universität wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Die Karstquellen Niederösterreichs – Eine Synthese"

verfasst von / submitted by

Clemens Schmalfuß, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Science (MSc)

Wien, 2020 / Vienna 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree programme code as it appears on the student record sheet:	UA 066 815
Studienrichtung lt. Studienblatt / degree programme as it appears on the student record sheet:	Masterstudium Erdwissenschaften
Betreut von / Supervisor:	Mag. Dr. Lukas Plan

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....5

TABELLENVERZEICHNIS.....6

DANK.....7

ZUSAMMENFASSUNG.....8

ABSTRACT.....9

1. Einleitung.....10

1.1. Ziele der Arbeit und Forschungsfragen.....10

1.2. Definition einer Karstquelle.....11

2. Untersuchungsgebiet.....12

2.1. Geographischer Überblick.....12

2.2. Hydrologie.....12

2.2.1. Klima.....12

2.2.2. Schneeverhältnisse.....13

2.2.3. Entwässerung.....13

2.3. Geologischer Überblick.....14

2.3.1. Böhmische Masse.....14

2.3.2. Molassezone.....14

2.3.3. Wiener Becken.....14

2.3.4. Rhenodanubische Flyschzone.....16

2.3.5. Nördliche Kalkalpen.....16

2.3.6. Grauwackenzone.....17

2.3.7. Unter- und Mittelostalpin ("Zentralalpin").....17

3. Methodik.....19

3.1. Verwendete Quelldaten und deren Kompilierung.....19

3.2. Geländekartierung.....20

3.3. Feldmessung von Quellparametern.....20

3.3.1. Elektrische Leitfähigkeit und Temperatur.....20

3.3.2. Schüttung.....21

3.4. Hydrochemische Laboranalytik.....23

3.5. Datenaufbereitung im GIS....23
3.7. Statistische Auswertung von Zeitreihen....24
4. Ergebnisse....24
4.1. Überblick....24
4.2. Charakterisierung bedeutender Quellen....25
4.2.1. Quellen mit hochauflösenden Datenreihen....25
Große Mühlquelle (auch Nestelberghöhle, Höhlen-Katasternummer 1816/11)....26
Steinbachquelle (1825/7)....27
Reithbachquelle (1827/20)....28
Wasseralmquelle (1851/216)....29
Höllentalquellen....30
Kaiserbrunnquelle (1854/10)....31
Fuchspassquelle (1854/310)....32
Stixensteinquellen....32
Antoniusbründl....33
Ursulaquelle....34
Vergleich der Quellen anhand von Box-Whisker-Plots....35
4.2.2. Quellen mit monatlichen Datenreihen....37
Notquelle (Göstling)....37
Quelle Finkmühle (auch Große Mühlquelle, 1816/54)....38
Gaissulzquelle....39
Fuchslehenquelle (1827/22)....39
Gstettenhofquelle....40
Wurzenberger Höhlenquelle (1836/28)....40
Kleinzell / Kirchsteig....41
Vergleich der Quellen anhand von Box-Whisker-Plots....42
4.2.3. Weitere Quellen ohne Messreihen....43
Lochbach (1815/12)....43
Schreierquelle (Dürrenstein)....44
Erlaufursprung (1816/1)....45
Ursprung (Neustift)....46

Sprudelquelle (Eisernes Tor).....47
Toiflquelle.....48
Pielachursprung.....48
Eitelgrünbachquelle / Trockenes Loch (1836/34).....49
Höhlenseige (1841/12).....50
Finsterholzquelle.....51
Waldwirtquellen.....52
Augenbründl (Schwarzenbach).....54
Brauhausquelle.....54
Thermal- und Heilquellen.....55
4.3. Hydrochemische Analysen.....56
4.4. Kartendarstellungen.....60
5. Statistische Auswertungen und Diskussion.....63
5.1. Überblick.....65
5.1.1. Seehöhe.....65
5.1.2. Schüttung.....65
5.1.3. Elektrische Leitfähigkeit (ELF).....66
5.1.4. Temperatur.....67
5.2. Zusammenhang Temperatur - Seehöhe.....68
5.3. Zusammenhang ELF - Seehöhe.....70
5.4. Zusammenhang ELF - Lithologie.....72
5.5. Zusammenhang ELF - Schüttung.....73
5.6. Zusammenhang ELF - Niederschlag.....73
6. Schlussfolgerungen.....74
7. Literatur.....76
ANHANG.....81

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Naturräumliche Gliederung NÖs. Nummerierung siehe Text. (SAUBERER & GRABHERR 1995).....12
Abb. 2: Mittlerer Jahresniederschlag (li.) und Jahresdurchschnittstemperatur (re.) NÖs (1961-1990), Daten aus Digitalem Hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW 2007).....12
Abb. 3: Mittlere Dauer der Schneebedeckung (1961-1990), Daten aus Digitalem Hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW 2007).....13
Abb. 4: Einteilung Niederösterreichs in Flussgebiete und wichtigste Flussläufe, Daten aus Digitalem Hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW 2007).....13
Abb. 5: Geologische Karte NÖs (WESSELY 2006).....15
Abb. 6: Deckenbau der NKA in Niederösterreich (WESSELY 2006).....16
Abb. 7: Verbreitung von Karbonatgesteinen in NÖ, Daten verändert nach SCHUBERT (2006), Hillshade aus DGM 10 x 10 m des Landes NÖ (Quelle: data.gv.at).....18
Abb. 8: *Kartierung* mit Locus GIS. Quellen als Punkt-Features aufgenommen (orange).....20
Abb. 9: ELF- und Temperatur-Messung mit PCE-PHD-1-Messgerät.....21
Abb. 10: Schüttungsmessung bei der Karstquelle "Höhlenseige" am 7.5.2020: Eingabe von Salzlösung beim Quellaustritt (li.) und Messung der ELF stromabwärts (re.).....21
Abb. 11: ELF-Kurve während der Messperiode einer Schüttungsmessung mit der Salzverdünnungsmethode.....22
Abb. 12: Überblick über die erfassten Quellen nach der Herkunft der Daten; Geologische Einheiten nach WEBER (1997).....24
Abb. 13: Standorte der in Abschnitt 4.2 beschriebenen Quellen.....25
Abb. 14: Große Mühlquelle (Foto: Lukas Plan, 23.3.2012).....26
Abb. 15: Ergebnisse der Markierungsversuche von Hacker & Spendlingwimmer (1989), Karte aus MOSER & SCHNABEL (2019).....26
Abb. 16: Ganglinien von Q, T, ELF der Großen Mühlquelle (MQ = mittl. monatl. Schüttung, MHQ = mittl. monatl. Schüttungsmaximum, MNQ = mittl. monatl. Schüttungsminimum, T und LF analog).....27
Abb. 17: Steinbachquelle (Foto: Hermann Hammer, 26.12.2012).....27
Abb. 18: Geologische Karte der Umgebung der Steinbachquelle (PFLEIDERER et al. 2005).....27
Abb. 19: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Steinbachquelle.....28
Abb. 20: Reithbachquelle (Foto: Friedrich Volkmann, 26.11.2014).....28
Abb. 21: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Reithbachquelle.....28
Abb. 22: Quellen und Verlauf der Wiener Hochquellwasserleitungen (STADT WIEN o.J.).....29
Abb. 23: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Wasseralmquelle (Grafik: Wiener Wasserwerke)…30
Abb. 24: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Höllentalquellen.....30
Abb. 25: Wasserschloss der Kaiserbrunnquelle (PLISCHEK 2020).....31
Abb. 26: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Kaiserbrunnquelle.....31
Abb. 27: Antoniusbründl (Foto: Clemens Schmalfuß, 17.1.2020).....33
Abb. 28: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF des Antoniusbründls.....33
Abb. 29: Ursulaquelle (Foto: Gemeindewasserleitungsverband Unteres Pitten- und Schwarzatal).....34
Abb. 30: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Ursulaquelle.....34
Abb. 31: Box-Whisker-Plots zu (a) Schüttung, (b) ELF und (c) Temperatur der Quellen mit hochauflösenden Datenreihen (Bedeutung der Komponenten des Plots siehe Text).....35
Abb. 32: Notquelle bei Göstling (Foto: Clemens Schmalfuß, 26.6.20).....37
Abb. 33: Quelle Finkmühle (Foto: Lukas Plan, 11.4.2009).....38
Abb. 34: Ergebnisse der Markierungsversuche von Hacker & Spendlingwimmer (1989), Karte aus MOSER & SCHNABEL (2019).....38
Abb. 35: Tuffsteinhöhle (Foto: Heiner Thaler, 9.7.2008).....39
Abb. 36: Wurzenberger Höhlenquelle (Foto: Friedrich Volkmann, 11.4.2014).....40
Abb. 37: Quelle Kleinzell-Kirchsteig (Foto: Clemens Schmalfuß, 15.4.2020).....41
Abb. 38: Box-Whisker-Plots zu (a) Schüttung, (b) ELF und (c) Temperatur der Quellen mit monatlichen Datenreihen.....42
Abb. 39: Quellsiphon des Lochbaches bei Hochwasser (Foto: Walter Fischer, 22.7.2012).....43
Abb. 40: Schreierquelle (Foto: Clemens Schmalfuß, 23.6.20).....44
Abb. 41: Der untere, perennierende Austritt des Erlaufursprungs (Foto: Lukas Plan, 26.12.2017).....45

Abb. 42: Quelle des Ursprungbaches bei Neustift (Foto: Clemens Schmalfuß, 15.11.19).....46
Abb. 43: Sprudelquelle beim Eisernen Tor (Foto: Clemens Schmalfuß, 9.5.2020).....47
Abb. 44: Höhlenpläne von Trockenem und Nassem Loch (PLAN et al. 2016).....49
Abb. 45: Höhlenseige (Foto: Clemens Schmalfuß, 25.10.2019).....50
Abb. 46: Kupferstich von G.M. VISCHER (1672) (li.) und Drohnenaufnahme von Lukas Plan (3.5.2019) (re.).....51
Abb. 47: Finsterholzquelle (li.) und "Großer Wasserfall" (re.) bei Hohenberg (Fotos: Clemens Schmalfuß, 17.1.2020).....51
Abb. 48: Ergebnisse der Quellkartierung vom 15.4.2020 im Bereich der Waldwirtquellen.....53
Abb. 49: Vermutete hydrogeologische Verhältnisse im Bereich der Waldwirtquellen (HD = Hauptdolomit, LS = Lunzer Sandstein, WD = Wettersteindolomit).....54
Abb. 50: Standorte der im Zuge der Quellkartierung beprobten Quellen.....56
Abb. 51 a) Klassifizierung von Grundwassertypen nach (Furtak & Langguth, 1967) im Piper-Diagramm (PIPER 1944), Grafik aus (HILBERG 2015) b) Piper-Diagramm der analysierten Wasserproben und Vergleich mit weiteren Daten aus NÖ.....58
Abb. 52: Karte aller erfassten Karstquellen nach ihrer ELF und Schüttung.....60
Abb. 53: Verteilung (Interpolation mittels inverser Distanzwichtung) der ELF der Quellwässer; Deckensystemgrenzen nach WEBER (1997).....61
Abb. 54: Verteilung (Interpolation mittels inverser Distanzwichtung) der Temperatur der Quellwässer.....62
Abb. 55: Modell zur Abschätzung der mittleren EZG-Seehöhe einer Quelle (Erklärung siehe Text).....64
Abb. 56: Vergleich der Korrelation von durch Isotopenmethoden bestimmten mittleren EZG-Seehöhen mit den Modellwerten (a) bzw. den Seehöhen der Quellaustritte (b); R^2 = Bestimmtheitsmaß.....64
Abb. 57: Histogramm der Seehöhe der Quellaustritte.....65
Abb. 58: Histogramm der Quellschüttung.....66
Abb. 59: Histogramm der ELF.....66
Abb. 60: Histogramm der Quelltemperatur,.....67
Abb. 61: Beziehung von modellierter mittlerer EZG-Seehöhe und Quelltemperatur für Quellen > 1 l/s (a) und < 1 l/s (b); 1 = Baden, 2 = Mannersdorf, 3 = Bad Vöslau, 4 = Bad Fischau, 5 = Waldwirtquellen, 6 = Toiflquelle.. 68
Abb. 62: Beziehung von Seehöhe der Quellaustritte und Quelltemperatur für Quellen > 1 l/s; HTQ = Höllentalquellen, SQ = Schreierquelle, UN = Ursprung (Neustift).....69
Abb. 63: Beziehung von mittlerer EZG-Seehöhe zu ELF.....70
Abb. 64: Beziehung von mittlerer EZG-Seehöhe zu ELF (als durch Sulfatlösung beeinflusst eingestufte Quellen nicht berücksichtigt); rote Linie = durch Regression bestimmte Höhenabhängigkeit der ELF; ΔELF = Abweichung eines ELF-Messwertes von der Regressionslinie; UQ = Ursulaquelle.....71
Abb. 65: Beziehung von mittlerer EZG-Seehöhe zu HCO_3^--Gehalt der Quellwässer und Vergleich mit ELF.....71
Abb. 66: mittlerer ΔELF-Wert der Quellen nach Schüttungsklassen.....73
Abb. 67: Mittlerer Jahresniederschlag NÖs (1961-1990), Daten aus Digitalem Hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW 2007).....73
Abb. 68: mittlerer ΔELF-Wert der Quellen nach Niederschlagsklassen.....74

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Überblick über den Ursprung der Quelldaten.....19
Tab. 2: Ergebnisse der chemischen Analysen sowie Feldparameter der Waldwirtquellen.....53
Tab. 3: Ergebnisse der chemischen Analysen der beprobten Quellen und Feldparameter (Q: * = gemessen, Rest geschätzt).....57
Tab. 4: Anzahl der Quellen nach den Grundwassertypen nach (FURTAK & LANGGUTH 1967).....59
Tab. 5: Statistische Kennzahlen der Quellaustritts-Seehöhen.....65
Tab. 6: Statistische Kennzahlen der Quellschüttung.....65
Tab. 7: Statistische Kennzahlen der ELF.....66
Tab. 8: Statistische Kennzahlen der Quelltemperatur (für Quellen > 1 l/s).....67
Tab. 9: Mittlerer ΔELF-Wert und mittlere Schüttung der Quellen nach Lithologie.....72

DANK

Zu allererst möchte ich meinem Betreuer Lukas Plan einen großen Dank aussprechen, der mir die Mitarbeit am NÖ-Karst-Projekt ermöglicht hat und durch zahlreiche Diskussionen und Hilfestellungen einen wichtigen Beitrag zur Entstehung dieser Arbeit geleistet hat. Besonderer Dank gilt außerdem Rudolf Pavuza für das Analysieren meiner zahlreichen Wasserproben und aufschlussreiche fachliche Diskussionen.

Ich möchte mich an dieser Stelle auch bei den zahlreichen Personen bedanken, die für die Masterarbeit Quelldaten zur Verfügung gestellt haben. Der Dank geht an Kurt Luger und Thomas Ehrendorfer (Abteilung Hydrologie und Geoinformation, Land NÖ), Dieter Haas (ÖBB Infra) und Robert Holzer (Geoconsult) für die Daten des Quellmonitorings Semmering-Basistunnel, Andreas Tomenendal (MA 31 - Wiener Wasser) für die Messreihen der Quellen der I. Wiener Hochquellwasserleitung, Gerhard Schubert (Geologische Bundesanstalt) für die Quelldaten des Projektes Hydro Ybbs-West, und Harald Haseke für die Ergebnisse der Quellkartierung im Wildnisgebiet Dürrenstein. Danke auch an Kurt Novotny, der den Zugang zu den gefassten Quellen der Gemeinde Gutenstein ermöglicht hat.

Vielen Dank auch an Martin Kralik und Ralf Benischke, die mit ihrer Expertise wertvollen Input zur Definition des Begriffes “Karstquelle” geliefert haben.

Weiterer Dank gilt meinen Studienkollegen Niklas Gallati und Alma Kleyhons sowie meiner Schwester Lisa für ihre Unterstützung bei der Geländearbeit.

Abschließend möchte ich mich noch bei meinen Eltern bedanken, die mir ihr Auto für die Quellkartierung zur Verfügung gestellt haben und mich über all die Jahre meines Studiums in jeder Hinsicht bestmöglich unterstützt haben.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit soll ein Überblick über die räumliche Verbreitung, die Eigenschaften und Dynamik von Karstquellen in Niederösterreich (NÖ) gegeben werden, mit Fokus auf die Parameter Schüttung, elektrische Leitfähigkeit (ELF) und Temperatur. Zu diesem Zweck wurden Daten aus zahlreichen Datenquellen mit denen des Projektes NÖ-Karst und eigenen Kartierungsergebnissen zu einer digitalen Karte bzw. Datenbank zusammengefasst. Im Gelände wurden bei 477 Quellen die Hauptparameter bestimmt, sowie an 63 ausgewählten Standorten Wasserproben zur chemischen Analyse genommen. Zusätzlich wurden langjährige Messreihen bedeutender Karstquellen aus dem Messnetz des Hydrographischen Dienstes NÖs sowie von der MA 31 - Wiener Wasser ausgewertet und interpretiert. Insgesamt wurden Daten von 2169 Quellen zusammengetragen.

Der überwiegende Anteil der erfassten Quellen befindet sich in den Nördlichen Kalkalpen (NKA), wobei auch im Zentralalpinen Permomesozoikum, der Waschbergzone und der Böhmischen Masse Karstquellen auftreten, denen teilweise regionale Bedeutung für die Trinkwasserversorgung zukommt. Anhand der ausgewerteten Zeitreihen konnte festgestellt werden, dass für den Jahresgang der Quellparameter (Schüttung, Temperatur, ELF) vor allem in den höheren Lagen der NKA die Schneeschmelze der dominierende Faktor ist. Sie erreicht je nach Höhenlage des Einzugsgebietes (EZG) ihren Höhepunkt zwischen März und Mai. Die Ganglinien von Temperatur und ELF verlaufen meist gegengleich zu jener der Schüttung. Es zeigt sich weiters, dass die Parameter von Quellen im Kalk eine stärkere Dynamik aufweisen als jene, in deren EZG Dolomit vorherrscht. Die höchsten Schüttungsspitzen werden bei einigen Quellen nach Starkniederschlägen im Sommer erreicht, wobei die Steinbachquelle im Ybbstal mit einem Maximum von fast 15 m^3/s heraussticht. Die größte mittlere Schüttung weist die Große Mühlquelle im Ötschergebiet mit 644 l/s auf, bei Betrachtung des Medians liegt die Kaiserbrunnquelle (Schneeberg) mit 563 l/s voran. Aus den chemischen Analysen geht hervor, dass Kalk-, Dolomit- und Mischquellen in NÖ weit verbreitet und in ähnlicher Häufigkeit vorkommen. Regional sind außerdem Gipsquellen von Bedeutung, die sich durch eine deutlich höhere Gesamtmineralisierung auszeichnen.

Die gesammelten Daten wurden im Detail statistisch ausgewertet, auch im Hinblick auf Zusammenhänge der Quellparameter mit Seehöhe, Niederschlag und Lithologien. Dabei konnte eine mittlere Temperaturabnahme mit steigender Seehöhe von 0,47 °C / 100 m ermittelt werden, die etwa dem Gradienten der Lufttemperatur in den Ostalpen entspricht. Die Auswertungen zeigen eine negative Korrelation der ELF mit der EZG-Seehöhe, die durch eine Abnahme der Bodenbedeckung und dadurch verringerte CO_2-Aufnahme des Niederschlagswassers erklärt werden kann. Dies führt zu schwächerer Kalklösung, was sich an niedrigeren HCO_3^--Gehalten erkennen lässt. Die untersuchten Kalkquellen haben, wenn man den Höheneffekt korrigiert, im Mittel eine um 30 µS/cm höhere ELF als Dolomitquellen. Ein Unterschied konnte auch zwischen den in NÖ weit verbreiteten Haupt- und Wettersteindolomit festgestellt werden, wobei letzterer durchschnittlich 13 µS/cm mehr aufweist. Dies deutet auf längere Verweilzeiten des Quellwassers aufgrund von schlechterer Verkarstungsfähigkeit hin. Die Daten deuten auch auf eine negative Korrelation der ELF mit der Schüttung und dem mittleren Jahresniederschlag hin.

ABSTRACT

The goal of the following thesis is to provide an overview of the spatial distribution, the properties and the dynamics of karst springs in the Austrian province of Lower Austria, with a focus on the parameters discharge, electrical conductivity (EC) and temperature. For this purpose data from various sources were combined with results from the NÖ-Karst project and own field mapping to a digital map and database. In the field, the main parameters were determined at 477 springs and water samples were collected at 63 selected sites for chemical analysis. In addition, long-term measurement series provided by the Hydrological Service of Lower Austria and the Municipal Department 31 - Vienna Water were evaluated and interpreted. In total, data from 2169 springs were assembled.

While the vast majority of the collected springs is located in the Northern Calcareous Alps (NCA), karst springs can also be found in the permo-mesozoic Central Alpine units, the Waschberg Zone and the Bohemian Massif, where they are of regional importance for the supply of drinking water. On the basis of the evaluated time series it could be determined that for the annual course of the spring parameters (discharge, EC, temperature) the snow melt is the dominating factor, especially in the higher altitudes of the NCA. Depending on the altitude of the catchment area it reaches its peak between March and May. The curves for temperature and EC are mostly inverse to the annual course of the discharge. Springs in limestone areas tend to show a greater dynamic in the course of their spring parameters than springs with a dolomitic catchment. For some springs the highest discharge peaks are reached after heavy precipitation events in the summer rather than during the snow melt, whereby the Steinbachquelle stands out with maxima of almost 15 m^3/s. Out of the analyzed springs, the Große Mühlquelle in the Ötscher area has the highest mean discharge at 644 l/s, while the Kaiserbrunnquelle (Schneeberg area) has the highest median discharge at 563 l/s. The chemical analyses show that limestone springs, dolomite springs and mixed springs are widespread in Lower Austria and occur with similar frequency. Regionally, gypsum springs are also of importance. They are characterized by a significantly higher total mineralization.

The assembled data were statistically evaluated in detail, also with regard to the correlation of spring parameters with altitude, precipitation and lithologies. A mean temperature decrease with increasing sea level of 0.47 °C / 100 m could be determined, which corresponds approximately to the gradient of the air temperature in the Eastern Alps. The evaluations show a negative correlation of EC with mean catchment altitude, which can be explained by a decrease of soil cover thickness and thus reduced CO_2 enrichment of the precipitation water. This limits the capacity for limestone solution, which can also be observed in the HCO_3-data. The investigated limestone springs on average have an EC 30 µS/cm higher than dolomite springs, when the altitude effect is taken into account. A difference could also be observed between the two most common types of dolomite in Lower Austria, the Hauptdolomit and the Wettersteindolomit. The latter has an average EC 13 µS/cm higher which points to longer residence times of the spring water due to poorer karstification properties. The data also indicate a negative correlation of EC with discharge and mean annual precipitation.

1. Einleitung

Karstgebiete nehmen etwa ein Fünftel des österreichischen Staatsgebietes ein. Durch ihre vorwiegende Lage am Nordrand der Alpen begünstigt fällt jedoch fast die Hälfte des Niederschlages in diesen Gebieten, wodurch ihre außergewöhnliche Bedeutung als Trinkwasserspeicher begründet ist (PAVUZA & PLAN 2011). Österreichweit beziehen etwa 50 % der Bevölkerung Trinkwasser aus Karstgebieten. Die Wiener Wasserversorgung wird zu rund 95 % von Karstwasser gedeckt, wobei die Mehrheit der Quellen der I. Wiener Hochquellenwasserleitung auf niederösterreichischem Gebiet liegen (KRALIK 2001).

Doch aus Karstquellen zutage tretendes Wasser ist nicht nur als Trinkwasser bedeutend, zahlreiche teils wirtschaftlich genutzte Thermal- Heil-, und Mineralwässer stammen ebenso aus Karstquellen. Auch stellen Karstquellen durch ihren außergewöhnlichen Artenreichtum besonders schützenswerte Biotope dar. Viele größere Karstquellen sind imposante Erscheinung und maßgebliche Elemente des Landschaftsbildes und daher zu Naturdenkmälern erklärt worden.

Diese Arbeit ist im Rahmen des Projektes *NÖ-Karst - Digitale karstgeomorphologische Karte Niederösterreichs* der Karst- und Höhlen-Arbeitsgruppe des Naturhistorischen Museums Wien (Projektleiter Lukas Plan) entstanden. Das seit 2016 laufende Projekt hat zum Ziel, vorhandene Kartierungen in Niederösterreich zu digitalisieren und weitere Karsterscheinungen in systematisch zu kartieren. Die vorliegende Arbeit beleuchtet dabei den Aspekt der Karstquellen im Detail.

1.1. Ziele der Arbeit und Forschungsfragen

Ziel dieser Masterarbeit ist es, die im Zuge des Projektes zusammengetragenen Daten mit selbst im Gelände erhobenen Daten zu ergänzen und eine GIS-basierte Karte der Karstquellen Niederösterreichs zu erstellen. Anhand dieser reichen Datengrundlage sollen außerdem Zusammenhänge zwischen Quellparametern wie elektrischer Leitfähigkeit und den Lithologien bzw. stratigraphischen Einheiten im Einzugsgebiet identifiziert und quantifiziert werden. Zu diesem Zweck werden Wasserproben von Quellen aus unterschiedlicher geologischer Position genommen und analysiert. Auch die bekannte Abnahme der elektrischen Leitfähigkeit mit zunehmender Seehöhe des Einzugsgebiets soll mithilfe der Datengrundlage für das Untersuchungsgebiet quantifiziert werden. Besonders bedeutende Karstquellen sollen genauer charakterisiert werden, wenn verfügbar durch die statistische Auswertung von langjährigen Messreihen.

1.2. Definition einer Karstquelle

Die genaue Abgrenzung des Begriffes *Karstquelle* ist nicht trivial und in der Fachliteratur findet man unterschiedliche, teils widersprüchliche Definitionen. *Karst* bezeichnet nach einer gängigen Definition eine Landschaft mit charakteristischer Entwässerung und charakteristischen Landformen (z.B. Höhlen, Dolinen, Karren, Ponore), die von einer Kombination aus hoher Löslichkeit des Gesteins und gut ausgeprägter sekundärer Porosität herrühren (FORD & WILLIAMS 2007: 1). In der ÖNORM B 2400 (2015: 28) ist eine Quelle als "räumlich begrenzte, natürliche Austrittsstelle von unterirdischem Wasser" definiert.

Die Kombination dieser beiden Definitionen ist jedoch in mehrfacher Hinsicht problematisch, da beispielsweise Quellen in Karstgebieten nicht zwingend Karstwasser führen. Außerdem können auch Quellen in Gebieten mit überwiegend kristallinen Gesteinen durch Lösung von karbonatischen Kluftfüllungen entstanden sein und somit als Karstquellen klassifiziert werden (BENISCHKE et al. 2016). Nach BÖGLI (1980: 120) sind Karstquellen Wasseraustritte aus karsthydrologisch aktiven Hohlräumen in wasserlöslichen gesteinen, sowohl an der Erdoberfläche als auch unterirdisch. Diese Definition inkludiert auch Höhlenquellen, die von zahlreichen anderen Definitionen nicht berücksichtigt werden werden. Parameter wie etwa Ionengehalte, Temperatur- oder Schüttungscharakteristiken können zwar als Indizien für Karstquellen dienen, sind jedoch keine Alleinstellungsmerkmale und daher für eine Begriffsdefinition nicht zielführend (BÖGLI 1980). Hohe Schüttungsschwankungen, wie sie bei vielen (jedoch nicht allen) Karstquellen zu beobachten sind, sind nicht auf diese beschränkt. Das definierende Element ist vielmehr die Herkunft des Wassers aus durch Gesteinslösung entstandenen Hohlräumen.

Generell ist eine Quelle im Gelände nur dann eindeutig als Karstquelle zu bestimmen, wenn der Quellaustritt selbst als Karsthohlraum erkennbar ist. Dolomitgesteine sind eher durch engscharige Klüftung als durch größere Karsthohlräume charakterisiert. Eine Abgrenzung zwischen Quellen aus geklüftetem, nicht verkarstetem jedoch verkarstungsfähigem Festgestein, und Quellen aus verkarstetem Festgestein ist hier schwierig, oft ist der Übergang fließend (BENISCHKE et al., 2016). Bei den Kartierungen im Rahmen dieser Arbeit wurde die Definition in solchen Grenzfällen großzügig ausgelegt. Quellen aus verkarstungsfähigem Gestein, deren Mineralisierungsgrad auf signifikante Lösungsprozesse hinweist wurden generell als Karstquellen behandelt.

Karstquellen können aus verschiedenen Blickwinkeln beschrieben und in Untergruppen eingeteilt werden. Anhand der Morphologie des Quellaustrittes können etwa Quellspalten, Quelltöpfe oder Quellhorizonte unterschieden werden. In Hinblick auf die geologische Stellung und den damit in Verbindung stehenden Lösungsinhalt wird zwischen Kalk-, Dolomit-, und Gipsquellen differenziert, wobei vielfach Mischformen anzutreffen sind. Weitere mögliche Unterscheidungen sind zwischen freien (direkt aus verkarstetem Gestein austretenden) und verdeckten (in anlagernde Lockersedimente infiltrierende) oder zwischen perennierenden (ganzjährig wasserführenden) und episodischen (trockenfallenden) Karstquellen (BENISCHKE et al., 2016).

2. Untersuchungsgebiet

2.1. Geographischer Überblick

Mit einer Fläche von 19.186 km² ist Niederösterreich (NÖ) das größte Bundesland Österreichs. Davon entfallen 49 % auf landwirtschaftlich genutzte Flächen, 39 % auf Wälder und nur 12 % auf sonstiges (Baufläche, Gewässer, etc.; LAND NÖ 2012). Naturräumlich kann NÖ in folgende Großregionen gegliedert werden (Abb. 1):

1 Nördliches Granit- und Gneishochland
2 Nördliches Alpenvorland
3 Östliche Nordalpen
4 Zentralalpen
5 Pannonisches Flach- und Hügelland

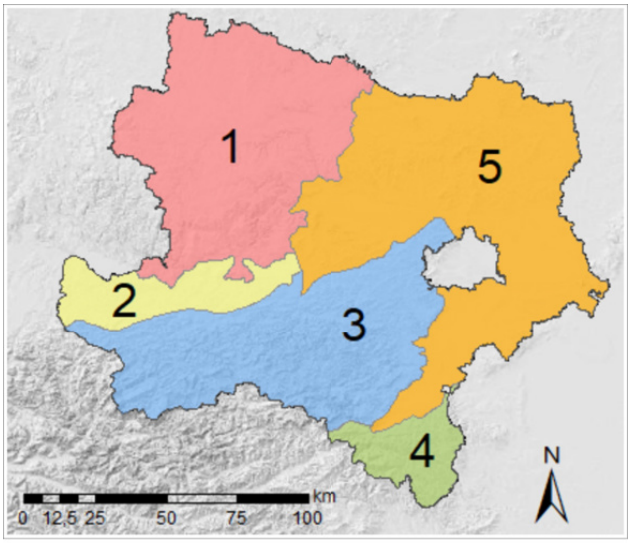


Abb. 1: Naturräumliche Gliederung NÖs. Nummerierung siehe Text (SAUBERER & GRABHERR 1995).

Die höchste Erhebung ist der Schneeberg mit 2076 m. ü. A. Weitere nennenswerte Bergmassive sind Rax (2007; höchster Punkt auf NÖ Gebiet 1943 m), Ötscher (1893 m), Dürrenstein (1878 m), Schneealpe (1828 m in NÖ), Hochkar (auch Göstlinger Alpen; 1808 m) und Göller (1766 m). Der tiefste Punkt befindet sich mit 137 m. ü. A. in der Gemeinde Berg nahe der Grenze zur Slowakei und zum Burgenland.

2.2. Hydrologie

2.2.1. Klima

Das Jahresmittel der Lufttemperatur bewegt sich in Niederösterreich zwischen etwa 0 °C auf den höchsten Berggipfeln und knapp über 10 °C im Raum Wien. Der mittlere Jahresniederschlag zeigt eine große Variabilität. Während sich im Norden und Nordosten (z.b. Kamptal, Pulkautal) mit Werten unter 500 mm die trockensten Gebiete Österreichs befinden, werden in den Nordstaulagen des südlichen Mostviertels mittlere Jahresniederschläge bis über 1800 mm erreicht (Abb. 2; BMLFUW 2007).

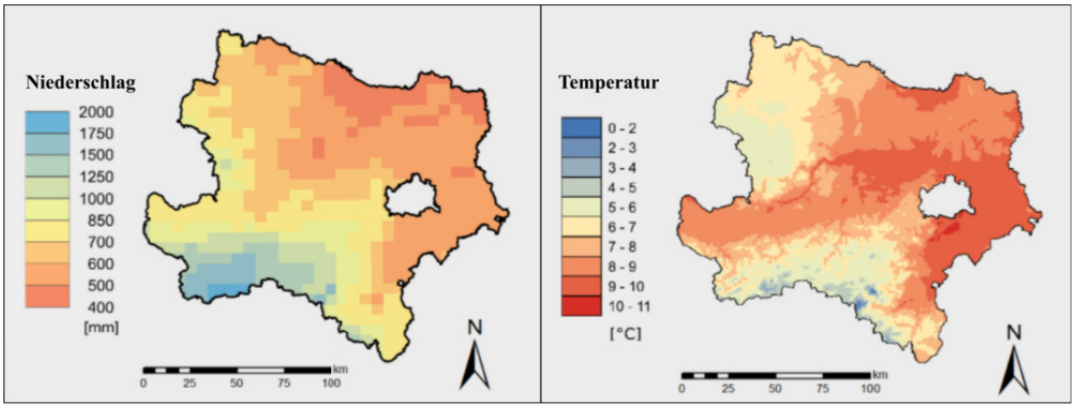


Abb. 2: Mittlerer Jahresniederschlag (li.) und Jahresdurchschnittstemperatur (re.) NÖs (1961-1990), Daten aus Digitalem Hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW 2007).

2.2.2. Schneeverhältnisse

Vor allem in den höher gelegenen Teilen NÖs fällt ein beträchtlicher Anteil des Jahresniederschlags in Form von Schnee. In Lagen oberhalb von 1500 m liegt im langjährigen Mittel mehr als 6 Monate pro Jahr Schnee. Im Mittel gibt es in diesen Lagen zwischen der dritten November-Woche und der letzten April-Woche durchgehend eine geschlossene Schneedecke. Durch diese Speicherkapazität hat das im Schnee gebundene Wasser einen großen Einfluss auf die Abflussverhältnisse. Im Flachland liegt der Wert meist zwischen 20 und 40 Tagen (Abb. 3; (SCHÖNER & MOHNL 2007).

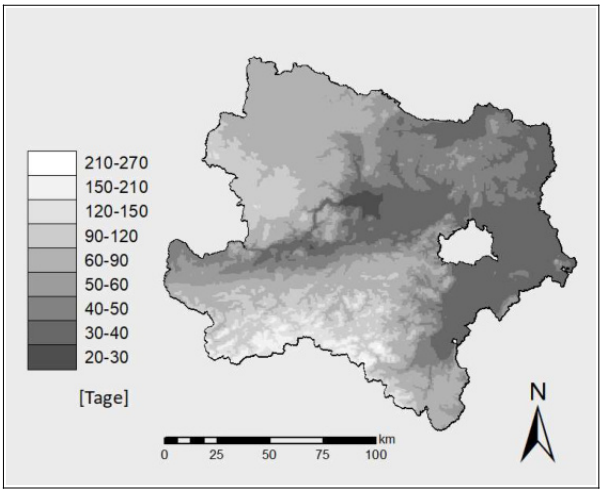


Abb. 3: Mittlere Dauer der Schneebedeckung (1961-1990), Daten aus Digitalem Hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW 2007).

2.2.3. Entwässerung

Der Großteil NÖs wird über die Donau bei Hainburg in Richtung Osten ins Schwarze Meer entwässert. Nur das den äußersten Nordwesten des Waldviertels umfassende Einzugsgebiet der Lainsitz entwässert über Moldau und Elbe in die Nordsee. Der Südosten des Landes wird mit Leitha, Rabnitz und Raab von mehreren Flüssen, die in Ungarn in die Donau münden entwässert. Das Quellgebiet der Stillen Mürz zählt zum Einzugsgebiet (EZG) der Mur, die über die Drau in Kroatien in die Donau mündet (Abb. 4; BMLFUW 2007). Die bedeutendsten Zubringer der Donau sind Enns und March, deren Einzugsgebiete großteils außerhalb NÖs liegen. Die nächstgrößten Flüsse sind Ybbs (mittlerer Durchfluss (= MQ) Pegel Greimpersdorf = 31,4 m³/s), Erlauf (MQ Pegel Niederndorf = 15 m³/s) und Traisen (MQ Pegel Windpassing = 14,8 m³/s) (BMLFUW 2013). Abbildung 5 zeigt die Flussgebietsgrenzen nach der Einteilung des Bundesministeriums für Landwirtschaft und einige der wichtigsten Flussläufe.

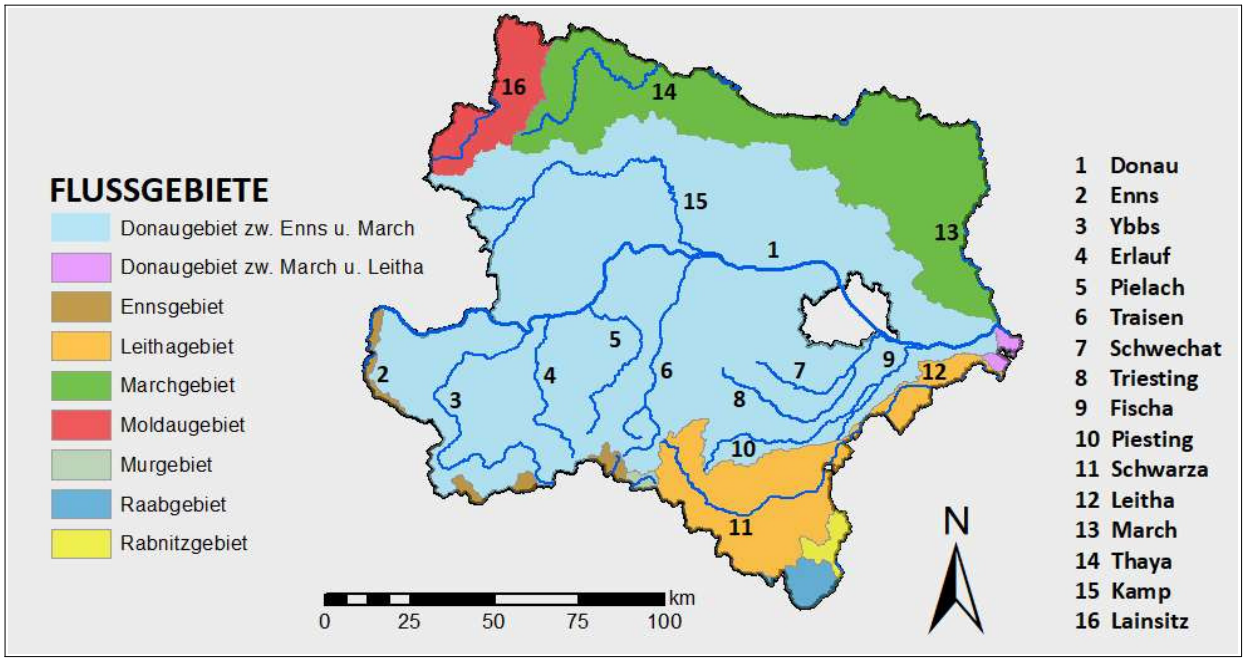


Abb. 4: Einteilung Niederösterreichs in Flussgebiete und wichtigste Flussläufe, Daten aus Digitalem Hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW 2007).

2.3. Geologischer Überblick

Niederösterreich zeichnet sich durch eine ausgesprochen große geologische Vielfalt aus. Das Bundesland hat Anteil an sämtlichen tektonischen Großeinheiten der Alpen, dem variszischen Kristallin der Böhmischen Masse und zu einem kleinen Teil auch an den Karpaten (SCHNABEL et al. 2002). Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die wichtigsten tektonischen Einheiten und ihren Gesteinsinhalt mit besonderem Augenmerk auf die hydraulischen Eigenschaften und Verkarstungsfähigkeit gegeben werden. Abbildung 7 zeigt die Verbreitung von Karbonatgesteinen, die den mit Abstand größten Teil der Karstgebiete aufbauen.

2.3.1. Böhmische Masse

Die Böhmische Masse ist Teil des variszischen europäischen Grundgebirges und erstreckt sich in Niederösterreich über den Großteil des Waldviertels sowie den Dunkelsteiner Wald und die Neustadtler Platte südlich der Donau (SCHNABEL et al. 2002). Die hier dominierenden Kristallingesteine (z.B. Granit, Gneis, Amphibolit) sind generell nur sehr gering durchlässig. Vereinzelte Marmoreinschaltungen in der Bunten Serie des Moldanubikums können als lokale, mäßig ergiebige Karstgrundwasserleiter fungieren (SCHUBERT 2006).

2.3.2. Molassezone

Die Molassezone bildet das nördliche Vorland der niederösterreichischen Alpen. Sie erstreckt sich vom Donauraum im westlichen Niederösterreich bis ins westliche Weinviertel und besteht überwiegend aus klastischen Sedimenten, die ab dem Eozän in einem Meeresbecken zwischen der Böhmischen Masse und den Alpen abgelagert wurden. Der südlichste Abschnitt, die allochthone oder "subalpine" Molasse, wurde von ihrem ursprünglichen Untergrund abgeschert und bildet die jüngste tektonische Einheit des Alpennordrandes. Sie setzt sich nördlich der Donau in Form der Waschbergzone fort, die auch aufgeschuppte Klippen des ehemaligen Molasseuntergrundes enthält. In diesen Klippen treten auch gut verkarstungsfähige mesozoische Kalke auf wie etwa jene der Ernstbrunn-Formation. Autochthone, verkarstete Karbonate im Molasseuntergrund beinhalten große Thermalwasservorkommen, wie sie etwa in Laa an der Thaya erbohrt wurden (SCHUBERT 2006; WESSELY 2006).

2.3.3. Wiener Becken

Das Wiener Becken ist ein in Folge der N-S-Kompression der Ostalpen und einer damit verbundenen Extrusion nach Osten entstandenes Pull-Apart-Becken. Es ist bis zu 6 km tief und besteht großteils aus einer Abfolge von Tonen, Sanden, Mergeln und Konglomeraten mit unterschiedlicher Permeabilität. Abdichtende Schichten leiten etwa Thermalwässer aus dem kalkalpinen Untergrund zu zahlreichen Austritten am Rande des südlichen Wiener Beckens (WESSELY 1983). Als verkarstungsfähige Gesteine sind vor allem der an den Beckenrändern weitverbreitete Leithakalk aus dem Badenium sowie Konglomerate und Brekzien mit karbonatischen Komponenten und kalkiger Zementation (z.B. Gainfarner Brekzie) hervorzuheben (PAVUZA et al. 1984).

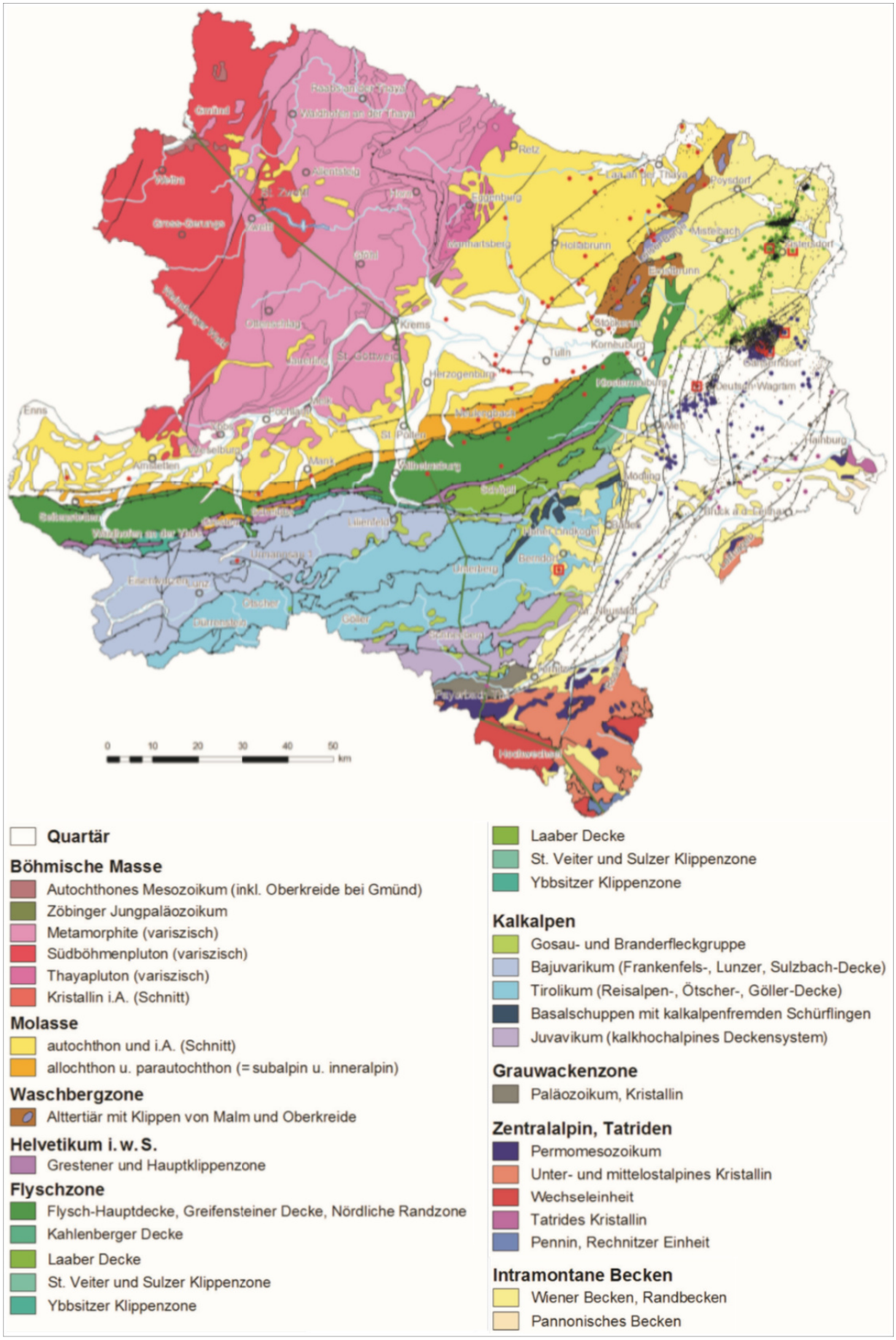


Abb. 5: Geologische Karte NÖs (WESSELY 2006).

2.3.4. Rhenodanubische Flyschzone

Die zum Penninischen Deckensystem der Alpen zählende Rhenodanubische Flyschzone schließt südlich an die Molassezone an und reicht im Osten bis zum Bisamberg nördlich von Wien. Sie besteht aus einer Wechselfolge von Mergel, Tonstein und Sandstein, die in einem an den Kontinentalhang grenzenden Tiefseetrog von der Kreide bis ins Eozän abgelagert wurde. Die Gesteine der Flyschzone sind großteils schlecht durchlässig und führen wenig Grundwasser. In diese zwischengeschaltet treten zum Helvetikum zählende Klippen aus Mergel, Sandstein und Kalk auf (z.B. Grestener Klippenzone; SCHUBERT 2006).

2.3.5. Nördliche Kalkalpen

Der Großteil der NÖ Alpen und mehr als ein Fünftel der Landesfläche gehört zu den Nördlichen Kalkalpen (NKA). Sie sind Teil des Oberostalpins, des tektonisch höchsten Teils der Ostalpen und werden in die tektonischen Einheiten des Bajuvarikums, des Tirolikums und des Juvavikums gegliedert (Abb. 6). Die Schichtfolge reicht vom Perm bis ins Paleozän, ist jedoch in den verschiedenen Deckeneinheiten unterschiedlich ausgeprägt. Dabei sind die hohen und mittleren Kalkalpeneinheiten durch mächtige Karbonatplatten mit großem Speichervermögen geprägt, während in den niederen Einheiten die Schichtfolge stärker zergliedert und die Wasserführung begrenzt ist (WESSELY 2006).

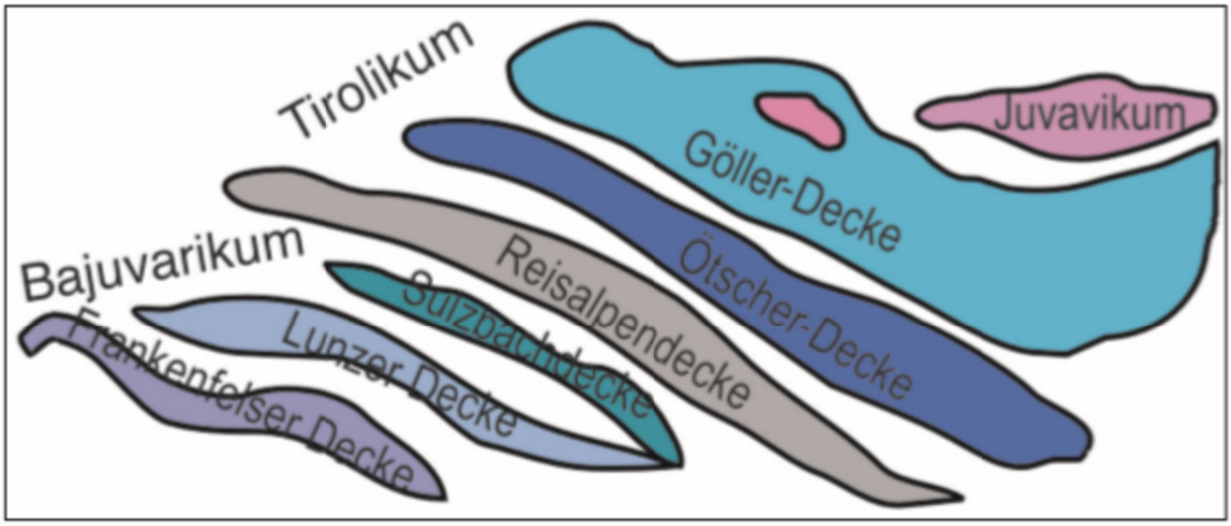


Abb. 6: Deckenbau der NKA in Niederösterreich (WESSELY 2006).

Die Kalkalpenbasis bilden in der Regel wasserstauende Ton- und Sandsteine sowie Evaporite des Haselgebirges (Perm) und der Werfener Schichten (Untertrias) wobei die teils mächtigen Gipseinschaltungen des Haselgebirges sehr gut verkarsten (SPENDLINGWIMMER 1984). In der Trias folgen bis zu mehrere Kilometer mächtige, oft stark verkarstete Karbonate wie der Gutensteiner Kalk (Mitteltrias), Wettersteinkalk (Mitteltrias bis unterste Obertrias) und Dachsteinkalk (Obertrias). Weit verbreitet sind auch Wettersteindolomit (Mitteltrias bis unterste Obertrias) und Hauptdolomit (Obertrias), die durch ihre starke Klüftigkeit ein besonders hohes Speichervermögen und hohe Grundwasserverweilzeiten aufweisen (SCHUBERT 2006). Typische Karsterscheinungen sind in den Dolomitgebieten seltener, wobei vor allem der Hauptdolomit gebietsweise auch stärker verkarstet sein kann (FINK 1999). Einen weitverbreiteten Stauhorizont stellen die Ton- und Sandsteine aus dem Karnium (Lunz-Formation, Nordalpine Raibler Schichten, etc.) dar. Im Jura und der Kreide dominieren gering durchlässige Mergel, Kieselkalke

und Radiolarite, gut verkarstungsfähige Karbonate wie in der Trias sind selten. Lokal bedeutende Ausnahmen sind z.B. der Hierlatz- und der Plassenkalk sowie die Oberseebrekzie.

Die von der Oberkreide bis ins Paleozän reichenden, teils diskordant lagernden Sedimente der Gosau-Gruppe sind durch ebenfalls eher gering durchlässige Sandsteine, Mergel und Konglomerate geprägt und stellen das jüngste Schichtglied der NKA dar (WESSELY 2006).

2.3.6. Grauwackenzone

Südlich an die NKA schließt als deren Basis die Grauwackenzone an, die ebenfalls zum Oberostalpin zählt. In NÖ tritt sie nur als schmaler Streifen im Semmeringgebiet auf. Hier überwiegen schwach metamorphe paläozoische Feinklastika (Phyllite, Tonschiefer) und Metavulkanite mit geringen Durchlässigkeiten. Dazwischen sind jedoch auch Karbonate eingeschaltet, mit teilweise größeren Karstgrundwasservorkommen (SCHUBERT 2006).

2.3.7. Unter- und Mittelostalpin ("Zentralalpin")

Teile des südöstlichen NÖ, im Semmering-Wechsel-Gebiet, der Buckligen Welt und dem Leithagebirge, zählen geologisch zu den Zentralalpen. Es wird zwischen einem Unter- und einem tektonisch darüberliegenden Mittelostalpin unterschieden, wobei beide Einheiten aus einem kristallinen Kern mit einer Hülle aus permomesozoischen (Meta-)Sedimentgesteinen bestehen (SCHNABEL et al. 2002). Deren Schichtfolge beginnt im Perm mit großteils wasserstauenden Quarziten und Phylliten über denen mächtige, oft intensiv verkarstete meist mitteltriassische Karbonate folgen. Diesen zwischengeschaltet sind Stauhorizonte aus Ton- und Sandstein (SCHUBERT 2006).

Die Hainburger Berge im äußersten Osten Niederösterreichs, die bereits zum Tatrikum der Karpaten gezählt werden, haben einen ähnlichen Aufbau, wobei die Kristallingesteine einen deutlich geringeren Metamorphosegrad als jene in den Zentralalpen aufweisen und das Permo-Mesozoikum weitgehend sehr ähnlich ist (SCHNABEL et al. 2002). Die Verkarstung ist hier durchaus stark, wenngleich Quellen aufgrund des geringen Niederschlages sehr selten sind (RIEDEL-TASCHNER 1992).

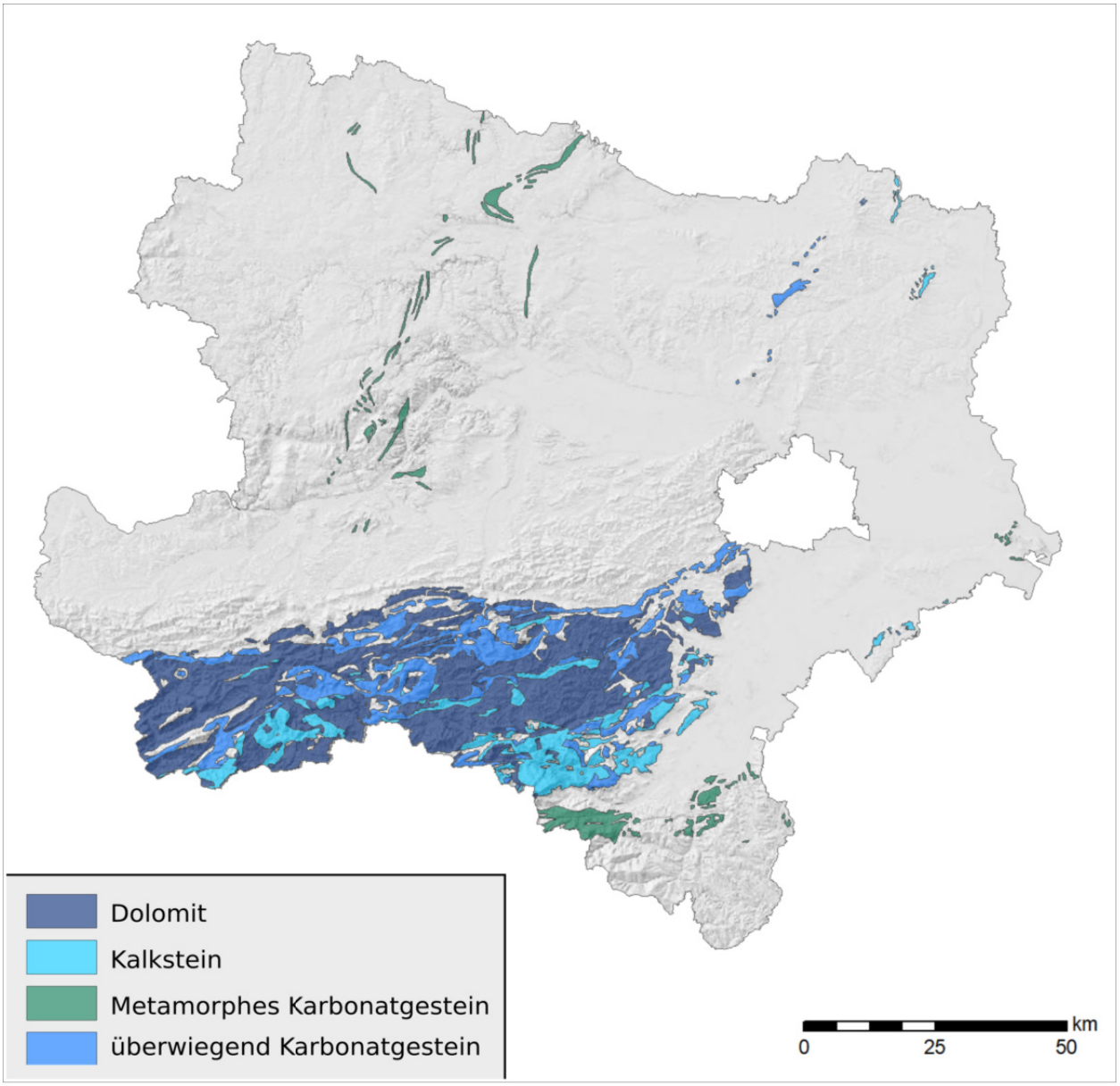


Abb. 7: Verbreitung von Karbonatgesteinen in NÖ, Daten verändert nach SCHUBERT (2006), Hillshade aus DGM 10 x 10 m des Landes NÖ (Quelle: data.gv.at).

3. Methodik

3.1. Verwendete Quelldaten und deren Kompilierung

Im Laufe des NÖ-Karst Projektes wurden bereits zahlreiche Karstquellen im Gelände kartiert oder aus Karten und Publikationen erfasst, digitalisiert und in eine GIS-Datenbank integriert. Diese Daten wurden durch weitere Literaturrecherche und gezielte Geländekartierungen ergänzt (Tab. 1). Es ist zu beachten, dass von den in Tab. 1 angeführten Quellen, nicht für alle vollständige Datensätze (Schüttung, ELF, Temperatur) vorliegen und von einigen nur der Standort. Zudem überschneiden sich die Untersuchungsgebiete einiger Datenquellen, wodurch nicht immer eindeutig geklärt werden konnte, ob es sich bei Punkten verschiedener Datenquellen um dieselbe Quelle handelt.

Tab. 1: Überblick über den Ursprung der Quelldaten.

Datenquelle	**Anzahl Quellen**
Kartierung im Rahmen der Masterarbeit	477
Kartierung im Rahmen des NÖ-Karst Projektes	613
Verband Österreichischer Höhlenforscher (Hrsg.): Karstverbreitungs- und Karstgefährdungskarten Österreichs - Blätter 61, 70, 72, 73, 4329	516
BEYER (2008): Karsthydrogeologische Untersuchungen im oberen Erlauf- und Salzagebiet, Niederösterreich	290
ELSTER et al. (2016): Thermalwässer in Österreich	23
ELSTER et al. (2018): Österreichs Mineral- und Heilwässer	1
FINK B. (2004): Hydrogeographische Untersuchungen im oberen Erlaufgebiet	83
FINK M. H. et al. (2005): Daten zur Karstverbreitung und Karstgefährdung in den östlichen Kalkhochalpen. – Speldok 16	79
STADLER et al. (2008): Hydrogeologie Schneeberg/Rax Endbericht	6
GBA (2005): Hydrogeologische Grundlagen in den Kalkvoralpen im SW Niederösterreichs	940
GBA (2018): Hydrogeologische Grundlagen Bucklige Welt	4
HACKER & SPENDLINGWIMMER (1984): Hydrogeologie im Einzugsgebiet der Erlauf und des Ötschers: Detailprojekt 1983	324
HASEKE (2014): Wildnis Dürrenstein: Projektbericht Quellaufnahme 2013	125
NARANY et al. (2019): Spatial and temporal variability in hydrochemistry of a small-scale dolomite karst environment	5
SALZER (1997): Erkundung unterirdischer Wasservorkommen in NÖ: Hydrogeologie der Karbonate zw. Wien-Fluß und Schwechat - Fluß im Wienerwald Bereich	12
ÖBB Infra – Quellmonitoring Semmering-Basistunnel	7
Inspektionsberichte von zur Trinkwasserversorgung von Gemeinden genutzten Quellen, (im Internet frei aufbar)	17
WISA (Wasserinformationssystem Austria)	10
SUMME	**3532**

3.2. Geländekartierung

An 31 Tagen im Zeitraum zwischen August 2019 und August 2020 wurden Quellkartierungen im Gelände durchgeführt. Hierbei wurde der Fokus auf Gebiete gelegt, aus denen noch keine oder wenige Daten vorliegen, was vor allem auf dolomitische Gebiete in den Voralpen zutraf. Die Datenerhebung erfolgte am Smartphone über die Android-App *Locus GIS*. Die erhobenen Quellen wurden via GPS lokalisiert, als Punkt-Features im Shapefile-Format gespeichert und mit Attributen für Schüttung, Temperatur und elektrische Leitfähigkeit (ELF) versehen. Als Orientierungshilfe im Gelände wurden ein schattiertes digitales Geländemodell (1x1 m), die als Web Map Service (WMS) abrufbaren geologischen Karten der Geologischen Bundesanstalt und eine OpenStreetMap- oder ÖK50-Basiskarte verwendet. Die Kartierungen wurden in der Regel während Trockenwetterperioden durchgeführt und die erhobenen Messwerte repräsentieren daher meist Niedrigwasser-bedingungen.

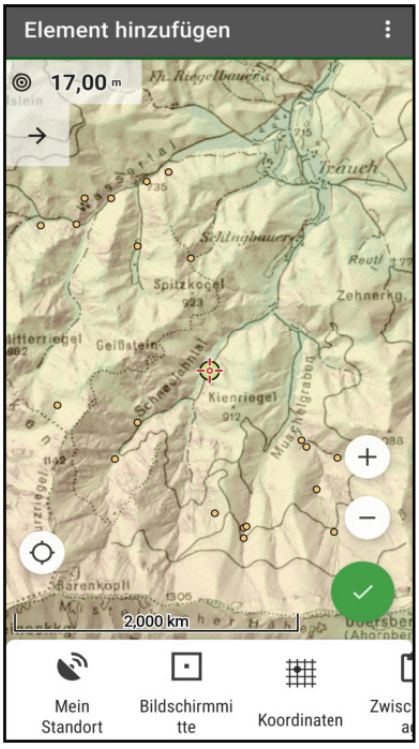


Abb. 8: Kartierung mit Locus GIS. Quellen als Punkt-Features aufgenommen (orange).

An 63 Quellen wurden Wasserproben zur Bestimmung der hydrochemischen Fazies genommen. Zur Beprobung ausgewählt wurden Quellen, die durch ihre Schüttung, geologische Position oder auffällige ELF- oder Temperatur-Messwerte von besonderem Interesse waren. Bei der Probennahme wurden die Plastikfläschchen zuerst dreimal mit Quellwasser ausgespült, dann möglichst bis zum Rand aufgefüllt und verschlossen. Bis zur Analyse im Labor wurden die Proben im Kühlschrank gelagert.

3.3. Feldmessung von Quellparametern

3.3.1. Elektrische Leitfähigkeit und Temperatur

Zur Abschätzung der Gesamtmineralisierung der Quellwässer wurde im Gelände die elektrische Leitfähigkeit (ELF) bestimmt. Hierfür wurde das Messgerät PCE-PHD-1 des Herstellers *PCE Instruments* verwendet (Abb. 9). Die ELF (Einheit: µS/cm) ist eine temperaturabhängige Größe und wird üblicherweise auf eine Referenztemperatur von 25 °C bezogen. Das Gerät misst parallel die Temperatur und führt eine automatische Kompensation durch, sodass direkt die ELF bei Referenztemperatur abgelesen werden kann.

Die Elektrode wurde bei den Messungen möglichst nahe am Quellaustritt platziert, um eine Beeinflussung der Temperatur durch die Umgebungsluft zu minimieren. Die Werte für ELF und Temperatur wurden abgelesen, sobald (meist nach einigen Minuten) stabile Werte erreicht wurden. Um eine hohe Messgenauigkeit zu gewährleisten, wurde das Gerät regelmäßig (etwa alle 2 Monate) mit einer 0,01 M KCL-Lösung auf 1413 µS/cm kalibriert.

Abb. 9: ELF- und Temperatur-Messung mit PCE-PHD-1-Messgerät.

3.3.2. Schüttung

Die Quellschüttung (Q) wurde im Gelände auf unterschiedliche Arten bestimmt. Bei kleineren Quellen wurde in der Regel ein einfacher Schätzwert notiert. Wenn möglich, etwa bei Quellen, deren Abfluss durch ein Rohr abgeleitet wird, wurde mithilfe eines Kübels oder Messbechers die Schüttung pro Zeit gemessen und auf Liter pro Sekunde umgerechnet.

Bei einigen größeren, schwerer abschätzbaren Quellen wurde eine Schüttungsmessung mit der Salzverdünnungsmethode durchgeführt. Hierbei wird eine zuvor genau eingewogene Menge Kochsalz (NaCl) in Quellwasser aufgelöst und nahe des Quellaustrittes zugegeben. Die Salzmenge sollte etwa 2-5 g pro Liter Durchfluss betragen. Währenddessen wird in einer Distanz, in der komplette Durchmischung angenommen werden kann (Faustregel: 20 - 50 * mittlere Gerinnebreite), im Sekundenintervall die ELF aufgezeichnet. Durch die Salzzugabe kommt es zu einem vorübergehenden Anstieg der ELF. Die Messung wird beendet sobald die Grundleitfähigkeit (der natürliche ELF-Wert vor Salzzugabe) wieder erreicht worden ist (LUDER 1994).

Abb. 10: Schüttungsmessung bei der Karstquelle "Höhlenseige" am 7.5.2020: Eingabe von Salzlösung beim Quellaustritt (li.) und Messung der ELF stromabwärts (re.).

Mit dem PCE-Leitfähigkeitsmessgerät wurde kontinuierlich, im Abstand von 1 Sekunde, die ELF gemessen und auf einer Speicherkarte, in Tabellenform gespeichert. Die resultierende ELF-Kurve einer solchen Messung ist beispielhaft in Abb. 11 dargestellt. Die Fläche zwischen der Kurve und der Grundleitfähigkeit ist hierbei umgekehrt proportional zur Schüttung.

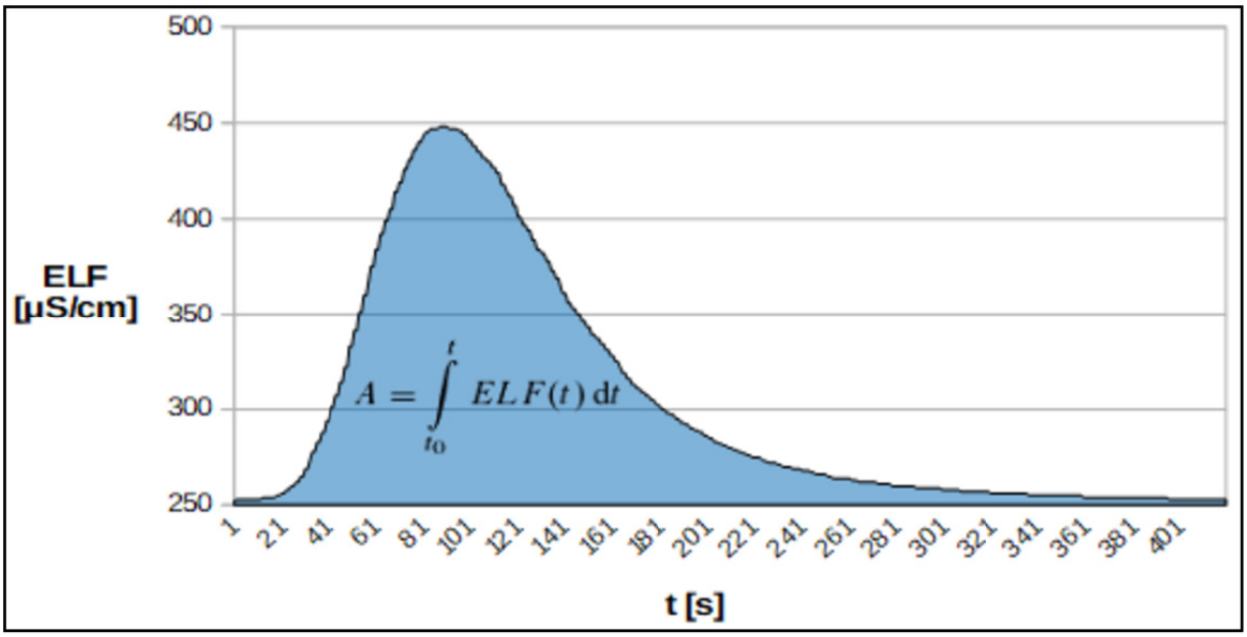


Abb. 11: ELF-Kurve während der Messperiode einer Schüttungsmessung mit der Salzverdünnungsmethode (Grundleitfähigkeit ist im Diagramm abgezogen).

Da diese Fläche dem Produkt aus der mittleren ELF-Erhöhung während der Messperiode und der Messdauer entspricht, lässt sich die Schüttung mit hilfe folgender Formel bestimmen:

$$Q = \frac{m}{k \cdot (C_{ges} - (C_0 \cdot N)) \cdot t}$$

Q = Schüttung [l/s]
m = Salzmenge [mg/l]
k = Eichkoeffizient [(mg/l)/(µS/cm)]
C_{sum} = Summe aller Messwerte [µS/cm)]
C_0 = Grundleitfähigkeit [µS/cm)]
N = Anzahl der Messwerte
t = Messintervall [s]

Der Eichkoeffizient k beschreibt den ELF-Anstieg mit der Salzkonzentration und ist abhängig von der Grundleitfähigkeit, der Zusammensetzung des Salzes und dem verwendeten Gerät. Sein Wert liegt in der Regel zwischen 0,45 und 0,6 und muss für eine möglichst hohe Genauigkeit vor jeder Messung durch Kalibration ermittelt werden. Aus Gründen der Zeitersparnis wurde darauf jedoch verzichtet und ein Wert von 0,5 verwendet, weshalb die Messwerte mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind.

3.4. Hydrochemische Laboranalytik

Die Wasserproben wurden im Labor mit der Hilfe von Dr. Rudolf Pavuza von der Karst- und Höhlen-Arbeitsgruppe analysiert. Es wurde der Gehalt der gelösten Ionen in mg/l bestimmt. Getestet wurde auf Calcium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Hydrogencarbonat (HCO_3^-), Natrium (Na^+) und Sulfat (SO_4^{2-}). Die Titrationsmethoden wurden mit jeweils 20 ml der Probe durchgeführt. Gemessen wird der Verbrauch in ml und die Konzentration in mg/l berechnet. Für die Messung mittels ionensensitiver Elektrode wurde die ganze Probenmenge verwendet.

Ca^{2+} und Mg^{2+}

Zur Bestimmung des Ca^{2+} wurde eine komplexometrische Titration mit 0,01-M Komplexon („K-III“) durchgeführt, die Probe wurde dabei unter der Zugabe von NaOH auf einen pH-Wert von 12 eingestellt. Als Farbindikator wurde Calconcarbonsäure („CalRed“) verwendet. Danach wurde die Summe von Ca^{2+} und Mg^{2+} bestimmt. Hierfür wurde eine komplexometrische Titration mit 0,01-M K-III bei einem pH-Wert von 10, den man durch das Beimengen einer NH_3/NH_4Cl-Pufferlösung erhält, durchgeführt. Der Mg^{2+}-Gehalt kann aus der Differenz von I. und II. (Ca^{2+} bzw. $Ca^{2+} + Mg^{2+}$) berechnet werden (MERCK 1975: 36ff.).

Aus dem Verhältnis von Ca^{2+} und Mg^{2+} lassen sich Rückschlüsse auf die Verbreitung von Kalk und Dolomit im EZG ziehen. So werden nach einer Einteilung von PAVUZA & TRAINDL (1983), die auf der petrographischen Klassifikation von PETTIJOHN (1957) basiert, Wässer mit einem Ca/Mg-Verhältnis < 2 als Dolomitwässer klassifiziert. Werte zwischen 2 und 4,5 entsprechen kalkigen Dolomitwässern und > 4,5 Kalkwässern.

HCO_3^{2-}

Die Hydrogenkarbonatkonzentration wurde mittels acidimetrischen Titration mit 0,025-M HCl unter der Verwendung von Methylorange als Farbindikator bestimmt (MERCK 1975: 91).

Na^+

Der Na^+-Gehalt wurde unter Verwendung einer ionensensitiven Elektrode (ISE) ermittelt. Die Kalibrierlösungen enthielten unterschiedliche Na^+-Konzentrationen, was in weiterer Folge bei der Berechnung des Sulfat-Gehalts berücksichtigt werden musste.

SO_4^{2-}

Die $SO4^{2-}$-Konzentration kann aus der Ionenbilanz (die Werte wurden vorher in mVal/l umgerechnet) berechnet werden: $SO_4^{2-} = Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ - HCO_3^-$

3.5. Datenaufbereitung im GIS

Nach der Erfassung der Quellen im Gelände wurden die Datenpunkte in ArcGIS mit den restlichen Daten zusammengeführt. Mit Hilfe des DGM und Orthofothos wurde die im Gelände via GPS bestimmte Lage der Punkte kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert. Aus dem DGM Raster (1 x 1 m) wurden die jeweiligen Zellenwerte der Punkte extrahiert um die ungefähre Seehöhe der Quellen zu bestimmen.

3.6. Statistische Auswertung von Zeitreihen

Weiters wurden zur genaueren Charakterisierung von Quellen, zu denen längere Messreihen (mindestens 1 Jahr) von ELF, Temperatur und Schüttung vorliegen, diese ausgewertet. Die verwendeten Daten wurden von der Abteilung Hydrologie und Geoinformation des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung, der Magistratsabteilung Wiener Wasser (MA 31) und der ÖBB-Infra zur Verfügung gestellt. Berechnet wurden wichtige statistischen Kennzahlen wie Minimum, Maximum, Mittelwert, Standardabweichung) der drei Parameter, Jahresganglinien und Monatsmittelwerte. Aufgrund zahlreicher Lücken und variierender Messintervalle in den Datenreihen wurden für die statistischen Auswertungen die Stundenmittel herangezogen. Die Berechnungen wurden mithilfe der Statistik-Software R durchgeführt.

4. Ergebnisse

4.1. Überblick

Die Ergebnisse der Quellkartierung wurden gemeinsam mit den aus diversen Datenquellen kompilierten Quelldaten in einer digitalen Karte in ArcGIS zusammengefasst. Abb. 12 gibt einen Überblick über die Herkunft der Daten und zeigt eine variierende Dichte an erfassten Quellen. Von insgesamt 2169 verschiedenen Quellen liegen Daten vor, davon für 2122 die Schüttung, für 2151 ELF-Werte und für 1967 die Quelltemperaturen. Chemische Analysen liegen für 736 Quellen vor.

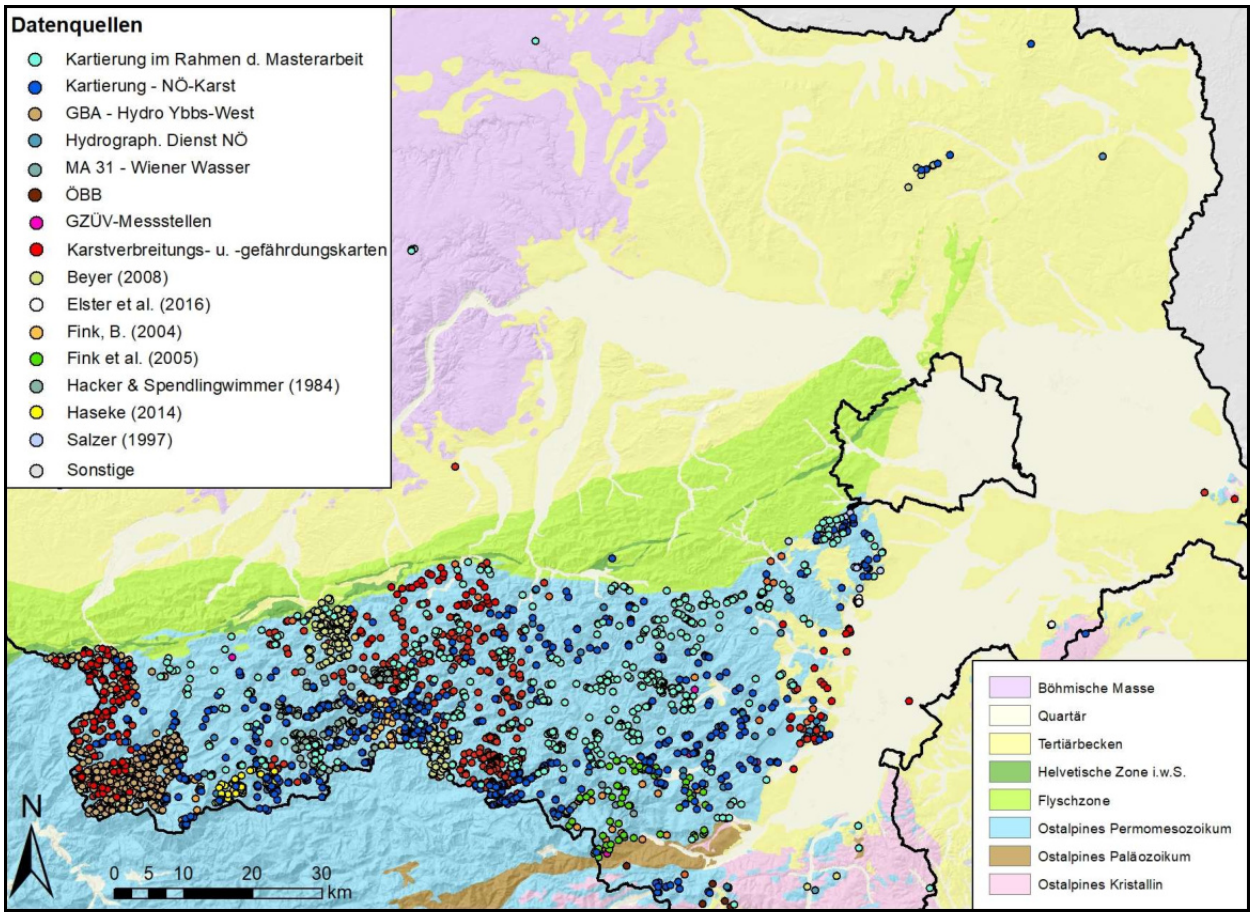


Abb. 12: Überblick über die erfassten Quellen nach der Herkunft der Daten; Geologische Einheiten nach Weber (1997).

4.2. Charakterisierung bedeutender Quellen

Im Folgenden soll anhand der ausgewerteten Datenreihen und im Zuge der Kartierungen erhobenen Daten eine Auswahl an Quellen genauer charakterisiert werden, die durch das Vorliegen einer Datenreihe, ihre große Schüttung oder sonstige Besonderheiten von Bedeutung sind. Informationen zu mit den Quellen in Zusammenhang stehenden Höhlen wurden dem Österreichischen Höhleninformationssystem SPELIX entnommen. Abb. 13 zeigt die Standorte sämtlicher in diesem Abschnitt charakterisierten Quellen.

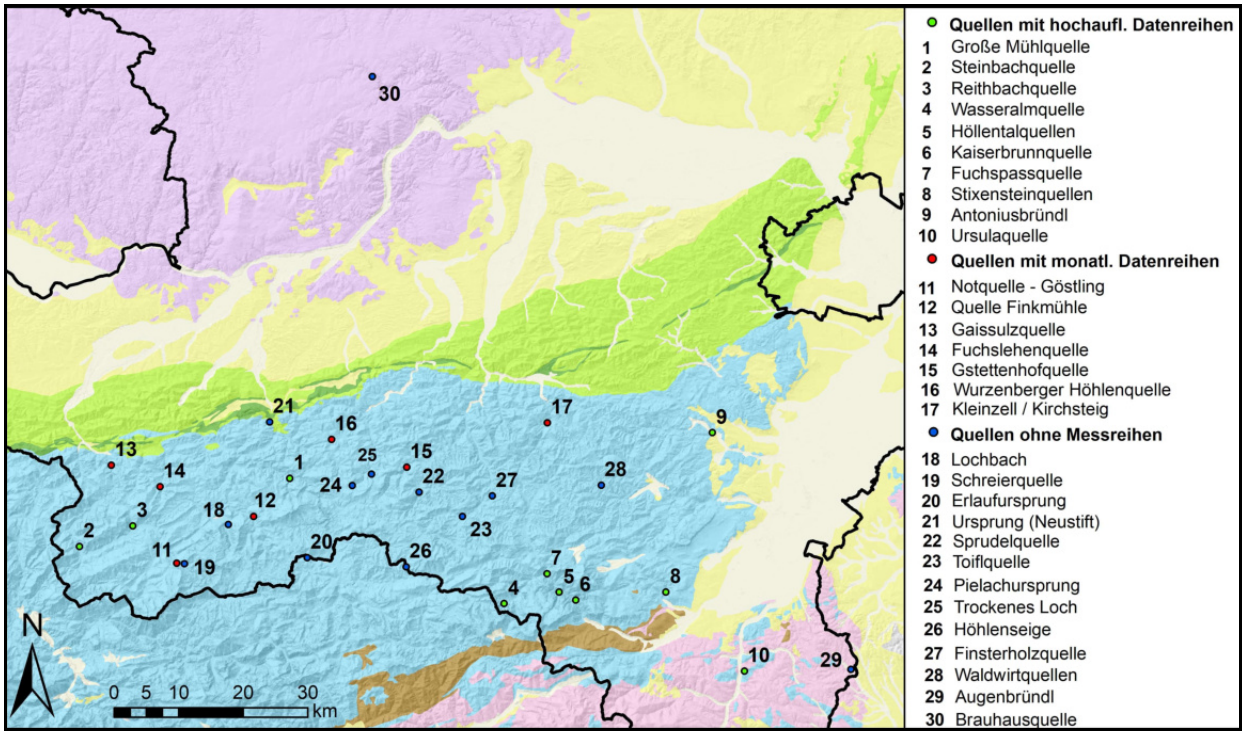


Abb. 13: Standorte der in Abschnitt 4.2 beschriebenen Quellen.

4.2.1. Quellen mit hochauflösenden Datenreihen

Von fünf Quellen aus dem Messnetz des Hydrographischen Dienstes Niederösterreichs wurden Datenreihen mit einer Auflösung von 15 Minuten ausgewertet, die bis ins Jahr 1995 zurückreichen. Diese Quellen sind ebenfalls Teil des Messnetzes der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) des BMLFUW und werden vier mal pro Jahr chemisch untersucht. Die in der H2O-Fachdatenbank WISA frei abrufbaren Analyseergebnisse (Abfrage am 28.4.2020) wurden zur groben hydrochemischen Charakterisierung der Quellen herangezogen.

Von der Magistratsabteilung 31 (Wiener Wasser) wurden langjährige Datenreihen (Auflösung: 10 Minuten) von Temperatur und ELF zu drei Quellen der I. Wiener Hochquellwasserleitung zur Verfügung gestellt. Kennzahlen zur Schüttung sowie chemische Parameter wurden dem Forschungsbericht “Hydrogeologie Schneeberg/Rax” von STADLER et al. (2008) entnommen.

Große Mühlquelle (auch Nestelberghöhle, Höhlen-Katasternummer 1816/11)

Gebirgsgruppe	Gemeinde	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
1816 – Ötscher	Gaming	540 m	Land NÖ	1995 - 2019
Ø Schüttung	Q-Bereich; SZ	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
644 l/s	11 - 3904 l/s; 355	7,1 °C	356 µS/cm	Gutensteiner Kalk

Abb. 14: Große Mühlquelle (Foto: Lukas Plan, 23.3.2012).

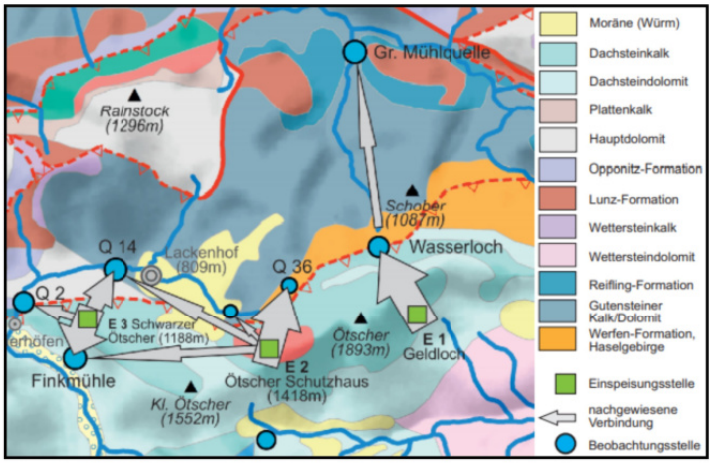


Abb. 15: Ergebnisse der Markierungsversuche von HACKER & SPENDLINGWIMMER (1989), Karte aus MOSER & SCHNABEL (2019).

Die Große Mühlquelle im Nestelberggraben, einem Zubringer der Erlauf nördlich des Ötschers, entspringt aus einer Höhle im Gutensteiner Kalk. Sie ist 194 m lang und konnte nach einem kurzen nur teilweise wassergefüllten Gang bis in 75 m Tiefe durch Taucher erforscht werden. Das EZG reicht bis in den Gipfelbereich des Ötschers, wie Markierungsversuche durch HACKER & SPENDLINGWIMMER (1989, Abb. 15) zeigten. Ein im Geldloch (Ötscherhöhlensystem) eingespeister Tracer konnte sowohl im Wasserloch an der Ötscher-Nordflanke, als auch in der Großen Mühlquelle nachgewiesen werden. Das Quellwasser des Wasserlochs versickert nach kurzem oberflächlichen Verlauf in einem Ponor im mittleren Nestelberggraben, ehe es als Komponente der Großen Mühlquelle wieder zutage tritt.

Die Schüttung schwankt stark zwischen 11 l/s und knapp 4 m³/s und erreicht ihr Maximum während der Schneeschmelze. Die Schüttungszahl (auch Schwankungsziffer; SZ = Q_{max}/Q_{min}) liegt bei 355. Der Temperaturverlauf ist durch einen ausgeprägten Jahresgang gekennzeichnet, der etwa dem Verlauf der Lufttemperatur entspricht. Auch die ELF ist mit einem Schwankungsbereich von 199 - 499 µS/cm äußerst variabel und weist einen zur Schüttung gegenläufigen Jahresgang auf. Das mittlere Ca/Mg-Verhältnis von 7,3 (bezogen auf mg/l) entspricht nach einer Einteilung von PAVUZA & TRAINDL (1983) einem Kalkwasser. Auffällig sind zudem Sulfat-Konzentrationen zwischen 30 und 65 mg/l, die auf Gipsvorkommen in Haselgebirge und Reichenhaller Rauhwacke im EZG zurückzuführen sind.

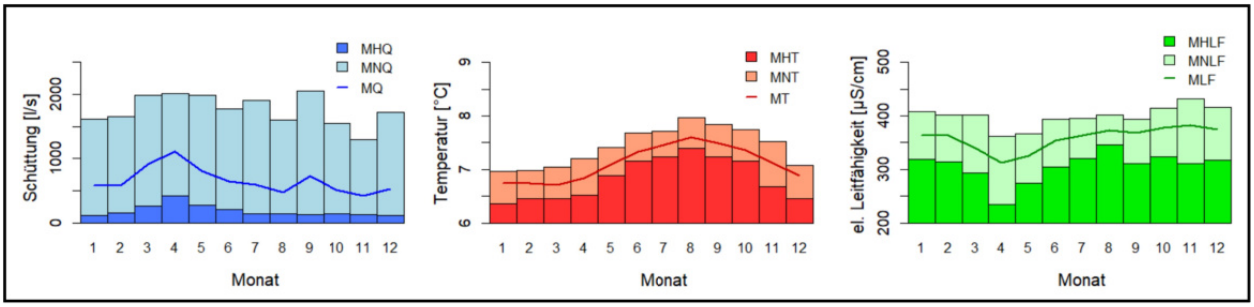


Abb. 16: Ganglinien von Q, T, ELF der Großen Mühlquelle (MQ = mittl. monatl. Schüttung, MHQ = mittl. monatl. Schüttungsmaximum, MNQ = mittl. monatl. Schüttungsminimum, T und LF analog).

Steinbachquelle (1825/7)

Gebirgsgruppe	Gemeinde	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
1825 – Oisberg	Hollenstein/Ybbs	472 m	Land NÖ	1999 - 2019
Ø Schüttung	Q-Bereich; SZ	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
591 l/s	24 - 14734 l/s; 614	7,4 °C	278 µS/cm	Hauptdolomit

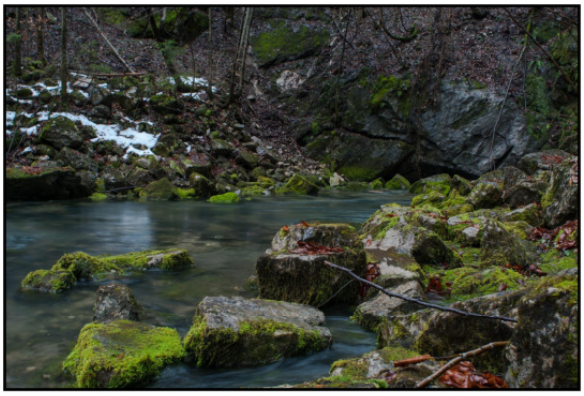


Abb. 17: Steinbachquelle (Foto: Hermann Hammer, 26.12.2012).

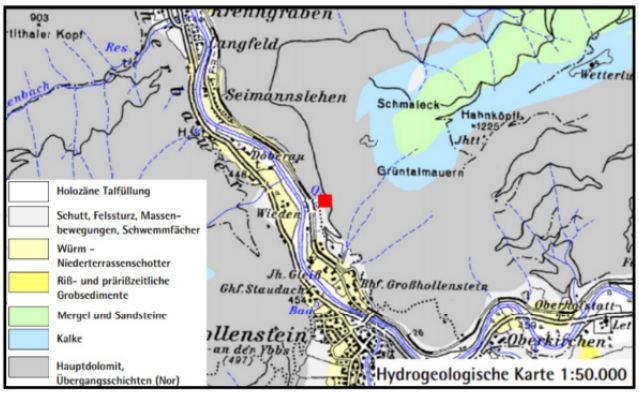


Abb. 18: Geologische Karte der Umgebung der Steinbachquelle (PFLEIDERER et al. 2005).

Die Steinbachquelle nahe Hollenstein entspringt aus einem Quelltopf im Hauptdolomit oberhalb der orographisch rechten Talseite der Ybbs. Die wassergefüllte Höhle wurde von Höhlentauchern auf einer Länge von 215 m und einer Tiefe von 36 m erforscht. Das EZG liegt im Bereich des Oisberges (1405 m), wobei der Hauptdolomit im Hangenden von diversen Jurakalken abgelöst wird. Die geologischen Verhältnisse spiegeln sich in einem mittleren Ca/Mg-Verhältnis von 4,6 wider, was einem kalkbetonten Kalk-Dolomit-Mischwasser entspricht. Mit Extremwerten von fast 15 m³/s erreicht die Steinbachquelle die höchsten Schüttungsspitzen von allen Quellen, zu denen Messreihen vorliegen. Diese werden hauptsächlich durch Starkniederschläge in den Sommermonaten ausgelöst, die zu sprunghaften Schüttungsanstiegen führen.

Der Jahresverlauf der Schüttung zeigt die höchsten Monatsmittel im Frühjahr. Die Ganglinien von Temperatur und ELF weisen jeweils ein durch die Schneeschmelze bedingtes Minimum auf. Die relativ niedrige ELF und die starken Schüttungsschwankungen deuten auf ein hochgelegenes EZG und kurze mittlere Verweilzeiten des Quellwassers hin.

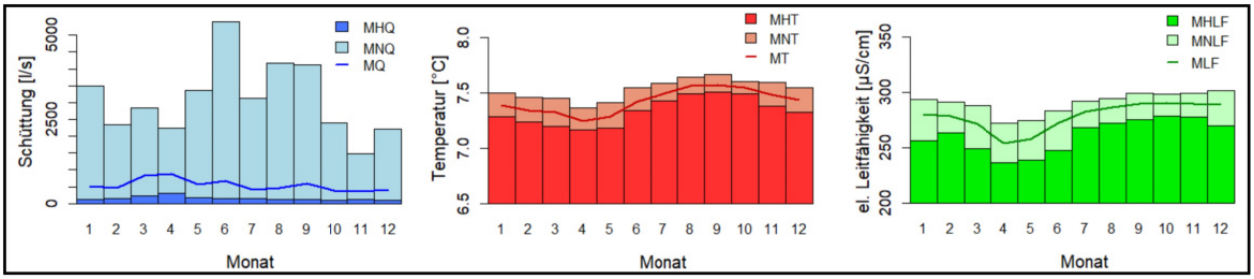


Abb.19: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Steinbachquelle.

Reithbachquelle (1827/20)

Gebirgsgruppe	Gemeinde	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
1827 – Prochenberg-Friesling	St. Georgen/Reith	560 m	Land NÖ	1996 - 2019
Ø Schüttung	Q-Bereich; SZ	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
351 l/s	10 - 2452 l/s; 245	7,1 °C	301 µS/cm	Hauptdolomit

Die Reithbachquelle nördlich von St. Georgen am Reith ist der Ursprung des Reithbachs, der nach nur wenigen hundert Metern in die Ybbs einmündet. Die Quelle bildet den Eingang zu einer auf einer Länge von 50 m betauchten Wasserhöhle. Sie entwässert den Hauptdolomitstock des Friesling (1339 m; HYDROGRAPHISCHER DIENST 2005) mit einer mittleren Schüttung von 351 l/s. Ein relativ niedriges mittleres Ca/Mg-Verhältnis von 2,2 belegt das Vorherrschen von Dolomit im EZG. Die stark schwankende und rasch auf Niederschlagsereignisse reagierende Schüttung ist auf das Vorhandensein größerer, wasserwegiger Hohlräume zurückzuführen. Die Reithbachquelle ist somit ein gutes Beispiel für gut ausgeprägte Verkarstung im Hauptdolomit. Laut DECKER et al. (1998) ist die Wasserwegigkeit an ein miozänes Störungssystem gebunden, wobei feinkörnige Störungsgesteine (*fault gouges*) als Wasserstauer wirken.

Abb. 20: Reithbachquelle (Foto: Friedrich Volkmann, 26.11.2014).

Schüttungsspitzen von über 2 m³/s können sowohl am Höhepunkt der Schneeschmelze, als auch während Starkniederschlagsereignissen im Sommer auftreten. Die Ganglinie der ELF verläuft gegenläufig zur Schüttung, mit einem Schwankungsbereich von 220 - 330 µS/cm. Die Temperaturschwankungen sind verhältnismäßig gering mit einem leicht ausgeprägten Minimum während der Schneeschmelze.

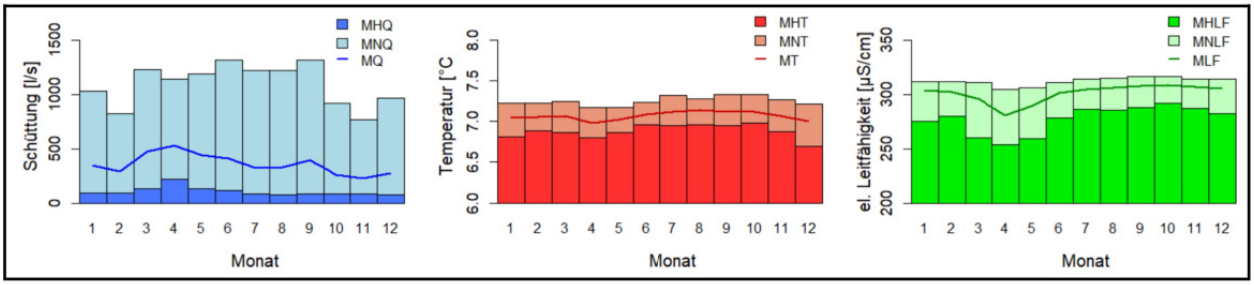


Abb. 21: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Reithbachquelle.

Wasseralmquelle (1851/216)

Gebirgsgruppe	Gemeinde	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
1851 – Schneealpe	Schwarzau im Gebirge	802 m	MA 31, eHYD	2005-2018 (ELF + T) 1995-2016 (Q)
Ø Schüttung	Q-Bereich; SZ	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
240 l/s	80 - 1204 l/s; 15	5,6 °C	263 µS/cm	Wettersteindolomit

Abb. 22: Quellen und Verlauf der Wiener Hochquellwasserleitungen (STADT WIEN o.J).

Die Wasseralmquelle liegt am Nordostrand des Schneealpenmassivs, in einem Nebental des Naßwaldtals nahe Hinternaßwald. Sie wurde zwischen 1894 und 1897 durch mehrere Stollen gefasst, ist Teil des Netzes der I. Wiener Hochquellwasserleitung (HQWL, Abb. 22) und deckt mit einer jährlich eingespeisten Menge von 6 Mio. M³ 4 % des Wasserbedarfs der Stadt Wien (WIESELTHALER 2006). Ihr EZG umfasst den östlichen Teil der Schneealpe, wobei bedeutende Teile in der Steiermark liegen, und ist großteils aus Wettersteindolomit und -kalk aufgebaut, wobei der Dolomit überwiegt und das Ca/Mg-Verhältnis im Mittel etwa 3,0 beträgt (BRYDA et al. 1997). Bei Markierungsversuchen durch BAUER (1969) konnten Farbstoffe, die an mehreren Stellen im Bereich des Ameisbichl eingespeist wurden, in der Wasseralmquelle nachgewiesen werden. Isotopenuntersuchungen von RANK et al. (2006) konnten zwei Hauptwasserkomponenten identifizieren: einen Basisabfluss mit einer mittleren Verweilzeit von 26 Jahren und vergleichsweise junges "Ereigniswasser", das während Schneeschmelze und Starkniederschlägen bereits nach wenig Stunden die Quelle erreicht.

Die Schüttung erreicht ihr Maximum im Mai zum Höhepunkt der Schneeschmelze, ehe sie im weiteren Jahresverlauf kontinuierlich abnimmt. Die hohe Speicherkapazität des Wettersteindolomits sorgt dafür, dass die Schüttung selbst nach langen Trockenperioden nicht unter 80 l/s absinkt. Temperatur und ELF verlaufen gegenläufig zur Schüttung und erreichen ihr Maximum im Winter, kurz vor Einsetzen der Schneeschmelze. Die mittlere Temperatur ist mit 5,6 °C relativ niedrig, was auf die Höhenlage des EZG zurückzuführen ist.

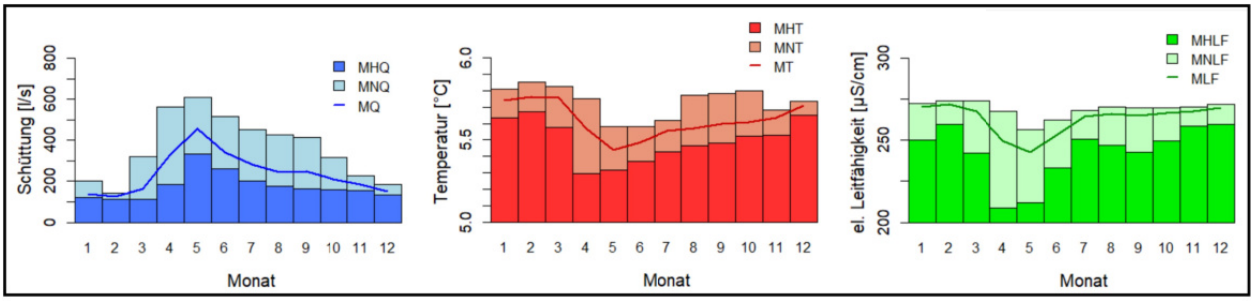


Abb. 23: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Wasseralmquelle.

Höllentalquellen

Gebirgsgruppe	Gemeinde	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
1853 – Raxalpe	Schwarzau im Gebirge	563 m	STADLER et al. (2008)	2004-2007
Ø Schüttung	Q-Bereich; SZ	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
358 l/s	99 - 814 l/s; 8	5,9 °C	234 µS/cm	Wettersteinkalk

Die Höllentalquellen sind eine Quellgruppe am Eingang des Großen Höllentals im NE des Rax-Massivs, die an eine markantes Störungssystem im Wettersteinkalk gebunden ist und zu den Hauptwasserspendern der I. Wiener HQWL zählt. Sie setzt sich im Wesentlichen aus zwei Hauptquellen (Höllentalquelle und Quelle 20) und deren episodischen Überlauf, dem Augenbrunnen, zusammen. Die chemischen Parameter der Quellen unterscheiden sich nur marginal, es liegen Kalkwässer mit einem Ca/Mg-Verhältnis von etwa 10 vor. STADLER et al. (2008) konnten mittels Sauerstoff-18-Isotopenuntersuchungen eine mittlere EZG-Höhe von etwa 1440 m bestimmen und vermuten den zentralen, hochgelegenen Bereich des Rax-Plateaus als Haupt-EZG.

Die abgebildeten Jahresganglinien beziehen sich nur auf die Messreihen der Quelle 20, da sie laut STADLER et al. (2008) aus messtechnischen Gründen die Charakteristiken der Quellgruppe besser widerspiegeln. Es zeigt sich in allen drei Diagrammen, dass die im Mittel Anfang März einsetzende Schneeschmelze der dominierende Faktor ist und kurzfristige Ereignisse nur geringe Schwankungen zur Folge haben. Die relativ früh beginnende Schneeschmelze deutet dabei darauf hin, dass die Höllentalquellen auch tiefere Höhenlagen entwässern.

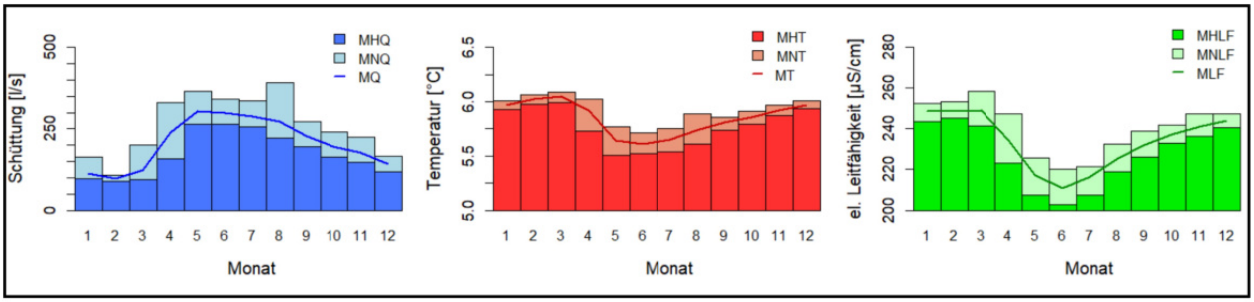


Abb. 24: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Höllentalquellen.

Kaiserbrunnquelle (1854/10)

Gebirgsgruppe	Gemeinde	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
1854 – Schneeberg	Reichenau/Rax	533 m	MA 31, STADLER et al. (2007)	2008-2019 (ELF + T) 2004-2007 (Q)
Ø Schüttung	Q-Bereich; SZ	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
589 l/s	164 - 2319 l/s; 14	6,3 °C	233 µS/cm	Wettersteinkalk

Die Kaiserbrunnquelle war die erste Quelle, die im Zuge des Baus der I. Wiener HQWL gefasst wurde (1869 - 1873). Mit einer mittleren Schüttung von 589 l/s ist sie auch heute noch ihr bedeutendster Wasserspender. Sie liegt im Höllental und entwässert das großteils aus Wettersteinkalk aufgebaute Karst-Plateau des Schneebergs (2076 m). STADLER et al. (2008) konnten mittels Sauerstoff-18-Isotopenuntersuchungen eine mittlere EZG-Höhe von 1340 m berechnen. Im Vergleich zu den nahegelegenen Höllentalquellen setzt der durch die Schneeschmelze bedingte Schüttungsanstieg trotz der niedrigeren mittleren EZG-Höhe durchschnittlich zwei Wochen später ein.

In den Jahresganglinien der Quellparameter ist deutlich der Höhepunkt der Schneeschmelze im Mai zu erkennen, wo ein Monatsmittel von über 1200 l/s erreicht wird. Selbst in den Monaten geringster Schüttung (Jänner, Februar) liegen die Monatsmittel bei etwa 300 l/s. ELF und Temperatur erreichen ihre höchsten Werte im Spätwinter ehe sie mit Einsetzen der Schneeschmelze signifikant absinken. Die chemischen Analysen zeigen mit einem mittleren Ca/Mg-Verhältnis von 8,6 die Dominanz des Wettersteinkalks im EZG.

Abb.25: Wasserschloss der Kaiserbrunnquelle (PLISCHEK 2020).

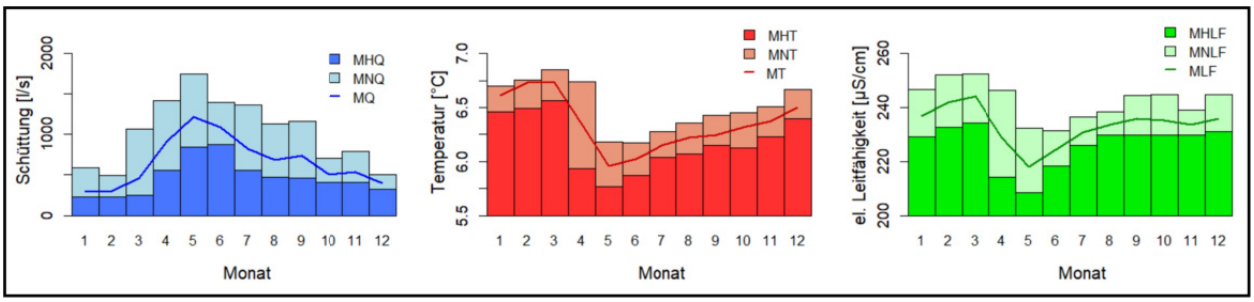


Abb. 26: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Kaiserbrunnquelle.

Fuchspassquelle (1854/310)

Gebirgsgruppe	Gemeinde	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
1854 – Schneeberg	Schwarzau/Gebirge	575 m	STADLER et al. (2007)	2004-2007
Ø Schüttung	Q-Bereich; SZ	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
215 l/s	35 - 5626 l/s; 161	7,2 °C	282 µS/cm	Wettersteinkalk

Die im Höllental etwa 6 km NW der Kaiserbrunnquelle gelegene Fuchspassquelle speist ebenfalls die I. Wiener HQWL. Als EZG geben Stadler et al. (2008) den nördlichen Teil des Schneeberg-Plateaus (Kuhschneeberg) an mit einer mittleren Höhe von 1270 m. Die etwas niedrigere EZB-Höhe relativ zur Kaiserbrunnquelle macht sich durch eine höher mittlere Temperatur von 7,2 °C bemerkbar. Ein weiterer auffälliger Unterschied sind die deutlich höheren Schüttungsschwankungen (SZ = 161), wobei die höchsten Werte durch Starkniederschläge in den Sommermonaten ausgelöst werden, auf welche die Fuchspassquelle ausgesprochen schnell reagiert. Auch die ELF zeigt rasche Reaktionen auf Niederschläge und Schneeschmelze. Die Jahresganglinien der Parameter werden wie bei der Kaiserbrunnquelle ganz deutlich vom Einfluss der Schneeschmelze dominiert.

Stixensteinquellen

Gebirgsgruppe	Gemeinde	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
1854 – Schneeberg	Ternitz	475 m	MA 31, Stadler et al. (2008)	2008 -2019 (ELF + T) 2-12/2007 (Q)
Ø Schüttung	Q-Bereich; SZ	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
(273 l/s)	(88 - 1135 l/s; 13)	8,1 °C	440 µS/cm	Steinalmkalk

Die Stixensteinquellen (Kreuzquelle & Schlossquelle) im Sierningtal nahe Sieding sind ebenfalls bedeutende Wasserspender der I. Wiener HQWL. Geologisch befinden sie sich nahe der Grenze von Steinalm- und Gutensteiner Kalk zu den Werfener Schichten. Als EZG kommt laut STADLER et al. (2008) vor allem der Bereich Gahns-Bodenwiese im Osten des Schneebergmassivs in Frage. Die im Vergleich mit den Quellen im Höllental niedrige mittlere EZG-Höhe von 928 m (Kreuzquelle) bzw. 945 m (Schlossquelle) spricht dafür, dass das EZG nicht in die Hochlagen des Schneebergplateaus reicht.

Messwerte der Schüttung liegen nur für einen Teil des Jahres 2007 vor. Die daraus bestimmte Schüttungszahl von 13 kann jedoch durchaus als repräsentativ betrachtet werden, da in diese Periode ein extremes Hochwasserereignis im September des Jahres fällt. Temperatur und ELF sind im Mittel vergleichsweise hoch und zeigen einen gegengleichen Jahresverlauf. Der Einfluss der Schneeschmelze ist deutlich weniger ausgeprägt als etwa bei der Kaiserbrunnquelle. Chemisch unterscheiden sich Kreuz- und Schlossquelle kaum, es liegen Kalkwässer (Ca/Mg ≈ 8) mit einem leicht erhöhten mittleren Sulfatgehalt von 28 mg/l vor.

Antoniusbründl

Gebirgsgruppe	Gemeinde	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
1869 – Hohe Mandling-Waxeneck	Pottenstein	334 m	Land NÖ	2007 - 2018
Ø Q	Q-Bereich; SZ	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
97 l/s	59 - 513 l/s; 8,7	9,8 °C	542 µS/cm	Hauptdolomit

Das Antoniusbründl bei Pottenstein im Triestingtal ist laut einer Tafel neben dem Quellabfluss bereits seit dem 15. Jahrhundert als Quellheiligtum bekannt und wurde 1979 zur Trinkwasserversorgung im Wasserleitungsverband der Triestingtal- und Südbahngemeinden gefasst. Die chemischen Analysen zeigen ein mittleres Ca/Mg-Verhältnis von 2,3, was einem kalkigen Dolomitwasser entspricht. Das umliegende Bergland, das großteils aus Hauptdolomit und untergeordnet Plattenkalk im Hangenden aufgebaut ist, stellt wohl das EZG dar.

Abb. 27: Antoniusbründl (Foto: Clemens Schmalfuß, 17.1.2020).

Die Auswertung der Zeitreihen zeigt eine relativ konstante Schüttung mit einem Mittelwert von 97 l/s und geringen jahreszeitlichen Schwankungen, wobei das Maximum im Mai und das Minimum im Oktober liegt. Dabei ist zu beachten, dass ein einzelnes extremes Hochwasserereignis im Mai 2014 (bis zu 513 l/s) den Monatsmittelwert stark erhöht. Temperatur und ELF weisen ebenfalls geringe Schwankungen auf. Auffällig ist, dass die Ganglinien von Schüttung nicht wie bei vielen anderen Quellen gegenläufig, sondern fast parallel verlaufen.

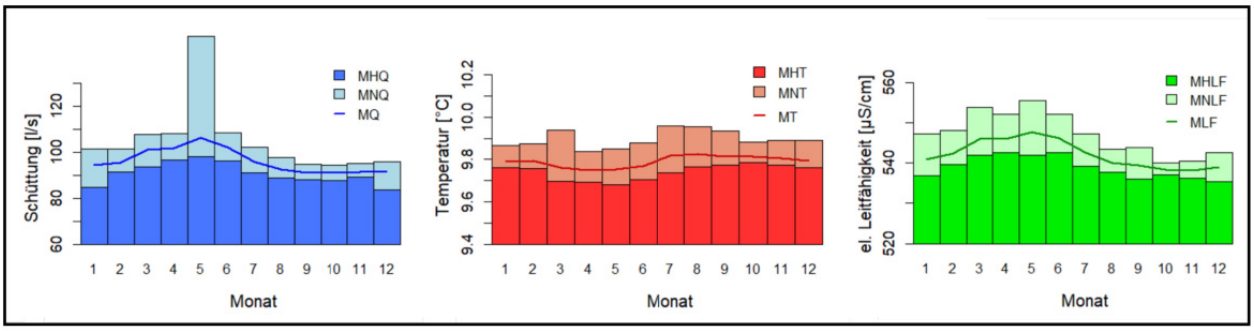


Abb. 28: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF des Antoniusbründls.

Ursulaquelle

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
Warth	2872 – Bucklige Welt östl. v. Pitten	420 m	Land NÖ	1996 - 2018
Ø Schüttung	Q-Bereich	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
16 l/s	0 - 60 l/s	8,8 °C	244 µS/cm	Kalk, Dolomit

Die Ursulaquelle bei Petersbaumgarten in der Buckligen Welt befindet sich an der Grenze von verkarstungsfähigen zentralalpinen schwach metamorphen Karbonaten (Kalk, Dolomit, Rauhwacke) zu wasserstauenden Quarzphylliten und Glimmerschiefern (VÖLKL 1987). Mit einem mittleren Ca/Mg-Verhältnis von 2,8 liegt ein kalkiges Dolomitwasser vor. Sie wird zur Trinkwasserversorgung im Gemeindewasser-leitungsverband Unteres Pitten- und Schwarzatal genutzt. Markierungsversuche durch Völkl (1987) konnten zeigen, dass die Ursulaquelle zu ca. 60 % aus der Versinkung von zwei Bächen gespeist wird. Die in den Bächen eingespeisten Tracer konnten bereits nach 9 bzw. 14 Stunden in der Quelle nachgewiesen werden. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden Maßnahmen gegen Kontaminationen eingeleitet, die zuvor zu Qualitätsbeeinträchtigungen des Quellwassers geführt hatten.

Die kurze Durchlaufzeit des Oberflächenwassers durch das Karstsystem macht sich auch im Jahresverlauf der Temperatur bemerkbar, die einen stark ausgeprägten Jahresgang mit geringen kurzfristigen Schwankungen aufweist. Die Schüttung hingegen ist von der Jahreszeit relativ unabhängig und schwankt zwischen 0 und 60 l/s. Die ELF ist mit einem Mittelwert von 244 µS/cm auffällig niedrig für eine Karstquelle mit geringer EZG-Höhenlage und zeigt einen ähnlichen Jahresgang wie die Temperatur.

Abb. 29: Ursulaquelle (Foto: Gemeindewasserleitungs-verband Unteres Pitten- und Schwarzatal).

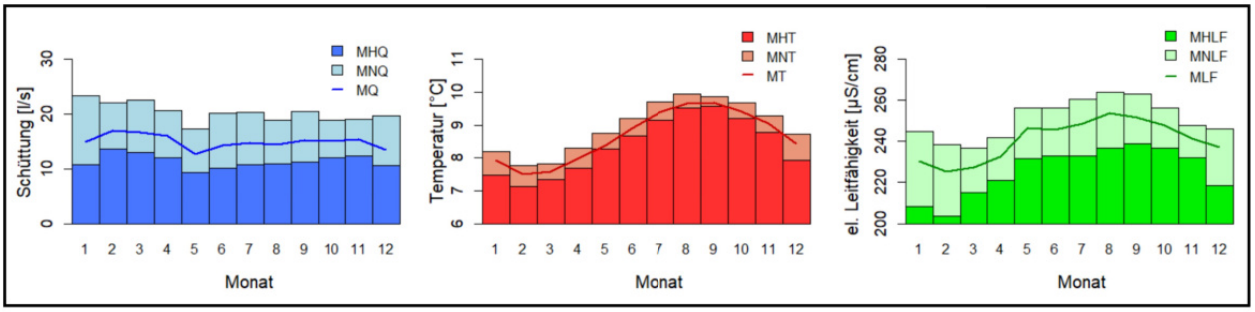


Abb. 30: Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF der Ursulaquelle.

Vergleich der Quellen anhand von Box-Whisker-Plots

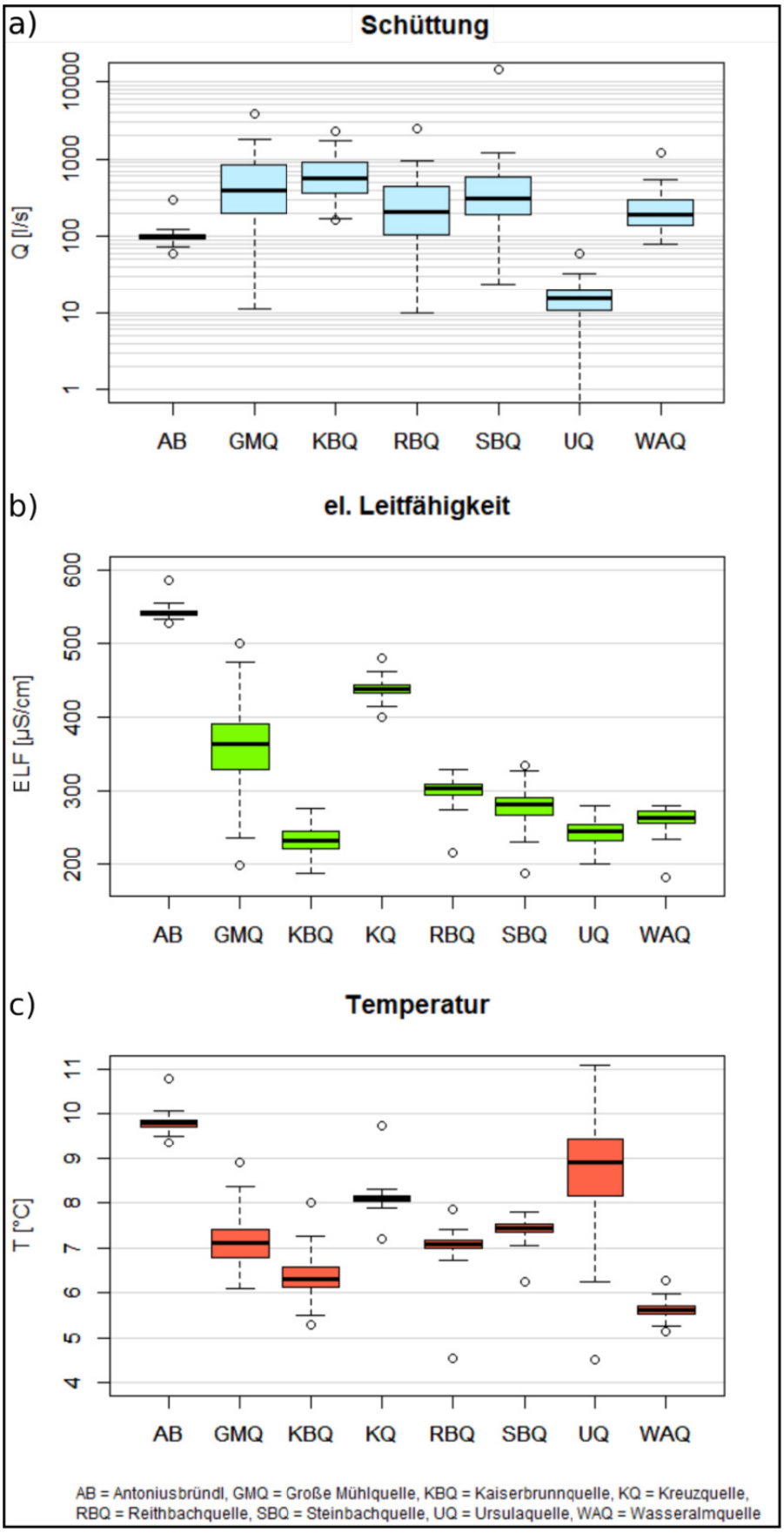


Abb. 31: Box-Whisker-Plots zu (a) Schüttung, (b) ELF und (c) Temperatur der Quellen mit hochauflösenden Datenreihen (Bedeutung der Komponenten des Plots siehe Text).

Abb. 31 zeigt Box-Whisker-Plots, die auf den Stundenmitteln der hochauflösenden Messreihen von Schüttung, Temperatur und ELF basieren. Der obere Rand der eingefärbten Box entspricht dem oberen Quartil (größer als 75% aller Werte), der untere Rand dem unteren Quartil (größer als 25% aller Werte). Der Median ist durch einen schwarzen Balken innerhalb der Box dargestellt. Die Antennen (auch "Whisker") enden beim höchsten bzw. niedrigsten Wert, dessen Abstand zum Rand der Box maximal den 1,5-fachen Interquartilsabstand (IQA = oberes Quartil - unteres Quartil) beträgt. Als Punkte außerhalb der Whisker dargestellt sind Maximal-, bzw. Minimalwerte, deren Abstand zur Box größer als 1,5*IQA ist. Wenn in einem Datensatz alle Datenpunkte innerhalb der Whisker liegen, entsprechen diese dem Maximum bzw. Minimum. Die Art der Darstellung orientiert sich an TUKEY (1977: 39ff.).

In Abb. 31 (a) ist deutlich der Unterschied in der Schüttungsdynamik zwischen der relativ konstanten Dolomitquelle Antoniusbründl und den restlichen Quellen, die großteils typischen Karstquellencharakter mit großen Schüttungsschwankungen zeigen, erkennbar. Es fällt zudem auf, dass die Kaiserbrunnquelle die höchste Medianschüttung (563 l/s) aller Quellen hat. Dies ist durch ihren im Vergleich mit der Großen Mühlquelle und der Steinbachquelle, deren Schüttungsmittel höher sind, höheren Basisabfluss zu erklären. In Abb. 31 (b) sticht vor allem die Große Mühlquelle mit ihren großen ELF-Schwankungsbreite von 300 µS/cm hervor. Diese ist wohl zum Teil durch wechselnd starken Einfluss von Sulfatlösung zu erklären. Abb. 31 (c) macht die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen der Großen Mühlquelle und vor allem der Ursulaquelle deutlich. Beide Quellen werden durch versickernde Oberflächengerinne gespeist, die nach kurzer Zeit wieder austreten und daher stark durch die Lufttemperatur beeinflusst sind. Die Schwankungen der Kaiserbrunnquelle stehen mit dem großen Einfluss der Schneeschmelze, bedingt durch die Höhenlage des EZG am Schneeberg-Plateau, in Zusammenhang. Bei der nahegelegenen Wasseralmquelle am Fuße des Schneealpe-Plateaus ist diese Dynamik durch den Einfluss einer Komponente mit größerer Verweilzeit im Vergleich deutlich gedämpft.

4.2.2. Quellen mit monatlichen Datenreihen

Zu sieben Quellen aus dem Messnetz des Hydrographischen Dienstes Niederösterreichs liegen Datenreihen mit nur monatlichen, punktuellen Messungen vor. Durch die geringe Anzahl an Datenpunkten können Extremereignisse nur sehr begrenzt widergespiegelt werden, weshalb hier eine Angabe der Schüttungszahl oder monatsspezifische Auswertungen nur bedingt aussagekräftig und nicht mit den Quellen mit hochauflösenden Datenreihen vergleichbar sind. Auch zu diesen Quellen wurden Angaben zu chemische Analysen den GZÜV-Messreihen entnommen.

Notquelle (Göstling)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
Göstling/Ybbs	1815 – Dürrenstein	580 m	Land NÖ	1994 - 2005
Ø Schüttung	Q-Bereich	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
64 l/s	21 - 236 l/s	7,1 °C	271 µS/cm	Dachsteinkalk

Die Notquelle im Steinbachtal östlich des Dürrensteins entspringt knapp überhalb des Talbodens nahe der Grenze Opponitzer Kalk zu Dachsteinkalk. Eine Tafel neben der Quelle erzählt von einer Legende, derzufolge ein Butterstriezel, der einer Sennerin in eine Schwinde nahe der Legsteinalm am Dürrenstein-Plateau gefallen war, in der Notquelle wieder zum Vorschein kam. Die relativ hohe Durchschnittstemperatur von 7,1 °C und ein mittleres Ca/Mg-Verhältnis von 3,5 deuten jedoch eher darauf hin, dass die Notquelle in erster Linie das aus Dachsteindolomit und -kalk aufgebaute Gebiet des Hochkogels (1239 m) und weniger das hochgelegene Dürrenstein-Kalkplateau entwässert. Dafür spricht auch, dass der Höhepunkt der Schneeschmelze bereits im März und April erreicht wird.

Abb. 32: Notquelle bei Göstling (Foto: Clemens Schmalfuß, 26.6.20).

Quelle Finkmühle (auch Große Mühlquelle, 1816/54)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
Gaming	1816 – Ötscher	705 m	Land NÖ	1994 - 2005
Ø Schüttung	Q-Bereich	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
437 l/s	39 - 2348 l/s	6,4 °C	234 µS/cm	Dachsteinkalk

Abb. 33: Quelle Finkmühle (Foto: Lukas Plan, 11.4.2009).

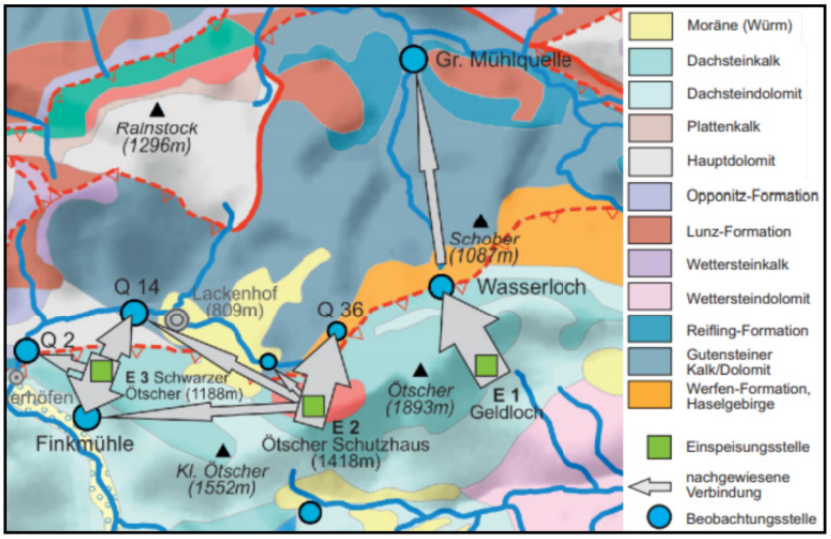


Abb. 34: Ergebnisse der Markierungsversuche von HACKER & SPENDLINGWIMMER (1989), Karte aus MOSER & SCHNABEL (2019).

Die Quelle Finkmühle nahe Maierhöfen entspringt aus einer Quellhöhle, die auf 16 m Länge bis zu einer Engstelle betaucht werden konnte, im Übergangsbereich von Dachsteindolomit (liegend) zu Dachsteinkalk (hangend) am Westhang des Kleinen Ötschers. Mit einer mittleren Schüttung von über 400 l/s zählt sie zu den bedeutendsten Karstquellen des Ötscher-Gebiets. Ihr Wasser wird im Kraftwerk Finkmühle zur Energiegewinnung genutzt. Etwa 100 m nördlich befindet sich eine episodisch aktive Überlaufquelle, die bei Hochwasser mehrere 100 l/s schüttet und interessanterweise tiefer als die Hauptquelle liegt (SPENDLINGWIMMER 1984). Die Markierungsversuche von HACKER & SPENDLINGWIMMER (1989) konnten Verbindungen sowohl zum Schwarzen Ötscher als auch zum Bereich Ötscher-Schutzhaus nachweisen (Abb. 34). Das mittlere Ca/Mg-Verhältnis von 5,8 entspricht einem kalkbetonten Kalk-Dolomit-Mischwasser mit niedriger Gesamtmineralisierung.

Die Schüttung ist starken Schwankungen unterworfen und reagiert schnell auf Niederschläge. Spitzenwerte können sowohl zur Schneeschmelze als auch bei Starkniederschlägen auftreten. Die starken Temperaturschwankungen zwischen 4,8 und 8,7 °C in der monatlichen Messreihe sind vermutlich auf Beeinflussung der Messeinrichtung durch die Lufttemperatur zurückzuführen. SPENDLINGWIMMER (1984) gibt eine ausgesprochen konstante Temperatur zwischen 5,5 und 5,9 °C (Ø 5,7 °C) an.

Gaissulzquelle

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
Ybbsitz	1827 – Prochenberg - Friesling	466 m	Land NÖ	1994 - 2005
Ø Schüttung	Q-Bereich	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
30 l/s	13 - 42 l/s	9 °C	546 µS/cm	Opponitz-Formation

Die Gaissulzquelle ist eine Kalktuffquelle im Ybbstal SE von Waidhofen. Sie wird zur privaten Hauswasserversorgung und für ein Kleinkraftwerk genutzt, wobei das Überlaufwasser einen Tuffwasserfall speist, in dessen Nähe sich auch eine Tuffsteinhöhle (Länge 13 m, 1827/19; Abb. 35) und ein Tuffsteinbruch befinden (NATURSCHUTZBUND NÖ, 2010). Ihre mit durchschnittlich 546 µS/cm leicht erhöhte ELF ist durch einen mittleren Sulfatgehalt von 63 mg/l bedingt, der auf gipsführende Rauhwacken im Einzugsgebiet zurückzuführen ist. Die Schüttung ist vergleichsweise konstant und zeigt aufgrund der niedrigen EZG-Höhe nur eine leichte Erhöhung durch die Schneeschmelze. Der Temperaturverlauf entspricht in etwa dem Jahresgang der Lufttemperatur.

Abb. 35: Tuffsteinhöhle (Foto: Heiner Thaler, 9.7.2008).

Fuchslehenquelle (1827/22)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
Ybbsitz	1827 – Prochenberg-Friesling	567 m	Land NÖ	1994 - 2005
Ø Schüttung	Q-Bereich	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
120 l/s	38 - 910 l/s	7,7 °C	337 µS/cm	Hauptdolomit

Die Fuchslehenquelle im Tal der Schwarzen Ois etwa 6 km südlich von Ybbsitz entspringt aus einer kleinen Quellhöhle mit 5 m Länge. Ihr EZG ist größtenteils aus Hauptdolomit und Plattenkalk aufgebaut, was sich in einem mittleren Ca/Mg-Verhältnis von 2,6 (leicht kalkiges Dolomitwasser) äußert. Ihre Schüttung schwankt relativ stark und zeigt eine deutliche Beeinflussung durch die Schneeschmelze. Die ELF-Ganglinie verhält sich gegengleich zur Schüttung, während die Temperatur nur ein leicht ausgeprägtes Minimum im Frühjahr aufweist und sonst dem Verlauf der Lufttemperatur folgt.

Gstettenhofquelle

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
Türnitz	1834 – Traisenberg	512 m	Land NÖ	1994 - 2005
Ø Schüttung	Q-Bereich	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
230 l/s	47 - 1170 l/s	7,3 °C	301 µS/cm	Gutensteiner Kalk

Die Gstettenhofquelle (auch "Kaltes Wasser") bei Türnitz liegt im Türnitzbachtal am NW-Hang des Eibl und tritt am Fuß einer Felswand aus Gutensteiner Kalk knapp über dem Talboden aus (FINK, 1999). Mit einem mittleren Ca/Mg-Verhältnis von 25 kann man ihr Wasser als ausgesprochen reines Kalkwasser klassifizieren. Die Quelle befindet sich seit ca. 2000 im Besitz der EVN und wird zurzeit (Stand: 6/2020) für eine zukünftige Trinkwassernutzung vorbereitet (WOHLMANN & KRIZANIC-FALLMANN, 2020). Mit einer mittleren Schüttung von über 200 l/s zählt sie zu den bedeutendsten Karstquellen in den Türnitzer Alpen. Der Jahresgang der Quellparameter ist deutlich durch die Schneeschmelze beeinflusst.

Wurzenberger Höhlenquelle (1836/28)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
Frankenfels	1836 – Bergland zw. Erlauf u. Pielach	520 m	Land NÖ	1994 - 2005
Ø Schüttung	Q-Bereich	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
20 l/s	4 - 289 l/s	8,6 °C	370 µS/cm	Gutensteiner Kalk

Die Wurzenberger Höhlenquelle im Nattersbachtal SW Frankenfels entspringt aus einer Höhle im Gutensteiner Kalk, die bis zu einem Siphon nach 2 m Länge erforscht ist. Sie wird teils zur Trinkwassergewinnung, teils als Triebwasser für ein Kleinkraftwerk genutzt (FINK 2007). Markierungsversuche durch FINK (1965) konnten keine Verbindung von zwei Bachschwinden im nahegelegenen Schlagerboden, einer poljenartigen Karsthohlform, zur Wurzenberger Höhlenquelle nachweisen. Die mittlere Schüttung beträgt 20 l/s wobei die höchsten Werte im März während der Schneeschmelze auftreten. Die Temperaturschwankungen sind relativ gering bei einem Mittelwert von 8,6 °C. Ein mittleres Ca/Mg-Verhältnis von 13 spiegelt die Dominanz von Kalk im EZG wider.

Abb. 36: Wurzenberger Höhlenquelle (Foto: Friedrich Volkmann, 11.4.2014).

Kleinzell / Kirchsteig

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle	Zeitraum
Kleinzell	1866 – Reisalpe	459 m	Land NÖ	1994 - 2005
Ø Schüttung	Q-Bereich	Ø Temp.	Ø ELF	Geologie
26 l/s	8 - 81 l/s	8,0 °C	392 µS/cm	Opponitz-Formation

Die Quelle Kleinzell-Kirchsteig entspringt am nördlichen Ortsrand von Kleinzell an der Grenze von Opponitz- und Lunz-Formation. Ihre Schüttung erreicht die höchsten Werte zur Schneeschmelze im März bei einem Mittelwert von 26 l/s. Eine am 15.4.2020 entnommene Wasserprobe ergab ein Ca/Mg-Verhältnis von 2,8, was einem Kalk-Dolomit-Mischwasser entspricht. Als EZG ist das Schwarzwaldeck, ein östlicher Ausläufer der Reisalpe, der aus einer Abfolge von Opponitzer Schichten, Hauptdolomit und diversen Jura-Gesteinen aufgebaut ist, zu vermuten.

Abb. 37: Quelle Kleinzell-Kirchsteig (Foto: Clemens Schmalfuß, 15.4.2020).

Vergleich der Quellen anhand von Box-Whisker-Plots

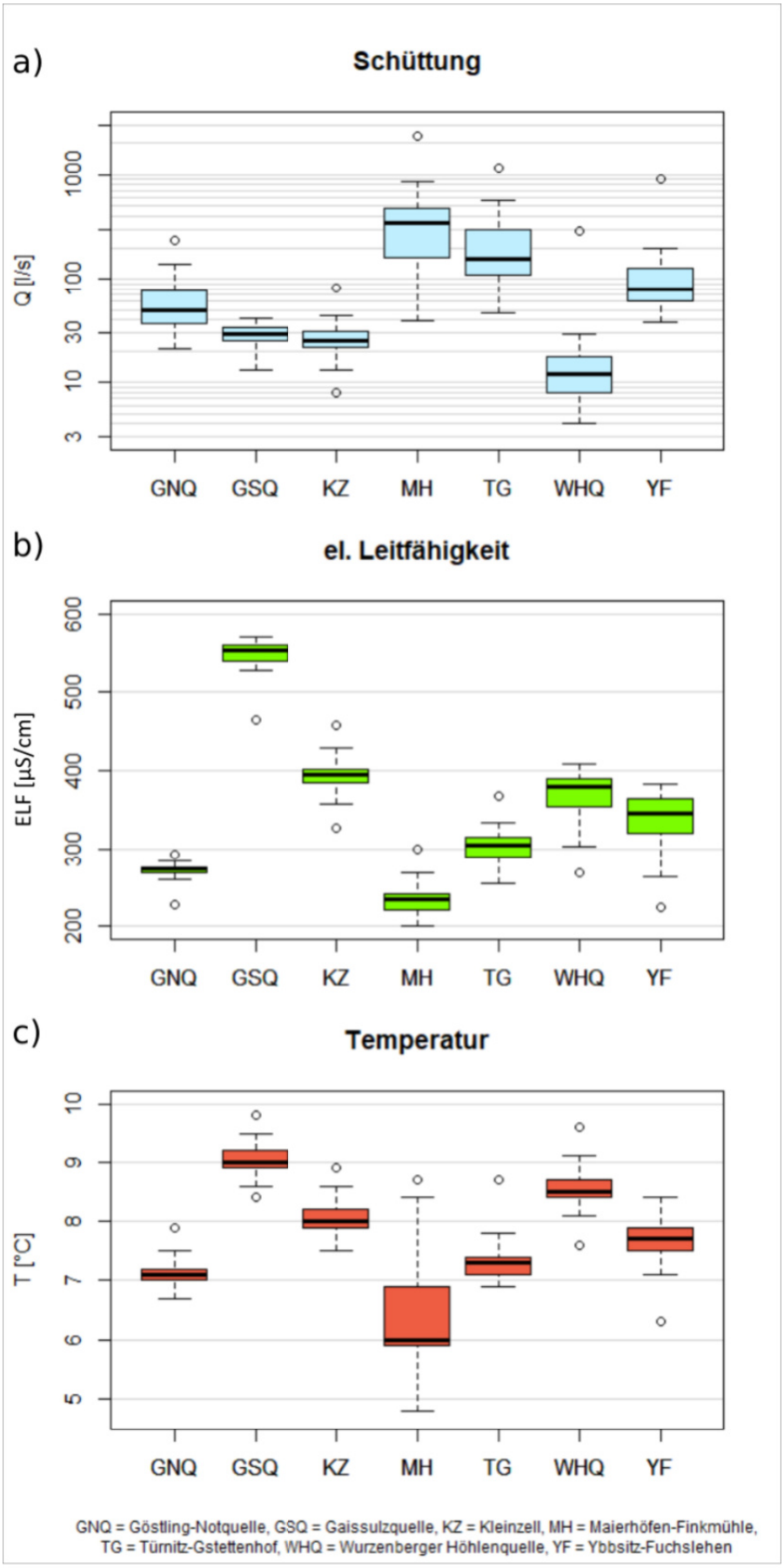


Abb. 38: Box-Whisker-Plots zu (a) Schüttung, (b) ELF und (c) Temperatur der Quellen mit monatlichen Datenreihen.

4.2.3. Weitere Quellen ohne Messreihen

Zu den folgenden Quellen liegen keine Messreihen vor. Es handelt sich um eine Auswahl an Karstquellen, die sich durch ihre große Schüttung oder sonstige besondere Eigenschaften auszeichnen.

Lochbach (1815/12)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Lunz am See	1815 – Dürrenstein	685 m	Messung 26.6.20
Q-Bereich	Temperatur	ELF	Geologie
0 - mehrere m³/s	6,3 °C	241 µS/cm	Jurakalk

Der Lochbach nahe Lunz am See entspringt etwa 70 m oberhalb des Talbodens des Seetales aus einem episodisch bei Hochwasserverhältnissen aktiven Quellsiphon (Abb. 39), der den Eingang zu einer auf eine Länge von 260 m erforschten Höhle im Liaskalk darstellt. Bei Mittelwasser erfolgt der Quellaustritt aus dem mit bis zu mehrere Meter großem Blockschutt verfüllten Bachbett. Während längerer Trockenperioden versiegt der Bachlauf komplett (FINK 1973). Laut BREHM (1947) reagiert der Lochbach bereits nach 1-2 Stunden auf Niederschlagsereignisse, was auf ein großlumiges Karstsystem hindeutet. Am 26.6.2020 wurden im Bachbett knapp unterhalb des Quellsiphons eine ELF von 241 µS/cm und eine Temperatur von 6,3 °C gemessen, wobei der Siphon selbst nicht aktiv war. GÖTZINGER (1961) gibt einen Schwankungsbereich von 5,7 - 6,5 °C an. Diese Werte deuten darauf hin, dass das EZG in erster Linie die Hochflächen des aus Dachsteinkalk aufgebauten Scheiblingsteins umfasst.

Abb. 39: Quellsiphon des Lochbaches bei Hochwasser (Foto: Walter Fischer, 22.7.2012).

Schreierquelle (Dürrenstein)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Göstling a. d. Ybbs	1815 – Dürrenstein	685 m	Messung 26.6.20
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
873 l/s	5,9 °C	225 µS/cm	Dachsteindolomit

Die Schreierquelle ist laut FINK (1973) die größte Karstquelle des Dürrenstein-Massivs. Sie befindet sich am Südhang des Stierkopfes in einem Seitengraben des Steinbachtales und tritt an der Grenze von Dachsteindolomit und stauendem Lunzer Sandstein aus Blockschutt aus. Sie wurde im Zuge der Errichtung der II. Wiener HQWL, die in unmittelbarer Nähe verläuft, als möglicher Wasserspender in Betracht gezogen (STADT WIEN 1901). Mehrere Quellfassungen knapp unterhalb des Hauptquellaustritts befinden sich laut einem Wasserbucheintrag (Abfrage aus Wasserinformationssystem NÖ) seit 1956 im Besitz der Wiener MA 31. Bei einer Schüttungsmessung am 23.6.2020, wenige Tage nach einem Starkregenereignis, wurden 873 l/s ermittelt. Anhand von Sedimentablagerungen außerhalb des Bachufers war zu erkennen, dass die Maximalschüttung des vorangegangenen Extremereignisses deutlich höher gewesen sein muss. Aufgrund der niedrigen Temperatur und ELF ist anzunehmen, dass das EZG bis auf das Dürrenstein-Hochplateau reicht.

Abb. 40: Schreierquelle (Foto: Clemens Schmalfuß, 23.6.20).

Erlaufursprung (1816/1)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Mitterbach/Erlaufsee	1816 – Ötscher	929 m	SPENDLINGWIMMER 1984
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
170 l/s	5,3 °C	286 µS/cm	Dachsteinkalk

Der Erlaufursprung südlich der Gemeindealpe besteht aus zwei etwa 600 m voneinander entfernten Quellaustritten des gleichen Systems, wobei der höherliegende nur während der Schneeschmelze aktiv ist (SPENDLINGWIMMER 1984). Dieser stellt den Eingang zu einer 235 m langen und 88 m tiefen Höhle (1816/1) dar, wobei der Wasserspiegel bei Niedrigwasser etwa 30 m unterhalb des Eingangs liegt.

Detaillierte Untersuchungen durch SPENDLINGWIMMER (1984) ergaben eine mittlere Schüttung von 170 l/s bei einer Schüttungszahl von 70. Der Schwankungsbereich der Temperatur wird mit 4,9 - 5,5 °C angegeben. Isotopenuntersuchungen ergaben eine mittlere EZG-Höhe von 1190 m sowie eine mittlere Verweilzeit von etwa einem halben Jahr. Das EZG liegt großteils auf der stark verkarsteten Hochfläche westlich der Gemeindealpe und ist hauptsächlich aus Dachsteinkalk aufgebaut, der zum Liegenden hin allmählich in Dolomit übergeht. Ein mittleres Ca/Mg-Verhältnis von 5,2 spiegelt die lithologischen Verhältnisse wider.

Abb. 41: Der untere, perennierende Austritt des Erlaufursprungs (Foto: Lukas Plan, 26.12.2017).

Ursprung (Neustift)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Scheibbs	1828 – Kalkvoralpen zw. Kl. Ybbs u. Erlauf	395 m	Wawrik, 1954; Messung 15.11.19
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
200 l/s	9,8 - 10,3 °C	754 µS/cm	Hauptdolomit

Die Quelle des Ursprungbachs (kurz "Ursprung") in Neustift bei Scheibbs befindet sich am westlichen Rand des Erlauf-Halbfensters, an der Überschiebung des Hauptdolomites der Frankenfelser Decke über die wasserstauenden Schichten der Rhenodanubischen Flyschzone. Etwas unterhalb des Quellaustrittes befindet sich ein etwa 40 m mächtiges Quelltuff-Vorkommen, das früher in mehreren Steinbrüchen abgebaut wurde und wie die Quelle selbst Naturdenkmal-Status innehat (MOSER & SCHNABEL 2019).

Abb. 42: Quelle des Ursprungbaches bei Neustift (Foto: Clemens Schmalfuß, 15.11.19).

WAWRIK (1954) gibt eine relativ konstante Schüttung von 200 l/s bei einem Temperaturbereich von 9,8 - 10,3 °C an. Die Analyse einer am 15.11.19 entnommenen Wasserprobe zeigt, dass die stark erhöhte ELF zum Großteil auf Sulfatlösung zurückzuführen ist (SO_4^{2-}-Gehalt: 155 mg/l), wobei in der erweiterten Umgebung keine Gips-Vorkommen in der geologischen Karte vermerkt sind. Dieser Umstand und die auffällig hohe Temperatur deuten auf den Einfluss von Tiefenwässern hin.

Sprudelquelle (Eisernes Tor)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Türnitz	1834 – Traisenberg-Sulzberg	535 m	Messung 9.5.20
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
30 l/s	8,9 °C	403 µS/cm	Wettersteinkalk

Nahe einer als "Eisernes Tor" bezeichneten Engstelle im Retzbachtal südlich Türnitz entspringt die sogenannte "Sprudelquelle" aus dem Wettersteinkalk. Sie schüttet etwa 30 l/s und ist durch den Austritt von Gasblasen gekennzeichnet (Abb. 43). Eine weitere Besonderheit ist ihre ausgesprochen konstante und auffällig hohe Temperatur. BARDOLF (1978) führte über 100 Temperaturmessungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten durch, die fast durchwegs 9,0 °C ergaben. An einem ca. 100 m talauswärts gelegenen, vermutlich dem gleichen Karstsystem angehörenden Quellaustritt mit ähnlicher Schüttung wurden dieselben Werte ermittelt. Eine Wasseranalyse ergab ein niedriges Ca/Mg-Verhältnis von 2. Dies ist bemerkenswert, da in der Umgebung der Quellaustritte Wetterstein- und Gutensteiner Kalk vorherrschen. Die konstante, erhöhte Temperatur in Kombination mit dem hohen Mg-Gehalt legen die Vermutung nahe, dass das Quellwasser einem tieferen, dolomitbetonten Karstwasserkörper entstammt.

Abb. 43: Sprudelquelle beim Eisernen Tor (Foto: Clemens Schmalfuß, 9.5.2020).

Toiflquelle

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
St. Aegyd am Neuwalde	1835 – Türnitzer Höger	584 m	Messung 29.11.19
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
30 l/s	12 °C	754 µS/cm	Wettersteinkalk

Die Toiflquelle in St. Aegyd am Neuwalde tritt aus der Talverfüllung am Rande des Talbodens aus, wobei es sich um eine Folgequelle aus dem Wettersteinkalk handeln dürfte und mehrere Quelltrichter zu einem Teich angestaut wurden (FINK 1999). Die Schüttung beträgt etwa 30 l/s. Am 29.11.2019 wurden eine ELF von 820 µS/cm bei einer Temperatur von 12,2 °C gemessen. Die Analyse einer Wasserprobe ergab einen Sulfat-Gehalt von 223 mg/l und ein Ca/Mg-Verhältnis von 3,2. Die ganzjährig konstant hohe Temperatur deutet auf geothermalen Einfluss hin und ermöglicht die Nutzung der Quelle zur Beheizung der Glashäuser einer Gärtnerei. Ein Anrainer berichtete zudem von periodisch auftretendem Schwefelgeruch des Quellwassers, der möglicherweise durch bakterielle Sulfatreduktion bedingt sein könnte. Solche bakterielle Aktivität kann ebenfalls zur Temperaturerhöhung von Quellwässern beitragen (ELSTER et al. 2016).

Pielachursprung

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Schwarzenbach a. d. Pielach	1836 – Bergland zw. Erlauf u. Pielach	909 m	FINK 2007
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
80 - 500 l/s	5,6 °C	248 µS/cm	Gutensteiner Kalk

Der Ursprung der Pielach befindet sich in einem Karstsacktal östlich der stark verkarsteten Höhenlandschaft Wastl am Wald - "Auf den Böden" - Hennesteck in einer Höhe von 930 m. Der Quellaustritt am Kontakt von Gutensteiner Kalk und Hauptdolomit ist durch Hangschutt verdeckt (Fink, 2007). Die Schüttung schwankt Angaben von FINK (2007) zufolge zwischen 80 und 500 l/s. Als Mittelwerte für ELF und Temperatur werden 248 µS/cm bzw. 5,6 °C angegeben. Die niedrige Temperatur und Mineralisierung spiegeln das hoch gelegene EZG wider. HACKER & SPENDLINGWIMMER (1984) geben für den Pielachursprung ein sehr kalkbetontes Ca/Mg-Verhältnis von 12 an.

Eitelgrünbachquelle / Trockenes Loch (1836/34)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Schwarzenbach a. d. Pielach	1836 – Bergland zw. Erlauf u. Pielach	725 m	Messung 16.06.20
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
20 l/s	6,6 °C	325 µS/cm	Gutensteiner Kalk

Das Trockene Loch ist mit einer Ganglänge von über 5 km die zweitlängste Höhle NÖs. Ihre tieferen Teile sind wasserführend und stehen aller Wahrscheinlichkeit nach mit der nahegelegenen Quelle des Eitelgrünbaches in Verbindung (Abb 44.; PLAN et al. 2016). Deren Schüttung beträgt bei Trockenbedingungen wenige Zehnerliter pro Sekunde, kann bei Hochwasser jedoch auf wenige m³/s ansteigen. Eine Messung am 16.9.2020 ergab eine ELF von 325 µS/cm und eine Temperatur von 6,6 °C bei etwa 20 l/s Schüttung. Das Wasser eines Höhlenbaches im Trockenen Loch, der in einem unbefahrbahren Loch im sogenannten Wassergang verschwindet, wies fast idente Werte auf (327 µS/cm bzw. 6,5 °C). Bei extremen Hochwasserbedingungen kann auch der Höhleneingang als Quellaustritt aktiviert werden, was anhand einer markanten Erosionsrinne erkennbar ist. HACKER & SPENDLINGWIMMER (1984) geben für die Quelle ein Ca/Mg-Verhätnis von 26,7 an, was einem äußerst reinen Kalkwasser entspricht.

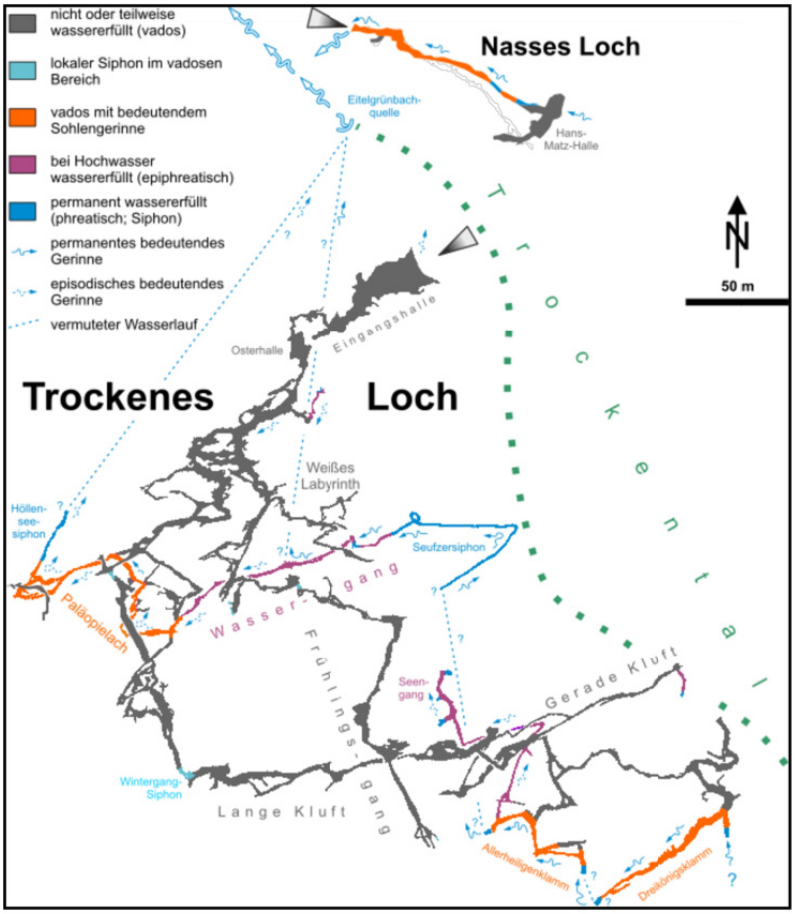


Abb. 44: Höhlenpläne von Trockenem und Nassem Loch (PLAN et al., 2016).

Das am gegenüberliegenden Hang befindliche Nasse Loch ist eine ständig aktive Quellhöhle, die 120 m trocken befahrbar ist und deren hinterer Teil durch Siphone ertaucht werden kann. PLAN (2013) schloß aus dem phreatischen Profil der Höhle sowie aus Fließfacetten, dass die Quellhöhle früher einen siphonartigen Austritt in größerer Höhe als der heutige Höhleneingang gehabt haben muss.

Höhlenseige (1841/11)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
St. Aegyd am Neuwalde	1841 – Göller	893 m	4 Messungen 04/19 - 05/20
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
100 l/s	5,9 °C	251 µS/cm	Hauptdolomit

Die eindrucksvolle Höhlenseige bei Terz befindet sich direkt unterhalb der Straße B 21 im oberen Salzatal etwa 30 m oberhalb des Talbodens. Sie entwässert Teile des fast ausschließlich aus Hauptdolomit aufgebauten Göllers und ist ein Paradebeispiel für eine Karstquelle im Dolomit. Vier Messungen zwischen April 2019 und Mai 2020 ergaben ELF-Werte zwischen 228 und 275 µS/cm bei Temperaturen von 5,7 - 6,0 °C. Bei zwei Schüttungsmessungen (25.10.2019 & 7.5.2020) wurden jeweils bei Niederwasserbedingungen 105 bzw. 95 l/s ermittelt. Nach Angaben von FINK (1999) liegen die Schüttungsspitzen über 1 m³/s. Mit einem Ca/Mg-Verhältnis von 1,63 handelt es sich um ausgesprochen reines Dolomitwasser.

Abb. 45: Höhlenseige (Foto: Clemens Schmalfuß, 25.10.2019).

Der bedeutende Topograph Georg Matthäus Vischer hielt die Höhlenseige in einem Kupferstich in seiner 1674 erschienenen Sammlung "Topographia Austriae superioris modernae" fest. Abb. 46 zeigt die Gegenüberstellung von Vischers Kupferstich und einer Drohnenaufnahme aus dem Jahr 2019. Auffällig ist, dass ein großes Höhlenportal, wie von Vischer dargestellt, heute nicht oberflächlich erkennbar ist. KÖRNER (1978) beschreibt einen bemerkenswerten archäologischen Fund in der Höhlenseige. In Schwemmsand direkt beim Quellaustritt wurde eine römische Münze, die laut einer Aufschrift zur Zeit des Kaisers Domitian (96 - 81 v.Chr.) geprägt wurde, entdeckt.

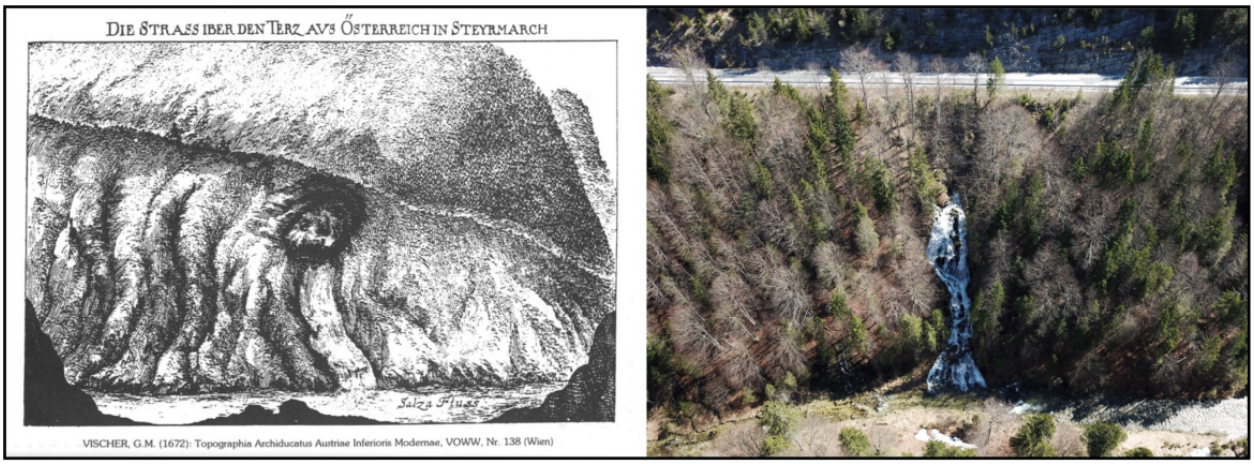


Abb. 46: Kupferstich von G.M. Vischer (1672) (li.) und Drohnenaufnahme von Lukas Plan (3.5.2019) (re.).

Finsterholzquelle

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Hohenberg	1866 – Reisalpe-Hegerberg	584 m	2 Messungen 01 & 06/20
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
169 l/s	8,1 °C	367 µS/cm	Wettersteindolomit

Die Finsterholzquelle entspringt aus mehreren Austritten im Waldboden eines als "Finsterholz" bezeichneten kleinen Tales südlich von Hohenberg. Ihr Einzugsgebiet liegt vermutlich im Bergland rund um den Ochssattel, das großteils aus Wettersteindolomit aufgebaut ist. Sie ist ein eher seltenes Beispiel für eine schüttungsstarke Dolomitquelle in den NÖ-Kalkvoralpen. Bei zwei Messungen (17.1. & 8.6.2020) konnten Schüttungen von 151 bzw. 187 l/s bestimmt werden. Temperatur (8,1 bzw. 8,0 °C) und ELF (362 bzw. 372 µS/cm) zeigten nur geringfügige Unterschiede und liegen im für Dolomitquellen dieser Höhenlage typischen Bereich. Die Wasseranalyse ergab ein Ca/Mg-Verhältnis von 2,3.

Abb 47: Finsterholzquelle (li.) und "Großer Wasserfall" (re.) bei Hohenberg (Fotos: Clemens Schmalfuß, 17.1.2020).

Die Quelle speist zwei aus Kalksinter aufgebaute Wasserfälle, wobei sich einer ("Großer Wasserfall", Abb. 47) unmittelbar unterhalb des Austrittes und der andere ("Schleierwasserfall") etwa 700 m talauswärts befindet. Die Wasserfälle, der Quellbereich sowie der gesamte dazwischenliegende Bachlauf wurden 1989 zum Naturdenkmal erklärt. Laut einem Gutachten im entsprechenden Bescheid handelt es sich um ein *"... Naturdenkmal erster Ordnung von überregionalem Wert, das darüberhinaus im NÖ Nordostalpenraum einen Einmaligkeitswert besitzt"* (BH LILIENFELD, 1989).

Waldwirtquellen

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Gutenstein	1867 – Unterberg-Jochhart	530 m	4 Messungen 12/19 - 6/20
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
gesamt ca. 20 l/s	9 - 14,1 °C	461-579 µS/cm	Hauptdolomit

Etwa 4 km NW Gutenstein, nahe der Einmündung des Radersbachs in die Steinapiesting, befindet sich eine Quellgruppe mit bemerkenswerten Eigenschaften (nach einem nahegelegenen ehemaligen Gasthaus im Folgenden als "Waldwirtquellen" bezeichnet). Bei den zwei Hauptquellen (W2, W3) wurden bei vier Messungen zwischen Dezember 2019 und Juni 2020 konstante Temperaturen von 13,6 bzw. 14,1 °C festgestellt. Die auf einer Seehöhe von 530 m gelegenen Quellen sind somit um ca. 6 °C wärmer als die Quellen der lokalen Umgebung. Auch die ELF ist mit Werten um 550 µS/cm auffällig hoch. Quelle W3, die aus mehreren Austritten einer Anschüttung einer Forststraße entspringt, ist teilweise gefasst, wurde jedoch zum Zeitpunkt der Aufnahme nicht genutzt, da das nahegelegene Haus, zu dem ein Schlauch von der Quellfassung führt, leer stand.

Weitere kleinere Quellaustritte im Umkreis von einigen 100 m zeigen ebenfalls erhöhte Temperatur- und ELF-Werte. Abb. 48 zeigt die Ergebnisse der Quellkartierung vom 15.4.2020 (Lufttemperatur: ca. 3°C). Die geologische Karte legt die Vermutung nahe, dass die hohen Quelltemperaturen mit einer N-S-streichenden Störung, die durch das Tal des Radersbachs verläuft, in Zusammenhang stehen. Diese zerschneidet die nach Süden einfallende Schichtfolge vom liegenden Wettersteindolomit im Norden über ein geringmächtiges Band Lunzer Sandstein zum Hauptdolomit im Süden.

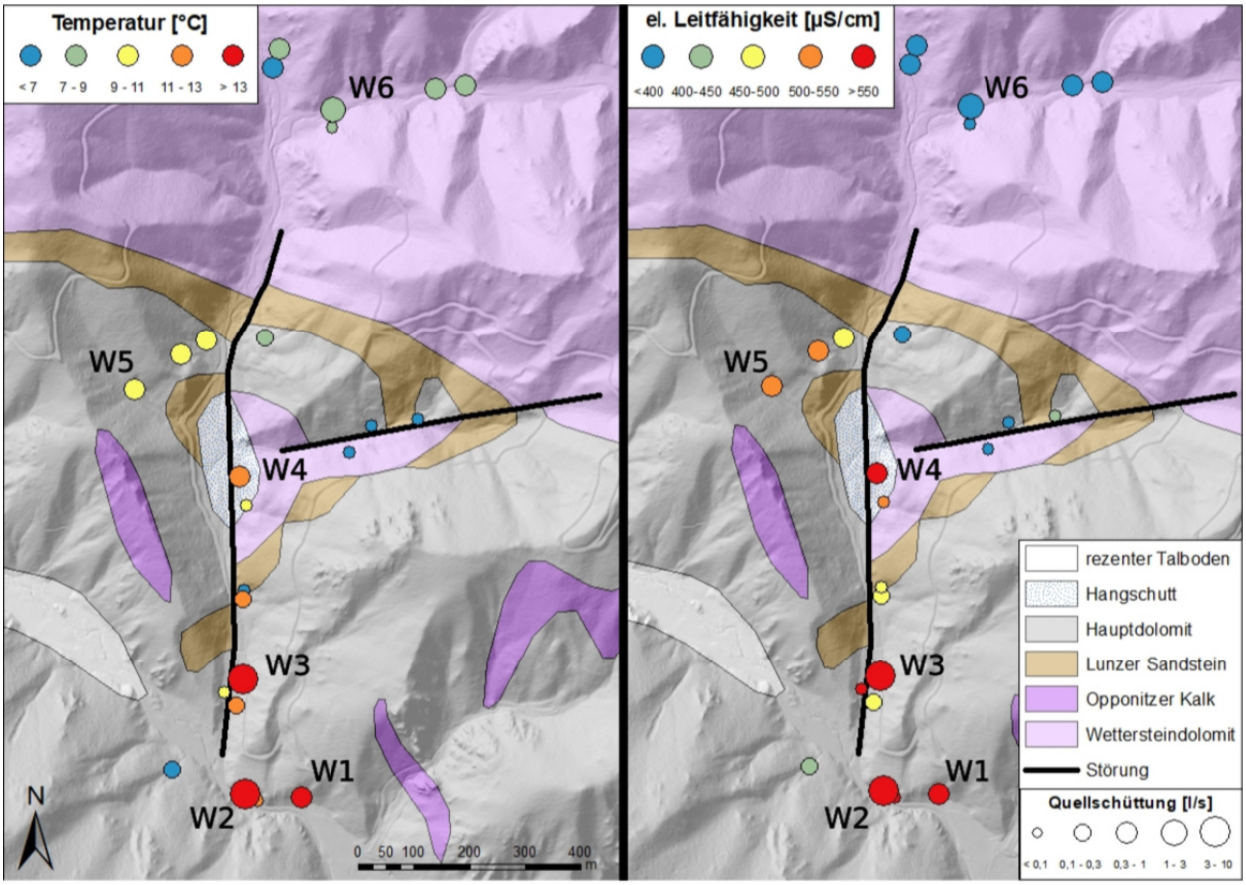


Abb. 48: Ergebnisse der Quellkartierung vom 15.4.2020 im Bereich der Waldwirtquellen.

Die Analyse von Wasserproben der Quellen W1 - W5 zeigt mit SO_4^{2-}-Gehalten zwischen 76 und 110 mg/l deutlich durch Gipslösung beeinflusste Dolomitwässer (Tab. 2). Die Quelle W6 im Wettersteindolomit nördlich der Störungszone, die mit 7,2 °C keine Temperatur-Anomalie aufweist, hat im Vergleich zu den wärmeren Quellen etwas geringere Gehalte an Ca^{2+} und SO_4^{2-}, mit 229 mg/l jedoch gleich viel HCO_3^- wie etwa Quelle W2. Das könnte darauf hindeuten, dass der überwiegende Anteil der höher temperierten Quellwässer aus einem tieferen Grundwasserkörper im Wettersteindolomit stammt und entlang der Störung den wasserstauenden Lunzer Sandstein passiert bevor es die im Hauptdolomit gelegenen Quellaustritte erreicht. Das gelöste Sulfat könnte seinen Ursprung in tektonisch hochgepresstem Gips aus dem Haselgebirge haben, ein Phänomen, das etwa aus Störungszonen im Salzatal bekannt ist (MOSER 2002). Andere denkbare Sulfatquellen wären Gipsvorkommen in der Opponitz-Formation, die in der näheren Umgebung sporadisch aufgeschlossen ist, oder zufließende Wässer aus größeren Tiefen. Abb. 49 zeigt eine schematische Darstellung der vermuteten hydrogeologischen Verhältnisse.

Tab. 2: Ergebnisse der chemischen Analysen sowie Feldparameter der Waldwirtquellen.

Quelle	Q [l/s]	ELF [µS/cm]	Temp. [°C]	Ca^{2+} [mg/l]	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	HCO_3^-
W1	1	579	13,9	66	30	101	225
W2	5	567	13,6	66	30	98	229
W3	9	563	14,1	74	26	87	244
W4	1	561	12,6	65	35	110	232
W5	1	541	10,1	62	32	76	251
W6	2	384	7,2	46	23	21	229

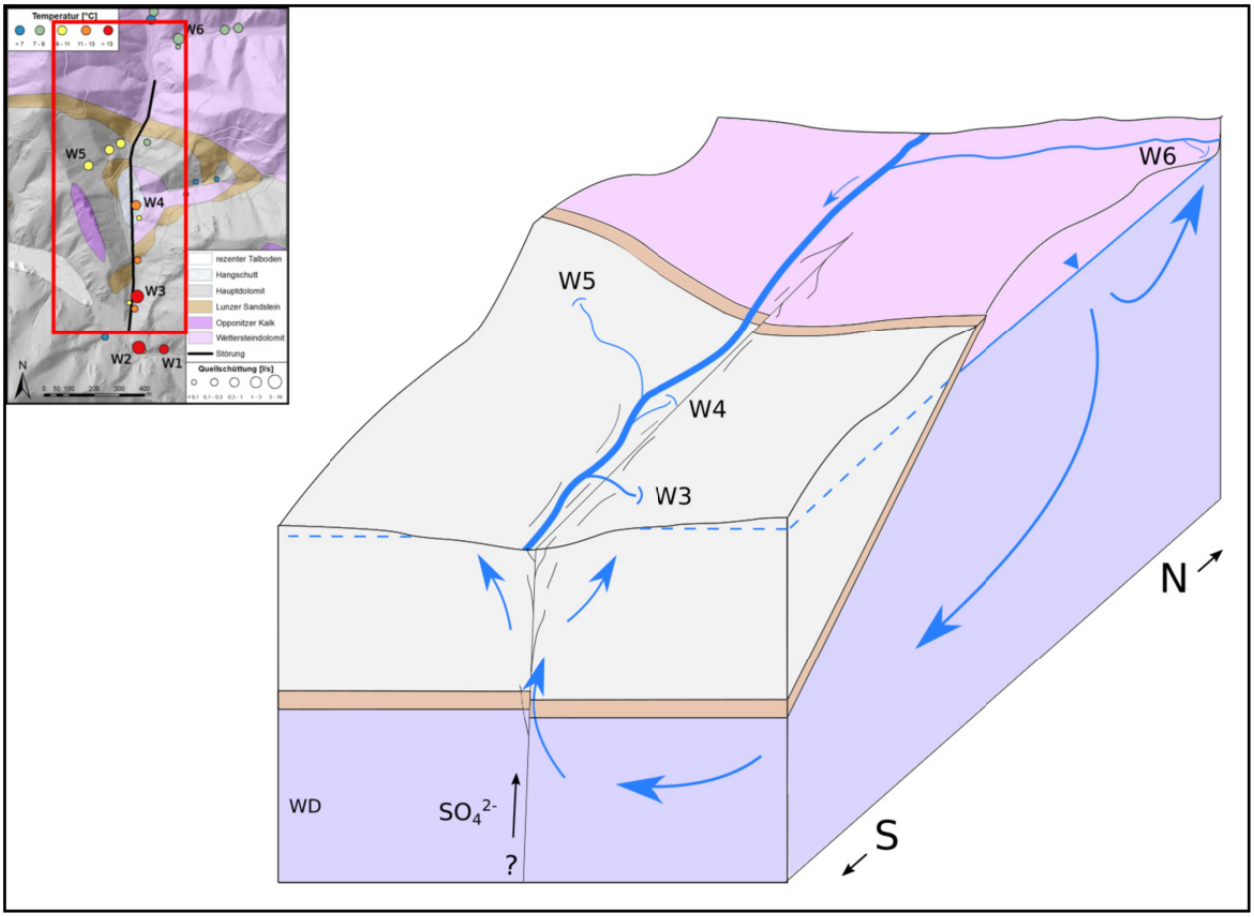


Abb. 49: Vermutete hydrogeologische Verhältnisse im Bereich der Waldwirtquellen (HD = Hauptdolomit, LS = Lunzer Sandstein, WD = Wettersteindolomit).

Augenbründl (Schwarzenbach)

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Schwarzenbach	2872 – Bucklige Welt östl. d. Pitten	451 m	Messung 6.6.20
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
ca. 1 l/s	10,6 °C	626 µS/cm	Dolomitmarmor

Das Augenbründl (auch Heiliges Bründl oder Bründlquelle) liegt wenige 100 Meter außerhalb von Schwarzenbach in der Buckligen Welt am Hang des Burgberges (Rosaliengebirge, 545 m). Dieser ist hauptsächlich aus Marmor der Sieggraben-Einheit (Zentralalpines Kristallin) aufgebaut, der unmittelbar neben der Quelle in einem kleinen Steinbruch abgebaut wird. KÜPPER (1957) beschreibt ihn als reinweißen Dolomitmarmor mit Phlogopitlagen. Das Quellwasser ist mit einem Ca/Mg-Verhältnis von 1,8 als reines Dolomitwasser einzustufen. Es unterscheidet sich in seiner Hauptionen-Zusammensetzung nicht merklich von Dolomitwässern in den NKA. Das Augenbründl ist zur Trinkwasserversorgung von Schwarzenbach in einer Quellstube gefasst. Daneben befindet sich eine kleine Kapelle, die als Marienwallfahrtsort und Schauplatz für Festgottesdienste dient. Das Quellwasser soll schon viele Leute von ihrem Augenleiden befreit haben (LINHART 2020).

Brauhausquelle

Gemeinde	Gebirgsgruppe	Seehöhe	Datenquelle
Albrechtsberg a. d. Gr. Krems	6845 – Waldviertel	553 m	Messung 29.5.20
Schüttung	Temperatur	ELF	Geologie
ca. 0,3 l/s	8 °C	687 µS/cm	Silikatmarmor

Diese Quelle nahe der kleinen Siedlung Brauhaus bei Albrechtsberg an der Großen Krems ist ein Beispiel für eine Karstquelle in der Bunten Serie des Moldanubikums in der Böhmischen Masse. Sie entspringt im Wald knapp oberhalb des Tals der Großen Krems aus einer Einschaltung von unreinem Silikatmarmor im Paragneis (MATURA 1989). Die Quelle ist gefasst mit einem Überlauf, unter dem sich relativ stark ausgeprägte Kalktuffablagerungen gebildet haben. Damit ist sie ein ausgesprochen seltenes Beispiel für eine Kalktuffquelle in der Böhmischen Masse (Mündliche Mitteilung PAVUZA 2018). Die Analyse einer Wasserprobe ergab ein Ca/Mg-Verhältnis von 4,0, was einem Kalk-Dolomit-Mischwasser entspricht.

Thermal- und Heilquellen

Einige, teils genutzte Thermalquellen in den Randbereichen des Wiener Beckens können ebenfalls als Karstquellen klassifiziert werden. Die Quellen in Baden, Bad Fischau, Bad Vöslau, Mannersdorf und Bad Deutsch Altenburg werden ausführlich in den Erläuterungen zur geologischen Themenkarte "Thermalwässer in Österreich" (ELSTER et al. 2016) beschrieben und daher hier nicht näher besprochen. Selbiges gilt für die Solequellen in Salzerbad bei Kleinzell, die im Buch "Österreichs Mineral- und Heilwässer" von ELSTER et al. (2018) beschrieben werden.

4.3. Hydrochemische Analysen

Im Zuge der Quellkartierung wurden Wasserproben von 63 Quellen genommen und auf ihre Hauptionen-Gehalte analysiert. Abb. 50 gibt einen Überblick über die Lage der beprobten Quellen. Die Proben stammen mit Ausnahme von P51 (Böhmische Masse) und P52 (Zentralalpin) aus den NKA, mehrheitlich aus den überwiegend dolomitischen Gebieten in den Voralpen. Aus einigen Gebieten NÖs liegen aus verschiedenen Datenquellen (HACKER & SPENDLINGWIMMER 1989; PAVUZA & TRAINDL 1984; PFLEIDERER et al. 2005) chemische Daten vor, die in Abb. 51 zusammengefasst dargestellt sind.

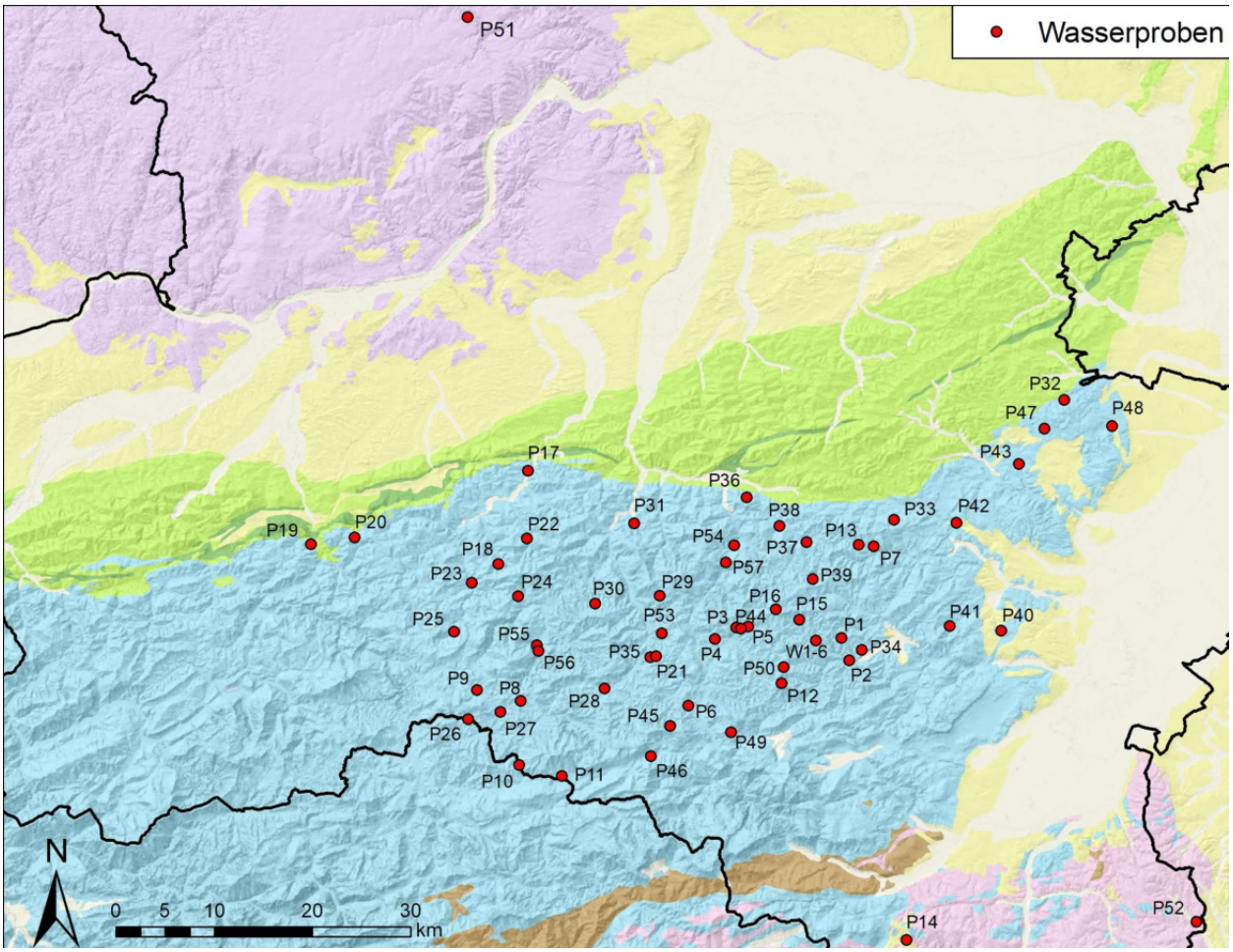
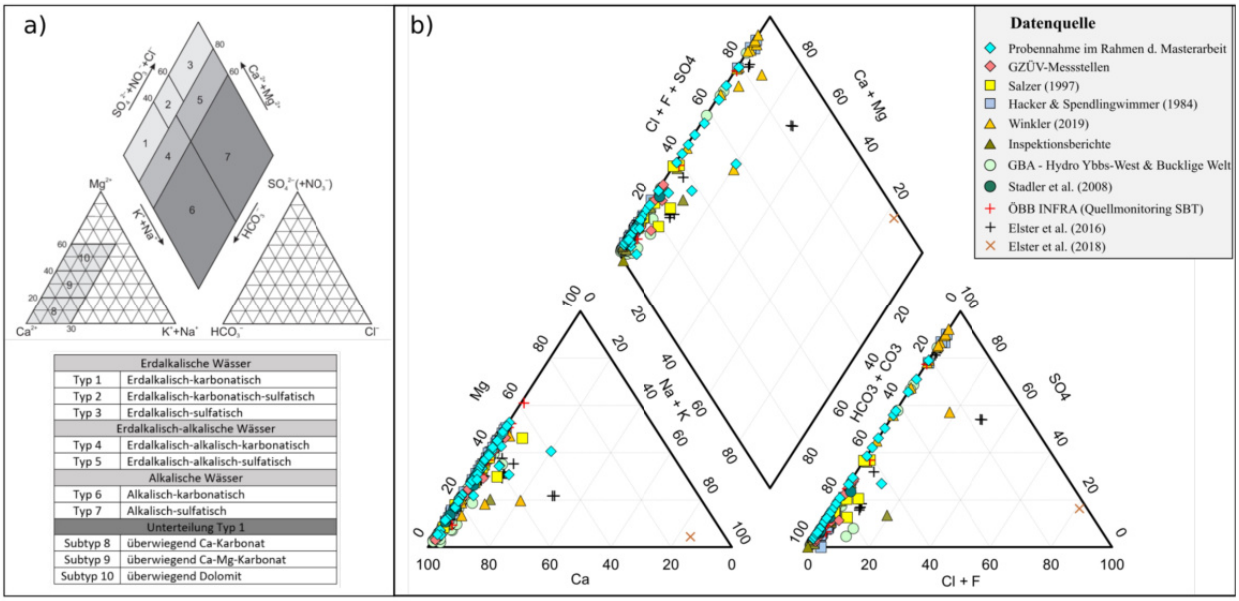


Abb. 50: Standorte der im Zuge der Quellkartierung beprobten Quellen.

Tab. 3: Ergebnisse der chemischen Analysen der beprobten Quellen und Feldparameter (Q: * = gemessen, Rest geschätzt). Koordinaten der Quellen: siehe Anhang.

Probe	Datum	Q [l/s]	ELF [µS/cm]	Temp. [°C]	Ca^{+} [mg/l]	Mg^{+} [mg/l]	Na^{+} [mg/l]	HCO_3^{-} [mg/l]	SO_4^{2-} [mg/l]	Ca/Mg [-]	Standort-beschreibung
P1	5.8.19	0,7*	484	11,7	49	30	0,3	297	10	1,6	3 km N Gutenstein
P2	9.10.19	8	540	10,8	58	33	0,7	293	38	1,8	Gutenstein Ort
P3	9.10.19	1	364	8,2	40	23	0,2	229	10	1,7	1 km NE Rohr i. G.
P4	9.10.19	3	377	7,9	56	13	0,2	221	13	4,3	1 km W Rohr i. G.
P5	9.10.19	13,5*	389	7,0	54	17	0,2	221	23	3,2	2 km NE Rohr i. G.
P6	9.10.19	1	362	7,9	40	24	0,2	224	16	1,7	3 km N Schwarzau i. G.
P7	25.10.19	1	453	9,4	58	23	0,3	270	18	2,5	3 km W Furth a. d. Tr.
P8	25.10.19	1,2*	359	6,0	40	24	0,2	229	12	1,7	2 km NE Ulreichsberg
P9	25.10.19	2,2*	361	6,5	40	19	2,3	221	10	2,1	2 km S Annaberg
P10	25.10.19	103*	275	6,0	31	19	0,3	175	13	1,6	1 km N Terz (Höhlenseige)
P11	25.10.19	7,5*	264	5,9	33	14	0,4	175	10	2,4	Lahnsattel Ort
P12	25.10.19	0,3	384	9,2	48	24	0,2	236	25	2,0	7 km SW Gutenstein
P13	4.11.19	0,3	455	9,3	50	32	0,3	267	35	1,6	5 km W Furth a. d. Tr.
P14	6.11.19	3	444	9,5	84	2	0,9	267	10	42	2 km NE Kirchberg a. W.
P15	7.11.19	8,5*	397	6,9	57	14	0,6	233	10	4,1	6 km NE Gutenstein
P16	7.11.19	1	317	6,4	54	8	0,2	207	10	6,8	5 km NE Rohr i. G.
P17	15.11.19	1	1302	9,3	203	51	0,9	252	488	4,0	1 km S Rabenstein a. d. P.
P18	15.11.19	60*	363	7,7	54	15	0,5	203	28	3,6	3 km S Loich
P19	15.11.19	300	754	9,8	104	30	0,3	270	155	3,5	500 m E Neustift
P20	15.11.19	1	547	9,5	80	22	0,4	343	10	3,6	4 km SE Scheibbs
P21	16.11.19	27*	364	8,0	38	26	0,3	229	12	1,5	3 km S Hohenberg
P22	21.11.19	10	494	8,4	73	18	0,6	300	10	4,1	4 km S Kirchberg a. d. P.
P23	21.11.19	30	661	8,5	102	24	0,6	233	157	4,3	500 m N Schwarzenbach
P24	21.11.19	0,3	321	8,9	60	2	1,3	191	10	30	4 km W Türnitz
P25	29.11.19	10	285	6,9	48	4	0,2	171	10	12	5 km S Schwarzenbach
P26	29.11.19	4,8*	296	6,1	54	9	0,2	183	19	6,0	1 km E Fadental
P27	29.11.19	30	336	6,6	46	19	0,2	217	17	2,4	Ulreichsberg Ort
P28	29.11.19	30	820	12,2	110	34	2,1	223	223	3,2	St. Aegyd Ort (Toiflquelle)
P29	5.12.19	1	1264	7,3	260	9	1,6	175	520	29	3 km N Hohenberg
P30	5.12.19	1	334	6,4	46	23	0,2	209	37	2,0	4 km E Türnitz
P31	5.12.19	10	715	9,4	116	26	0,8	239	191	4,5	1 km S Lilienfeld
P32	6.12.19	1	632	9,0	92	22	0,8	351	33	4,2	Kaltenleutgeben Ort
P33	30.12.19	11*	417	8,2	54	21	0,6	252	13	2,6	3 km SW Altenmarkt a.d.T.
P34	17.1.20	0,11*	614	7,5	82	28	0,4	287	82	2,9	2 km NE Gutenstein
P35	17.1.20	151*	362	8,1	46	20	0,2	211	23	2,3	3 km S Hohenberg
P36	20.2.20	0,6	524	7,9	64	17	0,5	272	10	3,8	1 km SW Hainfeld
P37	20.2.20	1	439	8,4	54	24	0,1	277	10	2,3	3 km SE Ramsau
P38	20.2.20	5	490	8,9	81	10	0,6	237	49	8,1	Ramsau Ort
P39	20.2.20	10	352	7,0	44	16	0,1	215	10	2,8	6 km SE Ramsau
P40	13.3.20	0,1	625	9,5	106	5	0,5	297	40	21	1 km N Hernstein
P41	13.3.20	3	519	8,7	55	32	0,2	294	28	1,7	4 km SW Grillenberg
P42	13.3.20	3	749	10,2	101	18	6,3	280	92	5,6	1 km N Neuhaus a. d. T.
P43	13.3.20	0,03	2195	9,3	134	84	78,6	351	377	1,6	Heiligenkreuz Ort
P44	15.4.20	1,1	351	6,9	48	13	0,2	201	10	3,7	2 km NE Rohr i. G.
P45	22.4.20	1,5	246	5,5	30	9	0,1	143	10	3,3	4 km W Schwarzau i. G.
P46	13.5.20	6,8*	232	5,6	35	9	0,4	129	18	3,9	6 km SW Schwarzau i. G.
P47	20.5.20	0,1	1066	9,4	150	22	0,6	348	172	6,8	1 km N Sittendorf
P48	20.5.20	0,1	1667	12,0	226	62	3,1	344	519	3,6	Hinterbrühl Ort
P49	27.5.20	1	232	6,4	43	2	0,3	140	10	22	2 km E Schwarzau i.
P50	27.5.20	10	540	8,3	60	21	7,2	268	15	2,9	7 km W Gutenstein
P51	29.5.20	0,1	687	8,0	92	23	2,7	348	38	4,0	1 km NE Albrechtsberg
P52	6.6.20	1	626	10,6	71	38	0,7	354	43	1,9	1 km E Schwarzenbach
P53	8.6.20	20	415	8,1	53	19	0,1	244	12	2,8	1 km E Hohenberg
P54	15.4.20	30	383	8,1	53	19	0,2	215	32	2,8	Kleinzell Ort
P55	7.5.20	200	337	7,4	52	9	0,1	179	17	5,8	4 km S Türnitz
P56	7.5.20	50	404	8,9	44	22	0,1	215	23	2,0	5 km S Türnitz
P57	15.4.20	30	395	8,1	51	18	0,2	222	17	2,8	1 km S Kleinzell
W1	17.1.20	1	579	13,9	66	30	0,7	225	101	2,2	4 km NW Gutenstein
W2	17.1.20	5*	567	13,6	66	30	0,6	229	98	2,2	4 km NW Gutenstein
W3	17.1.20	9*	563	14,1	74	26	1,1	244	87	2,8	4 km NW Gutenstein
W4	15.4.20	1	561	12,6	65	35	0,7	232	110	1,8	4 km NW Gutenstein
W5	15.4.20	1	541	10,1	62	32	0,6	251	76	1,9	4 km NW Gutenstein
W6	15.4.20	2	384	7,2	46	23	0,1	229	21	2,0	4 km NW Gutenstein

Abb. 51 zeigt die Position der Wasserproben im zur hydrochemischen Faziesbestimmung gebräuchlichen Piper-Diagramm sowie die darauf basierende Klassifizierung von Grundwassertypen nach FURTAK & LANGGUTH (1967). Zum Vergleich sind zudem Datenpunkte aus diversen weiteren Quellen in NÖ eingetragen. Es ist anzumerken, dass die Gehalte an Cl^-, F^-, K^+, und CO_3^{2-} nicht bestimmt wurden. Der Vergleich mit weiteren Analysen zeigt jedoch, dass diese Ionen in Karstquellen in NÖ üblicherweise nur in sehr geringen, für die Diagrammdarstellung vernachlässigbaren Konzentrationen vorkommen. Ausnahmen sind Thermalwässer und Wässer, die mit Salzvorkommen des Haselgebirges in Kontakt waren.



Erdalkalische Wässer	
Typ 1	Erdalkalisch-karbonatisch
Typ 2	Erdalkalisch-karbonatisch-sulfatisch
Typ 3	Erdalkalisch-sulfatisch
Erdalkalisch-alkalische Wässer	
Typ 4	Erdalkalisch-alkalisch-karbonatisch
Typ 5	Erdalkalisch-alkalisch-sulfatisch
Alkalische Wässer	
Typ 6	Alkalisch-karbonatisch
Typ 7	Alkalisch-sulfatisch
Unterteilung Typ 1	
Subtyp 8	überwiegend Ca-Karbonat
Subtyp 9	überwiegend Ca-Mg-Karbonat
Subtyp 10	überwiegend Dolomit

Abb. 51 a) Klassifizierung von Grundwassertypen nach (FURTAK & LANGGUTH, 1967) im Piper-Diagramm (PIPER, 1944), Grafik aus (HILBERG, 2015) b) Piper-Diagramm der analysierten Wasserproben und Vergleich mit weiteren Daten aus NÖ.

Aus dem Diagramm ist abzulesen, dass die überwiegende Mehrheit der Wässer dem Typ 1 (Erdalkalisch-karbonatisch) entspricht. Dieser Typ kann nach dem relativen Gehalt an Ca^{2+} und Mg^{2+} weiter in die drei Subtypen 8, 9 und 10 unterteilt werden, wobei die vorliegenden Datenpunkten relativ gleichmäßig zwischen den Subtypen verteilt sind. Dies spiegelt das häufige Vorkommen von sowohl Kalk- und Dolomitkarstwässern, als auch Mischwässern in NÖ wider. Eine Häufung von Datenpunkten ist außerdem im Feld von Typ 3 (Erdalkalisch-sulfatisch) zu erkennen. Diese sulfatreichen Wässer stammen großteils aus Gipskarst-Gebieten. Vereinzelte Wässer des Typs 2 (Erdalkalisch-karbonatisch-sulfatisch) können als Mischungen von Karbonat- und Gipskarstwässern interpretiert werden. Nur vier Quellen können dem Typ 5 (Erdalkalisch-alkalisch-sulfatisch) zugeordnet werden. Hierbei handelt es sich um Wässer, deren Na^+-Gehalt durch den Kontakt mit Steinsalzvorkommen des Haselgebirges deutlich erhöht ist, sowie um Thermalwässer. Ein weiterer potenzieller Grund für erhöhte Na-Werte sind anthropogene Quellen wie etwa Salzstreuung von Straßen. Nur eine einzige Quelle entspricht dem Typ 7 (Alkalisch-sulfatisch), nämlich die Solequelle in Kleinzell-Salzerbad, deren Lösungsinhalt fast komplett auf Steinsalz-Lösung zurückzuführen ist. Die Grundwassertypen 4 und 6 sind unter den ausgewerteten Daten nicht vertreten.

Tab. 4: Anzahl der Quellen nach den Grundwassertypen nach (FURTAK & LANGGUTH, 1967).

Erdalkalische Wässer		**Anzahl**
Typ 1	Erdalkalisch-karbonatisch	**327**
Typ 2	Erdalkalisch-karbonatisch-sulfatisch	**10**
Typ 3	Erdalkalisch-sulfatisch	**34**
Erdalkalisch-alkalische Wässer		
Typ 4	Erdalkalisch-alkalisch-karbonatisch	**0**
Typ 5	Erdalkalisch-alkalisch-sulfatisch	**4**
Alkalische Wässer		
Typ 6	Alkalisch-karbonatisch	**0**
Typ 7	Alkalisch-sulfatisch	**1**
Unterteilung Typ 1		
Subtyp 8	überwiegend Ca-Karbonat	**133**
Subtyp 9	überwiegend Ca-Mg-Karbonat	**112**
Subtyp 10	überwiegend Dolomit	**82**

4.4. Kartendarstellungen

In Abb. 52 sind alle Quellen, von denen Messwerte der ELF vorliegen, dargestellt und nach den jeweilgen Werten eingefärbt. Die Quellschüttung ist durch die Größe der Punkte dargestellt. Es ist ersichtich, dass große Karstquellen mit Schüttungen über 100 l/s in erster Linie in den südlichen, gebirgigen Landesteilen in der Umgebung der hohen Karstmassive (z.B. Dürrenstein, Ötscher, Schneeberg) zu finden sind. Außerdem fällt auf, dass schüttungsstarke Quellen im Osten NÖs deutlich seltener sind als im Westen. Mögliche Erklärungen hierfür sind nach Osten hin deutlich abnehmende mittlere Jahresniederschlagssummen sowie im Vergleich zu den westlichen Gebieten kleinere und geologisch inhomogenere Gebirgsmassive. In Hinblick auf die ELF zeigt sich, dass in den gebirgigen Regionen im Süden gering mineralisierte Quellen mit Leitfähigkeiten unter 300 µS/cm (blau) überwiegen. Am voralpinen Nordrand der NKA hingegen herrschen Werte über 400 µS/cm vor. Ganz im Osten, im Wienerwald und entlang des Randes des Wiener Beckens, treten gehäuft Quellen mit ELF-Werten über 500 µS/cm auf, auch dort, wo keine sulfatführenden Gesteine bekannt oder wahrscheinlich sind.

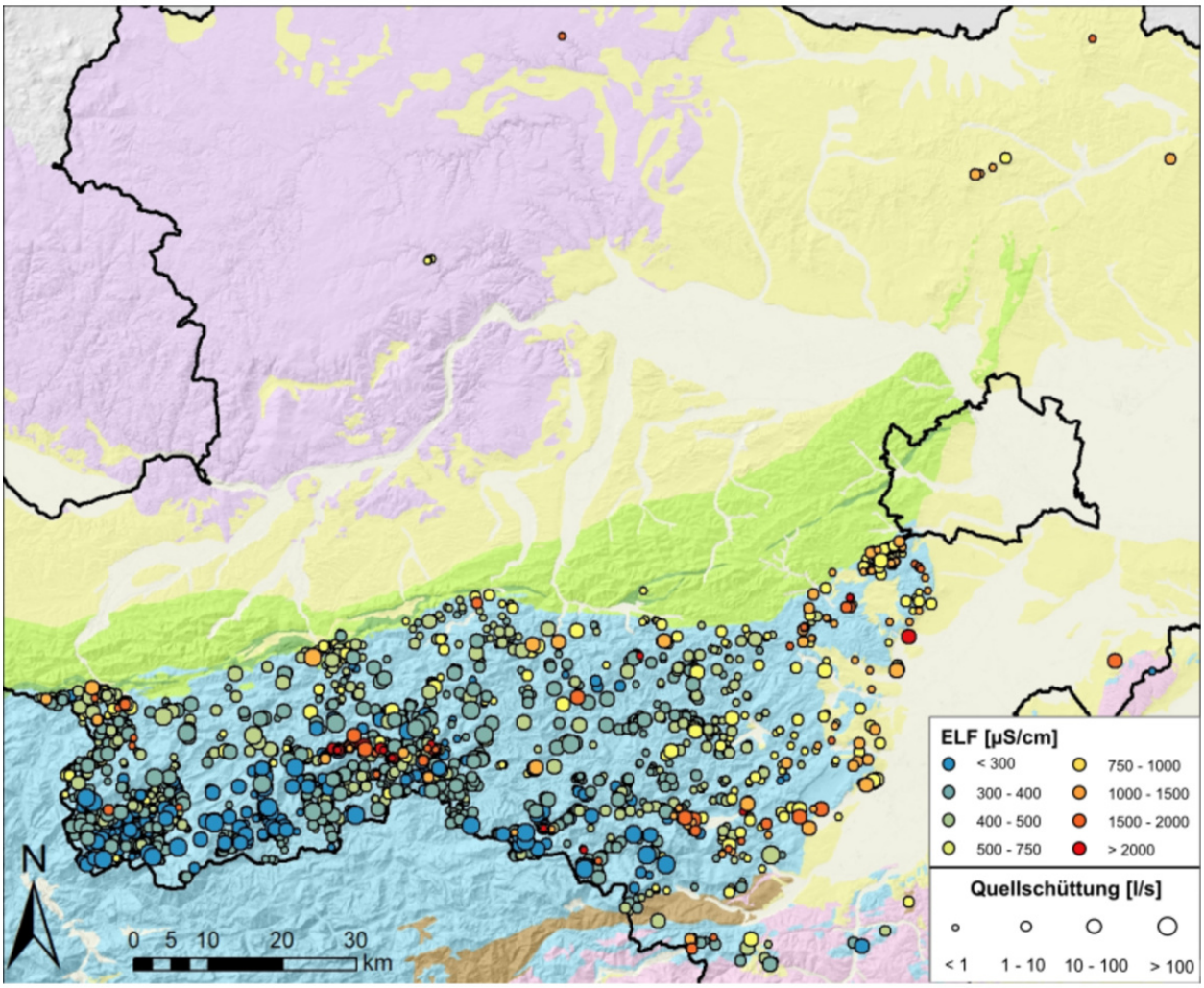


Abb. 52: Karte aller erfassten Karstquellen nach ihrer ELF und Schüttung.

Abb. 53 zeigt eine interpolierte Karte der ELF-Werte für den Bereich der NKA und des Semmeringmesozoikums. Als Interpolationsmethode wurde die inverse Distanzwichtung verwendet (mithilfe der Funktion "IDW" in ArcMap). Bei dieser Methode ist die Gewichtung eines Datenpunktes proportional zum Quadrat des Kehrwertes der Distanz vom Datenpunkt zum interpolierten Punkt. Dabei sind in die Berechnung jedes Rasterpunktes die fünf jeweils nächstgelegenen Messwerte eingeflossen. Es ist anzumerken, dass die Dichte an Datenpunkten und damit die Aussagekraft der Karte regional stark variiert. Sie soll in erster Linie der Hervorhebung von Regionen mit stark erhöhten ELF-Werten dienen.

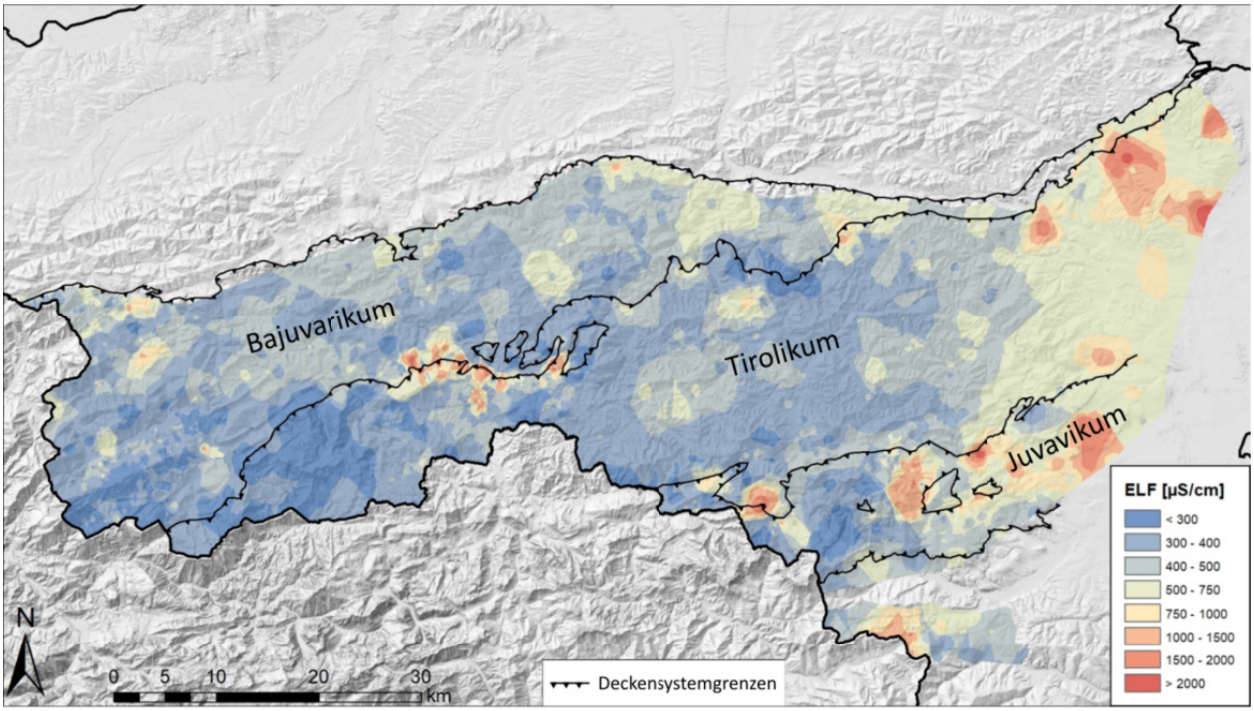


Abb. 53: Verteilung (Interpolation mittels inverser Distanzwichtung) der ELF der Quellwässer; Deckensystemgrenzen nach WEBER (1997).

Werte über 700 - 1000 µS/cm, je nach Höhenlage, treten fast ausschließlich in Gegenden auf, in denen Gips vorkommt. Diese sind in erster Linie an das Haselgebirge gebunden, welches in den NKA vor allem im Bereich von Deckengrenzen aufgeschlossen ist, wo es im Zuge der Gebirgsbildung einen Gleithorizont darstellte (NEUBAUER et al. 2017; WINKLER 2019). In der Karte sind die Basisüberschiebungen der Deckensysteme (Bajuvarikum, Tirolikum und Juvavikum) der NKA eingezeichnet. Es ist zu erkennen, dass erhöhte ELF-Werte an der Basis von Tirolikum (z.B. Ötscher, Annaberg, Kleinzell) und Juvavikum (z.B. östlich Schneeberg) aufgrund des dort verbreitet vorkommenden Haselgebirges gehäuft auftreten. Vereinzelte Gipsvorkommen in den Rauhwacken der Opponitz-Formation (NKA) sowie im Bunten Keuper des Semmeringmesozoikums führen ebenfalls zu einigen hochmineraliserten Quellen.

In Abb. 54 ist eine interpolierte Karte der Quelltemperaturen, analog zu Abb. 51, dargestellt. Quellen mit Schüttungen unter 1 l/s wurden hier nicht berücksichtigt, da bei kleinen Quellen eine signifikante Beeinflussung der Temperaturmessung durch die Lufttemperatur zu erwarten ist. Auffällig sind vor allem die hohen Werte am Rande des Wiener Beckens, wo einige Thermalquellen (Baden, Bad Vöslau) Temperaturen über 20 °C aufweisen. Ansonsten spiegelt die Karte relativ gut die mittleren Jahrestemperaturen der jeweiligen Gebiete wider. Besonders kalte Quellen mit Temperaturen unter 5 °C befinden sich vor allem in den höheren Lagen des Dürrenstein- und Schneeberg-Massivs. Ausreißer nach oben mit Temperaturen über 10 °C in inneralpinen Lagen sind einerseits durch Lufttemperatur beeinflusste Messungen bzw. Wiederaustritte von Oberflächengerinnen zu erklären, stehen teilweise aber auch mit dem Einfluss von warmen Tiefenwässern in Zusammenhang (z.B. Waldwirtquellen).

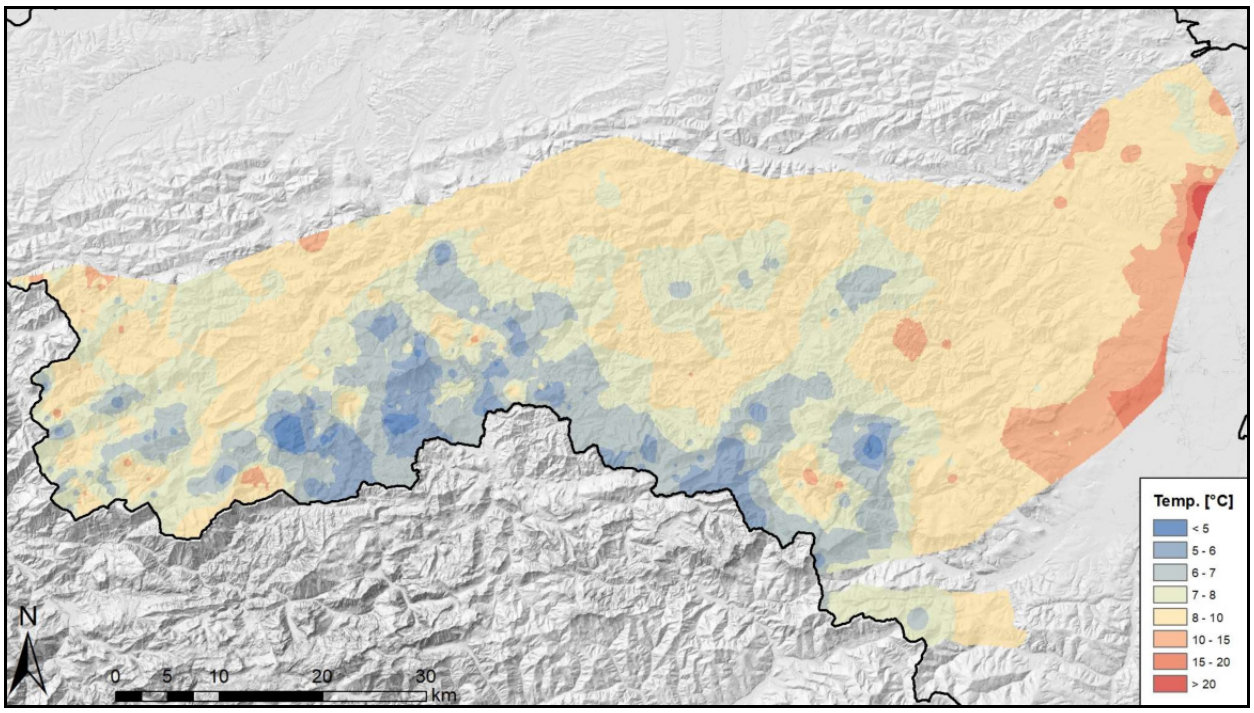


Abb. 54: Verteilung (Interpolation mittels inverser Distanzwichtung) der Temperatur der Quellwässer.

5. Statistische Auswertungen und Diskussion

Die kompilierten Quelldaten wurden in einer Tabelle zusammengefasst. Von Quellen mit mehreren Messungen bzw. Messreihen wurden die jeweiligen Mittelwerte für die statistischen Auswertungen verwendet. Für die überwiegende Mehrheit der Quellen liegen jedoch nur Einzelmessungen vor, was bei der Interpretation berücksichtigt werden muss. Ungenauigkeiten ergeben sich etwa dadurch, dass Messungen in den Wintermonaten deutlich unterrepräsentiert sind und die Parameter signifikanten jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sind. Neben den Hauptparametern Schüttung, ELF und Temperatur sowie den Hauptionen-Konzentrationen wurden im GIS zu jedem Punkt auf Grundlage eines Digitalen Geländemodells (1x1 m) die Seehöhe bestimmt. Außerdem wurde für alle Quellen aus den Geologischen bzw. Geofast-Karten (Maßstab 1:50.000) der Geologischen Bundesanstalt die jeweilige Lithologie am Ort des Quellaustrittes, sowie gegebenenfalls weitere Lithologien der näheren Umgebung, notiert.

Anhand dieser Daten wurden die Quellen in die Kategorien Kalkquellen, Dolomitquellen, Kalk-Dolomit-Mischquellen und (potentiell) sulfatbeeinflusste Quellen eingeteilt. Als Kalk- bzw. Dolomitquellen sind alle Quellen zusammengefasst, die (wenn chemische Daten vorliegen) dem Subtyp 8 (Kalk) bzw. 10 (Dolomit) nach der Klassifizierung nach FURTAK & LANGGUTH (1967) entsprechen sowie (wenn chemische Daten fehlen) jene, die laut geologischer Karte dem jeweiligen Gesteinstyp entspringen. Als (potentiell) sulfatbeeinflusste Quellen wurden einerseits jene Quellen klassifiziert, die einen SO_4^{2-}-Gehalt von mehr als 30 mg/l aufweisen, andererseits jene, von denen kein SO_4^{2-}-Gehalt vorliegt, die aber aus bzw. in der Nähe von gipsführenden Lithologien (u.a. Haselgebirge, Werfener Schichten, Opponitzer Rauhwacke) austreten.

Zusätzlich wurden versucht, für alle Quellen einen Schätzwert für die mittlere EZG-Seehöhe zu ermitteln. Hierfür wurde die Annahme getroffen, dass dieser Wert von der Seehöhe des Quellaustritts und der maximalen Seehöhe im EZG abhängt, wobei folgende Beziehung gilt:

$$Z_{EZG} = Z_Q + \frac{Z_{max} - Z_Q}{K}$$

Z_{EZG} = mittlere EZG-Seehöhe
Z_Q = Seehöhe Quellaustritt
Z_{max} = maximale Seehöhe im EZG
K = Proportionalitätskoeffizient

Um einen Wert für den Koeffizienten K zu erhalten wurde angenommen, dass die Oberfläche des EZG durch die Mantelfläche eines Kegels angenähert werden kann (Abb. 55). Dieser Kegel wird in einen Kegel A mit der Höhe a und einen Kegelstumpf B mit der Höhe b unterteilt. Die Mantelflächen von A und B sollen gleich groß sein. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn gilt a/b = 2,41. Dieser Wert wurde für K angenommen. Die Werte für Z_{max} wurden bestimmt, indem im GIS der jeweils höchste Punkt des orographischen EZGs der Quellen bestimmt wurde. Ungenauigkeiten dieses Modells können sich unter anderem durch Abweichungen von orographischem und realem EZG oder mit der Seehöhe variierende Niederschläge ergeben.

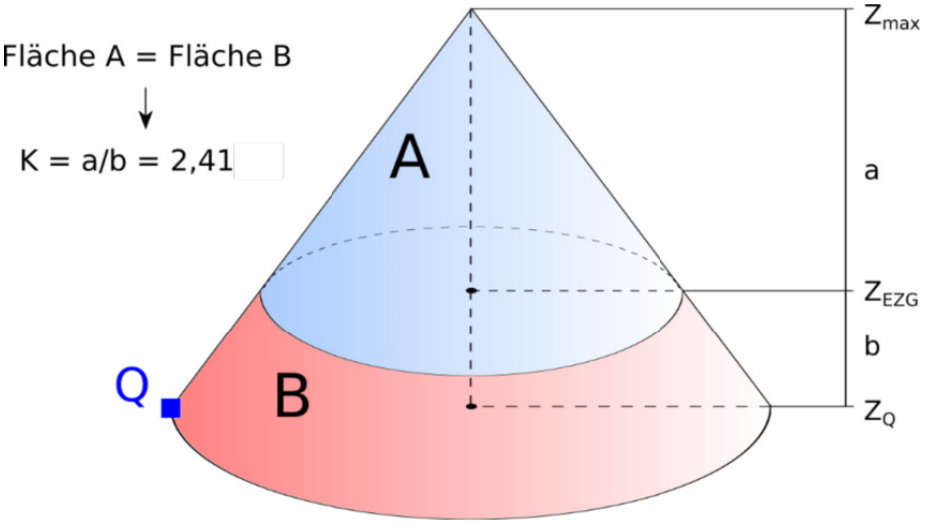


Abb. 55: Modell zur Abschätzung der mittleren EZG-Seehöhe einer Quelle (Erklärung siehe Text).

Zur Überprüfung der Plausibilität dieser Modellannahmen wurden die so errechneten Werte für die mittlere EZG-Seehöhe mit anhand von Sauerstoff-Isotopenanalysen berechneten Werten aus verschiedenen Datenquellen (SPENDLINGWIMMER 1984; SALZER 1997, PFLEIDERER et al. 2005; STADLER et al., 2008;) verglichen. Es zeigt sich, dass die Modellwerte deutlich stärker mit den Isotopenwerten korrelieren als die Seehöhen der Quellaustritte (Abb. 56). Aus diesem Grund wurden diese Werte als gute Annäherung betrachtet und für weiterführende statistische Auswertungen herangezogen.

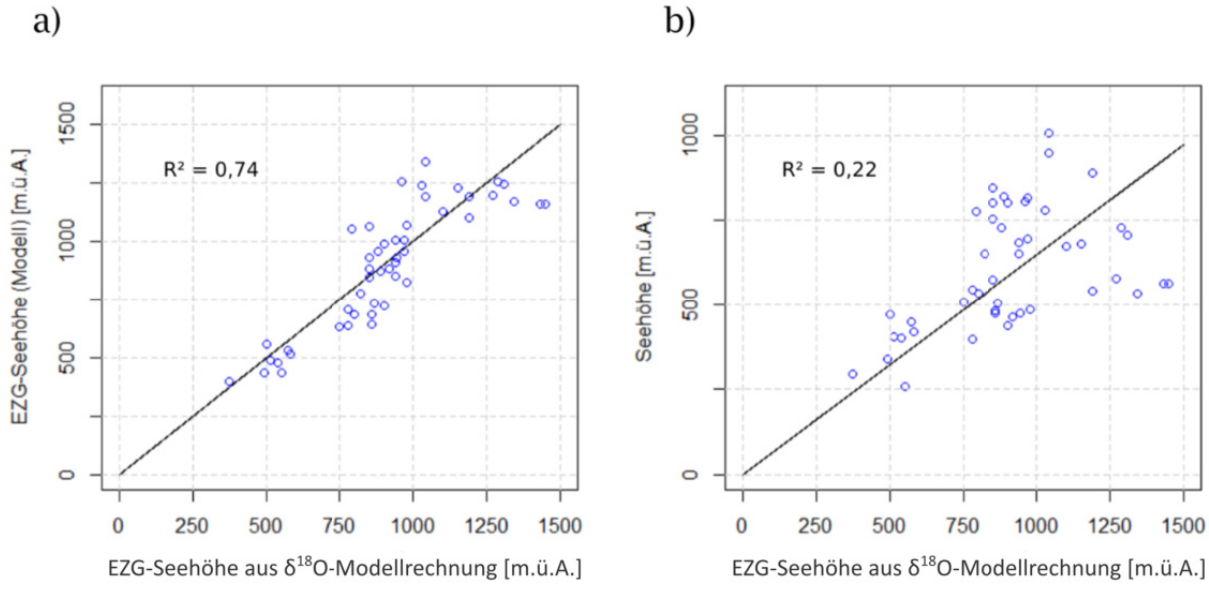


Abb. 56: Vergleich der Korrelation von durch Isotopenmethoden bestimmten mittleren EZG-Seehöhen mit (a) den Modellwerten bzw. (b) den Seehöhen der Quellaustritte; R^2 = Bestimmtheitsmaß.

5.1. Überblick

5.1.1. Seehöhe

Tab. 5: Statistische Kennzahlen der Quellaustritts-Seehöhen.

Werte in [m.ü.A.]	Minimum	Maximum	Mittelwert
gesamt	247	1661	753
Kalkquellen	247	1661	833
Dolomitquellen	255	1378	725

Die Mehrheit (67 %) der Quellen befindet sich in Seehöhen zwischen 600 und 1000 m (Abb. 57). Die Kalkquellen liegen dabei im Mittel um 108 m höher als die Dolomitquellen. Diese Differenz ist dadurch begründet, dass Kalke in NÖ in den größeren Höhenlagen der NKA dominieren, während im voralpinen Bereich Dolomite überwiegen.

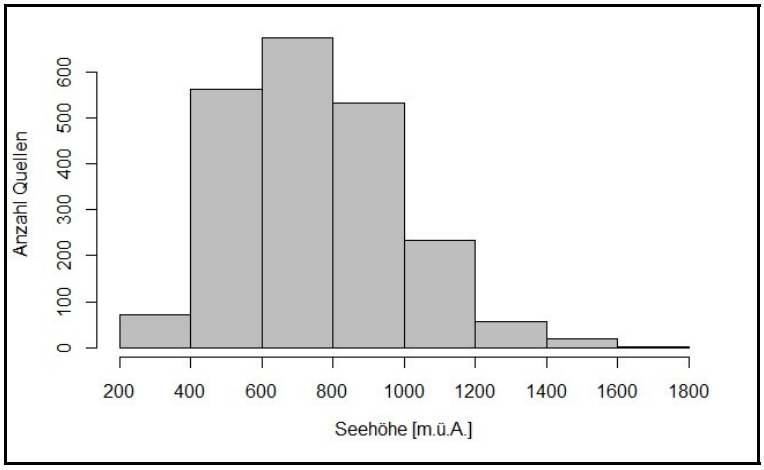


Abb. 57: Histogramm der Seehöhen der Quellaustritte.

5.1.2. Schüttung

Tab. 6: Statistische Kennzahlen der Quellschüttung; Werte in [l/s].

	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert
gesamt	0,001	1000	0,7	8,6
Kalkquellen	0,001	1000	0,8	10,9
Dolomitquellen	0,001	873	0,5	5,9

Im Histogramm in Abb. 58 wird ersichtlich, etwa die Hälfte (48 %) der erfassten Quellen Schüttungen zwischen 0,2 und 2 l/s aufweist. Der Mittelwert liegt mit 8,6 l/s deutlich über dem Median (0,7 l/s). Der Vergleich von Kalk- und Dolomitquellen zeigt, dass erstere tendenziell etwas schüttungsstärker sind (Mittelwert: 10,9 bzw. 5,9 l/s).

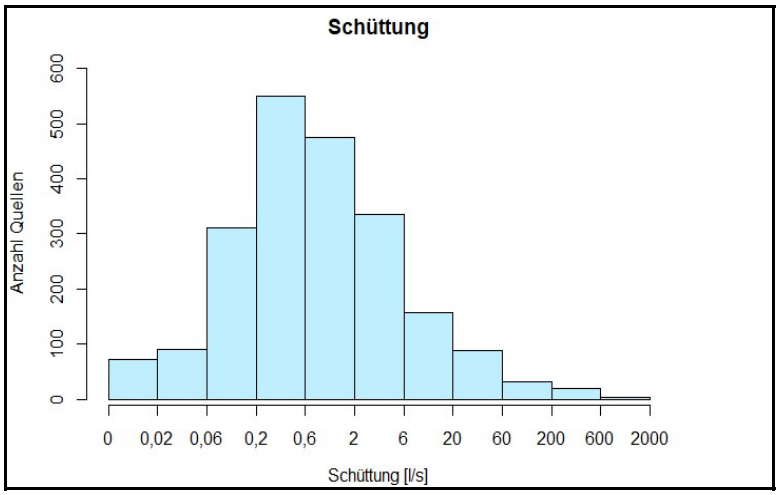


Abb. 58: Histogramm der Quellschüttung.

5.1.3. Elektrische Leitfähigkeit (ELF)

Tab. 7: Statistische Kennzahlen der ELF; Werte in [µS/cm]; * Übergang zu Gipsquellen tw. Fließend.

	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert
gesamt	174	2740	373	448
Kalkquellen	174	586*	327	356
Dolomitquellen	203	626*	368	380

Etwas weniger als die Hälfte aller Quellen (42 %) hat ELF-Werte zwischen 300 und 400 µS/cm (Abb. 59). Ein signifikanter Unterschied lässt sich hier zwischen Kalk- und Dolomitquellen erkennen. Letztere haben im Vergleich einen um 24 µS/cm höheren Mittelwert und einen um 41 µS/cm höheren Median. Eine mögliche Erklärung für diese Differenz ist die Feinklüftigkeit des Dolomits, die längere Verweilzeiten des Quellwassers und damit eine höhere Gesamtmineralisierung, trotz einer im Vergleich zum Kalk langsameren Lösungskinetik, zur Folge hat (PAVUZA & TRAINDL, 1983).

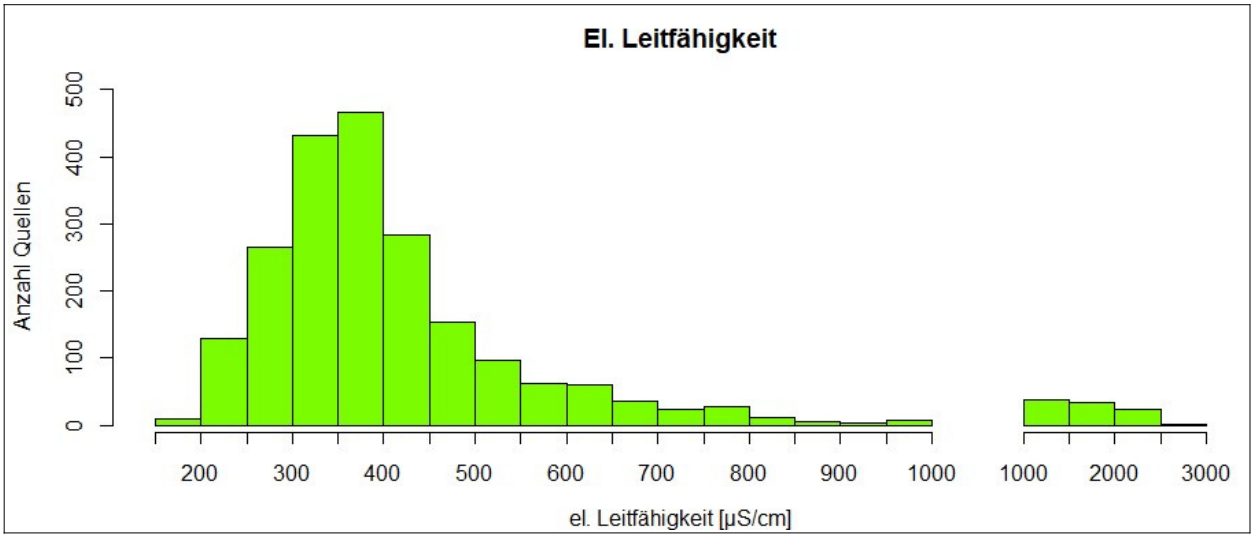


Abb. 59: Histogramm der ELF

5.1.4. Temperatur

Tab. 8: Statistische Kennzahlen der Quelltemperatur (für Quellen > 1 l/s); Werte in [°C].

	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert
gesamt	2,8	35,3	7,7	8,3
Kalkquellen	3,3	14,4	7,2	7,5
Dolomitquellen	2,8	22,5	8,0	8,1

Für die Ermittlung der statistischen Kennzahlen (Tab. 9) sowie das Histogramm der Quelltemperatur (Abb. 60) wurden nur Quellen mit einer Schüttung von mindestens 1 l/s herangezogen, da Messwerte von kleineren Quellen oft stark von der Lufttemperatur während der Messung beeinflusst sind und daher wenig Aussagekraft besitzen. Es ist anzunehmen, dass auch unter den Quellen > 1 l/s einige Messwerte deutlich lufttemperaturbeeinflusst sind. Die Mehrheit (62 %) der Quellen weist Temperaturen zwischen 6 und 9 °C auf (Abb. 60). Die im Mittel um 0,6 °C niedrigere Temperatur der Kalkquellen spiegelt einerseits die größere mittlere Seehöhe der Kalkquellen wider, könnte andererseits auch damit zu tun haben, dass durch tendenziell längere Verweilzeiten im Dolomit eine stärkere Angleichung der Wassertemperatur an die höheren Temperaturen in tieferen Bereichen des Karstgrundwasserkörpers ermöglicht wird (FINK et al., 2005).

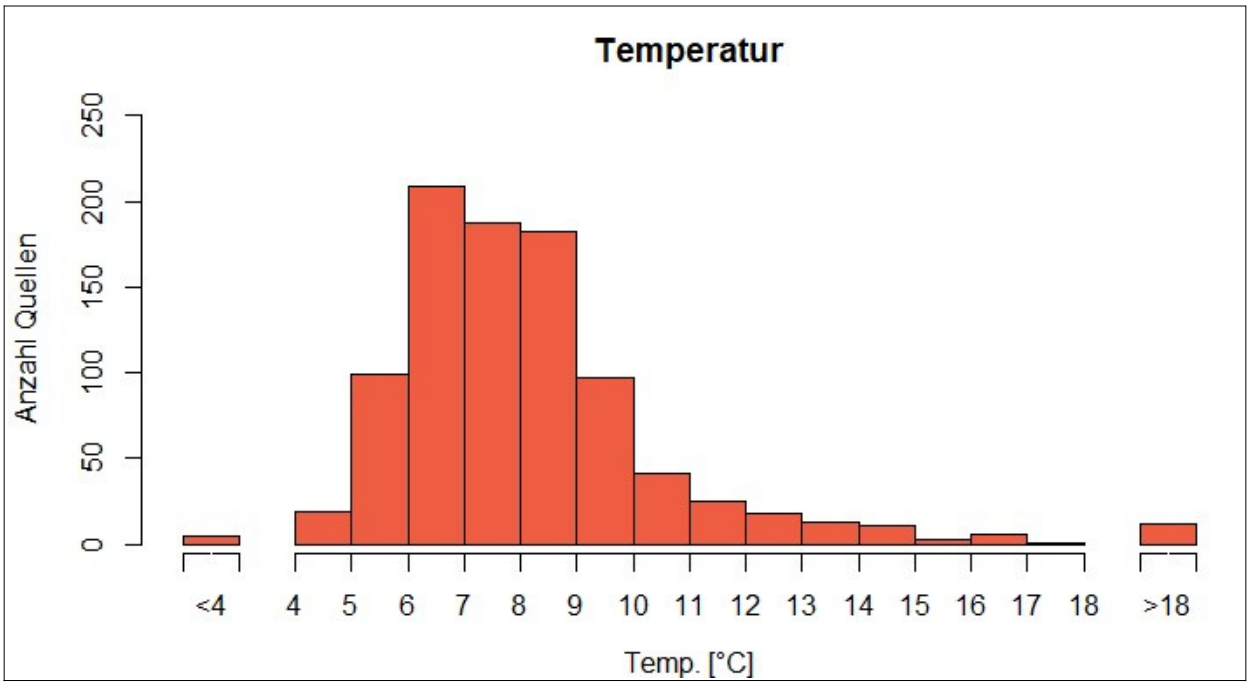


Abb. 60: Histogramm der Quelltemperatur.

5.2. Zusammenhang Temperatur und Seehöhe

Abb. 61 (a) zeigt, dass für die Wassertemperaturen der Quellen mit Schüttungen > 1 l/s eine lineare Korrelation mit der mittleren EZG-Seehöhe besteht. Die Quellen < 1 l/s weisen aufgrund des starken Einflusses der Lufttemperatur eine deutlich größere Streuung auf, wobei nur eine schwache Korrelation mit der EZG-Seehöhe erkennbar ist (Abb. 61 (b)). Abweichungen vom linearen Trend gehen tendenziell öfter in Richtung höherer Temperaturen, was vermutlich in erster Linie daran liegt, dass die überwiegende Mehrheit der Messungen des Datensatzes in den Sommermonaten durchgeführt wurde. Im Diagramm hervorgehoben sind einige Thermalquellen (Baden, Bad Fischau, Bad Vöslau, Mannersdorf) bzw. thermal beeinflusste Quellen (Waldwirtquellen, Toiflquelle), die in Abschnitt 4.2 bereits erwähnt wurden und deutlich vom Trend abweichen. Ein großer Teil der restlichen Ausreißer ist vermutlich auf Lufttemperatur-beeinflusste Messungen, längeres Fließen in einem oberflächennahen Schotterkörper oder wiederaustritt von Oberflächenwässern zurückzuführen.

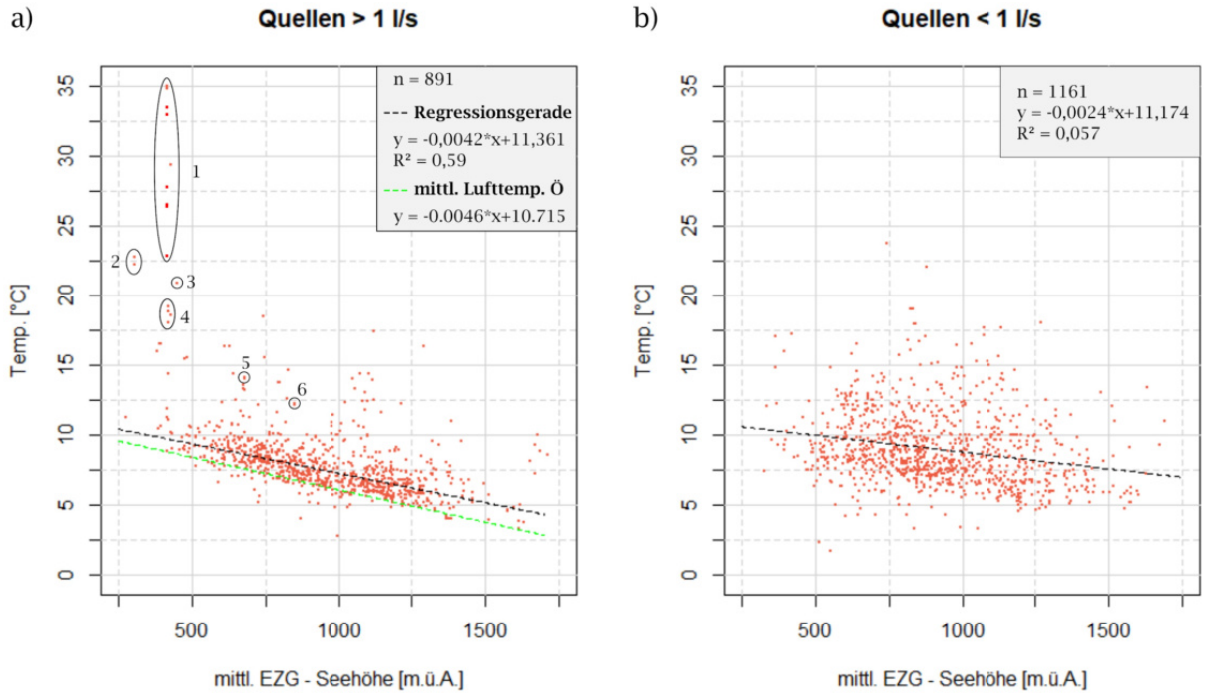


Abb. 61: Beziehung von modellierter mittlerer EZG-Seehöhe und Quelltemperatur für Quellen > 1 l/s (a) und < 1 l/s (b); 1 = Baden, 2 = Mannersdorf, 3 = Bad Vöslau, 4 = Bad Fischau, 5 = Waldwirtquellen, 6 = Toiflquelle; in a) ist zum Vergleich die Höhenabhängigkeit der mittleren Lufttemperatur für Österreich (1981-2010) eingetragen

Zum Vergleich mit den Quelltemperaturen wurde aus langjährigen Mittelwerten der Jahreslufttemperatur (1981-2010) von 169 Messstationen der ZAMG durch Regression die Seehöhenabhängigkeit der Lufttemperatur in Österreich bestimmt. Im Diagramm wird sichtbar, dass diese Gerade ziemlich genau die untere Grenze des großen Clusters an Datenpunkten darstellt. Die überwiegende Mehrheit der Quellen ab 1 l/s Schüttung ist also wärmer als das Jahresmittel der Lufttemperatur in der mittleren EZG-Höhe. Zur Ermittlung der Regressionsgerade der Quelltemperaturen in Abb. 61 (a) wurde der Datensatz um Ausreißer bereinigt, da sich aufgrund deren ungleicher Verteilung sonst ein verzerrtes Bild ergeben würde. Quellen, deren Temperatur mehr als 2 °C über oder mehr als 4 °C unter der mittleren Jahreslufttemperatur in der Seehöhe des Quellaustrittes liegen wurden nicht berücksichtigt. Die Anzahl der Quellen wurde so von 891 auf 780 verringert.

In Abb. 62 sind die Temperaturen der Quellen > 1 l/s gegen die Seehöhe des Quellaustrittes aufgetragen, wobei die Quellen > 100 l/s hervorgehoben sind. Es fällt auf, dass die schüttungsstarken Quellen fast durchwegs kälter sind als das in der jeweiligen Seehöhe erwartbare Jahresmittel der Lufttemperatur, während jene zwischen 1 und 100 l/s relativ gleichmäßig auf beide Seiten der Lufttemperatur-Geraden verteilt sind. Besonders ausgeprägt ist diese Differenz bei Großquellen am Fuße großer Karstmassive wie etwa die im Diagramm hervorgehobenen Höllentalquellen (Rax) und die Schreierquelle (Dürrenstein), deren EZG vorwiegend in großen Höhen liegt. Ähnliche Beobachtungen machten FINK et al. (2005) auch im Gebiet des Hochschwabs und der Schneealpe. Eine Ausnahme unter den Großquellen stellt der Ursprung bei Neustift (siehe 4.2.3) dar, dessen Temperatur signifikant über der mittleren Lufttemperatur liegt, was vermutlich auf den Einfluss von Tiefenwässern zurückzuführen ist.

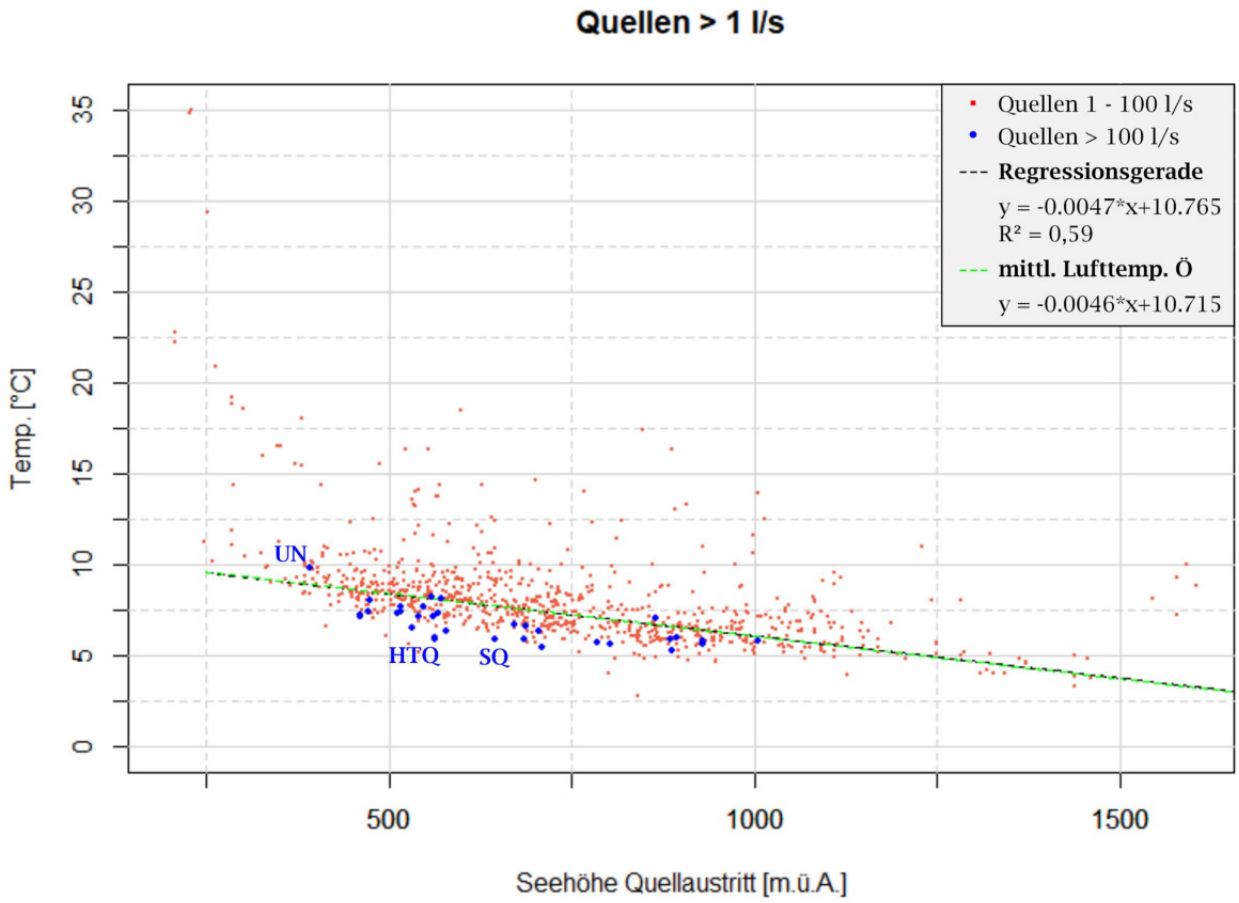


Abb. 62: Beziehung von Seehöhe der Quellaustritte und Quelltemperatur für Quellen > 1 l/s; HTQ = Höllentalquellen, SQ = Schreierquelle, UN = Ursprung (Neustift).

Die (um Außreißer bereinigte) Regressionsgerade für die Quelltemperaturen ist beinahe ident mit jener der Lufttemperatur. Dies ist vermutlich nur deshalb der Fall, weil die meisten Datenpunkte Einzelmessungen vorwiegend im Sommer darstellen. Lägen von allen Quellen Messreihen vor, würde die Gerade wohl etwas tiefer liegen. Der Temperaturgradient der Quellwässer entspricht mit 0,47 °C / 100 m fast exakt jenem der Luft (0,46 °C / 100 m). LEIBUNDGUT (1998) konnte beispielsweise für Karstquellen in der Ostschweiz mit 0,49 °C / 100 m einen ähnlichen Wert ermitteln.

5.3. Zusammenhang ELF - mittlere EZG-Seehöhe

Abb. 63 zeigt die ELF der Quellen aufgetragen gegen den angenäherten Wert für die mittlere EZG-Seehöhe. Es fällt auf, dass die überwiegende Mehrheit der Datenpunkte in einem relativ engen Band konzentriert ist. Punkte mit höherer ELF sind Gipsquellen bzw. durch Sulfatlösung beeinflusste Quellen. Es ist außerdem ein deutlicher Trend von mit steigender EZG-Seehöhe abnehmender ELF zu beobachten, der als Folge einer Zunahme des Niederschlages sowie einer Abnahme der Mächtigkeit der Bodenbedeckung interpretiert werden kann. Dadurch kann das Niederschlagswasser beim Versickern weniger CO_2 aus der damit angereicherten Bodenluft aufnehmen und hat damit eine geringere Lösungskraft (KRALIK et al., 2007).

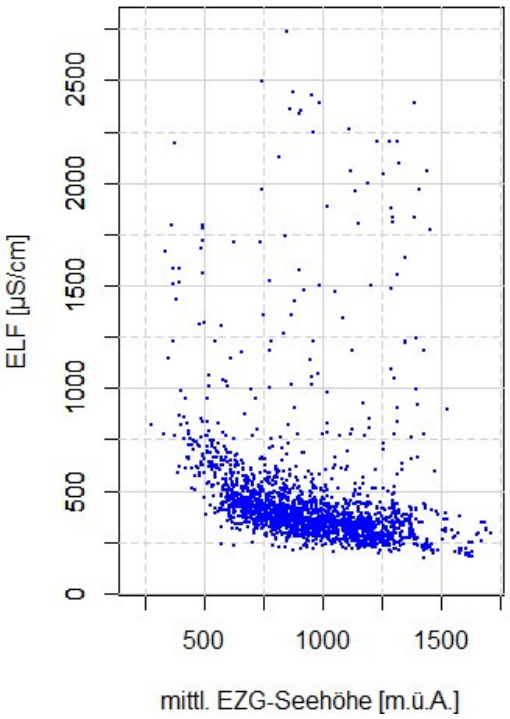


Abb. 63: Beziehung von mittlerer EZG-Seehöhe zu ELF.

Aus den Daten wurde versucht, durch Regression ein Modell für die Seehöhen-Abhängigkeit der ELF zu ermitteln, wobei die sulfatbeeinflussten Quellen nicht berücksichtigt wurden. Hierfür wurde der Datensatz in zwei Segmente aufgeteilt (Abb. 64). Für EZG-Seehöhen < 700 m wurde eine lineare Regression durchgeführt, während für den Bereich > 700 m eine Potenzregression verwendet wurde. Dieser Ansatz wurde gewählt, um der im Diagramm erkennbaren Abflachung der Kurve mit steigender Seehöhe Rechnung zu tragen. Diese könnte dadurch erklärt werden, dass in größeren Höhen der Anteil des "nackten Karsts" (ohne oder mit nur geringer Bodenbedeckung) am EZG zunimmt und sich damit die Lösungskraft des Wassers einem unteren Limit annähert, das durch die CO_2-Anreicherung aus der Atmosphäre gegeben ist.

Für sämtliche Datenpunkte wurde die Abweichung der gemessenen ELF zum durch das Modell für die jeweilige Seehöhe vorhergesagten Wert berechnet (ΔELF):

$$\Delta ELF = ELF_{Messung} - ELF_{Modell}$$

Ein Ausreißer im Datensatz ist die in Abb. 64 hervorgehobene Ursulaquelle, die relativ zur Seehöhe ihres EZG eine ausgesprochen niedrige ELF aufweist. Diese Anomalie kann dadurch erklärt werden, dass die Quelle durch die Versinkung zweier Bäche gespeist wird, deren EZG aus schlecht löslichen, nicht verkarstungsfähigen Gesteinen besteht (VÖLKL 1987). Das punktuell ins Karstsystem eintretende Wasser kann vermutlich nur wenig Boden-CO_2 aufnehmen und hat dadurch eine geringe Lösungskraft. In Kombination mit einer sehr geringen Durchlaufzeit ergibt sich die außergewöhnlich geringe Mineralisierung des Quellwassers.

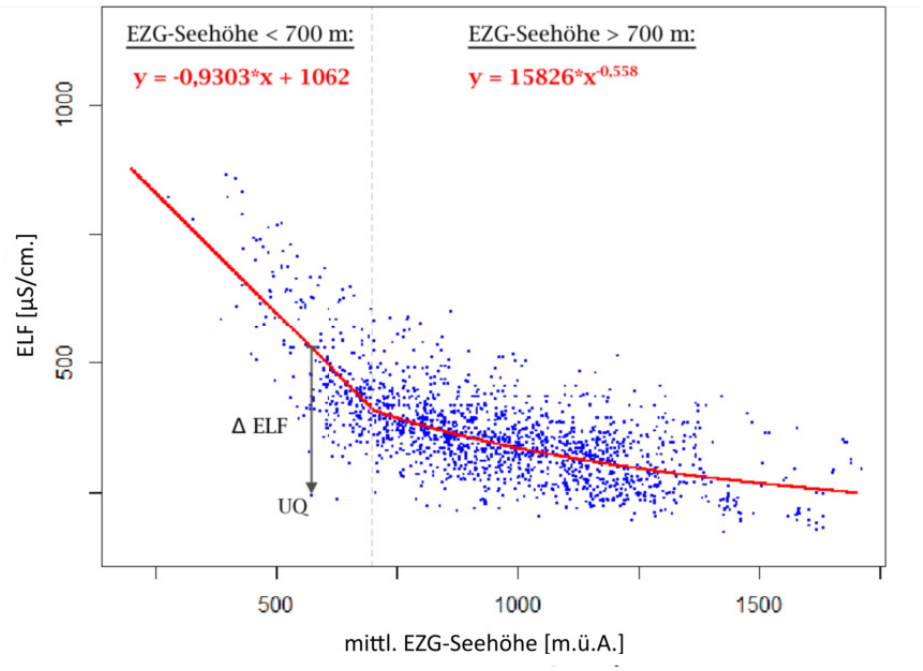


Abb. 64: Beziehung von mittlerer EZG-Seehöhe zu ELF (als durch Sulfatlösung beeinflusst eingestufte Quellen nicht berücksichtigt); rote Linie = durch Regression bestimmte Höhenabhängigkeit der ELF; ΔELF = Abweichung eines ELF-Messwertes von der Regressionslinie; UQ = Ursulaquelle.

Abb. 65 zeigt die Seehöhenabhängigkeit des HCO_3^--Gehaltes im Vergleich zur ELF. Es fällt auf, dass sich Form der Punktwolken stark ähnelt, wobei die ELF Werte in µS/cm im Mittel etwa um den Faktor 1,6 größer sind als die HCO_3^--Gehalte in mg/l. Dies zeigt deutlich, dass in Karstquellen ohne signifikanten Einfluss von Sulfat die Karbonatlösung der bestimmende Faktor für die ELF ist, wobei ein Zusammenhang mit der mittleren EZG-Seehöhe besteht. Ähnliche Ergebnisse ergaben auch die Untersuchungen von FINK et al. (2005) im Schneealpen- und Hochschwabgebiet. Die Autoren konnten zusätzlich das Vorhandensein von bewirtschafteten Almwiesen im EZG als Einflussfaktor für erhöhte Kalklösung identifizieren, was sie durch 2- bis 4-fache Boden-CO_2-Gehalte im Vergleich zu Waldgebieten erklären.

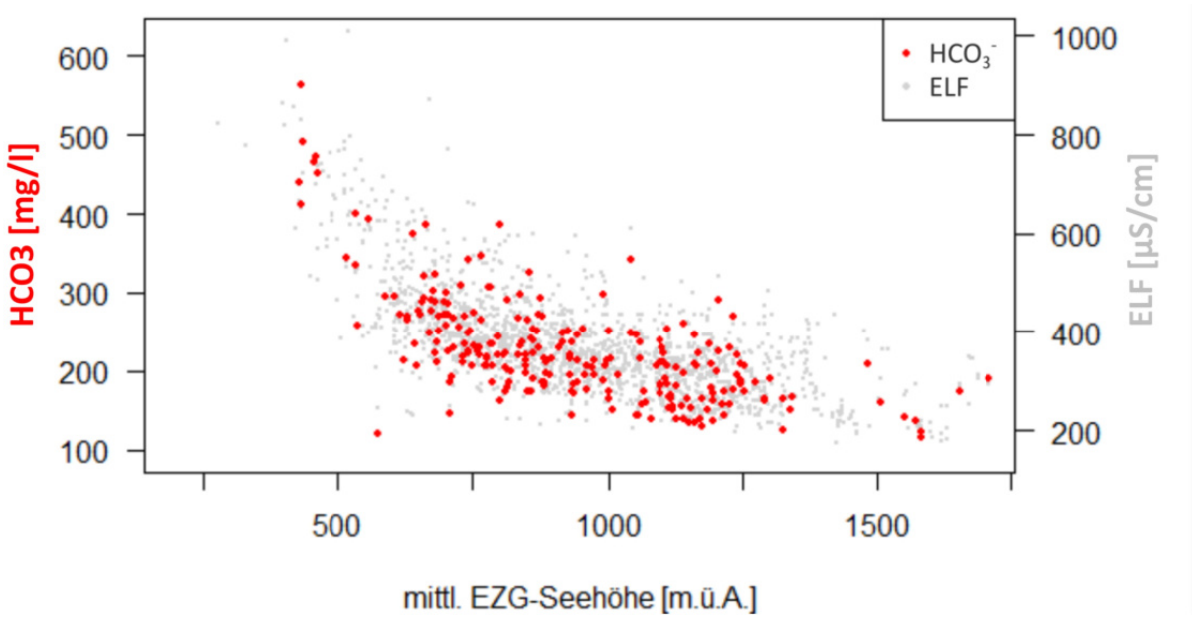


Abb. 65: Beziehung von modellierter mittlerer EZG-Seehöhe zu HCO_3^--Gehalt (rot) und ELF (grau) der Quellwässer.

5.4. Zusammenhang ELF - Lithologie

Um Zusammenhänge zwischen ELF und Lithologien zu untersuchen wurde für alle Lithologien der Mittelwert des ΔELF-Wertes berechnet (siehe 5.3.). In Tabelle 10 sind die Ergebnisse für alle Lithologien, von denen mindestens 20 Messwerte vorliegen, zusammengefasst.

Tab. 9: Mittlerer ΔELF-Wert und mittlere Schüttung der Quellen nach Lithologie.

Lithologie	Ø ΔELF [µS/cm]	Ø ELF [µS/cm]	Ø Q [l/s]	n
Haselgebirge	+1060	1444	2,8	67
Werfener Schichten	+577	974	3,1	61
Opponitz-Formation	+40	464	3,5	149
Wettersteindolomit	+22	375	3,6	234
Hauptdolomit	+9	379	9,6	680
Ammergau-Formation	-4	305	0,7	23
diverse Jurakalke	-5	384	4,8	78
Wettersteinkalk	-14	317	29	77
Gutensteiner Kalk	-19	327	11	188
Dachsteinkalk	-23	276	29	97
Plattenkalk	-25	290	8,0	24
Reiflinger Kalk	-29	349	12	27

Es zeigt sich, dass die Lithologien mit der im Durchschnitt höchsten ELF relativ zur EZG-Seehöhe jene sind, die Gips-Vorkommen beinhalten (Haselgebirge, Werfener Schichten, Opponitz-Formation). Danach folgen Wetterstein- und Hauptdolomit, wobei ersterer im Schnitt 13 µS/cm mehr aufweist. Die im Vergleich geringere Mineralisierung des Hauptdolomites könnte damit zusammenhängen, dass dieser stärker zur Verkarstung neigt als der Wettersteindolomit (Fink, 1999), was mit geringeren Verweilzeiten des Quellwassers einhergeht. Schüttungsstarke Quellen mit ausgeprägtem Karstquellencharakter wie sie im Hauptdolomit durchaus häufig vorkommen (z.B. Höhlenseige, Reithbachquelle, Steinbachquelle) findet man im Wettersteindolomit kaum, was sich auch in einer deutlich geringeren mittleren Schüttung (3,6 zu 9,6 l/s) niederschlägt. Außerdem geht der Hauptdolomit zum Hangenden hin häufig in Plattenkalk über, wodurch Quellen im Hauptdolomit oft als Kalk-Dolomit-Mischquellen einzustufen sind, während auf den Wettersteindolomit im Hangenden die wasserstauende Lunz-Formation folgt.

Kalke haben im Mittel durchwegs negative ΔELF-Werte, wobei die Unterschiede zwischen den verschiedenen Kalken (Gutensteiner Kalk, Dachsteinkalk, Wettersteinkalk, etc.) relativ gering und die Stichprobengrößen teilweise klein sind, weshalb hier auf eine weitere Interpretation verzichtet wird. Fasst man jeweils alle Dolomite und Kalke zusammen, so liegen Dolomitquellen im Mittel um 30 µS/cm über Kalkquellen (ΔELF: +12 bzw. -18). Auffällig ist auch, dass Kalke tendenziell höhere mittlere Schüttungen aufweisen als Dolomite, wobei vor allem Wetterstein- und Dachsteinkalk mit durchschnittlich je 29 l/s hervorstechen.

5.5. Zusammenhang ELF - Schüttung

Abb. 66 zeigt die mittleren ΔELF-Werte der verschiedenen Schüttungsklassen. Hier ist ein klarer Trend von mit zunehmender Schüttung abnehmenden ΔELF-Werten zu erkennen. Dieser Zusammenhang deutet ebenfalls darauf hin, dass kleine, typische "Dolomitquellen" tendenziell stärker mineralisiert sind als schüttungsstarke, klassische Karstquellen. Es ist jedoch zu beachten, dass die ΔELF-Werte für Quellen mit geringen Schüttungen aufgrund der kleineren EZG möglicherweise zu hoch angesetzt sind.

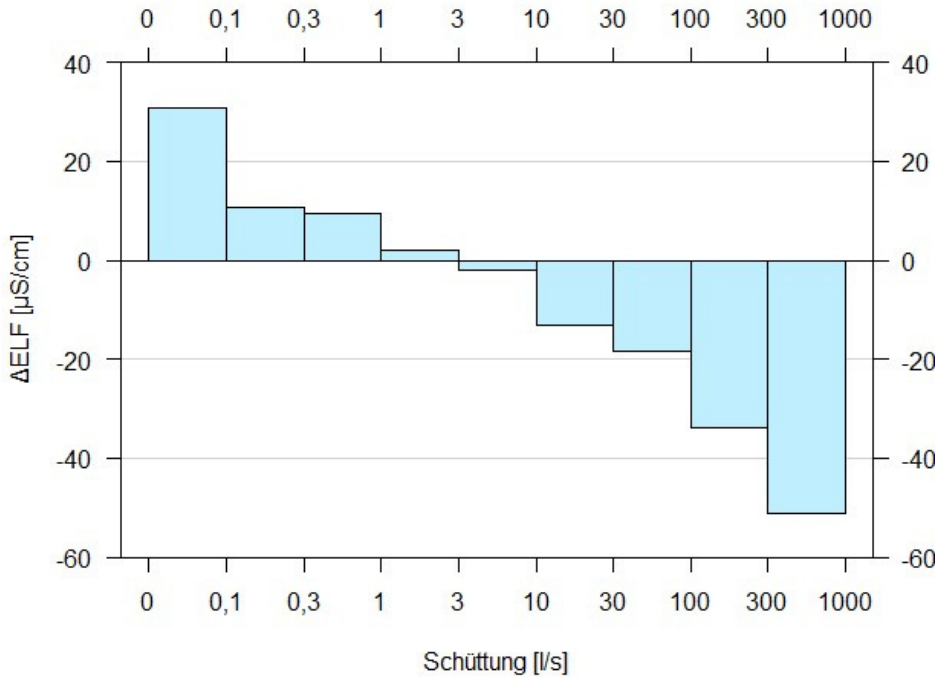


Abb. 66: mittlerer ΔELF-Wert der Quellen nach Schüttungsklassen.

5.6. Zusammenhang ELF - Niederschlag

Ein bedeutender Faktor bei der Verkarstung sind auch Niederschlagsmengen. Die Beobachtungen aus den Abschnitten 5.4 und 5.5 legen den Verdacht nahe, dass Quellen in niederschlagsreicheren Gebieten, wo Karbonatgesteine tendenziell einen höheren Verkarstungsgrad aufweisen, auch eher eine geringere ELF aufweisen. Um dieser Vermutung nachzugehen wurde auf Basis der Niederschlagskarte (10 x 10 km) aus dem digitalen hydrologischen Atlas Österreichs (Abb. 67; BMLFUW 2007) jeder Quelle ein Wert für den mittleren Jahresniederschlag zugeordnet.

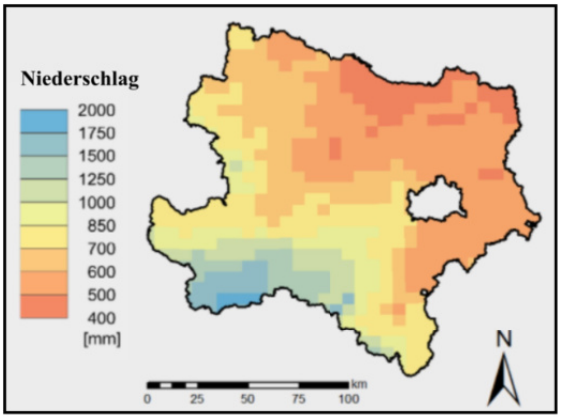


Abb. 67: Mittlerer Jahresniederschlag NÖs (1961-1990), Daten aus Digitalem Hydro-logischen Atlas Österreichs (BMLFUW 2007).

Die Quellen wurden nach dem Niederschlag in Klassen eingeteilt, für die jeweils der mittlere ΔELF-Wert berechnet wurde. Abb. 68 zeigt, dass die höheren Niederschlagsklassen tatsächlich im Vergleich niedrige mittlere ΔELF-Werte aufweisen.

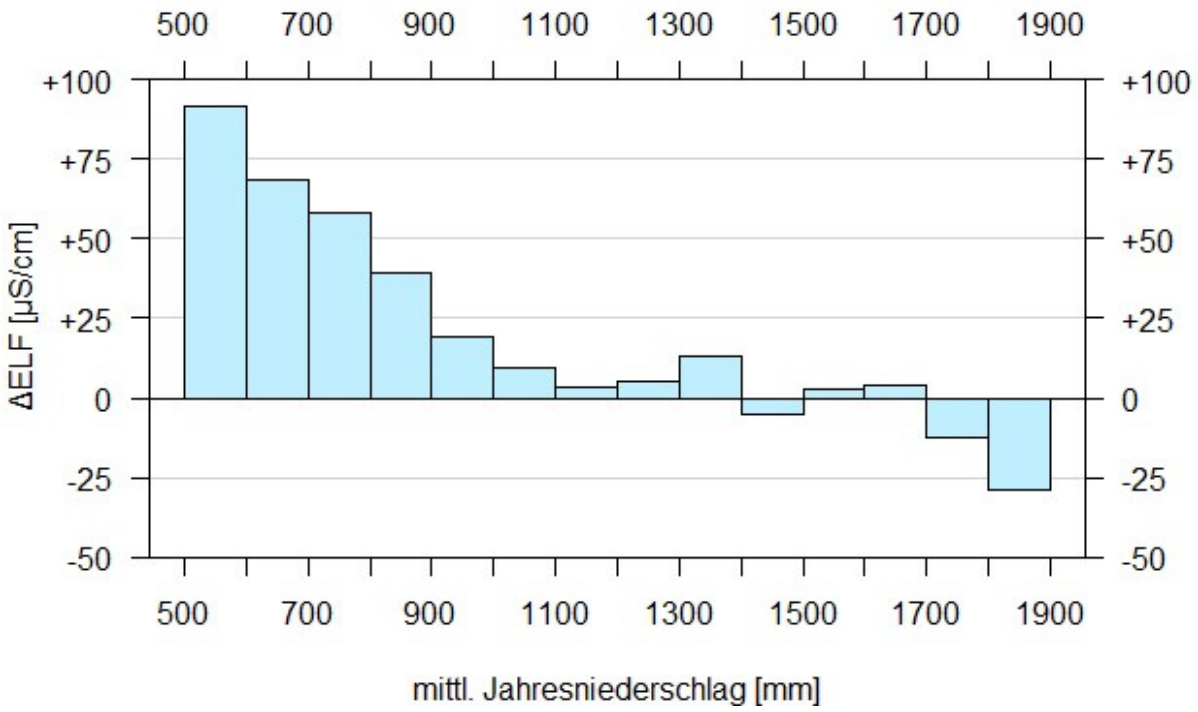


Abb. 68: mittlerer ΔELF-Wert der Quellen nach Niederschlagsklassen.

6. Schlussfolgerungen

Karstquellen sind in NÖ vor allem im Bereich der NKA weit verbreitet, und versorgen einen großen Teil der Bevölkerung des Landes sowie Wiens mit Trinkwasser. Auch im Zentralalpinen Permomesozoikum, dem Leithagebirge, der Waschbergzone und der Böhmischen Masse treten Karstquellen auf, die teilweise ebenfalls zur Trinkwassernutzung herangezogen werden. Unter den verkarstungsfähigen Gesteinen sind Kalk und Dolomit mit Abstand am weitesten verbreitet, wobei Gips regional ebenfalls von Bedeutung ist. Nennenswerte Steinsalzvorkommen sind nur im Raum Kleinzell / Salzerbad bekannt..

Die Auswertung langjähriger Messreihen mehrerer Quellen zeigt, dass in den NKA die Schneeschmelze ein bestimmender Faktor für die Ganglinien von Schüttung, Temperatur und ELF ist. Die höchsten Monatsmittel der Schüttung treten durchwegs im Frühjahr auf, wobei das Maximum meist zwischen März im voralpinen Bereich und Mai im Rax/Schneeberg-Gebiet erreicht wird. Die Schüttungsspitzen bei Starkniederschlägen im Sommer liegen bei vielen Quellen ähnlich hoch oder sogar höher als während der Schneeschmelze. Die geringsten Schüttungen werden generell im Spätherbst und Winter erreicht. Auch die Ganglinien von Temperatur und ELF sind stark durch die Schneeschmelze beeinflusst und verlaufen meist gegengleich zur Schüttung. So werden etwa bei den großen Quellen im Rax/Schneeberg-Gebiet die höchsten Temperaturen im Spätwinter, wenn die Schüttung vor Einsetzen der Schneeschmelze ihr Minimum erreicht, registriert. Ein ausgeprägter Temperatur-Jahresgang, der dem Verlauf der Lufttemperatur ähnelt, ist vor allem bei Quellen, die durch die Versinkung von Oberflächengerinnen gespeist werden, zu erkennen. Es ist weiters zu beobachten, dass Quellen, in deren EZG Dolomit vorwiegt, tendenziell eine geringere Dynamik in den Ganglinien der Parameter aufweisen.

Durch gezielte Geländekartierung konnten zahlreiche Karstquellen, vor allem in bisher diesbezüglich wenig bearbeiteten Gebieten in den Voralpen, aufgenommen werden. Dabei wurde unter anderem auch eine Quellgruppe mit für die NKA außergewöhnlich hohen Temperaturen kartiert und genauer untersucht (Waldwirtquellen bei Gutenstein). Die Analyse von im Gelände genommenen Wasserproben sowie der Vergleich mit Literaturdaten zeigt, dass Karstwässer in NÖ hydrochemisch hauptsächlich dem erdalkalisch-sulfatischen Typ zugeordnet werden können. Kalk-, Dolomit-, und Mischwässer treten hierbei in einer ähnlichen Häufigkeit auf. In Gipskarstgebieten sind zudem erdalkalisch-sulfatische Wässer verbreitet, wobei auch Mischformen mit Karbonatkarstwässern häufig sind. Eine hydrochemische Sonderstellung kommt in NÖ den Solequellen in Salzerbad bei Kleinzell zu, die beeinflusst durch Steinsalzlösung dem alkalisch-sulfatischen Typ zuzuordnen sind.

Die statistische Auswertung der Quelldaten zeigt, dass die Quelltemperaturen einen der Lufttemperatur ähnlichen Höhengradienten von etwa 0,47 °C / 100 m aufweisen. Schüttungsstarke Quellen haben im Normalfall Temperaturen, die niedriger als die mittlere Jahreslufttemperatur auf Höhe des Quellaustrittes liegen, während kleinere Quellen aufgrund ihrer stärkeren Beeinflussung durch die Lufttemperatur eine starke Streuung zeigen. Es wird weiters deutlich, dass die EZG-Seehöhe einen deutlichen Einfluss auf die ELF der Quellwässer hat. Außerdem konnte festgestellt werden, dass Dolomitquellen relativ zur Seehöhe im Durchschnitt stärker mineralisiert sind als Kalkquellen, was auf längere mittlere Verweilzeiten der Wässer schließen lässt. Quellen im Wettersteindolomit weisen hierbei geringfügig höhere ELF-Werte auf als Quellen im Hauptdolomit. Dies kann auf die stärkere Verkarstungsfähigkeit des letzteren zurückgeführt werden. Beobachtete Korrelationen von hoher Schüttung und hohem Niederschlag mit niedrigen ELF-Werten weisen darauf hin, dass starke Verkarstung zu geringeren Kontaktzeiten und damit geringerer Mineralisierung der Quellwässer führt.

7. Literatur

BARDOLF G. (1978): Untersuchungen zu Gewässerqualität im Einzugsgebiet der Traisen (Niederösterreich). – In: Trimmel H. (Hrsg.): Die Karstverbreitungs- und Karstgefährdungskarten Österreichs im Maßstab 1 : 50 000. – Die Höhle, Beiheft 27: 105-112.

BAUER F. (1969): Karsthydrologische Untersuchungen im Schneealpenstollen in den steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen. – Steir. Beitr. zur Hydrogeol. 21: 193-214.

BENISCHKE R., STADLER H., & VÖLKL G. (2016): Karstquellen. – In: SPÖTL C., PLAN L, CHRISTIAN E. (Hrsg.): Höhlen und Karst in Österreich. – Linz (Oberösterreichisches Landesmuseum): 73-96.

BEYER A. (2008): Karsthydrologische Untersuchungen im oberen Erlauf- und Salzagebiet, Niederösterreich. Endbericht. – Unveröffentlichter Bericht, Graz.

BH LILIENFELD (1989): Bescheid. https://www.noe.gv.at/natural_monuments/8048a279-53eb-4db2-a1a0-ab1863cd4b2f.pdf, abgerufen am 23.11.2020.

BMLFUW. (2007): Hydrologischer Atlas Österreichs. 3. Lieferung. – Wien (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft).

BMLFUW (2013): Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 2011 (119). – Wien (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft).

BÖGLI A. (1980): Karst Hydrology and Physical Speleology. – Berlin (Springer) .

BRYDA G., HEINZ-ARVARD M. & RANK D. (1997): Abflussdynamik im Schneealpenmassiv. – Report R-143, Wien (Umweltbundesamt).

DECKER K., HEINRICH M., KLEIN P., KOCIU A., LIPIARSKI P., PIRKL H., RANK D. & WIMMER H. (1998): Karst springs, grundwater and surface runoff in the calcareous Alps: assessing quality and reliance of long-term water supply. – Hydrology, Water Resources and Ecology in Headwaters 248: 149–156.

ELSTER D., GOLDBRUNNER J., WESSELY G., NIEDERBACHER P., SCHUBERT G., BERKA R., PHILIPPITSCH R., & HÖRHAN T. (2016): Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Thermalwässer in Österreich 1: 500000. – Wien (Geol. B.-A.).

ELSTER D., FISCHER L., HANN S., GOLDBRUNNER J., SCHUBERT G., BERKA R., HOBIGER G., LEGERER P. & PHILIPPITSCH R. (2018): Österreichs Mineral- und Heilwässer. – Wien (Geol. B.-A.).

FINK B. (2004): Hydrogeographische Untersuchungen im oberen Erlaufgebiet. – Diplomarbeit, Universität Wien.

FINK M. H. (1965): Der erste erfolgreiche Färbeversuch am Schlagerbodenpolje (Niederösterreich). – Die Höhle 16: 67-73.

FINK M. H. (1973): Der Dürrenstein, ein Karstgebiet in den Niederösterreichischen Alpen. – Die Höhle Beiheft 22.

FINK M. H. (1999): Karstverbreitungs-und Karstgefahrdungskarten Österreichs 1: 50 000,Blatt 73, Türnitz. – Wien (Verband österreichischer Höhlenforscher).

FINK M. H., PAVUZA R., & STUMMER G. (2005): Daten zur Karstverbreitung und Karstgefährdung in den östlichen Kalkhochalpen. – Speldok 16, Wien (Verband österreichischer Höhlenforscher).

FORD D., & WILLIAMS P. (2007): Karst Hydrogeology and Geomorphology. – (John Wiley & Sons Ltd).

FURTAK H., & LANGGUTH R. (1967): Zur hydrochemischen Kennzeichnung von Grundwassertypen mittels Kennzahlen. – Memoires IAH-Congress 1965, Hannover: 89–96.

GEMEINDEWASSERLEITUNGSVERBAND UNTERES PITTEN- UND SCHWARZATAL (o.J.): Fotos. http://www.wlvpitten.at/sites/verband.php, abgerufen am 25.11.2020

GÖTZINGER G. (1961): Die Quellen des Gebietes der Lunzer Seen. Wien (Österr. Akad. Wiss.).

HASEKE H. (2014): Wildnis Dürrenstein: Projektbericht Quellaufnahme 2013. Unveröffentlichter Bericht. – Auftraggeber: Schutzgebietsverwaltung Wildnisgebiet Dürrenstein.

HACKER P., & SPENDLINGWIMMER R. (1989): Karstwasservorkommen Oberes Erlauftal: Forschungsvorhaben NA 6e/1982-1987; Endbericht-Kurzfassung. – Niederösterreichische Schriften Wissenschaft, 24.

HILBERG S. (2015): Umweltgeologie. – Berlin, Heidelberg (Springer).

HYDROGRAPHISCHER DIENST (2015): Quellmessstellenposter zur Veranstaltung „10 Jahre Quellbeobachtung im HydrographischenDienst“ am 10. November 2005.

KÖRNER M. (1978): Ein überraschender Fund bei der Höhlenseige (Terz). – Höhlenkundliche Mitteilungen Wien 34: 106-107.

KRALIK M. (2001): Strategie zum Schutz der Karstwassergebiete in Österreich. - Bericht 189. Wien (Umweltbundesamt).

KRALIK M., BENISCHKE R., BRAUNSTINGL R., HACKER P., HEISSEL G., KUSCHNIG G., LABNER G., PAVLIK H., SCHUBERT G. & SCHURL P. (2007): Praktische Anleitung für die Nutzung und den Schutz von Karstwasservorkommen. ÖWAV Regelblatt 201. Wien (ÖWAV).

KÜPPER H. (1957): Erläuterungen zur geologischen Karte Mattersburg-Deutschkreutz. – Wien (Geol. B.-A.).

LAND NIEDERÖSTERREICH (2012): Flächen. www.noe.gv.at/noe/Zahlen-Fakten/Flaechen.html abgerufen am 24.11.2020.

LEIBUNDGUT C. (1998): Vulnerability of karst aquifers. – International Association of Hydrological Sciences, Publication 247: 45-60.

LINHART W. (2020, 21. August): Festmesse vor der Bründlkapelle. – Der Sonntag. www.meinekirchenzeitung.at/wien-noe-ost-der-sonntag/c-kirche-hier-und-anderswo/festmesse-vor-der-bruendlkapelle_a8750, abgerufen am 25.11.20.

LUDER B. (1994): Manual für die Abflussmessung nach dem Salzverdünnungsverfahren: Technischer Bericht. – Bern (Landeshydrologie und -geologie, Abteilung Hydrologie).

MATURA A. (1989): Erläuterungen zu Blatt 37 Mautern. – Wien (Geol. B.-A.).

MERCK E. (1975): Die Untersuchung von Wasser. – Darmstadt.

MOSER M. (2002): Bericht 2002 über geologische Aufnahmen im Gebiet zwischen Salzatal und Gamsforst auf Blatt 101 Eisenerz. – Jahrbuch d. Geol. B.-A. 143: 471 – 475.

MOSER M. & SCHNABEL W. (2019): Erläuterungen zu Blatt 72 Mariazell. – Wien (Geol. B.-A.).

NARANY T. S., BITTNER D., DISSE M., CHIOGNA G. (2019): Spatial and temporal variability in hydrochemistry of a small-scale dolomite karst environment. – Environ. Earth. Sci. 78: Article Nr. 273.

NATURSCHUTZBUND NÖ (2010): Sicherung der Kalktuffquellen in Niederösterreich, Endbericht. – Wien (Naturschutzbund NÖ).

NEUBAUER F., BERNROIDER M., LEITNER C., SCHORN A., ZIEGLER T., & GENSER J. J. (2017): Die Evaporite des Haselgebirges als metamorphe Gesteine: Bildung, Umwandlung, Gefüge, Alter und Konsequenzen für die Struktur der Nördlichen Kalkalpen. – Arbeitstagung 2017 Angewandte Geowissenschaften an der Geol. B.-A.: 29–37.

ÖNORM B 2400 (2015): Hydrologie – Hydrographische Begriffe und Zeichen. Ausgabe 2015-03- 15. – Wien (Österr. Normungsinstitut).

PAVUZA R., & PLAN L. (2011): Karsthydrogeologie und Speläologie in Niederösterreich. Berichte Geol. B.-A. 88: 53-58.

PAVUZA R., PROHASKA W., & TRAINDL H. (1984): Karstverbreitungs-und Karstgefährdungskarten Österreichs 1: 50 000, Blatt 76, Wiener Neustadt. – Wien (Verband österreichischer Höhlenforscher).

PAVUZA R., & TRAINDL H. (1983): Über Dolomitkarst in Österreich. – Die Höhle 34: 15-25.

PAVUZA R., & TRAINDL H. (1984): Karstverbreitungs-und Karstgefahrdungskarten Österreichs 1: 50 000, Blatt 70, Waidhofen/Ybbs. – Wien (Verband österreichischer Höhlenforscher).

PAVUZA R. & ZHANG (1997): Kurze Mitteilung über über eine Thermalquelle im Dolomitkarst bei Wildalpen. – Die Höhle 48: 14-20.

PETTIJOHN (1957): Sedimentary Rocks. – New York (Harper & Brothers).

PFLEIDERER S., REITNER H., & HEINRICH M. (2005): Hydrogeologische Grundlagen in den Kalkvoralpen – Hydro Ybbs-West. – Wien (Geol. B.-A.).

PLAN L. (2013): Beobachtungen zur Entstehung des Nassen Lochs. – Höhlenkundliche Mitteilungen, Wien 69: 16-17.

PLAN L., HARTMANN H. & HARTMANN W. (2016): Kalkalpen-Ostabschnitt. – In: SPÖTL C., PLAN L, CHRISTIAN E. (Hrsg.): Höhlen und Karst in Österreich. – Linz (Oberösterreichisches Landesmuseum): 73-96.

PLISCHEK S. (2020, 12. September): Kaiserbrunn – Die 1. Wiener Hochquellwasserleitung. – meinbezirk.at.

PIPER A. M. (1944): A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. – Transactions American Geophysical Union 25: 914–928.

RANK D., WIESELTHALER F., PAPESCH W., & KUSCHNIG G. (2006): Separation of discharge c omponents at a karst spring on the basis of event investigations (Wasseralmquelle, Austria). – Austrian Journal of Earth Sciences 99: 18–23.

RIEDEL-TASCHNER I. (1992): Karstverbreitungs-und Karstgefährdungskarten Österreichs 1: 50 000, Blatt 61, Hainburg. – Wien (Verband österreichischer Höhlenforscher).

SALZER F.(1997): Erkundung unterirdischer Wasservorkommen in NÖ: Hydrogeologie der Karbonate zw. Wien-Fluß und Schwechat-Fluß im Wienerwald Bereich. – Unveröffentlichter Bericht. Wien (Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal).

SAUBERER N., GRABHERR G. (1995): Fachliche Grundlagen zur Umsetzung der FFH-Richtlinie in Österreich. Schwerpunkt Lebensräume. – Report des Umweltbundesamtes 115. Wien.

SCHNABEL W., KRENMAYR H. G., MANDL G. W., NOWOTNY A., ROETZEL R., & SCHARBERT S. (2002): Geologische Karte von Niederösterreich 1: 200.000, Legende und kurze Erläuterung. – Wien (Geol. B.-A.).

SCHÖNER W., & MOHNL H. (2007): Schneehöhen und Schneebedeckung. – In: BMLFUW (2007): Hydrologischer Atlas Österreichs. 3. Lieferung. – Wien (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft).

SCHUBERT G. (2006): Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte von Österreich. – Wien (Geol. B.-A.).

SPENDLINGWIMMER R. (1984): Beiträge zur Geologie und Hydrogeologie des Oberen Erlafgebietes (NÖ/STMK). – Dissertation, Universität Wien.

STADLER, H., BENISCHKE, R. & STROBL, E. (2008): Hydrogeologie Schneeberg/Rax. – Endbericht. Graz (Joanneum Research).

STADT WIEN (1901): Die Wasserversorgung sowie die Anlagen der städtischen Elektricitätswerke, die Wienflussregulierung, die Hauptsammelcanäle, die Stadtbahn und die Regulierung des Donaucanales in Wien: Im Auftrage des Herrn Bürgermeisters Dr. Karl Lueger bearbeitet vom Stadtbauamte. – Wien (Selbstverl. d. Gemeinderathes).

STADT WIEN (O.J.): Der Weg des Wiener Wassers von den Alpen in die Stadt. https://www.wien.gv.at/wienwasser/versorgung/weg, abgerufen am 25.11.20.

TUKEY J. W. (1977): Exploratory data analysis. – Reading (Addison-Wesley).

VÖLKL G. (1987): Markierungsversuch Ursulaquelle (Nr. UBA-87-019). – Unveröffentlichter Bericht. Wien (Umweltbundesamt).

WAWRIK F. (1954): Der Ursprungbach. – Unsere Heimat 25: 2-16.

WEBER L. (1997): Metallogenetische Karte von Österreich 1:500.000 unter Einbeziehung der Industrieminerale und Energierohstoffe. Wien (Geol. B.-A.).

WESSELY G. (1983): Zur Geologie und Hydrodynamik im südlichen Wiener Becken und seiner Randzone. – Mitteilungen der österreichischen geologischen Gesellschaft 76: 27–68.

WESSELY G. (2006): Geologie der österreichischen Bundesländer. Niederösterreich. – Wien (Geol. B.-A.).

WIESELTHALER F. (2006): Abflusskomponentenanalyse bei einer Karstquelle auf der Basis von Ereignisuntersuchungen (Wasseralmquelle, Schneealpe). – Diplomarbeit, Universität Wien.

WINKLER I. (2019): Gipskarst in Niederösterreich – Verbreitung und Formen. – Masterarbeit, Universität Wien.

WOHLMANN G. & KRIZANIC-FALLMANN A. (2020, 17. Juni): Heimische Quellen sprudeln. – NÖN.at.

ZAMG (2020): Klimamittel. – www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/daten-download/klimamittel, abgerufen am 20.11.2020.

ANHANG

Ergebnisse der Quellaufnahme

Nr.	Datum	ELF [S/cm]	Q [l/s]	T [°C]	Seehöhe [m.ü.A.]	UTM-Koord. 33N: (E)	UTM-Koord. 33N: (N)	Anmerkungen
1	5.8.19	405	0,4	9,5	673	564899	5305335	
	15.4.20	419	1,0	8,3	673	564899	5305335	2. Messung
2	5.8.19	470	0,9	12,3	685	565145	5305305	Quelltuff
	15.4.20	462	1,0	8,1	685	565145	5305305	2. Messung
3	5.8.19	487	0,06	13,8	600	565203	5304724	
	15.4.20	441	0,1	8,5	597	565203	5304724	2. Messung
4	5.8.19	405	0,3	10,5	672	565267	5305246	
5	5.8.19	447	0,4	12,0	599	565375	5304615	
6	5.8.19	438	0,2	13,6	760	566042	5305311	
7	5.8.19	484	0,7	11,7	762	566046	5305348	Probe P1
8	5.8.19	492	0,03	13,9	701	566270	5305127	
9	5.8.19	498	0,08	12,5	542	567075	5304304	
10	5.8.19	434	0,03	12,9	518	567168	5304029	
11	6.8.19	387	1,8	7,4	759	555240	5306636	
	9.10.19	383	0,8	7,1	759	555240	5306636	2. Messung, ev. Wederaustritt von Bach
12	6.8.19	385	0,8	7,6	714	555364	5306362	
13	6.8.19	386	0,5	9,6	747	555952	5307297	ev. Wiederaustritt von Bach
14	6.8.19	356	0,6	9,0	785	558361	5308650	eventuell Wiederaustritt von Bach
15	6.8.19	433	5,3	8,7	590	560585	5305698	Bachursprung variabel
16	6.8.19	416	0,3	11,2	587	560790	5305532	Bachursprung variabel
17	6.8.19	429	0,01	13,3	691	568082	5310599	
18	6.8.19	442	1,0	7,8	759	568604	5311192	Sickerquelle, nach Regenschauer
19	9.10.19	362	1,0	7,9	660	550440	5298497	P6, ev. Austritt von Talgrundwasser, Gasblasen
20	9.10.19	368	0,05	9,2	643	550731	5298379	gefasst, Messung am Überlauf
21	9.10.19	368	0,05	9,2	643	550750	5298364	gefasst
22	9.10.19	428	0,01	9,8	689	550966	5299082	
23	9.10.19	377	3,0	7,9	698	553131	5305264	P4, gefasst, Messung im Wasserschloss, Ortswasserleitung
24	9.10.19	370	0,1	10,0	687	553302	5305137	sickerq.
25	9.10.19	364	0,4	7,5	761	554716	5306498	laut Grundbesitzer sehr konstant
26	9.10.19	355	0,01	8,9	765	554732	5306465	
27	9.10.19	351	1,0	7,4	705	555108	5305981	gefasst, Messung am Überlauf
28	9.10.19	364	1,0	8,2	716	555339	5306434	P3, gefasst f. Rohr i. G.
29	9.10.19	315	0,3	9,0	569	555837	5290490	Fischkalterhöhle, ev. Estavelle, Messung in Schotterbecken unterhalb
30	9.10.19	387	13,5	7,0	733	556521	5306542	P5, alte Fassung
31	9.10.19	418	0,3	0,0	766	558698	5299913	gefasst, Messung am Überlauf, Sickerquellen
32	9.10.19	449	1,5	9,2	592	561287	5302584	gefasst, Messung im Wasserschloss
33	9.10.19	441	0,7	9,5	574	561522	5302611	gefasst, Messung im Wasserschloss
34	9.10.19	442	0,3	8,7	568	561605	5302673	gefasst, neben Wasserschl. 1912, Mess. Überl.
35	9.10.19	440	1,0	9,9	495	564961	5302956	gefasst für Mariahilfberg, Messung am Überlauf, HT5
36	9.10.19	540	8,0	10,8	481	566821	5303079	P2, "Spaltquelle", Notwasserleitung für Gutenstein weil gepumpt werden muss, relativ konstant
37	14.10.19	358	1,0	5,6	1249	512678	5296850	
38	14.10.19	347	0,1	8,6	1344	513601	5294941	
39	14.10.19	312	0,1	8,9	1299	513655	5295997	
40	14.10.19	435	0,03	7,2	1378	513681	5295756	
41	14.10.19	261	3,0	6,3	1156	513710	5297171	
42	14.10.19	336	3,0	8,0	1283	513727	5294852	
43	14.10.19	295	0,1	7,9	1304	513778	5295998	
44	14.10.19	241	3,0	6,3	1144	513787	5297189	

Nr.	Datum	ELF [µS/cm]	Q [l/s]	T [°C]	Seehöhe [m.ü.A.]	UTM 33N Easting	UTM 33N Northing	Anmerkungen
45	14.10.19	239	10,0	5,4	1051	514205	5297401	aus Massenbewegung, ev. Schattseitenquelle (1816/Q29)
46	14.10.19	300	0,3	6,1	1288	514247	5295326	
47	14.10.19	324	0,1	7,4	1287	514281	5295231	
48	14.10.19	332	0,1	9,1	1091	514552	5294137	gefasst, Messung an Überlauf
49	14.10.19	358	0,1	8,8	1089	514560	5294129	Messung am Überlauf einer alten, zugeschütteten Quellfassung
50	14.10.19	265	0,01	7,1	1315	514602	5296208	
51	14.10.19	348	10,0	6,4	1064	514866	5293786	Messung am Überlauf einer gefassten Quelle
52	14.10.19	347	0,1	11,8	1205	516871	5294657	
53	25.10.19	361	2,2	6,5	922	528923	5300039	P9
54	25.10.19	275	105,0	6,0	894	533208	5292409	P10, Höhlenseige
	16.11.19	244	100,0	5,9	894	533208	5292409	2. Messung
	7.5.20	255	95,0	5,7	894	533208	5292409	3. Messung
55	25.10.19	359	1,2	6,0	992	533379	5298953	P8
56	25.10.19	264	10,0	5,9	943	537592	5291302	P11, Kaltenbachloch
57	25.10.19	453	1,0	9,4	778	558699	5306997	
58	25.10.19	435	0,01	9,5	775	559044	5306729	
59	25.10.19	384	0,3	9,2	684	559918	5300755	P12
60	4.11.19	404	0,3	8,9	577	565665	5316120	
61	4.11.19	465	0,01	9,8	552	565969	5316012	
62	4.11.19	417	1,0	8,6	574	566335	5313264	
63	4.11.19	483	0,1	9,8	540	566449	5315860	
64	4.11.19	390	0,1	8,9	571	567134	5312662	
65	4.11.19	455	0,3	9,3	499	567785	5314873	P13
66	4.11.19	455	0,1	8,9	495	567914	5314736	
67	4.11.19	409	0,1	8,0	758	569147	5312361	
68	4.11.19	466	0,3	8,6	502	569329	5314689	P7
69	4.11.19	542	1,0	8,7	439	571853	5313905	gefasst, Messung am Überlauf
70	4.11.19	397	0,03	8,1	643	571957	5315811	
71	6.11.19	397	0,3	8,0	727	556479	5295589	gefasst, Messung am Überlauf
72	6.11.19	323	0,4	9,3	615	573989	5274127	
73	7.11.19	346	0,1	6,9	765	547830	5298547	ev. Wiederaustritt von Bach
74	7.11.19	290	0,01	6,4	744	548050	5299092	
75	7.11.19	307	0,3	7,8	810	548207	5298457	
76	7.11.19	461	0,1	6,2	754	549596	5303193	
77	7.11.19	317	1,1	6,4	913	559375	5308269	P16, Quelltuff
78	7.11.19	397	8,5	6,9	654	561749	5307214	P15
79	7.11.19	388	0,5	8,1	615	562012	5306999	
80	7.11.19	391	3,0	7,7	598	562148	5306903	
81	7.11.19	403	0,1	9,2	708	562181	5307546	
82	7.11.19	380	0,3	7,8	589	562307	5306253	
83	15.11.19	489	0,00	10,5	443	511168	5315662	gefasst, Messung am Überlauf, Kalktuff
84	15.11.19	754	200,0	9,8	394	512049	5314898	P19, "Ursprung", tw. gefasst, Naturdenkmal
85	15.11.19	403	0,1	9,6	755	515107	5316769	
86	15.11.19	418	1,0	8,2	646	515676	5316141	1838/Q20 in KGK 72
87	15.11.19	445	0,3	7,7	648	516336	5315616	tw. gefasst,1838/Q18 in KGK 72
88	15.11.19	547	1,0	9,5	648	516467	5315568	P20, tw. gefasst
89	15.11.19	463	3,0	8,7	468	525716	5316775	tw. gefasst
90	15.11.19	530	1,5	8,1	463	529186	5317407	Quelltuff
91	15.11.19	555	3,0	9,6	467	529683	5315987	tw. gefasst
92	15.11.19	375	0,00	7,6	550	530984	5313141	gefasst, Messung am Überlauf
93	15.11.19	466	0,3	9,1	505	530996	5313519	Messung unterhalb Baumgartenhöhle, Höhle selbst trocken
94	15.11.19	363	60,0	7,7	549	531093	5312883	P18
95	15.11.19	400	0,03	9,9	532	531490	5313391	
96	15.11.19	1318	1,0	8,7	376	534129	5322349	gefasst, Messung am Überlauf, Kalktuff
97	21.11.19	1302	0,00	9,3	376	534129	5322349	P17, 2. Messung

Nr.	Datum	ELF [S/cm]	Q [l/s]	T [°C]	Seehöhe [m.ü.A.]	UTM-Koord. 33N: (E)	UTM-Koord. 33N: (N)	Anmerkungen
98	16.11.19	247	30,0	5,9	889	533143	5292441	Quellgruppe N Höhlenseige
99	16.11.19	245	50,0	5,9	884	533157	5292423	Quellgruppe N Höhlenseige
100	16.11.19	383	30,0	8,0	588	541676	5300064	gefasst, Messung am Überlauf, Probe 12
101	16.11.19	367	10,0	8,0	593	541746	5300055	gefasst, Messung am Überlauf
102	16.11.19	365	10,0	8,0	600	541785	5300017	Grillenbühelquellen
103	16.11.19	444	1,0	9,2	594	544380	5300403	
104	16.11.19	418	20,0	9,3	595	544442	5300358	gefasst, Messung am Überlauf
105	16.11.19	364	27,0	8,0	608	547167	5303488	P21
106	16.11.19	433	3,0	9,3	636	547295	5303367	gefasst, Messung am Überlauf
107	16.11.19	358	0,00	7,5	727	557141	5306499	tw. gefasst, Gasblasen
108	16.11.19	394	7,0	7,3	683	560611	5307192	eventuell Wiederaustritt von Bach
109	16.11.19	389	1,0	8,6	639	560963	5307118	
110	16.11.19	405	0,1	8,8	588	561469	5306503	
111	16.11.19	401	3,0	9,0	570	561791	5306136	
112	21.11.19	661	10,0	8,6	507	528322	5311083	tw. gefasst, Kalktuff
113	21.11.19	661	30,0	8,5	502	528382	5310964	P 23, tw. gefasst, Messung am Überlauf
114	21.11.19	370	0,3	7,9	556	530038	5310004	
115	21.11.19	385	1,6	7,9	703	531704	5310204	
116	21.11.19	245	0,1	6,6	821	532151	5309576	Tränke
117	21.11.19	321	0,3	8,9	630	533097	5309609	P24, weniger Q als normal laut Anrainer
118	21.11.19	419	10,0	8,1	624	533173	5309654	Fischteich, eventuell Wiederaustritt
119	21.11.19	494	10,0	8,4	465	534007	5315496	P22, gefasst, Messung am Überlauf
120	21.11.19	386	6,5	8,5	456	534128	5315325	
121	21.11.19	445	0,1	8,6	478	534410	5314667	Kalktuff
122	21.11.19	355	3,0	8,0	603	534453	5313643	
123	21.11.19	394	0,1	8,2	519	534683	5314495	Kalktuff
124	21.11.19	452	0,1	9,6	486	534944	5320269	Messung an Drainagerohr
125	21.11.19	529	1,0	9,6	425	535717	5323402	Höslquelle
126	21.11.19	544	0,1	7,3	518	537426	5322281	Kalktuff, eventuell Wiederaustritt von Bach
127	21.11.19	578	0,00	8,9	493	538610	5322298	gefasst, Messung am Überlauf
128	21.11.19	587	1,0	9,5	564	538861	5321705	gefasst, Messung am Überlauf
129	29.11.19	347	0,3	6,8	789	524932	5308932	gefasst, Messung am Überlauf
130	29.11.19	346	1,0	6,1	843	525203	5308487	gefasst, Messung am Überlauf
131	29.11.19	351	0,3	6,4	826	525639	5308630	gefasst, Messung am Überlauf
132	29.11.19	326	3,0	6,4	718	526181	5305652	Blockwerk, Messung 100m unterhalb
133	29.11.19	329	2,6	7,6	684	526330	5306990	1836/Q28 in KGK 73
134	29.11.19	227	3,0	6,3	696	526380	5305557	Schutt
135	29.11.19	285	10,0	6,9	657	526615	5305991	P25, mehrere Austritte
136	29.11.19	272	1,0	6,7	929	526984	5297024	
137	29.11.19	409	1,0	8,1	577	527302	5307463	tw. gefasst
138	29.11.19	406	0,3	7,5	553	527426	5308596	gefasst, Messung durch Öffnung in Fassung
139	29.11.19	499	12,0	8,2	525	527655	5310294	gefasst, Messung am Überlauf, Schüttung aus Wasserbuch
140	29.11.19	255	0,03	7,2	668	527784	5307486	
141	29.11.19	311	10,4	6,6	725	527856	5306753	1836/Q3 in KGK 73
	16.9.20	325	20,0	6,6	0	527856	5306753	Eitelgrünbachquelle
142	29.11.19	295	2,4	6,7	733	527857	5306805	Nasses Loch
	16.9.20	318	5,0	6,7	0	527857	5306805	2. Messung
143	29.11.19	296	4,8	6,1	885	528023	5297081	P26, Bachursprung
144	29.11.19	419	1,0	8,4	480	528050	5311555	gefasst, Tränke
145	29.11.19	542	0,3	7,9	670	529219	5312288	Quellhorizont, zum Teil gefasst
146	29.11.19	271	0,3	7,2	594	530876	5306567	2. Messung
147	29.11.19	336	30,0	6,6	871	531338	5297825	P27, gefasst
148	29.11.19	538	0,1	9,1	506	535041	5308762	
149	29.11.19	820	30,0	12,2	584	541939	5300217	P28, Toiflquelle,Teich, laut Anrainer periodisch starker Schwefelgeruch
150	5.12.19	387	0,3	6,7	449	540208	5310526	Teich
151	5.12.19	369	3,0	7,6	494	540894	5309784	

Nr.	Datum	ELF [S/cm]	Q [l/s]	T [°C]	Seehöhe [m.ü.A.]	UTM-Koord. 33N: (E)	UTM-Koord. 33N: (N)	Anmerkungen
152	5.12.19	465	0,1	6,3	446	540937	5310715	
153	5.12.19	378	0,3	7,5	480	540965	5310101	
154	5.12.19	334	3,0	6,4	621	540971	5308855	P30 tw. gefasst
155	5.12.19	379	0,2	7,6	478	541001	5310176	
156	5.12.19	373	0,03	3,3	472	541503	5309967	diffuser Austritt, Gatsch, gefroren
157	5.12.19	475	30,0	9,2	443	543556	5318713	gefasst, Messung am Überlauf
158	5.12.19	393	0,1	8,3	563	544810	5306139	Trinkbrunnen
159	5.12.19	715	10,0	9,4	416	544930	5317039	P31, gefasst, Messung am Überlauf,
160	5.12.19	389	2,0	8,0	541	545043	5306104	gefasst, Messung am Überlauf
161	5.12.19	1264	1,0	7,3	634	547528	5309638	P29, Bachursprung
162	5.12.19	408	2,4	7,5	648	547759	5309749	Quelle speist Teich
163	5.12.19	268	0,03	3,4	721	548450	5309406	
164	5.12.19	394	20,0	7,6	555	548956	5308900	gefasst, Messung am Überlauf, Schüttung aus Wasserbucheintrag
165	6.12.19	950	0,3	2,3	428	581908	5319451	gefasst, Teich
166	6.12.19	584	0,00	10,4	303	584482	5322074	gefasst, Messung am Überlauf
167	6.12.19	725	0,03	7,5	401	584764	5314617	
168	6.12.19	589	0,01	7,3	387	587149	5329400	Katharinenquelle
	9.4.20	611	0,01	7,3	387	587149	5329400	2. Messung
169	6.12.19	608	0,00	1,7	506	587184	5327284	Trog
170	6.12.19	715	0,1	12,4	370	587743	5329463	Heinrichsquelle
	20.5.20	791	0,01	12,8	370	587743	5329463	2. Messung
171	6.12.19	610	3,0	9,0	353	588694	5329582	Emmelquelle
	20.5.20	632	3,0	9,0	353	588694	5329582	P32
172	6.12.19	574	1,0	9,2	358	589305	5329791	Rebekkaquelle
173	6.12.19	777	0,1	7,4	255	594179	5325721	
174	18.12.19	281	3,0	6,9	807	552608	5297672	Arzloch, Quelltuff, tw. gefasst
175	18.12.19	412	2,0	7,2	682	558048	5295051	
176	18.12.19	436	1,0	8,0	598	562787	5305801	
177	18.12.19	377	0,3	7,9	646	563107	5307277	diffuser Austritt
178	18.12.19	519	1,0	9,6	580	563233	5305572	Sickerquelle
	15.4.20	541	1,0	10,1	580	563233	5305572	W5, 2. Messung
179	18.12.19	400	0,3	6,0	549	563301	5304887	
180	18.12.19	378	1,8	8,0	576	563308	5306386	Schutt
181	18.12.19	519	1,0	9,0	578	563317	5305635	diffuser Austritt, Gatsch
	15.4.20	507	1,0	9,4	578	563317	5305635	2. Messung
182	18.12.19	423	1,0	9,4	560	563362	5305660	diffuser Austritt, Gatsch
	15.4.20	468	1,0	9,3	560	563362	5305660	2. Messung
183	18.12.19	542	10,0	14,0	536	563428	5305047	gefasst, Messung am Überlauf,
	17.1.20	547	10,0	14,1	541	563428	5305047	2. Messung
	15.4.20	570	10,0	14,0	536	563428	5305047	3. Messung W3
	8.6.20	569	10,0	14,1	536	563428	5305047	4. Messung
184	18.12.19	375	1,0	6,6	566	563483	5306152	
185	18.12.19	372	1,0	8,0	580	563493	5306186	
186	18.12.19	577	0,00	12,0	544	563534	5304836	gefasst, Messung am Überlauf
	17.1.20	559	1,0	13,7	536	563534	5304836	W1
	15.4.20	579	1,0	13,9	536	563534	5304836	3. Messung
	8.6.20	578	1,0	13,9	536	563534	5304836	4. Messung
187	18.12.19	361	0,1	7,0	578	563590	5306044	diffuser Austritt, Gatsch
188	18.12.19	384	1,0	8,0	569	563591	5306075	
189	18.12.19	384	1,0	8,1	580	563775	5306113	
190	18.12.19	372	1,0	7,2	583	563829	5306119	Bachursprung
191	18.12.19	397	3,0	8,6	500	566685	5302190	gefasst, Messung am Überlauf
192	18.12.19	392	3,0	8,9	513	566774	5302053	gefasst, Messung am Überlauf
193	30.12.19	457	0,3	5,3	601	564234	5319279	
194	30.12.19	510	1,0	7,9	533	566910	5318410	tw. gefasst
195	30.12.19	444	0,01	4,7	617	566914	5318133	gefasst, Messung am Überlauf

Nr.	Datum	ELF [S/cm]	Q [l/s]	T [°C]	Seehöhe [m.ü.A.]	UTM-Koord. 33N: (E)	UTM-Koord. 33N: (N)	Anmerkungen
196	30.12.19	511	0,3	6,4	566	567410	5316941	gefasst, Messung am Überlauf
197	30.12.19	433	0,1	6,0	551	567750	5316731	
198	30.12.19	544	0,1	8,1	572	569330	5317225	Messung an Drainagerohr
199	30.12.19	631	0,1	7,7	551	569397	5317142	gefasst, Messung am Überlauf
200	30.12.19	462	3,0	8,1	524	569576	5317143	2 Austritte
201	30.12.19	479	0,1	6,0	530	569590	5317198	
202	30.12.19	616	0,3	8,4	450	570084	5318799	Messung an Drainagerohr
203	30.12.19	557	0,3	6,4	507	570452	5317923	genaue Lage unklar, Messung an Drainagerohr
204	30.12.19	417	10,7	8,2	537	571374	5317374	P33, gefasst, Messung am Überlauf, Trinkwasser-Nutzung für Altenmarkt
205	30.12.19	376	0,07	7,5	543	572922	5317564	
206	30.12.19	509	0,00	6,9	467	573066	5317893	mehrere Austritte
207	30.12.19	458	0,01	4,2	490	573725	5317945	
208	17.1.20	391	3,0	8,1	515	546292	5303974	Neben Wasserfall
209	17.1.20	369	0,5	7,7	566	546525	5303450	
210	17.1.20	362	151,0	8,1	572	546576	5303400	P35, Finsterholzquelle, über Wasserfall
	8.6.20	372	187,0	8,0	572	546576	5303400	2. Messung
211	17.1.20	337	0,1	5,2	511	547195	5305770	Tränke
212	17.1.20	520	1,3	13,3	534	563419	5305067	
213	17.1.20	536	5,4	13,6	531	563433	5304844	W2
	15.4.20	567	5,0	13,6	537	563433	5304844	2. Messung
	8.6.20	552	5,0	13,6	537	563433	5304844	3. Messung
214	17.1.20	553	0,1	12,2	529	563454	5304831	
215	17.1.20	433	0,03	4,3	497	567480	5303462	
216	17.1.20	479	0,3	7,6	483	567597	5303289	gefasst, Messung am Überlauf
217	17.1.20	614	0,1	7,5	539	568076	5304139	P34, flächiger Austritt
218	20.2.20	524	0,6	7,9	548	556362	5319662	P36, gefasst, Messung am Überlauf
219	20.2.20	523	0,3	8,6	489	556735	5320052	Quelltuff
220	20.2.20	607	0,1	9,4	485	556814	5319977	Austritt in Bachbett 50m unterhalb Quellfassung
221	20.2.20	490	5,0	8,9	479	559727	5316751	P38, gefasst, Messung am Überlauf
222	20.2.20	400	2,0	7,2	598	560470	5312277	
223	20.2.20	464	1,0	7,1	540	560968	5313215	
224	20.2.20	439	1,0	8,7	541	561083	5313526	gefasst, Messung am Überlauf
225	20.2.20	397	1,0	5,2	541	561327	5313706	gefasst, Messung am Überlauf
226	20.2.20	439	1,0	8,4	515	562468	5315129	P37, mehrere Austritt
227	20.2.20	375	1,0	7,0	577	562579	5313236	
228	20.2.20	386	0,3	6,9	568	562659	5313247	
229	20.2.20	435	0,1	8,1	516	562686	5315186	
230	20.2.20	333	0,1	6,5	587	562744	5312896	
231	20.2.20	393	4,0	8,6	554	562934	5313387	Fischteich
232	20.2.20	378	0,5	7,2	539	563081	5315088	
233	20.2.20	352	10,0	7,0	716	563100	5311346	P39, Schuttquelle
234	20.2.20	315	1,0	6,3	727	563312	5311179	
235	20.2.20	432	0,8	8,0	554	563339	5313850	
236	20.2.20	385	0,3	8,6	544	563418	5313431	
237	20.2.20	550	2,0	8,7	555	563635	5313067	
238	20.2.20	539	0,3	8,0	558	563692	5313027	
239	20.2.20	425	2,0	7,0	551	563970	5315232	gefasst für Fischteich
240	12.3.20	570	2,0	8,9	378	576825	5313493	
241	12.3.20	507	0,01	11,2	378	576859	5313513	
242	12.3.20	519	3,0	8,7	440	577061	5306596	P41, Feuerlöschteich
243	12.3.20	687	0,01	11,5	390	577714	5317166	
244	12.3.20	749	3,0	10,2	394	577741	5317068	P42, gefasst, Messung am Überlauf
245	12.3.20	784	2,0	10,3	483	577827	5318701	
246	12.3.20	765	0,1	7,2	498	577885	5318863	
247	12.3.20	1032	0,3	7,9	507	577938	5318948	
248	12.3.20	637	0,1	9,8	515	578033	5319069	genaue Lage unbekannt

Nr.	Datum	ELF [S/cm]	Q [l/s]	T [°C]	Seehöhe [m.ü.A.]	UTM-Koord. 33N: (E)	UTM-Koord. 33N: (N)	Anmerkungen
249	12.3.20	378	0,1	8,2	540	578219	5319008	
250	12.3.20	689	0,1	7,6	422	578788	5316763	gefasst, Messung am Überlauf
251	12.3.20	406	0,1	6,3	501	578943	5319719	
252	12.3.20	829	0,03	9,3	499	579006	5317471	
253	12.3.20	689	0,3	8,4	507	579077	5317433	gefasst, Messung am Überlauf
254	12.3.20	666	1,0	6,6	414	580591	5307097	gefasst, Messung am Überlauf
255	12.3.20	627	0,01	8,5	386	580902	5307352	Teich
256	12.3.20	719	0,03	9,2	448	580968	5320276	
257	12.3.20	611	0,3	8,2	452	580981	5320265	
258	12.3.20	623	0,1	8,3	459	581004	5320207	
259	12.3.20	833	0,03	7,8	427	582101	5305728	
260	12.3.20	625	0,1	9,5	519	582266	5306124	P40, Quellnische
261	12.3.20	2195	0,03	9,3	316	584098	5323034	P43, "Sagbründl", Quellstube
262	9.4.20	826	0,03	9,8	396	586776	5329149	
263	9.4.20	623	0,03	8,1	510	587606	5328072	
264	15.4.20	395	70,0	8,1	479	554270	5313053	
265	15.4.20	389	5,0	8,0	483	554479	5314431	Bachursprung, OSM:"Karststromquelle"
266	15.4.20	359	3,0	9,2	683	555035	5305531	gefasst, Messung am Überlauf
267	15.4.20	383	30,0	8,1	458	555112	5314781	P54, gefasst, Messung am Überlauf
268	15.4.20	304	0,5	6,7	701	555606	5306132	
269	15.4.20	350	3,0	6,6	714	555702	5306163	Kalktuff, Quellhorizont
270	15.4.20	355	0,3	6,8	698	555750	5306279	
271	15.4.20	351	1,1	6,9	699	555792	5306317	P44, Höhlenquelle "Goldener Wagen"
272	15.4.20	321	1,0	6,6	699	555817	5306323	
273	15.4.20	370	1,0	7,2	541	557482	5314284	
274	15.4.20	457	0,3	13,0	540	563417	5305002	Gasblasen
275	15.4.20	561	1,0	12,6	555	563423	5305415	W4
276	15.4.20	487	0,3	12,0	545	563429	5305195	
277	15.4.20	490	0,03	6,1	546	563431	5305210	
278	15.4.20	545	0,1	9,5	553	563434	5305364	
279	15.4.20	397	0,3	7,3	573	563468	5305665	
280	15.4.20	384	2,0	7,2	569	563592	5306077	P54
281	15.4.20	383	0,03	4,3	584	563622	5305458	
282	15.4.20	397	0,01	6,1	583	563660	5305507	
283	15.4.20	380	0,3	6,0	534	563662	5304572	
284	15.4.20	420	0,1	6,5	589	563744	5305518	
285	15.4.20	491	0,1	8,2	569	565226	5304539	
286	15.4.20	457	0,3	6,8	556	565254	5304438	
287	22.4.20	351	0,03	5,9	765	547146	5298699	
288	22.4.20	337	0,3	6,8	927	547264	5297365	
289	22.4.20	396	0,03	6,9	748	547399	5298708	
290	22.4.20	355	0,2	7,6	766	547456	5298900	
291	22.4.20	337	0,05	6,5	740	547643	5298898	
292	22.4.20	300	1,0	6,2	856	547670	5296969	Schutt
293	22.4.20	377	0,5	7,0	822	547830	5297238	
294	22.4.20	387	0,5	6,9	741	547894	5299023	
295	22.4.20	265	1,0	7,4	989	548376	5296570	
296	22.4.20	254	0,3	5,8	1027	548581	5296463	
297	22.4.20	246	1,5	5,5	1047	548581	5296387	P45
298	22.4.20	239	0,03	5,8	1015	548600	5296472	
299	22.4.20	324	0,6	5,4	817	548989	5297107	
300	22.4.20	348	0,3	6,8	827	549024	5297059	
301	22.4.20	312	0,03	5,9	910	549096	5296745	
302	22.4.20	241	0,1	5,2	1030	549226	5296432	
303	22.4.20	357	1,0	6,6	871	549250	5296977	
304	7.5.20	294	3,0	6,3	841	532726	5301128	Schuttquelle
305	7.5.20	340	0,1	6,8	871	533188	5292335	

Nr.	Datum	ELF [S/cm]	Q [l/s]	T [°C]	Seehöhe [m.ü.A.]	UTM-Koord. 33N: (E)	UTM-Koord. 33N: (N)	Anmerkungen
306	7.5.20	314	0,03	6,7	928	533406	5294093	
307	7.5.20	341	2,1	6,2	923	533459	5294209	
308	7.5.20	340	0,03	8,6	923	533483	5294360	
309	7.5.20	343	50,0	7,3	676	533659	5301011	Fischteich
310	7.5.20	328	1,0	7,2	631	533698	5301349	
311	7.5.20	388	0,01	12,0	609	534066	5301399	
312	7.5.20	351	1,0	8,6	600	534248	5301667	
313	7.5.20	377	0,3	9,6	613	534342	5301924	
314	7.5.20	362	3,0	7,9	615	534370	5301386	2 Austritte
315	7.5.20	355	0,05	10,3	609	534376	5301446	
316	7.5.20	348	1,0	8,4	596	534463	5302165	Quellhorizont
317	7.5.20	362	0,3	7,8	647	534573	5301190	
318	7.5.20	331	7,4	7,9	635	534614	5301393	
319	7.5.20	336	40,0	7,2	663	534698	5301236	
320	7.5.20	326	62,0	7,7	655	534740	5301381	
321	7.5.20	366	50,0	8,6	517	534915	5304642	Messung 50m unterhalb
322	7.5.20	337	200,0	7,4	516	535026	5304622	P55, gefasst, Messung am Überlauf
323	7.5.20	337	100,0	7,4	515	535048	5304630	
324	7.5.20	404	50,0	8,9	542	535168	5304029	P56
325	7.5.20	403	30,0	8,9	535	535227	5304006	
326	7.5.20	358	20,0	8,8	486	536018	5306177	durch Rohr abgeleitet
327	13.5.20	292	2,3	5,3	1091	545650	5292905	
328	13.5.20	277	0,3	4,8	1068	545707	5292930	
329	13.5.20	287	0,3	5,6	1051	545790	5292973	Trog
330	13.5.20	372	0,1	5,9	1024	545827	5293122	
331	13.5.20	303	0,1	5,7	1001	545955	5293215	
332	13.5.20	329	3,0	5,8	955	546216	5293398	
333	13.5.20	232	6,8	5,6	883	546623	5293357	P46
334	13.5.20	338	0,1	7,8	846	546863	5293490	
335	13.5.20	284	10,0	6,3	755	549429	5293715	
336	13.5.20	368	15,0	8,6	668	551295	5305867	gefasst für Fischteich
337	13.5.20	432	0,03	11,4	470	558121	5319953	Trog
338	13.5.20	516	0,1	9,9	483	558323	5319801	
339	13.5.20	623	3,0	8,2	516	558869	5319355	gefasst, Messung am Überlauf
340	13.5.20	1744	0,1	9,8	640	570357	5295343	
341	13.5.20	529	0,1	10,4	516	572303	5286589	gefasst, Messung am Überlauf
342	13.5.20	528	0,03	8,4	399	576111	5303118	gefasst
343	20.5.20	644	0,6	8,7	460	586108	5328310	
344	20.5.20	617	0,03	9,4	514	586434	5328238	Messung 100m unterhalb
345	20.5.20	1066	0,1	9,4	454	586665	5326667	P47
346	20.5.20	795	0,01	10,1	455	587001	5326707	
347	20.5.20	612	0,01	11,8	521	587574	5327412	Vernässung
348	20.5.20	616	1,0	9,8	404	588182	5326161	Trinkbrunnen
349	20.5.20	566	0,1	8,9	392	589707	5327618	
350	20.5.20	1667	0,1	12,0	268	593562	5326903	P48
351	27.5.20	340	0,03	8,6	745	553207	5295345	in Höhle, Höhlensinter
352	27.5.20	430	1,0	7,7	855	553382	5296954	gefasst, Messung am Überlauf
353	27.5.20	363	0,03	10,7	644	553822	5294316	
354	27.5.20	374	2,0	7,6	962	553852	5297100	
355	27.5.20	406	70,0	8,3	479	554270	5313053	
356	27.5.20	387	1,0	6,4	1030	554304	5296453	Karst?
357	27.5.20	493	0,5	7,7	777	554437	5294252	Quelltuff
358	27.5.20	431	0,1	7,8	769	554476	5294316	
359	27.5.20	454	1,0	8,8	778	554627	5294408	
360	27.5.20	232	1,0	6,4	980	554802	5295769	P49
361	27.5.20	361	0,01	8,7	779	554844	5294326	
362	27.5.20	359	0,3	6,9	849	558752	5298336	

Nr.	Datum	ELF [S/cm]	Q [l/s]	T [°C]	Seehöhe [m.ü.A.]	UTM-Koord. 33N: (E)	UTM-Koord. 33N: (N)	Anmerkungen
363	27.5.20	356	1,0	7,7	670	559265	5298845	
364	27.5.20	362	2,9	7,4	741	559387	5297637	
365	27.5.20	337	0,03	7,7	649	559427	5298867	
366	27.5.20	600	1,0	7,4	777	559434	5301859	Bachursprung variabel
367	27.5.20	393	3,0	8,1	612	560115	5298668	gefasst, Messung am Überlauf
368	27.5.20	540	10,0	8,3	731	560161	5302412	P50, Kalktuff, Kontamination durch Streusalz von Bundesstraße?
369	8.6.20	526	0,5	8,5	725	560161	5302412	2. Messung
370	27.5.20	333	0,5	7,2	736	560244	5297742	gefasst, Messung am Überlauf
371	27.5.20	373	3,0	7,8	687	560344	5297922	Mehrere Austritte
372	27.5.20	391	2,0	8,5	579	563474	5299222	Mehrere Austritte
373	27.5.20	355	1,0	9,0	578	563535	5299154	Sickerquelle
374	27.5.20	365	0,3	8,8	594	563593	5299046	
375	27.5.20	422	2,0	8,5	488	567741	5302433	Fischteich
376	27.5.20	415	3,0	8,5	502	567883	5302240	
377	29.5.20	648	0,05	8,3	631	527513	5368254	Augenbrünnl
378	29.5.20	618	0,5	8,7	587	527549	5368417	diffuser Austritt
379	29.5.20	687	0,1	8,0	553	527993	5368527	P51, gefasst, Messung a. Ü., Kalktuff
380	29.5.20	1010	0,01	8,9	501	545417	5398446	Marienquelle, Quellnische
381	6.6.20	364	0,1	9,5	923	542617	5294672	
382	8.6.20	309	5,0	8,1	605	543853	5313983	Rempelgrabenquelle, gefasst, Höhle
383	8.6.20	374	5,0	7,8	504	543933	5313633	gefasst, Messung am Überlauf
384	8.6.20	400	0,1	9,7	557	546478	5303497	Sickerquelle, Kalktuff
385	8.6.20	429	0,03	7,9	560	546494	5303487	in Höhle, Höhlensinter
386	8.6.20	398	0,3	8,5	572	546516	5303480	
387	8.6.20	415	20,0	8,1	524	547724	5305853	P53, gefasst, Messung am Überlauf
388	8.6.20	318	5,0	7,3	707	554199	5305390	Schacherkogelquelle, tw. gefasst
389	8.6.20	392	0,5	7,9	676	554931	5304910	Ulrichsbrunnen, Kneipp-Station
390	8.6.20	338	0,1	7,9	802	555920	5300680	
391	8.6.20	383	0,1	9,8	807	556002	5300759	
392	8.6.20	386	0,2	8,9	725	556499	5304777	
393	8.6.20	365	0,03	8,3	717	556824	5302236	
394	8.6.20	329	0,1	9,1	765	557342	5299661	
395	8.6.20	334	0,01	7,5	751	557593	5300003	
396	8.6.20	284	0,03	9,1	750	557620	5300100	
397	8.6.20	324	0,5	8,2	741	557681	5300277	
398	8.6.20	364	0,1	7,8	780	557887	5299680	
399	8.6.20	561	0,1	11,7	534	563395	5305026	
400	18.6.20	392	0,1	10,4	718	554105	5298935	
401	18.6.20	322	1,0	8,3	751	554123	5298562	
402	18.6.20	339	0,1	8,1	731	554156	5298672	
403	18.6.20	332	0,1	8,1	730	554162	5298638	
404	18.6.20	322	2,0	6,7	744	554215	5298479	
405	18.6.20	305	0,3	7,2	890	554304	5298041	Messung 50m unterhalb
406	18.6.20	324	0,5	7,1	748	554307	5298432	
407	18.6.20	389	1,0	8,1	760	554325	5298707	
408	18.6.20	292	0,3	9,6	936	554344	5297950	Messung 100m unterhalb
409	18.6.20	325	0,1	7,4	771	554506	5298363	
410	18.6.20	325	0,03	9,3	780	554552	5298366	
411	18.6.20	544	3,0	9,3	668	567888	5283543	gefasst, Messung am Überlauf, Kalktuff
412	18.6.20	637	1,0	9,1	733	570682	5293190	
413	18.6.20	342	0,03	10,8	703	575022	5288517	Alte Fassung
414	18.6.20	702	15,0	10,6	409	578606	5292072	gefasst, Messung am Überlauf
415	18.6.20	586	3,0	10,6	475	591923	5282285	Marienquelle, gefasst, Messung a. Ü.
416	23.6.20	297	0,3	8,7	604	498662	5292556	
417	23.6.20	227	5,0	6,5	634	498811	5292683	gefasst, Messung am Überlauf
418	23.6.20	225	873,0	5,9	684	498838	5292871	
419	23.6.20	225	300,0	5,9	646	498838	5292753	gefasst, Messung am Überlauf
420	23.6.20	277	10,0	7,8	1046	500818	5293562	
421	23.6.20	182	3,0	3,7	1461	503148	5294153	gefasst, Messung am Überlauf

Nr.	Datum	ELF [S/cm]	Q [l/s]	T [°C]	Seehöhe [m.ü.A.]	UTM-Koord. 33N: (E)	UTM-Koord. 33N: (N)	Anmerkungen
422	23.6.20	174	300,0	10,3	1109	505974	5294849	Wiederaustritt v. Abfluss v. Obersee
423	23.6.20	217	20,0	5,6	1114	505987	5294844	Rainerquelle
424	23.6.20	210	0,3	7,0	1099	506047	5294991	
425	23.6.20	215	20,0	4,5	1372	506496	5294159	
426	23.6.20	218	3,0	4,6	1371	506509	5294179	
427	24.6.20	626	1,0	10,6	451	602145	5276485	P52, Augenbründl, Kapelle
428	26.6.20	394	0,3	9,2	491	492365	5308978	Fischauge, Kunstinstallation
429	26.6.20	328	10,0	7,9	532	494705	5295302	gefasst, Messung am Überlauf
430	26.6.20	375	30,0	7,8	531	495366	5305303	gefasst, Messung am Überlauf
431	26.6.20	390	20,0	8,4	554	495371	5304322	gefasst, Messung am Überlauf
432	26.6.20	442	5,0	8,0	504	495596	5306611	gefasst, Messung am Überlauf
433	26.6.20	327	2,0	8,1	640	498356	5297186	
434	26.6.20	325	1,0	10,2	625	498420	5296971	
435	26.6.20	286	80,0	8,9	623	498564	5296898	Wasserfall
436	26.6.20	547	40,0	9,5	636	500301	5302376	Kalktuffquelle
437	26.6.20	397	30,0	8,1	556	503969	5304512	
438	26.6.20	434	300,0	8,2	558	503986	5304450	Ausleitg v. Stollenwässern der HQWL?
439	26.6.20	397	10,0	8,1	555	503998	5304524	
440	26.6.20	655	0,3	8,9	544	504355	5304822	
441	26.6.20	282	2,0	8,3	583	504477	5304818	
442	26.6.20	290	20,0	9,3	624	505256	5300143	
443	26.6.20	330	30,0	8,3	471	505484	5306828	gefasst, Messung am Überlauf
444	26.6.20	241	50,0	6,3	689	505638	5298960	Lochbach, Quellsiphon
445	26.6.20	298	15,0	9,7	705	509267	5297649	
446	30.6.20	495	0,3	10,7	566	491367	5306939	
447	30.6.20	539	0,5	10,5	558	491502	5306953	
448	30.6.20	332	5,0	11,6	561	492732	5308081	Drainagerohr
449	30.6.20	356	10,0	8,5	507	492758	5298977	gefasst, Messung am Überlauf
450	30.6.20	412	15,0	10,9	616	493165	5307778	gefasst für Teich, Messung 50 m unterhalb
451	30.6.20	396	40,0	7,9	722	493814	5307818	tw. gefasst
452	30.6.20	317	20,0	7,8	469	495750	5308710	Höhlenquelle
453	30.6.20	486	1,0	8,9	578	499102	5307838	
454	30.6.20	512	0,3	10,3	723	500033	5304787	
455	30.6.20	303	0,05	8,4	787	500706	5310858	Tränke
456	30.6.20	385	3,0	9,2	642	500850	5302302	gefasst, Messung am Überlauf
457	30.6.20	383	1,0	8,3	645	500901	5302323	gefasst, Messung am Überlauf
458	30.6.20	367	10,0	8,0	657	500914	5302335	gefasst, Messung am Überlauf
459	30.6.20	466	30,0	9,6	433	501601	5312762	Lindenbrunnenquelle, gefasst WVA Gresten, Messung am Überlauf
460	30.6.20	489	3,0	11,2	581	505951	5313687	Kalktuff
461	30.6.20	452	10,0	9,5	522	507932	5311534	Kalktuff
462	30.6.20	535	0,2	9,7	490	508080	5311560	
463	30.6.20	370	15,0	8,0	594	508261	5312699	
464	30.6.20	435	5,0	9,2	596	508602	5312907	Wiederaustritt eines Gerinnes
465	6.8.20	582	0,1	12,0	637	540745	5299416	
466	6.8.20	354	1,0	10,0	736	541112	5295097	gefasst, Messung am Überlauf
467	6.8.20	301	30,0	7,6	780	541931	5294449	gefasst, Messung am Überlauf
468	6.8.20	266	50,0	6,5	923	542020	5293822	1842/Q114 in KGK 73
469	6.8.20	250	1,0	7,2	1080	542678	5293853	Tränke
470	6.8.20	356	0,1	8,6	1075	542698	5294014	
471	6.8.20	258	3,0	7,9	1082	542701	5293865	
472	6.8.20	388	5,0	8,2	1080	542725	5294035	
473	6.8.20	304	10,0	6,8	1102	542877	5294382	
474	6.8.20	271	10,0	9,3	1118	542902	5294331	Resurgenz
475	6.8.20	326	1,0	8,4	719	543124	5296102	gefasst, Messung am Überlauf
476	6.8.20	337	20,0	8,4	742	543563	5295965	tw. gefasst
477	6.8.20	358	10,0	7,4	536	544715	5302863	Lurgquelle