

Geochemisches Screening in der Neuenburgerhöhle – 14-15.10.23

Untersuchungsbericht, Konstantin von Gunten, 31.10.2023

Vorgehen

Das im Jahre 2021 angefangene Screening in der Neuenburgerhöhle (von Gunten, 2021, nicht publiziert) wurde bei im Oktober (letzte Expedition im 2023) weitergeführt. Die Neuenburgerhöhle wurde 14-15.10.2023 befahren. Diverse Wasservorkommen (Bäche und Rinsale) vor Ort mit einem PCTSTestr 50 von Oakton vermessen (Temperatur, pH, Leitfähigkeit). Alle Probenahmestellen sind in Abbildung 1 dargestellt. Das Instrument wurde 14.10.2023 vor dem Aufstieg zur Höhle kalibriert. Die installierten Temperatur-Logger (ELV WTDL1-2) wurden aufgesucht und ausgelesen. Für das Projekt „Tropfwasser in Höhlen“ der Uni Basel wurden die früheren Tropfstellen beprobt. Die Salzung im Aellen wurde wiederholt (siehe dazu Kapitel unten).

Dieser Bericht fasst auch die wichtigsten Resultate der vorherigen Untersuchungen zusammen.

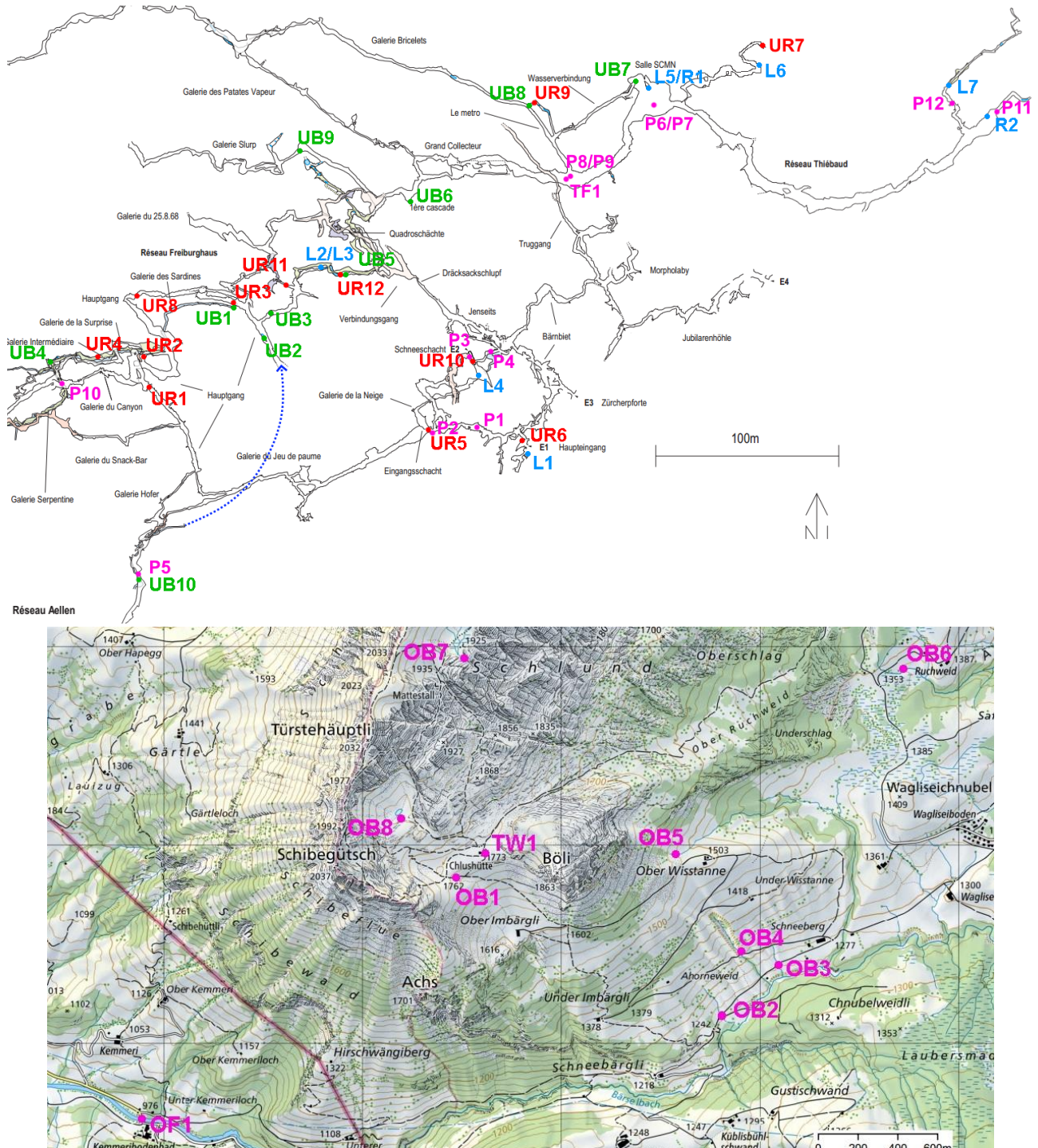


Abbildung 1: Probenahmestellen (siehe Tabelle 1 am Ende vom Bericht für Daten) aussen (oben) und innen (unten) und andere Anmerkungen (Tiefund-Stelle TF1). Temperaturlogger sind mit L1-L7 und ehem. Radonlogger mit R1-R2 angeschrieben. Die durch die Salzung nachgewiesene Wasserverbindung zwischen UB10 und UB2 ist eingezeichnet (blauer Pfeil).

Ergebnisse und Diskussion

Messdaten

Es herrschten sehr trockene Bedingungen am Sonntag. Zahlreiche Tropfstellen waren trocken. Erst am Sonntag floss wieder Wasser an diversen Tropfstellen/Felswänden herab. Die Klüfte dagegen sowie die Hauptbäche führten trotzdem Wasser. Die nachgeführten Messergebnisse sind in der Tabelle 1 unten zusammengetragen. Abbildung 2 zeigt die Verteilung der pH- und Leitfähigkeitswerte.

Bei nahe beieinanderliegenden Messungen ist ersichtlich, dass Regenfall nach einer Trockenzeit vor allem die Leitfähigkeitswerte beeinflusst. Diese fallen dann um bis zu 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Interessanterweise ist auch das Wasser, welches unterhalb der Klushütte gefasst wird (OB1) in der Zusammensetzung sehr ähnlich zu UB6. Besteht hier evtl. eine direkte Verbindung?

Die durchschnittlichen Wasserwerte (2021-2023) der unterirdischen Gewässer der Neuenburgerhöhle können wie folgt zusammengefasst werden (in Klammern sind jeweils Minimum und Maximum angegeben):

- Bäche T 4.1 °C (3.5-5.0 °C) pH 8.1 (7.9-8.4) Leitf. 183 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (141-215 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Rinnsale T 3.8 °C (1.0-5.0 °C) pH 8.1 (7.7-8.4) Leitf. 176 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (14-258 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

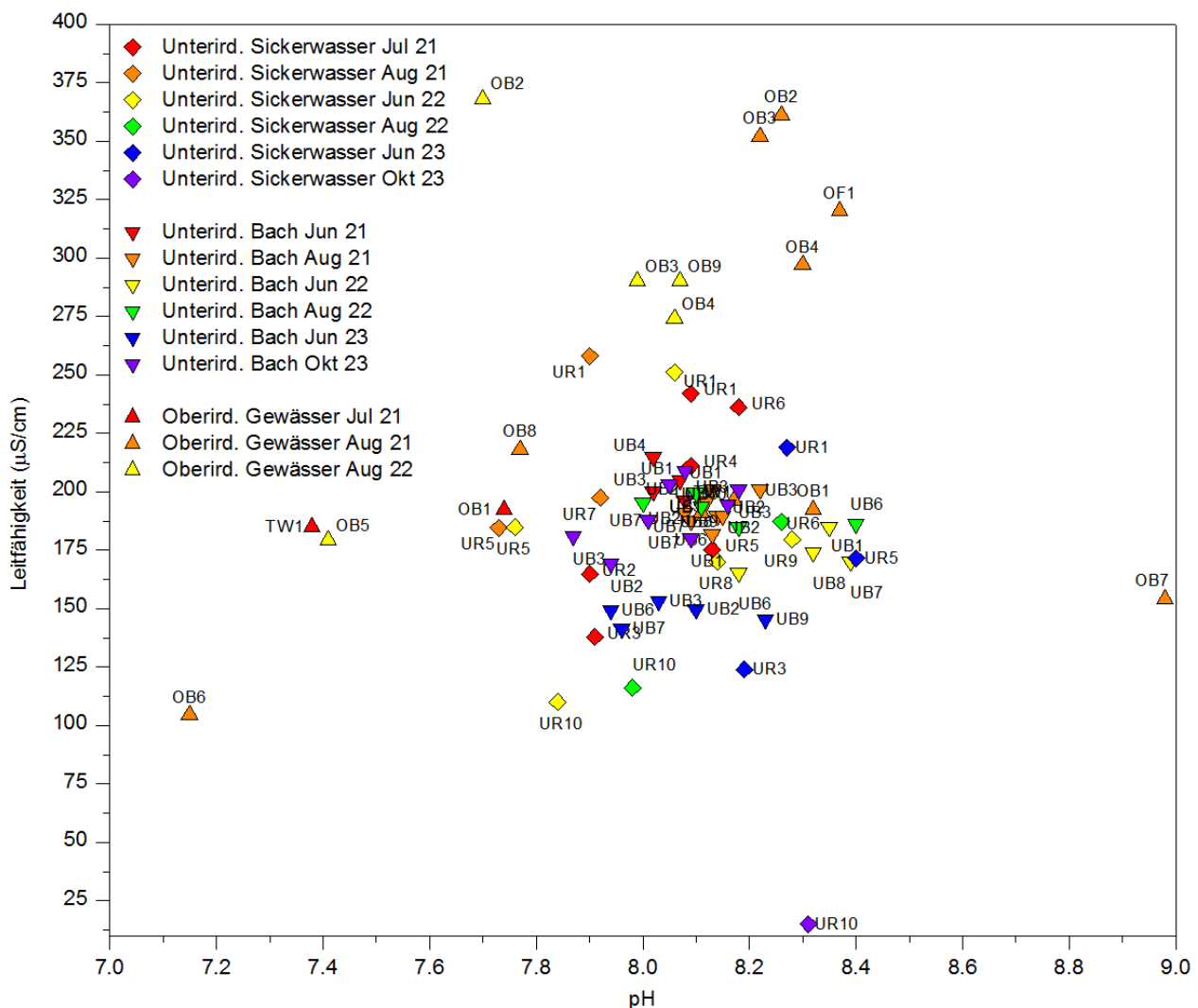


Abbildung 2: Grafische Darstellung von pH- und Leitfähigkeit.

Temperaturlogger

Es wurden nun alle Temperaturlogger eingesammelt und die lesbaren Daten ausgelesen (Abbildung 3).

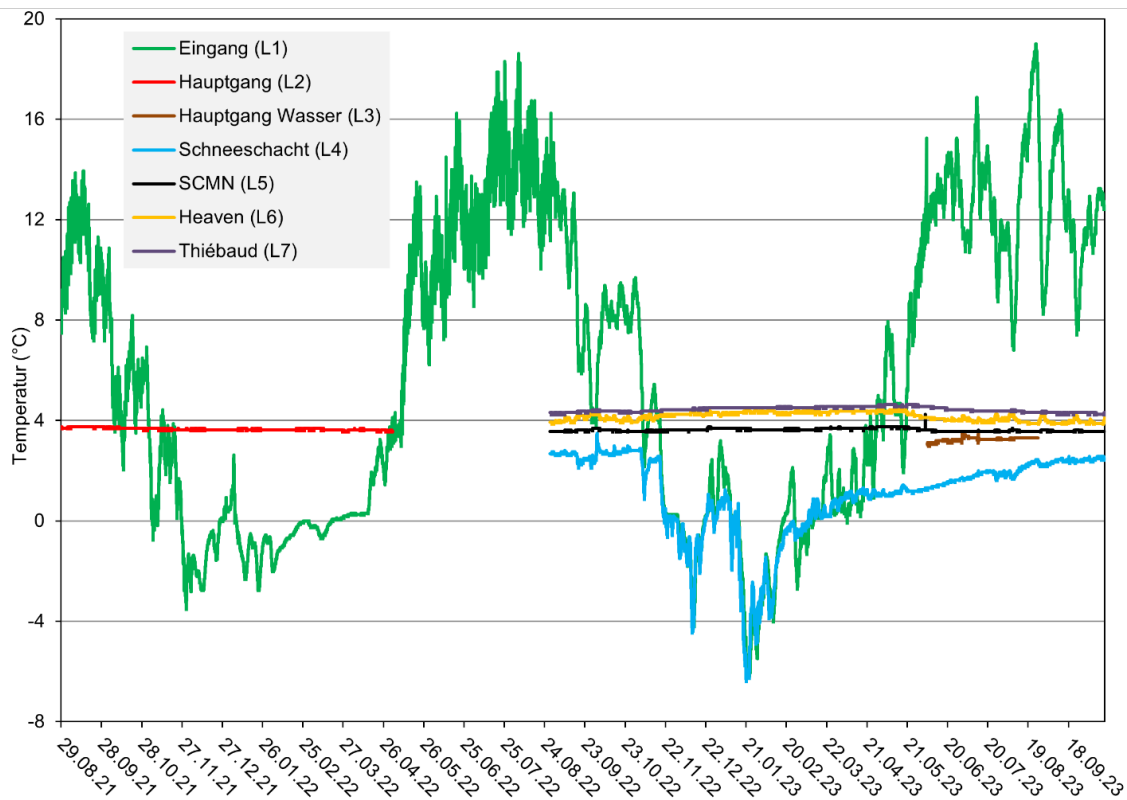


Abbildung 3: Ausgelesene Loggerdaten (August 2021 bis Oktober 2023). Der Logger L3 war als einziger im Wasser platziert.

Die Durchschnittstemperaturen sind wie folgt (Werte angegeben als: Mittelwert $\pm$ Standardabweichung; Minimum; Maximum):

- L1 Eingang: 5.7 ± 5.9 °C -6.3 °C 19 °C
- L2 Hauptgang Luft: 3.7 ± 0.047 °C 3.6 °C 3.8 °C
- L3 Hauptgang Wasser: 3.3 ± 0.078 °C 3.0 °C 3.6 °C
- L4 Schneeschlacht: 1.1 ± 0.058 °C -6.4 °C 3.5 °C
- L5 SCMN: 3.6 ± 0.058 °C 3.6 °C 4.3 °C
- L6 Heaven: 4.2 ± 0.17 °C 3.9 °C 4.4 °C
- L7 Thiébaud: 4.4 ± 0.10 °C 4.3 °C 4.6 °C

Anbei können einige Beobachtungen zusammengetragen werden:

- L1 Eingang
 - Grösste Temperaturvariation.
 - Die Minimale Temperatur von nur -6.3 °C zeigt, dass der Eingang zu diesem Zeitpunkt vermutlich eingeschneit ist.
- L2 Hauptgang Luft & L5 SCMN
 - Sehr konstanter und ähnlicher Verlauf, die Luft-Temperatur im gesamten Hauptgang ist demzufolge sehr stabil bei etwa 3.7 °C.
- L3 Hauptgang Wasser
 - Leider sind die Daten der Winterzeit nicht auslesbar.
 - Der auslesbare Abschnitt deutet einen leichten Anstieg an, der in etwa der L4 Schneeschlacht Kurve folgt. Dies deutet darauf hin, dass die Wassertemperatur deutlich durch das Schmelzwasser beeinflusst wird und im Frühling etwas tiefere Werte zeigt.
 - Dieser Logger wurde wohl bei einem Hochwasser aus seinem Unterwasserplatz herausgerissen und ca. 30 m weiter bachabwärts auf einer Halde (zum Zeitpunkt des Auffindens im Trockenen) abgelagert. Dies schon deutet auf mögliche Flutereignisse in der Höhle hin. Unklar ist, wann das Flutereignis stattgefunden hatte. Vermutlich am Abend des 30.06.2023 oder in der Nacht des 12.07.2023 (Störungen in der Messreihe, siehe Abbildung 4). 29.06 und 30.06 fielen kumulativ 21.3 mm bei der Station Flüfli. Am 11.07 und 12.07 waren es 98.4 mm! Es ist also möglich, dass nach einem der beiden Unwetter der Logger verschoben wurde.

- L4 Schneeschacht
 - Im Schneeschacht ist ebenfalls eine starke Temperaturvariabilität zu sehen.
 - Vor allem im Winter folgt der Temperaturverlauf demjenigen von L1 beim Eingang (Luft strömt in die Höhle von aussen hinein!).
 - Im Sommer ist der Temperaturverlauf eher ausgeglichen und kühler als aussen (Luft strömt aus der Höhle nach aussen!).
- L6 Heaven und L7 Thiébaud
 - Diese beiden Seitengänge zeigen eine eher wärmere Luft (4.2-4.4 °C).
 - Im Frühling und Sommer ist die Temperatur leicht niedriger, was darauf hindeutet, dass Luft aus der Höhle hinaus geblasen wird.
 - Interessant sind die kleinen «Extremen» im Heaven, welche mit scharfen Temperaturwechseln aussen gut korrelieren, z.B. die kleinen Peaks im Juli/August/September 2023. Zur selben Zeit sinkt die Temperatur im Aussenbereich drastisch ab. Die Änderungen der Druckverhältnisse könnten dazu führen, dass wärmere Luft von aussen in diesen Momenten nach innen gelangt.

Es könnten weitere Temperaturreihen aufgezeichnet werden. Dabei sollte der Aussenbereich weiterhin geloggt werden (L1), evtl. noch ergänzt durch eine Messung in der Eingangskaverne oder beim Eingangsschacht. Auch kann der Schneeschacht weiterhin geloggt werden (L4), evtl. auch mit einem zusätzlichen Logger. Seit der Schneeschacht um ca. 1996 (Info von Beat Heeb, gemäss Vermessungsdaten) zum Bärnbiet hin geöffnet wurde, hatten sich die Luftströmungsverhältnisse in der Höhle verändert und zum Abschmelzen grösserer Schneemassen geführt. Um diesen Einfluss besser verstehen zu können, könnte evtl. sogar ein Logger weiter im Bärnbiet angebracht werden. Ferner könnten Logger bei UB2 installiert werden, um den Einfluss des Schmelzwassers besser einzuschätzen (im Wasser).

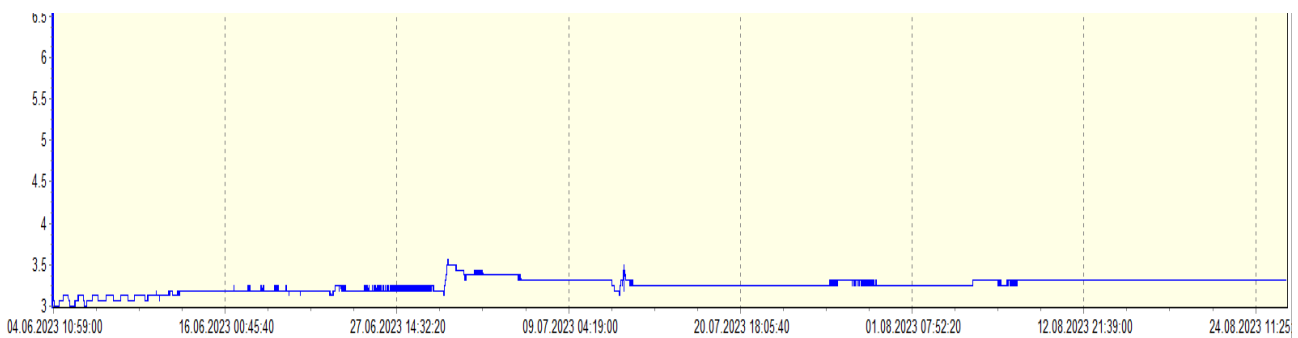


Abbildung 4: Temperaturverlauf aufgezeichnet durch L3 Hauptgang Wasser. Zu sehen sind Störungen am 30.06.2023 und 12.07.2023.

CO₂-Messungen

An diversen Stellen in der Höhle wurden CO₂-Messungen mit dem TFA CO₂-Messgerät durchgeführt. Dazu wurde das Gerät mit einer Powerbank betrieben und jeweils für eine Minute laufen gelassen, bevor der stabilisierte Wert ausgelesen wurde.

Die CO₂-Werte sind in der Höhle im Vergleich zu der Aussenluft leicht erhöht (Tabelle 2), allerdings sind sie immer noch ziemlich tief mit 530±5 ppm. Die Neuenburgerhöhle ist also generell gut durchlüftet. Nichtsdestotrotz kann sich in der Höhle Radon anreichern, wie die Messungen gezeigt hatten. Zur Erinnerung, die Radonkonzentrationen betrugen 850 Bq/m³ im Salle SCMN und 960 Bq/m³ bei der Grabstelle im Thiébaud (Bericht von Gunten, Juli 2023, nicht publiziert).

Wiederholte Messungen im Eingangsbereich zeigen, dass die Werte je nach Tageszeit variabel sind. Es kann sein, dass die Befahrung durch Höhlenbesucher, bzw. die durch sie ausgelöste Verschiebung der Luftschichten, zu einer Veränderung des lokalen Höhlenklimas führt.

2ter Salzungsversuch Aellen

Am 15.10.2023 wurde ein 2ter Salzungsversuch unternommen. Um das Wichtigste vorwegzunehmen:

- Der Bach in Aellen scheint nicht in der 1ère cascade herauszutreten, wie zuerst angenommen
- Ein Austritt wurde aber bei der Kluft unterhalb von P22 (Messstelle UB2, «Aellenbachfall») festgestellt, ca. 4.25 h nach der Salzung

Etwas Vorgeschichte. Am 28.08.2022 wurde ein erfolgloser Salzungsversuch im SCMN unternommen. Nach 5h wurde beim Bach von Ober Wyssstanne nichts gemessen. Zum Zeitpunkt der Messung war der Abfluss im SCMN

schätzungsweise 33x grösser als im oberirdischen Bach. Das Salzen im SCMN wurde daraufhin für den Moment aufgegeben. Am 27.08.2023 wurde im Aellen ein Salzungsversuch unternommen. Messungen bei der 1ère cascade und bei UB2 bis 2.5 h nach der Salzung zeigten keine klaren Resultate. Man entschied sich, die Messung in der 1ère cascade mit einem besseren Messgerät zu wiederholen.

Am 14.10.2023 wurde das Salz in einem wasserdichten Sack angemischt. Es wurden 2 kg Salz verwendet in 9.4 L Wasser (212 g/L). Am nächsten Tag wurde die Lösung im Aellen bei UB10 eingeleitet. Stefan machte die Messungen der Leitfähigkeiten bei UB6 (1ère cascade) von 11:24-14:34, also bis 4 h nach der Einleitung des Salzes. Die Werte variierten nur minimal um den Hintergrundwert herum. Auf dem Rückweg wurde dann auf Stefans Vorschlag bei der Messstelle UB3 im Hauptgang gemessen. Plötzlich wurde hier um 15:00 ein Wert von 322 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen. Flussaufwärts wurde bei der Sardine keine signifikante Erhöhung festgestellt (189 $\mu\text{S}/\text{cm}$ um 15:06) dafür aber in der kleinen Kluft bei UB2. Hier wurde um 15:00 ein Wert von 725 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen. Klar ist damit, dass der «Aellenbach» in diese Kluft («Aellenbachfall») mündet. Leider wurde hier der Peak des Salzes verpasst.

Mit den gesammelten Daten wurde ein Versuch unternommen, die Salzkonzentration zu modellieren. Dazu wurde die Formel aus dem EPA-Dokument 600/R-02/001 verwendet:

$$C(x_s, t) = \frac{M_{in}}{A\sqrt{4\pi D_L t}} \exp \left[-\frac{(x_s - \bar{v} t)^2}{4D_L t} \right]$$

Dabei gilt:

M_{in} : Eingespeiste Salzkonzentration, bestimmt aus der gemessenen Leitfähigkeit (=1880 g).

A : Querschnittsfläche des Kanals. Hier wurde die Fläche bei der Einleitstelle genommen (53 cm^2).

x_s : Distanz zur Einspeisestelle. Hier wurde ein Wert von 300 m angenommen.

$\bar{v}$: Durchschnittsgeschwindigkeit. Hier wurde der Wert bei der Einleitstelle genommen (1.2 m/Min).

D_L : Longitudinaler Dispersionskoeffizient. Dieser Wert wurde manuell angepasst, um die gemessenen Daten zu fitten. Ein akzeptables Resultat wurde bei 7596 m^2/min erreicht (siehe Abbildung 5).

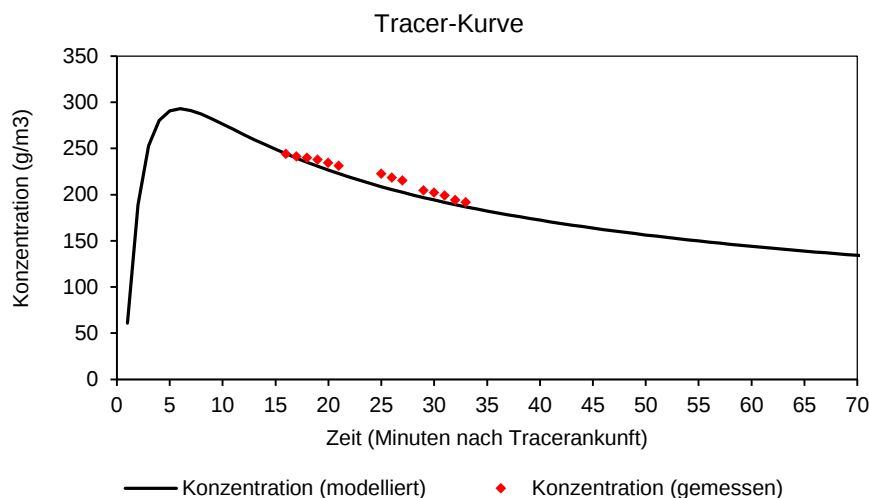


Abbildung 5: Gemessenen Leitfähigkeit (umgerechnet als Salzkonzentration) sowie modellierte Tracerkurve.

Vorausgesetzt, dass die Variablen der Gleichung einigermaßen passend angenommen wurden, kann also die Zeit des Salzpeaks errechnet werden. Die modellierte Kurve schlägt vor, dass der **Peak nach 4.27 h** (4 h und 16 Min) bei UB2 ankam und **846 $\mu\text{S}/\text{cm}$** betrug.

Pilzproben

Es wurden an diversen Stellen in der Höhle Proben an organischen Substraten entnommen, um die darauf lebenden Pilze zu bestimmen (Abbildung 6). Es wurden grösstenteils nur Substrate beprobt, bei denen ein Pilzwachstum visuell festgestellt wurde. Die Ausnahmen bildeten ein Stück Papier sowie eine tote Fledermaus (kein klarer Befall sichtbar). Die mikroskopische Auswertung erfolgte durch das Schimmelpilzlabor Jenny GmbH in Eriswil.

Die Rückmeldung des Labors war ernüchternd. Eine mikroskopische Auswertung erwies sich als schwierig (deshalb die vielen «?» bei den Resultaten). Die vorgefundenen Wachstumsformen der Pilze waren sehr untypisch. Z.B. fehlten teilweise Sporenträger oder das Pilzgeflecht war nur sehr schwach ausgebildet. Das Labor nannte folgende Parameter,

welche diese atypischen Wachstumsformen auslösen könnte: Hohe Luftfeuchtigkeit, ständige Dunkelheit und fehlender Luftzug.

In allen Proben wurden aber Schimmelpilze vorgefunden. In einigen auch Hefepilze und Bakterien. Resultate:

- P1: Fledermauskot: *Mucor racemosus* (?)
- P2: Fledermauskot: *Mucor racemosus* (?)
- P3: Tote Fledermaus: *Fusarium* spp. (?)
- P4: Toter Falter: *Acremonium* spp. (?), *Mucor* sp. (?)
- P5: Totes Insekt: *Aspergillus* spp. (?), *Penicillium* spp. (?)
- P6: Fledermauskot: *Aspergillus* spp. (?), *Penicillium* spp. (?), *Mucor* sp. (?)
- P7: Fruchtstein: *Cladosporium* spp.
- P8: Papier: Bakterien, Mycel (Geflecht) ohne Sporen.
- P9: Fledermauskot: *Mucor* sp. (?) *Aspergillus* spp. (?)
- P10: Fledermauskot: *Mucor* sp. (?) *Aspergillus* spp. (?), *Penicillium* spp. (?)
- P11: Holzschacht einer Schaufel: *Cladosporium* spp. ohne Sporen.
- P12: Fledermauskot: Schimmelpilze; nicht näher bestimmbar.

Aus gesundheitlicher Sicht (für Menschen mit Immunschwäche) sind vor allem folgende Gattungen problematisch:

- *Mucor* spp.
- *Acremonium* spp.
- *Aspergillus* spp.
- *Fusarium* spp.

Wir können nun die Funde nach Substrat zusammenfassen:

- Fledermauskot/Insekten: *Mucor* sp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Acremonium* spp. (alles Vermutungen)
- Tote Fledermaus: *Fusarium* spp. (Vermutung)
- Eingeschleppte Substrate (Holz, Fruchtstein): *Cladosporium* spp.



P1



P2



P3



P4

Abbildung 6: Beprobte Substrate für die Pilzuntersuchung. Siehe Plan in Abbildung 1 für Lokalisierung der Proben.



P5



P6



P7



P8



P9



P10



P11



P12

Abbildung 6 (Fortsetzung)

Es fällt auf, dass das vermutlich eingeschleppte *Cladosporium* nicht auf Fledermauskot/Insekten gesichtet wurde. Interessant wäre es nun, die Vorkommen dieser Pilze mit einer weiteren Höhle zu vergleichen. Dann könnte man versuchen, die Funde in Korrelation mit den Besucherzahlen zu setzen. Für die Neuenburgerhöhle liegen die Besucherzahlen Dank der Lichtsensor-Messungen von Beat Heeb vor (Abbildung 7). Im Durchschnitt erlebt die Höhle ca. 76 Besucher pro Jahr. Eine mögliche Verschleppung von Sporen durch Besucher hält sich also in Grenzen.

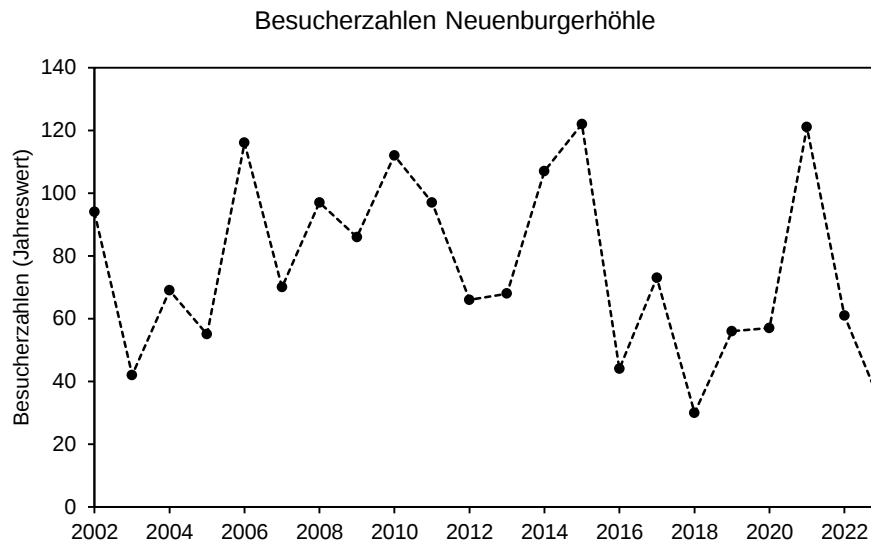


Abbildung 7: Besucherzahlen der Neuenburgerhöhle nach Beat Heeb (Stand August 2023).

Danksagung

Ich danke den Teilnehmern der Touren Beat, Hansjürg, Jonny, Stefan und Tinu für ihre Geduld und unermüdliche Unterstützung. Ohne Stefans Vorschlag beim Hinausgehen, den Hauptgang-Bach nochmals zu prüfen, wäre das Salz nie entdeckt worden. Ein grosser Dank geht auch die Zusage der Verwaltung Nidlenloch für die finanzielle Unterstützung bei der Bestimmung der Pilzproben. Diese wurde momentan nicht gebraucht, da das Labor die Bestimmung nicht verrechnet hatte.

Quellen

- von Gunten, K., 2021. Geochemisches Screening in der Neuenburgerhöhle – 28-29.08.21. Untersuchungsbericht Arbeitsgemeinschaft Nidlenloch.
- von Gunten, K., 2023. Geochemisches Screening in der Neuenburgerhöhle – 03-04.06.23. Untersuchungsbericht Arbeitsgemeinschaft Nidlenloch.
- EPA/600/R-02/001, 2002. The QTRACER2 Program for TracerBreakthrough Curve Analysis for Tracer Tests in Karstic Aquifers and Other Hydrologic Systems

Tabelle 1: Messresultate Wasser 2021 bis Ende 2023. „UR“: Unterird. r Rinnsal. „UB“: Unterird. Bach.

Stelle	Datum	Zeit	pH	T (°C)	Leitf. (µS/cm)	Beschrieb (Koordinaten)
TW1	10.07.2021	16:55	7.38	11.1	184.7	Trinkwasser Chlushütte (639600/184959)
	29.08.2021	11:20	8.17	10.5	196.3	
OB1	10.07.2021	18:35	7.74	5.2	192.1	Oberirdischer Bach / angezapfte Quelle (639472/184830)
	28.08.2021	12:54	8.32	6.7	192.4	
OB2	28.08.2021	10:57	8.26	16.6	361	Oberirdischer Bach LU182720 (640811/184141)
	28.08.2022	16:00	8.07	17.3	290	
OB3	28.08.2021	11:15	8.22	13.2	352	Oberirdischer Bach LU182718 (641088/184403)
	28.08.2022	15:45	7.99	20.5	290	
OB4	28.08.2021	11:34	8.30	11.8	297	Oberirdischer Bach LU182719 (640902/184456)
	28.08.2022	15:35	8.06	18.1	274	
OB5	28.08.2021	12:11	8.11	8.3	191.1	Oberirdischer Bach LU182716 (640564/184943)
	28.08.2022	10:25	7.41	6.9	179.2	
OB6	28.08.2021	14:40	7.15	12.4	104.3	Oberirdischer Bach LU181554 Ausfluss bei Alp Schlund (641723/185888)
OB7	29.08.2021	11:25	8.98	9.9	154.1	Oberird. Bach LU181554 Nähe P90, stehendes Wasser (639498/185949)
OB8	29.08.2021	12:05	7.77	11.4	218	Oberird. Ausfluss von See 180001 ob. Chlushütte (639188/185140)
OB9	28.08.2022	16:00	8.07	17.3	290	Bärselbach (640948/184173), oberirdisch
OF1	29.08.2021	14:10	8.37	12.0	320	Emme bei Kemmeribodenbad unter Brücke (637887/183623), oberird.
UR1	11.07.2021	11:25	8.09	4.5	242	Bei Flasche
	28.08.2021	11:50	7.90	4.6	258	
	11.06.2022	11:25	8.06	4.3	251	
	03.06.2023	12:20	8.27	3.7	219	
UR2	11.07.2021	11:45	7.90	4.6	164.8	Schluckloch
	11.07.2021	12:08	7.91	4.1	137.8	
UR3	28.08.2021	Kein fliessendes Wasser				Bei 20 m Schacht oben
	03.06.2021	13:15	8.19	3.7	123.9	
UR4	11.07.2021	13:10	8.09	4.1	211	Schacht nach Zusammenfluss
UR5	11.07.2021	14:50	8.13	3.6	175.3	Eingangsschacht
	28.08.2021	11:25	7.73	5.0	184.5	
	11.06.2022	11:00	7.76	4.1	184.8	
	03.06.2023	11:30	8.40	4.7	171.6	
UR6	11.07.2021	16:00	8.18	4.8	236	Höhleneingang
	28.08.2021	Kein fliessendes Wasser				
	27.08.2022	10:15	8.26	4.2	187.1	
	03.06.2023	Kein fliessendes Wasser				
UR7	28.08.2021	14:20	7.92	4.1	197.4	Grabungsstelle "end of heaven"
UR8	11.06.2022	12:15	8.14	3.7	170	Hauptgang nach der 110° Biegung
UR9	11.06.2022	13:35	8.28	3.8	179.5	Linker Zufluss Bricelets
UR10	12.06.2022	10:20	7.84	1.0	110.1	Schmelzwasser Schneeschacht
	27.08.2022	11:10	7.98	1.3	116.1	
	14.10.2023	11:35	8.31	1.5	14.9	
UR11	26.08.2023	13:05	-	3.5	162.2	Kluft
UR12	26.08.2023	13:30	-	3.8	165.4	Kluft Ende See Hauptgang
UB1	11.07.2021	12:25	8.07	4.4	205	Sardine, bei 20 m Schacht unten Wert mit «!»: Verdächtiger Wert
	28.08.2021	17:05	8.13	4.2	201	
	11.06.2022	16:00	8.35	4.0	184.8	
	27.08.2022	17:00	8.10	4.1	199.7	
	03.06.2023	13:25	8.90!	3.8	143	
	26.08.2023	11:45	-	4.1	184.4	
	14.10.2023	15:45	8.05	4.1	203	
UB2	15.10.2023	10:50	8.09	4.3	180.2	Kleine Kluft mit See
	11.07.2021	12:35	8.08	4.1	196.3	
	28.08.2021	12:25	8.08	3.7	190.9	
	27.08.2022	16:55	8.18	3.8	184.9	
	03.06.2023	13:30	8.10	3.5	149.7	
	26.08.2023	12:55	-	3.6	178.2	
	14.10.2023	15:40	8.16	3.6	194.3	
UB3	15.10.2023	10:55	7.94	3.6	169.4	Hauptgang
	11.07.2021	12:40	8.02	4.3	200	
	28.08.2021	17:00	8.22	4.1	201	
	27.08.2022	16:50	8.11	4.0	193.6	
	03.06.2023	13:35	8.03	3.7	153	
	26.08.2023	13:00	-	4.0	182	
	14.10.2023	15:40	8.18	4.1	201	
UB4	15.10.2023	11:00	7.87	3.9	181.1	
UB5	11.07.2021	13:00	8.02	4.6	215	Kurz nach Zusammenfluss Sardine + Lucie (bei Engstelle)
UB6	28.08.2021	12:40	-	4.0	195.8	Hauptgang nach See
	28.08.2021	12:50	8.13	4.2	181.7	
	11.06.2022	15:15	8.18	3.7	165.2	
	27.08.2022	16:20	8.40	4.1	186.3	
	03.06.2023	14:00	7.94	3.7	149.3	
UB7	26.08.2023	13:45	-	4.0	173.6	1ère cascade
	28.08.2021	13:20	8.09	4.6	187.3	
	11.06.2022	14:15	8.39	4.2	170.1	
	27.08.2022	13:00	8.00	4.7	195.4	
	03.06.2023	14:30	7.96	4.4	141.3	
UB8	14.10.2023	14:30	8.01	5.0	187.9	Salle SCMN Wasserfall
	28.08.2021	15:50	8.14	4.0	189.6	
	11.06.2022	13:30	8.32	3.9	174.1	
UB9	28.08.2021	16:15	8.15	4.1	189.5	Bricelets
	04.06.2023	13:15	8.23	3.8	145.2	
	26.08.2023	14:00	-	4.0	171.6	
UB10	26.08.2023	11:30	-	4.1	189.9	Slurp
	14.10.2023	12:45	8.08	4.1	209	

Tabelle 2: Resultate der Luftmessungen (Temp., rel. Feuchte, CO₂). Für die vorher aufgezeichneten Staubmessungen siehe Tabelle 3.

Ort	Datum	Messstelle in der Nähe	Zeit	T (°C)	Rel. Feuchte (%)	CO ₂ (ppm)
Höhleneingang aussen	14.10.2023	L1	11:00	14.8	49	435
Höhleneingang innen	14.10.2023	-	11:05	14	45	444
Eingangsgang*	14.10.2023	P1	11:15	9.4	57	508
Eingangsgang	14.10.2023	P1	17:00	5.7	73	619
Eingangsschacht*	14.10.2023	P2	11:25	9.7	57	474
Eingangsschacht	14.10.2023	P2	17:00	5.7	72	559
Schneeschacht	14.10.2023	UR10	11:35	6.5	62	451
	14.10.2023	P4 (unt. UR10)	12:00	5.1	69	475
Aellen	14.10.2023	UB10	12:45	6	73	558
SCMN	14.10.2023	Mitte	14:30	5.1	73	508
Sack mit Karbid	14.10.2023	P9	15:10	4.1	80	525
	14.10.2023	P10	16:15	5.5	76	521
Heaven Materialdepot vor Engstelle	15.10.2023	L6	12:15	5.5	76	560
Thiebaud Tropfsteine	15.10.2023	z.B. 43-1	13:00	5.9	75	562
Thiebaud bei Materialdepot	15.10.2023	R2/P11	13:30	4.5	82	554
Thiebaud Seitengang vor L7	15.10.2023	oberhalb L7	13:40	5.5	80	558

*Erstmessung

Tabelle 3: Messresultate Staubmessungen 26.08.2023.

Ort	T	rel. Feuchte	PM2.5	PM10	Bemerkung
Neuenburger aussen	10.5	71	98	243	Viele Nebeltröpfchen, kein Feinstaub!
Eingangsschacht oben	7.4	68	0	0	
Réseau Aellen	6.7	72	0	0	
UB1	3.2	99	5-10	11-18	
UR11	4.1	85	2	12	
P22 oben	3.2	91	0-930	0-2000	Nach dem Aufstieg auf dem Seil und nach Klopfen der Kleider