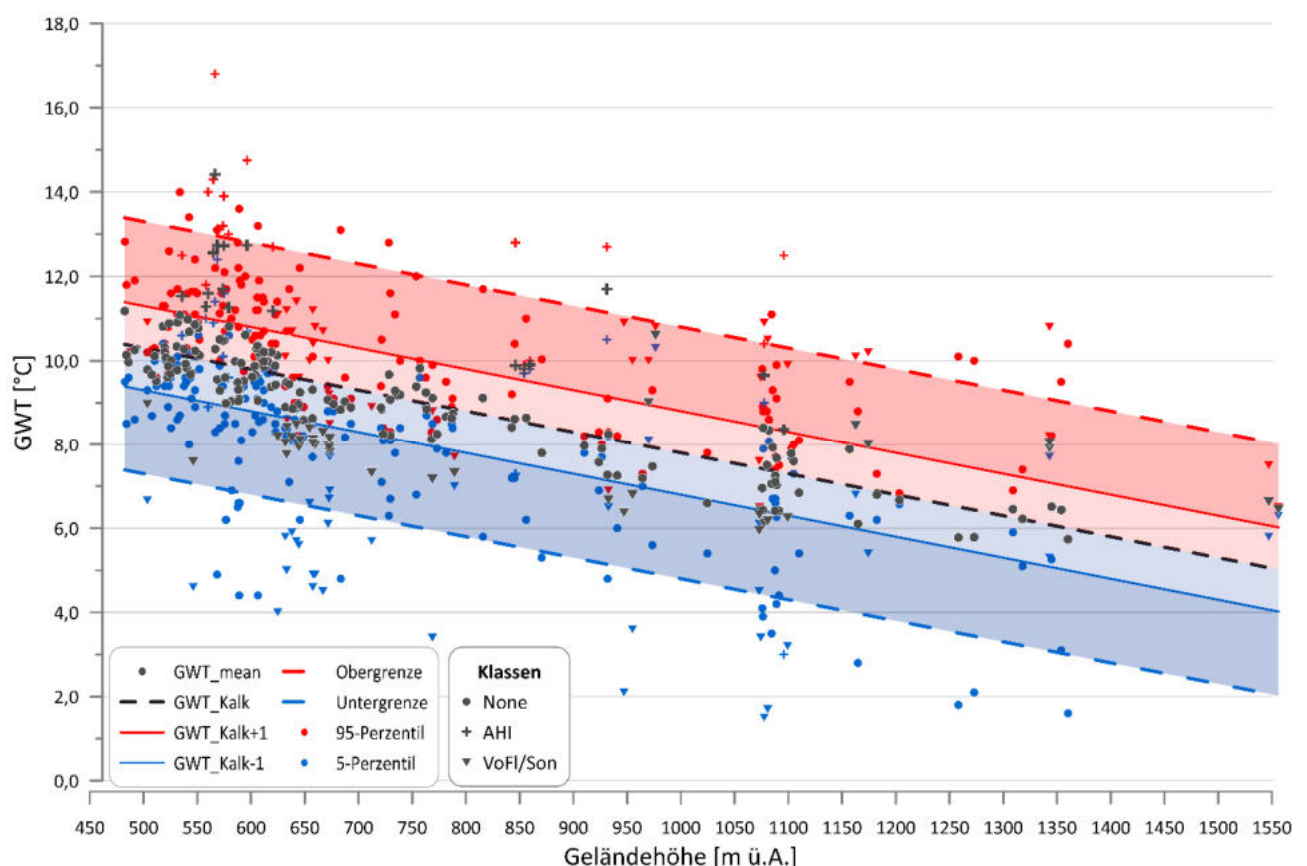


Abb. 154: Zusammenfassende Gegenüberstellung von GWT_mean, P5 und P95 aller Datenpunkte sowie von GWT_kalk einschließlich Bandbreite ($\pm 1,0$ K) und Schwankungsbreite ($\pm 2,0$ K)

6.2 Saisonalitäten

In Anbetracht der zahlreichen Temperatur-Ganglinien, die im ggst. Bericht angeführt und beschrieben wurden, kann festgehalten werden, dass die Zeitpunkte der Temperaturmaxima wie -minima eines Großteils der GWT-Messstellen signifikant gegenüber den Minima und Maxima der Luft- wie Wassertemperatur verschoben sind. So treten selbst bei Messstellen, die eine hohe Schwankungsbreite aufweisen und in unmittelbarer Nähe zum Vorfluter errichtet wurden sowie ggf. geringe Messtiefe aufweisen, Phasenverschiebungen um einige Wochen und Monate auf. In der Regel beträgt dieser Versatz zu den Minima der LT und WT, die i.d.R. im Dezember/Januar auftreten, bei Messstellen mit ausgeprägter Saisonalität 1-3 Monate, Minima der GWT treten dort im März/April auf. Messstellen mit einem gedämpfteren Jahresgang, welche in der Regel etwas weiter vom Vorfluter entfernt liegen und/oder in denen die GWT in höherer Tiefe gemessen wird, weisen oftmals eine stärkere Phasenverschiebung von 4 bis 6 Monaten auf, Minima treten im Sommer und Maxima im Dezember/Januar auf, der Temperaturverlauf ist demzufolge gegenläufig, was positiv für mögliche Wärmenutzungen ist.

Einige zeigen doppelte Minima und Maxima, einige gar keine, andere weisen einen noch höheren Shift auf.

6.3 Messtiefe und Vorflutereinfluss

Wie bereits in den vorhergehenden Unterkapiteln erwähnt, spielt bei der Saisonalität und auch dem GWT-Niveau der Vorflutereinfluss in vielen Fällen eine entscheidende Rolle. Wie anhand der Tiefenprofile in Unterkap. 5.3 zu ersehen ist, kann auch die Messtiefe einen entscheidenden Einfluss nicht nur auf die Schwankungsbreite und Saisonalität, sondern auch auf das GWT-Niveau aufweisen.

Hinsichtlich der Vorflutereinflusses auf die Schwankungsbreite und das GWT-Niveau ist das Beispiel Innsbruck (siehe 5.4.2 und 5.5.11) besonders geeignet. Hier zeigt sich die größte Bandbreite an Schwankungen, Phasenverschiebungen und GWT-Niveaus in einem einzigen Gebiet. Teils durch anthropogenen Einfluss stark angehobene GWT wechselt sich mit Messstellen ab, deren mittlere GWT deutlich unter den Mittelwerten unbeeinflusster Sonden sowie der berechneten GWT liegt. Diese liegen weitestgehend direkt am Vorfluter und zeigen eine geringere Phasenverschiebung. Beim Vergleich der GWT mit der WT des Inns, welche im Referenzzeitraum im Mittel bei etwa 8,0 °C liegt, fällt bei diesen Messstellen auf, dass ihr GWT-Mittelwert sich dem des Vorfluters annähert.

In zahlreichen anderen Gebieten, insbesondere auch in Osttirol, im Großachengebiet und im Lechtal, war diese Tendenz erkennbar: Die Messstellen nahe der Vorfluter weisen einerseits i.d.R. eine relativ hohe Schwankungsbreite auf und besitzen andererseits häufig ein teils deutlich niedrigeres GWT-Niveau (um bis mehr als 1,0 K geringer). Mit zunehmendem Abstand zum Vorfluter passt sich die GWT wieder der „Hintergrundtemperatur“ des Grundwasserkörpers an.

6.4 Trends – Klimawandel

Eine Vielzahl der Messstellen zeigt einen Anstieg der mittleren GWT an, teils auch bei den lediglich drei Jahre währenden Datenreihen. Für die Herausarbeitung langfristiger Trends eignen sich diese Datenreihen nicht, was aber auch nicht Hauptgegenstand der Untersuchung war. Im Zusammenhang mit den längsten angefragten Datenreihen wurde im Kapitel 5.2 dennoch auf Trends eingegangen.

Dabei konnte ebenfalls ein deutlicher Anstieg der Mittelwerte auf Tagesmittelbasis von etwa 0,06 K/Jahr festgestellt werden. Die Datenreihen ließen allerdings den Verdacht aufkommen, es könnte sich um einen möglichen Climate-Regime-Shift handeln (siehe Kapitel 3), der sich zwischen 2011 und 2013 durch nachher deutlich höhere Jahresmittelwerte zeigt. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurde das CRS Detection Tool (RODIONOV, 2004) auf sechs durchgängige Datenreihen im Zeitraum 2003 bis 2018 angewendet. Die verwendeten Messstellen sind GW70335017, GW70514034, GW70520103, GW70716067, GW70801003, GW70905013.

Bei einem Significance Level von 0.15, einer Cut-Off-Length von 10 Jahren und einem Huber Weight Parameter von 1 (gemäß BENZ ET AL., 2018) ergibt sich in den Jahren ab 2010 bis 2013 ein deutlich erhöhter Regime-Shift-Index (Abb. 155). Das deutet auf die Möglichkeit hin, dass sich in den Zeitreihen der ausgewählten Messstellen tatsächlich die Auswirkungen eines Climate-Regime-Shifts widerspiegeln. Werden statt den Monatswerten die Jahresmittelwerte verwendet und die CRS Detection analog durchgeführt, enthält man den höchsten Regime-Shift-Index im Jahr 2010 (Abb. 156).

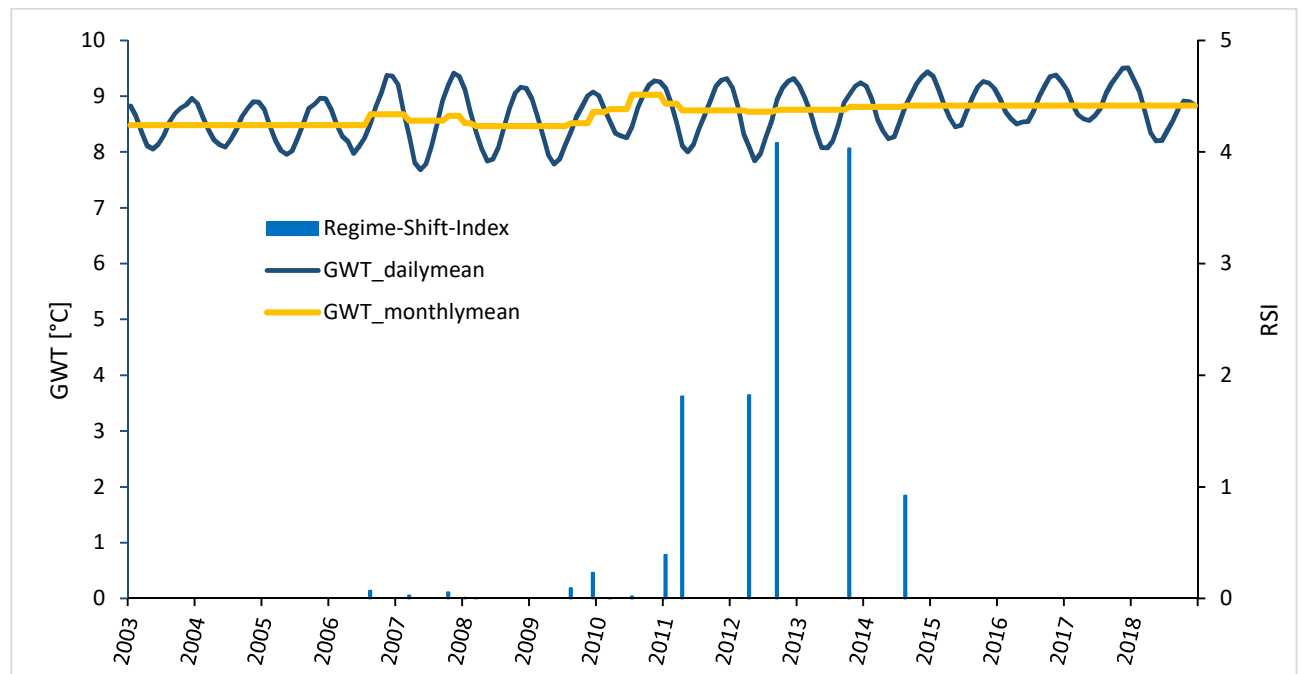


Abb. 155: Tages- und Monatsmittelwerte der GWT und Regime-Shift-Index (RSI)

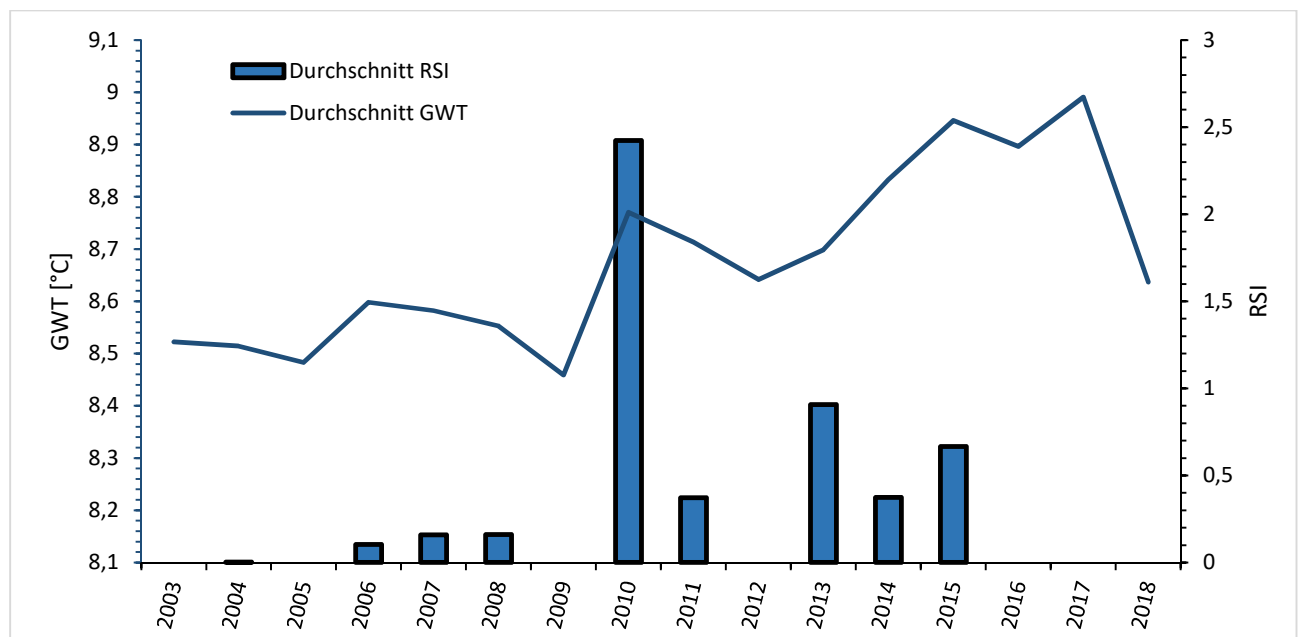


Abb. 156: Jahresmittelwerte der GWT und Regime-Shift-Index (RSI)

6.5 Anthropogener Einfluss - AHI

Wie bereits in 6.1 beschrieben, konnten bei 17 von 207 herangezogenen Messstellen Temperaturniveaus deutlich über der natürlichen mittleren GWT festgestellt werden, die auf anthropogenen Einfluss und Subsurface Urban Heat Islands (SUHI) hinweisen (siehe auch Abb. 154). Diese befinden sich in der Regel im Bereich von dichter besiedelten Gebieten und Gewerbegebieten. Im Mittel liegt der AHI dieser Messstellen 2 K über den auf Basis der Höhenlage berechneten Mittelwerten. Der Maximale AHI von fast 4,5 K wird an der Messstelle GW70346038 in Rum erreicht.

6.6 Temperaturprofile

Ein weiterer Schwerpunkt wurde in Abstimmung mit dem AG auf die vorhandenen Temperatur-Tiefenprofile gelegt. Das hatte vor allem den Grund, die Bedeutung der Messtiefe für die Zeitreihen und Temperaturniveaus besser zu verstehen und darüber hinaus auch zu illustrieren. Die im Rahmen des Unterkapitels 5.3 untersuchten Tiefenprofile, die teils aus Stichtagsmessungen und teils aus kontinuierlichen Messungen in verschiedenen Tiefenstufen stammen, zeigen klar an, wie wichtig die Messtiefe nicht nur für die Schwankungsbreite, sondern auch für das Niveau der Grundwassertemperatur ist bzw. sein kann. So zeigt sich z. B. in den Abb. 22 und Abb. 26 klar, dass die mittlere GWT je nach Messtiefe um mehr als 2,0 K innerhalb einer Messstelle abweichen kann. Es lässt sich folglich auch innerhalb von Messstellen ein AHI detektieren. Bei der Interpretation von GWT-Daten sollte daher immer die Messtiefe mitberücksichtigt werden.

7 DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Eignung der Grundwassergebiete nach Hydrologischem Atlas

Die im gegenständlichen Projekt als Bezugsrahmen verwendeten Grundwassergebiete aus dem hydrologischen Atlas von Österreich nehmen in den meisten Fällen keine Rücksicht darauf, ob in den ausgewiesenen Gebieten auch tatsächlich Porengrundwässer vorhanden sind. Ebenso sind zahlreiche Gebiete, in welchen es bekanntermaßen zusammenhängende Grundwasserkörper gibt (z.B. TB Schusterwinkl – Breitenbach, Antoniusbrunnen – Bad Häring, TB Ruifach – Axams), überhaupt nicht vorhanden.

Bedeutung von Messtiefe, Messstellenausbau und Hydrogeologie

Der Messtiefe der GWT und damit auch dem Messstellenausbau kommt bei der Interpretation der Datenreihen eine besondere Bedeutung zu. Optimal wären GWT-Messungen – sofern es die Grundwasserstände zulassen – in einer einheitlichen Messtiefe. Eine Messtiefe von 10,0 m erscheint günstig. Ebenso spielt es eine Rolle, wie stark die Konvektion innerhalb der Messstelle ausgeprägt ist. Teils wird sich an LEDITZKY (1986) orientiert und 2“-Rohre für den Messstellenausbau verwendet. Für die GWT-Tiefenprofile z. B. wurde alle hier verwendeten Messstellen in diesem Durchmesser ausgebaut und zudem nur der unterste halbe Meter mit einem Filterrohr versehen. Darüber hinaus wäre es zur umfassenderen Interpretation und für ein erhöhtes Detailverständnis wichtig, die Bohrprofile an den Standorten zu berücksichtigen sowie die Beschreibungen der Grundwassergebiete Tirols um die hydrogeologischen Rahmenbedingungen zu ergänzen und zu erweitern.

Abschätzung der GWT – Eignung der Regressionsgleichung, Anomalien/Einschränkungen

Die abgeleitete Regressionsgerade eignet sich im Wesentlichen, um die mittleren Grundwassertemperaturen sowie die zu erwartenden Schwankungsbreiten annäherungsweise abzubilden. Es sind damit Einschränkungen verbunden, die sich aus der Regressionsgerade ergeben. Neben dem Anthropogenic Heat Index, der dabei nicht berücksichtigt werden kann, waren diese Einschränkungen meist in bestimmten Grundwassergebieten besonders auffällig. Einerseits gibt es natürlich das Prutzer Becken, das bekanntlich um mehrere Grad Celsius überhöhte GWT aufweist und einen hochmineralisierten Grundwassersee beherbergt, ohne dass hier ein AHI/SUHI plausibel wäre. Aber auch das Ötztal (siehe Kap. 5.5.9) zeigt eine positive Anomalie, indem die GWT in fast allen Höhenstufen von Sölden bis Ötz ein ähnliches Niveau zeigt, welches sich nicht plausibel auf anthropogene Ursachen zurückführen lässt. Hier könnte es sich um einen erhöhten geothermischen Gradienten handeln und ggf. den Aufstieg wärmerer Wässer, möglicherweise auch in Zusammenhang mit den in Längenfeld genutzten Thermalwässern.

Überdies kann in Regionen (bzw. Messstellen), in welchen auch die Schwankungsbreiten der GWT höher sind und die von einem erhöhten Austausch von Vorfluter und Grundwasser charakterisiert sind (u.a. mangels Verbauung), häufig eine negative GWT-Anomalie festgestellt werden. Das betrifft insbesondere Messstellen in Osttirol sowie auch an der Großache. Diese Gebiete sind von – im Vergleich zum Inntal – niedrigen mittleren Wassertemperaturen (insb. Drau in Sillian) und/oder Lufttemperaturen charakterisiert (besonders St. Johann und Kössen). Eine entsprechende Gegenüberstellung findet sich in Tab. 1. Je nach Messort, -tiefe, Vorfluterabstand, Grundwasserkörper etc. kommt es dadurch natürlich auch zu Abweichungen von der Berechnung.

Möglichkeit der Einschätzung - Datengrundlagen

Allgemein basiert die Regressionsgerade auf einem Scatter-Plot, der auch alle Ausreißer beinhaltet, also alle positiven (u.a. durch AHI) wie negativen (durch u.a. Vorflutereinfluss) GWT-Anomalien. Das könnte zu einer gewissen Verzerrung führen, wenngleich sich die positiven wie negativen Abweichungen nahezu ausgleichen. Möglicherweise lässt sich die Gleichung zur Berechnung der mittleren GWT derart erweitern, dass u.a. Vorflutereinfluss und AHI als „Module“ eine Berücksichtigung finden. Das bestehende Höhenmodul könnte beispielsweise um ein Vorflutermodul, ein AHI-Modul und ein Geothermie-Modul ergänzt werden. Selbiges könnte zur genaueren Abschätzung der Schwankungsbreite durchgeführt, wobei hier auch ein Messtiefe-Modul notwendig wäre. Optimal wäre natürlich die rasterbasierte Berechnung der mittleren GWT an jedem Ort auf Basis eines physikalisch basierten Modells, wie es BENZ ET AL. (2017) global probiert haben. Das scheitert derzeit aber bereits an den nicht in entsprechender Auflösung und Genauigkeit vorhandenen Inputdaten.

Vorflutereinfluss und Saisonalität – Hyporheische Zone

Im Zusammenhang mit dem Vorflutereinfluss ist natürlich die Frage entscheidend, ob, wie und in welchem Ausmaß Vorfluter und Grundwasser interagieren. Dabei war im Rahmen der gegenständlichen Analysen auffällig, dass der Grundwasserstand meist ausgesprochen gut mit dem Pegelstand am Vorfluter korrespondiert, sowohl beim Zeitpunkt als auch der Amplitude. Bei der GWT hingegen kommt es auch nah am Vorfluter oftmals zu einem mehrwöchigen bis -monatigen saisonalen Shift, d.h. die Minima (und Maxima) der GWT treten zeitverzögert nach den Minima und Maxima der WT und LT auf. Der Grundwasserstand reagiert also fast unmittelbar, die GWT teils stark verzögert. Oft erreicht die GWT das Minimum im Frühjahr bei Pegelanstieg infolge von Schneeschmelze oder insbesondere im Frühsommer bei maximalen Wasserständen. Allerdings weist zu diesen Zeitpunkten die Wassertemperatur des Vorfluters bereits meist höhere Niveaus auf als die GWT, es kann also zu dem Zeitpunkt kein neues weniger warmes Wasser aus dem Vorfluter infiltrieren. Das relativ kalte Wasser, was dann zu den Messstellen gelangt, muss also a) erst dann stark verzögert ankommen, was bei teils geringen Abständen zum Vorfluter eine sehr niedrige Fließgeschwindigkeit bedeuten würde, oder b) erst in der (erweiterten) hyporheischen Zone verweilen und dann beim Anstieg des Wasserstandes im Vorfluter sozusagen „aktiviert“ werden und zur Messstelle strömen. Jedenfalls kann auch durch Grundwasserentnahmen nahe dem Vorfluter der hydraulische Gradient erhöht und damit die verstärkte Infiltration von Wasser aus dem Vorfluter begünstigt werden, was zu verstärkter Abkühlung des Grundwassers im Winter/Frühjahr führen kann.

Allgemein sind diese auch saisonalen Austauschprozesse zwischen Grundwasser und Vorfluter (auch hinsichtlich Influenz – Effluenz) ein komplexes Themengebiet, zu dessen Verständnis die weiterführende Analyse der Grundwassertemperaturen und deren Dynamik einen wichtigen Beitrag leisten kann.

Bedeutung für thermische Grundwassernutzungen

Im Hinblick auf die thermische Nutzung von Grundwasser kann festgehalten werden, dass es auch in Höhenlagen von über 1.200 m ü. A. durchaus möglich erscheint, Wärmepumpen effizient zu betreiben. Diese müssen allerdings auf niedrigere Spreizungen im Bereich von 1,0 bis 1,5 K ausgelegt werden. Allerdings kann es aufgrund der saisonalen Schwankungen insbesondere in

Vorfluternähe und bei zu oberflächennahen Entnahmen des Wassers im Winter und Frühjahr zum Absinken der GWT unter 5,0 °C kommen, womit die zulässige Rückgabetemperatur unterschritten wird und keine Wärme mehr entzogen werden darf/kann. Das kann aber nicht nur in Höhenlagen jenseits der angeführten 1.200 m ü. A. zu Schwierigkeiten führen, sondern auch in Innsbruck oder gar Kufstein. Bei Entnahmetiefen < 10 m ist jedenfalls mit einer Schwankungsbreite von $\pm 1,0\text{--}2,0$ K zu rechnen, bei relativer Vorfluternähe (z. B. am Inn 30-100 m) $\pm 2,0\text{--}3,0$ K. Ob und wie stark der Vorfluter mit dem Grundwasser interagiert und wann Minima der GWT auftreten können, ist von einer Vielzahl an Standortbedingungen abhängig, so auch der Sohl- und Uferdynamik etc. Daher ist eine Detailbetrachtung jedenfalls notwendig und bei Planungen sollte insbesondere die Vorflutertemperatur und deren Einfluss genauer betrachtet werden.

Implementierung im Tiris

Um einen Teil der Projektergebnisse in das Tiroler Rauminformationssystem einzubinden, wurden im ArcGIS Layer erzeugt, welche einerseits die primär auf Basis der GWT in „geeignet“, „bedingt geeignet“ und „nicht geeignet“ klassifizierten Grundwassergebiete enthält, andererseits auch die Ist-Daten aller verwendeten Messstellen aus dem Referenzzeitraum enthalten. Diese wurden mit den einzelnen Kurzbeschreibungen der Ist-Daten der Grundwassergebiete verknüpft, um die Layer-Informationen um die entsprechenden Beschreibungen zu ergänzen. Dieser Datenstand ist freilich nur eine Momentaufnahme, eine Aktualisierung des Datenstandes auch um hinzukommende Messstellen erscheint mit einem gewissen zeitlichen Abstand notwendig, um u.a. den Dynamiken der GWT-Trends Rechnung zu tragen.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- BENZ, S. A., BAYER, P., MENBERG, K., JUNG, S. & BLUM, P. (2015): *Spatial resolution of anthropogenic heat fluxes into urban aquifers. Science of the Total Environment*, 524-525, 427-439.
- BENZ, S. A., BAYER, P., GOETTSCHKE, F. M., OLESEN, F. S. & BLUM, P. (2016): *Linking Surface Urban Heat Islands with Groundwater Temperatures. Environmental Science & Technology*, 50, 70-78.
- BENZ, S. A., BAYER, P. & BLUM, P. (2017a): *Global patterns of shallow groundwater temperatures. Environmental Research Letters*, 12 (2017), 1-8.
- BENZ, S. A., BAYER, P. & BLUM, P. (2017b): *Identifying anthropogenic anomalies in air, surface and groundwater temperatures in Germany. Science of the Total Environment*, 584-585 (2017), 145-153.
- BENZ, S. A., BAYER, P., WINKLER, G. & BLUM, P. (2018): *Recent trends of groundwater temperatures in Austria. Hydrology and Earth System Sciences*, 2017, 1-16.
- BUNDSCHUH, J. (1993): *Modeling annual variations of spring and groundwater temperatures associated with shallow aquifer systems. Journal of Hydrology*, 142, 427-444.
- BURNS, E., ZHU, Y., ZHAN, H., MANGA, M., WILLIAMS, C., INGEBRITSEN, S. & DUNHAM, J. (2016): *Thermal effect of climate change on groundwater-fed ecosystems. Water Resources Research*, 10.1002/2016, 3341-3351.
- CONSTANTZ, J. (1998): *Interaction between stream temperature, streamflow, and groundwater exchanges in alpine streams. Water Resources Research*, 34(7), 1609-1615.
- CONSTANTZ, J. (2008): *Heat as a tracer to determine streambed water exchanges. Water Resources Research*, 44, 1-20.
- CONSTANTZ, J., STEWART, A. E., NISWONGER, R. & SARMA, L. (2002): *Analysis of temperature profiles for investigating stream losses beneath ephemeral channels. Water Resources Research*, 38 (12), 52-1 - 52-13.
- EBENBICHLER, R., HERTL, A., STREICHER, W., FISCHER, D., RICHTFELD, C., MAILER, M., ANTON, I., HOFMANN, A. & PÖHAM, C. (2018): *Ressourcen- und Technologieinsatz-Szenarien Tirol 2050. Endbericht.* , , 220.
- GRISCHEK, T. & BARTAK, R. (2016): *Riverbed Clogging and Sustainability of Riverbank Filtration. Water*, 8, 1-12.
- HATCH, C. E., FISHER, A. T., REVENAUGH, J. S., CONSTANTZ, J. & RUEHL, C. (2006): *Quantifying surface water- groundwater interactions using time series analysis of streambed thermal records: Method development. Water Resources Research*, 42, 1-14.
- KAPPELMEYER, O., & HAENEL, R. (1974): *Geothermics with Special References to Application, Geoexploration Monographs*, 1 ed G Associates (Berlin Stuttgart: Gebrüder Borntraeger), 1974
- LEDITZKY, H. (1986): *Vergleichende Grundwassertemperatur-Profilmessungen in der Steiermark.* , , 44-62.

- MENBERG, K., BAYER, P., ZOSEDER, K., RUMOHR, S. & BLUM, P. (2013): *Subsurface urban heat islands in German cities. Science of the Total Environment*, 442, 123-133.
- MENBERG, K. (2014): *Anthropogenic and natural alterations of shallow groundwater temperatures.*, , 135.
- MENBERG, K., BLUM, P., KURYLYK, B. & BAYER, P. (2014): *Observed groundwater temperature response to recent climate change. Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 4453-4466.
- MOLINA-GIRALDO, N., BAYER, P., BLUM, PHILIPP, & CIRPKA, O.A. (2011): *Propagation of Seasonal Temperature Signals into an Aquifer upon Bank Infiltration. Ground Water*, 49 (4), 491-02.
- RODIONOV, S. N. (2004): *A sequential algorithm for testing climatic regime shifts. Geophysical Research Letters*, 31, 1-4.
- ROLLAND, C. (2002): *Satial and Seasonal Variations of Air Tmperature Lapse Rates in Alpine Regions. Journal of Climate*, 15, 1-16.
- STONESTROM, D. A. & CONSTANTZ, J. (2003): *Heat as a Tool fpr Studying the Movement of Ground Water Near Streams.* , , 105.
- STONESTROM, D. A. & CONSTANTZ, J. (2004): *Using Temperature to Study Stream-Ground Water Exchanges.* , , 4.
- TAYLOR, C. A. & STEFAN, H.G. (2009): *Shallow groundwater temperature response to climate change and urbanization. Journal of Hydrology*, 375, 601-612.
- THALHEIM, F., SPRENGER, S., MOSTLER, W. (2018): *Grundwasserschichtenplan Pilotgebiet Vorderes Zillertal (Strass-Fügen). Unveröffentlichter Endbericht. 239 S., Land Tirol, Abteilung Wasserwirtschaft, Innsbruck*
- THALHEIM, F. (2020): *Sicherung strategischer Wasserressourcen Tirols – Vorerhebungen. Unveröffentlichter Endbericht. 97 S., Land Tirol, Abteilung Wasserwirtschaft, Innsbruck*
- TISSSEN, C., BENZ, S., MENBERG, K., BAYER, P. & BLUM, P. (2019): *Groundwater temperature anomalies in central Europe. Environ. Res. Lett.*, 14(2019), 1-10.
- UBA (2011): *Trends der Grundwassertenmperatur. Untersuchungen von Daten der Überwachung des Gewässerzustands in Österreich . , , 28.*
- WOESSNER, W. W. (2000): *Stream and Fluvial Plain Ground Water Interactions: Rescaling Hydrogeologic Thought. Ground Water*, 38 (3), 423-429.
- WOLKERSDORFER, C. & MUGOVA, E. (2020): *Temporäre Entwicklung der Dichteschichtung in einem gefluteten Bergwerksschacht eines Gold-Kleinbergwerks in Biberwier/Tirol. Tagungsband 22. Geoforum Umhausen, 22, 97-102.*

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: GWT-Datenreihe der Messstelle GW70339060 mit einer StAbw von 0,22 K	12
Abb. 2: GWT-Datenreihe der Messstelle GW70101B23/1 mit einer StAbw von 1,06 K	12
Abb. 3: GWT-Datenreihe der Messstelle GW70718039 mit einer StAbw von 2,04 K	13
Abb. 4: GWT-Datenreihe der Messstelle GW70342001 mit einer StAbw von 2,95 K	13
Abb. 5: Häufigkeitsverteilung der mittleren GWT der Zeitreihen in 9 Klassen	19
Abb. 6: Häufigkeitsverteilung der StAbw der Zeitreihen in 6 Klassen	20
Abb. 7: Abhängigkeit der mittleren Grundwassertemperatur von der Geländehöhe	21
Abb. 8: Minimale, mittlere und maximale GWT vs. Geländehöhe	22
Abb. 9: Verteilung der Messtiefen auf 9 Klassen	22
Abb. 10: Standardabweichung der GWT in Abhängigkeit von der Messtiefe	23
Abb. 11: Standardabweichung der Grundwassertemperatur gegenüber der mittleren Eintauchtiefe	25
Abb. 12: Verteilung der Vorfluterabstände in 15 Klassen	26
Abb. 13: Standardabweichung der mittleren GWT gegenüber der Entfernung zum Vorfluter	26
Abb. 14: StAbw vs. Vorfluterentfernung klassifiziert nach der Messtiefe	27
Abb. 15: Eintauchtiefe und Messtiefe klassifiziert nach Standardabweichung	28
Abb. 16: Trendanalyse der Temperatur für den Zeitraum 01.11.2003 bis 31.10.2018	29
Abb. 17: Verlauf der GWTs der Messstelle GW70936035 in Vomp von 2011 bis 2019	30
Abb. 18: Box-Whisker-Plots der Messstelle GW70936035 in Vomp in Messtiefen von 4 m bis 16 m	31
Abb. 19: Verlauf der GWTs der Sonde GW70346034 von 2013 bis 2020	32
Abb. 20: Box-Whisker-Plots der Messstelle GW70346034 in Messtiefen von 7 m bis 24 m	33
Abb. 21: Übersichtskarte der Temperaturprofil-Messstellen	34
Abb. 22: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Telfs Blt 17 (Datenquelle: HD Tirol)	35
Abb. 23: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Polling Blt 4 (Datenquelle: HD Tirol)	36
Abb. 24: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Hötting Blt 4 (Datenquelle: HD Tirol)	37
Abb. 25: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Pradl Blt 22 (Datenquelle: HD Tirol)	38
Abb. 26: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Rum Blt 3 (Datenquelle: HD Tirol)	39
Abb. 27: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Vomp Blt 1 (Datenquelle: HD Tirol)	40
Abb. 28: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Strass Blt 8 (Datenquelle: HD Tirol)	41
Abb. 29: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Fügen Blt 3 (Datenquelle: HD Tirol)	42
Abb. 30: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle St. Johann Blt 2 (Datenquelle: HD Tirol)	43
Abb. 31: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Kössen Blt 8 (Datenquelle: HD Tirol)	44
Abb. 32: monatliche Temperaturprofile des Jahres 1999 der Messstelle Reutte Blt 16 (Datenquelle: HD Tirol)	45
Abb. 33: Vergleich der WT an verschiedenen Inn-Pegeln (Datenquelle: HD Tirol)	46
Abb. 34: Übersichtskarte von den Grundwassersonden, Niederschlagsmessstelle und Pegel in Landeck	48
Abb. 35: Datenreihen der Messstellen im Bereich Landeck (Datenquelle: HD Tirol)	49
Abb. 36: Übersichtskarte von den Grundwassersonden, Niederschlagsmessstelle und Pegel in Innsbruck	50
Abb. 37: Datenreihen der Messstellen im Bereich Innsbruck (Datenquelle: HD Tirol)	51
Abb. 38: Übersichtskarte von den Grundwassersonden, Niederschlagsmessstelle und Pegel in Jenbach	52
Abb. 39: Datenreihen der Messstellen im Bereich Jenbach (Datenquelle: HD Tirol)	53
Abb. 40: Übersichtskarte der relevanten Messstellen im Gebiet St. Johann	54
Abb. 41: Datenreihen der Messstellen im Gebiet St. Johann (Datenquelle: HD Tirol)	54
Abb. 42: Übersichtskarte der relevanten Messstellen im Gebiet Kössen	56

Abb. 43: Datenreihen der Messstellen im Bereich Kössen (Datenquelle: HD Tirol).....	57
Abb. 44: Übersichtskarte von den Grundwassersonden, Niederschlagsmessstelle und Pegel in Sillian	58
Abb. 45: Datenreihen der Messstellen im Bereich Sillian (Datenquelle: HD Tirol)	59
Abb. 46: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Tannheimertal	62
Abb. 47: Datenreihen der Messstelle GW70832010 im Tannheimer Tal (Datenquelle: HD Tirol).....	62
Abb. 48: Box-Whisker-Plot der Datenreihe (Datenquelle: HD Tirol).....	63
Abb. 49: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unteren Vilstal	65
Abb. 50: Datenreihen der Messstelle GW70833004 im Unteren Vilstal (Datenquelle: HD Tirol).....	66
Abb. 51: Box-Whisker-Diagramm der Messstelle (Datenquelle: HD Tirol).....	66
Abb. 52: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Unteres Lechtal.....	68
Abb. 53: Datenreihen der Messstellen im Unteren Lechtal (Datenquelle: HD Tirol)	69
Abb. 54: Box-Whisker-Plots der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)	69
Abb. 55: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Ehrwalder Becken	71
Abb. 56: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Leutascher Becken	72
Abb. 57: Datenreihen der Messstellen im Leutascher Becken (Datenquelle: HD Tirol).....	73
Abb. 58: Box-Whisker-Plots der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)	73
Abb. 59: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Scharnitzer Becken.....	75
Abb. 60: Datenreihe der Messstelle im Scharnitzer Becken (Datenquelle: HD Tirol)	76
Abb. 61: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde (Datenquelle: HD Tirol).....	76
Abb. 62: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Seefelder Becken.....	78
Abb. 63: Datenreihe der Messstelle im Seefelder Becken (Datenquelle: HD Tirol).....	79
Abb. 64: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde (Datenquelle: HD Tirol).....	79
Abb. 65: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Gurgltal.....	81
Abb. 66: Datenreihen der Messstellen im Gurgltal (Datenquelle: HD Tirol).....	82
Abb. 67: Box-Whisker-Plots der Datenreihen (Datenquelle: HD Tirol)	82
Abb. 68: Übersichtskarte des Grundwassergebiets im hinteren Ötztal.....	84
Abb. 69: Übersichtskarte des Grundwasserkörpers im vorderen Ötztal	84
Abb. 70: Vertrauensbereich-Darstellung der Zeitreihen im GWG Ötztal (Datenquelle: HD Tirol, TIWAG).....	86
Abb. 71: Box-Whisker-Plots der Datenreihen (Datenquelle: HD Tirol, TIWAG).....	86
Abb. 72: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im westlichen Oberinntal.....	88
Abb. 73: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im mittleren Oberinntal	88
Abb. 74: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im östlichen Oberinntal.....	89
Abb. 75: Vertrauensbereich-Darstellung der ausgewählten Zeitreihen im GWG Oberinntal (Datenquelle: HD Tirol).....	91
Abb. 76: Box-Whisker-Plots der Datenreihen (Datenquelle: HD Tirol)	91
Abb. 77: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unterinntal im Bereich Kematen bis Hall.....	93
Abb. 78: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unterinntal im Bereich von Hall bis Vomp	93
Abb. 79: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unterinntal im Bereich von Schwaz bis Münster	94
Abb. 80: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unterinntal im Bereich von Münster bis Wörgl	94
Abb. 81: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unterinntal im Bereich von Kirchbichl bis Kufstein	95
Abb. 82: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Unterinntal im Bereich von Kufstein bis Erl.....	95
Abb. 83: Vertrauensbereich-Darstellung der ausgewählten Zeitreihen im GWG Oberinntal (Datenquelle: HD Tirol).....	98
Abb. 84: Box-Whisker-Plots der Datenreihen (Datenquelle: HD Tirol)	98
Abb. 85: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Wipptal	100
Abb. 86: Darstellung der ausgewählten Zeitreihen im GWG Wipptal (Datenquelle: BBT).....	101

Abb. 87: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im vorderen und mittleren Zillertal (Datenquelle: HD Tirol)	103
Abb. 88: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im hinteren Zillertal	103
Abb. 89: Datenreihe der Messstelle im Zillertal (Datenquelle: HD Tirol).....	104
Abb. 90: Box-Whisker-Plot der Datenreihe (Datenquelle: HD Tirol).....	104
Abb. 91: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Achental.....	106
Abb. 92: Datenreihen der beiden Messstellen im Achental (Datenquelle: HD Tirol).....	107
Abb. 93: Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden im Achental (Datenquelle: HD Tirol)	107
Abb. 94: Übersichtskarte des Grundwassergebiets Oberes Gericht.....	109
Abb. 95: Datenreihe der Messstelle im Oberen Gericht (Datenquelle: HD Tirol)	110
Abb. 96: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde GW70617007 (Datenquelle: HD Tirol).....	110
Abb. 97: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im südlichen Großachengebiet	112
Abb. 98: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im nördlichen Großachengebiet	112
Abb. 99: Vertrauensbereich-Darstellung der Messstellen im Großachengebiet (Datenquelle: HD Tirol).....	114
Abb. 100: Whisker-Plots der Datenreihen (Datenquelle: HD Tirol)	114
Abb. 101: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Pillerseetal	116
Abb. 102: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Strubtal	117
Abb. 103: GWT-Datenreihe der Messstelle im Strubtal (Datenquelle: HD Tirol).....	118
Abb. 104: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde im Strubtal (Datenquelle: HD Tirol)	118
Abb. 105: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Oberen Lechtal.....	120
Abb. 106: GWT-Datenreihe der Messstelle im Oberen Lechtal (Datenquelle: HD Tirol)	121
Abb. 107: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonden im Oberen Lechtal (Datenquelle: HD Tirol).....	121
Abb. 108: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Fernpass (Datenquelle: HD Tirol)	123
Abb. 109: GWT-Datenreihe der Messstelle im GWG Fernpass (Datenquelle: HD Tirol).....	124
Abb. 110: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde am Fernpass (Datenquelle: HD Tirol).....	124
Abb. 111: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Zwischentoren	126
Abb. 112: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Tuxertal (Datenquelle: HD Tirol)	127
Abb. 113: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Stanzertal.....	128
Abb. 114: Datenreihen der beiden Messstellen im Stanzertal (Datenquelle: HD Tirol).....	129
Abb. 115: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonden im Stanzertal (Datenquelle: HD Tirol).....	129
Abb. 116: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im östlichen Paznauntal.....	130
Abb. 117: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im westlichen Paznauntal.....	130
Abb. 118: Datenreihen der beiden GWT-Messstellen im Paznauntal (Datenquelle: HD Tirol).....	131
Abb. 119: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonden im Paznauntal (Datenquelle: HD Tirol).....	132
Abb. 120: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Kaunertal	133
Abb. 121: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Pitztal.....	134
Abb. 122: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Sellraintal.....	135
Abb. 123: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Stubaital	136
Abb. 124: Datenreihen der beiden Messstellen im Stubaital (Datenquelle: HD Tirol).....	137
Abb. 125: Box-Whisker-Plots der beiden GWT-Datenreihen (Datenquelle: HD Tirol)	137
Abb. 126: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Gschnitztal	139
Abb. 127: Übersichtskarte des Grundwassergebiets Gerlostal	140
Abb. 128: Datenreihen der beiden Messstellen im Gerlostal (Datenquelle: HD Tirol)	141
Abb. 129: Box-Whisker-Plots der GWT-Datenreihe (Datenquelle: HD Tirol)	141
Abb. 130: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Brixental.....	143

Abb. 131: Temperaturverlauf der Grundwassersonden im Brixental (Datenquelle: HD Tirol)	144
Abb. 132: Box-Whisker-Plots der zwei Grundwassersonden (Datenquelle: HD Tirol)	144
Abb. 133: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Weißachengebiet.....	146
Abb. 134: GWT-Zeitreihen der drei Grundwassersonden im Weißachengebiet (Datenquelle: HD Tirol)	147
Abb. 135: Box-Whisker-Plots der ausgewählten Grundwassersonden (Datenquelle: HD Tirol).....	147
Abb. 136: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im Matreier Becken und Virgental.....	149
Abb. 137: Temperaturverlauf der Messstelle im Matreier Becken (Datenquelle: HD Tirol).....	150
Abb. 138: Box-Whisker-Plot der Grundwassersonde im Matreier Becken (Datenquelle: HD Tirol)	150
Abb. 139: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Iseltal	152
Abb. 140: Datenreihen der GWT der beiden Grundwassersonden im Iseltal (Datenquelle: HD Tirol)	153
Abb. 141: Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden im Iseltal (Datenquelle: HD Tirol).....	153
Abb. 142: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im östlichen Pustertal	155
Abb. 143: Übersichtskarte des Grundwassergebietes im westlichen Pustertal	155
Abb. 144: Vertrauensbereich-Darstellung der ausgewählten Zeitreihen im GWG Pustertal (Datenquelle: HD Tirol)....	157
Abb. 145: Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden im Pustertal (Datenquelle: HD Tirol).....	157
Abb. 146: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Lienzer Becken	159
Abb. 147: GWT-Zeitreihen der drei Grundwassersonden im Lienzer Becken (Datenquelle: HD Tirol).....	160
Abb. 148: Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden im Lienzer Becken (Datenquelle: HD Tirol).....	160
Abb. 149: Übersichtskarte des Grundwassergebietes Oberes Drautal	162
Abb. 150: Temperaturverlauf der zehn Grundwassersonden im Oberen Drautal (Datenquelle: HD Tirol)	163
Abb. 151: Box-Whisker-Plots der Grundwassersonden im Oberen Drautal (Datenquelle: HD Tirol).....	163
Abb. 152: Zusammenfassende Gegenüberstellung von GWT_mean, P5 und P95 aller Datenpunkte sowie von GWT_kalk einschließlich Bandbreite (± 1 K) und Schwankungsbreite (± 2 K)	166
Abb. 153: Tages- und Monatsmittelwerte der GWT und Regime-Shift-Index (RSI).....	168
Abb. 154: Jahresmittelwerte der GWT und Regime-Shift-Index (RSI)	169

10 TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tab. 2: Zusammenstellung der mittleren LT und WT an den ausgewählten Messstellen für die Vorflutereinfluss-Betrachtungen im Referenzzeitraum (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 3: Übersichtstabelle der Grundwassergebiete Tirols einschließlich einiger Charakteristika</i>	<i>61</i>
<i>Tab. 4: Basisdaten der Messstelle (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>63</i>
<i>Tab. 5: Basisdaten zur Messstelle im Unteren Vilstal (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 6: Basisdaten der vier Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 7: Basisdaten der zwei Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>72</i>
<i>Tab. 8: Basisdaten der Messstelle (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>75</i>
<i>Tab. 9: Basisdaten der Messstelle (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>78</i>
<i>Tab. 10: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>81</i>
<i>Tab. 11: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>85</i>
<i>Tab. 12: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>89</i>
<i>Tab. 13: Basisdaten der Messstellen im Unterinntal (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>95</i>
<i>Tab. 14: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: BBT)</i>	<i>100</i>
<i>Tab. 15: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>104</i>
<i>Tab. 16: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>106</i>
<i>Tab. 17: Basisdaten der Messstelle (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>109</i>
<i>Tab. 18: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>113</i>
<i>Tab. 19: Basisdaten der Messstelle (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>117</i>
<i>Tab. 20: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>120</i>
<i>Tab. 21: Basisdaten der Messstelle (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>123</i>
<i>Tab. 22: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>128</i>
<i>Tab. 23: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>131</i>
<i>Tab. 24: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>136</i>
<i>Tab. 25: Basisdaten der Messstelle (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>140</i>
<i>Tab. 26: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>143</i>
<i>Tab. 27: Basisdaten der Messstellen</i>	<i>146</i>
<i>Tab. 28: Basisdaten der Messstelle (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>149</i>
<i>Tab. 29: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>152</i>
<i>Tab. 30: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>156</i>
<i>Tab. 31: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>159</i>
<i>Tab. 32: Basisdaten der Messstellen (Datenquelle: HD Tirol)</i>	<i>162</i>
<i>Tab. 32: Messstellenliste gesamt</i>	<i>180</i>

11 ANHANG – TABELLEN UND ABBILDUNGEN

Tab. 32: Messstellenliste gesamt

Kataster Nr.	Messstellenname	HZBNR	Messtiefe [m u. GOK]
GW70101239	Hötting, BI 5 (42 A)	334102	7,00
GW70101358	Innsbruck, BI 30	346221	9,80
GW70101381	Innsbruck, BI 18	334029	9,20
GW70101442	Pradl, BI 12	339275	19,00
GW70101443	Pradl, BI 22	339960	10,90
GW70101444	Amras, BI 10 (Pradl, BI 10)	334755	10,85
GW70101448	Pradl, BI 28	346262	18,00
GW70101476	Wilten, BI 16	339440	10,05
GW70101570	Innsbruck, BI 58	342584	10,00
GW70101599	Wilten, BI 64	358226	16,00
GW70101645	Innsbruck, BI 60	342279	14,78
GW70101936	Mühlau, BI 74	360123	10,00
GW70101998	Hötting, BI 67	371252	10,00
GW70101B03	Hötting, BI 41 (B03)	371138	10,00
GW70101B04/1	Wilten, BI 49 (B04/1)	371161	8,50
GW70101B04/3	Wilten, BI 49 (B04/3)	371146	10,00
GW70101B07/3	Mühlau, BI 55 (B07/3)	371187	10,00
GW70101B08/1	Hötting, BI 43 (B08/1)	371229	10,00
GW70101B13/2	Hötting, BI 51 (B13/2)	371245	6,00
GW70101B15/1	Arzl, BI 59 (B15/1)	371286	10,00
GW70101B15/2	Arzl, BI 59 (B15/2)	371278	10,00
GW70101B16	Pradl, BI 61 (B16)	371336	12,00
GW70101B17/2	Innsbruck, BI 63 (B17/2)	371294	8,00
GW70101B19	Innsbruck, BI 68 (B19)	359190	10,00
GW70101B21/2	Innsbruck, BI 72 (B21/2)	360115	10,00
GW70101B22	Hötting, BI 69 (B22)	371211	5,30
GW70101B23/1	Innsbruck, BI 66 (B23/1)	371153	12,00
GW70101B41	Wilten, BI 71 (B41)	359356	17,00
GW70101B42/1	Innsbruck, BI 65 (B42/1)	371310	14,00
GW70101B43	Hötting, BI 47 (B43)	371328	10,00
GW70204007	Imsterberg, BI 4 (187)	358259	5,70
GW70204018	Imsterberg, BI 6 (IM-KB 03/12)	360263	14,95
GW70208008	Längenfeld-Espan, BI 4	342600	10,00
GW70208009	Längenfeld-Oberried, BI 1	342618	7,00
GW70208010	Längenfeld-Espan, BI 6	342626	6,00
GW70208020	Längenfeld-Huben, BI 8 (3_824)	359265	13,00
GW70208022	Längenfeld-Huben, BI 3 (3_826)	359273	11,00
GW70208023	Längenfeld-Astlehn, BI 12 (3_827)	359299	12,00
GW70208024	Längenfeld-Astlehn, BI 10 (3_828)	359281	6,00
GW70208025	Längenfeld-Oberried, BI 5 (3_829)	359307	7,50
GW70210003	Mils-Au, BI 1 (122)	346700	4,90
GW70211003	Mötz, BI 5 (Im905)	346056	7,40
GW70212018	Nassereith, BI 4	342139	14,00
GW70214020	Ötz, BI 2 (3-837)	359331	14,00
GW70215011	Rietz, BI 2 (T181)	339168	11,00
GW70215022	Rietz, BI 4 (T204)	339150	10,00

GW70215027	Rietz, BI 6 (T202)	339184	5,20
GW70215029	Rietz, BI 10 (T402)	339200	7,00
GW70215030	Rietz, BI 12 (T406)	339176	8,05
GW70219037	Silz, BI 20 (SI116)	358358	11,50
GW70219064	Silz, BI 12 (St106)	339085	11,00
GW70220034	Sölden, BI 1 (3_820)	359224	10,15
GW70221010	Stams, BI 22 (T121)	342055	9,00
GW70221057	Stams, BI 18 (St451)	339093	13,05
GW70223001	Umhausen-Tumpen, BI 2 (KBT1)	346239	17,50
GW70223011	Umhausen-Tumpen, BI10 (KBT2)	342220	18,89
GW70223013	Umhausen-Platzl, BI12 (3_833)	359323	19,00
GW70223014	Umhausen-Platzl, BI 4 (3_834)	359315	19,00
GW70305014	Baumkirchen, BI 5	330233	8,00
GW70305020	Baumkirchen, BI 7 (K-KB06/95)	359075	11,00
GW70308010	Flauring, BI 2	346684	10,00
GW70308021	Flauring, BI 4 (F-KB07/11)	360727	10,00
GW70308043	Flauring, BI 6 (F-KB30/12)	360735	10,00
GW70309030	Fritzens, BI 5 (I-KB 18/96)	359372	10,00
GW70318030	Hatting, BI 2 (H-KB 07/11)	360206	10,00
GW70319015	Inzing, BI 4	330928	10,00
GW70319017	Inzing, BI 8	339663	7,50
GW70319039	Inzing, BI10 (J-KB 01/11)	360719	25,00
GW70320020	Kematen, BI 6	334417	9,00
GW70322010	Kolsass, BI 6	339382	10,00
GW70322011	Kolsass, BI 8	339408	9,98
GW70322012	Kolsass, BI 10	339333	9,80
GW70326001	Leutasch-Arn, BI 3	330241	20,04
GW70326002	Leutasch-Gasse, BI 7	330746	35,00
GW70334023	Neustift, BI 1	354068	8,00
GW70334025	Neustift, BI 3	354084	10,00
GW70335016	Oberhofen, BI 2	334698	8,00
GW70335017	Oberhofen, BI 4	334714	10,00
GW70335035	Oberhofen, BI10 (O-KB 09/12)	360743	10,00
GW70335042	Oberhofen, BI 8 (O-KB 16/12)	360685	9,00
GW70339036	Petttau, BI 9 (Pe-KB11/11)	360792	10,00
GW70339040	Petttau, BI 5 (Pe-KB16/11)	360784	10,00
GW70339051	Petttau, BI13 (Pe-KB32/11)	360776	10,00
GW70339060	Petttau, BI14 (Pe-KB42a/11)	360750	10,00
GW70339065	Petttau, BI16 (Pe-KB45/12)	360768	10,00
GW70340004	Pfaffenhofen, BI 4 (T601)	339192	6,95
GW70342001	Polling, BI 2	334649	7,50
GW70342002	Polling, BI 4	339424	10,95
GW70342020	Polling, BI 6 (P-KB 15/11)	360693	10,00
GW70346034	Rum, BI 3	339374	11,00
GW70346038	Rum, BI 7	342857	7,00
GW70348002	Scharnitz, BI 3	330837	22,00
GW70354041	Hall, BI 5	346429	6,00
GW70354093	Hall, BI 1	330415	10,00
GW70357086	Telfs, BI 21 (T-KB04/11)	360800	10,00
GW70357087	Telfs, BI 19 (T-KB05/11)	360305	10,00
GW70357090	Telfs, BI 17	359166	10,00

GW70364109/02	Völs, BI20	360842	20,00
GW70364111/01	Völs, BI22	360859	20,00
GW70365027	Volders, BI 2	330274	11,00
GW70367038	Wattens, Blt 6	334912	7,10
GW70367043	Wattens, BI 8	339358	14,90
GW70369019	Zirl, BI 5	330449	9,00
GW70369020	Zirl, BI 9	330464	7,00
GW70369022	Zirl, BI 4	346338	6,00
GW70369023	Zirl, BI 6	346353	5,00
GW70410005	Kirchdorf-Litzfelden, BI 1	330647	9,90
GW70410006	Kirchdorf-Erpfendorf, BI 4	330779	10,00
GW70410037	Kirchdorf-Furth, BI 2	330654	9,94
GW70410069	Kirchdorf, BI 3	342949	7,00
GW70411041	Kitzbühel-Land, BI 1	346304	10,00
GW70412062	Kössen, Blt 8	346197	11,08
GW70412077	Kössen, Br 2	358531	8,00
GW70412080	Kössen, BI 2	330662	7,00
GW70412183	Kössen, Br 6	370981	7,00
GW70412216	Kössen, BI 5	358556	8,00
GW70412217	Kössen, BI 7	370965	8,00
GW70412218	Kössen, BI 9	358564	8,00
GW70412220	Kössen, BI 3	358549	7,39
GW70412221	Kössen, BI 16	371054	4,50
GW70412222	Kössen, BI 14	359042	7,00
GW70412286	Kössen, BI 11	371583	5,00
GW70412287	Kössen, BI 13	371609	9,00
GW70413036	Oberndorf, BI 2	371344	33,08
GW70416064	St.Johann i.T.-Bärnst., Br 1	330589	7,00
GW70416069	St.Johann i.T., Blt 2	346213	11,00
GW70416103	St.Johann i.T., BI 4	342915	8,00
GW70416106	St.Johann i.T., BI 10	370569	7,00
GW70416107	St.Johann i.T., BI 12	370577	5,50
GW70416115	St.Johann i.T., BI 19	353904	11,00
GW70416120	St.Johann i.T., BI 15 (SO3)	353961	18,50
GW70416121	St.Johann i.T., BI 24 (SO8)	353979	16,55
GW70416123	St.Johann i.T., BI 22 (SO2U)	353995	15,86
GW70416124	St.Johann i.T., BI 20 (SO4U)	354001	13,00
GW70416125	St.Johann i.T., BI 16 (SO8U)	354035	13,00
GW70416126	St.Johann i.T., BI 32	353896	25,00
GW70416128	St.Johann i.T., BI 7 (SO3U)	354027	13,00
GW70419012	Waidring, BI 2	339945	20,05
GW70420031	Westendorf, BI 2	358390	6,00
GW70509531	Ellmau, BI 2	358416	15,00
GW70511016	Kirchbichl, BI 2	339309	16,00
GW70511031	Kirchbichl-Bruckhäusl, BI 6	346635	9,00
GW70512012	Voldöpp-Hagau, BI 5	346106	10,00
GW70512013	Voldöpp-Hagau, BI 7	346122	10,00
GW70512108	Voldöpp, BI 3	330613	10,00
GW70514057	Liesfeld, BI 2	330761	10,00
GW70514062	Liesfeld, Blt 18	334946	11,00
GW70515053	Langkampfen, BI 15 (B86)	339770	8,91

GW70515061	Langkampfen, BI 31 (E80)	339788	7,09
GW70515063	Langkampfen, Blt 1	339390	11,00
GW70515076	Langkampfen, BI 45 (LK66)	360834	10,21
GW70517017	Münster, BI 5	334896	10,00
GW70517032	Münster, BI 11 (E-KB 15/95)	354167	8,00
GW70520080	Radfeld, BI 10 (K28)	334904	20,00
GW70520087	Radfeld, BI 32 (C-KB03/95)	360826	8,00
GW70520102	Radfeld, BI 30 [K21)	342790	11,00
GW70521002	Rattenberg, BI 2	334797	9,93
GW70522006	Reith im Alpbachtal, BI 4 (E-KB01/95)	359240	10,00
GW70522016	Reith im Alpbachtal, BI 8 (E-KB14/95)	360149	9,90
GW70524016	Scheffau, BI 2	358432	10,00
GW70526038	Söll, BI 2	358408	9,00
GW70531102	Wörgl-Boden, BI 16	346858	8,50
GW70606002	Galtür, BI 2	359018	9,00
GW70608033	Ischgl, BI 4	359000	10,00
GW70614031	Landeck, BI 1	371476	18,00
GW70614032	Landeck, BI 2	371500	30,00
GW70614033	Landeck, BI 3	371492	20,00
GW70616005	Pettneu, BI 4	359026	10,00
GW70617007	Pfunds, BI12 (S2)	358440	13,50
GW70617020	Pfunds-Birkach, BI 8 (014)	342477	
GW70619026	Prutz, BI10	360883	10,90
GW70621045	St.Anton am Arlberg, BI 2	359083	13,00
GW70622014	Schönwies, BI 1	346692	16,00
GW70622029	Schönwies, BI 4	371534	9,00
GW70622030	Schönwies, BI 6	371542	9,00
GW70622032	Schönwies, BI 10	371567	8,00
GW70630046	Zams, BI 2	342212	5,50
GW70630050	Zams, BI 1	342063	15,00
GW70630103	Zams, Blt 6	342741	20,00
GW70630104	Zams, BI 8	342758	18,00
GW70630117	Zams, BI 3	358309	10,00
GW70630122	Zams, BI 10	371518	15,00
GW70702001	Ainet, Blt 1	354175	15,75
GW70704016	Anras, BI 1	342022	15,50
GW70708036	Nikolsdorf, BI 3 (KB16)	360651	7,00
GW70714006	Lavant KB17	354050	9,90
GW70714031	Lavant, BI 4 (KB6)	360644	8,00
GW70716067	Lienz, BI 2	330670	24,00
GW70716119	Lienz, BI 4	354118	23,50
GW70716120	Lienz, BI 5	354126	23,50
GW70717005	Matrei i.O., BI 1	346932	8,50
GW70717017	Matrei i.O., BI 2	354209	21,00
GW70718013	Lengberg, BI 1	330811	10,00
GW70718026	Lengberg, BI 2 (Lavant, BI 4)	334565	4,84
GW70718035	Lengberg, BI 7 (KB14)	360636	7,00
GW70718037	Nikolsdorf, BI 5 (KB17)	371461	10,00
GW70718038	Nikolsdorf, BI 1 (KB15)	371633	10,00
GW70718039	Lengberg, BI 5 (KB13)	371625	10,00
GW70719073	Unternußdorf, BI 1	346478	10,00

GW70728053	Arnbach, BI 2	342899	10,00
GW70728056	Arnbach, BI 1 (1)	370841	9,00
GW70728057	Arnbach, BI 7 (2)	370874	9,00
GW70728058	Arnbach, BI 5 (3)	370866	9,00
GW70728059	Arnbach, BI 3 (4)	370858	9,00
GW70728060	Arnbach, BI 9 (5)	370775	7,00
GW70728061	Arnbach, BI 13 (6)	358150	6,00
GW70728062	Arnbach, BI 17 (7)	358168	7,00
GW70728064	Arnbach, BI 21 (9)	370742	6,00
GW70728065	Arnbach, BI 19 (10)	370825	9,00
GW70728066	Sillian, BI 5 (11)	370734	6,00
GW70728067	Sillian, BI 13 (12)	370833	9,00
GW70728068	Sillian, BI 7 (13)	358143	6,00
GW70728069	Sillian, BI 3 (14)	358135	6,00
GW70728070	Sillian, BI 11 (15)	370817	7,00
GW70728071	Sillian, BI 9 (16)	370809	8,00
GW70728072	Arnbach, BI 11 (20)	370767	6,00
GW70728073	Arnbach, BI 4 (B1)	360313	10,00
GW70728074	Arnbach, BI 6 (B2)	360321	10,00
GW70728075	Arnbach, BI 8 (B3)	360339	10,00
GW70728076	Arnbach, BI 10 (B4)	360347	10,00
GW70732042	Tristach, BI 6 (KB2)	360610	10,00
GW70732043	Tristach, BI 8 (KB4)	360628	9,00
GW70732044	Tristach, BI 10 (KB3)	371617	10,00
GW70735016	Panzendorf, BI 9 (KB4b)	360479	7,50
GW70735017	Panzendorf, BI11 (KB6)	360487	9,00
GW70735018	Panzendorf, BI13 (KB10)	360495	11,50
GW70735019	Panzendorf, BI15 (KB5)	360503	8,50
GW70801003	Bach-Schönau, BI 3	346114	20,00
GW70803024	Biberwier, BI 1 (KB4)	342824	17,50
GW70806042	Ehenbichl, BI 10 (GW7)	371401	8,00
GW70806043	Ehenbichl, BI 12 (GW13)	371419	7,00
GW70806044	Ehenbichl, BI 14 (GW8)	371427	7,40
GW70808005	Elbigenalp, BI 1	346569	9,00
GW70809009	Elmen, BI 1	342287	5,98
GW70816005	Höfen, BI 1	334243	10,00
GW70816019	Höfen, BI 7 (GW5)	371385	8,00
GW70816020	Höfen, BI 9 (GW1)	371393	7,00
GW70828043	Reutte, BI 12	339473	9,83
GW70828068	Reutte, BI 16	339432	18,00
GW70828103	Reutte, BI 22	342816	13,00
GW70828104	Reutte, BI 24	370510	11,50
GW70832010	Tannheim-Innnerg., BI 1	342659	10,06
GW70833004	Vils, BI 1	339606	8,00
GW70836024	Weißbach, BI 3	334334	8,00
GW70901042	Achenkirch, BI 6	360248	8,00
GW70905013	Buch-Tuft, BI 2	330514	11,00
GW70905022	Buch, BI 14 (G-KB45/95)	360891	5,50
GW70907019	Maurach, BI 2	347005	25,00
GW70917040	Jenbach, BI 1 (G-KB37/95)	359091	9,99
GW70923003	Ried im Zillertal, BI 1	358093	5,45

GW70925010	Schlitters, BI 1	330639	10,00
GW70926044	Schwaz, BI 10	339325	11,00
GW70926058	Schwaz, BI 2	330332	10,00
GW70928014	Stans, BI 19 (G-KB16/95)	360271	10,00
GW70928038	Stans, BI 9 (G-KB50/95)	359059	5,48
GW70928083	Stans, BI 11 (G-KB71E/06)	359109	10,00
GW70930028	Strass, BI 10	346163	9,00
GW70930029	Strass, BI 8	346148	10,90
GW70930031	Strass, BI 12	346189	10,00
GW70933025	Terfens, BI 7 (H-BB 503/98)	359364	10,00
GW70936035	Vomp, BI 1	334458	11,50
GW70936039	Vomp, BI 5	334870	11,00
GW70936040	Vomp, BI 7	346064	10,00
GW70937009	Weer, BI 4	330498	10,78
GW70940024	Zell am Ziller, BI 4	346676	9,00

Mittlere GWT vs. Geländehöhe

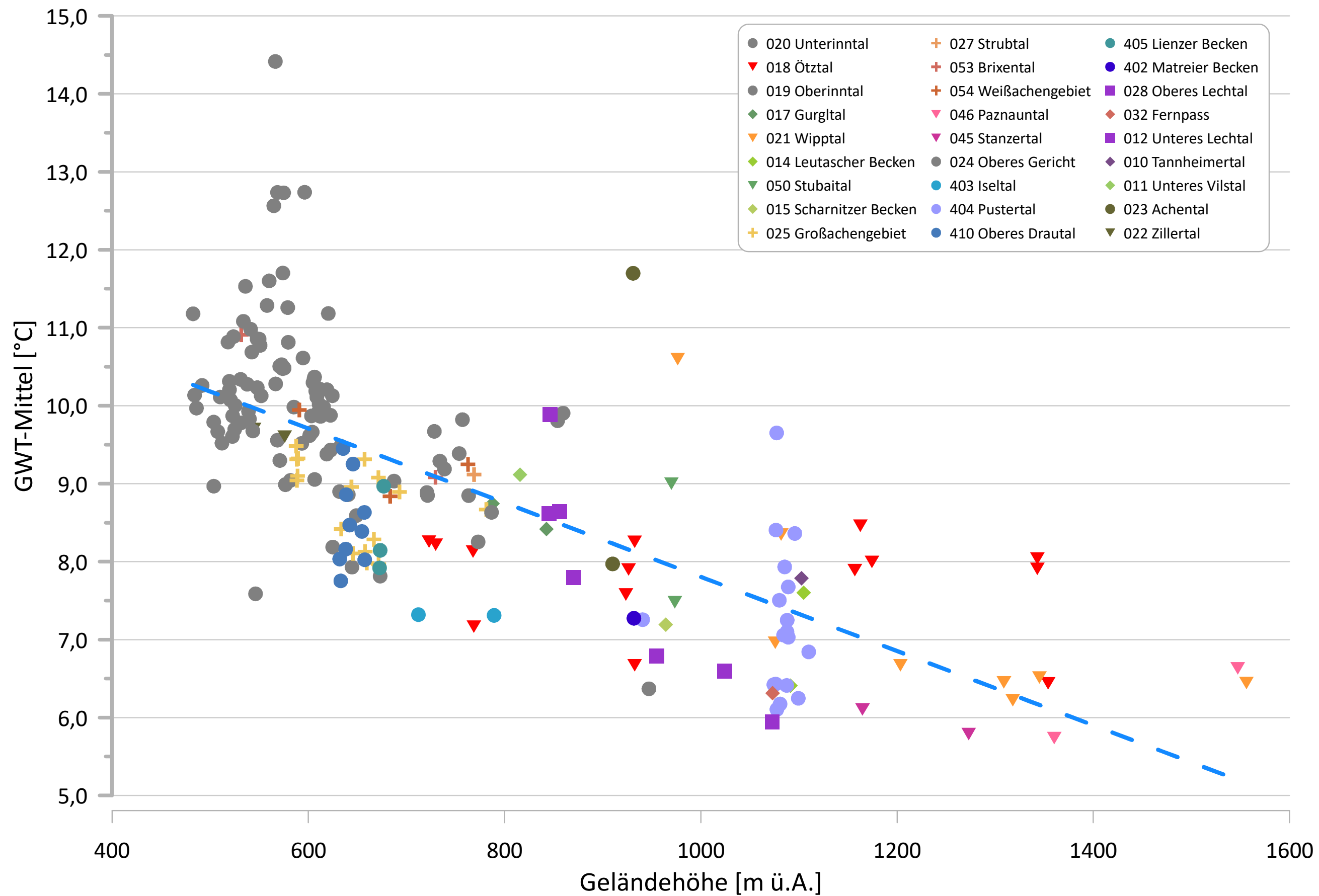


Abb. 157: Höher aufgelöste Version der Abb. 7

StAbw vs. Messtiefe nach GW-Gebieten

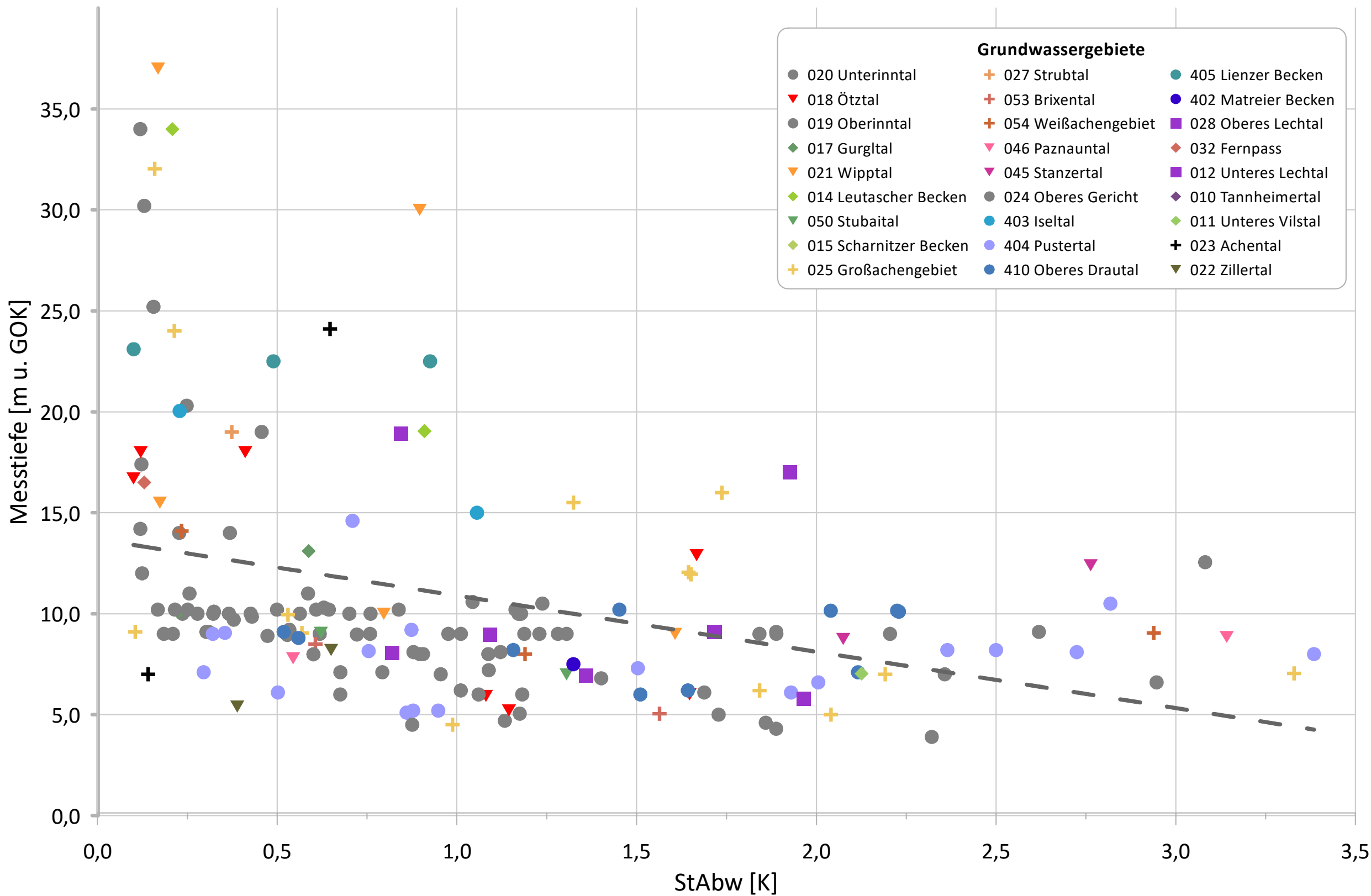


Abb. 158: Höher aufgelöste Version der Abb. 10

Standardabweichung vs. mittlere Eintauchtiefe

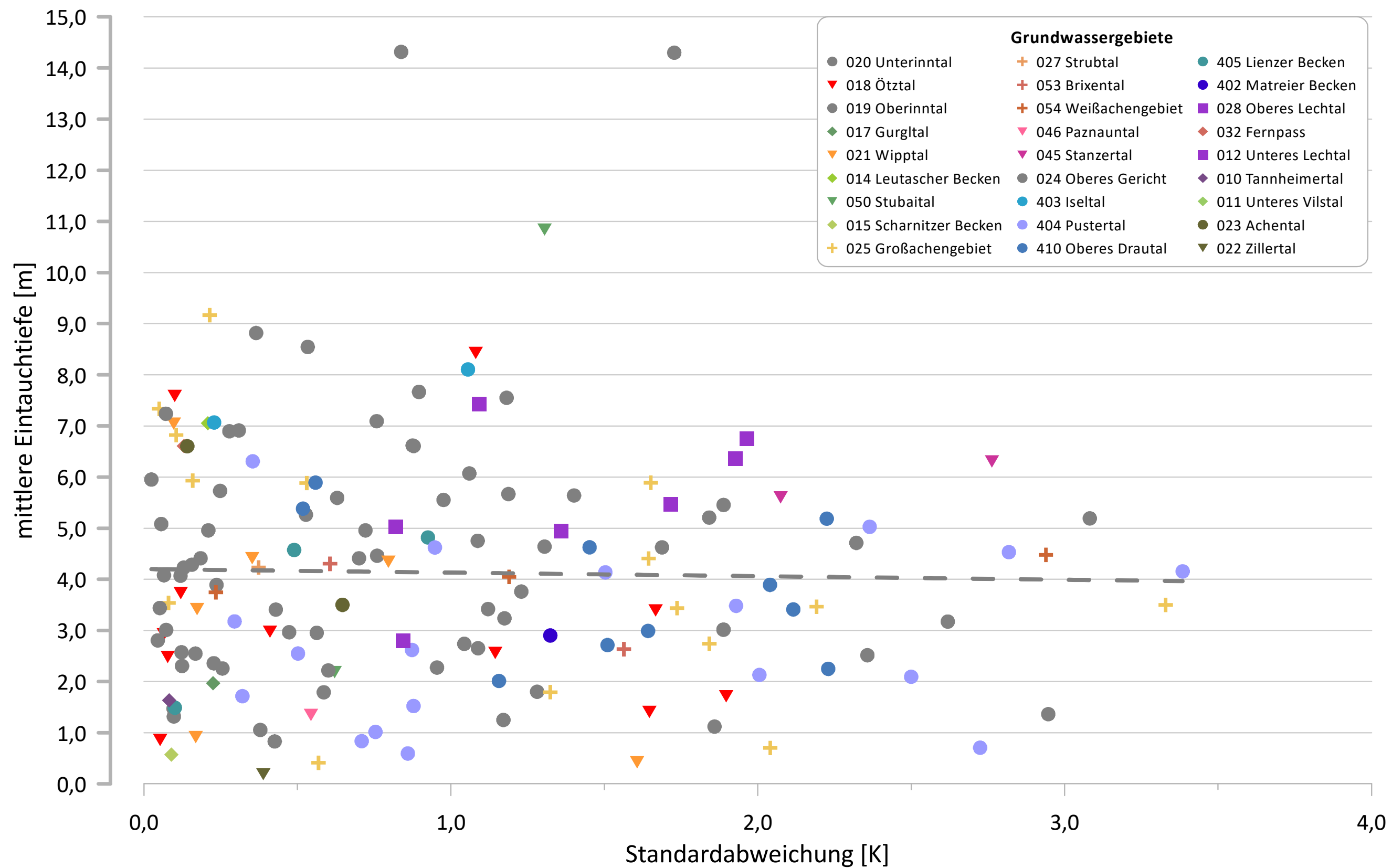


Abb. 159: Höher aufgelöste Version der Abb. 13

Standardabweichung vs. Vorfluterentfernung

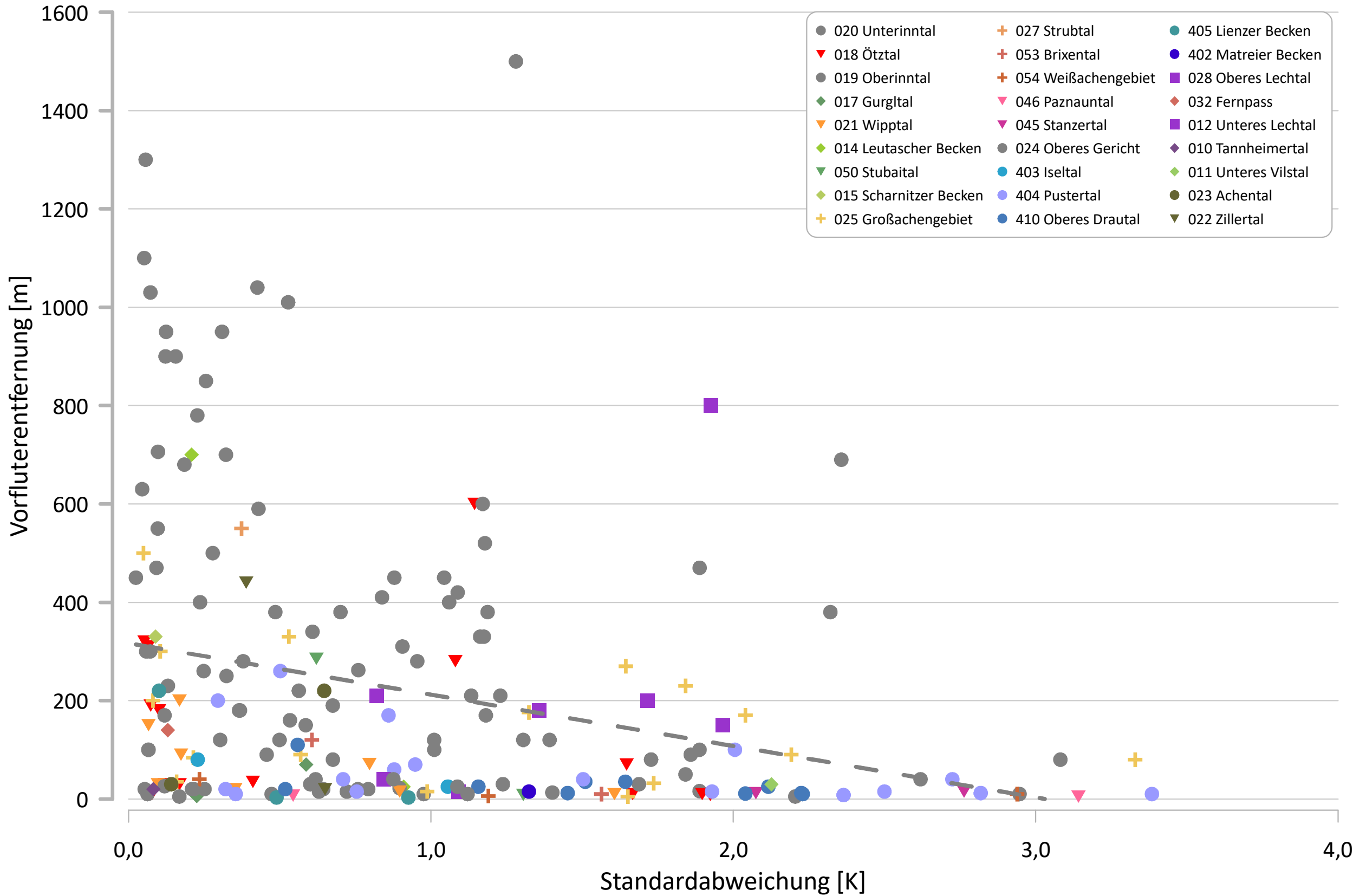


Abb. 160: Höher aufgelöste Version der Abb. 15

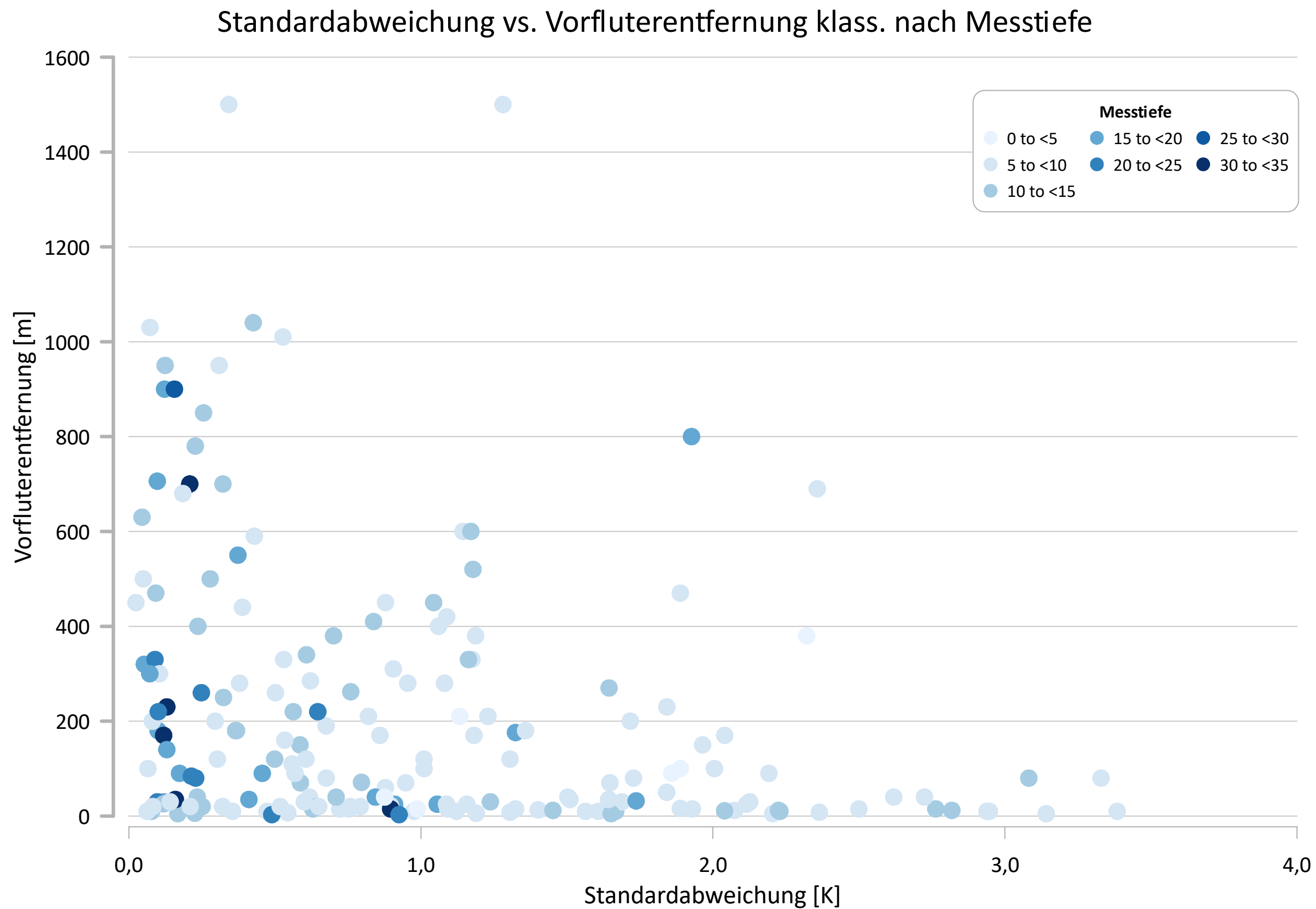


Abb. 161: Höher aufgelöste Version der Abb. 16

Eintauchtiefe vs. Messtiefe klass. nach StAbw

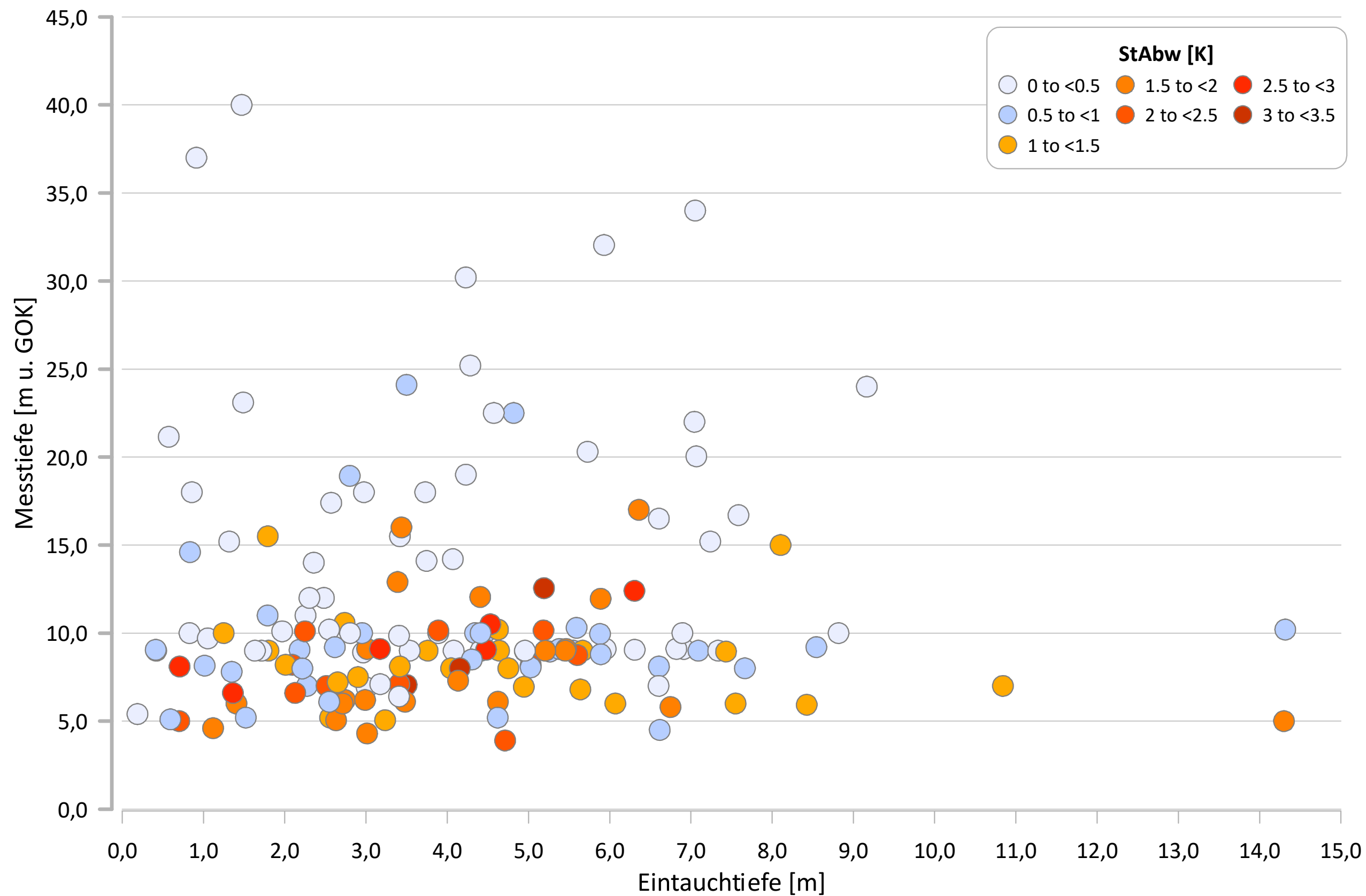


Abb. 162: Höher aufgelöste Version der Abb. 17

GWT vs. Geländehöhe

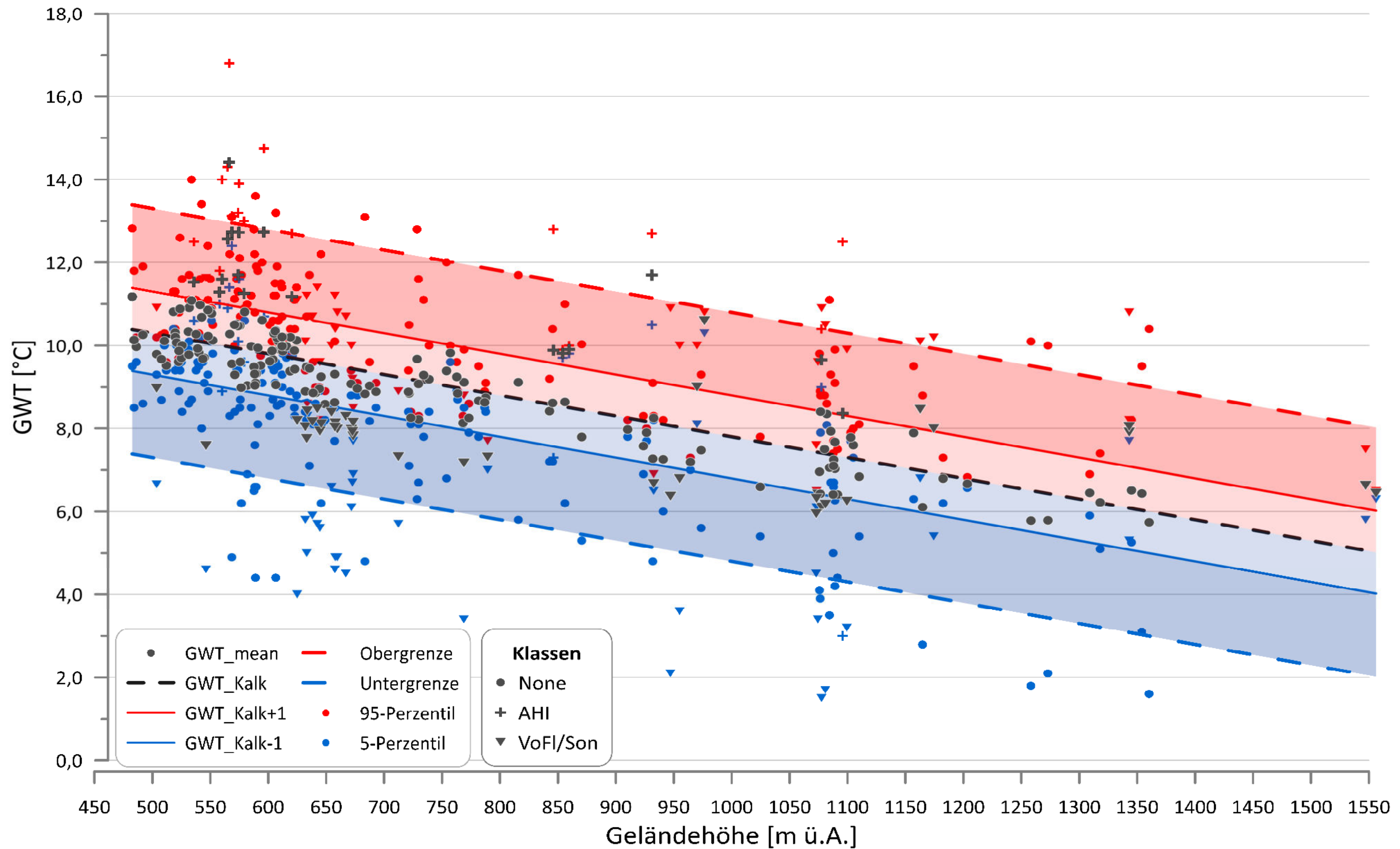


Abb. 163: Höher aufgelöste Version der Abb. 154