

Mitteilung



HÖHLEN- UND KARSTFORSCHUNG DRESDEN e.V.



JAHRGANG

2024

HEFT 2

Vorab

Die Inhalte dieses Heftes sind das Ergebnis ausführlicher (Feld-)Untersuchungen einiger HKD-Mitglieder. Aufgrund ihrer Länge und Abhebung von den für gewöhnlich kürzeren und eher exkursionsbezogenen Berichten, werden die drei Dokumentation daher in diesem gesonderten Heft veröffentlicht.

Die erste Dokumentation thematisiert eine Felduntersuchung des Brunnens des Klosters Lehnin. Diese Brunnenanlage wurde bei umfangreichen Umgestaltungsarbeiten des Klosterkirchplatzes des Zisterzienserklosters Lehnin wiederentdeckt, die seit den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts nicht mehr beachtet wurde. Lediglich eine alte Schwengelpumpe deutete auf den vorhandenen Brunnen hin.

Die zweite Dokumentation stellt einen Bericht zur Numburghöhle während des Hochwassers am Stausee Kelbra dar. Die Höhle wurde im Januar 2024 betaucht und die vorgefundene Situation dokumentiert. Auslöser dieser Befahrung waren heftige Regenfälle im November und Dezember 2023 und das damit verbundene Ablassen des Stausees Kelbra, was wiederum den Anstieg der örtlichen Fließgewässer zur Folge hatte. Nach einer Befahrung der nahe gelegenen Heimkehle sowie einer Begehung des Geländes oberhalb der Numburghöhle Ende Dezember 2023 sollten schließlich auch die Auswirkungen auf die Numburghöhle selbst erforscht werden.

Der dritte Abschnitt des Heftes dokumentiert die Entwicklung und Belastungsprüfung eines Schwerlastankers für weiche Gesteine. Dieser stellt eine überarbeitete Version eines bereits bestehenden Schwerlastankers dar, allerdings mit stärkerem Gewindebolzen und längerer Schaftlänge. Der neu entwickelte Anker soll so nun auch in weicheren Gesteinen, wie dem oberflächlich verwitterten Gips des Südharzes oder lokal sehr weichem Sandstein der Sächsischen Schweiz, Anwendung finden.

Glück Auf!

Johanna Löbel

Titelfoto: Der geöffnete Brunnen im November 2023 (Foto: Hartmut Simmert)



Inhalt:

1. Brunnen Kloster Lehnin	2
1.1 Prospektion des Objekts.....	2
1.2 Konstruktiver Befund und funktionale Interpretation	4
1.3 Das Brunnenwasser	8
1.4 Grundwasser Zulaufprobe – Ermittlung der Ergiebigkeit	9
1.5 Analyse des Brunnengrundes	9
1.6 Lage des Brunnens und rissliche Darstellung	10
1.7 Ausgewählte fotografische Darstellungen	15
2. Bericht über die vorgefundene Situation der Numburghöhle während des Hochwassers am Stausee Kelbra.....	19
2.1 Ausgangssituation	19
2.2 Vor Ort an der Numburghöhle Solwiesen-Schloßberg.....	20
2.3 Beobachtete Fauna im Schacht und unter Wasser	23
2.4 Im Inneren der Höhle	23
2.5 Messreihen und Parameter.....	30
3. Ein mobiler Schwerlastanker für weiche Gesteine	33
3.1 Ausgangslage	33
3.2 Anforderungen/Normen	34
3.3 Konstruktion und Ausführung	35
3.4 Belastungsprüfungen	37
3.5 Zusammenfassung.....	43

Hartmut Simmert

1. Brunnen Kloster Lehnin

1.1 Prospektion des Objekts

Zu einer ersten Beurteilung des Objekts, für die Abstimmung über die zu erstellende Dokumentation und die Planung der notwendigen Arbeiten erfolgte durch die verantwortlichen Partner am 16.05.2023 ein Treffen vor Ort.

Herr Sven Wallasch (Untere Denkmalschutzbehörde LK Potsdam Mittelmark)

Herr Maik Römhöld (Höhlen- und Karstforschung Dresden e.V.)

Eine Betrachtung des Objektes erbrachte erste Erkenntnisse zum Brunnen. Dieser war auf Hofniveau durch eine mit Stahlträger unterlegte Betonplatte abgedeckt. In der Betonabdeckung befand sich eine Öffnung von 0,6 x 0,6m als einzig möglicher Zugang.

Das Wasser war leicht trüb. Mit starken Handlampen war der Grund unter der Wasseroberfläche erkennbar. Eine ungeeichte Lotung ergab eine Wassertiefe von ca. 40 cm. Die Luft über der Wasseroberfläche war bei 20,8 % Sauerstoff gut atembar. Die Messung mit einem Multi-Gasmessgerät (G460 Mictrotector II) zeigt eine normale Luftzusammensetzung ohne giftige Gase.



Die Revisionsöffnung wurde durch eine geteilte Abdeckplatte (Riffelblech) verschlossen, durch die ein Ansaugrohr geführt wurde und auf der eine Schwengelpumpe stand (Foto: Maik Römhöld).

Bei der ersten Besichtigung des Brunnens am 16.05.2023 wurden noch einige hölzerne Artefakte fotografisch dokumentiert, die jedoch später durch das Fragment einer Betonplatte mit der Größe von ca. 0,6 x 0,7m in ihrer Lage verändert wurden. Dieses Betonfragment ist beim Rückbau der Brunnenabdeckung in den Brunnen hinabgestürzt, zusammen mit kleineren Stücken Beton und Ziegelbruch.

Die annähernd kreisrunde Brunnenröhre hat einen Durchmesser von 2,30 bis 2,40 m. Die Brunnen-tiefe liegt bei ca. -5,0 m. Der Wasserstand betrug am Dokumentationstag -4,60 m ab Brunnenrand. Im Niveau der oberen Ziegellage wurden ca. 3 m lange Feldbahnschienen als Träger für die Betonabdeckung eingebaut.



Die Abdeckung des Brunnens vor der Öffnung (Mai 2023). Mehrere Feldbahnschienen trugen die Last der Betonabdeckung mit der darauf installierten Schwengelpumpe (Foto: Maik Römhöld)

Am Wochenende 03.-05.11.2023 wurden durch Mitglieder des Höhlenvereins die Befunde am geöffneten Brunnen nach unterschiedlichen Aspekten dokumentiert, die für die Beschreibung eines Schachtbrunnens relevant sind. Im Rahmen der Dokumentationsarbeiten wurde neben dem herabgestürzten Material auch das 4,5 m lange und 3" starke eiserne Saugrohr der Brunnenpumpe und mehrere Teile der Holzkonstruktion geborgen. Die Holzelemente waren stark durch Sumpfkäferlarven besiedelt. Die Brunnensohle wurde größtenteils vom Faulschlamm-Sandgemisch befreit.

1.2 Konstruktiver Befund und funktionale Interpretation

Zur Akkumulation und Speicherung von Trink- und Brauchwasser werden Brunnen und Zisternen verwendet. Seltener gibt es kombinierte Objekte. Das vorliegende Objekt weist alle Merkmale eines Schachtbrunnens auf. Für eine Schachtzisterne fehlt die Abdichtung der Brunnenwandung, für eine Filterzisterne fehlen zudem die konstruktiven Merkmale der Umgebung. Die Quelle für das gefasste Grundwasser stellen die unteren umgebenden wasserleitenden Schichten dar. Charakteristisch ist die lasttragende Konstruktion aus Holzbalken, wie sie für Kesselbrunnen in Lockersedimenten üblich ist.

Das Gebiet des Brunnens befindet sich geomorphologisch auf einer leichten Anhöhe (siehe TK10 2022) und liegt bei ca. 34-35 m über NHN und damit max. 5 m über den östlich und westlich umgebenden Gewässern. Damit weist das Grundwasser keine gesonderte Spannung auf und wird im Brunnen nur auf die eigene Höhe steigen.

An den Brunnenwänden sind keine Wasserstandsmarken erkennbar. Diese wären selbst nach Reinigungsarbeiten noch vorhanden, wenn das Wasser über längere Zeit auf dem gleichen Niveau steht. Daher kann von wechselnden Wasserständen ausgegangen werden, was auf eine regelmäßige Nutzung schließen lässt. Da der Brunnen keine große Tiefe erreicht, war der Bedarf an zu speichernder oder entnehmbarer Menge nicht groß bzw. der Zulauf in Bezug auf den Bedarf hinreichend, womit der im Bereich des Brunnens entstehende Absenkungstrichter im Grundwasser eher flach ausfiel.

In der gesamten Brunnenröhre sind keine konstruktiven Elemente für Einläufe oder Entnahmestellen erkennbar, womit erdverlegte Leitungen zu oder von einem anderen Objekt nicht nachweisbar sind. Ebenso fehlen Hinweise auf Lager für konstruktive Einbauten (Schöpf-, Verteil- oder Filteranlagen).

Der originale Aufbau oberhalb der Rasenebene fehlt. Für eine rein unterirdische Anlage (vgl. Festungsbrunnen) gibt es keine Anzeichen für einen dazu notwendigen Zugang oder eine entsprechende Infrastruktur, weshalb davon auszugehen ist, dass es in der ursprünglichen Nutzungsperiode einen Schwingbaum oder ein Eimerzugschöpfwerk mit aufgemauerter Brüstung gab. Hinweise auf eine Brunnenstube bzw. ein Brunnenhaus sind nicht vorhanden. Damit spricht der Befund für einen klassischen Sodbrunnen mit Brüstungsmauerung und einfacher Abdeckung zur Verhinderung des Schmutzeintrags.

Diese Brunnen wurden angelegt, indem eine Grube mit temporärer Wandsicherung bis zur wasserführenden Schicht ausgehoben wurde. Dort wurde ein- oder mehrlagig eine quadratische Holzbalkenkonstruktion als lasttragender Unterbau eingebracht und diese mit den ersten Lagen der Feldsteine beschwert. Dann wurde, soweit es ging, der Holzkasten untergraben, so dass dieser gleichmäßig unter die Wasseroberfläche sank, während weitere Schichten der Brunnenwand aufgesetzt und hinterfüllt wurden. Die vier Wände wurden dabei bereits unten leicht konkav ausgeführt und nach oben weiter einer Kreisform angeglichen, um den Seitendruck aufnehmen zu können. Diese klassische Konstruktion wurde auch hier verwendet, wobei die Feldsteinwand in einer Tiefe von ca. -4,30 m dem ursprünglich viereckigen Holzbalkengerüst aufsaß.

Die Unterkonstruktion

Die Balken auf der Nord- und Südseite haben eine Länge von ca. 2,0 m, die von der Ost- und Westseite eine Länge von ca. 1,6 m, ihre Breite beträgt 0,24 m, ihre Dicke ca. 0,12 m. Die Balken wurden sich gegenseitig stützend horizontal im Grundwasserbereich in zwei Lagen als Gesenk auf der Brunnensohle verlegt. Die obere Balkenlage ist überwiegend verrottet. Lose Balkenreste konnten aus der Brunnenmitte geborgen werden. Durch das Fehlen dieser Balkenlage im ursprünglichen Verband kann inzwischen die Last des Feldsteinmauerwerks nicht mehr getragen werden. Einzelne Steine sind bereits aus dem Verbund herausgelöst. Die Balken der unteren Lage sind in der West- und Südseite mittig gebrochen und werden von sandigem Sediment ins Gesenk gedrückt. Auf diesem weißgrauen Sediment sitzt der Brunnen derzeit auf.

Wenn es erforderlich war, konnte die Unterkonstruktion eines solchen Brunnens durch Austausch der Holzbalken und durch Neuaufrichten der Steine repariert werden, was im vorliegenden Objekt schon länger nicht geschehen ist. Der weitere Verfall des Holzes der Unterkonstruktion wird in relativ kurzer Zeit dazu führen, dass immer mehr Feldsteine von unten her aus dem Verband gehen, die Hinterfüllung ausgespült wird und der gesamte Brunnen schließlich kollabiert. Eine Sanierung des Tragwerks mit Holzbalken im feuchten Milieu ist nicht sinnvoll, wenn diese nicht dauerhaft vollständig im Wasser stehen. Das Tragwerk müsste in diesem Fall mit Material aus Naturstein oder Beton ersetzt werden.



360° Panoramabild der untersten Lage Feldsteine auf der Holzkonstruktion. Die weiße Schnur links und rechts kennzeichnet die Nordseite (Fotos: Hartmut Simmert, Stitch: Jana Jänke)

Die Brunnenwand

Der Brunnenschacht wurde in Feldsteintrockenmauerung aus klein-, mittel- bis großstückigen, teilweise bearbeiteten nordischen Geschieben wie Quarzsteinen, Gneisen und Graniten ausgeführt. Das Setzen der Feldsteine erfolgte unregelmäßig nach günstiger Passform. Die Art des Versatzes lässt darauf schließen, dass die Brunnenröhre von unten nach oben aufgesetzt wurde. Dabei wurde weder auf Merkmale einer Symmetrie noch auf das verbaute Gestein nach mineralischer Zusammensetzung geachtet.

Auf der Nordostseite hat die Brunnenwand vertikal mehrere Schadstellen, die mit neuzeitlichen Mauerziegeln in festem Zementmörtel ausgebessert worden sind (siehe Foto, S. 18).

Die Brunnenoberkante

Im oberen Bereich der Brunnenröhre wurden die Feldsteine ab -0,4 bis -0,2 m unterhalb des Hofniveaus mit Mörtel verbaut und dann wahrscheinlich als feste Mauer bis auf Brüstungshöhe aufgesetzt. Wie die Brunnenkrone ursprünglich ausgeführt wurde, ist nicht bekannt und nicht mehr nachvollziehbar.

Der gemauerte übertägige Teil wurde abgetragen. Die unregelmäßige Brunnenoberkante aus Feldsteinen wurde mit neuzeitlichen Mauerziegeln im Normalformat und einigen Kanalsteinen in drei Lagen aufgemauert, der Übergang wurde teilweise mit Dachziegeln ausgeglichen. Die Mauerziegel sind minderer Qualität in Maßhaltigkeit und Güte (zum Teil Fehlbrände). Sie wurden stirnseitig zum Brunnen verlegt. Der Mörtel ist mürbe.

Der Brunnen wurde schließlich mit Betonplatten auf Feldbahnschienen ebenerdig abgedeckt. Beim Abriss der Betonplatte war diese bereits relativ marode und sanierungsbedürftig.



360° Panoramabild der obersten Lage Feldsteine und der Ziegelaufmauerung. Die weiße Schnur und das Bandmaß kennzeichnen die Nordseite (Fotos: Michael Kabus, Stitch: Jana Jänke)



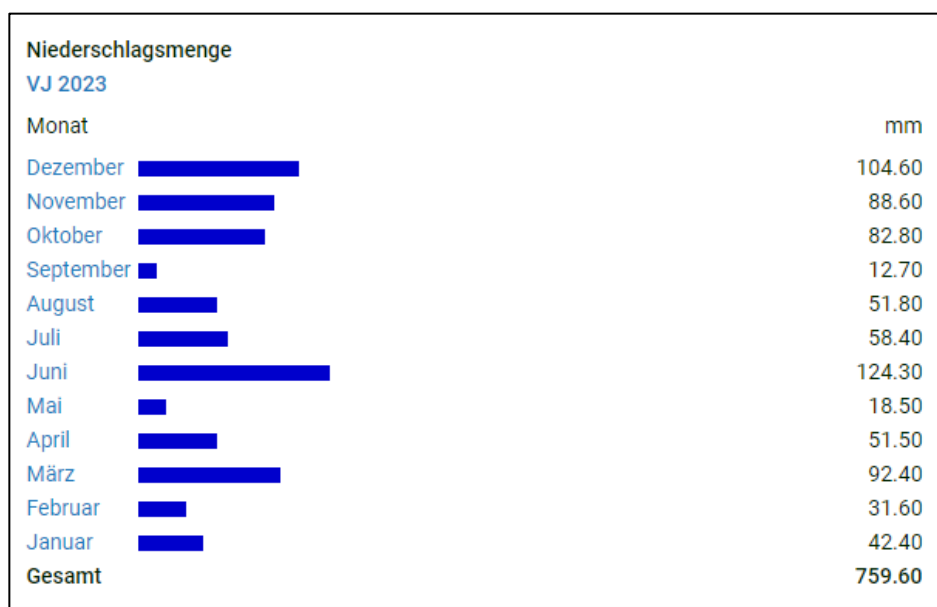
Die bis zuletzt vorhandene Schwengelpumpe scheint aus der Periode der letzten Abdeckung (Betonplatte mit Einstieg) zu stammen. Dazu wurde das unten verschlossene Saugrohr zur Entlastung blind in das Bodensediment gelassen und im Ansaugbereich mit drei Einströmöffnungen versehen (Foto: Ulrike Simmert).



Zustand Mai 2023: Links vorn das Saugrohr der Schwengelpumpe. In Bildmitte Ausbesserungen der Brunnenwand mit Ziegelsteinmauerung (Foto: Maik Römhold)

1.3 Das Brunnenwasser

Auffallend war der geringe Wasserstand für einen Brunnen bereits bei Erstbetrachtung im Mai. Die hölzerne Fundamentkonstruktion aus verschiedenen Balken war nur wenige cm mit Wasser überdeckt. Die registrierten Niederschlagsmengen im Oktober 2023 sollten einen deutlich höheren Wasserstand vermuten lassen, aber im November 2023 war fast kein Wasser mehr im Brunnen. Es muss davon ausgegangen werden, dass auch in niederschlagsarmen Perioden mit einem geringen Wasserstand das hölzerne Balkenfundament nie trocken gelegen hat, da es ansonsten bereits zerfallen wäre. Die jetzt sichtbare Zerstörung der Konstruktion, die bei Trockenheit sehr schnell voranschreitet, ist auf Wassermangel der letzten Jahre zurückzuführen. Dabei wird der Brunnen im mitteleuropäischen Trockenjahr 2018 (im Gebiet Lehnin nur 341 mm/m²) sehr wahrscheinlich bereits zu wenig Wasser gehabt haben, was jedoch nicht bekannt ist. Der jetzige Wassermangel kann unterschiedliche Ursachen haben. Die Niederschlagsmenge im Gebiet Kloster Lehnin lag im Jahr 2022 bei 414,4mm/m² und im regenreichen Jahr 2023 bei 759,6 mm/m² (DWD 2023).



Niederschlagsmengen 2023 Region Kloster Lehnin (aus: DWD 2023)

Zusätzlichen Einfluss auf den geringen Wasserstand haben die baulichen Maßnahmen zur Grundwasserabsenkung in der näheren Umgebung, welche zur Gebäudesanierung der umliegenden Liegenschaften notwendig geworden sind. Da bei einem Sodbrunnen der Wasserstand eine Referenz zum Grundwasserstand ist, kann der Brunnen auch nicht mit Wasser aufgefüllt werden.

Zustand zum Zeitpunkt der Wasseranalyse am 04.11.2023 um 09:30 Uhr:

- Der Brunnen ist vollständig geöffnet und weitgehend leer
- Die Lufttemperatur im Außenbereich beträgt 10,2 °C
- Wetterverhältnisse: bedeckt, wenig Luftbewegung, trocken

Das auf der Sohle stehende Restwasser lässt keine sinnvolle Interpretation der anorganischen Chemie des vormaligen Brunnenwassers zu, da die Herkunft des Wassers nicht mehr zweifelsfrei festgestellt werden kann und die Werte durch Fremdeintrag verfälscht wären.

In der Mitte des Brunnens wurden zwischen den abgestürzten Teilen der vormaligen Betonabdeckung dennoch folgende Werte direkt gemessen:

Lufttemperatur Sohle:	10,2 °C
Wassertemperatur:	10,2 °C
Leitfähigkeit:	474 µS/cm
pH:	7,37
gelöste Ionen:	240 ppm

Verwendetes Messgerät: Multimeter Hanna HI98129 (letzte Kalibrierung am 02.11.2023)

Die Wiederholung der Messung am Folgetag erbrachte vergleichbare Ergebnisse.

1.4 Grundwasser Zulaufprobe – Ermittlung der Ergiebigkeit

Die Messung der Förderleistung eines Brunnens erfolgt im Normalfall durch eine definierte Entnahme (Abpumpen) eines zuvor gemessenen Volumens. Bei flacheren Objekten wird der Brunnen nach einer abgeschlossenen archäologischen Befundung vollständig geleert. Unmittelbar anschließend werden über eine eingebaute Pegellatte die Zulaufmenge und die Zulaufzeit gemessen. Bei sinnvollen Zulaufzeiten wird diese Messung mehrfach wiederholt, um die Kapazität des umgebenden Wasservolumens und das Einströmverhalten noch besser beurteilen zu können.

Im Fall des vorliegenden leeren Brunnens war die ursprünglich vorgesehene Messung nicht mehr möglich. Das vorhandene Restwasser (ca. 0,2 m³) wurde im Rahmen der Vermessung ohne weitere Berechnung mit einer Tauchpumpe innerhalb von 8 min gehoben, wobei auch ein Teil des Feinschlammes gehoben wurde. Der einmalige Nachlauf betrug ca. 30 l/h. Der Grundwassernachlauf war somit so gering, dass auch eine vage Ermittlung der vormaligen Schüttungsmenge des Brunnens nicht möglich war.

1.5 Analyse des Brunnengrundes

Während der Vermessung des Brunnens wurde das Wasser bis zur Brunnensohle abgesenkt, um die Balkenlage für die Dokumentation weitgehend frei zu legen. Der Brunnen wurde von eingestürzten Betonfragmenten bereinigt und die Schlammsedimente bis zum Fundamentgrund überwiegend aus dem Brunnen gefördert, soweit dies für die Dokumentation notwendig war. Außer den konstruktiven Teilen konnten keine anthropogenen Artefakte nachgewiesen werden.

Geologie

Die Umgebung des Klosters Lehnin ist landschaftlich geprägt vom Brandenburger Stadium der Weichselkaltzeit. Der Brunnen reicht mit seiner Sohle in die pleistozänen Sande des Schwemmfächers des sog. „Berliner Elbelaufs“ (vgl. GEOATLAS-BB 2010, S. 50). Diese mehrere Meter mächtigen, homogenen Sandschichten werden von Bändern grober Kiese durchzogen, was sie zu einem guten Wasserleiter mit Filterwirkung macht. Die Holzbalkenkonstruktion wurde direkt in diesem Sand aufgesetzt, um darauf die Brunnenröhre zu setzen. Der Bodensand ist nur wenige Zentimeter mit Faulschlamm durchsetzt und darunter relativ sauber. Da diese Schlammschicht mit ca. 15 cm Mächtigkeit relativ gering ist, kann von einer regelmäßigen Reinigung des Brunnens in der Vergangenheit ausgegangen werden. Die auf dem Grund liegenden Steine stammen aus der Brunnenwand aus dem Bereich unmittelbar oberhalb der Holzkonstruktion.

Biologie

Das verbliebene Wasser und der Schlamm wurden nicht auf organische Zusammensetzung im Labor untersucht, da der Brunnen schon zu lange frei stand. Die weitgehende Geruchsfreiheit des Bodens deutet aber auf den normalen Zustand eines wenig belasteten Brunnengrundes hin. Brunnenkrebse oder andere Tiere wurden nicht gefunden. Der ursprüngliche Zustand des Brunnengrundes wurde bei den Bauarbeiten am Brunnen durch die Öffnung selbst und durch die hinein gefallen Teile der Brunnenabdeckung erheblich verändert. Eine gezielte Suche nach brunnentypischen Grundwasserlebewesen war daher nicht mehr möglich. Dagegen wurden mehrere Regenwürmer beobachtet und ein vitaler Frosch konnte zu Beginn der Arbeiten aus seiner Gefangenschaft befreit werden. Außerdem konnte auf dem Holz eine Population von Larven des Sumpfkäfers der Gattung *Contacyphon* nachgewiesen werden. Eine artgenaue Bestimmung ist anhand des Larvenstadiums nicht möglich. Die Käfer selbst leben zumeist weit ab vom Wasser (Zwick et al. 2013, S. 337). Es ist davon auszugehen, dass der Brunnen erst nach seiner Öffnung besiedelt wurde.

1.6 Lage des Brunnens und rissliche Darstellung

Lage-Koordinaten des Objektes:

Geografisch, Dezimal:	52.321061, 12.743840
Geografisch, Grad, Minuten, Sekunden	52°19'16" N 12°44'38" O
UTM	33U03462455799152



Quelle: DOP: © GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0

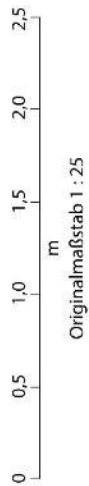
Kloster Lehnin: Brunnen auf dem Klosterkirchhof

Gemeinde Kloster Lehnin, Landkreis Potsdam-Mittelmark, Land Brandenburg

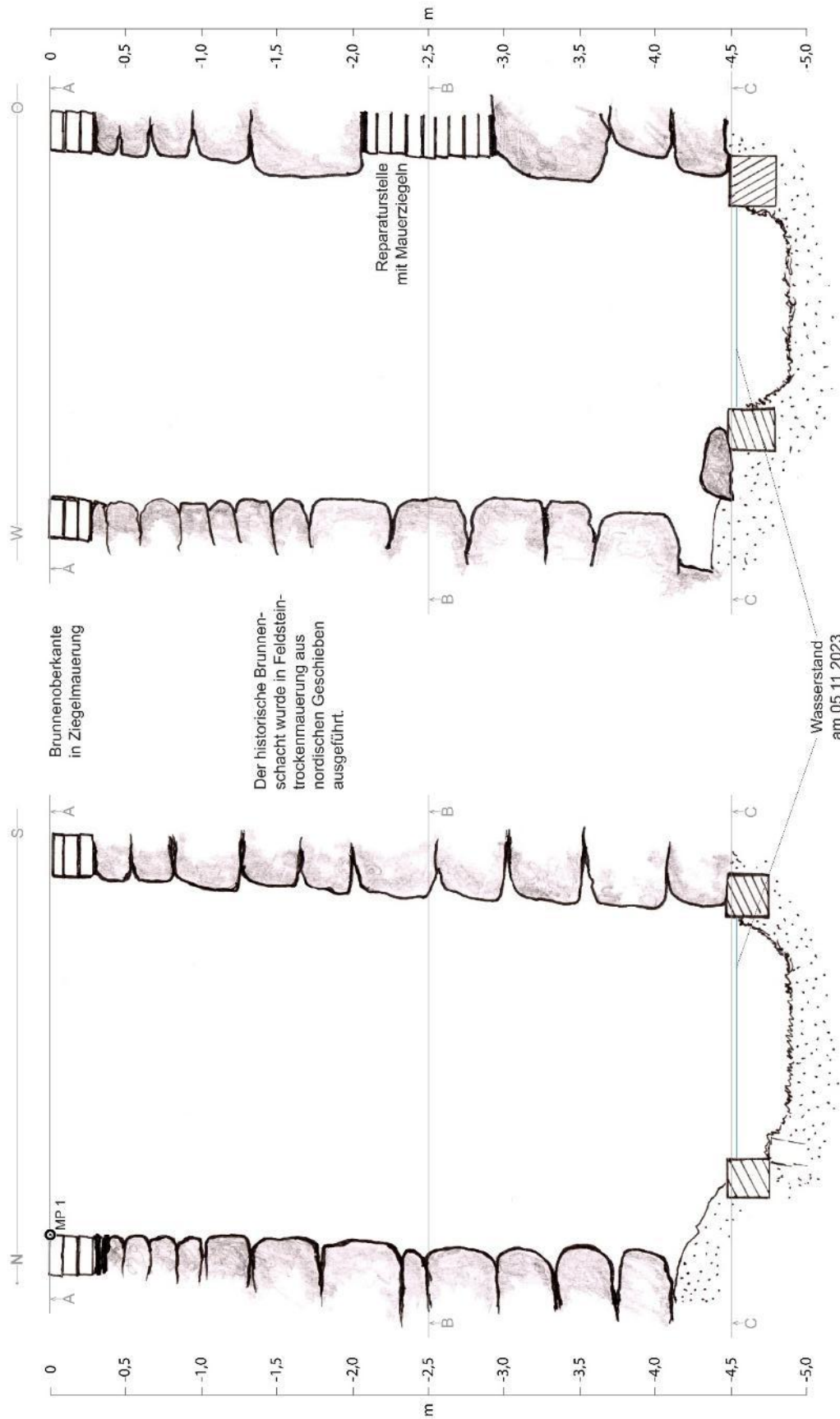
Vermessung: Jana Jänke, Michael Kabus, Bernd Wutzig, 04./05.11.2023

Zeichnung: Jana Jänke, Bernd Wutzig

Höhlen- und Karstforschung Dresden e. V.



Längsschnitt Nord - Süd



42,00 x 29,70 cm

Kloster Lehnin: Brunnen auf dem Klosterkirchhof

Gemeinde Kloster Lehnin, Landkreis Potsdam-Mittelmark, Land Brandenburg

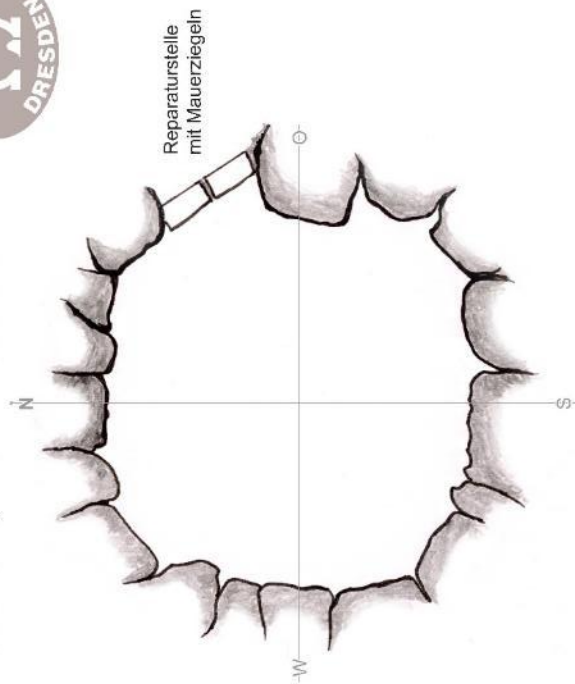
Vermessung: Jana Jänke, Michael Kabus, Bernd Wutzig, 04./05.11.2023

Zeichnung: Jana Jänke, Bernd Wutzig

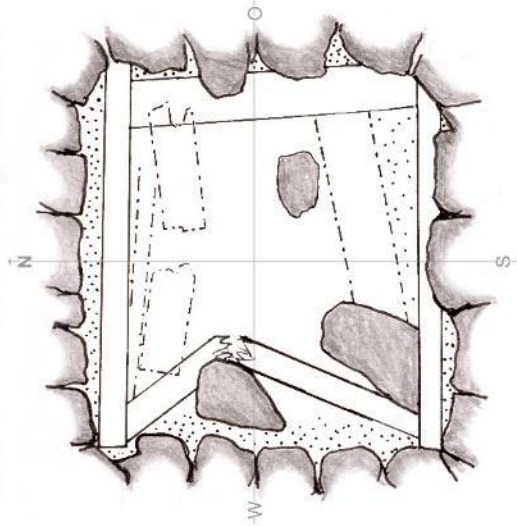
Höhlen- und Karstforschung Dresden e. V.



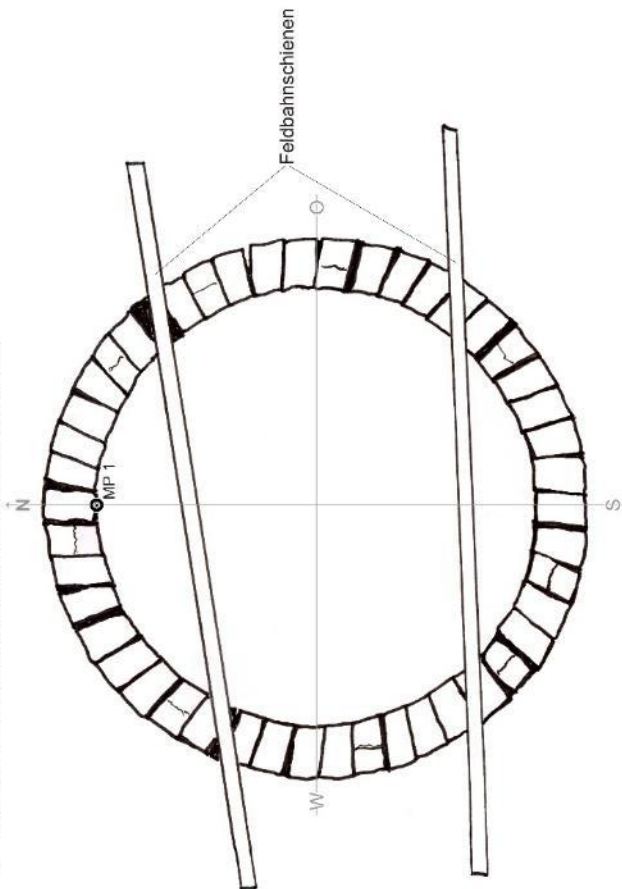
B – Grundriss in -2,50 m von Brunnenoberkante



C – Grundriss Niveau Brunnensohle in -4,50 m von Brunnenoberkante



A – Grundriss Brunnenoberkante, Rand in Ziegelmauerung



0 0,5 1,0 1,5 2,0 2,5
m

Originalmaßstab 1 : 25

42,00 x 29,70 cm

Kloster Lehnin: Brunnen auf dem Klosterkirchhof

Gemeinde Kloster Lehnin, Landkreis Potsdam-Mittelmark, Land Brandenburg

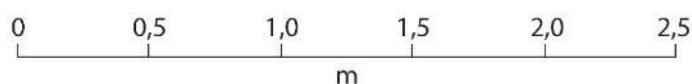
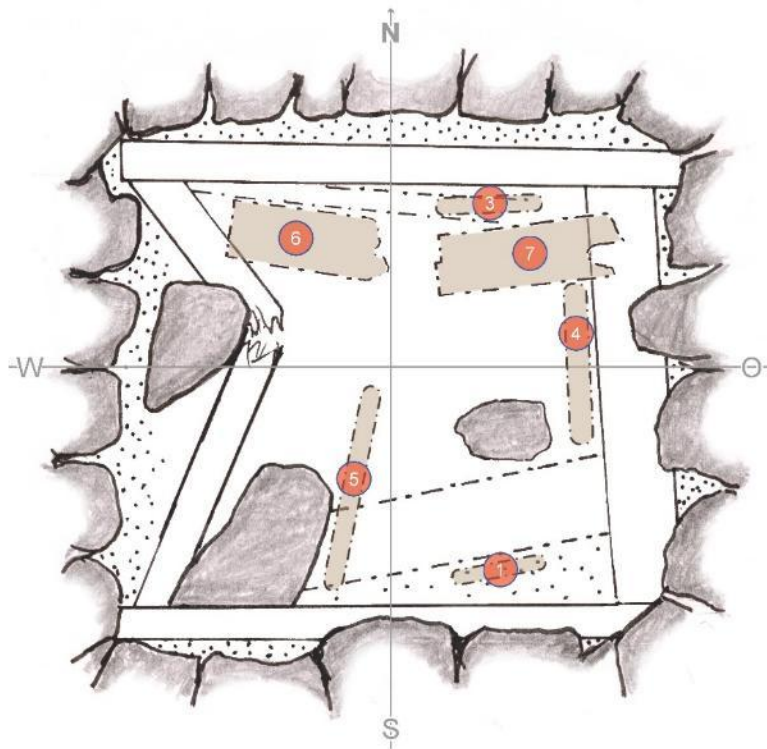
Vermessung: Jana Jänke, Michael Kabus, Bernd Wutzig, 04./05.11.2023

Zeichnung: Jana Jänke, Bernd Wutzig

Höhlen- und Karstforschung Dresden e. V.

D – Holzfunde

(Grundriss Niveau Brunnensohle in -4,50 m von Brunnenoberkante)



Originalmaßstab 1 : 25



1.7 Ausgewählte fotografische Darstellungen



Nach dem Abpumpen des verbliebenen Wassers wird mit einem 10 l-Eimer mit archäologischer Sorgfalt ein Großteil des Faulschlammes geborgen (Foto: Hartmut Simmert)



Auf einem geborgenen Holzfragment sind deutlich der Zerfall der Holzsubstanz und die Besiedlung mit Käferlarven zu erkennen (Foto: Alexander Ramm).



*NW-Ecke des Brunnens vor der Bereinigung.
Deutlich zu erkennen der Einströmbereich des
Wassers
(Foto: Hartmut Simmert)*



*NW-Ecke des Brunnens nach der Bereinigung
von Schlamm und Freilegung der Sandschicht
(Foto: Hartmut Simmert).*



SO-Ecke des Grundes nach der Bereinigung (Foto: Hartmut Simmert)

Quellen

DWD 2023

https://www.proplanta.de/wetter-statistik/lehnin-brandenburg_niederschlag_wetterstatistiken_02916.html (01.02.2024)

GEOATLAS-BB 2010

Atlas zur Geologie von Brandenburg. 4. Auflage. Hrsg. Landesamt für Bergbau Geologie und Rohstoffe Brandenburg. Cottbus, 2010

TK10 2022

Topografische Karte 1:10.000 3642-SW Lehnin

Quellenvermerk: GeoBasis-DE/LGB 2022, dl-de/by-2-0, Hrsg: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg. Lizenztext unter www.govdata.de/dl-de/by-2-0

<https://data.geobasis-bb.de/geobasis/karten/topographische-karten/tk10/aktuell/> (01.10.2023)

ZWICK 2013

Zwick, P.; Klausnitzer, B. & Ruta, R. (2013): *Contacyphon* Gozis, 1886 removed from synonymy (Coleoptera: Scirtidae) to accommodate species so far combined with the invalid name, *Cyphon* Paykull, 1799. *Entomologische Blätter und Coleoptera* (109): 337–353

Mitarbeiter des HKD e.V. bei der Erkundung 11/2023:

Jana Jänke, Michael Kabus, Alexander Ramm, Maik Römhöld, Hartmut Simmert, Christoph Simmert, Ulrike Simmert, Bernd Wutzig

Danksagung:

Für die Bestimmung der Larven danken wir Herrn Stefan Zaenker (Fulda) vom Arbeitskreis Biospeläologie des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher.

Auftraggeber:

Evangelisches Diakonissenhaus Berlin-Teltow-
Lehnin

Lichtenfelder Allee 45

14513 Teltow

Auftragnehmer:

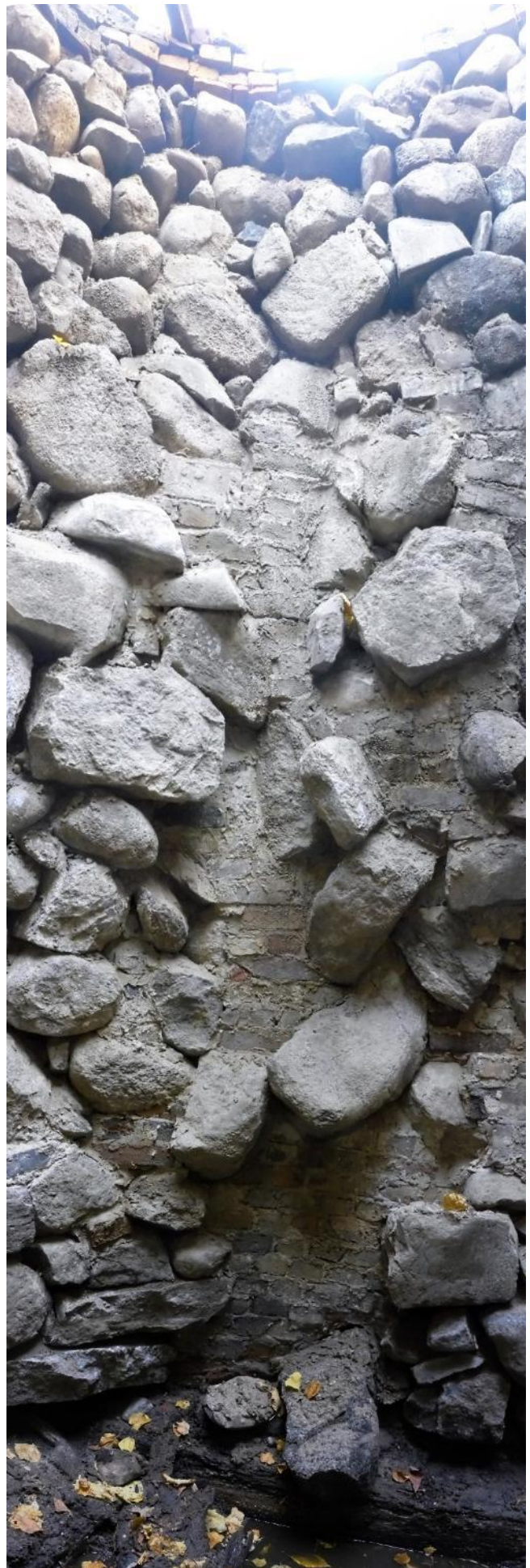
Höhlen und Karstforschung Dresden e.V.

Mansfelder Ring 10

06343 Mansfeld

*Auf der NO-Seite der Brunnenwand gibt es
übereinander mehrere Schadstellen, die
mit Mauerziegeln und Zementmörtel aus-
gebessert worden sind.*

*(Foto: Hartmut Simmert,
Stitch: Jana Jänke)*



Alexander Ramm

2. Bericht über die vorgefundene Situation der Numburghöhle während des Hochwassers am Stausee Kelbra

05.01.2024

(Abbildungen von Alexander Ramm)

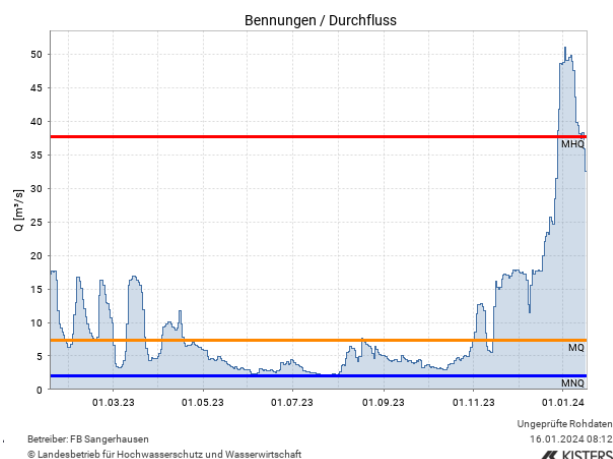
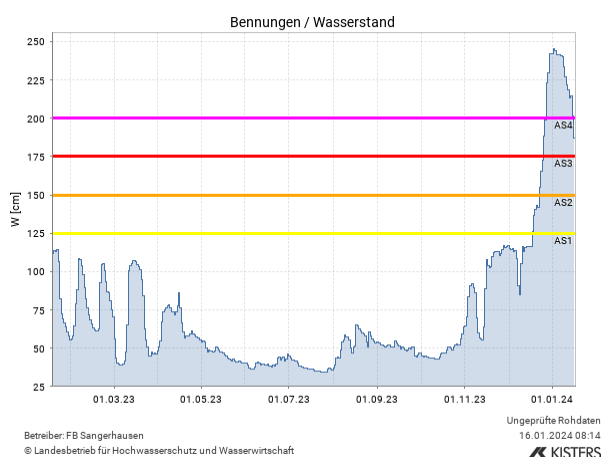
2.1 Ausgangssituation

Im November und Dezember 2023 hat es im Verhältnis zu den Vormonaten und -jahren übermäßig geregnet. In den zurückliegenden Jahren war dies nicht der Fall, sodass in den Karstgebieten bereits Bäume begannen abzusterben, da der Untergrund durch die doch schnellere Entwässerung austrocknete.

Bereits Anfang Dezember gab es Hinweise aus der Heimkehle, dass der Wasserstand in der Höhle deutlich ansteigt. Dies gipfelte gegen Mitte/Ende Dezember darin, dass die Führungen gestoppt und die Schauhöhle geschlossen werden mussten. Die Energieversorgungsanlagen standen unter Wasser und eine vollständige Abschaltung war notwendig. Der Betreiber der Heimkehle erzählte von vergleichbaren Hochwasserereignissen, welche nachweislich letztmalig 1994 und davor in den 1960/1970er Jahren eingetreten ist.

Die Wasservolumina der regionalen Fließgewässer, wie Helme und Thyra, waren deutlich angestiegen und der Stausee in Kelbra war Ende Dezember bereits am Überlaufen. Das Ablassen des Stausees fiel gleichzeitig ungünstig mit den Höchstständen der Fließgewässer zusammen, sodass eine sehr hohe Gefahr der Überschwemmung großer Teile der unterhalb des Stausees befindlichen Regionen und Ortschaften bestand. Die Helme hatte zu diesem Zeitpunkt einen Wasserstand von mehr als 2,4 m und einen Durchfluss von rund 50 m³/s, gemessen am Pegel Bennungen. Für die Helme lag zu diesem Zeitpunkt die höchste Alarmstufe AS 4 vor. Diese Alarmierung wird ab einem Wasserstand von 2 m aktiv.

In diesem Zeitraum musste die Numburghöhle besucht werden, um dieses selten eintretende und hoffentlich rar bleibende Ereignis festzuhalten.



Jahresdaten der Helme am Pegel Bennungen.

(Quelle: <https://hochwasservorhersage.sachsen-anhalt.de/>)

2.2 Vor Ort an der Numburghöhle Solwiesen-Schloßberg

Im Anschluss an den Besuch und der außertouristischen Befahrung der Heimkehle am 31.12.2023 ist die Lage an der Numburghöhle in Augenschein genommen worden. Ein Bericht über den Zustand der Heimkehle wird separat erarbeitet. Der Stausee Kelbra ist weit über seine Ufer getreten und hat unter anderem den Weg von Kelbra nach Auleben im Bereich der Numburghöhle vom alten Zugang bis zur Informationstafel und darüber hinaus überflutet. Hier führt der Weg durch eine Senke. An der Infotafel ist ein Wasserpegel von 49 cm unterhalb der Oberkante Infotafel gemessen worden. Wasserstandsmarken an der Tafel zeigen, dass das Wasser nochmals 26 cm höher stand und sich bereits am Abfließen befand.

Der Zutritt zum Schacht, um in die Numburg zu gelangen, geht ausschließlich über einen Umweg von oben über die Rückwand oder wer hat per Boot. Nachdem eine Zuwegung auf Wildwechselfaden gefunden wurde, konnte der Schacht geöffnet und die Situation im Eingangsbereich der Höhle erkundet werden.

Das am Schachtfuß gelegene Gitterrost war bereits überflutet. Der weitere tonlägige Zutritt zur Abtauchstelle und zum Messpegel konnte nicht mehr begangen werden, da das Wasser bereits bis an die Firste stand und somit ein weiteres Vordringen ohne Tauchausrüstung nicht möglich war. Erst im dahinter liegenden Hohlraum befindet sich die Pegellatte der Wasserstandsmessstelle. Diese konnte zum Zeitpunkt nicht abgelesen werden. Eine Woche später am 5. Januar wurde ein Wasserpegel von 89 cm über dem Schachtfuß auf dem Gitterrost gemessen. Der weitere Verlauf war immer noch vollständig überflutet und nur mit autonomer Gasversorgung erreichbar.



Blick Richtung Stausee/ Staumauer und Kelbra oberhalb des alten Zugangs zur Numburghöhle. In etwa der Bildmitte verläuft der überflutete Weg von Kelbra nach Auleben. Rechts am Bildrand ist der Parkplatz vor der Naturschutzstation Numburg.



Zuwegung über Wildwechselfade von oben über den Schloßberg zum Zugangsschacht Höhle. Im Hintergrund der überfüllte Stausee Kelbra.



Blick von oben in den Schacht. Wasserstand vom sichtbaren Gitterrost ab 89 cm.



Zugang vom Schacht in Richtung ersten Hohlraum und Abtauchstelle mit Pegel und anderen Einbauten. Zugang ist in dieser Situation nur tauchend möglich.

Eine interessante Erscheinung im verkarsteten Gelände unmittelbar im Einflussbereich der Höhlenentwässerung ist eine Wasserstelle unterhalb des Zugangsschachtes. Die Wasserlache, ca. 50 cm tief, ist gegenüber dem unmittelbar angrenzenden Stauseewasser ebenfalls braun verfärbt, aber im Gegensatz zum Stauseewasser nicht trüb. Beide Wässer werden, wenn überhaupt, durch eine Landbrücke voneinander getrennt. Diese Barriere besteht optisch aus Anhydrit und Gipsgeröllen, welche mit Gräsern überwachsen sind. Die gemessenen Parameter können in der Messwerttabelle nachgelesen werden. Eine Möglichkeit dieser Erscheinung wäre, dass durch den sinkenden Stauseepegel und gleichzeitig dem nachdrückenden Wasser durch den Einflussbereich der Höhle, ein Potenzialgefälle Richtung Stausee besteht und damit bereits Höhlenwasser mit gemischter Chemie und gefiltert aus der Höhle/ Untergrund ins Freie dringt. Im Zugangsbereich der Numburg-Bruchhöhle, unweit dieser Stelle auf ähnlichem Höhenniveau gelegen, kann man dieses Phänomen ebenfalls erkennen. Auch hier ist das Wasser klar und braun eingefärbt.



Wasserfläche links hat direkten Kontakt zum Stausee. Rechts abgetrennt durch die poröse Landbrücke ein kleiner Teich mit signifikant anderen Wasserwerten und Optik. Der Pfeil zeigt auf den Zugangsschacht zur Höhle.

2.3 Beobachtete Fauna im Schacht und unter Wasser

Im Schacht selbst, wie auch in der Höhle, sind bei den beiden Befahrungen folgende Fauna ermittelt worden:

- 1x Zaunkönig im Schacht (Einflug, während der Schacht unbeobachtet war)
- 1x Lurch unbestimmt im Wasser tauchend (vermutlich Molch auf Grund der Form und Farbe)
- 1x Schwimmkäfer im Wasser tauchend (vermutlich Goldrandkäfer)
- 1x Zackeneule *Scoliopteryx Libatrix* Totfund auf Wasseroberfläche
- 2x kleine silbrige Fische ca. 4 und 10 cm lang
- 4x Wegdornspanner *Triphosa dubitata*
- 3x große Höhlenspinne *Meta menardi*
- 3x kleine Höhlenspinne *Metellina merianae*
- 6x große Hausmücke *Culiseta annulata*



Große Hausmücke (*Culiseta annulata*) und Kleine Höhlenspinne (*Metellina merianae*) (links) sowie Große Höhlenspinne (*Meta menardi*) (rechts)



Wegdornspanner (*Triphosa dubitata*) (links) und ein im Chaos Dom gefilmter, nicht näher bestimmter Fisch (rechts)

2.4 Im Inneren der Höhle

Um dieses Hochwasser-Ereignis in der Höhle nicht unbeobachtet zu lassen, erfolgte kurzerhand am 05.01.2024 eine Befahrung. Die Aufgaben waren schnell abgestimmt und verteilt. Hauptaugenmerk lag auf der Dokumentation der Situation in der Höhle, durch Video- und Bildmaterial, sowie eingehender Beschreibung. Dies soll zum Teil mit diesem Bericht, wie auch mit den angefertigten Video-materialien erfüllt werden. Das Video ist auf dem YouTube-Kanal des Vereines zu finden, <https://youtu.be/iNLxNWHG1zM?feature=shared>. Darüber hinaus sollte versucht werden, eine horizontale Schichtung des Wassers in der Höhle festzustellen und diese entsprechend zu bemessen. Auf Probenahmen für eine Laborauswertung wurde hingegen aufgrund der Sondersituation verzichtet, um jahrelange Messreihen nicht zu verfälschen. Weiterhin sollten mögliche Veränderungen der Fauna innerhalb und außerhalb des Wassers festgehalten werden.

Eine Auflistung der Fauna ist bereits zuvor gegeben. Zu erwähnen ist, dass sich innerhalb des Chaos Doms im unmittelbaren Zugangsbereich ein etwa 10 cm großer, silbern glänzender Fisch zu beobachten war. Ein zweiter kleinerer und dunkel gefärbter Fisch, sowie ein Lurch, der Form nach vermutlich ein Molch, waren im Schacht beim Zutritt zu sehen. Fische wurden in den letzten Jahren hin und wieder gesichtet. Unter anderem im Dezember 2017 ein Gründling im Chaos Dom. Dies deutet auf ausreichend große Zugänge hin, welche auch bei niedrigem Wasserstand mit der Höhle verbunden bleiben.



Fund Dezember 2017 im Chaos Dom, Vermutung Gründling Gobio spec.

Aufgrund des Eindringens des Stauseewassers ist davon auszugehen, dass diverse Lebensformen, Detritus und andere nicht näher bestimmte Schwebstoffe eigespült wurden. Dies könnte über Jahre zu einem erhöhten Nährstoffangebot in der Höhle führen. Weitere ungewöhnliche Sichtungen oder Änderungen konnten nicht festgestellt werden. Allerdings muss man hierzu sagen, dass diese Teilaufgabe nicht die höchste Priorität hatte.

Nach annähernd zweistündiger Vorbereitung konnte der Tauchgang mit viel zusätzlicher Ausrüstung wie zwei Videokameras, Videolichtern, Probenahme-Gefäßen, Gliedermaßstab, Schreibtafel, Transportnetz sowie Transportröhre, befüllt mit Schreibheft, Stiften, Multiparameter Messgerät, einem Handtuch und 6 kg Blei, beginnen. Die Ausrüstung wurde so gewählt, um Messungen schon während der Befahrung zu ermöglichen. Durch das Mitführen des Messequipments war es möglich, bereits

innerhalb der Höhle auf einem trockenen Fleckchen die Messungen von einzelnen Teilen des Wasserkörpers vorzunehmen und im Anschluss aus weiter hinten liegenden Gegenenden wie dem Dom der Titanen/ Mount Michael, Wassergang und Stolbergtunnel, Wasserproben zu nehmen und zu analysieren. Dieses Vorgehen hat sich in Anbetracht der Gesamtsituation gut bewährt.

Bereits beim Abtauchen im Schacht in Richtung Pegelraum musste mit den unter Wasser umhertreibenden Einbauten und Gegenständen vorliebgenommen werden. Nicht befestigte Leinenenden, Kabel und Anderes trieb durchs Wasser und wartete geduldig in der Dunkelheit nur darauf einen achtlosen Taucher zu umschlingen. Auch das durch Wellenschlag und aufsteigendem Ausatemgas von der Firste herunterbrechende Gestein war mit Vorsicht zu genießen. Diese Situation war bis in den Chaos Dom vorzufinden, was ein längeres Verweilen, um Proben zu nehmen oder Beobachtungen zu machen, deutlich erschwerte. Für das untrügliche Gefühl falsch an dieser Stelle zu sein, halfen diese kleinen Hinweisschläge. Ein Ablesen der Pegellatte war in Anbetracht der Wasserstandshöhe nicht mehr möglich. Noch einige Monate zuvor sind Pegel zwischen 0 und 50 cm gemessen worden. Jetzt ist der Pegel bei 100 cm völlig überflutet. Mit dem Tiefenmesser konnten die Pegel 0 cm, 50 cm und 100 cm mit der Tauchtiefe verglichen werden. Bei dem Pegelwert 0 cm, was dem niedrigsten zu messenden Wasserstand entspricht, haben wir eine Tauchtiefe von 250 cm festgehalten. Bei 50 cm entsprechend 200 cm und bei dem letztablesbaren höchsten Wert an der Latte von 100 cm eine Wassersäule von immer noch 150 cm. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass der Wasserspiegel in der Höhle um mehr als zwei Meter angestiegen sein muss.



Abtauchstelle, etwa ein Jahr zuvor. Üblicherweise etwa 10-20 cm unter Wasser und frei von Ablagerungen.



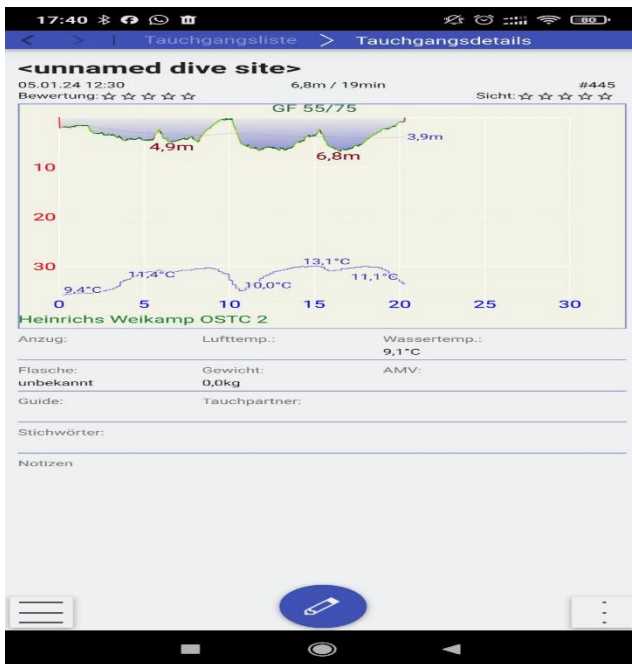
Abtauchbereich etwa ein Jahr zuvor aufgenommen. Am linken Bildrand direkt unter der Lampe ist gelb-schwarz markiert der Pegel zu erkennen, daneben der Niedergang vom Schacht durch den Taucher verdeckt.



Der größte ablesbare Wert des Pegels, welcher sich bereits in 1,5 m Tauchtiefe befindet.

Wasserschichtungen sind in der Numburghöhle aufgrund des aufdrängenden Salzwassers und des einströmenden und des das Salzwasser überlagernden Süßwassers keine Seltenheit, sondern eher der Normalzustand. Lediglich die Ausdehnungen variieren entsprechend des Wasserregimes im Untergrund. Vornehmlich wird der Wasserkörper aufgrund des unterschiedlichen Salzgehaltes und damit einhergehender unterschiedlicher Dichte geschichtet. Die sich herausbildende Grenzschicht aufgrund der Salzkonzentration wird Halokline genannt. Schweres Wasser mit hoher Salzkonzentration ist unter dem leichteren Süßwasser anzutreffen. Eine weitere vorkommende Schichtung basiert aufgrund von unterschiedlichen Temperaturen. Diese sogenannte Thermokline kann im Sommer und Winter in vielen Seen beobachtet werden. Kälteres Wasser liegt unter dem Wärmeren. Aufgrund von Anomalien des Wassers erfolgt dieses Phänomen nur bis $+4^{\circ}\text{C}$. Da die Dichte des Wassers bei $+4^{\circ}\text{C}$ am größten ist, liegt wiederum kälteres sowie gefrorenes Wasser über diesem.

Was ist jetzt das Spannende? Die Numburg weist eine deutliche Halokline und gleichzeitig eine Temperaturverteilung der Wasserschichten, die den physikalischen Gesetzen nicht formal folgen möchten, auf. Das tieferliegende Salzwasser hat eine höhere Temperatur als das aufschwimmende Süßwasser, was sich anschaulich in der Aufzeichnung des Tauchprofils zur Temperatur zeigen lässt. Dieser Zustand ist regulär und auch in dieser Überflutungssituation vorzufinden. Im tieferliegenden Salzwasser beträgt die Temperatur bis zu 13,3°C. Im darüber befindlichen trüben Wasser beträgt die Temperatur minimal 8,2°C. Beide Umstände arbeiten bei der stabilen Schichtung gegeneinander. Der Dichteunterschied aufgrund des Salzgehaltes scheint allerdings größer zu sein als der Dichteunterschied durch die Temperatur. Normalerweise würde sich das wärmere Wasser auf dem Kälteren aufschichten und eine stabile Thermokline ausbilden. Die Numburg weist allerdings eine andere Schichtung auf. Das wärmere Salzwasser befindet sich unterhalb des kälteren Süßwassers. Dieses Phänomen kann auch in einigen anderen Tauchobjekten mit salzhaltigem Tiefenwasser beobachtet werden.



Temperaturverlauf in Korrelation zur Tauchtiefe innerhalb der Numburg am 05.01.2024

Die Fragestellung nach einem Wärmeaustausch über die Schichten hindurch wäre interessant. Ebenso wie sich diese Temperatur- und Konzentrationsgrenzen auf den Lösungsprozess des Anhydrits auswirken, da auch die Auflösung und Sättigung temperaturabhängig sind.

An dieser Stelle soll bereits darauf hingewiesen werden, dass die Temperaturangaben in den Messreihen insbesondere bei den Tiefwasserproben nicht mit den *in situ* gemessenen Temperaturen korrelieren. Aufgrund des Wasserstransports im Probenahmegefäß durch geringere Wassertiefen über eine längere Zeit hat sich die Temperatur des Wassers im Gefäß der Umgebungstemperatur des Oberflächenwassers angepasst. Somit sind die Temperaturangaben für die Tiefwasserproben nicht zu verwerten.

Die Grenzschichten konnten immer noch festgestellt werden. Hinzu kommt aber eine braun-trübe Süßwasserauflage von etwa drei Metern Mächtigkeit beginnend von der Oberfläche. Diese zeichnet sich signifikant von der darunter befindlichen klaren und nicht verfärbten Wassersäule ab. Diese Wasserauflage ist bis zum Wassergang hinter dem Mount Michael vorgefunden worden. Die Sichtweiten innerhalb der trüben, oberflächennahen Schicht kann mit weniger als einem Meter angegeben werden. Also eher als sehr schlecht zu bezeichnen. Taucht man unter diese Schicht beträgt die Sichtweite gut und gern 5-10 m. Diese Referenzttauchtiefe von ca. drei Meter wurde als Bezugspunkt für die Wasserproben gewählt. Zum einen ist das Wasser oberhalb bei etwa 2,5 m Tauchtiefe entnommen worden und zum zweiten an ähnli-

cher Stelle bei ca. 5-6 m Tiefe. Gleichzeitig ist bereits eine bemerkenswerte und sehr feinstrukturierte Sedimentauflage im gesamten Unterwasserbereich vorgefunden worden. Vornehmlich zu beobachten an sonst sauberen Gegenständen wie Leinen, Richtungsanzeigern und anderen eingebrachten Gegenständen. Bei der kleinsten Berührung oder Druckwelle löst sich dieser feine, braunschimmernde Staub und bildet um das berührte Objekt eine sich ausdehnende Aura.

Auf den Wasseroberflächen des Chaos Doms, Großen Doms, Stolbergtunnels wie auch dem Dom der Titanen ist an einigen Stellen eine bräunlich-schaumbildende, dünne Schicht festzustellen. Wahrscheinlich haben sich hier aufschwimmende Sedimente verbunden und werden durch Wellenschlag und Wasserbewegung zusammengetrieben. Im Wassergang hinter dem Mount Michael zeigt sich ein anderes Bild. Hier ist ebenso eine Schicht auf dem Wasser, allerdings zerfällt diese schon bei geringer Störung in kleine, weiß-graue Bruchstücke und sinkt anschließend im Wasser zu Boden. Diese Mineralisierungen sind nur hier vorgefunden worden.

Wie die Situation im Wassergang und weiterhinten am Beginn der Höhle der Sandsteinwand ist, wurde nicht dokumentiert. Die Befahrung der Höhle ist nur bis zum Beginn des Wassergangs am Mount Michael durchgeführt wurden.

Der Zustand durch das deutlich angestiegene Wasser hat nicht nur im Chaos Dom dazu geführt, dass Oberflächenmarkierungen, an denen üblicherweise gefahrlos aufgetaucht werden kann, nicht mehr genutzt werden konnten. Zum einen reichte ein Teil nicht mehr bis zur Wasseroberfläche und zum anderen gab es stellenweise keine Oberfläche mehr, welche erreicht werden konnte, da das Wasser bis an die Höhlendecke stand. Um die Tauchleinen wiederzufinden, die nicht mehr bis zur Oberfläche reichten und damit den sicheren Weg nach draußen nicht mehr hinreichend aufzeigten, bedarf es einiger Lösungsvarianten. Beim Auftauchen im Großen Dom musste festgestellt werden, dass ein Großteil des eingerichteten Basislagers auf dem Wasser trieb und sich im gesamten Raum verteilt hat. Weithalstonnen und Transportboxen scheinen unversehrt, einige Plastiktüten sind mit Wasser vollgelaufen, sodass der entsprechende Inhalt nicht mehr zu verwenden ist. Hier muss bei Gelegenheit überdacht werden, was erneuert werden sollte. Im Dom der Titanen ist vor einigen Jahren eine Schleifkorbtrage und Trockenröhren deponiert worden. Auch diese schwimmen trostlos umher. Ebenso sind kleinere Plastikboxen, Knicklichter und Leinenrollen eingesammelt und aufs Trockene verbracht worden. In der Hoffnung, dass man bei gesunkenem Wasserspiegel immer noch an diese dann deutliche höher abgelagerten Gegenstände herankommt. Eins kann man sagen, der beschwerliche Weg über den Mount Michael war in dieser gefluteten Situation deutlich angenehmer, man hätte auch bis zum Wassergang schwimmen oder tauchen können und musste keinen Fuß über den Berg setzen.

Am Standort des ehemaligen Basislagers im Großen Dom, was auch der Beginn und Ende der Tauchleine aus der Gebirgsspalte/ Chaos Dom war, wurde Stellung bezogen und ein Messplatz zur Bestimmung der Wasserparameter eingerichtet. Von diesen wenigen noch aus dem Wasser ragenden Geröllblöcken ist ein Rundumblick durch den Raum gedreht worden. Am gegenüberliegenden östlichen Gebirgsrand ist durch ein ständiges unregelmäßiges Tropfen und Plätschern ein deutlicher Wassereintrag aus dem Deckgebirge wahrzunehmen.

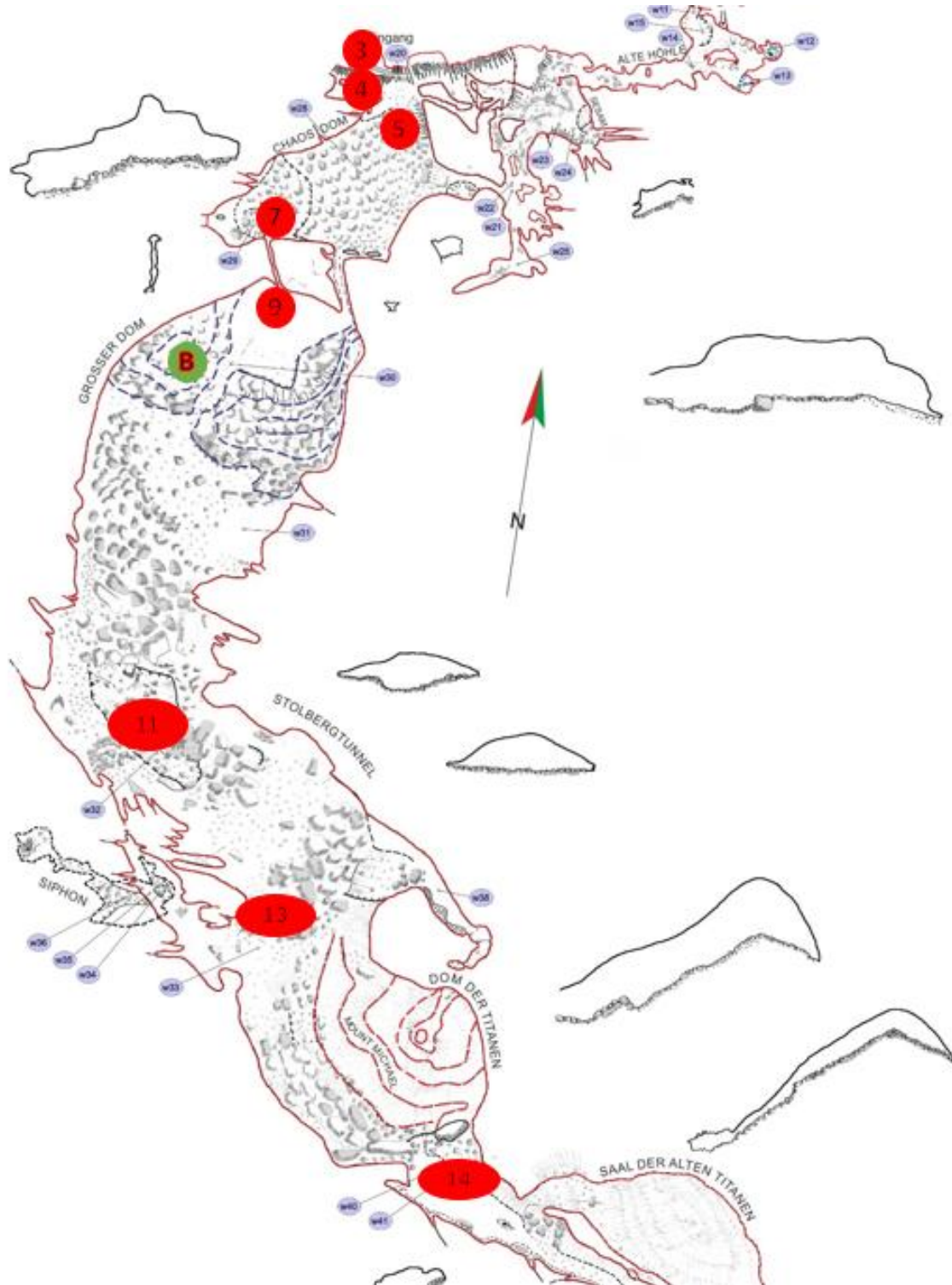


Eingerichteter Messplatz am Standort des ehemaligen Basislagers. Dieser Platz war einer der wenigen noch aus dem Wasser herausragenden trockenen Stellen.

2.5 Messreihen und Parameter

Abschließend die aufgenommenen Messreihen:

Die Problematik mit der verfälschten Temperatur aufgrund des Transportes ist bereits erläutert worden. Demzufolge sind auch keine weiteren Auswertungen dahingehend vorgenommen.



Lokalisation Zuordnung der Messstellen. 1 und 2 außerhalb der Höhle.

B - Basislager

- Wasserstand im Schacht: 89 cm über Gitterrost
- Pegel im Höhleneingang: 50 cm Marke bei 2 m Tauchtiefe
- Wasserstand Stausee: 49 cm unter Oberkante Infotafel

Mit dem Multiparametermessgerät werden über verschiedene Sensoren gleichzeitig die Temperatur T in $^{\circ}\text{C}$, der pH-Wert, die Leitfähigkeit κ in mS/cm und die Salinität S in ppt gemessen.

Viele natürliche Prozesse hängen mit unterschiedlichsten Parametern zusammen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, bei Probenahmen ein Portfolio an Messdaten zu erheben. Die Temperatur hat sehr oft einen signifikanten Einfluss. Sie kann unter anderem Prozesse verlangsamen oder beschleunigen oder starten und stoppen. Auch Sättigungsgrenzen hängen häufig von ihr ab, wie zum Beispiel von der Luftfeuchtigkeit bekannt.

Der pH-Wert ist eine Angabe, die den sauren oder basischen Charakter einer wässrigen Lösung angibt. Er beruht auf der Konzentration von Wasserstoffionen (H^+) in der Lösung und wird über den Logarithmus errechnet $-\log[\text{H}^+]$. Ein pH-Wert unter 7 deutet auf eine saure Lösung hin, während ein pH-Wert über 7 auf eine basische (alkalische) Lösung hinweist. Ein pH-Wert von genau 7 zeigt an, dass die Lösung neutral ist. Der pH-Wert kann wichtige Informationen über die Wasserqualität liefern und hat Auswirkungen auf aquatische Lebensräume sowie auf die Trinkwasserqualität.

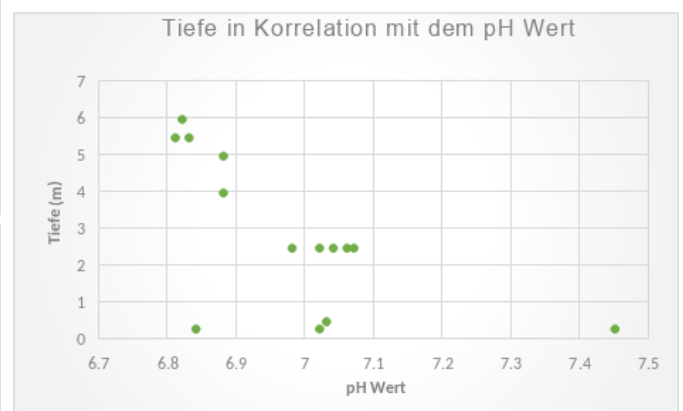
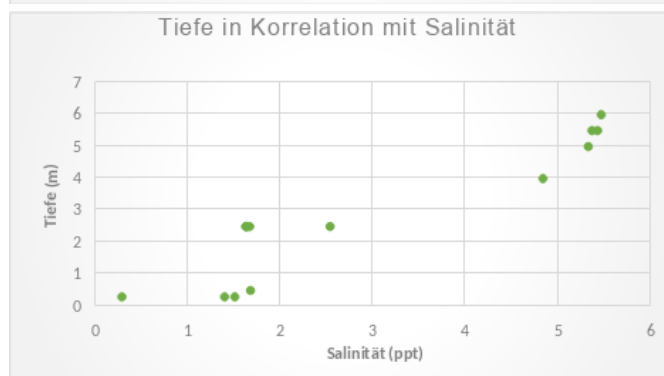
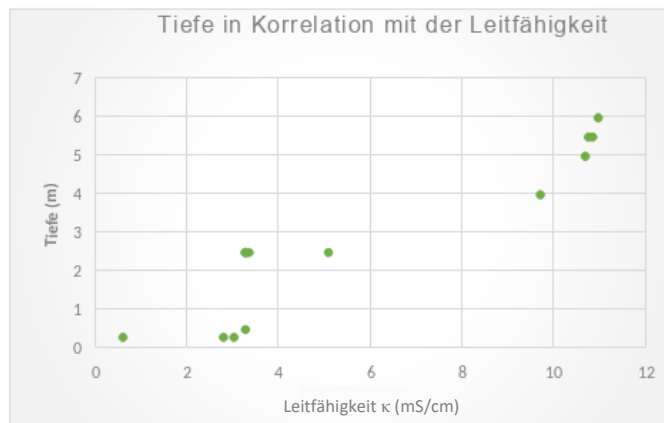
Die Leitfähigkeit κ gibt an, wie gut ein bestimmtes Material elektrischen Strom leitet. In Bezug auf Wasseranalysen lässt die Leitfähigkeit Rückschlüsse auf die Menge an gelösten Ionen im Wasser zu. Eine hohe Leitfähigkeit deutet auf eine erhöhte Konzentration von gelösten Salzen und Mineralien hin, während niedrige Werte auf eine geringere Konzentration hindeuten. Die Leitfähigkeit ist daher ein wichtiger Parameter zur Bestimmung der Wasserqualität und kann Aufschluss über Verschmutzungen oder Verunreinigungen geben.

Die Salinität S gibt den Salzgehalt des Wassers an und wird in der Regel in Teilen pro Tausend (ppt) oder in Prozent ausgedrückt. Sie ist ein wichtiger Parameter für die Wasserqualität und kann Auswirkungen auf die Ökosysteme haben. Hohe Salinitätswerte können beispielsweise das Wachstum von Pflanzen beeinträchtigen und die Lebensbedingungen für aquatische Organismen verändern. Hierbei ist es allerdings wichtig und sinnvoll, über detaillierte Analysen der Wasserchemie, die entsprechenden gelösten Salze genau zu kennen. Ohne diese hat die Aussage der Salinität wenig beizutragen. Bei bekannter Temperatur korreliert demzufolge die Leitfähigkeit eines Wassers mit seiner Salinität und ebenso mit der Dichte. Aus diesem Grund würde es genügen einen Parameter messtechnisch zu erfassen und die anderen, unter bestimmten Voraussetzungen, rechnerisch zu ermitteln. In unserem Fall haben wir einen nicht näher spezifizierten gelösten Salzgehalt in den tieferen Wasserproben von 5,3 ppt. Dies bedeutet, dass in einem Kilo des Wassers 5,3 g Salz gelöst vorliegen.

Wie hervorragend in den Grafiken zu erkennen ist, sind die Werte der Leitfähigkeit ähnlich denen der Salinität. Damit kann unter anderem die Aussage getätigt werden, dass das verwendete Messgerät funktionstüchtig ist.

Mit den getätigten Messungen, insbesondere Leitfähigkeit und/oder Salinität und kombiniert mit Temperatur und Optik kann eineindeutig nachgewiesen werden, dass Wasser mit unterschiedlich gelösten Salzgehalten in der Höhle separiert vorliegen.

Lfd. Nr.	Messstelle	Tiefe (m)	pH	T (°C)	κ (mS/cm)	Salinität (ppt)
1	Stausee Nähe 2	0,3	7,45	6,1	0,58	0,28
2	Kleiner Tümpel vor Höhle	0,3	7,02	6,5	2,77	1,39
3	Schacht	0,3	6,84	9,0	3,00	1,50
4	Zugang zu Verbruchhöhle im Chaos Dom	4,0	6,88	9,0	9,68	4,83
5	Chaos Dom (1. Boje)	2,5	7,06	9,4	3,26	1,62
6	Chaos Dom (1. Boje)	5,5	6,83	9,8	10,73	5,36
7	Chaos Dom Boje vor Spalte	2,5	6,98	9,1	5,06	2,53
8	Chaos Dom Boje vor Spalte	6	6,82	9,7	10,94	5,46
9	Großer Dom Boje	2,5	7,02	8,4	3,24	1,62
10	Großer Dom Boje	5,5	6,81	9,8	10,82	5,42
11	Stolbergtunnel Boje Chaos Dom	2,5	7,04	8,3	3,33	1,66
12	Stolbergtunnel Boje Chaos Dom	5	6,88	8,2	10,66	5,32
13	Stolbergtunnel Boje Dom der Titanen	2,5	7,07	8,3	3,26	1,63
14	Beginn Wassergang am Mt. Michael	0,5	7,03	8,4	3,25	1,67



Hartmut Simmert

3. Ein mobiler Schwerlastanker für weiche Gesteine

(Abbildungen von Hartmut Simmert)

3.1 Ausgangslage

Das seit 2001 verwendete, geprüfte System mobiler Schwerlastanker mit Winkellasche für temporäre Wandfixpunkte für die Höhlenforschung und Höhlenrettung basiert im Kern auf einem handelsüblichen Spreizanker mit einem Gewindestift M10 und einer Schaftlänge von 120 mm. Dieser industriell gefertigte und durch mich modifizierte Schwerlastanker erfüllt die Forderung, bei Bedarf schnell und unkompliziert einen normgerechten Fixpunkt zu setzen, der nach der Verwendung wieder vollständig aus dem Felsen entfernt werden kann. Er kann anschließend im gleichen Loch oder an anderer Stelle erneut verwendet werden (siehe Simmert 2010). Diesen Anker setzen wir bei Projekten in der Höhlenforschung, aber er ist auch für die Anwendung in der Fels- und Höhlenrettung der Bergwacht Sachsen geeignet. Das Problem: Während die Belastbarkeit des Ankers an sich den Anforderungen entspricht, versagt er jedoch häufig im oberflächlich verwitterten Gips des Südhazes bzw. bei lokal sehr weichem Sandstein der Sächsischen Schweiz, was eine Lastverteilung auf mehrere Anker notwendig macht. Durch Ausplatzungen des Gesteins im Bereich der Oberfläche bei entsprechender Belastung kommt es bei hoher Last zum Verbiegen des Ankers, die dann zum Bruch führt.

Ein gehobenes Sicherheitsbedürfnis einerseits und die Verfügbarkeit leistungsfähiger und kleinerer Akku-Bohrhämmer andererseits waren ab 2023 die Grundlage für Überlegungen, die Konstruktion des Felsankers noch einmal zu überarbeiten. Gegenüber dem alten System sollte der lasttragende Gewindebolzen stärker sein und eine deutlich längere Schaftlänge verwendet werden. Die Palette der im Handel erhältlichen Schwerlastanker unterschiedlicher Hersteller ist inzwischen beachtlich, jedoch kann keiner der Schwerlastanker nach der Verwendung wieder vollständig aus dem Felsen entfernt und anschließend erneut verwendet werden. Umfangreiche Recherchen und auch längere Diskussionen mit Vertretern des Fachhandels führten zu der Erkenntnis, dass es kein handelsübliches System gibt, welches geeignet ist. Daher wurde beschlossen, einen eigenen Anker zu entwickeln und zu bauen, bei welchem wieder das Prinzip des bekannten Spreizankers verwendet wurde, nur in größeren Dimensionen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass sowohl die radiale als auch die axiale Belastbarkeit höher liegen als beim alten Anker, aber auch diese neue Version des Ankers haben wir hinsichtlich seiner Belastbarkeit bis zum Bruch getestet. Das Problem bleibt: Wir können nur den Anker testen. Was der jeweilige Fels an Last aufnehmen kann, bleibt der subjektiven Einschätzung überlassen.



Der bisherige Anker (unten) und der neue Anker im Größenvergleich

3.2 Anforderungen/Normen

Zur Orientierung verwenden wir die rechtlichen Vorgaben für Bohrhaken im Kletterbereich. Diese sind in der EN 959 – UIAA 123 fixiert. In Höhlen und in Rettungssituationen sind zwar nicht die gleichen Sturzbelastungen zu erwarten wie beim Sportklettern, aber durch die Belastung eines Fixpunktes durch mehrere Personen, auch in Bewegung, und zusätzliche Ausrüstung und durch die Verwendung von Statikseilen ist die Belastung des Fixpunktes bzw. Standplatzes ebenfalls als dynamische Last zu erwarten. Aus der Norm werden hier nur die relevanten Werte aufgeführt.

Für die minimalen Belastbarkeiten eines Kletterfixpunktes sind vorgeschrieben:

Axial: 15 kN nach EN959, das entspricht statisch einer Last von ca. 1.500 kg (die UIAA-Norm fordert 20 kN, was ca. 2.000 kg entspricht)

Radial: 25 kN, das entspricht statisch ca. 2.500 kg

Laut Norm EN 959 soll der Bohrhaken in einem standardisierten Betonwürfel mit 20 cm Kantenlänge eingesetzt und getestet werden, wobei die Betongüte oder -festigkeit nicht näher definiert sind. Bei einer Belastung mit den genannten Mindestwerten dürfen sich die Fixpunkte zwar verformen, aber nicht ausreißen oder brechen.

Weitere Forderungen der Norm sind:

Das System muss unabhängig von einer exakten Bohrlochtiefe funktionieren

Diese Forderung wird mit dem vorliegenden Anker erfüllt, da ein etwas zu tief gebohrtes Loch keinen Einfluss auf die Spreizwirkung und damit die Belastbarkeit des Ankers hat.

Die Verankerungstiefe muss mind. 5 x den Bohrdurchmesser betragen

Verwendung korrosionsbeständiger Materialien

Diese Forderung bezieht sich auf Bohrhaken, die im Fels verbleiben. Unser Anker erfüllt die Forderung hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit nicht und ist nach jeder Verwendung zeitnah aus dem Felsen zu entfernen. Wir fordern, dass der Anker nach der Verwendung und vor der Einlagerung gründlich gereinigt und dabei auch auf Beschädigungen kontrolliert wird, damit er wieder verwendet werden kann.

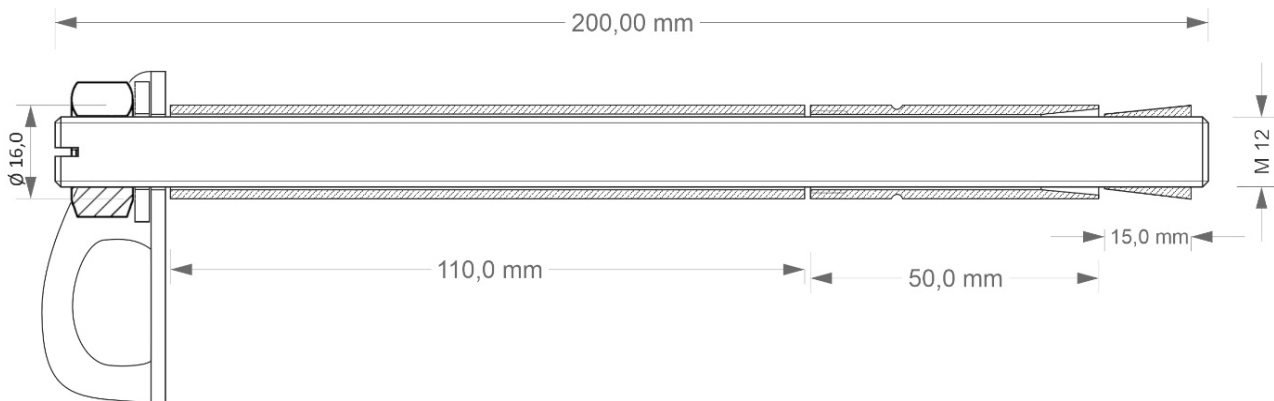
Verwindungsfestigkeit

Diese Forderung bezieht sich auf eingeklebte Anker. Da unser Anker mit einer aufgesteckten Winkelassche verwendet wird, sind diesbezügliche Normwerte nicht relevant.

Die Festigkeitsanforderungen beziehen sich auf den Haken selbst und nicht auf das Gestein. In der Sächsischen Schweiz oder im Zittauer Gebirge kann man sehr unterschiedliche Festigkeiten des Sandsteins vorfinden. Die jeweilige Gesteinsfestigkeit wird nicht nur durch die regionale Zusammensetzung des Korngefüges und des Bindemittels bestimmt, sondern lokal auch durch die unterschiedlichsten erosiv und korrosiv bedingte Beschaffenheit, die nur vor Ort und nur subjektiv zu beurteilen sind.

3.3 Konstruktion und Ausführung

Die gewählte Dimensionierung des neuen Ankers ist nicht das Ergebnis einer Berechnung, sondern beruht auf den Erfahrungen mit den bisherigen Ankern und ist ein Kompromiss aus gewünschter größtmöglicher Festigkeit einerseits und vertretbarem Gewicht und Handhabbarkeit andererseits. Viele Testbohrungen im Sandstein haben ergeben, dass ab einer Tiefe von 150 mm im Sandstein bereits eine hinreichende Festigkeit besteht, um eine sichere Klemmwirkung zu erreichen. Die Rohrhülse besitzt bei einem Außendurchmesser von 16 mm und einer Wandstärke von 2 mm genug Biegesteifigkeit, um ein Verbiegen des Gewindestiftes zu verhindern.



Der Anker besteht aus

- dem Gewindestab M12x200. Dieser ist an einem Ende geschlitzt, um ggf. mit einem Schraubenzieher beim Anziehen der Mutter ein Mitdrehen zu verhindern. An der anderen Seite ist der Stab stark angefast, um den Konus beim Bergen leichter greifen zu können,
- dem Konus M12x15,
- der Sprezhülse mit 4 Schlitzten, die in einer umlaufenden Nut enden. Auf der Spreizseite ist die Hülse innen konisch erweitert, damit der Konus hineingleiten kann. Auf der anderen Seite wurden 2 Gänge Innengewinde M14 eingebracht, um die Hülse beim Ausbau mit einem Gewindestab M 14 aus dem Fels ziehen zu können. Im Sprezbereich sind die Laschen außen mit einer Kreuzrändelung (oder Kordel) gerändelt, um besseren Halt im Gestein zu finden,
- der Rohrhülse, die die radiale Last des Gewindestabs auf den Felsen überträgt, Spreiz- und Rohrhülse sind aus nahtlosem Präzisionsrohr gefertigt,
- einer handelsüblichen Winkellasche mit einem 12mm-Loch (Bohrhakenlasche Petzl Coeur Steel 12 mm, DIN EN795 2012 13-2) und
- einer handelsüblichen Sechskant-Mutter M 12 und Unterlegscheibe.



Der vollständige Anker – zerlegt, mit Winkellasche.



Falk Thieme in seiner Werkstatt bei der Fertigung der Anker

3.4 Belastungsprüfungen

3.4.1 Test des Prototyps

Der Prototyp des Ankers wurde am 20.02.2024 im Sandstein in einem Vortest geprüft. Um die Belastung annähernd objektiv beurteilen zu können, wurde eine Kraftmessdose verwendet (rock exotica Enforcer), die uns von der DRK Bergwacht Dresden zur Verfügung gestellt wurde.

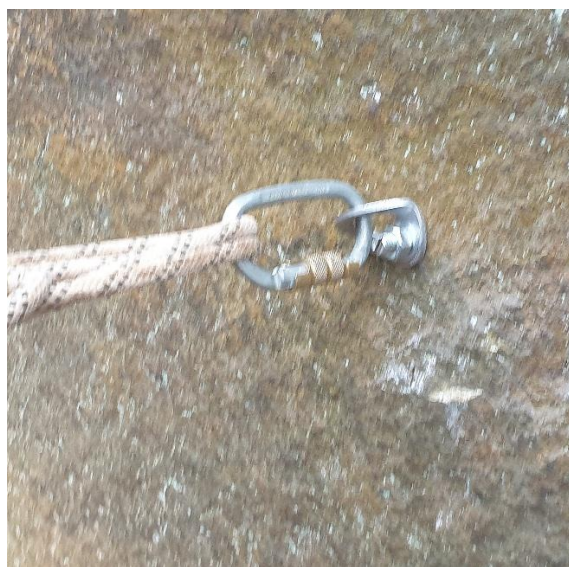
Dabei erfolgte eine radiale Belastung per Handzug über mehrere Flaschenzüge. Die maximal aufgebrachte Last betrug 12 kN, dann versagte der verstärkte Baumarkt-Flaschenzug (3vs4 Rollen, 8 mm Zugseil).



Falk Thieme beim radialen Lasttest unter Verwendung mehrerer gekoppelter Flaschenzüge. Ganz rechts der zu prüfende Anker. Links oben ein Fixpunkt mit der gegen Absturz gesicherten Kraftmessdose. Links unten ein zweiter Fixpunkt, gegen den mit einem verstärkten Flaschenzug 4vs3 Rollen/8mm-Seil gezogen wird. Der Prüfer links zieht über einen weiteren einfachen Flaschenzug.



Bei 12 kN zerstörter Flaschenzug nach radialer Belastung. Die Schwachpunkte waren hier die Bleche des Rollenblocks.



Situation axiale Belastung.

Bei der axialen Belastung per Handzug konnte nur eine Maximalbelastung von fast 2,5 kN erreicht werden, da der Baumarkt-Flaschenzug nicht mehr zur Verfügung stand.

In beiden Fällen zeigte der Anker keinerlei signifikante Verformung oder Auszug. Mit Hilfe dieser Konstellation an Flaschenzügen konnte zwar die prinzipielle Tauglichkeit des Ankers für die geplanten Zwecke überprüft, aber die geforderten Mindestnormwerte nicht annähernd erreicht werden.

Nach diesem Test des Prototyps fertigte Falk Thieme 20 Exemplare des Ankers. Die Aufgabe des Rändelns der Spreizhülse übernahm freundlicherweise eine Lehr-Werkstatt der TU Dresden.

Mit einem professionellen Lasttest auf einer Axial-Zugprüfmaschine war das Ziel verbunden, das Verhalten des Ankers unter radialer und axialer Belastung bis zum endgültigen Versagen zu erkunden.

3.4.2 Prüfung des Ankers

Die folgenden Tests wurden am 11.01.2025 in einem dafür ausgestatteten Prüflabor an der TU Dresden mit entsprechend geschultem Personal durchgeführt. Das Labor stellte die Prüfmaschinen und die Betonwürfel zur Verfügung. In Vorbereitung auf die beiden Tests wurden die Betonwürfel gebohrt und die Anker eingesetzt, wobei hier schon das erste Problem offensichtlich wurde: In harten Gesteinen lässt sich der Anker nicht in das Loch einführen, wenn das Loch mit einem 16 mm SDS-Bohrer gebohrt wurde. Im Labor wurde daher das Loch auf 16,5 mm erweitert. Die Mutter wurde nicht mit einem Drehmomentschlüssel auf einen bestimmten Wert und auch nicht von Hand mit maximaler Kraft festgezogen, sondern nur gerade so fest, dass sich die Winkellasche nicht mehr bewegen ließ. In die Winkellasche wurde ein Stahlkarabiner mit Trilock-Sicherung eingehängt (Bruchlast mind. 40 kN).



Portal-Zugprüfmaschine mit computergesteuerter Messvorrichtung

Die Messungen wurden mit einer Geschwindigkeit von 1 mm pro Minute durchgeführt und die Daten sowohl numerisch als auch grafisch über ein Hubweg-Kraft-Diagramm erfasst.

Axiale Belastung des Ankers

Der axiale Test ist quasi ein Auszugsversuch. Um die Belastbarkeit und das Verhalten unter realen Verwendungsbedingungen zu prüfen, wurde mit der aufgesetzten Winkellasche gearbeitet. Damit erfolgt der Lastangriff nicht in Längsachse des Gewindestabes, sondern leicht seitlich versetzt. Dies bewirkt eine Hebelwirkung auf den Gewindestab.

Bei ca. 2 kN hatte sich die Winkellasche ca. 1 mm abgehoben, bei 2,8 kN um ca. 2 mm. Bei 3,8 kN (3 mm Hub) begann sich der Schenkel der Winkellasche am Lastangriff zu verformen. Bei einem Hub von 4 mm und einer Kraft von 4,5 kN hatte sich der Anker ca. 2 mm aus dem Betonblock bewegt. Mit weiterer Laststeigerung wurde der Keil nun zunehmend in die Spreizhülse hineingezogen, bis die maximale Spreizfähigkeit erreicht war und der Keil nun maximalen Druck auf das Bohrloch ausübte. Bei sofortiger Entlastung des Ankers in dieser Situation wäre die Mutter nun locker gewesen und hätte nachgezogen werden können. Der Test wurde aber nicht unterbrochen, so dass die ca. 10 mm von der Rohrhülse einseitig abgehobene Bohrhakenlasche den nun gut sichtbaren Gewindebolzen (M12) ebenfalls langsam weiter verbiegen konnte. Mit konstant steigender Last verformten sich Winkellasche und Gewindebolzen weiter.



Die maximale Kraft wurde bei 18,7 kN gemessen, wobei sich das System um 29 mm verformt hatte. Anschließend fiel die Last wieder ab, nur der Gewindebolzen verbog und dehnte sich im Austrittsbereich weiter, bis er bei 15,3 kN und einem Weg von 30,7 mm infolge der Verbiegung und der Kerbwirkung des Gewindes brach.



Situation unmittelbar vor dem Bruch von beiden Seiten



*Verformte Winkellasche
und gebrochener Gewinde-
bolzen*

Zur Gesamtbeurteilung wurde der Betonwürfel nach dem Test auf der Ebene des Bohrlochs mit einer speziellen Presse gespalten und der Anker somit freigelegt. Dadurch war deutlich zu erkennen, dass der Keil fast vollständig in die Spreizhülse eingedrungen war. Spreizhülse und Rohrhülse waren unbeschädigt. Unmittelbar am Austrittsbereich war die Verbiegung des Gewindebolzens am stärksten, wo letztlich auch der Bruch eintrat. Das abgebrochene Gewindestück mit Winkellasche, Scheibe und Mutter war dagegen kaum beschädigt, die Mutter ließ sich leicht von Hand bewegen. Am Bohrlochaustritt des Betonwürfels waren nur minimale Ausplatzungen zu sehen. Im Bereich des Konus war das Gewinde M12 so stark beansprucht, dass der Konus nicht mehr von Hand gedreht werden konnte.



Maschine zum Spalten des Betonwürfels



Der freigelegte Anker

Im Sinne des Normwertes konnte die Forderung nach EN959 (15 kN) erreicht werden, nach UIAA (20 kN) jedoch nicht. In unserem Fall wurde aber nicht die Haltekraft im Felsen oder die Zugfestigkeit des Gewindebolzens überschritten, sondern ein Zugversuch mit einer realistisch angreifenden Kraft über die Winkellasche durchgeführt, der zu Biegekräften führte. Dieser Lastfall könnte z. B. auftreten, wenn für das Klettern ein solcher Anker in einem überhängenden Felsdach eingebaut wird und dann nach unten auf Auszug belastet wird. Ein anderer praxisnaher Fall wäre die Befestigung von Tragseilen für eine Seilbahn oder einer vergleichbaren Konstruktion, die waagerecht von der Felswand wegführen und den Anker damit auf Auszug belasten.

Radiale Belastung des Ankers

Die Belastung beim radialen Test entspricht dem häufigsten Belastungsfall des Fixpunktes, also einer Belastung nach unten in einer senkrechten Wand. Auch hier wurde mit der Winkellasche gearbeitet.

Bei ca. 1,5 kN hatte sich die Winkellasche ca. 1 mm langgezogen, bei 2,3 kN um ca. 2 mm. Bei 10 kN (6,6 mm Hub) begann sich der Schenkel der Winkellasche am Lastangriff sichtbar zu verformen.



Horizontaler Bruch des Betonwürfels bei ca. 30 kN

Auszugsprüfung



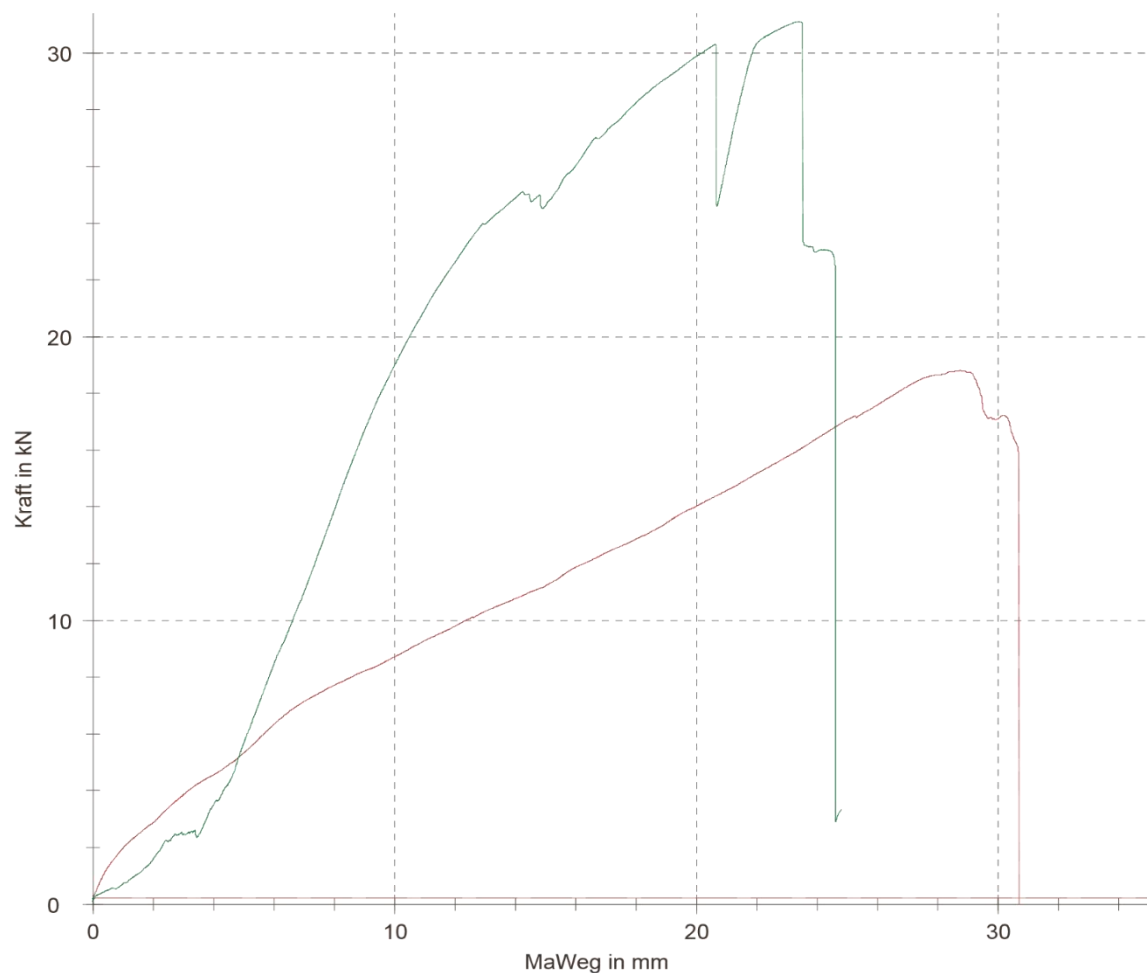
Prüfprotokoll

OML-Projektnummer	: 0	Serienbezeichnung	: Ankerauszug
Projektname	: Ankerauszug	Lagerung	: Hallenlagerung
Auftraggeber	: Bergrettung	Prüfgeschwindigkeit Serie	: 1 mm/min
Prüfdatum	: 01.01.2024	Prüfer	: G. Berger

Prüfergebnisse:

Legende	Probe	F_{\max} N	dL bei F_{\max} mm	Bemerkung Probe
 	Senkrecht	18800	28,7	
 	Horizontal	31100	23,4	

Seriengrafik:



Bei einer Last von 30,1 kN und einem Weg von 20,7 mm brach der Betonwürfel horizontal. Damit sank die Messkraft schlagartig auf 24,6 kN, die Last wurde nun vollständig vom System der Einspannung des Betonwürfels übernommen. Damit konnte trotz des Risses bei weiterem Weg die Last wieder ansteigen.

Die maximale Kraft wurde mit 31,1 kN gemessen, wobei sich das System bis dahin um 23,5 mm verformt hatte. Anschließend begann die Winkellasche zu versagen, bis sie bei einer Last von 22,1 kN und einem Weg von 24,6 mm aufriss.

Auch wenn die Winkellasche gebrochen ist und der Gewindebolzen gehalten hat, so wurde der Gewindebolzen doch deutlich verbogen. Der Bereich der stärksten Biegung lag dabei wenige Millimeter im Felsen. Durch die Querbelastrung hat der Gewindebolzen die Last auf die Rohrhülse übertragen und diese wiederum die Last auf den Felsen, wobei dieser im Randbereich deutlich ausgeplatzt und leicht gerissen ist. Dadurch hat sich auch die Rohrhülse im Randbereich leicht verformt. Bei welcher Last diese Verformung eingetreten ist, konnte nicht beobachtet werden.

Im Sinne des Normwertes konnte die Forderung der Normen (25 kN) in Bezug auf die radiale Belastung erreicht werden.

3.5 Zusammenfassung

Die Verwendung des Ankers ist sicherheitsrelevant und muss geübt werden. Dazu gehört auch das Erkennen geeigneter und ungeeigneter Stellen zum Anbringen des Ankers. Da durch die Keilwirkung des Expansionsankers eine große radiale Beanspruchung des Gesteins im Inneren des Bohrlochs ausgeübt wird, ist bei der Wahl der Bohrlochposition sorgfältig darauf zu achten, dass er nicht in der Nähe von erkennbaren Felsrissen, Abplatzungen, bereits abgelösten Gesteinspartien, Schuppen usw. gesetzt wird.

Einbau in den Felsen:

Bohren des Lochs, 190-200 mm tief. Wird zu tief gebohrt, hat das zwar keinen Einfluss auf die Belastbarkeit des Systems, aber es ist möglich, dass beim Ausbau bei nach hinten abfallendem Winkel des Loches der Konus nicht mit dem Gewindestab geborgen werden kann. Beim Bohren ist außerdem auf eine geradlinige Führung der Maschine zu achten, damit ein zylindrisches Loch entsteht. Das Loch ist nach dem Bohren zu reinigen (ausblasen, ausbürsten).

Der Anker wird komplett montiert in das Loch eingeführt. Die Rohrhülse soll bündig mit dem Felsen abschließen. Die Winkellasche wird belastungsgerecht ausgerichtet und die Mutter gerade so fest angezogen, dass die Winkellasche nicht mehr von Hand bewegt werden kann. Durch das Anziehen der Mutter wird der Gewindestab herausgezogen, dadurch der Keil in die Spreizhülse gezogen und der Anker so im Gestein verspannt. Sollte sich beim Anziehen der Mutter der Gewindestab mitdrehen, muss er mit Hilfe eines Schraubendrehers fixiert werden.

Anschließend ist der Anker sofort belastbar.

Ausbau aus dem Felsen:

Die Mutter wird gelöst und so weit herausgedreht, bis sie bündig mit dem Gewindestab abschließt. Anschließend wird mit einem Hammer der Anker mit einem kräftigen Schlag in den Felsen zurückgeschlagen, um hinten den Konus aus der Spreizhülse zu drücken und so die Klemmwirkung aufzuheben. Mitunter kann der Anker jetzt schon bewegt und in einem Stück geborgen werden.

Wenn nicht, sind die Teile Mutter, Unterlegscheibe und Winkellasche abzubauen. Der Gewindestab wird herausgeschraubt und die Rohrhülse aus dem Felsen gezogen. Anschließend wird mit einem zusätzlichen Gewindestab M14 („Auszieher“) die Spreizhülse geborgen, indem dieser eingeführt und ca. ½ Umdrehung in die Spreizhülse eingeschraubt wird. Anschließend kann die Spreizhülse herausgezogen werden. Wenn das nicht geht, ist der Konus immer noch in der Hülse verspreizt (Entlastung wiederholen). Nach dem Bergen der Spreizhülse kann nun mit dem Gewindestab M12 der Konus geborgen werden.

Wenn alle Teile geborgen und gereinigt sind, kann der Anker wieder zusammengebaut werden und steht für die erneute Verwendung zur Verfügung.

Wie bereits beschrieben, gibt es in den harten kristallinen Gesteinen und Beton das Problem, den Anker in das Bohrloch einzuführen, da der Bohrer einen Außendurchmesser von 16 mm hat und Spreiz- und Rohrhülse mit 16 mm Außendurchmesser gefertigt sind. Im Sandstein und weichen (!) Gips gibt es das Problem nicht, da das Bohrloch immer automatisch etwas größer ausfällt. Sollte ein mobiler Anker in harten Gesteinen gebraucht werden, können nach wie vor die alten Spreizanker verwendet werden. Außerdem wurden für diesen Fall fünf der hier beschriebenen Anker auf Außendurchmesser 15 mm abgedreht, entsprechend farblich gekennzeichnet und ihre Funktion in Syenit und Anhydrit erfolgreich getestet.

Fazit:

Bei der radialen Belastung des Ankers ist die Winkellasche das schwächste Element, die nach einer Phase der deutlich sichtbaren Verformung letztlich aufreißt.

Bei der axialen Belastung wird über die Winkellasche eine Hebelwirkung erzeugt, wodurch sich der Gewindestab zuerst deutlich sichtbar verbiegt und letztlich im Bereich der Lasche abreißt. Auch hier wird die Winkellasche vor dem Bruch des Gewindestabes deutlich verformt.

Das Versagen des Ankers kündigt sich also bei quasistatischer Beanspruchung durch die jeweilige Verformung an. Der Anker ist insbesondere beim Arbeiten mit großen Lasten daher ständig zu beobachten und bei sichtbaren Verformungen unverzüglich der Vorgang zu stoppen.

Hinweis:

Alle Tests wurden nach bestem Wissen und Gewissen, aber nicht von einem UIAA-zertifizierten Testlabor durchgeführt. Weder der Autor noch der Hersteller noch das Testlabor übernehmen eine Garantie für Schäden, die aus dem Einsatz dieses Ankers entstehen. Ich danke den Mitarbeitern des Testlabors für die Durchführung der Prüfung des Ankers. Falk Thieme danke ich für die konstruktiven Ratschläge, die handwerklichen Arbeiten und die Unterstützung bei den Vortests. Thomas Albert (Bergwacht Dresden), der mich seinerzeit schon bei den Tests der ersten Anker-Generation unterstützt hat, danke ich für die Durchsicht des Manuskripts und die vielen sachdienlichen Hinweise.

Quellen:

Bolting 2024

<https://bolting.eu/en-959-uiaa-123-bohrhaken-norm/> (30.12.2024)

DIN EN 959

DIN EN 959:2019-04. Bergsteigerausrüstung- Bohrhaken - Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 959:2018

<https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nasport/veroeffentlichungen/wdc-beuth:din21:288270562> (30.12.2024)

KTA 2015

Claudius Lein, Rocco Ganzert, Wido Woicik: Mitteilungen der KTA: Auszugsversuche von Sicherungsringen am Bärenstein und Gamrig. Ausführliche Version zum MTB-Artikel Q3/2015

Simmert 2010

Hartmut Simmert (2010): Eine temporäre Felsverankerung für den Einsatz im Sandstein der Sächsischen Schweiz. In „Mitteilung“ 1/2010 (37) S. 11-20, Hrsg. Höhlen- und Karstforschung Dresden e.V.

UIAA 2020

Rock Anchors - Climbing and Mountaineering Equipment. Version UIAA 123_V4. Bern 2020

<https://www.theuiaa.org/safety/safety-standards//> (30.12.2024)



Während der Vermessung des Brunnens Kloster Lehnin (Foto: Alexander Ramm)