

Ansprungsverhalten der Tagwässer der Kläfferquellen (Hochschwab, Steiermark)

ZUSAMMENFASSUNG

Mit einer mittleren Schüttung von 5,4 m³/s sind die Kläfferquellen nicht nur die vermutlich größte Quellgruppe der Ostalpen, sondern auch eine der wichtigsten zur Wasserversorgung Wiens. Die Quellgruppe liegt an der Nordseite des Hochschwabs im tief eingeschnittenen Salzatal. Neben einem permanenten Austritt springen je nach Schüttung bis zu 100 m höher gelegene Quellöffnungen je nach Schüttung an. Zahlreiche Untersuchungen erfolgten an den unterirdisch gefassten Quellen (Große und Kleine Kläffer), den ungefassten oberirdischen Quellaustritten (Tagwässern) schenkte man bisher jedoch kaum Aufmerksamkeit. Es wurde angenommen, dass die gesamte Quellgruppe den Austritt eines Karstwasserkörpers darstellt. Ziel der Arbeit ist es, das bislang nicht untersuchte eigenartige Ansprungsverhalten, bei dem teilweise höher vor tiefer liegenden Quellen aktiv werden, zu dokumentieren und interpretieren.

Von 17.3. bis 26.7.2017 überwachten fünf installierte Zeitrafferkameras an den bedeutendsten Tagwasseraustritten deren Verhalten. Die Aktivitätsphasen der Austritte wurden mit der Gesamtschüttungskurve der Kläfferquellen verglichen und zeigen nur mäßig gute Übereinstimmung bezüglich Aktivitätszeitpunkt und Gesamtschüttung, was teilweise auf die schwierige und fehlerbehaftete Gesamtschüttungsmessung zurückzuführen ist. Zwei der Quellaustritte zeigen ein unsystematisches Ansprungsverhalten. Dies und zeitweise abweichende Temperaturen sprechen für eine geringe Zumischung von Karstwasser mit etwas anderen Eigenschaften. Aus den Daten ergeben sich ungefähre Schwellenwerte der Gesamtschüttung zum jeweiligen Beginn der Aktivität der Tagwasseraustritte.

ABSTRACT

Dynamics of surface outlets of the Kläfferquellen (Hochschwab, Styria).

With an average discharge of 5.4 m³/s the Kläfferquellen are probably the largest springs of the Eastern Alps and one of the most important sources of the Viennese water supply. The springs are situated in the deeply incised Salza valley on the north side of Hochschwab karst massive. A permanent spring and several additional outlets become active depending on the discharge. The highest one is located 100 m above the permanent one. Many hydrological investigations of the tapped sources have been conducted, but the untapped outlets were largely neglected. It was assumed that all springs drain a single karst water body. The aim of this work is to investigate the peculiar activity pattern, whereby higher lying springs partly become active prior to lower lying surface outlets, which has not been studied yet.

Five stop-motion cameras were installed for monitoring the largest untapped spring openings from the 17 March until 26 July 2017. There is only a moderately strong relationship between the rating curve of the overall discharge and the activity periods of the springs. This is partly due to the difficult and inaccurate measurement of the total discharge. Two of the spring outlets show an unsystematic activity pattern. This and partly different spring temperatures argue for an admixing of karst water of slightly different properties. The data allow quantifying approximate threshold values of the overall discharge for the activity of the five main untapped springs.

Stefanie J. Koppensteiner

Institut für Geodynamik und Sedimentologie,
Universität Wien, Althanstraße 14,
1090 Wien
s.j.koppensteiner@gmail.com

Lukas Plan

Naturhistorisches Museum Wien,
Karst- und Höhlen-Arbeitsgruppe,
Museumsplatz 1/10, 1070 Wien
lukas@cave.at

Eingelangt: 9.5.2019

Angenommen: 22.7.2019

EINLEITUNG

Die Kläfferquellen an der Nordseite des Hochschwab-Karstmassivs im Norden der Steiermark sind vermutlich die größte Quellgruppe der Ostalpen. Eine Schwankungsziffer von ca. 100 – dem Verhältnis von Maximal- zu Minimalschüttung – typisiert diese Karstquellen als hochdynamisch. Sie reagieren rasch auf Regen und Schneeschmelze. Die durchschnittliche Schüttung liegt bei 5,4 m³/s, wobei das Minimum 0,46 und das Maximum 49 m³/s betragen (Benischke et al., 2016).

Zur Deckung des wachsenden Wasserbedarfs der Stadt Wien wurde die Zweite Wiener Hochquellenleitung gebaut, wobei die Kläfferquellen ausschlaggebend für deren Planung waren. Die Bauarbeiten der 200 km langen Leitung wurde 1910 beendet (Drennig, 1988). Um einen Teil des Wassers der Kläfferquellen zu gewinnen, wurde an deren Basis ein Stollen in den Hang getrieben. Dieser schnitt zwei Karstwasserleiter an: die Große und die Kleine Kläffer. Erstere (1744/352) ist ein störungsgebundener Spalt, der bei Niederwasser auf eine Länge von 10 m befahrbar ist, bis aus einem engen Spalt herauschießende Gischt ein Weiterkommen verhindert. Beide entwässern direkt in den Wasserleitungsstollen.

Die genutzten Austritte der Kläfferquellen sind sehr gut untersucht. Seit 1995 werden alle 10 Minuten unter anderem Schüttung, Temperatur, elektrische Leitfähig-

keit, Trübe und der SAK254 (spektrale Absorptionskoeffizient bei 254 nm, ein Maß für den Gehalt an bestimmten organischen Substanzen, insbesondere aromatische Verbindungen und Huminstoffe) erfasst (Plan et al., 2010; Stadler et al., 2010).

Die oberirdischen Austritte der Kläfferquellen liegen in einem über 100 m durchmessenden Halbkessel. Bis auf einen sind sie nur episodisch aktiv und springen je nach hydrologischen Verhältnissen an. Der höchste Austritt liegt rund 100 m über der Salza. Drei der zeitweise aktiven Quellen sind befahrbare Höhlen (Plan et al., 2010). An den ungenutzten Quellaustritten erfolgten bisher kaum Untersuchungen. Es wurde allerdings postuliert, dass es sich bei der Quellgruppe um den Austritt eines Karstwasserkörpers handelt (pers. Mitt. H. Stadler, 2001). Auffallend ist, dass nach Niederschlägen die Tagaustritte nicht wie zu erwarten mit zunehmender Höhe aktiv werden, sondern in Bezug auf ihre Höhe unsystematisch anspringen.

Ziel dieser Untersuchung ist die Dokumentation und das Verständnis des komplexen Anspringverhaltens der bedeutendsten ungenutzten Quellaustritte. Dafür wurden zur Überwachung der Aktivität der Austritte während der Schneeschmelze und bis in den Sommer 2017 fünf Zeitrafferkameras installiert; eine im Verhältnis zu Drucksonden kostengünstige Methode.

UNTERSUCHUNGSGEBIET

Der Hochschwab ist eines der großen Karstmassive der Nördlichen Kalkalpen und umfasst 650 km² inklusive einiger abgetrennter Teile wie den Zeller Staritzen (Plan, 2016). Während die höchste Erhebung 2277 m Seehöhe erreicht, liegt das im Norden tief eingeschnittene Salztal im Bereich der Kläfferquellen auf einer Höhe von 646 m (Abb. 1). Eine große Zahl an Oberflächenkarstformen und Höhlen weist auf eine gute Verkarstung hin. Die vadose Zone ist zumindest 1,2 km mächtig (Plan & Decker, 2006). Die Kläfferquellen entwässern den überwiegenden Anteil des zentralen und östlichen Hochschwabplateaus. Die Abschätzung des Einzugsgebietes beruht neben einem Markierungsversuch von Bauer (1971) auf unterschiedlichen Ansätzen, liefert jedoch ähnliche Ergebnisse: Stadler et al. (2001) kombinierten eine hydrologische Karte mit hydrogeologischen Parametern, woraus sich eine Maximalausdehnung von 69 km² ergab. Mandl et al. (2002) bestimmten eine Fläche von 83 km² basierend auf geologischen Kartierungen und tektonischen Modellen.

Das Einzugsgebiet der Kläfferquellen ist Teil der juvavischen Mürzalpen Decke. Es wird von mitteltriassischen Karbonaten der Pfaffingalm-Hochschwab-Schuppe dominiert (Mandl et al., 2002; Bryda et al., 2013). Im zentralen Hochschwab dominieren Kalke und Dolomite der Wetterstein-Formation. Die Quellen selbst sind in geschichteten Kalken der mitteltriassischen Tremmelgraben-Formation (früher Sonderentwicklung genannt) ausgebildet. Wasserstauende Ton- und Sandsteine der untertriassischen Werfen-Formation sind im Bereich der Kläfferquellen nicht aufgeschlossen, jedoch 1,8 km flussabwärts (westlich) im Antengraben. Die Quellaustritte sind, wie in den zeitweise und ehemals wasseraktiven Höhlen zu beobachten ist, an bedeutende, vorwiegend annähernd in N-S-Richtungen streichende Störungen gebunden (Plan, 2002).

Situation der Quellaustritte

Die Quellen entspringen in einem von Felswänden umrahmten Halbkessel, der von der Salza in 646 m

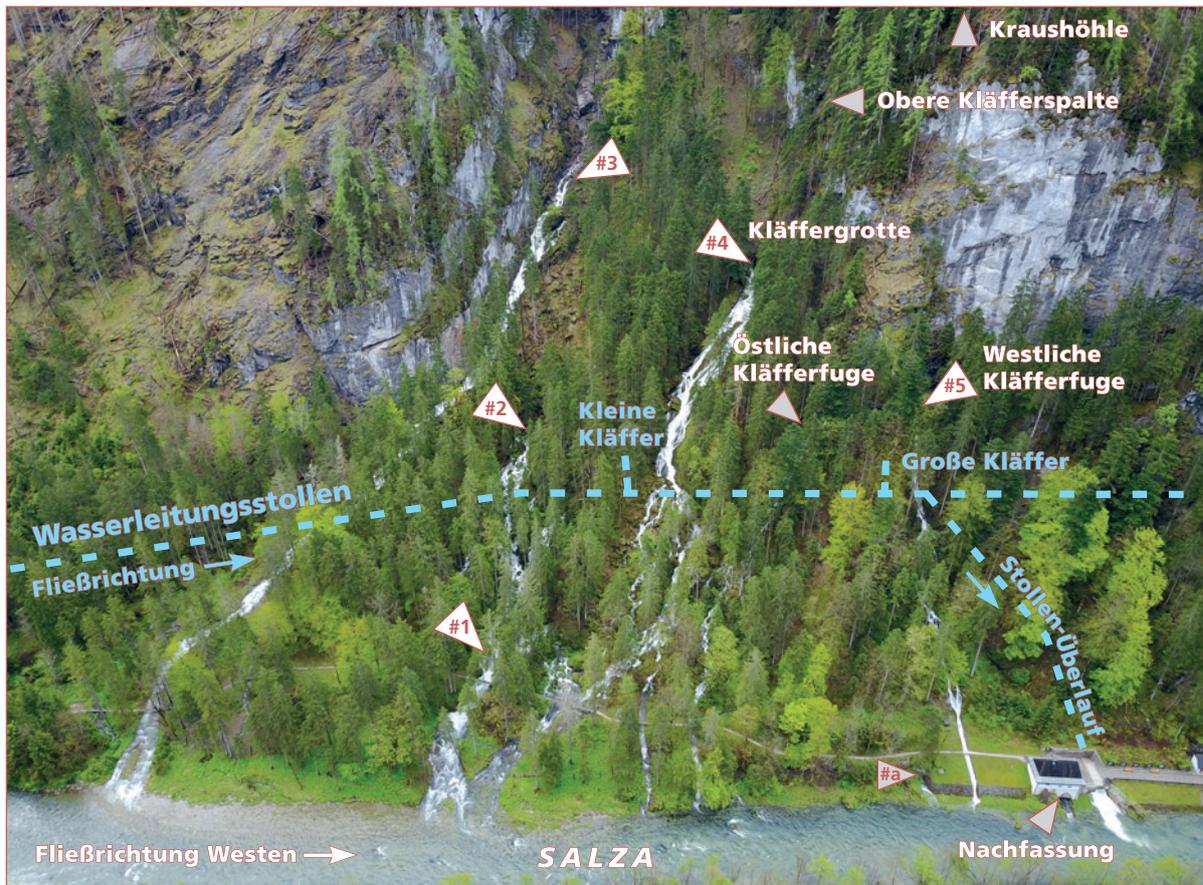


Abb. 1: Drohnenfoto mit Blick schräg nach unten Richtung Süden auf die Kläfferquellen, aufgenommen während der Schneeschmelze am 9.5.2017 bei 14 m³/s Gesamtschüttung. Die Positionen der fünf Zeitrafferkameras an den Hauptaustritten sind mit Dreiecken markiert und durchnummeriert. Breite im Vordergrund 0,25 km.

Fig. 1. Oblique downward view towards the south at Kläfferquellen during snowmelt at a discharge of 14 m³/s (photograph taken by a drone on 9 May 2017). The five main outlets, where stop-motion cameras were installed, are numbered. Width in the foreground 0.25 km.

Foto: Lukas Plan

Tabelle 1: Seehöhen der fünf bedeutendsten Tagwässer, die mit Zeitrafferkameras beobachtet wurden.

Table 1: Elevations of the surface outlets which were monitored with stop-motion cameras.

Quelle	Seehöhe [m]	Anmerkung
#1	651–653	bei Brücke, fällt nur im Winter trocken
#2	663–679	hangaufwärts über #1
#3	726–746	höchster Austritt neben der östlichen Felswand
#4	718	Hohe Kläffer bzw. Kläffergrotte
#5	698–701	Westliche Kläfferfuge

Höhe 135 Höhenmeter Richtung Süden ansteigt. Der tiefste und einzige permanente Tagwasseraustritt ist die sogenannte Nachfassung in 648 m Höhe (Water Tapping 2 in Plan et al., 2010). Ein Teil ihrer Schüttung wird in den Wasserleitungsstollen gepumpt.

Viele weitere Tagwasseraustritte bis in 746 m Höhe sind episodisch aktiv (Abb. 1; Tab. 1). Ob bei Extremereignissen noch höher liegende Quellen aktiv werden,

ist unbekannt. Die meisten entspringen grobem Blockwerk. Drei davon stellen befahrbare Höhlen dar, die verblockt oder unbefahrbar eng enden: die Kläffergrotte (auch Hohe Kläffer; 1744/122; Länge 125 m), die Westliche Kläfferfuge (1744/350; L 10 m) und die Östliche Kläfferfuge (1744/351; L 12 m). Die höher gelegene Obere Kläfferspalte (1744/353; L 43 m) und die Kraushöhle (1744/13; L 312 m) sind ehemalige Austritt der Kläfferquellen (Plan, 2002).

Hydrologische Charakterisierung der Kläfferquellen

Aufgrund der Tagwasseraustritte, die direkt in die Salza fließen, und der unterirdisch gefassten Quellen, die in den Wasserleitungsstollen entwässern, sowie der stromaufwärts gefassten Quellen bedarf es vier Messungen zur Ermittlung der Gesamtschüttung: In der Salza und im Wasserleitungsstollen muss jeweils unter- und oberhalb des Eintretens der Quellwässer gemessen werden (Stadler & Strobl, 1997; Plan et al., 2010). Die wichtigsten hier betrachteten hydrologischen Parameter sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Generell erreicht die Schneeschmelze zwischen Mai und Anfang Juni ihren Höhepunkt und beeinflusst den saisonalen Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit und der Temperatur stark (Plan et al., 2010). Die höchste

elektrische Leitfähigkeit wird vor dem Einsetzen der Schneeschmelze erreicht. Die Schüttung reagiert im Sommer relativ schnell (innerhalb 7 bis 12 h) und intensiv auf Starkregenereignisse und Gewitterniederschläge. Aufgrund großlumiger Karsthohlräume zeigt sie nicht nur eine hydraulische Reaktion, sondern auch eine Verdünnung der elektrischen Leitfähigkeit (Benischke et al., 2016). Höhere Schüttungen werden von einer Trübung des Wassers begleitet, die vorwiegend durch die Mobilisation von Sediment aufgrund der höheren Strömungsgeschwindigkeit verursacht wird. Die durchschnittliche Höhe des Einzugsgebietes (ca. 1700 m) und die durchschnittliche Verweilzeit wurde anhand von Sauerstoff- und letztere auch von Tritiumisotopenwerten sowie Modellrechnungen mit 0,5 bis 1,5 Jahren ermittelt (Stadler & Strobl, 1997; Plan et al., 2010).

Tabelle 2: Hydrologische Parameter der Kläfferquellen über längere Perioden (Plan et al., 2010; Benischke et al., 2016) sowie während der Schneeschmelze 2017 (Datenquelle: Wiener Wasser). Die Schüttung (Q) beinhaltet alle Quellen (*abgesehen von als Ausreißern interpretierten Werten; siehe Methodik); elektrische Leitfähigkeit (EC) und Temperatur (T) wurden untertage an der Großen Kläffer gemessen.

Table 2: Hydrologic parameters of Kläfferquellen for longer periods (Plan et al., 2010; Benischke et al., 2016), and during the snowmelt 2017 (data by Vienna Water). The discharge (Q) includes all springs (*except for values interpreted as outliers); electrical conductivity (EC) and temperature (T) were measured at Große Kläffer.

	Q [m³/s]		EC [µS/cm]		T [°C]	
	1995–2013	2017 17.3.–26.7.	1995–2006	2017 17.3.–26.7.	1995–2006	2017 17.3.–26.7.
Maximum	48,8	18,5*	215	214	5,7	5,8
Mittelwert	5,39	7,7	193	185	5,3	5,3
Minimum	0,46	2,1	145	160	4,8	4,9

METHODIK

Die Beobachtung der fünf bedeutendsten episodischen Tagwasseraustritte erfolgte von 17.3. bis 26.7.2017 mit Zeitrafferkameras (Wild-Vision Full HD 5.0, VenTrade GmbH; Kostenpunkt rund € 130; Abb. 1, Tabelle 1). Diese wurden gegenüber den Quellaustritten mit Gurten an Bäumen befestigt und die Bildausschnitte mit Holzkeilen justiert. Bis 11.4.2017 erfolgte eine stündliche Bildaufnahme, danach wurde das Intervall auf halbstündlich verkürzt. Ein Infrarotblitz ermöglicht Bilder mit ausreichender Qualität auch in der Nacht. Der Überwachungszeitraum begann kurz vor Beginn der Schneeschmelze und umfasste einige früh-sommerliche Gewitter. Kamera #5 an der Westlichen Kläfferfuge litt von Anfang an unter technischen Problemen. Sie wurde am 27.5. mit der von Quelle #1, die mit Ausnahme trockener Winterperioden immer aktiv ist, ersetzt.

Temperatur und elektrische Leitfähigkeit wurde an den einzelnen Quellaustritten mit einem PHD-1 (PCE Instruments) gemessen. Alle Zeitangaben sind in der Zentraleuropäischen Winterzeit (GMT +1) angegeben. Die Daten der Gesamtschüttung der Kläfferquellen sowie von Temperatur und Leitfähigkeit stellte Wiener Wasser zur Verfügung. Aufgrund eines vorangegangenen Umbaus der komplexen Schüttungs-Messanordnung waren die Schlüsselkurven der Salza und somit die Gesamtschüttungsdaten für den Überwachungszeitraum ungenau (pers. Mit. H. Kain und C. Reszler). Um das Rauschen abzuschwächen wurde ein gleitendes Mittel über eine Stunde angewandt. Einzelne Ausreißer sowie maximal 12-stündige Perioden deutlich abgesetzter (meist niedriger) Schüttungswerte wurden nicht berücksichtigt (Abb. 3).



Abb. 2: Beispielfotos der Zeitrafferkameras der fünf Quellaustritte.

Die obere Reihe zeigt den Beginn der Beobachtung vor dem Einsetzen der Schneeschmelze. Alle Quellen sind trocken, in manchen Öffnungen liegt Schnee (17.3.2017, 12:00).

In der unteren Reihe sieht man dieselben Quellaustritte am 15.5. um 6:00 bei 18 m³/s Gesamtschüttung (die höchste Gesamtschüttung im Untersuchungszeitraum von 18,5 m³/s wurde am selben Tag um 21 Uhr erreicht, allerdings bei schlechten Sichtverhältnissen). Nur Bild #5 der unteren Reihe wurde am 25.7. um 8:00 aufgenommen.

Fig. 2: Examples of photographs taken by stop-motion cameras at the five springs.

The upper row shows the beginning of the observation period before the onset of snowmelt. All springs were dry or partly covered by snow (17 March 2017, 12:00).

Below are the same springs at a discharge of 18 m³/s on 15 May 6:00 (during the observation period the maximum discharge of 18.5 m³/s was reached on the same day at 21:00, but during poor visibility). Only #5 in the lower row was taken on 25 July at 8:00.



Abb. 3: Gesamtschüttung der Kläfferquellen mit den Originaldaten in grau und den geglätteten und bereinigten in schwarz (Datenquelle: Wiener Wasser). Die Aktivitätszeitspannen der fünf Hauptaustritte (Tabelle 3) sind als farbige Balken dargestellt. Ihre Höhe (Lage auf y-Achse) wurde an die Schüttungskurve in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraums angepasst.

Fig. 3: Total discharge of Kläfferquellen: original data in grey; smoothed and corrected data in black (data source: Vienna Water). Coloured bars mark the activity periods of the five springs (Tab. 3). Their height (value at the vertical axis) was adjusted according to the overall discharge during the second half of the observation period.

Tabelle 3: Anspringen und Trockenfallen der Quellen zwischen 17.3. und 26.7.2017 (132 Tage). Quelle #5 wurde nur von 27.5. bis 26.7. (61 Tage) beobachtet.

Table 3: Starting up and falling dry of the springs monitored 17 March and 26 July 2017 (132 days). Spring #5 was observed from 25 May until 26 July (61 days) only.

	Anspringen		Trockenfallen		aktiv [h]
Quelle #1	17.03.	19:00			3134
Quelle #2	19.3.	3:00	27.3.	15:00	204
	28.3.	22:00	7.4.	18:00	237
	9.4.	20:00	15.4.	18:00	142
	16.4.	4:00	16.4.	21:30	18
	26.4.	2:30	29.4.	18:30	88
	2.5.	0:30	19.6.	10:00	1162
	19.6.	18:00	20.6.	10:30	17
	20.6.	15:00	22.6.	10:00	43
	22.6.	16:30	25.6.	10:30	66
	25.6.	15:30	27.6.	6:30	39
	12.7.	22:30	14.7.	0:30	26
	16.7.	2:00	18.7.	1:30	48
	21.7.	2:30	21.7.	21:00	19
	24.7.	10:30			47
gesamt	14 Mal				2156
Quelle #3	19.3.	0:00	19.3.	17:00	17
	20.3.	5:00	24.3.	9:00	76
	31.3.	20:00	5.4.	19:00	119
	10.4.	23:00	12.4.	10:00	35
	27.4.	12:00	28.4.	13:00	25
	03.5.	20:30	6.5.	11:00	63
	6.5.	16:30	9.6.	7:00	806
	9.6.	19:30	12.6.	9:30	62
	12.6.	17:00	14.6.	7:00	38
	16.7.	11:00	17.7.	2:30	16
	24.7.	13:00		44	
gesamt	12 Mal				1301
Quelle #4	8.5.	3:30	9.5.	2:30	23
	13.5.	22:00	14.5.	13:00	15
	14.5.	14:00	27.5.	11:30	1058
	27.5.	19:00	28.5.	3:00	8
	24.7.	17:00	25.7.	17:00	24
gesamt	5 Mal				1128
Quelle #5 *	27.5.	11:00	28.5.	6:00	19
	2.6.	22:30	3.6.	5:00	7
	3.6.	21:30	4.6.	3:30	6
	24.7.	16:00	25.7.	18:30	27
gesamt	4 Mal				59

Tabelle 4: Quellparameter der Tagwässer an zwei Tagen.

T...Temperatur, EC...elektrische Leitfähigkeit.

Table 4: Water parameters of the surface outlets on two days. T...temperature, EC...electrical conductivity.

Quelle	T [°C]	EC [µS/cm]	T [°C]	EC [µS/cm]
	11.4.2017		27.5.2017	
#1	5,5	194	5,6	172
#2	5,5	194	5,3	171
#3	5,5	195	5,1	171
#4	inaktiv		5,0	171
#5	inaktiv		5,0	171
Nachfassung	5,5	194	5,3	170

ERGEBNISSE

Das Gesamtschüttungsverhalten während des Untersuchungszeitraums entspricht dem der vorangegangenen Jahre. Die Schneeschmelze wirkt sich bis Ende Juni aus und zeigt charakteristische Tagesgänge mit Schüttungsspitzen zwischen 0 und 7 Uhr. Später im Jahr erkennt man nur mehr Niederschlagsereignisse.

Bei der Installation der Kameras am 17.3.2017 vormittags waren noch alle fünf Beobachtungspunkte trocken (Abb. 2 und 3). Quelle #1 wurde am Abend desselben Tages aktiv und fiel bis zur Demontage am 27.5. und danach nicht mehr trocken (pers. Mitt. H. Failmayer). Quelle #2, die knapp oberhalb von #1 liegt, sprang meist früher an als der höchste Austritt #3. Nur beim ersten Schüttungsanstieg sprang sie um rund 3 Stunden früher an als #3. Quelle #2 blieb relativ konstant und schwankte nur wenig, während #3 stärkeren und raschen Schwankungen unterworfen war.

Zwei Mal war bei bzw. nach lokalen Starkregenereignissen oberhalb von Quelle #3 für etliche Stunden ein kleines Gerinne erkennbar. Es korreliert nicht mit der Gesamtschüttungskurve. Einmal sprang es vor Quelle #3 an und klang während ihres Anspringens ab. Deshalb handelt es sich wahrscheinlich um Oberflächenwasser, das sich im Graben oberhalb sammelt und nicht um einen höher gelegenen Quellaustritt.

Bereits zuvor war bekannt, dass die beiden westlich gelegenen Quellen #4 und #5 im Gegensatz zu den bisher genannten Hauptaustritten erst bei signifikant höheren Schüttungen aktiv werden, obwohl sie deutlich tiefer liegen als #3 (Hubert Failmayer, pers. Mitteilung; Plan, 2002). Sie zeigen ein ähnliches Anspringverhalten. Die Westliche Kläfferfuge (#5) sprang im verkürzten Beobachtungszeitraum (27.5. bis 26.7.) immer vor der höher gelegenen Hohen Kläffer (#4) an. Dafür

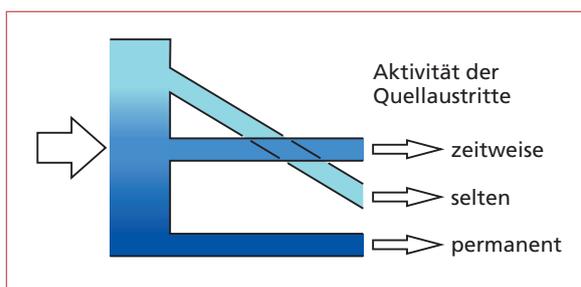


Abb. 4: Schematischer Vertikalschnitt eines Karstwasserkörpers mit Überlaufquellen und sich vertikal überkreuzenden Abflusskanäle.

Fig. 4: Simplified vertical section of a karst water with overflow springs and the conduits that cross vertically.

scheint #5 stärkeren Schwankungen zu unterliegen. Hubert Failmayer (pers. Mitteilung) beobachtete weiters, dass ein nur wenige Meter über der Salza gelegener Austritt (#a in Abb. 1) unter einem großen

INTERPRETATION UND DISKUSSION

Dass einige höhergelegene Quellaustritte immer vor deutlich tieferliegenden anspringen, kann mit einem Überlaufmechanismus erklärt werden, bei dem sich einzelne Abflussbahnen der Überläufe vertikal kreuzen (Abb. 4).

Unter der Annahme, dass die Kläfferquellen den Austritt eines zusammenhängenden und vor dem Austritt homogenisierten Karstwasserkörpers und somit ein hydraulisches Überlaufsystem darstellen, müssten die in unterschiedlichen Höhen gelegenen Tagwasseraustritte bei ähnlichen Gesamtschüttungen anspringen und trockenfallen. In Abbildung 3 wurden die Aktivitätsperioden der fünf beobachteten Austritte graphisch möglichst gut an die Schüttungskurve angepasst. Dabei wurde versucht, Schwellenwerte der Gesamtschüttungen zu ermitteln, bei denen die einzelnen Quellaustritte aktiv sind. Das funktioniert für den zweiten Abschnitt des Untersuchungszeitraums (ca. ab 12.5.) relativ gut, nur wenige Schüttungsspitzen oder kurzfristige Minima können nicht angepasst werden. Für den Zeitraum davor passt diese Anpassung nicht gut und etliche Aktivitätsphasen passen nicht zur Gesamtschüttungskurve. Auf Basis der Gesamtschüttung und der Auswertung der Zeitrafferbilder zwischen 12.5. und 26.7. konnten ungefähre Schwellenwerte für das Anspringen der einzelnen Tagwässer ermittelt werden (Tab. 5).

Dass die Gesamtschüttung nicht gut mit den beobachteten Quellaktivitäten zusammenpasst, legt zwei Interpretationen nahe: (1) Die Datenreihe für die Gesamtschüttung – vor allem bis zum 12.5. – ist fehlerhaft; nicht nur, wie zu erwarten, für die Absolutwerte

Tabelle 5: Ungefährer Schwellenwert der Gesamtschüttung der Kläfferquellen zwischen dem 12.5. und 27.7.2017, ab dem der jeweilige Tagwasseraustritt aktiv war.

Table 5: Approximate threshold of the overall discharge of the Kläfferquellen between 12 May and 27 July 2017 when spring outlets were active.

Kamera	Schwellenwert [m ³ /s]
#1	2,3
#2	4,8
#3	7,5
#4	12
#5	11

Block ebenfalls mit diesen beiden Quellen aktiv wird. Die im Gelände an den fünf Hauptaustritten sowie der Nachfassung gemessenen Quellparameter zeigen nur teilweise eine gute Übereinstimmung (Tab. 4).

(besonders bei hohen Schüttungswerten), sondern auch für die relativen Werte, also die Schüttungsschwankungen. (2) Die Kläfferquellen stellen nicht den Austritt eines homogenen Wasserkörpers dar, sondern es werden bei einzelnen Quellaustritten andere Karstwässer zugemischt.

Die zweimalige Messung von Temperatur und Leitfähigkeit an den Tagwässern zeigt kein klares Bild. Während bei der ersten Messung am 11.4.2017 eine gute Übereinstimmung herrscht, ergaben sich bei der zweiten Messung am 27.5.2017 bei der Temperatur Unterschiede von bis zu 0,6 °C. Vor allem die doch deutlichen Temperaturunterschiede müssen nicht unbedingt für die Zumischung anderer Karstwässer sprechen.

Dass die Gesamtschüttungsdaten für den Untersuchungszeitraum aufgrund des zuvor umgebauten Messsystems fehlerbehaftet sind, ist evident. Dass aber zumindest einmal die höchstgelegene Quelle #3 vor der deutlich tiefer liegenden #2 ansprang, kann nur schwer mit einem komplexen Überlaufmechanismus erklärt werden und spricht für die Zumischung anderer Wässer zu den Quellen #2 oder #3. Einzelbeobachtungen durch Hubert Failmayer (pers. Mitteilung) und den Zweitautor belegen ebenfalls, dass die Quelle #3 öfter vor #2 anspringt.

Auch die unterirdisch gefassten Quellen Große und Kleine Kläffer unterscheiden sich etwas in ihren kontinuierlich gemessenen Parametern, vor allem in der Trübe (Plan et al., 2010). Dies kann ebenfalls als Hinweis auf die Mischung unterschiedlicher Karstwässer gewertet werden.

SCHLUSSFOLGERUNG

Die Beobachtung der episodisch aktiven Tagwässer der Kläfferquellen während der Schneeschmelze 2017 bestätigt frühere unsystematische Beobachtungen eines komplexen und in Bezug auf den Zeitpunkt fallweise unsystematischen Anspringverhaltens. Schwellenwerte der Gesamtschüttung für die Aktivitätsphasen der Quellaustritte konnten nur bedingt ermittelt werden. Teilweise scheint das an der schwierigen und somit fehlerhaften Ermittlung der Gesamtschüttung zu liegen. Dass Quelle #3 einmal vor #2 ansprang, sonst aber in umgekehrter Reihenfolge, spricht gegen den Austritt eines homogenen Karstwasserkörpers an der Quellgruppe der Kläfferquellen. Die an zwei Tagen gemessenen Temperaturen und elektrischen Leitfähigkeiten der Tagwässer ergeben kein klares Bild. Das Anspringen von höher vor tiefer liegenden Quellaus-

tritten kann gut mit vertikal sich überkreuzenden Karstkanälen erklärt werden.

Weitere Untersuchungen wären notwendig um zu klären, ob bei den Kläfferquellen ein homogener Wasserkörper (im Sinne eines vor dem Austritt an den diversen Überlaufquellen durchmischten Aquifers) austritt, oder bei einzelnen Überlaufquellen andere Wässer zugemischt werden. Falls sich herausstellt, dass es sich um einen Wasserkörper handelt und auch über längere Zeiträume Schwellenwerte für das Anspringen der einzelnen Quellen definiert werden können, wäre das automatische Beobachten der Tagwasseraustritte (z.B. mittels Drucksensoren) eine einfache und kostengünstige Möglichkeit um die derzeitige komplexe Gesamtschüttungsmessung zu kontrollieren bzw. zu korrigieren.

DANK

Wir danken Gerhard Kuschnig, Christoph Riegler und Hubert Failmayer von Wiener Wasser (MA31) für die finanzielle und logistische Unterstützung. Hermann Kain (Wiener Wasser) und Christian Reszler (JR-Aqua-

ConSol) stellten die hydrologischen Daten der Kläfferquelle zur Verfügung. Harald Bauer, Stefanie Klackl und Ursula Koch halfen im Gelände.

LITERATUR

- 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.
- Bryda, G., van Husen, D., Kreuss, O., Koukal, V., Moser, M., Pavlik, W., Schönlaub H.-P. & Wagreich, M. (2013): Erläuterungen zu Blatt 101 Eisenerz. – Wien (Geol. Bundesanstalt).
- Drennig, A. (1988): 75 Jahre II. Wiener Hochquellen Leitung. – Wien (MA31 – Wasserwerke).
- Mandl, G.W., Bryda, G., Kreuss, O., Moser, M., Pavlik, W., Decker, K., Draxler, I., Krystyn, L., & Piro, O. (2002): Erstellung moderner geologischer Karten als Grundlage für karsthydrogeologische Spezialuntersuchungen im Hochschwabgebiet: Endbericht. – Wien (Geol. Bundesanstalt).
- Plan, L. (2002): Speläologisch-tektonische Charakterisierung der Karstwasserdynamik im Einzugsgebiet der bedeutendsten Quelle der Ostalpen (Kläfferquelle, Hochschwab). – Speldok 11.
- Plan, L. (2016): Hochschwab. In: Spötl C., Plan L. & Christian E. (Hrsg.): Höhlen und Karst in Österreich. – Linz (Oberösterreichisches Landesmuseum): 645–660.
- Plan, L. & Decker, K. (2006): Quantitative karst morphology of the Hochschwab plateau, Eastern Alps, Austria. – Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement 147: 29–54.
- Plan, L., Kuschnig, G. & Stadler, H. (2010): Kläffer Spring – the major spring of the Vienna water supply (Austria). – In: Kresic, N. & Stevanovic, Z. (Hrsg.): Groundwater Hydrology of Springs. Amsterdam (Elsevier): 411–427.
- Stadler, H. & Strobl, E. (1997): Karstwasserdynamik Zeller Sratitzen Endbericht. – Unveröff. Bericht, Graz (Joanneum Research).
- Stadler, H., Strobl, E. & Benischke, R. (2001): Karstwasserdynamik und Karstwasserschutz Hochschwab. – Unveröff. Bericht, Graz (Joanneum Research).
- Stadler, H., Klock, E., Skritek, P., Mach, R.L., Zerobin, W. & Farnleitner, A.H. (2010): The spectral absorption coefficient at 254 nm as a real-time early warning proxy for detecting faecal pollution events at alpine karst water resources. – Water Science & Technology, 62: 1898–1906.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 2019

Band/Volume: [70](#)

Autor(en)/Author(s): Koppensteiner Stefanie J., Plan Lukas

Artikel/Article: [Anspringverhalten der Tagwässer der Kläfferquellen \(Hochschwab, Steiermark\) 94-101](#)