

Abschätzung der mittleren Einzugsgebietslagen von Quellen (HD Steiermark)

Einleitung

Im Bundesland Steiermark wurden für 17 Quellmessstellen des hydrographischen Dienstes Messdaten zu Sauerstoff-18 (und Deuterium) im Quellwasser erhoben. Für elf Quellen konnte auf bereits vorhandene Studien zurückgegriffen werden, für sechs Quellen wurden aktuelle Messungen durchgeführt.

Abbildung 1: Schönebenquelle.



Quelle: Jutta Eybl/BMNT

Die Ermittlung der mittleren Höhenlagen der Quelleinzugsgebiete erfolgte – wenn möglich - auf Basis eines Höhengradienten des Isotopensignals im Niederschlag von $-0,23\text{‰} \pm 0,03 \delta^{18}\text{O}$ pro 100m Höhenunterschied. Die Ergebnisse sind nachfolgend beschrieben, beginnend mit allgemeinen Kennwerten der Quellen.

Tabelle 1: Mittlere Einzugsgebietshöhen (EZG-Höhe) für die im Bundesland Steiermark beobachteten Quellen des Hydrographischen Dienstes. Dargestellt sind außerdem die der Abschätzung zugrundeliegenden Höhenangaben und Sauerstoff-18-Mittelwerte ($\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}}$) der Quellen und Niederschlags-Referenzstationen.

Quelle	Höhe der Quelle	Quelle $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}}$	Referenz N	Höhe der Referenz N	Referenz $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}}$	Mittlere EZG-Höhe
	(m ü.A.)	(‰)		(m ü.A.)	(‰)	(m ü.A.)
Brunnaderquelle	745	-10,51	Karlgraben	775	-9,66	~1.150
Erbsattelquelle	690	-10,61	Wildalpen	610	-10,35	~700
Etzbachquelle	880	-12,61	Planneralm	1.605	-12,56	~1.600
Galgenwaldquelle	860	-9,67	Flattnitz	1.440	-10,90	~900
Goldschmiedquelle	465	-9,16	Graz	340	-8,40	~650
Hammerbachquelle	410	-9,07	Graz	340	-8,40	~650
Ödensee-Kaltwassertrichter	770	-11,70	Gößl	710	-10,68	~1.150
Pöllauer Ursprung	1150	-10,53	Flattnitz	1.440	-10,90	~1.300
Preunegger Siebenquellen	1100	-12,33	Flachau	925	-10,92	~1.550
Reihbachquelle	1360	-11,23	Graz	340	-8,40	~1.550
Riedlbachquelle	820	-12,30	Gößl	710	-10,68	~1.400
Roßlochquelle	820	-11,30	Wildalpen	610	-10,35	~1.000
Sagtümpel	970	-12,53	Gößl	710	-10,68	~1.500
Schönebenquelle	1720	-10,38	-	-	-	-
Schwabeltalquelle	800	-11,83	Wildalpen	610	-10,35	1.250
Totes Weib Quelle	880	-10,16	Karlgraben	775	-9,66	(~1.000)
Wassermannsloch	585	-11,84	Wildalpen	610	-10,35	1400

Quelle: Jutta Eybl/BMNT

Brunnaderquelle

Untersweg (2005) konnte zeigen, dass die Brunnaderquelle wesentlich durch infiltrierendes Bachwasser des Sulzbaches (Zubringer Dissaubach) gespeist wird. Dementsprechend erhält sie in einem beträchtlichen Ausmaß Zustrom aus den Einzugsgebieten der infiltrierenden Bäche. Nach Untersweg (2005) muss die Karbonatserie der zentralalpiner Trias im Gebiet bis zur Wasserscheide zum Dissaubach als unterirdisches Einzugsgebiet der Brunnaderquelle in Betracht gezogen werden.

Basierend auf dem Sauerstoff-18-Mittelwert von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -10,51 \text{ ‰}$ wird eine mittlere Höhenlage des Quelleinzugsgebietes von $\sim 1.150 \text{ m ü.A.}$ abgeschätzt, was in etwa den höheren Einzugsgebietslagen des Dissau- und Sulzbaches entsprechen würde.

Tabelle 2: Sauerstoff-18-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) der Brunnaderquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz	
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	4	-10,51	0,04	-10,52	-10,56	-10,46	1990...1999	6	*
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	1	-10,40					2000...2009	7	

Quelle: Referenz 6 = WISA – H2O Fachdatenbank, Stand 2019, Referenz 7 = Kralik & Schartner (2010).

Erbsattelquelle

Die Erbsattelquelle, eine ungefasste Hangschuttquelle, liegt am nordöstlichen Hangfuß der zur Nordrandschuppenzone (Bauer 1985) gehörenden Rauchkuppe im Nationalpark Gesäuse.

Tabelle 3: Sauerstoff-18- und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Erbsattelquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz	
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	4	-10,61	0,40	-10,66	-11,05	-10,08	2010...2019	U	*
$\delta^2\text{H} \text{ [‰]}$	4	-74,18	3,24	-73,90	-78,40	-70,50	2010...2019	U	

Quelle: U = Umweltbundesamt GmbH

Die mittlere Höhenlage des Quelleinzugsgebiets wird auf ~ 700 m ü.A. geschätzt, bei einem Sauerstoff-18-Mittelwert der Quelle von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -10,61$ ‰, was dem Nahbereich der Quelle entspricht.

Etzbachquelle

Die Karstquelle „Etzbachquelle“, auch als „Große Kölblquelle“ oder „Johnsbachquelle“ bekannt, entspringt am Südrand des oberen Johnsbachtal im Nationalpark Gesäuse am Fuß der Nordflanke des Grieskogels (1.495 m ü.A.) bzw. Rotkogels (1.782 m ü.A.).

Der Quellaustritt besteht aus einem wassergefüllten Becken von etwa 10 m Durchmesser mit weiteren Austritten auf einer Gesamtbreite von ~ 20 m. Insgesamt handelt es sich um eine diffuse Austrittssituation, bei dem die Lage der einzelnen Quellaustritte in Abhängigkeit von den hydraulischen Bedingungen im Quellsystem variiert (Spitz 2016). Das Oberflächeneinzugsgebiet umfasst etwa $0,62$ km² bis hinauf zum Grieskogel (1.495 m ü.A.).

Das in der Grauwackenzone gelegene Einzugsgebiet der Etzbachquelle ist durch erzführende, verkarstete Karbonate und Porphyroid gekennzeichnet (Hießleitner (1935), Schönlaub (1982), Spitz (2016)). Markante Karstformen im Einzugsgebiet sind die Odlsteinhöhle auf 1.085 m ü.A. und der Bärenkar-Bach, eine Karstschwinde. Die Etzbachquelle entwässert das Bärenkar, bei hohen Abflüssen wahrscheinlich auch höhere Bereiche bis hinauf zum Rotkogel (1.782 m) (Spitz 2016, siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Schematische Darstellung des geologischen Profils der Etzbachquelle.

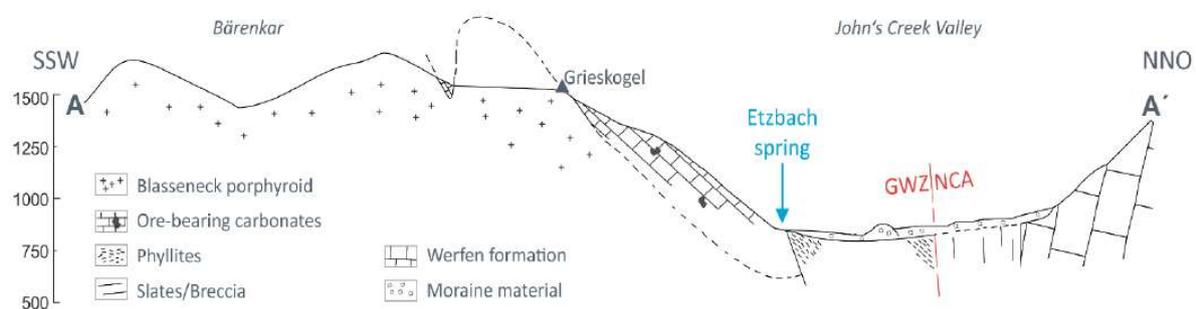


Figure 2-2: Geological profile A-A' (s.) of the JBT in SSW-NNE direction. Clearly visible is the transition from the Greywacke Zone units to the Northern Calcareous Alps in the north (red line). Furthermore, the dipping of the ore-bearing carbonate rocks (approximately 50°) towards NNE is illustrated (Edited after Hießleitner 1935).

Quelle: © Spitz (2016) verändert nach Hießleitner (1935).

Die mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes liegt, basierend auf einem Sauerstoff-18-Mittelwert der Quelle von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -12,61 \text{ ‰}$, im Bereich von $\sim 1.600 \text{ m ü.A.}$, was dem oberen Abschnitt des Bärenkars entsprechen würde.

Tabelle 4: Sauerstoff-18-und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Eitzbachquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz)

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	21	-12,61	0,21	-12,64	-12,93	-12,01	1980...1989	29 *
$\delta^2\text{H} \text{ [‰]}$	2				-89,7	-88,8	1980...1989	29
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	58	-11,35	0,34	-11,65	-12,36	-11,06	2010...2019	38
$\delta^2\text{H} \text{ [‰]}$	58	-82,1	1,9	-82,6	-84,8	-78,7	2010...2019	38

Quelle: Referenz 29 = Benischke et al. (1985), Referenz 38 = Spitz et al. (2016).

Galgenwaldquelle

Die teilweise gefasste Hangschuttquelle Galgenwaldquelle liegt im Bereich der Murberge (Gstoder) nördlich der Gemeinde Murau am rechten Ufer des Rantenbaches, in den sie entwässert. Die Quelle entspringt im Bereich der Großhangbewegung Lärchberg-Galgenwald, welche die südwestliche Flanke des Rantenbachtals zwei Kilometer talaufwärts von Murau erfasst (Hausegger et al. 2013).

Die mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes liegt, basierend auf einem Sauerstoff-18-Mittelwert der Quelle von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -9,67 \text{ ‰}$, im Bereich von $\sim 900 \text{ m ü.A.}$

Tabelle 5: Sauerstoff-18-und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Galgenwaldquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	4	-9,67	0,01	-9,66	9,68	-9,66	2010...2019	U *
$\delta^2\text{H} \text{ [‰]}$	4	-66,43	0,10	-66,45	-66,50	-66,30	2010...2019	U

Quelle: U = Umweltbundesamt GmbH

Goldschmiedquelle

Die Goldschmiedquelle entspringt am nördlichen Hangfuß des Forstkogels in der Katastralgemeinde Plankenwarth und entwässert in den Rohrbach. Der Forstkogel wird von Steinbergkalken aufgebaut, nördlich des Forstkogel sind Dolomite unterschiedlicher Prägung aufgeschlossen. Die Goldschmiedquelle entspringt im Übergangsbereich von Schottern und jungtertiären Hangschuttbrekzien, die lokal in mächtigere, meist sandig-steinige Rotlehme und Roterden übergehen und als Wasserstauer wirken (Russegger 1991).

Die mittlere Höhenlage des Quelleinzugsgebiets wird auf ~650 m ü.A. geschätzt, bei einem Sauerstoff-18-Mittelwert der Quelle von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -9,16 \text{ ‰}$.

Tabelle 6: Sauerstoff-18- und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Goldschmiedquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz	
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	4	-9,16	0,04	-9,17	-9,19	-9,11	2010...2019	28	*
$\delta^2\text{H} \text{ [‰]}$	2				-63,6	-63,5	2010...2019	28	

Quelle: Referenz 28 = Humer et al. (2015)

Hammerbachquelle

Die Hammerbachquelle entspringt in der Gemeinde Peggau in der Steiermark ~15 km nördlich von Graz. Sie ist neben der Schmelzbachquelle eine der zwei Hauptquellen, die den Tannebenkarststock entwässern. Das Tanneben-Lurbach-System ist ein durch Schöckelkalke geprägtes, binäres Karstsystem und Teil des Mittelsteirischen Karst des Grazer Paläozoikums.

Das Gebiet wurde von Maurin (1952), Behrens et al. (1992), Benischke et al. (1994) und Wagner et al. (2013) untersucht und kann in das stark verkarstete Tannebenkarstplateau (Ausdehnung ~8 km²) und das geringer durchlässige Semriacher Becken (Ausdehnung ~15 km²) unterteilt werden. Das Semriacher Becken wird in westlicher Richtung durch den Lurbach entwässert. Dieser verliert nach Übertreten der Schiefer-Kalk-Grenze zunehmend an Wasser und versinkt bei Niederwasser noch vor Erreichen der Lurgrotte. Einziger Austritt des Lurbachwassers ist unter Niedrig- bis unteren Mittelwasserbedingungen die Hammerbachquelle. Bei starker Wasserführung der Hammerbachquelle (~200 l/s; Behrens et al. 1992) mischt Lurbachwasser auch der Schmelzbachquelle zu. Bei Starkniederschlägen wird zeitweise auch das Höhlensystem der Lurgrotte selbst zum Fließweg.

Die mittlere Höhenlage des Quelleinzugsgebiets wird, bei einem Sauerstoff-18-Mittelwert der Quelle von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -9,07 \text{ ‰}$, auf $\sim 650 \text{ m ü.A.}$ geschätzt, was der Höhenlage um die Einspeisungsstelle des Markierungsversuches Ertlhube/Tanneben entspräche.

Tabelle 7: Sauerstoff-18- und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Hammerbachquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	4	-9,58	0,06	-9,57	-9,66	-9,35	2010...2019	6
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	4	-9,11	0,12	-9,08	-9,27	-9,00	2000...2009	17
$\delta^2\text{H} \text{ [‰]}$	2				-62,51	-61,26	2000...2009	17
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	30	-9,07	0,29	-9,13	-9,78	-8,18	2010...2019	18 *
$\delta^2\text{H} \text{ [‰]}$	30	-62,39	2,52	-62,9	-68,4	-54,9	2010...2019	18
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	573	-9,42	0,37	-9,28	-10,89	-8,04	1980...2019	25
$\delta^2\text{H} \text{ [‰]}$	384	-63,55	1,25	-63,7	-68,92	-53,34	1980...2019	25

Quelle: Referenz 6 = WISA-H2O-Fachdatenbank, Stand 2019, 17 = Kralik et al. (2012), 18 = ANIP-H2O-Fachdatenbank, Stand 2019, 25 = Datenarchiv Joanneum Research, R. Benischke

Ödensee-Kaltwassertrichter

Die Quelle Ödensee-Kaltwassertrichter gehört zu den Karstquellen im Bereich Kainischtraun. Die Quellen entwässern die, die Landschaft des Dachsteingebiets prägende, etwa 1 km mächtige, nach Norden geneigte und stark verkarstete Dachsteinkalkplattform (Obertrias) (Schubert 2003). In der Umgebung der Quelle wird der im Untergrund zu erwartende Dachsteinkalk von Moränen, Seetonen und Terrassenkiesen verhüllt.

Bauer (1989) zeigte mittels Fluoreszenztracerversuchen, dass das Wasser des Ödensee-Kaltwassertrichter aus dem Dachsteinkalk des östlichen Dachsteinmassivs stammt, wobei das Einzugsgebiet zumindest bis zu den Eingabestellen Finetsee (1.580 m ü. A.) und Hochstube östlich des Hirzberg (1.800 m ü. A.) reicht. Das Einzugsgebiet erstreckt sich somit nach Westen bis zum Brunnkogel und nach Süden bis zu den beiden Tracereingabestellen Finetalm und Hochstube. Die Durchgangszeiten lagen zwischen 2 und 7 Tagen.

Die mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes des Ödensee-Kaltwassertrichters wird, basierend auf dem Sauerstoff-18-Mittelwert von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -11,70 \text{ ‰}$, auf $\sim 1.150 \text{ m ü.A.}$ geschätzt.

Tabelle 8: Sauerstoff-18- und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Quelle Ödensee-Kaltwassertrichter (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	5	-11,70	0,81	-11,95	-12,68	-10,85	1990...1999	27 *
$\delta^2\text{H}$ [‰]	5	-83,1	6,06	-84,2	-89,9	-76,2	1990...1999	27
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	1	-11,04					1990...1999	6

Quelle: Referenz 6 = WISA – H2O Fachdatenbank, Stand 2019, Referenz 27 = Scheidleder et al. (2001)

Pöllauer Ursprung

Die Großkarstquelle Pöllauer Ursprung entspringt am Fuße des Grebenzen-Kalkstockes am Rande des Dorfes Pöllau. Der Pöllauer Ursprung ist neben dem Zeuschacher Ursprung eine der beiden Hauptentwässerungen des Grebenzen-Kalkstockes nach Osten zur Olsa hin (Eicher 1976). Das Einzugsgebiet der beiden Großquellen wird mit einer Größe von $\sim 18\text{--}21 \text{ km}^2$ im nördlichen Teil des Grebenzenkalkstockes verortet. Nach Süden teilt eine von Eicher (1976) vermutete „E-W-gerichtete Phyllitschwelle (parallel und etwas südlich des Pöllauer Trockentales)“ den Grebenzen-Kalkstock entwässerungsmäßig in zwei Teile.

Die mittlere Höhenlage des Quelleinzugsgebiets wird, bei einem Sauerstoff-18-Mittelwert der Quelle von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -10,53 \text{ ‰}$, auf $\sim 1.300 \text{ m ü.A.}$ geschätzt, was den unteren Bereichen des Pöllauer Grabens entspräche.

Tabelle 9: Sauerstoff-18- und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Quelle Pöllauer Ursprung (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	4	-10,53	0,13	-10,58	-10,63	-10,35	2010...2019	U *
$\delta^2\text{H}$ [‰]	4	-71,80	1,18	-72,20	-72,70	-70,10	2010...2019	U

Quelle: U = Umweltbundesamt GmbH

Preunegger Siebenquellen

Die Preunegger Siebenquellen entspringen als Hang- und Grundwasseraustritte im Talboden des Preuneggtales und dotieren den Preuneggbach, der in weiterer Folge der Enns zufließt. Nach Schubert (in Mandl et al. 2014) sperrte die Massenbewegung in den Quarzphylliten am Westhang des Hochwurzen das Preuneggtal. Am Ende dieses bis zur Bergalm reichenden Staubeereichs, der durch feinschuppige Quarzphyllite am Fuß der Massenbewegung abgedichtet ist, führt die Unterbrechung des Grundwasserflusses zum Austritt der Siebenquellen. Diese Hang- und Grundwasseraustritte vereinigen sich rasch zu einem Bach, der in weiterer Folge dem Preuneggbach zufließt.

Basierend auf dem Sauerstoff-18-Mittelwert der Preunegger Siebenquellen von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -12,33$ ‰ ergibt sich eine mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes im Bereich von ~ 1.550 m ü.A., was der Höhenlage der Ursprungalm entsprechen würde.

Tabelle 10: Sauerstoff-18- und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = {}^2\text{H}/{}^1\text{H}$) der Siebenquellen (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz)

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz	
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	4	-12,61	0,04	-12,33	-12,36	-12,29	2010...2019	U	*
$\delta^2\text{H}$ [‰]	4	-86,5	0,24	-86,2	-86,8	-86,2	2010...2019	U	

Quelle: U = Umweltbundesamt GmbH

Reihbachquelle

Die Reihbachquelle entspringt ca. 350 m unterhalb der Landesstraße L619-Weinebene im Bereich der Koralpe und entwässert in den Reihbach, der wiederum in die Schwarze Sulm mündet. Die Reihbachquelle entspringt als Kluftquelle aus einer langgestreckten Einschaltung von Marmor mit tektonischen Grenzen im Kristallin der Koralpe (Amt der Steiermärkischen Landesregierung 2015). Im Bereich der Koralpe sind größere Wasseraustritte generell an die eingeschalteten Marmorzüge und an mächtige Verwitterungsdecken in den flachen Hochlagen des Gebirgsmassivs gebunden, während die Steilabbrüche zu den Gräben der Vorfluter vorwiegend durch Oberflächenabfluss gekennzeichnet sind (Amt der Steiermärkischen Landesregierung 2015).

Basierend auf dem Sauerstoff-18-Mittelwert der Reihbachquelle von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -11,23 \text{ ‰}$ ergibt sich eine mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes der Quelle von $\sim 1.550 \text{ m ü.A.}$, was der Höhenlage der Quelle bis hinauf zur Kammlinie zwischen Brandhöhe (1.886 m ü.A.) und Weinofen (1.726 m ü.A.) entspräche.

Tabelle 11: Sauerstoff-18-und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Reihbachquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	4	-11,23	0,06	-11,29	-11,31	-11,16	1990...1999	6
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	4	-11,11	0,02	-11,11	-11,14	-11,09	2000...2009	7 *
$\delta^2\text{H} \text{ [‰]}$	2				-76,49	-74,89	2000...2009	7

Quelle: Referenz 6 = WISA-H2O-Fachdatenbank, Stand 2019, 7 = Kralik & Schartner (2010)

Riedlbachquelle

Die Riedlbachquelle, entspringt in Mitterndorf, im Dachsteingebiet und entwässert die stark verkarstete Dachsteinkalkplattform über den Riedlbach in die Kainischtraun. Diese bildet bei Bad Aussee mit der Vereinigten Traun die Koppentraun.

Bauer (1989) zeigte mittels Fluoreszenztracerversuchen, dass diese und andere Quellen (wie z.B. der nahegelegene Ödensee-Kaltwassertrichter) ihr Wasser aus dem Dachsteinkalk des östlichen Dachsteinmassivs beziehen, wobei das Einzugsgebiet der Riedlbachquelle zumindest bis zu den Bereichen um die Einspeisungsstellen Achlesbrunn (1.500 m ü.A.) und Miesbodensee-Schwinde (1.413 m) reicht.

Die mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes der Quelle wird basierend auf dem Sauerstoff-18-Mittelwert von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -12,30 \text{ ‰}$ auf $\sim 1.400 \text{ m ü.A.}$ geschätzt.

Tabelle 12: Sauerstoff-18-und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Riedlbachquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	5	-12,30	0,88	-12,14	-13,76	-11,57	1990...1999	27 *

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^2\text{H}$ [‰]	5	-87,44	7,10	-86,40	-99,20	-81,20	1990...1999	27

Quelle: Referenz 27 = SCHEIDLEDER et al. (2001)

Roßlochquelle

Die Roßlochquelle, eine ungefasste Karstquelle, entspringt in der Roßlochklamm, einem Seitental des Mürztales. Eine Beschreibung der Geologie des Einzugsgebietes der Roßlochquelle findet sich bei Cornelius (1952). Die Roßlochquelle entspringt in Wettersteinkalken und stellt neben dem „Toten Weib“ eine der mächtigsten Karstquellen im oberen Mürztal dar.

Basierend auf dem Sauerstoff-18-Mittelwert der Roßlochquelle von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -11,30$ ‰ ergibt sich eine mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes der Quelle ~ 1.000 m ü.A., was der Höhenlage des Steinerschlags (1.004 müA) entspräche.

Tabelle 13: Sauerstoff-18- und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Roßlochquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

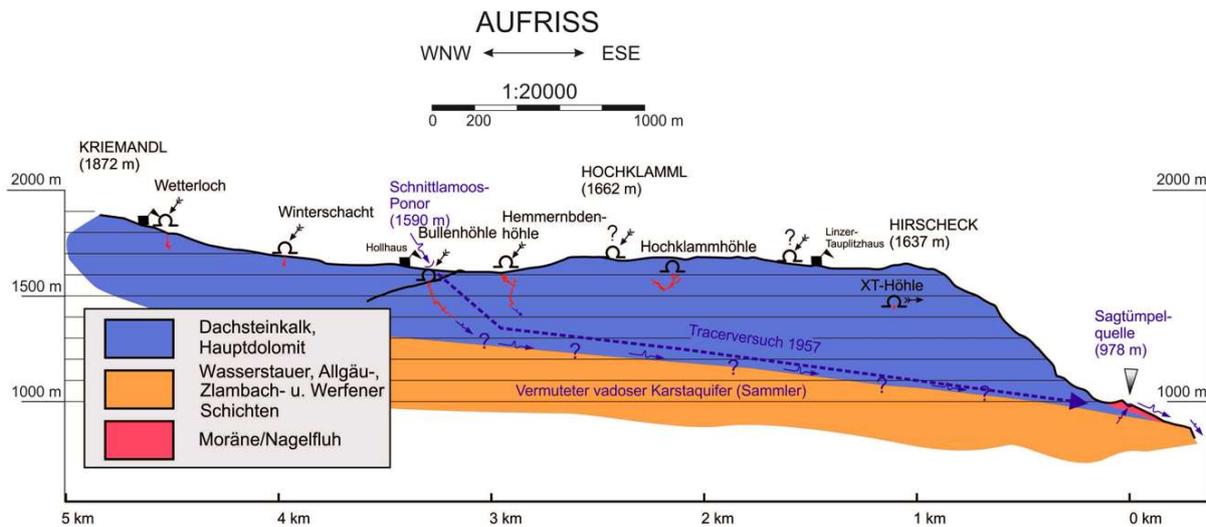
Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	4	-11,30	0,03	-11,32	-11,32	-11,25	2010...2019	U *
$\delta^2\text{H}$ [‰]	4	-77,43	0,21	-77,40	-77,70	-77,20	2010...2019	U

Quelle: U = Umweltbundesamt GmbH.

Sagtümpelquelle

Der 2017 renaturierte Quelltopf der Karstquelle „Sagtümpel“ liegt in der zu Bad Mitterndorf gehörenden Katastralgemeinde Tauplitz, im Ortsteil Greith unweit der Straße zur Gnanitzalm im Bundesland Steiermark.

Abbildung 3: Schnitt durch das Tauplitzalplateau.



Quelle: R. Seebacher, Verein für Höhlenkunde in Obersteier (VHO)

Wie Seebacher (2016) zusammenfasst, konnte aufgrund von Sporentriftversuchen in den 1950er-Jahren eine direkte Verbindung zwischen der Bachversickerung des Krallersee-Abflusses im Schnittlamoos auf etwa 1.590 m ü.A. und dem Sagtümpel nachgewiesen werden (siehe Abbildung 3). „Bedenkt man, dass der Durchgang des Triftmittels in weniger als 30 Stunden erfolgte, leuchtet ein, dass das Wasser diese Strecke in großlumigen Karsthohlräumen ohne größere Staubereiche überwindet. Dies entspricht einer Triftgeschwindigkeit von über 125 m/h. Eine Speicherung, bzw. Filterung des Karstwassers ist daher nicht gegeben. Diese Ergebnisse in Verbindung mit den geologischen Gegebenheiten deuten weiter auf das Vorhandensein eines ausgedehnten, luftgefüllten Höhlensystems unter diesem Gebiet hin.“ (Seebacher 2016).

Die mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes der Quelle wird basierend auf dem Sauerstoff-18-Mittelwert von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -12,53 \text{ ‰}$ auf $\sim 1.500 \text{ m ü.A.}$ geschätzt.

Tabelle 14: Sauerstoff-18- und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = {}^2\text{H}/{}^1\text{H}$) der Sagtümpel-Quelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	4	-12,53	1,14	-12,80	-13,61	-10,92	1990...1999	6 *
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	3	-12,57	0,67	-12,90	-13,00	-11,80	1960...1969	21
$\delta^2\text{H} \text{ [‰]}$	3	-86,00	3,46	-88,00	-88,00	-82,00	1960...1969	21

Quelle: Referenz 6 = WISA – H2O Fachdatenbank, Stand 2019

Schönebenquelle

Umfangreiche Untersuchungen zur Schönebenquelle bzw. den Blockgletschern in den Niederen Tauern liegen von Untersweg & Schwendt (1995), Winkler et al. (2012, 2016) und Wagner et al. (2016) vor. Die Schönebenquelle, eine ungefasste Hangschuttquelle entspringt an der Blockgletscherstirn des Schönebenblockgletschers, der sich in einem Kar über der Schönebenalm von 1720 m ü. A. bis 1905 m ü. A. erstreckt. Sie weist ein hydrologisches Einzugsgebiet von etwa 0,75 km² Fläche auf. Geologisch prägen granitoide Gneise des kristallinen Grundgebirges das Einzugsgebiet (Abbildung 2). Der Schönebenblockgletscher gehört zu den mehr als 450 vorwiegend relik-tischen Blockgletschern der steirischen Niederen Tauern, an die häufig Quellen mit hohen Schüt-tungsmengen und Grundwasserleiter mit guten Speicherkapazitäten gebunden sind (Winkler et al. 2016).

Die gemessenen $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der Quelle sind im Vergleich zur Höhenlage niedrig, so dass von an-deren, überlagernden Effekten mit Einfluss auf das Isotopensignal ausgegangen werden muss. Dazu gehören zum Beispiel das Durchprägen einzelner Niederschlags-Abfluss-Ereignisse mit spe-zifischen Isotopensignalen aufgrund der kurzen Verweilzeiten der infiltrierenden Wässer im Block-gletscher oder der Einfluss abgereicherter Schmelzwässer auf das gemessene Isotopensignal in der Schönebenquelle. Eine Abschätzung der Einzugsgebietshöhenlage auf Basis der Isotopenwerte erscheint deshalb nicht sinnvoll.

Tabelle 15: Sauerstoff-18-und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Schönebenquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	130	-10,38	0,56	-10,20	-12,93	-9,56	2010...2019	39 *
$\delta^2\text{H}$ [‰]	130	-70,55	4,47	-69,10	-90,57	-64,22	2010...2019	39

Quelle: Referenz 39 = Winkler et al. (2016)

Schwabeltalquelle

Die Schwabeltalquelle entspringt im Bereich von Wettersteindolomit und Dachsteinkalk im west-lichen Teil des Hochschwabmassivs an der nordwestlichen Flanke der. Eine Beschreibung der Ge-ologie des Einzugsgebietes der Schwabeltalquelle findet sich bei Bryda et al. (2013). Insgesamt handelt es sich um einen hydrogeologisch wenig untersuchten Bereich.

Die mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes der Quelle wird basierend auf dem Sauerstoff-18-Mittelwert von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -11,83 \text{ ‰}$ auf $\sim 1.250 \text{ m ü.A.}$ geschätzt, was in etwa auch den Einzugsbereichen von Wilzingergraben und Wurmgraben entspräche.

Tabelle 16: Sauerstoff-18-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) der Schwabeltalquelle (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O} \text{ [‰]}$	4	-11,83	0,24	-11,89	-12,05	-11,49	1990...1999	6 *

Quelle: Referenz 6 = WISA-H2O-Fachdatenbank, Stand 2019

Totes Weib Quelle

Die Karstquelle „Totes Weib“ liegt südlich von Frein an der Mürz und entspringt als etwa 40 m hoher Wasserfall am linken Ufer der Mürz aus einer aktiven Wasserhöhle im Schneealpenstock. Laut Cornelius (1952) und Reimoser-Berger & Steiner (2005) besteht eine hydraulische Verbindung zum Nassköhr, einem in einer Karstpolje auf etwa 1.250 müA liegendem Moorkomplex. Der Nassköhrbach entwässert über Schlucklöcher, wie das beim sogenannten „Durchfall“ und beim „Haselboden“. Die dort versinkenden Wässer fließen unterirdisch Richtung Norden geneigt ab, da die Kalke der Hinteralpe synklinial aber zum größten Teil nördlich geneigt auf den Werfener Schichten aufliegen (Cornelius 1952). Ein Teil tritt am „Toten Weib“ wieder zu Tage; ein anderer entspringt einer großen Überfallquelle und fließt in die Kalte Mürz (Reimoser & Steiner 2005).

Wird die Niederschlagsstation Karlgraben (775 müA) des GZÜV-Isotopenmessnetzes ANIP in etwa 8 km Entfernung mit einem niederschlagsgewichteten $\delta^{18}\text{O}$ -Mittel von $-9,66 \text{ ‰}$ (2012-2017) als Referenz herangezogen, so ergibt sich eine mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes der Quelle von etwa 1.000 müA, während Quellwasser mit dem gemessenen leichten $\delta^{18}\text{O}$ -Wert theoretisch aus Höhenlagen um 1.700-1.850 müA stammen könnte, was auf eine Infiltration der isotopisch leichten Wässer im Bereich Nassköhr ($\sim 1.300 \text{ müA}$) bis Schönhaltereck (1.860 müA) hindeuten würde. Allerdings beruht diese Einschätzung nur auf einer geringen Anzahl von Messwerten, der Mittelwert kann nicht als repräsentativ angesehen werden und sollte durch weitere Untersuchungen verifiziert werden.

Tabelle 17: Sauerstoff-18- und Deuterium-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und $\delta^2\text{H} = ^2\text{H}/^1\text{H}$) der Quelle Totes Weib (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	3	-10,16	1,4	-9,6	-11,75	-9,12	2010...2019	U
$\delta^2\text{H}$ [‰]	3	-69,75	11,8	-63,76	-83,30	-62,18	2010...2019	U

Quelle: U = Umweltbundesamt GmbH

Wassermannsloch

Ausführliche Beschreibungen bzw. Zusammenfassungen des Forschungsstandes zur genannten Quelle liegen von Seebacher (2005) und Stadler & Benischke (2009) vor, aus denen im Folgenden zitiert wird. Die Quelle findet unter dem Namen „Pruhn“ (= Brunn) bereits in kartographischen Aufzeichnungen des Augustinerermönches Johannes Clobucchiarich aus den Jahren 1601-1605 Erwähnung, ebenso um 1747 durch den kaiserlichen Hofmathematiker Joseph Anton Nagl (Stadler & Benischke 2009).

Das Wassermannsloch (Höhlenkatasternummer 1741/6) gilt als bedeutendste Karstquelle im Südwesten des Hochschwabmassivs. Der Quelltopf stellt das Ende eines ausgedehnten Höhlensystems dar, das durch die Tiefenerosion des Erzbaches angeschnitten wurde und im Jahr 2005 bis auf eine Gesamtlänge von ~1.084 m vermessen war (Seebacher 2005).

Wettersteinkalk und -dolomit prägen das Einzugsgebiet der Quelle (Mandl et al., 2008). Die Wasserführung im Wettersteinkalk ist an korrosiv erweiterte, bevorzugt SW-NE streichende Störungsflächen gebunden. Von einer Ausdehnung des Einzugsgebietes bis auf das Pfaffing-Sonn-schien-Plateau gehen Strobl (1992) sowie Strobl & Zojer (1995) aufgrund von hydrochemischen Vergleichsdaten und Isotopenuntersuchungen aus.

Die mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes der Quelle wird basierend auf dem Sauerstoff-18-Mittelwert von $\delta^{18}\text{O}_{\text{MW}} = -12,19$ ‰ auf 1.400 m ü.A. geschätzt.

Tabelle 18: Sauerstoff-18-Isotopenverhältnisse ($\delta^{18}\text{O} = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) des Wassermannsloch (n = Probenanzahl, σ = Standardabweichung, * = für die Höhenabschätzung verwendeter Datensatz).

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	4	-12,19	0,51	-12,14	-12,86	-11,63	1990...1999	6

Parameter	n	Mittelwert	σ	Median	Minimum	Maximum	Zeitraum	Referenz
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	20	-11,84	0,73	-11,94	-12,98	-10,39	1990...1999	25 *

Quelle: Referenz 6 = WISA – H2O Fachdatenbank, Stand 2019, 25 = Datenarchiv Joanneum Research, R. Benischke

Literatur

Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2015): Wasserversorgungsplan Steiermark 2015 – Ein Leitfaden für die öffentliche Wasserversorgung, Graz.

Bauer, F. (1989): Die unterirdischen Abflussverhältnisse im Dachsteingebiet und ihre Bedeutung für den Karstwasserschutz, Reports, UBA-89-28.

Behrens, H., Benischke, R., Bricelj, M., Harum, T., Käss, W., Kosi, G., Leditzky, H.P., Leibundgut, C., Maloszewski, P., Maurin, V., Rajner, V., Rank, D., Reichert, B., Stadler, H., Stichler, W., Trimborn, P., Zojer, H., Zupan, M. (1992): Investigations with natural and artificial tracers in the karst aquifer of the Lurbach system (Peggau-Tanneben-Semriach). Austria Steir. Beitr. Hydrogeol. 43, 9-158.

Benischke, R., Harum, T., Leditzky, H.-P. (1994): Berechnung von Karbonat-Kohlensäure-Gleichgewichten: ein Hilfsmittel zur Charakterisierung der Hydrodynamik und Herkunft von Karstwässern. – Austrian Journal of Earth Sciences – 87: 37 - 46.

Bryda, G., van Husen, D., Kreuss, O., Koukal, V., Moser, M., Pavlik, W., Schönlaub, H.P., Wagreich, M. (2013): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000. Erläuterungen zu Blatt 101 Eisen- erz, Geologische Bundesanstalt, Wien.

Cornelius, H.-P. (1952): Die Geologie des Mürztalgebietes – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt Sonderbände – 04: 1 - 94.

Cornelius, H.-P. (1952): Die Geologie des Mürztalgebietes – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt Sonderbände – 04: 1 - 94.

Eicher, H. (1976): Die Entwässerung des Grebenzenkalkstockes und seine Neukartierung im Kärntner Bereich, Carinthia II 86, S.151-161.

Kralik, M. & Schartner, C. (2010): Alp Water Scarce: Temperature and Isotope – Trends in Carinthian and Styrian Springs, Final Report 2010. Unpubl. Ber. d. Umweltbundesamt im Rahmen des Europäischen E.T.C.-Projektes „Alp Water Scarce“ für die Ämter der Kärntner und Steiermärkischen Landesregierung, 142 S.

Kralik, M., Humer, F., Brielmann, H., Sültenfuß, J., Purtschert, R., Gerber, C. (2012): ISOMETH – Endbericht: Evaluierung von Isotopen- und Spurengasmethoden zur Ermittlung von Grundwasseraltern: Fischa-Dagnitz-Quelle und Wagna Lysimeter. 27 S., Datenbank für Forschung zur Nachhal-

tigen Entwicklung (DaFNE), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. <http://www.lebensministerium.at/publikationen/wasser/flieszgewaesser/-ISOMETHEndbericht.html>

Mandl, G.W., Hejl, E., van Husen, D. (2014): Erläuterungen zu Blatt 127 Schladming, Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Geologische Bundesanstalt, Wien.

Maurin, V. (1952): Ein Beitrag zur Hydrogeologie des Lurhöhlensystems. Die zweite Chlorierung des Lurbaches. – Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark – 81_82: 169 - 180.

Reimoser-Berger, L., Steiner, G.-M. (2005): Das Nassköhr - Grundlagen für ein neues Ramsar-Gebiet / The "Nassköhr" - bases for the nomination of a new Ramsar site – Stapfia – 0085: 535 - 586.

Russegger, B. (1991): Bericht 1990 über geologische Aufnahmen auf Blatt 163 Voitsberg – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt – 134: 526.

Scheidleder, A.; Boroviczeny, F.; Graf, W.; Hofmann, T.; Mandl, G.; Schubert, G.; Stichler, W.; Trimborn, P. & Kralik, M. (2001): Pilotprojekt „Karstwasser Dachstein“: Bd. 2 Karsthydrologie und Kontaminationsrisiko von Quellen. Umweltbundesamt Monographie 108 / Archiv f. Lagstättenforschung 21, Geologische Bundesanst., 155 S., Wien.

Schubert, G. (2003): Das Dachsteinmassiv - Ein Beispiel für einen an Karstwasser reichen Gebirgsstock – Gmundner Geo-Studien – 2: 265 - 268.

Seebacher, R. (2005): Zwischenbericht über die Forschungen in der Schwarzen Lacke (Wassermannsloch) bei Eisenerz, 1741/6, Hochschwab, Steiermark.- Höhlenkundliche Berichte, 2007, 184 ff, Längsschnitt, Bad Mitterndorf (VHO - Verein für Höhlenkunde in Obersteier).

Seebacher, R. (2016): Projekt Renaturierung Sagtümpelquelle, Kat. Gemeinde Tauplitz, Bad Mitterndorf, Steiermark.

Spitz, M.M. (2016): Flow component characterization of a complex karst spring, Master's Thesis, Graz University of Technology.

Stadler, H., Benischke, R., & Strobl, E. (2005): Kombiniertes Markierungsversuch Hochschwab Unterer Ring.- Konzept, Joanneum Research, Graz.

Untersweg, T. & A. Schwendt (1996): Blockgletscher und Quellen in den Niederen Tauern.– Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft, 87, 47–55.

Untersweg, T. (2005): Bericht über geologische und hydrogeologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Brunnaderquelle bei Falkenstein, Steiermark, unveröffentlichter Bericht, Graz.

Wagner, T., Pauritsch, M., Winkler, G. (2016): Impact of relict rock glaciers on spring and stream flow of alpine watersheds: examples of the Niedere Tauern Range, Eastern Alps (Austria). *Austrian Journal of Earth Sciences*, Volume 109/1: 84-98.

Winkler, G., Kellerer-Pirklbauer, A., Pauritsch, M., Birk, S. (2012): Reliktische Blockgletscher – Grundwasserkörper in alpinen, kristallinen Einzugsgebieten. *Beiträge zur Hydrogeologie* 56: 119-136.

Winkler, G., Pauritsch, M., Wagner, T., Kellerer-Pirklbauer, A. (2016): Reliktische Blockgletscher als Grundwasserspeicher in alpinen Einzugsgebieten der Niederen Tauern. *Berichte der Wasserwirtschaftlichen Planung Steiermark*, Band 87.