Höhlen in unterkühlten Schutthalden im Osten Südtirols

ZUSAMMENFASSUNG

Eine unterkühlte Schutthalde ist ein auf dem sogenannten Kamin-Effekt beruhendes thermisches Phänomen, das an etlichen Stellen in den Alpen vorkommt. In solchen Schutthalden können Höhlen ausgebildet sein; sie wurden von der Höhlenforschung aber bislang kaum beachtet. Im Osten Südtirols konnten sieben Höhlen in unterkühlten Schutthalden dokumentiert werden. Sie alle sind vom Typ her Blocküberdeckungshöhlen und liegen im unteren, unterkühlten Bereich der Halden. Die mit 83 m längste Höhle ist der Kalte Keller in Rein. An zweiter Stelle folgt der Hohle Stein I mit 50 m. Die übrigen Objekte sind wesentlich kleiner. Zumindest zwei Höhlen (Kalter Keller, Eishöhle bei Uttenheim) wurden früher genutzt, um verderbliche Lebensmittel zu lagern. Im Kalten Keller lag die mittlere Temperatur zwischen Ende Juli 2017 und Anfang Juli 2019 bei –0,9 °C. Dieser Wert liegt deutlich unter der Durchschnittstemperatur, die zur selben Zeit in Rein gemessen wurde (+3,8 °C). In der Höhle Hohler Stein I stieg die Temperatur im Sommer 2018 bis knapp über +12 °C an. Die anderen Höhlen erwärmten sich nicht so stark. Beispielsweise lag die Lufttemperatur in der Eishöhle bei Uttenheim Mitte August 2018 bei +4,8 °C. Die Bewetterung der Höhlen ist saisonal verschieden und je nach Konfiguration der Schutthalde unterschiedlich stark ausgeprägt. Es zeigt sich, dass ein enges, weitläufiges Hohlraumsystem mit großem Höhenunterschied zwischen den oberen und unteren Tagöffnungen förderlich für die Unterkühlung einer Schutthalde ist.

ABSTRACT

Caves in undercooled scree slopes in the eastern part of South Tyrol

An undercooled scree slope is a thermal phenomenon common in several localities in the Alps and involves the so-called chimney-effect. Caves are locally present in such scree slopes but have mostly been neglected by speleologists. Seven such caves were documented in the eastern part of South Tyrol. These non-karstic cavities occur in the lower, undercooled part of these slopes. Kalter Keller located in Rein is the longest such cave (83 m long), followed by Hohler Stein I (50 m in length). At least two of these caves, Kalter Keller and Eishöhle near Uttenheim, were previously used by local people to store perishable food. The mean air temperature in Kalter Keller between end of July 2017 and early July 2019 was –0.9 °C, which is significantly lower than the mean air temperature measured at the meteorological station in Rein (+3.8 °C). The air temperature in Hohler Stein I increased to slightly above +12 °C during summer 2018. The other caves showed less summer warming, e.g. the temperature in Eishöhle near Uttenheim reached +4.8 °C in August 2018. The ventilation of these caves changes seasonally and its intensity varies depending on the geometry of these caves and scree slopes. A narrow but extensive network of conduits combined with a large elevation difference between the lower and upper end of the permeable scree slope leads to a strong thermal anomaly and hence a pronounced cooling of the lower entrances.

Andreas Treyer
Eggerweg 9
39030 Olang/Geiselsberg, Italien
andreas.treyer@rolmail.net

Eingelangt: 15.3.2020
Angenommen: 29.4.2020

EINLEITUNG

Ein im Alpenraum an etlichen Stellen anzutreffendes thermisches Phänomen ist jenes der unterkühlten Schutthalden. Damit werden Schutthalden bezeichnet, *„bei denen die unteren Bereiche […] infolge eines mit jenem der dynamischen Eishöhlen vergleichbaren Windröhrensystems wesentlich unter das Jahresmittel der Lufttemperatur der Umgebung abgekühlt werden und teilweise sogar ganzjährig Eis beinhalten."* (Wakonigg, 1996: 209) Vereinfacht ausgedrückt sind es Schutthalden, an deren Fuß im Sommer kalte Luft austritt, oft begleitet von Eisbildungen. Schriftliche Zeugnisse darüber reichen bis in das 17. Jahrhundert zurück (Punz et al., 2005). Noch älter ist das Wissen darüber in der lokalen Bevölkerung, die die austretende Kaltluft früher zur Kühlung von Lebensmitteln nutzte (z.B. Hell, 1936; Wakonigg, 1998, 2017).

Unterkühlte Schutthalden wurden, obwohl es sich immer um das gleiche Phänomen handelt, mit unterschiedlichen Namen belegt, wie etwa Eisloch, Kaltloch, Windloch, Windröhre, Wetterloch, Eiskeller, Kantine, Ventarole und dergleichen (Wakonigg, 1996; Punz, 2018). Steiner (1992, 2005) bezeichnete einige Schutthalden aufgrund von Vermoorungen als Kondenswassermoore.

So verschieden wie die Namen waren auch die Hypothesen, die formuliert wurden, um die Unterkühlung einer Schutthalde zu erklären. Viele Autoren waren der Meinung die Kälte entstehe im Sommer durch die Verdunstung des in der Halde befindlichen Wassers (z.B. Canaval, 1893; Weiss, 1958; Schaeftlein, 1962; Hölzel, 1963; Schindler et al., 1976). Erst Wakonigg (1996) machte darauf aufmerksam, dass diese Erklärung unzutreffend ist (weil physikalisch unmöglich). Von ihm stammt auch die derzeit gültige Theorie (Wakonigg, 1996, 2001, 2006), die an die Funktionsweise von dynamisch bewetterten Eishöhlen angelehnt ist.

MERKMALE UND FUNKTIONSWEISE

Grundvoraussetzung für die Ausbildung einer unterkühlten Schutthalde ist die Wegsamkeit der Halde für Luft. Das heißt, die Hohlräume zwischen den Steinen dürfen nicht durch Feinsediment verstopft sein. Darüber hinaus muss dieses unterirdische Hohlraumsystem über mindestens zwei Tagöffnungen verfügen, welche sich in unterschiedlicher Höhenlage befinden und wo die Luft eintreten oder entweichen kann. Diese Tagöffnungen können verschieden ausgebildet sein: Entweder handelt es sich um größere Löcher oder gar Höhlen, oder die Öffnungen sind klein und über eine größere Fläche verteilt. Ein großer Höhenunterschied zwischen den Tagöffnungen begünstigt in der Regel die Unterkühlung der Schutthalde. Inwieweit sich die oberflächliche Abdichtung der Halde durch Bewuchs günstig auf die Unterkühlung auswirkt, ist noch nicht restlos geklärt (Wakonigg, 2006). Eigenen Beobachtungen zufolge scheinen die Exposition und das Material der Schutthalde hingegen eine untergeordnete Rolle in Bezug auf den Abkühlungseffekt zu spielen.

Dadurch, dass die Luft im Inneren der Schutthalde durch die Tagöffnungen mit der Außenluft in Verbindung steht und zirkulieren kann, stellt sich ein Luftstrom ein, der je nach Jahreszeit unterschiedlich ist (Abb. 1), der sogenannte Kamin-Effekt (z.B. Morard & Delaloye, 2010): Im Winter, wenn die Außenluft kälter und damit dichter ist als die Luft im Inneren der Halde, steigt die wärmere (und leichtere) Luft in der Schutthalde nach oben und tritt an sogenannten Warmlöchern aus. Gleichzeitig wird unten, meist am Fuß der Schutthalde, kalte Außenluft angesaugt. Die kalte Luft kühlt dabei den unteren Haldenbereich bis unter den Gefrierpunkt ab, während der obere Haldenbereich thermisch begünstigt bleibt, da sich die Luft auf dem Weg nach oben der Gesteinstemperatur anpasst und leicht erwärmt. Im Sommer kehrt sich der Luftstrom um: Die im Vergleich zur Außenluft kühlere Luft sinkt im Haldeninneren nach unten und strömt am Fuß aus, und warme Außenluft wird durch die oberen Öffnungen angesogen. Auch in diesem Sommermodus ist der obere Haldenbereich thermisch begünstigt, da jetzt die nach unten strömende Luft im Kontakt mit dem (im Winter unterkühlten) Gestein sowie insbesondere im Kontakt mit Eis abkühlt. Im Gegensatz zum oberen Haldenbereich ist der untere Bereich also ständig kühlen Temperaturen ausgesetzt; sprich er ist „unterkühlt". Die Luftströmung in der Schutthalde kann zeitweise auch stagnieren. Dies ist im Frühjahr oder Herbst der Fall, wenn die Temperatur bzw. Dichte der Außenluft identisch mit jener im Inneren der Schutthalde ist. Eine solche Stagnation währt aber meist nur kurz. Viel häufiger sind in den Übergangsjahreszeiten oftmalige Richtungswechsel der Luftströmung zu beobachten, etwa wenn während der Nacht ein aufwärts gerichteter Luftstrom vorherrscht und tagsüber ein abwärts gerichteter (Wakonigg, 1996, 2006, 2017).

Was die Bildung von Eis in einer unterkühlten Schutthalde anbelangt, so erfolgt diese hauptsächlich im Frühjahr mit einsetzender Schneeschmelze. Dann

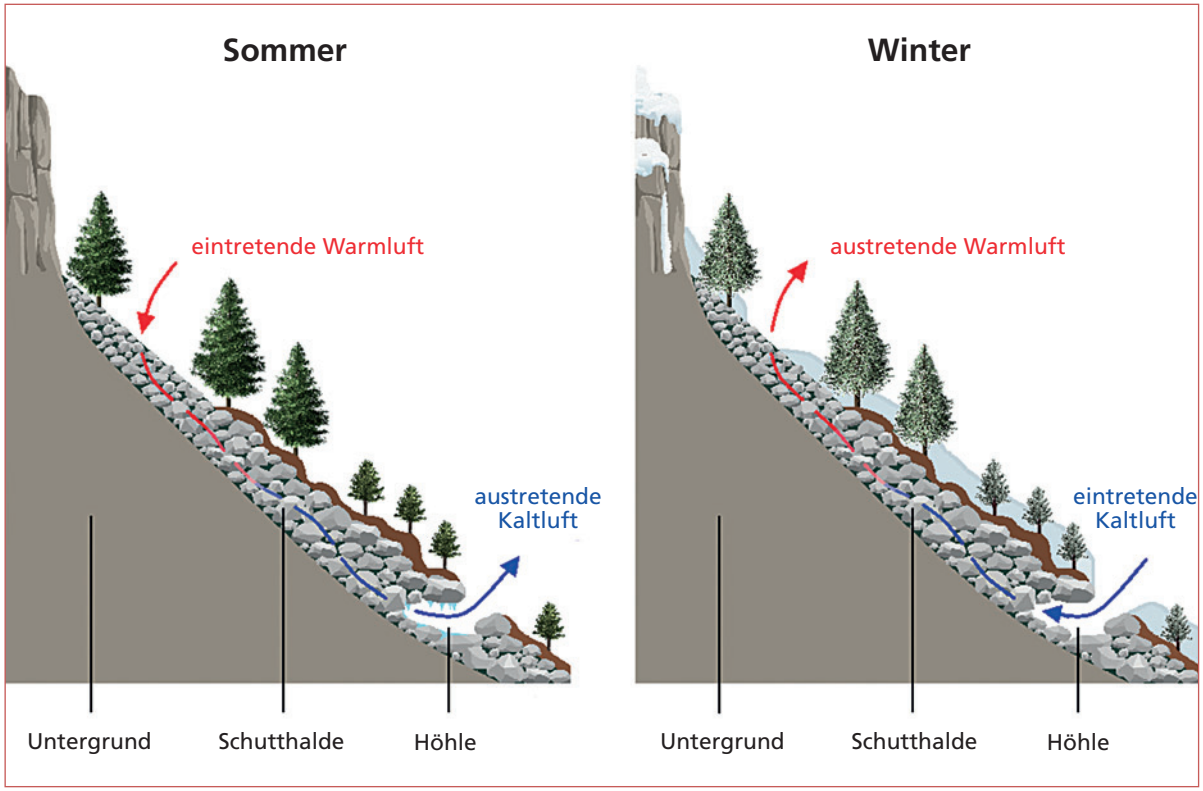

Abb. 1: Vereinfachter Längsschnitt einer Schutthalde mit einer Blocküberdeckungshöhle am Haldenfuß und deren saisonal wechselnde Bewetterung.
Fig. 1: Simplified longitudinal section of a scree slope showing a seasonally changing air flow pattern. Grafik: A. Treyer

dringt kaltes Schmelzwasser in die Schutthalde ein und gefriert dort im unteren (unterkühlten) Bereich. Es entstehen an den Felsen Eiszapfen, Eisvorhänge und Eisüberzüge, die bis in den Sommer, manches Jahr sogar ganzjährig anhalten können. Mit der Bildung von Eis im Untergrund ist aber auch eine Erwärmung des Gesteins verbunden, da beim Gefrieren von Wasser latente Wärme frei wird. Dementsprechend steigt die Temperatur im unteren Teil der Schutthalde (die im Winter deutlich unter 0 °C liegt) während der Schneeschmelzperiode relativ rasch bis zum Gefrierpunkt an (Wakonigg, 2001, 2006, 2017). Bis das Eis in der Schutthalde abgeschmolzen ist, trägt dieses zur Abkühlung des nach unten ziehenden Luftstromes bei. Man misst dann Temperaturen an den unteren Tagöffnungen von nur knapp über 0 °C. Erst nach dem Abtauen des Eises steigt die Temperatur leicht an.

Der Abbau des Eises geschieht zum einen durch relativ warme Regenwässer, die in die Schutthalde eindringen, und zum anderen durch die fühlbare und latente Wärme des nach unten ziehenden Luftstromes. Die latente Wärme wird bei der Kondensation der Luftfeuchtigkeit am Eis und kalten Gestein frei.

Dass eine unterkühlte Schutthalde mit ihren Temperaturanomalien auch Einfluss auf die Tier- und Pflanzenwelt vor Ort haben kann, soll hier nur erwähnt werden (z.B. Christian, 1987; Hafellner & Magnes, 2002; Körner & Hoch, 2006; Brunner et al., 2013).

UNTERSUCHUNGSGEBIET

Punz (2018) listet 107 unterkühlte Schutthalden in den Ostalpen auf. Allein in Südtirol hat er 21 Objekte ausfindig gemacht. Die dort wohl bekannteste unterkühlte Schutthalde sind die Eislöcher bei Eppan (Pfaff, 1933; Burga et al., 2005). Diese werden auch touristisch genutzt. Die anderen Objekte sind auf das ganze Land verteilt. In den letzten Jahren hat der Autor eine Bestandsaufnahme der unterkühlten Schutthalden für den östlichen Teil Südtirols vorgenommen. Das untersuchte Gebiet umfasst das Pustertal samt seiner Seitentäler. Dabei konnten mehrere bislang unbekannte Objekte registriert werden. In einigen Fällen

wurden Höhlen in den Schutthalden angetroffen, sogenannte Blocküberdeckungshöhlen (Plan & Oberender, 2016), die allesamt im unteren, also unterkühlten Bereich liegen (Abb. 2). Die Höhlen wurden vermessen und dokumentiert und werden hier vorgestellt. Des Weiteren werden die Ergebnisse von Temperaturmessungen mitgeteilt, die in den Höhlen gemacht wurden. Messergebnisse liegen zusätzlich von einigen Warmlöchern und der Außenluft vor. Damit lässt sich das Verhalten des jeweiligen Hohlraumsystems besser beurteilen. Die Messungen erfolgten mit einem geeichten Widerstandsthermometer. Die Außenlufttemperatur wurde in 2 m Höhe und in genügendem Abstand zu den Luftaustrittsöffnungen gemessen. In einem Fall – dem Kalten Keller in Rein – wurden auch Dauerregistrierungen der Lufttemperatur sowohl in der Höhle als auch an einer Öffnung im oberen Haldenbereich durchgeführt. Schließlich wurden in zwei Höhlen (Kalter Keller, Hohler Stein I) Rauchversuche unternommen, um auf das Verhalten der Luftströmungen schließen zu können.

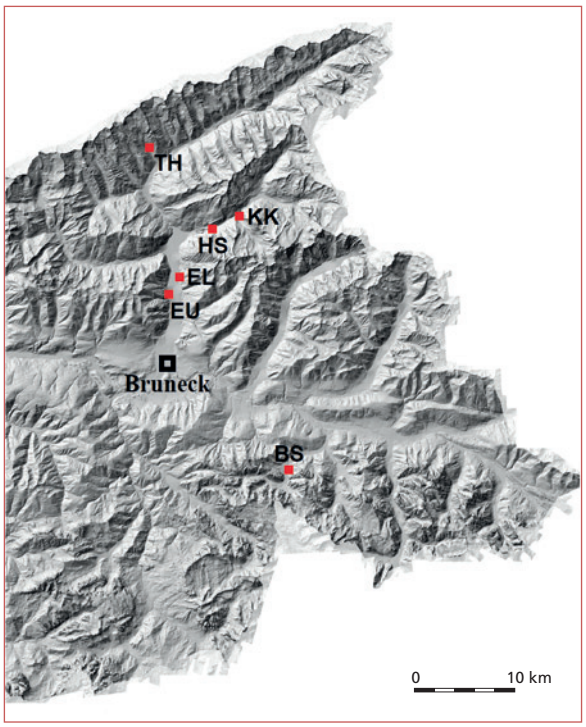

Abb. 2: Karte vom Osten Südtirols mit der Lage der im Text beschriebenen Höhlen. KK.. Kalter Keller, HS.. Hohler Stein I und II, TH.. Teufelhaus, EL.. Eisloch beim Einödhof, EU.. Eishöhle bei Uttenheim, BS.. Bärenseablloch. Kartengrundlage: GeoBrowser der Autonomen Provinz Bozen.
Fig. 2: Map of the eastern part of South Tyrol showing the location of caves described in this article. KK.. Kalter Keller, HS.. Hohler Stein I and II, TH.. Teufelhaus, EL.. Eisloch beim Einödhof, EU.. Eishöhle bei Uttenheim, BS.. Bärenseablloch. Source: GeoBrowser of the Autonomous Province Bozen.

KALTER KELLER IN REIN

Beschreibung der Schutthalde

Südwestlich der Ortschaft Rein liegt am Rande des flachen Talbodens die Putzeralm (1528 m Seehöhe). Unmittelbar dahinter breitet sich eine Schutthalde aus, die aus Felsstürzen vom Putzberg (2415 m) hervorgegangen ist. Die Halde besteht aus Tonalit und ist im Durchschnitt 32° steil. Ihr Fußpunkt liegt bei 1540 m Seehöhe, das obere Ende befindet sich auf etwa 1700 m, was einer Höhendifferenz von 160 m entspricht. Aufgebaut ist die westexponierte Halde aus teils zimmergroßen Blöcken im unteren Bereich; weiter oben nimmt der Durchmesser der Blöcke ab, erreicht dort aber immer noch 1–2 m. Im unteren Drittel weist die Schutthalde Baumbewuchs auf, im Mittelteil ist sie nahezu kahl, während ganz oben wieder lichter Baumbewuchs vorhanden ist.

Höhlenbeschreibung

Direkt am Fußpunkt der Halde und ca. 70 m von der Putzeralm entfernt befindet sich eine Höhle, die in der Bevölkerung als Kalter Keller bekannt ist. Der Name zeugt von der ehemaligen Verwendung der Höhle als Kühlkeller. Und auch vor der Höhle stand früher ein Kühlgebäude. Noch heute sieht man dort zwei bis zu 2 m hohe Trockenmauern, die einst ein Dach trugen. Auf einer Abbildung bei Bacher (2010) sind noch Reste des Daches zu sehen. In dem Gebäude, das ca. 4,5 m lang und 3,5 m breit war, wurde die aus der Höhle im Sommer tretende Kaltluft aufgefangen, um damit Lebensmittel zu kühlen.

Der Kalte Keller verfügt über drei Eingänge. Der *Haupteingang* (1540 m) ist derjenige, aus dem im Sommer die kalte Luft entweicht und der sich direkt hinter dem ehemaligen Kühlgebäude befindet (Abb. 3). Dieser Eingang ist zweigeteilt: Rechts ist er als schmaler Spalt ausgebildet, der nur kriechend zu bewältigen ist, links ist die Öffnung größer; hier betritt man normalerweise die Höhle. In beiden Fällen gelangt man aber in den gleichen Raum dahinter, den *Eingangsraum*. Dort gibt es drei Fortsetzungen: Erstens einen Schlufgang ganz im Norden, der jedoch nach wenigen Metern endet. Dann einen Gang in der Mitte des Raumes, wobei man hier zunächst eine Stufe überwinden muss. Und drittens eine versteckte

Abb. 3: Der Haupteingang des Kalten Kellers. Davor sieht man Reste der Trockenmauern des verfallenen Kühlgebäudes.
Fig. 3: Main entrance of Kalter Keller with remnants of the dry wall of the former building used to cool food. Foto: A. Treyer

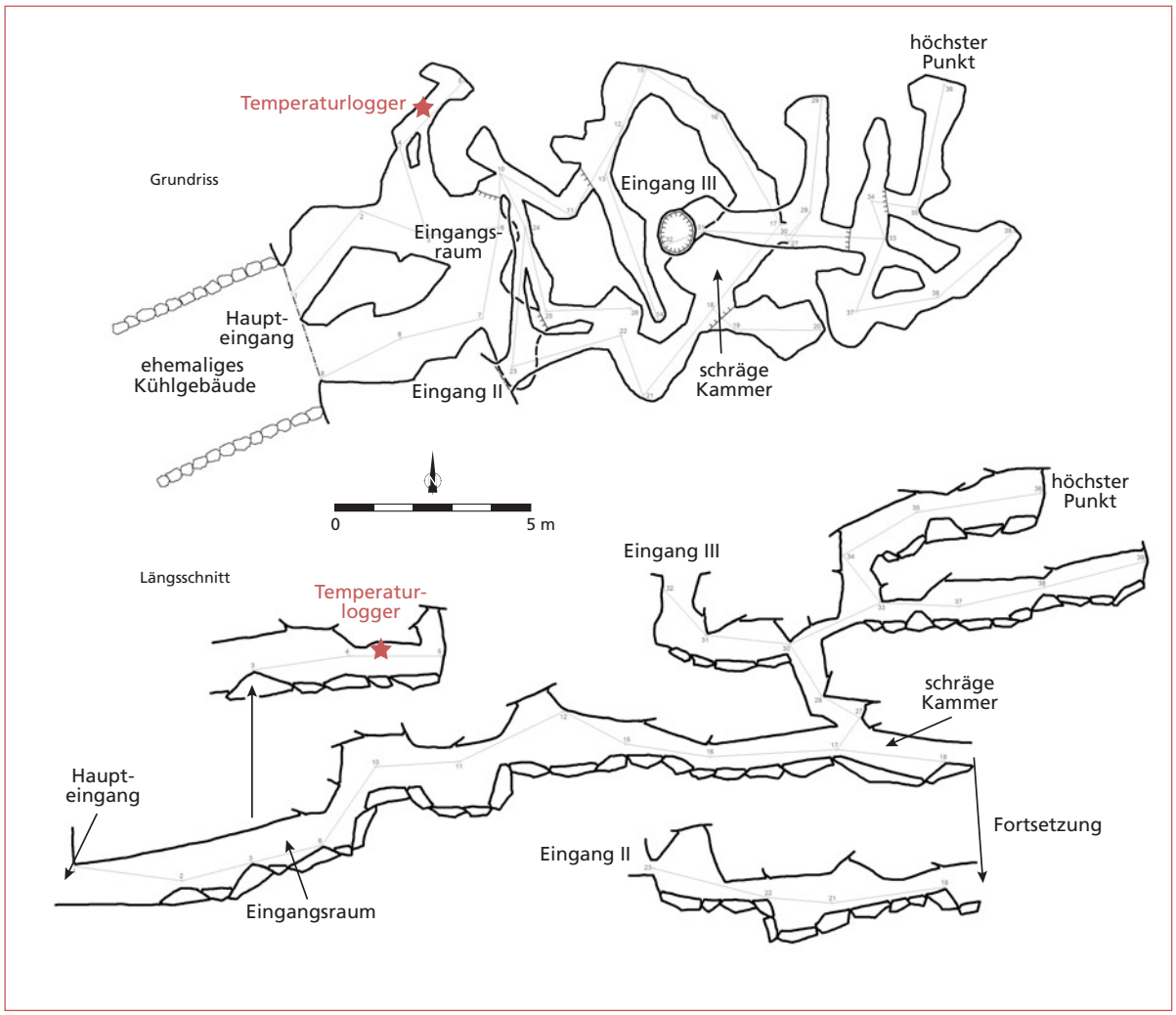

Abb. 4: Grundriss und Längsschnitt des Kalten Kellers mit der Lage des Temperaturloggers.
Fig. 4: Plan view of Kalter Keller with the location of the temperature logger.

Abzweigung, die sich in der Südostecke des Raumes befindet. Folgt man dem Gang in der Mitte, so gelangt man im Zickzack und teils schliefend in eine niedere Kammer mit schräger Decke und schrägem Boden (*Schräge Kammer*). Von dort kann man durch enge Passagen in Gegenrichtung wieder den *Eingangsraum* erreichen (und zwar an der Südostecke). Man vollführt hier also einen Rundgang, der auch einige Sackgassen, Verbindungsgänge und die Einmündung von *Eingang II* bereithält, sodass der ganze Höhlenabschnitt labyrinthisch erscheint. An ein Labyrinth erinnert auch der hinterste Höhlenteil. Dieser zweigt bei der *Schrägen Kammer* ab und teilt sich gleich anschließend in zwei Richtungen: Nach Westen kann man über zwei Kletteraufstiege den *Eingang III* erreichen, oder man folgt der Höhle nach Osten. Hier ist zunächst ein anstrengender, aufwärts führender Schluf zu überwinden, danach kommt man in eine Reihe von Gängen, die wieder zusammentreffen und zum höchsten Punkt der Höhle, 11 m über dem Eingang, führen. Die Gesamtlänge des Kalten Kellers beträgt 83 m (Abb. 4).

Ergebnisse der Temperaturmessungen

Noch im Mai liegen am Fuß der Schutthalde beim Kalten Keller viele Schneereste, wenn sonst schon alles aper ist. In der Höhle selbst findet man ab dem Frühjahr massive Vereisungen, besonders im *Eingangsraum*, aber auch in den hinteren Teilen. Die Eisbildungen verschwinden oft erst mit Ende Juli. Im Gegensatz dazu lassen sich im oberen Teil der Schutthalde (zwischen ca. 1660 und 1690 m Seehöhe) selbst in schneereichen und kalten Wintern apere Stellen feststellen, an denen warme Luft ausströmt. Ein Datenlogger mit einem Messintervall von 2 Stunden wurde ca. 6 m hinter dem Haupteingang des Kalten Kellers aufgehängt, und zwar im Schlufgang ganz im Norden des *Eingangsraumes* (Abb. 4). Dort konnte bereits vorher der stärkste Luftzug in der Höhle festgestellt werden. Die Messungen erfolgten von 29.7.2017 bis 5.7.2019. Ein weiterer Logger (Messintervall: 1 h) wurde an einem Warmluftaustritt installiert, um die Temperatur auch im oberen Bereich der Schutthalde zu erfassen. Die Stelle befindet sich in 1685 m Seehöhe (Abb. 5). Der Zeitraum der Messungen reicht vom 21.10.2018 bis zum 5.7.2019. Verglichen wurden die Daten mit jenen der Wetterstation in Rein. Diese Station ist 3,8 km Luftlinie vom Kalten Keller entfernt und liegt auf 1562 m Seehöhe. Nachfolgend wird zuerst der Temperaturverlauf im Kalten Keller besprochen, dann jener an der Austrittsstelle der Warmluft (hier als „Warmloch“ bezeichnet, Abb. 6).

Abb. 5: Das Warmloch rund 150 Höhenmeter oberhalb des Kalten Kellers in Rein (Aufnahme am 15.12.2018).
Fig. 5: Exit point of warm air 150 m above Kalter Keller in Rein (image taken on Dec 15, 2018). Foto: Reinhard Wieser

Temperaturverlauf Kalter Keller

Kurz nach Beginn der Messungen wurde am 4.8.2017 mit +7,5 °C die wahrscheinlich höchste Temperatur für dieses Jahr im Kalten Keller erreicht. Auf diesem Niveau blieb die Temperatur dann fast konstant bis Ende August. Erst nachher setzte eine langsame Abkühlung in der Höhle ein. Am 8.11. fiel die Temperatur unter die Null-Grad-Grenze und verblieb dort bis Anfang Mai 2018. Die tiefste Temperatur, die während dieses Winters im Kalten Keller erreicht wurde, betrug –18,7 °C (am 28.2.2018). Die Temperaturlinie in dieser Zeit spiegelt den Temperaturverlauf außerhalb der Höhle wider, wenn auch gedämpft und leicht (bis zu 2 Stunden) verzögert. Mitte Mai 2018 stieg die Temperatur dann langsam und gleichmäßig an. Im August wurde mit +7,2 °C (am 23.8.2018) wieder das Maximum erreicht. Dann folgte wie im Vorjahr die Abkühlung der Höhle. Dieses Mal wurde der Gefrierpunkt am 15.11.2018 unterschritten. Im Winter 2018/19 sank die Temperatur nicht mehr so stark ab wie im Jahr zuvor (tiefster Wert: –14,0 °C am 22.1.2019). Möglicherweise auch deshalb wurde die Null-Grad-Grenze im folgenden Frühjahr etwas früher erreicht (Ende April 2019). Im Gegensatz zum Vorjahr blieb die Temperatur dann aber längere Zeit nahe dem Gefrierpunkt. Erst Anfang Juni stieg sie wieder leicht an. Am Messende Anfang Juli wurden +3,4 °C erreicht. Im Mittel lag die Temperatur im Kalten Keller während der fast zwei Jahre dauernden Messperiode bei –0,9 °C. Im gleichen Zeitraum betrug die mittlere Temperatur in Rein +3,8 °C (schriftl. Mitt. Philipp Tartarotti).

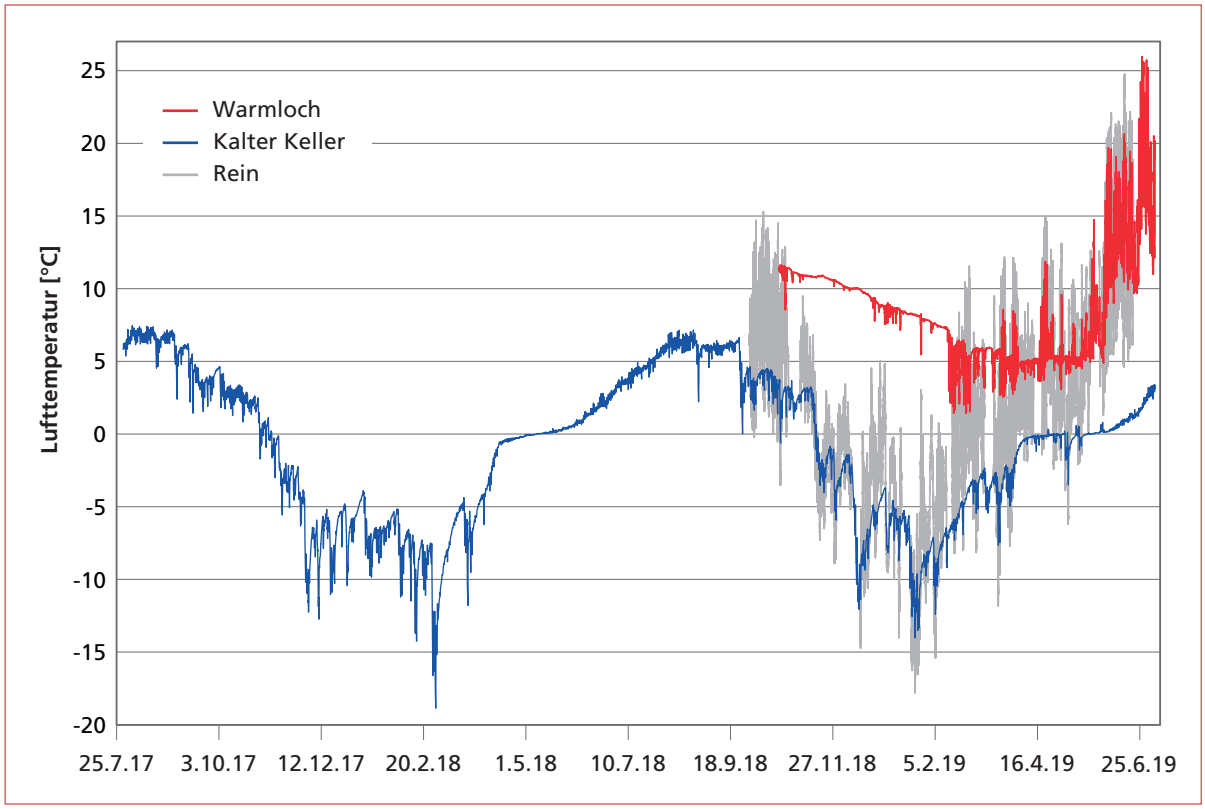

Abb. 6: Verlauf der Lufttemperatur im Kalten Keller und im Warmloch oberhalb der Höhle, verglichen mit dem Temperaturverlauf der meteorologischen Station in Rein.
Fig. 6: Temperature evolution in Kalter Keller and at the exit point of the warm air above this cave, compared to the outside air temperature at the meteorological station in Rein.

Temperaturverlauf Warmloch

Wie aus Abb. 6 ersichtlich, war die Temperatur im Warmloch anfangs sehr gleichmäßig. Die Temperaturlinie zeigt nur wenige Störungen (besonders im Jänner), die vermutlich windbedingt sind. Von +11,6 °C bei Messbeginn Ende Oktober 2018 fiel die Temperatur bis Mitte Februar 2019 langsam auf +7,1 °C ab. Gleichzeitig wurden im Kalten Keller und in Rein die tiefsten Temperaturen erreicht. Ab dem 14.2.2019 änderte sich das Bild, und die Temperatur im Warmloch schwankte stärker. Dies ging einher mit einem Anstieg der Außentemperatur. Der März war geprägt von häufiger Temperaturkonstanz der austretenden Warmluft mit Werten um +6 °C. Nachfolgend traten zwar immer wieder Phasen mit gleichbleibender Temperatur auf (von ca. +5 °C), die Schwankungen überwogen jedoch. Um den 21.5.2019 stieg die Temperatur im Warmloch schließlich sukzessive an, im Einklang mit jener der Außenluft. Dies geschah jedoch gedämpft und bis zu 3 Stunden verzögert. Während der ganzen Messperiode blieb die Temperatur im Warmloch immer über dem Gefrierpunkt. Der tiefste Wert wurde am 26.2.2019 erreicht und betrug +1,5 °C. Der größte Temperaturunterschied zwischen Warmloch und Kaltem Keller wurde mit +23,8 °C am 26.6.2019 beobachtet (Warmloch: +25,6 °C, Kalter Keller: +1,8 °C). Etwas geringer war der Temperaturunterschied am 22.1.2019 mit 22,2 °C (Warmloch: +8,2 °C, Kalter Keller: –14 °C).

Bewetterung der Schutthalde

Mit Hilfe der Temperaturdaten beider Logger und jener der Wetterstation in Rein kann indirekt auf die Luftbewegung (Bewetterung) in der Schutthalde geschlossen werden. Dabei gilt der Grundsatz, dass die ausströmende Luft eine relativ konstante Temperatur aufweist, unabhängig davon, ob sie oben oder unten austritt (Wakonigg, 2006). Diese Regel kann anhand der Außenlufttemperatur noch überprüft werden, da bei hohen Außentemperaturen die Luft in einer Halde gewöhnlich unten austritt, bei tiefen Außentemperaturen hingegen oben am Warmloch. Am unsichersten ist die Einschätzung der Bewetterung im Frühjahr und

Herbst, wenn die Temperaturen in der Halde und außerhalb ähnlich sind.
Bei Abb. 6 fällt auf, dass die Temperatur im Kalten Keller im August 2017 noch relativ konstant ist. Das heißt, es herrschte damals in der Schutthalde ein nach unten gerichteter Luftstrom vor. Danach weist die Temperaturlinie größere Schwankungen auf, was auf einen oftmaligen Richtungswechsel der Luftströmung, wie er im Herbst üblich ist, hindeutet. Wahrscheinlich setzte dann Mitte Oktober die nach oben gerichtete Bewetterung ein, die bis in das Frühjahr 2018 anhielt. Nach abermaligem häufigem Wetterwechsel oder auch Stagnationsphasen stellte sich etwa Mitte Mai wieder der ausschließlich nach unten gerichtete Luftstrom ein.
Genauere Aussagen über die Bewetterung lassen sich ab dem Herbst 2018 treffen, da ab diesem Zeitpunkt auch die Daten des Warmloches und von Rein vorliegen. Am 24.9.2018 stoppte der nach unten gerichtete Luftstrom und es stellte sich ein herbstlicher Bewetterungsmodus ein, bei dem die Luftrichtung oft wechselte. Ab dem 26.10.2018 strömte die Luft in der Schutthalde dann praktisch nur mehr nach oben. Dieser Zustand hielt bis zum 14.2.2019 an. Ab da kam es bis zum 1.3.2019 zu tageszeitlichen Richtungsänderungen der Luftströmung, bei denen die Luft während der Nacht und am Vormittag aufwärts zog, am Nachmittag und am frühen Abend jedoch hinunter. Phasenweise kam es in dieser Zeit auch zur Stagnation. Der März war gekennzeichnet von längeren Abschnitten mit ausschließlich nach oben gerichteter Luftströmung. Dies änderte sich am 21. des Monats, als wieder die tageszeitlichen Richtungswechsel begannen sowie Phasen mit Stagnation. In der zweiten Aprilhälfte strömte die Luft ausschließlich beim Kalten Keller heraus, entsprechend den hohen Außentemperaturen. Anfang Mai drehte die Bewetterung wieder öfters, bis schließlich ungefähr am 21.5.2019 die nach unten gerichtete Luftströmung einsetzte, die bis Messende Anfang Juli anhielt.

Rauchversuch

Am 15.12.2018 wurde im Kalten Keller ein Versuch mit Rauch unternommen, um die Luftbewegungen in der Höhle sichtbar zu machen. So sollten Erkenntnisse über den Weg des Höhlenwindes im verzweigten System gewonnen werden. Es wurde eine Patrone (Fabrikat: Smoke Fly) eingesetzt, die für drei Minuten einen intensiven kalten Rauch erzeugt. Der Versuch wurde am frühen Vormittag bei einer Außentemperatur (in Rein) von –11 °C durchgeführt. In der Höhle betrug die Lufttemperatur –9,5 °C und oben im Warmloch registrierte der Logger +10 °C. Die Patrone wurde ca. 4 m hinter dem Haupteingang im Norden des *Eingangsraumes* gezündet. Der Rauch zog sofort und ausschließlich in den Schlufgang, in dem der Logger hing (Abb. 4) und verschwand zwischen den Blöcken. Dieser Gang scheint also – wie schon vermutet – der Hauptwindweg in der Höhle zu sein. Nach mehreren Minuten wurde im oberen Bereich der Schutthalde leichter Rauchgeruch wahrgenommen. Es konnte aber nicht ermittelt werden, wo genau der Rauch ausgetreten war.

HOHLER STEIN I UND II

Beschreibung der Schutthalde

Fährt man von Sand in Taufers nach Rein, so kommt man ungefähr 1,2 km hinter der Abzweigung nach Ahornach zu einem kleinen Halteplatz neben der Straße. Unmittelbar südlich davon steigt eine durchschnittlich 33° steile Schutthalde an, die als solche aber kaum zu erkennen ist, da sie vollkommen bewachsen ist (hochstämmige Bäume mit Unterholz). Nur einige aus dem Bewuchs ragende große Blöcke zeigen die grobkörnige Beschaffenheit der Halde an. Wie beim Kalten Keller besteht auch sie aus Tonalit der Rieserfernergruppe. Der tiefste Punkt der Schutthalde liegt bei rund 1190 m Seehöhe, oben grenzt sie scharf an steile Felswände und reicht bis maximal 1245 m. Die Höhendifferenz beträgt also nur 55 m. Exponiert ist die Halde nach Nordnordwesten.

Höhlenbeschreibungen

Der unterste Bereich der Schutthalde trägt im Volksmund den Namen Hohler Stein. Der Grund dafür sind zwei Höhlen, die hier als Hohler Stein I und II bezeichnet und nachfolgend mit „HS I“ und „HS II“ abgekürzt werden.
Die HS I liegt auf 1195 m Seehöhe und beginnt mit einem 1,6 x 1,2 m großen schachtartigen Einstieg, durch den man auf einen Schuttboden hinunter klettert. Dahinter verengt sich die Höhle. Man kann hier entweder durch ein winziges Loch schlüpfen, oder man klettert unterhalb der Höhlendecke weiter. So erreicht man einen größeren Raum, der hier als *Steinerner Saal* bezeichnet wird. Gleich zu Beginn des Saales zweigt nach Westen ein Gang ab (*Westgang*), von dem später noch die Rede sein wird. Gegenüber der Abzweigung befin-

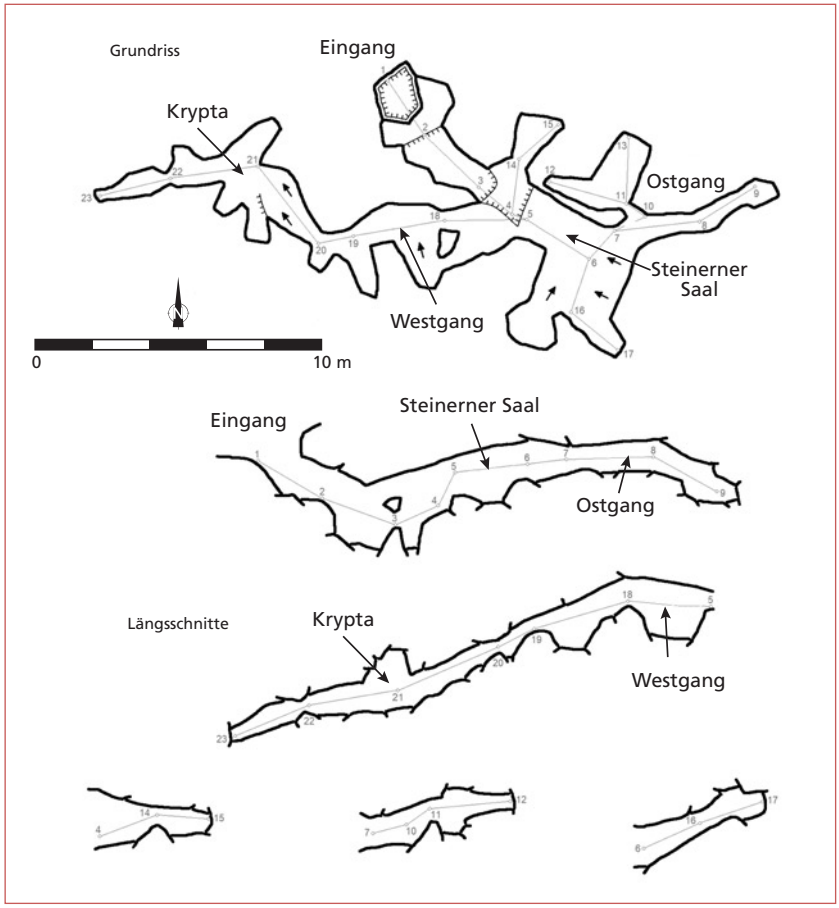

Abb. 7: Grundriss und Längsschnitte von Hohler Stein I.
Fig. 7: Plan view and longitudinal sections of Hohler Stein I.

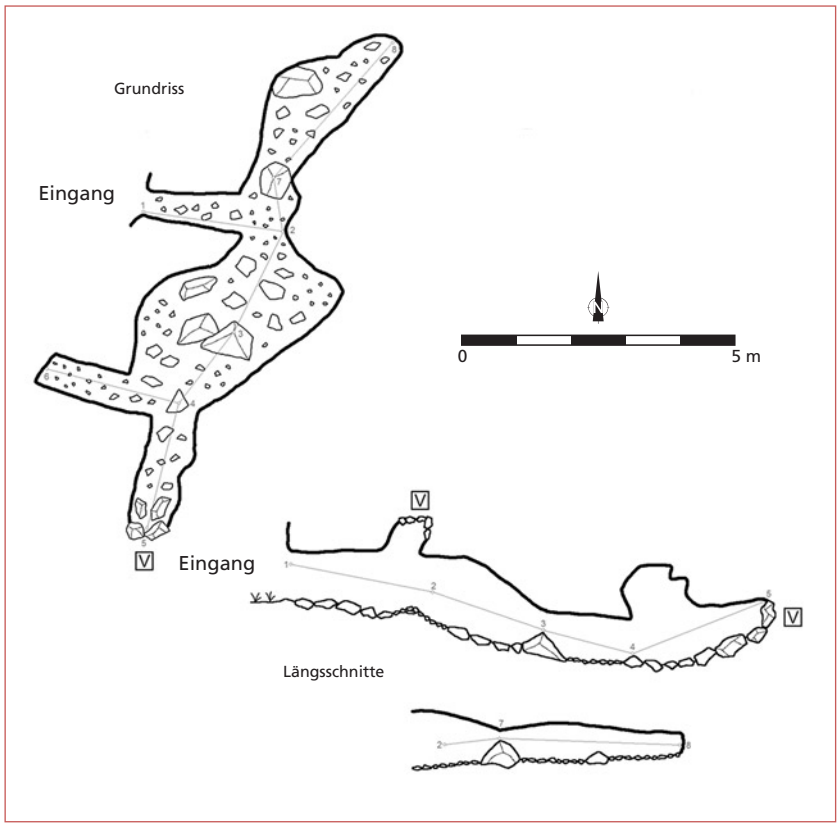

Abb. 8: Grundriss und Längsschnitte von Hohler Stein II.
Fig. 8: Plan view and longitudinal sections of Hohler Stein II.

Abb. 9: Der fast ganz zugeeiste Eingang von Hohler Stein II am 5.5.2018.
Fig. 9: The entrance of Hohler Stein II was almost completely ice covered on May 5, 2018. Foto: A. Treyer

det sich eine kleine Kammer. Der *Steinerne Saal* selbst erstreckt sich über rund 5 m nach Südosten und erweitert sich dort noch etwas. Riesige Steinblöcke kennzeichnen den Saal. Im hinteren Bereich führt ein 6 m langer und nur kriechend zu bewältigender Gang nach Osten (*Ostgang*), an diesem angeschlossen ist eine Kammer im Norden.

Zurück zum Beginn des *Steinernen Saales* und dem dort abzweigenden *Westgang*: Dieser Gang verläuft – wie der Name schon sagt – hauptsächlich nach Westen. Er wird von ein paar Engstellen unterbrochen und weist auch einige kurze Seitenteile auf. Die erste Engstelle erreicht man nach 8 m. Dahinter führt eine glatte Platte hinunter in die rund 2,5 m hohe *Krypta*. Von dort geht es immer enger werdend zum tiefsten Punkt der Höhle, 5 m unter dem Eingang. Der gesamte Höhenunterschied in der Höhle beträgt 7 m, die Gesamtlänge 50 m (Abb. 7).

Die HS II öffnet sich nur ein paar Schritte unterhalb von Hohler Stein I. Der Eingang (1193 m) ist unauffällig und nur etwa 1 m hoch und 0,5 m breit. Nach 2,5 m teilt sich die Höhle: links zieht ein 3,5 m langer Schluf nach Norden, rechts gelangt man in einer leicht abfallenden und niedrigen Passage südlich zu einer Gabelung. Dort kann man das erste Mal aufrecht stehen. Zwei jeweils 2,5 m lange Fortsetzungen führen von hier noch weiter, wobei eine nach Süden, die andere nach Westen verläuft. Die Höhle hat 12 m Länge, bei einem Höhenunterschied von –1 m (Abb. 8).

Messergebnisse und Beobachtungen

Von beiden Höhlen sowie von den mit ihnen korrespondierenden Warmlöchern im oberen Bereich der Schutthalde liegen eine ganze Reihe von Temperaturwerten vor. Hier sollen aber nur die relevanten mitgeteilt werden. Daneben wurde in der HS I ein Rauchversuch durchgeführt.

5.5.2018: Beide Höhlen wiesen starke Vereisungen im Eingangsbereich auf (Abb. 9). Auch die (tagwärts gerichtete) Bewetterung war jeweils stark ausgeprägt. In der Umgebung der Höhlen waren weitere Löcher im Blockwerk vereist. Temperaturmessungen wurden an diesem Tag keine durchgeführt.

23.7.2018: Beide Höhlen wurden eisfrei angetroffen.

23.8.2018: In HS I wurden im hinteren Bereich des *Steinernen Saales* +12,2 °C gemessen. HS II wies eine Temperatur von +9,2 °C auf. In beiden Fällen betrug die Außentemperatur +15,7 °C. Es wurde in beiden Höhlen nur ein leichter Luftzug verspürt.

09.12.2018: An diesem Tag wurde nach Warmluftaustritten im oberen Haldenbereich gesucht. Eine Stelle konnte direkt oberhalb von HS I in 1215 m Seehöhe ausfindig gemacht werden, also nur 20 m über der Höhle. Das unscheinbare Warmloch wies +5,0 °C auf. Etwas weiter oben in 1230 m Seehöhe wurden weitere Warmluftaustritte festgestellt und dort +6,7 °C gemessen. Die Messungen erfolgten am Vormittag bei –2,4 °C.

12.1.2019: Bei einer Außentemperatur um den Gefrierpunkt und einer Temperatur von –3,8 °C im *Steinernen Saal* wurde ein nach außen gerichteter Luftzug festgestellt, wie er normalerweise im Sommer vorkommt. Das gleiche Verhalten wurde bei HS II beobachtet.

20.1.2019: Wegen der tiefen Außentemperaturen von –11,3 °C zog die Luft am frühen Vormittag in beiden Höhlen nach innen. Dies wurde genutzt, um in HS I einen Rauchversuch zur Ermittlung der Strömungswege durchzuführen. Die Rauchpatrone (Fabrikat: Smoke Fly) wurde am Beginn des *Steinernen Saales* – in dem die Temperatur –7,2 °C betrug – gezündet. Der Rauch zog rasch in den Hintergrund des Saales und von dort weiter in den *Ostgang*. Nach ein bis zwei Minuten trat der Rauch an den Warmlöchern, die sich 20 Höhenmeter oberhalb befinden, wieder aus. Die Temperatur an den Austrittslöchern betrug +2,1 °C. Die Luft erwärmte sich also vom Höhleneingang bis zum *Steinernen Saal* um 4,1 °C (Wegstrecke ca. 10 m), und von dort zu den Warmlöchern um weitere 9,3 °C (gesamt: 13,4 °C).

5.7.2019: In HS I wurde eine Temperatur von +10,1 °C gemessen (wieder hinten im *Steinernen Saal*). Mit +5,8 °C war die Temperatur in HS II abermals etwas geringer. Beide Höhlen waren eisfrei. Außen hatte es +26,5 °C.

Neben diesen Messungen konnte mit Hilfe eines Minimum-Maximum-Thermometers ermittelt wer-

den, dass die Temperatur im **Winter 2018/19** im *Steinernen Saal* bis auf –8,5 °C abgesunken war.
Die Temperaturwerte und die Beobachtungen zeigen, dass die unterkühlte Schutthalde am Hohlen Stein ein oberflächennahes und rasch durchlüftetes System ist. Die Unterkühlung ist nur gering. Dies ist einerseits durch die Nähe der unteren und oberen Tagöffnungen bedingt, andererseits auch durch die Grobblockigkeit der Halde, die eine schnelle Durchlüftung ermöglicht.

TEUFELHAUS IM TRIPPACHTAL

Beschreibung der Schutthalde

Das Trippachtal ist ein Seitental des Ahrntales. Es entspringt am Alpenhauptkamm und mündet nach steilem Verlauf bei St. Johann in das Ahrntal ein. Orographisch links im Trippachtal liegt eine unterkühlte Schutthalde, die man erreicht, wenn man von den Trippachhöfen auf einem alten Steig taleinwärts wandert. Nach etwa 20 Gehminuten kommt man zu einer Wiese – Trippachboden genannt –, oberhalb derer sich die Schutthalde befindet. Diese ist nach Südwesten ausgerichtet und im Durchschnitt 35° steil. Das Material besteht aus Zentralgneis. Die Schutthalde erstreckt sich über ca. 80 Höhenmeter (1365–1445 m Seehöhe) und weist im unteren Teil einen Bewuchs aus hochstämmigen Bäumen auf; dazwischen liegen riesige Felsblöcke. Im Mittelteil ist die Halde unbewachsen, und auch die Steine sind hier kleiner (meist 0,5–1 m groß, einige auch über 2 m). Der obere Teil der Halde wird von einer Forststraße gequert.

Abb. 10: Der vordere Eingang des Teufelhauses im Trippachtal.
Fig. 10: Front entrance of Teufelhaus in Trippachtal.
Foto: A. Treyer

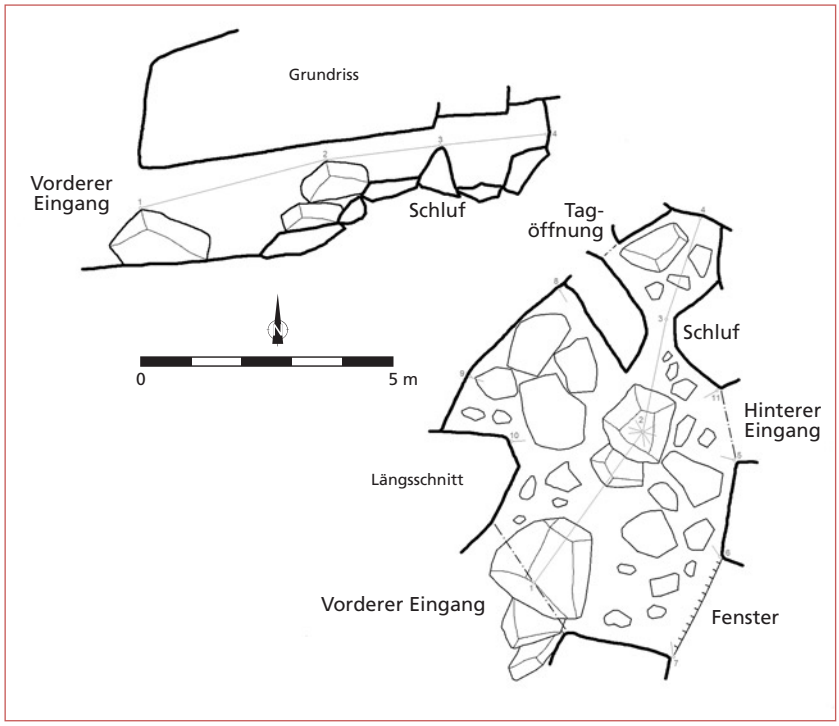

Abb. 11: Grundriss und Längsschnitt des Teufelhauses.
Fig. 11: Plan view and longitudinal section of Teufelhaus.

Höhlenbeschreibung

Direkt am Fuß der Schutthalde und am Rande des Trippachbodens befindet sich das Teufelhaus (1365 m). Es ist eine Blocküberdeckungshöhle, die ihren Namen zurecht trägt, denn riesige Felsblöcke bilden hier tatsächlich ein hausartiges Gebilde (Abb. 10). Zudem weht im Sommer aus der Höhle ein kalter Luftzug, weshalb die Gegend früher als unheimlich galt, und man beeilte sich, wenn man am Teufelhaus vorbeigehen musste.
Betritt man das Teufelhaus durch den vorderen Eingang, so steht man in einem rund 5 x 6 m großen und bis zu 2 m hohen Höhlenraum. Große Blöcke und Hölzer liegen hier umher, aber auch jede Menge Müll. Im Osten öffnet sich ein schmales Tagfenster, etwas dahinter liegt der hintere Eingang. Links von diesem – ganz im Norden des Höhlenraumes – kann man durch einen Schluf unterhalb der Decke in eine kleine Kammer gelangen. Leider liegt auch dort Müll. Eine schmale Öffnung führt von außen in diese Kammer. Die Höhle hat eine Länge von 8 m, der Höhenunterschied beträgt +2 m (Abb. 11).

Messergebnisse und Beobachtungen

Im Teufelhaus wurde die Temperatur an zwei Stellen gemessen: Anfangs im Schluf zur kleinen Kammer, später auch im Höhlenraum davor. Hier lag die Messstelle bei der nördlichen Wand, ca. 2 m unterhalb des Schlufs. Mehrere Warmlöcher konnten im Winter oberhalb der Forststraße festgestellt werden.
13.5.2017: Schon in einiger Entfernung zum Teufelhaus war kalte Luft zu spüren. Vor dem Eingang der Höhle bildete sich leichter Nebel. Innen war die Höhle stellenweise vereist. Im genannten Schluf wurde eine Temperatur von 0 °C gemessen, bei einer Außentemperatur von +9,0 °C.
13.1.2018: In einem leicht bewetterten Warmloch auf 1430 m Seehöhe konnte eine Temperatur von +4,4 °C registriert werden. Um das Loch war der Schnee geschmolzen, und man sah grünes Moos. Die Außentemperatur betrug –2,1 °C. Unten im Teufelhaus war etwas Eis vorhanden und –2,7 °C wurden dort gemessen.
23.8.2018: Bei leichtem Luftzug (tagwärts) wurde im Teufelhaus im Schluf eine Temperatur von +8,5 °C festgestellt. Die Höhle wies dementsprechend kein Eis auf. Draußen hatte es +21,4 °C.
14.6.2019: Im Schluf betrug die Temperatur +3,2 °C. Das erste Mal wurde auch die Temperatur im Höhlenraum davor gemessen. Sie betrug +1,6 °C, und es waren ein paar Eisreste zu sehen. Außerhalb hatte es +19,7 °C.
21.8.2019: Die Temperatur im Schluf war auf +8,7 °C angestiegen. Das entspricht fast genau dem Wert im August letzten Jahres (siehe oben). Im Höhlenraum wurde wieder ein tieferer Wert gemessen als im Schluf, und zwar +5,7 °C. Die Außentemperatur betrug +14,7 °C. Eis wies die Höhle nicht mehr auf.
Im Vergleich mit dem Kalten Keller in Rein ist die Unterkühlung im Teufelhaus etwas schwächer ausgeprägt; sie ist aber stärker als die am Hohlen Stein.

Abb. 12: Der westliche Eingang des Eislochs beim Einödhof (Pfeil).
Fig. 12: Western entrance of Eisloch beim Einödhof (arrow).
Foto: A. Treyer

EISLOCH BEIM EINÖDHOF

Beschreibung der Schutthalde

Als Tauferer Tal, oder kurz Taufers, wird das flache Trogtal zwischen Bruneck und Sand in Taufers bezeichnet. In diesem Tal liegt beiderseits der Ahr das Dorf Uttenheim. Dort befindet sich auf der orographisch linken Talseite und in der Nähe des verlassenen Einödhofes eine unterkühlte Schutthalde. Sie ist nach Westen exponiert, durchschnittlich 31° steil und erstreckt sich horizontal (mit Unterbrechungen) über fast 300 m. Die vertikale Distanz beträgt 55 m (845–900 m Seehöhe). Die Schutthalde besteht aus Pegmatitgneis in Form etwa 0,2–1 m großer Blöcke. Am Haldenfuß findet man aber auch größere Blöcke. Wald breitet sich in der unteren Hälfte der Schutthalde aus, während die obere Hälfte völlig unbewachsen ist.

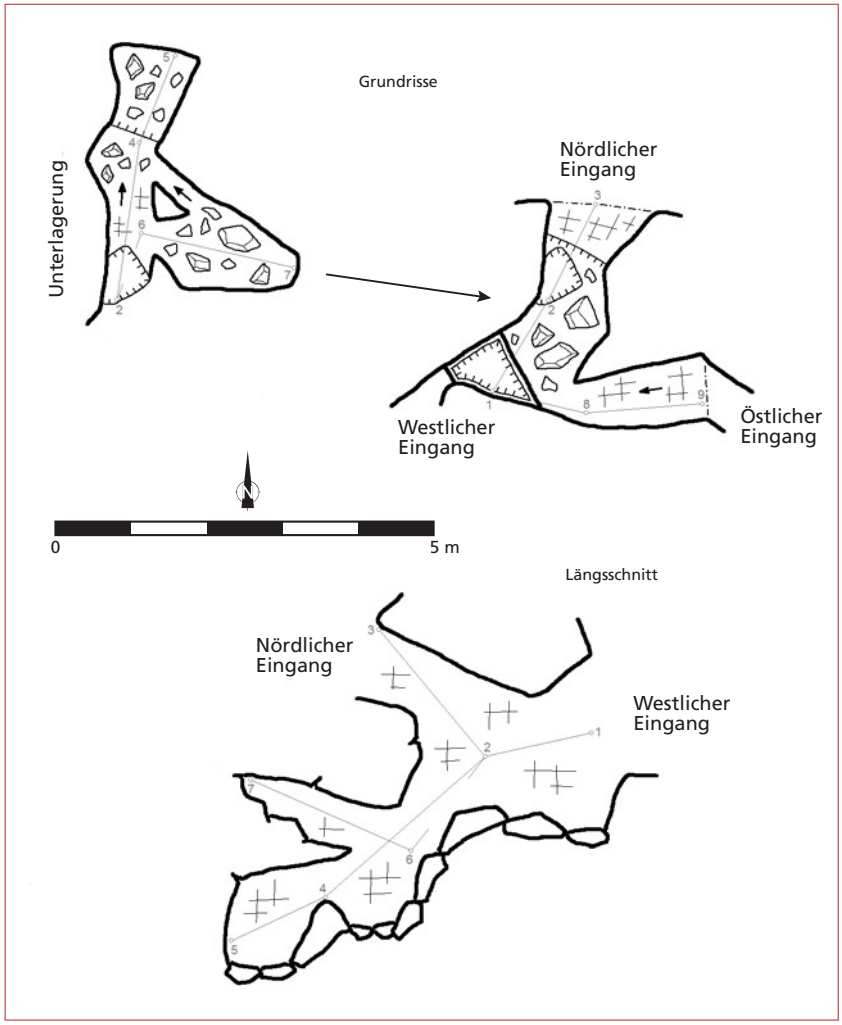

Abb. 13: Grundriss und Längsschnitt des Eislochs beim Einödhof.
Fig. 13: Plan view and longitudinal section of Eisloch beim Einödhof.

Höhlenbeschreibung

Ungefähr in der Mitte der 300 m breiten Schutthalde befinden sich im Bereich des Haldenfußes einige sehr große Blöcke. Dort ist eine kleine Höhle ausgebildet (850 m), die hier als Eisloch beim Einödhof bezeichnet wird, da für das Objekt kein Name in Erfahrung gebracht werden konnte. Die Höhle hat drei Eingänge, ist 12 m lang und weist einen Höhenunterschied von 4,5 m auf. Am einfachsten lässt sie sich durch den westlichen Eingang betreten (Abb. 12). Man steigt hier durch eine dreieckige Öffnung hinunter in einen rund 1,0 x 2,5 m großen Raum, von dem gleich rechts ein Schluf zum östlichen Eingang ansteigt. Der nördliche Eingang ist fensterartig und befindet sich im Hintergrund des genannten Raumes. Die Höhle weist zudem einen tiefer liegenden Teil auf. Dieser öffnet sich am Boden des Raumes und führt steil und äußerst eng nach Norden. Hier befindet sich auch eine kleine Kammer (Abb. 13).

Messergebnisse und Beobachtungen

Das Eisloch beim Einödhof wurde zwei Mal aufgesucht, um die Lufttemperatur zu messen. Die Messstelle liegt gleich rechts hinter dem westlichen Eingang in einer Vertiefung. Eine Messung liegt auch vom oberen Teil der Schutthalde vor. Hier konnten am nördlichen Rand der Halde und knapp unterhalb einer Felswand Warmluftaustritte festgestellt werden (ca. 890 m Seehöhe). Diese waren aber nicht an einzelne Löcher gebunden, sondern die warme Luft entwich diffus dem losen Blockwerk über eine größere Fläche (Abb. 14). Etwas südlich davon wurde eine weitere, jedoch kleinere Stelle mit Warmluftaustritten angetroffen.

5.5.2018: Das Eisloch zeigte sich stark vereist mit Wand- und Bodeneis sowie einer Eissäule. Die Lufttemperatur betrug 0 °C und es herrschte nach außen gerichteter Luftzug. Als Außentemperatur wurde ein Wert von +9,9 °C ermittelt. Auch knapp unterhalb der

Abb. 14: Der obere leicht schneebedeckte Bereich der Schutthalde beim Einödhof am 9.12.2018. Bei der schneefreien Stelle im Vordergrund trat an diesem Tag warme Luft aus.
Fig. 14: Upper part of the scree slope at Einödhof on Dec 9, 2018. Warm air escaped on that day at the snow-free spot in the foreground. Foto: A. Treyer

Abb. 15: Der nur gebückt passierbare Haupteingang der Eishöhle bei Uttenheim.
Fig. 15: The narrow portal to Eishöhle bei Uttenheim. Foto: A. Treyer

Höhle entwich an diesem Tag kalte Luft aus vielen kleineren Löchern, sodass es zu einer beeindruckenden Nebelbildung kam.
9.12.2018: An diesem Tag wurden die oben genannten Warmluftaustritte gefunden. Die Messung der Temperatur an der nördlichen Austrittsstelle ergab +10,4 °C, bei einer Außentemperatur von –2,3 °C. Die austretende Warmluft bildete dabei Nebelschwaden.
14.6.2019: Bei einer hohen Außentemperatur von +28,6 °C am Nachmittag wurde in der Höhle eine Temperatur von +4,6 °C gemessen. Es herrschte nach außen gerichteter Luftzug. Die Höhle wies kein Eis auf.

EISHÖHLE BEI UTTENHEIM

Beschreibung der Schutthalde

Wie erwähnt breitet sich das Dorf Uttenheim zu beiden Seiten der Ahr aus. Am Rande der westlichen Dorfseite (orographisch rechts), rund 200 m südwestlich der Kirche, befindet sich eine kaum auffallende, da vollständig von Wald bewachsene Schutthalde. Sie hat ihren tiefsten Punkt bei 850 m, ist im Durchschnitt 38° steil und steigt bis unter eine Felswand auf 1010 m Seehöhe an. Die Höhendifferenz beträgt also 160 m. Als Schutthalde zu erkennen gibt sie sich lediglich durch hin und wieder aus dem Waldboden schauende Steine, die bis zu 1,5 m groß sind. Die Gesteinsart ist Pegmatitgneis. Exponiert ist die Halde nach Osten.

Höhlenbeschreibung

Direkt am tiefsten Punkt der Schutthalde befindet sich eine kleine Höhle. Sie wird von der Bevölkerung als Eishöhle bezeichnet und ist altbekannt. Es wird erzählt, dass der Wirt des Gasthauses Anewandter in Uttenheim zu früheren Zeiten Fleisch in dieser Höhle gelagert hat. Dies ist durchaus wahrscheinlich, denn die Höhle weist einige Veränderungen auf. Und zwar gibt es vor der Höhle Trockenmauern, die zum *Haupteingang* der Höhle leiten (Abb. 15). Der Eingang selbst hat einen Türrahmen aus Granit (90 cm hoch, 65 cm breit), an dem auch noch die eisernen Türscharniere zu sehen sind. Die Tür fehlt jedoch. Im Inneren der Höhle sind weitere verfallene Trockenmauern vorhanden, außerdem findet man Rußspuren an der Decke. Die Höhle ist nur 7 m lang und besteht aus einem einzigen ansteigenden Raum (+3 m), der einige Ausbuchtungen hat. Im Süden mündet der fensterartige *Nebeneingang* in den Raum ein (Abb. 16).

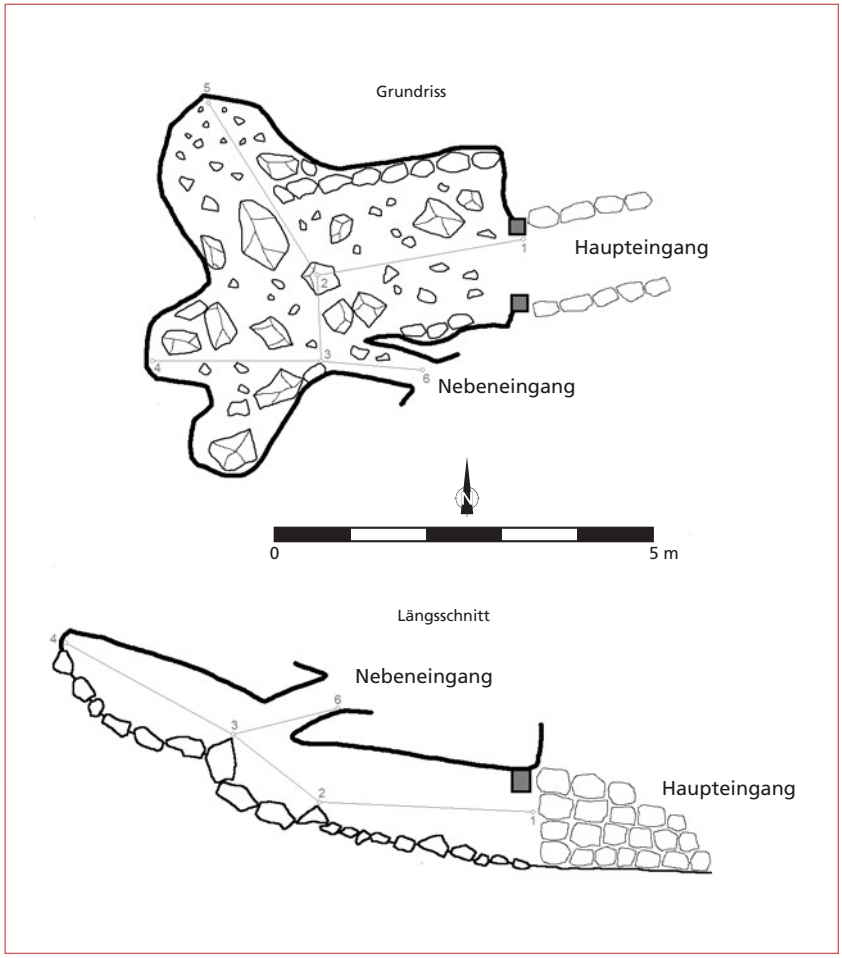

Abb. 16: Grundriss und Längsschnitt der Eishöhle bei Uttenheim.
Fig. 16: Plan view and longitudinal section of Eishöhle bei Uttenheim.

Messergebnisse und Beobachtungen

Die Eishöhle wurde mehrmals aufgesucht, um die Lufttemperatur zu messen. Die Messstelle befand sich in der Südwestecke der Höhle. Hier konnte der stärkste Luftzug festgestellt werden. Im Winter wurde oberhalb der Höhle auf 890 m Seehöhe ein Warmloch gefunden, in dem ebenfalls die Temperatur gemessen wurde. Noch weiter oben, knapp unterhalb einer Felswand auf etwa 980 m, konnten weitere Warmluftaustritte beobachtet werden. Da sich diese jedoch nur als winzige apere Flecken im Waldboden präsentierten und außerdem kein Luftzug zu spüren war, wurde auf eine Temperaturmessung verzichtet.

13.5.2017: In der Eishöhle wurde am späten Nachmittag eine Temperatur von +0,3 °C gemessen. Die Außentemperatur betrug +14,4 °C. Es herrschte ein geringer höhlenauswärts gerichteter Luftzug. Etwas Eis war hinter dem *Haupteingang* auf der linken Seite vorhanden.

2.7.2017: Das Eis in der Höhle war komplett verschwunden. Die Temperatur in der Höhle war auf +2,3 °C angestiegen. Draußen wurden +19,6 °C gemessen.

13.1.2018: Im Warmloch auf 890 m Seehöhe wurde eine Temperatur von +4,7 °C registriert, bei einer Außentemperatur von –1,3 °C. Unten in der Eishöhle war es (wohl infolge von Inversionswetterlage) mit –1,6 °C etwas kälter. Luftzug wurde nicht verspürt.

16.8.2018: Bei schwachem Luftzug in der Eishöhle betrug die Temperatur +4,8 °C. Draußen hatte es +18,0 °C. Die Höhle war eisfrei.

9.12.2018: Im Warmloch wurden +6,7 °C gemessen. Die Außentemperatur betrug –0,7 °C.

14.6.2019: Um die Mittagszeit wurden in der Eishöhle +0,9 °C gemessen, bei etwas Luftzug Richtung Eingang. Eis war nicht vorhanden. Die Außentemperatur betrug +24,3 °C.

Es zeigt sich, dass das Eis in der Höhle bis mindestens Mitte Mai besteht, wahrscheinlich aber bis Anfang Juni. Die Luftzirkulation in der Schutthalde ist schwach, da zu keinem Zeitpunkt eine intensive Bewetterung festgestellt wurde. Dies ist anscheinend für die Unterkühlung von Vorteil, wie die gemessenen Werte im Sommer belegen.

Abb. 17: Das im Bergsturzgelände liegende Bärenseabl.
Fig. 17: The Bärenseabl is located in a landslide landscape.
Foto: A. Treyer

Abb. 19: Ein Schmelzloch im Schnee oberhalb des Bärenseabls, das durch austretende Warmluft entstanden ist (Aufnahme am 11.3.2018, Schneehöhe etwa 1 m).
Fig. 19: Warm air exit point above Bärenseabl (image taken on March 11, 2018. Snow height ca. 1 m). Foto: A. Treyer

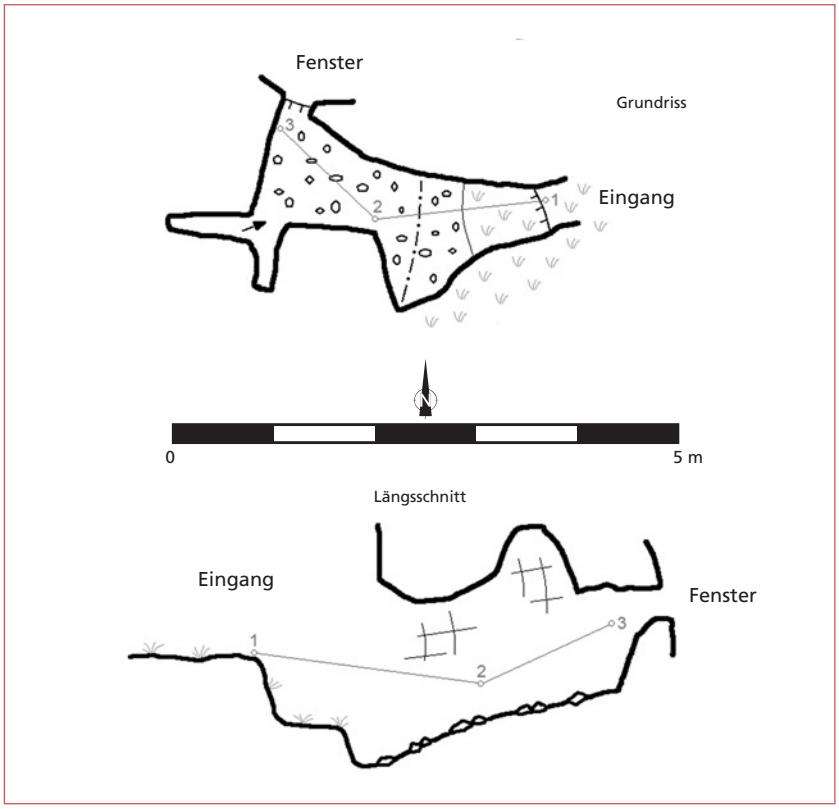

Abb. 18: Grundriss und Längsschnitt des Bärenseablochs.
Fig. 18: Plan view and longitudinal section of Bärenseablloch.

BÄRENSEABLLOCH IN PRAGS

Beschreibung der Schutthalde

Die touristische Hauptattraktion des Pragser Tales ist der Pragser Wildsee im Talhintergrund. Kaum bekannt ist hingegen das unweit davon gelegene Bärenseabl (1495 m). Man erreicht es, wenn man vom nördlichsten Ufer des Pragser Wildsees (Seezipf genannt) einer Geländefurche entlang nach Norden geht. Das Bärenseabl liegt inmitten einer bewaldeten Bergsturzlandschaft mit zum Teil zimmergroßen, aus Dolomit bestehenden Blöcken (Abb. 17). Nach Klebelsberg (1956) stammt das Material von einem Bergsturz, der am Ende der letzten Eiszeit vom Herrstein (2447 m) auf einen Gletscher im Pragser Tal abging. Laut Cucato & Morelli (2018) erfolgte der Bergsturz hingegen am Schwarzberg (2142 m). Der Gletscher verfrachtete das Bergsturzmaterial dann noch ein Stück talauswärts, wodurch das zerflossene Relief rund um das Bärenseabl zustande kam. Die so entstandene Schutthalde ist knapp 1 km breit, etwa 70 m hoch (Fußpunkt bei 1490 m) und bis zu 23° steil. Exponiert ist die Halde nach Westen und nach Osten. Diese konträre Ausrichtung besteht daher, weil das Bergsturzmaterial auch aus einem rund 30 m hohen Wall besteht, der gegensätzlich zur Hauptmasse ansteigt.

Höhlenbeschreibung

Etwas südlich des Bärenseabls liegt in der oben genannten Geländefurche eine kleine Höhle (1500 m). Sie wird hier als Bärenseablloch bezeichnet und ist nur 3,5 m lang. Der Eingang der Höhle schaut nach Osten und ist eng und unauffällig. Dahinter liegt ein kleiner Raum, der im Norden ein Fenster ins Freie hat. Im Süden des Raumes befindet sich ein schmaler Spalt (Abb. 18).

Messergebnisse und Beobachtungen

Das Bärenseablloch weist bis in den Sommer hinein Eis auf. Auch an zahlreichen anderen Stellen entlang der Geländefurche zwischen Seezipf und Bärenseabl ist noch im Juni Eis zu finden. Im Winter hingegen kann man höher oben unzählige Schmelzlöcher im Schnee entdecken, die durch austretende Warmluft entstanden sind (Abb. 19). Weite Teile der Bergsturzlandschaft können daher als unterkühlte Schutthalde angesprochen werden (Natura 2000 Managementplan, 2008; Punz, 2018). Lufttemperaturmessungen wurden sowohl im Bärenseablloch als auch in einem Warmloch (1555 m Seehöhe) östlich davon vorgenommen.

5.6.2017: Im Bärenseablloch wurden um die Mittagszeit +0,5 °C gemessen, bei einer Außentemperatur von +12,8 °C. Die Höhle wies etwas Bodeneis auf.

3.1.2018: An diesem Tag wurde das genannte Warmloch entdeckt und +4,1 °C registriert. Rund um das Loch war nasses und grünes Moos zu finden. Die Außentemperatur betrug –3,1 °C.

11.3.2018: Das Bärenseablloch wies viel Raureif an den Wänden auf. Andere Eisbildungen fehlten. Die Höhlentemperatur betrug –8,8 °C, während draußen langsam die Schneeschmelze einsetzte, bei einer Temperatur von +4,1 °C.

25.4.2018: Rund um die Höhle war noch reichlich Schnee vorhanden, es existierte aber keine geschlossene Schneedecke mehr. Im Bärenseablloch zeigten sich jetzt zahlreiche Eisbildungen (Wand- und Bodeneis, Eissäulen, Eisstalagmiten), die jedoch schon in Auflösung begriffen waren (Wabeneis). Die Höhle wies eine Temperatur von +0,5 °C auf, draußen wurden +15,6 °C gemessen.

Charakteristisch für die unterkühlte Schutthalde beim Bärenseabl ist, dass überall an den Tagöffnungen nur geringe Luftbewegungen festzustellen sind, was auf ein enges und weitläufiges Hohlraumsystem hindeutet. Dies scheint für die Unterkühlung förderlich zu sein. Die Haupteisbildungsphase ließ sich im Bärenseablloch direkt beobachten. Sie fand, wie zu erwarten war, während der Schneeschmelzperiode statt (siehe oben).

SCHLUSSBEMERKUNGEN

Höhlen in unterkühlten Schutthalden sind bisher in der Speläologie kaum beachtet worden, obwohl sie viele Forschungsmöglichkeiten bieten. Eine Möglichkeit ist die Untersuchung des Höhlenklimas mit all seinen Facetten. Aber auch die Erforschung der Nutzungsgeschichte solcher Höhlen ist zu nennen, da einige Objekte als Kühlräume Verwendung fanden. Des Weiteren kommen zoologische und vegetationskundliche Untersuchungen in Betracht, denn die Höhlen weisen aufgrund ihrer niedrigen Temperaturen im Vergleich zur Umgebung eine spezielle Tier- und Pflanzenwelt auf. Die vorliegende Arbeit kann als Grundlage dienen, um derartige Untersuchungen zukünftig im Osten Südtirols vorzunehmen. Der Artikel soll zudem Ansporn sein, die Erforschung von Höhlen in unterkühlten Schutthalden auch an anderen Orten voran-

zutreiben. In Osttirol wurde mit dem Eiskeller bei Ainet (2542/1) und dem Kalten Loch beim Kraftwerk (2541/1) bereits damit begonnen (Treyer, 2020). Nicht zuletzt soll auf die Schutzwürdigkeit von unterkühlten Schutthalden hingewiesen werden. Besonders durch Forstwegebau (siehe Teufelhaus) und Steinbruchtätigkeiten sind in Südtirol schon einige Objekte beeinträchtigt oder zerstört worden.

DANK

Gedankt sei Christoph Spötl, der die Logger zur Verfügung stellte und das Manuskript begutachtete. Pauline Oberender, Lukas Plan und Theo Pfarr danke ich für hilfreiche Anregungen und Verbesserungsvorschläge. Philipp Tartarotti und dem Hydrographischen Amt der Autonomen Provinz Bozen sei für die Daten der Wetterstation in Rein gedankt. Außerdem danke ich Reinhard Wieser für die Hilfe beim Rauchversuch im Kalten Keller und Manfred Niederkofler, der mir die Eishöhle bei Uttenheim zeigte und bereitwillig darüber Auskunft gab.

LITERATUR

Bacher, S. (2010): Rein am Fuße das Hochgall. Dorfbuch. – Neumarkt a. d. Etsch (Effekt-Buch).

Brunner, H., Friess, T., Borovsky, M., Komposch, C., Komposch, H., Lazar, R., Lechner, B., Mariani, O., Maurer, B., Paill, W., Schatz, I. & Stiegler, C. (2013): Kleintierfauna unterkühlter Blockhalden in den Ostalpen. Ausprägung, Bedeutung, Gefährdung und Schutz in Zeiten des Klimawandels. – Naturschutz und Landschaftsplanung, 45 (1): 5–12.

Burga, C.A., Voser N. & Grebner, D. (2005): Die Eppaner Eislöcher – eine Kälteinsel im Weingebiet Südtirols. – Gredleriana, 5: 9–38.

Canaval, R. (1893): Ein Eiskeller in den Karawanken. – Carinthia II, 83: 178–180.

Christian, E. (1987): Composition and origin of underground arthropod fauna in an extrazonal permafrost soil of Central Europe. – Biol. Fertil. Soils, 3: 27–30.

Cucato, M. & Morelli, C. (2018): Stratigraphie der quartären Ablagerungen. – In: Gianolla, P., Morelli, C., Cucato, M. & Siorpaes, C. (Hrsg.): Erläuterungen zur geologischen Karte von Italien im Maßstab 1:50.000, Blatt 016, Toblach. – Roma (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale): 117–183.

Hafellner, J. & Magnes, M. (2002): Floristische und vegetationskundliche Untersuchungen in einem Kondenswassermoor in den Niederen Tauern (Steiermark). – Stapfia, 80: 435–450.

Hell, M. (1936): Die kalten Keller von Kaltenhausen bei Hallein in Salzburg und das Windröhrenphänomen. – Speläol. Jb., 15/17: 49–57.

Hölzel, E. (1963): Tierleben im Eiskeller der Matzen in der Karawankennordkette. – Carinthia II, 153/73: 161–187.

Klebelsberg, R.v. (1956): Südtiroler geomorphologische Studien. Das Pustertal (Rienz-Anteil). – Schlern-Schriften, 151: 1–218.

Körner, Ch. & Hoch, G. (2006): A test of treeline theory on a montane permafrost island. – Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 38 (1): 113–119.

Morard, S. & Delaloye, R. (2010): Pluriannual thermal behaviour of low elevation cold talus slopes in western Switzerland. – Geographica Helvetica, 65 (2): 124–134.

Natura 2000 Managementplan (2008): Naturpark Fanes-Sennes-Prags. – Bozen (Autonome Provinz Bozen-Südtirol).

Pfaff, W. (1933): Die Eislöcher in Überetsch. Ihre Vegetationsverhältnisse und ihre Flora. – Schlern-Schriften, 24: 1–72.

Plan, L. & Oberender, P. (2016): Nicht-Karsthöhlen. – In: Spötl, C., Plan, L. & Christian, E. (Hrsg.): Höhlen und Karst in Österreich. – Linz (OÖ Landesmuseum): 61–72.

Punz, W., Sieghardt, H., Maier, R., Engelhart, M. & Christian, E. (2005): Kaltlöcher im Ostalpenraum. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich, 142: 27–45.

Punz, W. (2018): Ventarolen (Kaltlöcher, unterkühlte Blockhalden) im Ostalpenraum. – Schriften d. Ver. z. Verbreitung naturwiss. Kenntnisse, 154: 69–83.

Schaeftlein, H. (1962): Ein eigenartiges Hochmoor in den Schladminger Tauern. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 92: 104–119.

Schindler, H., Kinzel, H., Burian, K., Albert, R., Altgayer, M., Bolhar-Nordenkampf, H., Draxler, G., Engenhart, M., Gschliffner, C., Jakisch, H., Janauer, G., Kartusch, B., Kartusch, R., Kinzel, R., Maier, R., Punz, W., Rothschedl, R., Saukel, J., Sieghardt, H., Slad, H., Steiner, M. & Winter, C. (1976): Ökophysiologische Untersuchungen an Pflanzen der Matzen-Eisstandorte. – Carinthia II, 166/86: 269–307.

Steiner, G.M. (1992): Österreichischer Moorschutzkatalog (4. Aufl.). – Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie Bd. 1. – Wien, 509 S.

Steiner, G.M. (2005): Moortypen. – Stapfia, 85: 5–26.

Treyer, A. (2020): Der Eiskeller bei Ainet und das Kalte Loch beim Kraftwerk. – Höhlenkundl. Mitt. Landesver. für Höhlenkunde in Tirol, Jg. 58, Folge 72: 20–25.

Wakonigg, H. (1996): Unterkühlte Schutthalden. – Arbeiten aus dem Inst. für Geographie, Karl-Franzens-Univ. Graz, 33: 209–223.

Wakonigg, H. (1998): Neue Beobachtungen an unterkühlten Schutthalden. – Mitt. Österr. Geogr. Ges., 140: 115–130.

Wakonigg, H. (2001): Ergebnisse von Temperatur-Dauerregistrierungen am „Toteisboden“ im Schladminger Untertal. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 131: 41–56.

Wakonigg, H. (2006): Die unterkühlte Blockschutthalde beim Pflüglhof im Maltatal. Ergebnisse von Temperatur-Dauerregistrierungen von April 2001 bis Mai 2004. – Carinthia, 196/116: 501–518.

Wakonigg, H. (2017): Kalte Schutthalden. – GeoGraz, 60: 4–10.

Weiss, E.H. (1958): Eine Eis führende Schutthalde in den Gailtaler Alpen. – Carinthia II, 148/68: 62–63.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Die Höhle

Jahr/Year: 2020

Band/Volume: 71

Autor(en)/Author(s): Treyer Andreas

Artikel/Article: Höhlen in unterkühlten Schutthalden im Osten Südtirols 71-88