

# Vermessung und hydrogeologische Untersuchung des Bärenhöhlesystems, Bregenzerwald, Vorarlberg

## ZUSAMMENFASSUNG

Das Karstgebiet des Dürrenberges bei Reuthe im hinteren Bregenzerwald wurde hydrogeologisch untersucht. Das markanteste Schichtglied ist der stark verkarstungsfähige Schrattenkalk, der einen Karstaquifer zwischen Mergelformationen und Sandsteinen bildet. Diese Verkarstung führte im Arbeitsgebiet zur Entstehung von vier Höhlen: Bärenhöhle (1114/1), Winkelhöhle (1114/10), Kitzlochobelhöhle (1114/13) und Gschleuhöhle (1114/11), deren Morphologie detailliert beschrieben wird. Eine Neuvermessung des Bärenhöhlesystems und der Kitzlochobelhöhle erlaubt die hydrogeologischen Beziehungen besser zu verstehen, wobei ein Färbeversuch die unterirdische Verbindung beider Höhlen beweisen konnte.

## ABSTRACT

**Speleological survey and hydrogeological investigation of the Bärenhöhle cave system, Bregenzerwald, Vorarlberg**

The hydrogeology of Dürrenberg, near Reuthe (Bregenzerwald, Austria), has been investigated. The geology is dominated by the strongly karstified Schrattenkalk which forms an aquifer between marlstone and sandstone formations. Four caves are documented in the investigation area: Bärenhöhle (1114/1), Winkelhöhle (1114/10), Kitzlochobelhöhle (1114/13) and Gschleuhöhle (1114/11). The cave morphologies are described in detail in the present article. Speleological surveys highlight the hydrogeological connection between Bärenhöhle and Kitzlochobelhöhle, which was verified by dye tracing.

**Lukas Perkmann &  
Marc Luetscher**

Institut für Geologie  
Universität Innsbruck  
Innrain 52  
6020 Innsbruck

Eingelangt: 1.6. 2013  
Angenommen: 17.7.2013

## EINLEITUNG

Die Bärenhöhle im Bregenzer Wald (Vorarlberg) wurde laut Überlieferungen bereits im vorigen Jahrhundert von Wilderern aufgesucht. Die offizielle Entdeckung erfolgte jedoch erst im Jahr 1923 durch den Höhlenforscher G. Kaufmann aus Reuthe und wurde nach den in ihr gefundenen Bärenschädeln benannt (Krieg, 1988).

Bereits 1956 fand eine mehrere Tage umfassende Bearbeitung dieser Karsthöhle mit Grabungen und Planaufnahme unter der Leitung von E. Vonbank statt; sie erbrachte eine erforschte Länge von 272 m. 1964 wurde eine bis dahin durch Sand und Kies verschlossene untere Fortsetzung entdeckt und die Höhle insgesamt auf 502 m Länge zugänglich gemacht. Die Vermessungen dieser beiden Teile führten zur Erstellung des bisher einzigen Plans der Bärenhöhle durch W. Krieg (1988).

In den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts konnten durch die rege Tätigkeit der Vorarlberger Höhlenforscher

weitere Fortsetzungen entdeckt werden, wobei die Entdeckung des *Hinteren Teils* die bedeutendste war. Diese erfolgte am 4.3.1995, als es O. Erdogan, N. Spiegel, J. Marte und W. Eberle gelang eine bis dahin mit Sediment verschlossene Fortsetzung zu überwinden. Die Erforschung des ca. 300 m umfassenden Neulandes wurde mit dem Erklettern von zwei markanten Schloten, die bis knapp unter der Erdoberfläche reichen, abgeschlossen.

Schließlich konnten Mitglieder des Vorarlberger Höhlenvereines (A. Klampfer und G. Feuerstein) am 17.10.2011 eine Verbindung zwischen der in der Nähe liegenden Winkelhöhle und der Bärenhöhle herstellen und somit einen zweiten Eingang zum Bärenhöhlesystem entdecken.

Nicht weit von der Bärenhöhle entfernt befindet sich noch die Kitzlochobelhöhle, eine temporäre Quelle, die 1972 durch H. Bürgmann und F. Koch erstmals erforscht wurde. Am 22.3.2003 unternahmen

U. Sagmeister und R. Fumy erstmals einen Tauchgang in den südlichen, von Wasser gefluteten Teil, welcher eine erforschte Länge von 105 m erbrachte. Sie fertigten eine Skizze im Maßstab 1:125 an.

Der vorliegende Artikel gibt wesentliche Forschungsergebnisse einer Masterarbeit wieder, welche der Erstautor am Institut für Geologie an der Universität Innsbruck unter der Leitung des Zweitautors anfertig-

te. Diese zielte darauf ab, die hydrogeologischen Vorgänge im Bärenhöhlesystem zu charakterisieren. Dafür wurde sowohl die geologisch-tektonische Situation rund um das Höhlensystem erfasst als auch einzelne Karst-Erscheinungen. Dies inkludierte unter anderem eine Neuvermessung der bekannten Höhlen und die Untersuchung der unterirdischen Fließwege durch Tracerversuche.

## DAS UNTERSUCHUNGSGBIET

### Geographische Lage

Das Untersuchungsgebiet rund um das Bärenhöhlesystem befindet sich im hinteren Bregenzerwald in Vorarlberg im Gemeindegebiet von Reuthe. Im Zuge der Masterarbeit wurde die Geologie des ca. 4 km<sup>2</sup> großen Karstgebietes westlich von Reuthe erfasst, welches im Wesentlichen den Dürrenberg umschließt. Die nördliche und östliche Begrenzung des Kartiergebietes bildet die Bregenzer Ache, die südliche Grenze verläuft entlang der Linie Vorderreuthe – Schwelka. Im Westen wird das Kartiergebiet vom Bach, welcher vom Schnellvorsäss in die Bregenzer Ache fließt (Holsteinbach), begrenzt. Die höchste Erhebung im Arbeitsgebiet befindet sich auf 1264 m, das Tal liegt auf ca. 660 m. Der Großteil des Arbeitsgebietes ist bewaldet (Mischwald); im westlichen Teil reichen jedoch die Almwiesen des Schnellvorsäss bis in das Kartiergebiet. Hier wird im Sommer Alm- und Viehwirtschaft betrieben. Die Niederschlagshöhen betragen 1500–1800 mm im langjährigen Mittel bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 6–8°C (Werte der nahe gelegenen ZAMG-Wetterstation Schoppernau auf 835 m Meereshöhe).

### Geologischer und geomorphologischer Überblick

Die stratigraphische Abfolge reicht von den liegenden Drusberg-Schichten über den Schrattekalk und die Garschella Formation bis zu den Amdener Leistenmergeln. Der Schrattekalk bildet einen ausgedehnten Karstgrundwasserleiter (Goldscheider, 1998), welcher nach oben (Garschella und Amdener Formationen) und unten (Drusberg Formation) jeweils von Grundwasserstauern begrenzt wird (Abb. 1).

Die hügelige Ausprägung der Landschaft ist charakteristisch für den Bregenzerwald und auf die tektonische Situation zurückzuführen. Im Zuge der alpidischen Gebirgsbildung wurde das Helvetikum über die südlichen Anteile der Molassezone geschoben und dabei in

Falten mit W-E verlaufenden Achsen gelegt. Diese Faltenstrukturen sind neben quartären Erosions- und Ablagerungsprozessen für das heutige Landschaftsbild verantwortlich: Grundsätzlich bilden die Antiklinalen Bergrücken, während Täler auf Synklinalen hinweisen. Im Arbeitsgebiet dominieren Formen des Grünkarsts, d.h. der Kalkstein ist mit Boden und Vegetation bedeckt. Die quartäre Sedimentbedeckung des Geländes erschwert das Erkennen und Klassifizieren der Karstformen erheblich, wobei verschiedene Formen von Karren und einige Dolinen und Ponore erkannt werden konnten.

### Hydrologie

Das Klima ist durch hohe Niederschläge in Form von Regen und Schnee charakterisiert. Die Niederschlagsmenge im Jahr 2011 betrug 1750 mm bei einer mittleren Jahrestemperatur von 7,3°C (Werte von der ZAMG-Wetterstation Schoppernau). Im Winter ist das gesamte Untersuchungsgebiet mit Schnee bedeckt. Wie für verkarstete Zonen üblich, erfolgt der Wasserabfluss größtenteils unterirdisch. Obwohl Sommergewitter und Herbstniederschläge viel zur jährlichen Grundwasserneubildung beitragen, findet die Hauptinfiltration im Frühling im Zuge der Schneeschmelze statt. Die Infiltration ist hauptsächlich diffus durch die Bodenschicht, die im Arbeitsgebiet zwischen 10 und 100 cm beträgt. Punktuelle Einsickerung findet gelegentlich in Dolinen statt sowie in einem Ponor oberhalb der Kitzlochobelhöhle.

Nur in Bereichen, wo Sandsteine oder Mergel anstehen, bilden sich oberirdische Gewässer. Dies ist im Kern von Synklinalen der Fall, wo der Schrattekalk von Gesteinen der Garschella und Amdener Formationen bedeckt wird. Diese Bäche versickern jedoch in den Untergrund, sobald sie den anstehenden Schrattekalk erreichen.

Die Kitzlochquelle am Eingang der Kitzlochobelhöhle ist die einzige signifikante Quelle im Untersuchungsgebiet.

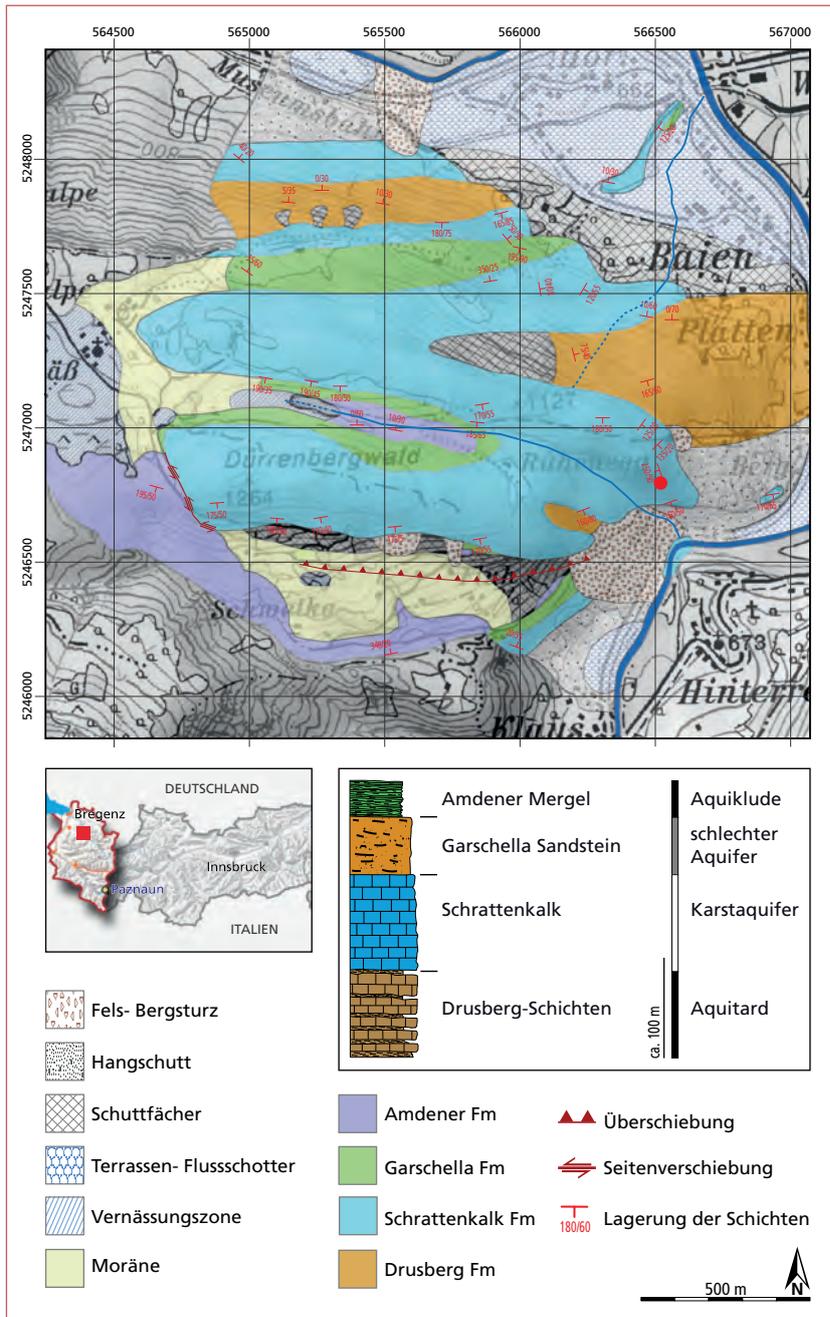


Abb. 1: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes mit lithostratigraphischem Profil; der rote Punkt markiert den Eingang zur Bärenhöhle.

Fig. 1: Geologic map of the study site with lithostratigraphic profile; the red point marks the entrance to Bärenhöhle.

## METHODIK

**Geologische Kartierung:** Als Grundlage für die Kartierung des Arbeitsgebietes im Maßstab 1:10.000 diente die topographische Karte des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen 1:50.000 (ÖK 50). Für die Feldbegehung nützlich waren die Geologische Karte von Vorarlberg, 1:100.000 (Oberhauser, 2007), sowie eine Manuskriptkarte des Kartenblattes Bezau, 1:50.000 (Zacher, 1995).

**Höhlenvermessung und Planzeichnung:** Die Vermessung der Bärenhöhle-Winkelhöhle und Kitzlochobel-

höhle erfolgte mittels *DistoX*, welcher Länge, Azimut und Neigung der einzelnen Messzüge elektronisch misst (Heeb, 2008). Die Messwerte wurden per Bluetooth an einen PDA (personal digital assistant) übertragen. Mit dem Programm *PocketTopo* wurden die Messzüge vor Ort in Grundriss und Längsprofil dargestellt und später graphisch bearbeitet.

**Messung der Wasserschüttung:** Neben manuellen Messungen mit Becher und Stoppuhr sowie visuellen Beobachtungen erfolgten Messungen der Tropfraten

an bestimmten Tropfwasserstellen in der Höhle mit Hilfe von Tropfzählern. Die Logger der Marke *Stalagmate* wurden dabei unter die Tropfwasserstellen positioniert, um die auftreffenden Tropfen akustisch zu registrieren und deren Frequenz zu speichern. Zur Auswertung der Daten wurde das Programm *Tinytag* verwendet.

Tracerversuche: Um den Verlauf der unterirdischen Entwässerung zu bestimmen, wurden zwei Färbeversuche durchgeführt. Beim eingebrachten Tracer han-

delt es sich um den fluoreszierenden Farbstoff Uranin (C.I. 45350). Die Detektion erfolgte sowohl qualitativ mittels Aktivkohle an einzelnen Tropfstellen in der Höhle als auch quantitativ mit zwei Fluorometern: Ein Feldfluorometer (GGUN-FL30) erlaubte die Fluoreszenz in situ im Gelände zu messen, während ein Spektrofluorometer (Perkin Elmer LS50B) zusätzlich im Labor eingesetzt wurde, um geringe Konzentrationen von Uranin in einzelnen Wasserproben zu bestimmen.

## ÜBERBLICK DER HÖHLEN

### Bärenhöhle (1114/1)

Zum Eingang der Bärenhöhle (UTM(32): 566518, 5246814, 901 m) gelangt man von der Bergstation einer ehemaligen Materialseilbahn aus. Diese erreicht man über einen nicht markierten Weg, der von der Straßenbrücke an der Abzweigung von der B200 nach Bezaun nach oben in Richtung Westen führt. Von der Station steigt man, sich immer nahe an der Oberkante der Wand haltend, bis zu den untersten Bäumen ab. Von dort gelangt man auf einem exponierten Felsband nach Süden etwa 30 m steil abwärts zum Eingang. Im Oktober 2011 wurde ein zweiter Eingang über eine Verbindung mit der Winkelhöhle entdeckt.

Die Bärenhöhle weist eine Gesamtlänge von 787 m auf und zählt somit zu den längsten Höhlen Vorarlbergs. Der Höhenunterschied innerhalb der Höhle beträgt 155 m. Seit 1956 ist die Bärenhöhle als Naturdenkmal geschützt (Abb. 2).

### Neuvermessung der Bärenhöhle

Die Bärenhöhle lässt sich in einen *Alten*, einen *Neuen* sowie einen *Hinteren Teil* gliedern. Der *Alte Teil* wurde 1956 vermessen und wird in den *Rechten*, *Linken* und *Oberem Gange* eingeteilt (Krieg, 1988). Der *Neue Teil*, bestehend aus *Unterm Westgang* und *Unterm Ostgang*, wurde zwischen 1964 und 1966 vermessen (Krieg, 1988). Der *Hinterer Teil* wurde erst in den 90er Jahren entdeckt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die gesamte Höhle neu vermessen. Der Höhlenplan des *Hinteren Teil* wird hier zum ersten Mal veröffentlicht (Abb. 3 und Abb. 4).

### Form und Morphologie der Bärenhöhle

#### *Alter Teil*

Den Eingang zur Bärenhöhle bildet ein ebener Platz mit etwa 4 m Länge und 2 m Breite. Dieser wurde im Lauf der Arbeiten des Vorarlberger Landesmuseums in der Woche vom 18. bis 23. Juni 1956 durch die Errich-

tung einer Steinmauer geschaffen (Krieg, 1988). Seitwärts davon erstreckt sich mit etwa 10 m Länge nach W ein steil abfallender Gang und bildet eine zweite, gut sichtbare Öffnung in der Felswand. Der eigentliche Eingang zur Bärenhöhle, den man von dem geebneten Platz aus erreicht, ist 4 m hoch und 2,2 m breit. Ein großer Felsblock befindet sich jedoch genau im Eingangsbereich.



Abb. 2: Felswand im Bereich der Bärenhöhle, aufgenommen aus südlicher Richtung; 1: Eingang Bärenhöhle, 2: Eingang Winkelhöhle, 3: Eingang Gschleuhöhle. Die Kitzlochtabelhöhle ist auf diesem Foto nicht zu sehen.

Fig. 2: Rock face in the area of Bärenhöhle, seen from the South; 1: entrance of Bärenhöhle, 2: entrance of Winkelhöhle, 3: entrance of Gschleuhöhle. The Kitzlochtabelhöhle is not visible in this picture.

Der 66 m lange *Rechte Gang* fällt vom südexponierten Eingang bis zum 13 m tiefer liegenden Ende in zunächst nördliche, anschließend südöstliche Richtung flach ab. Die Raumhöhen liegen fast immer unter 1,5 m. Dieser mit Sand gefüllte Teil verläuft horizontal und ist das ganze Jahr über trocken. Ab VP 1.4 fällt der *Rechte Gang* bis zu seinem Ende bei VP 1.14 mit etwa 12° leicht in Richtung SE ab. Eine Sintersäule und einige kleine Stalagmiten, welche Oberflächenkorrosion aufweisen, sind in diesem Bereich gemeinsam mit Bergmilch zu beobachten. Bei VP 1.10 erzeugte ein Deckenbruch zahlreiche größere Gesteinsblöcke am Boden. Der Gang endet mit einer auf etwa 20 cm geweiteten Kluft, durch die Tageslicht durchdringt. Humus und Laub treten dort zusammen mit Bruchschutt auf.

Der 120 m lange *Linke Gang* zweigt bei VP 1.3 Richtung Nordwesten ab. Er bildet den zentralen Teil der Bärenhöhle, wovon der *Obere Gang* sowie der *Untere Westgang* abzweigen. Der *Linke Gang* mündet bei der *Brückenhalle* in den *Hinteren Gang*. Anfänglich steigt der *Linke Gang* um 5,5 m an, verläuft anschließend bis VP 2.4 annähernd horizontal, um bis zu seinem Ende kontinuierlich um 36 m mit 20° Richtung Westen abzufallen. Die Raumhöhen im *Linken Gang* liegen zwischen 1,2 und 4 m bis auf drei Schlufstrecken (VP 2.3, VP 2.6 und VP 2.10), welche deutlich niedriger sind. Diese ebenen Schlufstellen weisen einen Lehm Boden auf, der meistens sehr feucht oder auch morastig ist. Zwei schachtartige Abstürze zwischen VP 2.14 und VP 2.16 begrenzen eine Felsbrücke, den Reitgrat, über die man in den Endteil des *Linken Ganges* gelangt, die *Brückenhalle*. In diesem Bereich sind kleine Sinterfahnen vorhanden, außerdem sind Spuren von abgebrochenen Stalagmiten zu erkennen. Die zwei Schächte, welche die *Felsbrücke* bilden, führen in den *Neuen Teil*.

Der *Obere Gang* wird über eine 6,5 m hohen Wand erreicht, an der Bergmilch mit bis zu 20 cm Mächtigkeit anhaftet (VP 3.2). Dieser Gang steigt auf seiner Gesamtlänge von 78 m um insgesamt 27 m an. Der erste Abschnitt verläuft in nordwestliche Richtung. Bei VP 3.10 zweigt vom Hauptgang, welcher in nordöstliche Richtung umbiegt, ein kleinerer Gang ab, der dem nordwestlichen Richtungstrend des *Oberen Ganges* folgt. Dieser Nebengang (VP 4.1 bis VP 4.7) ist über eine 2,5 m hohe Steilstufe erreichbar. Über ein Schlufloch (VP 4.4) gelangt man in einen ausgedehnten Raum, dessen Sohle aus inaktivem Bodensinter besteht. Nach Westen wird der Gang jedoch zu niedrig, um ihm weiter folgen zu können.

Der Hauptgang verläuft ab VP 3.10 in Form eines etwas breiteren, mit Versturz gefüllten Raumes etwa hori-

zontal weiter nach Nordosten. Hier tritt neben Blockschutt auch etwas Lehm auf. Außerdem treten von der Decke Baumwurzeln in die Höhle ein. Über einen kurzen klammartigen Aufstieg (VP 3.13 bis VP 3.15) gelangt man zur Endkammer, die in ihrem nördlichen Teil verlehmt ist.

#### *Neuer Teil*

Der *Untere Westgang* fällt gleich unterhalb der *Brückenhalle* leicht in südöstliche Richtung ab. Ein Raum mit bis zu 4,5 m Höhe mündet nach einer Steilstufe in einen Schluf. Von dort gelangt man in einen mit Versturz gefüllten Raum, welcher zur *Stufenschlucht* führt. Über zwei Steilstufen gelangt man insgesamt 20,5 m mit einer durchschnittlichen Neigung von 40° nach unten. Ein Schlot bei VP 6.10 mit einer Höhe von 10 m stellt hier eine Verbindung zur Winkelhöhle dar. Hier dominiert wieder Versturzmateriale. Der Gang biegt nun um und verläuft bis zur *Steilstufe* in nordwestliche Richtung nach unten. Die *Steilstufe* ist eine 15 m lange Rampe, welche mit etwa 50° nach unten fällt. Kleine Sinterfahnen sind in diesem Bereich zu beobachten. Hier fließt meist Wasser die Rampe entlang nach unten. Die *Steilstufe* mündet in eine ebene Fläche, wo Versturzmateriale dominiert (VP 6.18). Von dort gelangt man in den *Tunnel*, einen Abschnitt mit kreisrundem Querschnitt, der auf eine (epi)phreatische Entwicklung hinweist. Dieser mündet bei VP 6.22 in einen Abschnitt mit größeren Geröllen. Hier sind auch einige Stalaktiten und Stalagmiten vorhanden. Die *Schräge Klamm* führt von dort in einen ebenen Bereich, wo viel sandiges Material am Boden liegt, welches vom Höhlenbächlein abgelagert wird. Das Wasser fließt durch eine Kluft in südliche Richtung ab. Hier wurde bei einem Färbeversuch Tracer eingespeist (s.u.). Ein Teil des Wassers läuft jedoch auch in Richtung des westlichen Siphons über, der ins *Jenseits* führt. Dieser Höhlenbereich ist nur bei Niedrigwasser erreichbar und markiert den niedrigsten Punkt im System (83 m unterhalb des Eingangs). Hier gelangt man über eine leicht nach oben führende Passage in einen Raum von etwa 20 m Länge und bis zu 5,5 m Breite, der nach unten von einem unbefahrbaren Siphon begrenzt wird. Nach oben verzweigt sich der Raum in eine linke und eine rechte Seite, wobei jedoch in beiden Fällen die Raumhöhe zu niedrig für ein Weiterkommen ist.

Bei VP 6.12 zweigt mit einer Gesamtlänge von 72 m der *Untere Ostgang* ab. Der geräumige *Biwakplatz* (VP 7.1–7.4), wo zwei Stalagmitenstümpfe auf ehemalige Tropfsteine hinweisen, verläuft horizontal und weist trockenen Feinsand auf. Bei VP 7.7 gelangt man über eine nördlich nach oben verlaufende Steilstufe

zum *Rundgang*. Dabei handelt es sich um eine enge Passage mit einer Breite von maximal 1,2 m und mit Raumhöhen von maximal 0,8 m. Die Fortsetzung des *Unteren Ostganges* führt ins *Gefängnis*, ein senkrecht nach unten verlaufender Raum mit einer Höhe von etwa 15 m.

#### *Hinterer Teil*

Der mit Sand gefüllte Gang am Ende der *Brückenhalle* führt nach wenigen Metern in den *Siphon*. Dieser 4 m lange Durchgang weist in seinem niedersten Bereich eine Höhe von 0,35 m bei einer Breite von knapp 1 m auf und wird zeitweise von Wasser überflutet. Von dort gelangt man in die *Paradieshalle*, wo lehmig-sandiges Sediment vorherrscht. In feuchten Perioden versickert das Wasser in einer sedimentgefüllten Kluft, bei großen Niederschlägen wird der Siphon geflutet.

Eine fast senkrechte Wand mit einer Höhe von 8 m führt von der *Paradieshalle* weiter in den *Hinteren Gang*. Der bis zu 6,5 m breite Durchgang wird von Stalagmiten dominiert. Nach einer weiteren Steilstufe von ca. 3 m Höhe gelangt man in einen mit Lehm gefüllten Gang, in dem mehrere Stalagmiten auftreten. In einer nach hinten führenden Kluft tritt eine Mergellage auf, welche in südliche Richtung einfällt. Die erosive Tätigkeit des Höhlenbaches ist hier durch das Einschneiden von kleinen Canyons zu erkennen.

Bei VP 2.37 führt auf der Nordseite des Ganges der bis zu 1,5 m breite *Kurze Schacht* nach oben. Dieser Schacht lässt sich ca. 32 m senkrecht erklettern. Kurz nach der Abzweigung zum *Kurzen Schacht* erreicht man im *Hinteren Gang* nach einer engen Passage mit großen Geröllen einen höheren Raum (3,5 m), der über einen kurzen (0,5 m) Durchgang in die *Bärenhalle* führt. Hier liegen mehrere große Versturzböcke am Boden, aber auch vereinzelt Stalagmiten finden sich. Eine Kluft führt in nördliche Richtung nach unten (VP 10.2), wobei häufig auch ein Luftzug zu spüren ist. Vor allem aber beherbergt die *Bärenhalle* den Zugang zu zwei Schächten.

Der *Zwanzigmeterschacht* ist mit einer Höhendifferenz von 57 m der längste Schacht im System. Bis VP 11.3 verläuft er nahezu senkrecht nach oben. Bis hierher ist der Schacht sehr breit angelegt (bis zu 9 m Durchmesser), wird jedoch mit zunehmender Höhe schmaler. Bei VP 12.1 zweigt ein kleiner Schacht mit einer Länge von 9,5 m fast senkrecht nach unten ab. Es handelt sich um einen engen Schacht, der an seinem unteren Ende stark verlehmt ist und grobkörnigen Blockschutt führt. Oberhalb dieser Stelle verläuft der *Zwanzigmeterschacht* etwas weniger steil nach oben, bevor er erneut (VP 11.5) senkrecht bis zum Ende weiterführt. Das Ende des *Zwanzigmeterschachtes* markiert den höch-

sten Punkt des Höhlensystems und liegt 72 m oberhalb des Eingangs.

Bei VP 11.4 zweigt vom *Zwanzigmeterschacht* ein schmaler, horizontaler Durchgang mit mehreren größeren Versturzböcken ab. Er führt zum westlich gelegenen *Vierzigmeterschacht*, der hier sowohl nach oben als auch nach unten weiterverläuft. Der *Vierzigmeterschacht* weist eine Höhendifferenz von 43 m auf und ist ebenfalls von der *Bärenhalle* aus befahrbar. Er verläuft senkrecht nach oben und weist einen konstanten Durchmesser von ungefähr 2 m auf. Am Ende führen zwei schmale Fortsetzungen weiter nach oben, die aufgrund ihres engen Verlaufs nicht weiter befahrbar sind.

#### **Winkelhöhle (1114/10)**

Die Winkelhöhle befindet sich westlich des Eingangs zur Bärenhöhle, etwa 50 Höhenmeter unterhalb desselben. Die Winkelhöhle liegt im unteren Teil der steilen Felswand in ausgesetztem Gelände. Der Eingang befindet sich auf einer Seehöhe von 845 m, die Koordinaten für den Eingang lauten UTM(32): 566453 5246774. Die Gesamtlänge der Winkelhöhle beträgt 15,5 m bei einem vertikalen Höhenunterschied von 12 m. Die im Jahr 2011 erschlossene Verbindung zwischen Bärenhöhle und Winkelhöhle führt zum Bärenhöhlesystem.

Die Winkelhöhle besteht aus einem kleinen Raum, in dem Korrosionsformen zu erkennen sind. Obwohl ein starker ausziehender Luftzug im Sommer zu spüren war, verhinderten größere Mengen an Versturzmateriale den Zugang zum hinteren Höhlenteil. Dieses Blockwerk konnte am 17.10.2011 von Höhlenforschern entfernt und dabei eine enge, nach unten führende Spalte freigelegt werden. Diese Spalte führt in einen größeren Hohlraum der Bärenhöhle, wodurch die bereits seit längerem vermutete Verbindung zwischen den beiden Höhlen bewiesen werden konnte. Der Höhlenplan der Winkelhöhle ist zusammen mit jenem der Bärenhöhle in Abb. 3 dargestellt.

#### **Kitzlochobelhöhle (1114/13)**

Die Kitzlochobelhöhle (UTM(32): 566432 5246715, 770 m) wird über einen Güterweg erreicht, welcher von der Bundesstraße von Bezaun in Richtung Mellau vor der Steinschlag-Lawingalerie rechts abzweigt. Man steigt auf dem Weg bis zur ersten Linkskehre auf, wo sich an der rechten Seite der Eingang zur Höhle befindet. Der bisher vermessene Teil der Höhle hat eine Gesamtlänge von 44 m. Die Niveaudifferenz in diesem Bereich beträgt 28 m, wobei ein Großteil auf einen

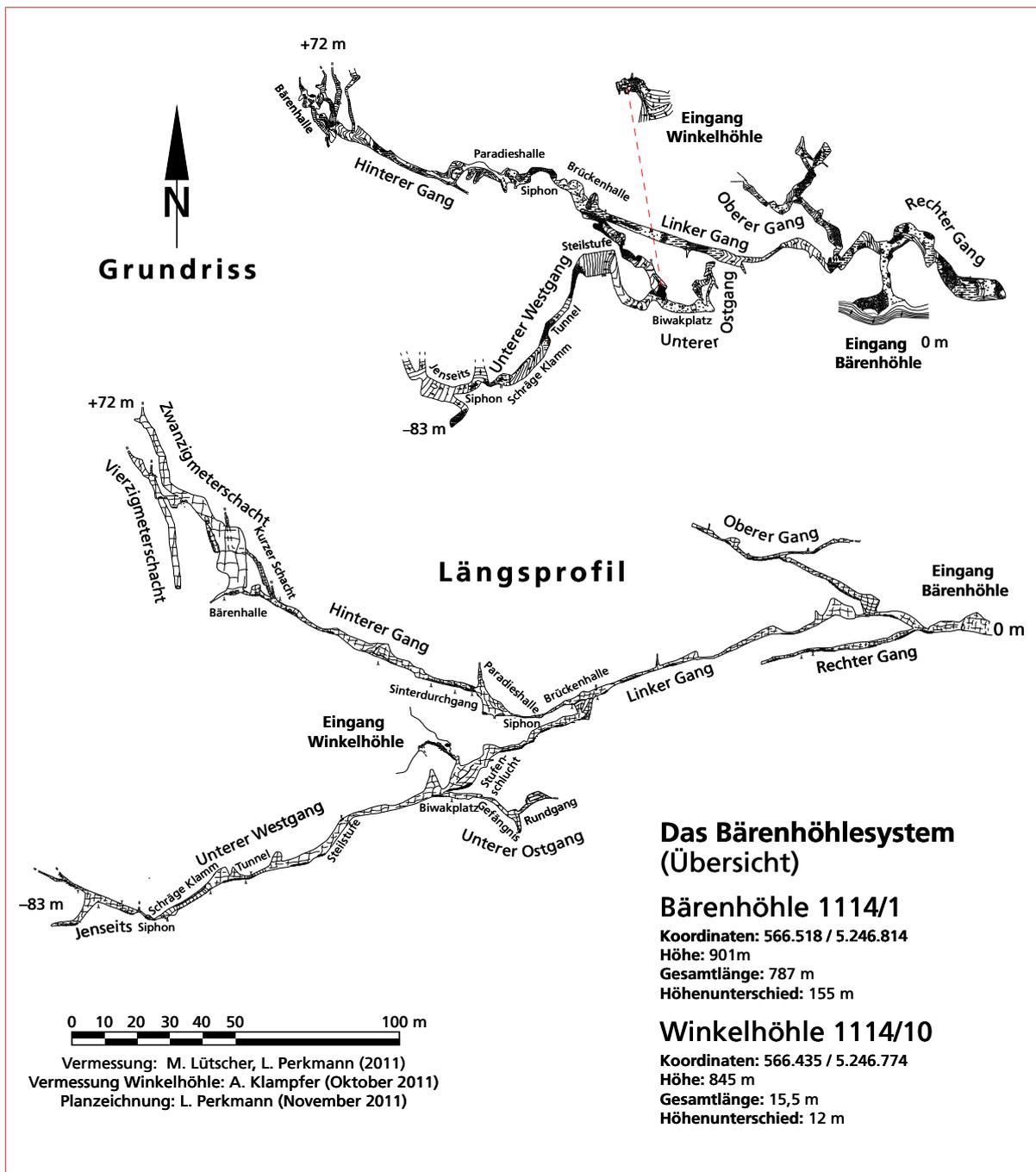


Abb. 3: Übersichtsplan des Bärenhöhlesystems mit Grundriss und Längsschnitt.  
 Fig. 3: Overview of the Bärenhöhle cave system.

20 m langen Schacht entfällt. Die Unterschutzstellung der Höhle als Naturdenkmal erfolgte 1978.

Direkt am Eingang der Höhle führt das Bachbett des Dürrenbergbaches als klammartige Verengung vorbei. Im Bachbett befindet sich oberhalb der Höhle ein Ponor, über den ein Teil des Wassers durch einen Schacht in die Kitzlochtoebelhöhle gelangt, wo es sich mit dem Wasser aus dem Höhleninneren vermischt. Bei starkem und längerem Regen wird die Kapazität

des Ponor überschritten und ein Bach bildet sich entlang der Klamm.

**Form und Morphologie der Kitzlochtoebelhöhle**  
 Bei der Kitzlochtoebelhöhle handelt es sich um eine Wasserhöhle, d.h. wesentliche Teile der Höhle sind ständig mit Wasser gefüllt bzw. geflutet. Die Höhle wurde im Zuge dieser Arbeit erstmals systematisch vermessen, allerdings nur der ungeflutete Bereich bis

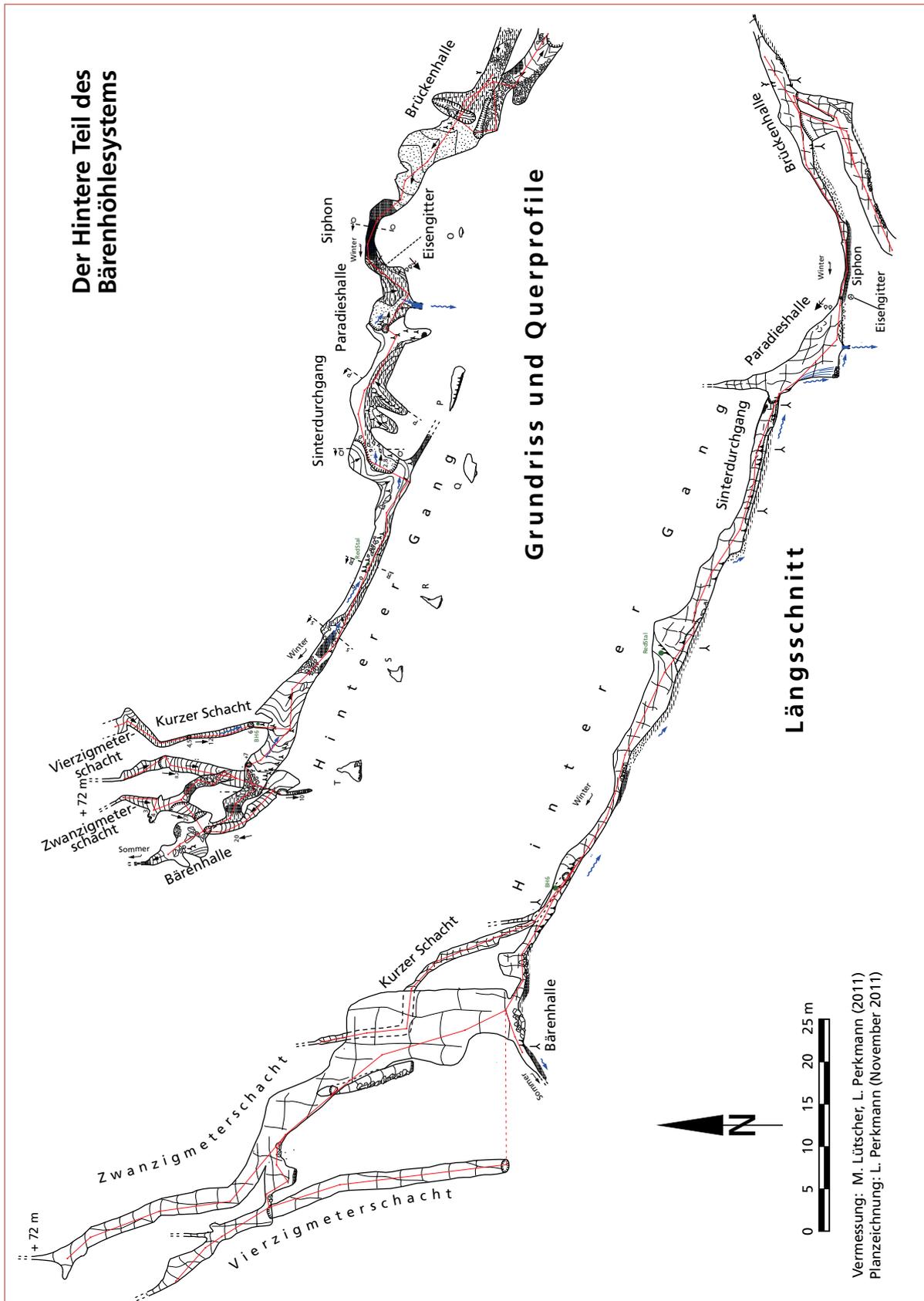


Abb. 4: Detaildarstellung des neu vermessenen Hinteren Teiles des Bärenhöhlesystems.  
Fig. 4: Detailed survey of the rear part (Hinterer Teil) of the Bärenhöhle cave system.

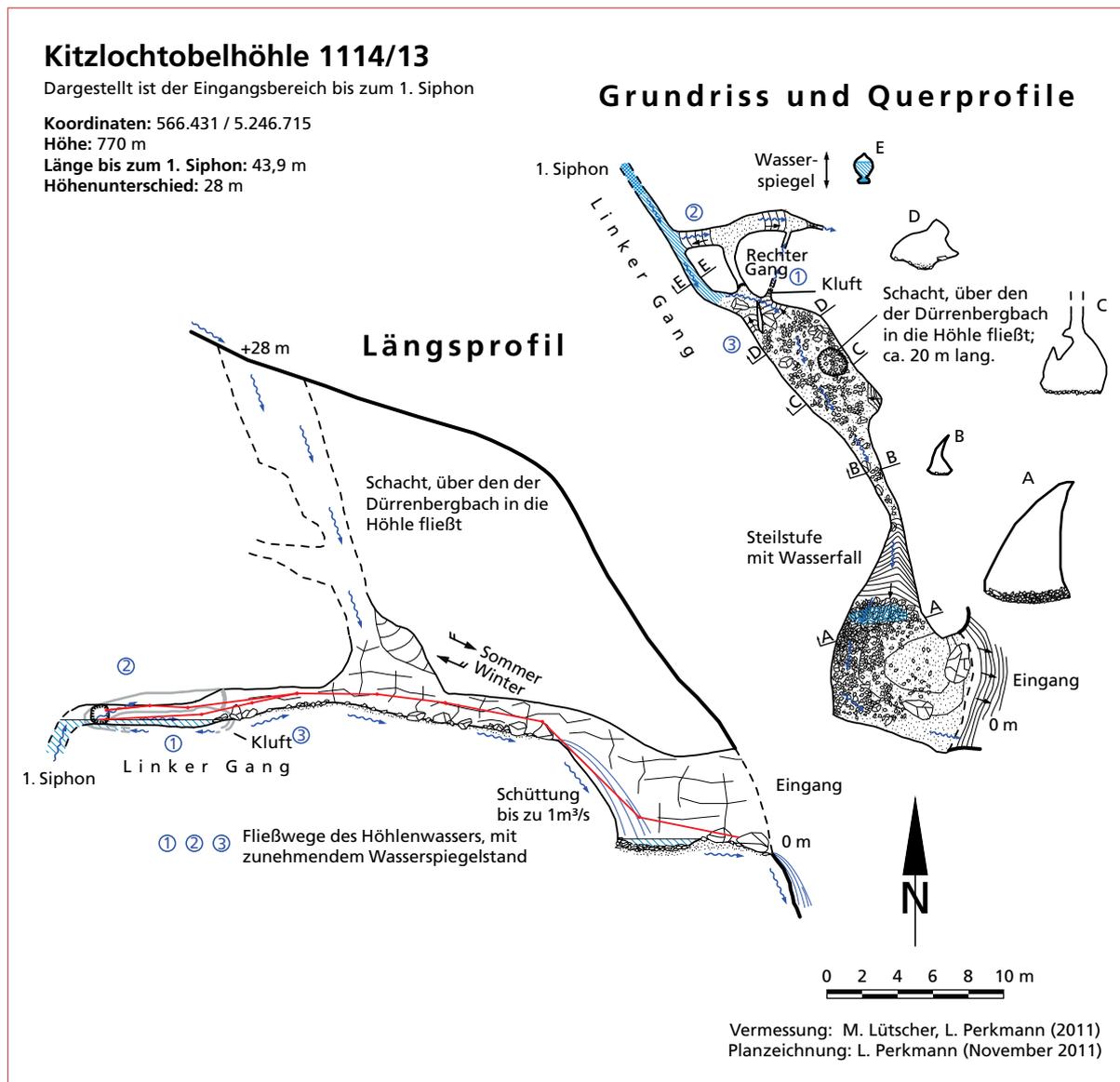


Abb. 5: Längsschnitt und Grundriss der Kitzlochtoebelhöhle.  
 Fig. 5: Longitudinal section and plan view of Kitzlochtoebelhöhle.

zum wasserführenden Siphon. Da eine weitere Erkundung nur durch Tauchgänge möglich ist, bezieht sich die Beschreibung der restlichen Höhle auf Befahrungsberichte (Fumy, 2003; Sagmeister, 2005). Unmittelbar hinter dem großräumigen Eingang zur Kitzlochtoebelhöhle folgt eine steile Felsstufe, über die Wasser aus der Höhle in ein kleines Becken im Eingangsbereich der Höhle fließt. Von dort gelangt das Wasser in das Bachbett des Dürrenbergbaches, welcher nach einigen hundert Metern in die Bregenzer Ache mündet. Oberhalb der ungefähr 5 m hohen Felsstufe gelangt man in einen etwa 8 m langen Gang, auf den eine hohe Kluft folgt, durch die Tageslicht eintritt. Die Kluft ist über mehrere kleine Fenster mit dem Bachbett des Dürrenbergbaches verbunden, wodurch

Wasser aus dem Bach in die Höhle fließt. Dieses vermischt sich mit dem Wasser aus dem hinteren Bereich der Höhle und fließt zum Ausgang. Hinter der Kluft folgt eine kleine Steilstufe, nach der sich die Höhle in den *Rechten* (nördlichen) und *Linken* (südlichen) wassergefluteten Gang teilt. Der enge *Rechte Gang* führt zunächst leicht nach oben, ehe er nach rechts abwinkelt und über eine Distanz von etwa 5 m sanft abfällt und in den *Linken Gang* mündet. Hier befindet sich ein quer verlaufender, kurzer Schichtfugenteil. Der geräumigere *Linke Gang* steht ständig unter Wasser; dieser Bereich ist nur bei geringer Wasserführung ohne Tauchausrüstung zugänglich. Zunächst verläuft der Gang etwa 2 m in nordwestliche Richtung, ehe er mit dem *Rechten Gang* zusammenläuft. Im

November 2011 konnte die Kitzlochtoebelhöhle bis hierhin vermessen werden. Der Höhlenplan ist in Abb. 5 dargestellt.

Der weitere Teil wurde durch mehrere Tauchgänge erforscht und skizziert (Fumy, 2003; Sagmeister, 2005). Der *Linke Gang* führt nach dem Einmünden des *Rechten Ganges* noch etwa 3 m nach NW bis zum ersten Siphon. Die Neigung des mit Schotter bedeckten Ganges beträgt 45°, der Azimut 238°. Vom Siphon verläuft der Gang mit einer Neigung von 55° nach oben, wo erneut ein trockener Abschnitt beginnt. Hier fließt Wasser am Boden und an den Wänden kann man Kolke sowie Sinterröhrchen und Sinterfahnen beobachten. Die Raumhöhe ist sehr niedrig. Die Richtung des Ganges ändert sich wiederum (Azimut 120°) und man gelangt zu einem weiteren wassergefüllten Abschnitt mit engem Siphon. Bisher konnte dort keine weitere befahrbare Fortsetzung gefunden werden.

#### Wasserverlauf in der Kitzlochtoebelhöhle

Der hintere Bereich der Kitzlochtoebelhöhle ist ständig mit Wasser geflutet, welches Richtung Höhlenausgang

fließt. Der Anteil des Wassers aus dem Höhleninneren selbst ist nicht zu jeder Zeit beobachtbar. Bei hoher Wasserführung der Gesamtquelle ist nämlich kein Eintritt in die Höhle möglich. Bei geringer Wasserführung gelangt man nach Überwindung der steilen Felsstufe weiter in die Höhle und zum ersten Siphon. Das Wasser, welches hier aus dem Inneren der Höhle kommt, besitzt eine geschätzte Schüttung von wenigen Litern pro Sekunde, die bei hoher Wasserführung jedoch deutlich höher liegt.

Dieses Höhlenwasser verfolgt je nach der Höhe des Wasserspiegels im Siphon unterschiedliche Wege. Diese wurden im Höhlenplan der Kitzlochtoebelhöhle (Abb. 5) mit den Zahlen 1 bis 3 beschriftet. In Abb. 6 sind der erste und dritte Fall dargestellt:

1. Bei geringer Schüttung versickert der Großteil des Höhlenwassers in einer kleinen Kluft und gelangt schließlich in den Rechten Gang zurück. Hier versickert das Wasser in einer mit Sediment gefüllten Spalte. Der weitere Verlauf dieses Wassers konnte nicht untersucht werden, zumal es keine Anzeichen für weitere Quellen oder Wasseraustritte im Gebiet

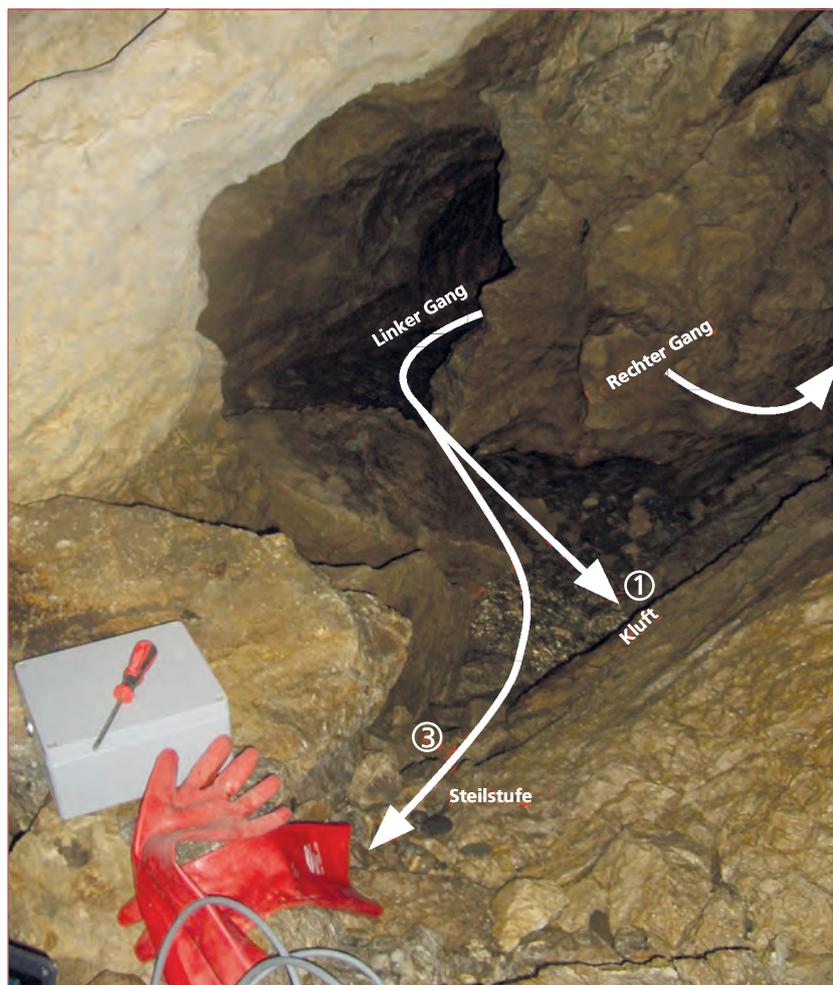


Abb. 6: In der Kitzlochtoebelhöhle: Hinten befindet sich der Linke Gang mit dem wassergefüllten Zugang zum ersten Siphon. Das Wasser aus dem Inneren der Höhle versickert nach Verlassen des Siphons zunächst in einer Kluft am Boden (rechter Pfeil). Nur bei Hochwasser kann ein Teil des Höhlenwassers die Steilstufe überwinden und fließt Richtung Höhlenausgang (linker Pfeil).  
 Fig. 6: Inside the Kitzlochtoebelhöhle: the left passage leads to a water-filled siphon in the back. The water from inside the cave seeps downward through a joint after leaving the siphon (right arrow). Only during high water periods parts of the water from the cave overflow the scarp and flow towards the entrance of the cave (left arrow).

- unterhalb der Kitzlochtoebelhöhle gibt. Wahrscheinlich tritt das Wasser in den Quartärsedimenten am Talboden aus und fließt direkt in die Bregenzer Ache.
- Steigt der Wasserspiegel im Siphon an, so kann das Wasser den Durchgang zwischen Linken und Rechten Gang überwinden, der von einer kleinen Stufe gebildet wird. Am Ende des Rechten Ganges versickert dieses Wasser ebenfalls in der oben genannten Spalte.
  - Bei hoher Wasserführung hingegen wird der linke Höhlengang vom Wasser aus dem Siphon völlig geflutet, wodurch es ungehindert Richtung Höhlenausgang fließt und sich mit dem allogenen Wasser des Dürrenbergbachs vermischt.

### Gschleuhöhle (1114/11)

Die Gschleuhöhle liegt genau unterhalb – und etwa 80 Höhenmeter tiefer – des Eingangs zur Bärenhöhle. Der Eingang auf 825 m Seehöhe kann mit den Koor-

dinaten UTM(32): 566518 5246755 lokalisiert werden. Bei der Gschleuhöhle handelt es sich um eine Kleinhöhle mit 26 m Gesamtlänge. Die Höhle verläuft praktisch horizontal. Das Gangprofil ist zum Teil mit Lehm gefüllt; es finden sich gerundete Kiese und Knochenreste, die vermutlich von Gämsen stammen. Der Bodenbereich wird von Baumwurzeln durchzogen, welche sich bis in den innersten Bereich der Höhle erstrecken. Diese Wurzeln stammen vom Baumbestand, der vor der Höhle wächst. Daneben hängen von der Decke zahlreich feine Wurzeln von Bäumen oberhalb der Höhle. Die Raumhöhe im Hauptgang beträgt nach dem 0,5 m hohen Eingangsschluf bis zu 2 m und sinkt am Höhlenende wieder auf 0,4 m. Kurz vor dem Ende zweigt nach links ein etwa 7 m langer, nur rund 25–30 cm hoher Gang ab. Hier befindet sich ein etwa fußballgroßer runder Stein, der an der Decke eingesintert ist. Auch im Rest der Höhle sind Sinterbildungen, vor allem Ablagerungen von Bergmilch, die zum Teil dunkelgrau gefärbt ist, vorhanden.

## ERKENNTNISSE DER NEUVERMESSUNG

Die Neuvermessung zeigt, dass vor allem im Bereich des Richtungsverlaufs der einzelnen Gänge starke Abweichungen zum früheren Plan der Höhle auftreten.

Dies betrifft in erster Linie den *Alten Teil* mit dem *Rechten*, *Linken* und *Oberen Gang*. Vergleicht man die beiden Grundrisse miteinander, so fällt auf, dass sich bei der Erstvermessung Fehler in den Azimutwerten eingeschlichen hatten. Die Längenmessungen und

Distanzen stimmen bei beiden Plänen hingegen größtenteils überein (Abb. 7).

Die Neuvermessung zeigt deutlich, dass die Bärenhöhle im Wesentlichen entlang der Synklinal-Achse verläuft und weist somit auf eine struktureologisch kontrollierte Höhlenbildung hin. Die aktuelle Entwässerung des Bärenhölesystems folgt höchstwahrscheinlich ähnlichen Strukturen, wobei die Kitzlochtoebelhöhle den naheliegendsten Austritt bildet.

## HYDROLOGIE

### Wasserverlauf in der Bärenhöhle

In der Bärenhöhle sind zahlreiche Tropfstellen ausgebildet, über die Sickerwasser in die Höhle gelangt. Obwohl Messungen der Tropfraten einen deutlichen Jahresgang zeigen, reagieren einzelne Sickerstellen rasch auf Niederschlagsereignisse. Bei großen Regenmengen und während der Schneeschmelze bilden sich im *Linken* und im *Hinteren Gang* zwei Höhlenbächlein, wel-

che über den *Unteren Westgang* entwässern. Das Wasser versickert auf dem Weg teilweise wieder in Klüfte oder Schwinden, ein großer Teil gelangt jedoch zum Siphon am Ende des *Unteren Westganges*, wo er in einer Kluft verschwindet. Hier kann die Wasserführung bis zu mehrere Liter pro Sekunde betragen.

### Tracerversuche

Eine hydrologische Verbindung zwischen der Bärenhöhle und der Kitzlochtoebelhöhle wurde erstmals am 21.10.2010 bewiesen. Die an diesem Tag aktive Schneeschmelze erzeugte eine Schüttung des Kitzlochbaches von geschätzten 100 l/s, wobei nur ein geringer Teil tatsächlich der Karstentwässerung entsprach. Fünf Gramm Uranin (CI 45350) wurden um 15:57 im untersten Bereich der Bärenhöhle eingespeist, wo das Was-

	Zeit nach Einspeisung	Fließgeschwindigkeit
erster Tracer	30 min	3 m/min (180 m/h)
Tracer maximal	70 min	1,3 m/min (78 m/h)
letzter Tracer	7 h	0,21 m/min (12,6 m/h)

Tabelle 1: Fließgeschwindigkeiten des Wassers beim Tracer-Versuch vom 21.10.2010.

Tabel 1: Groundwater flow velocities of during the 21/10/2010 tracer test I.

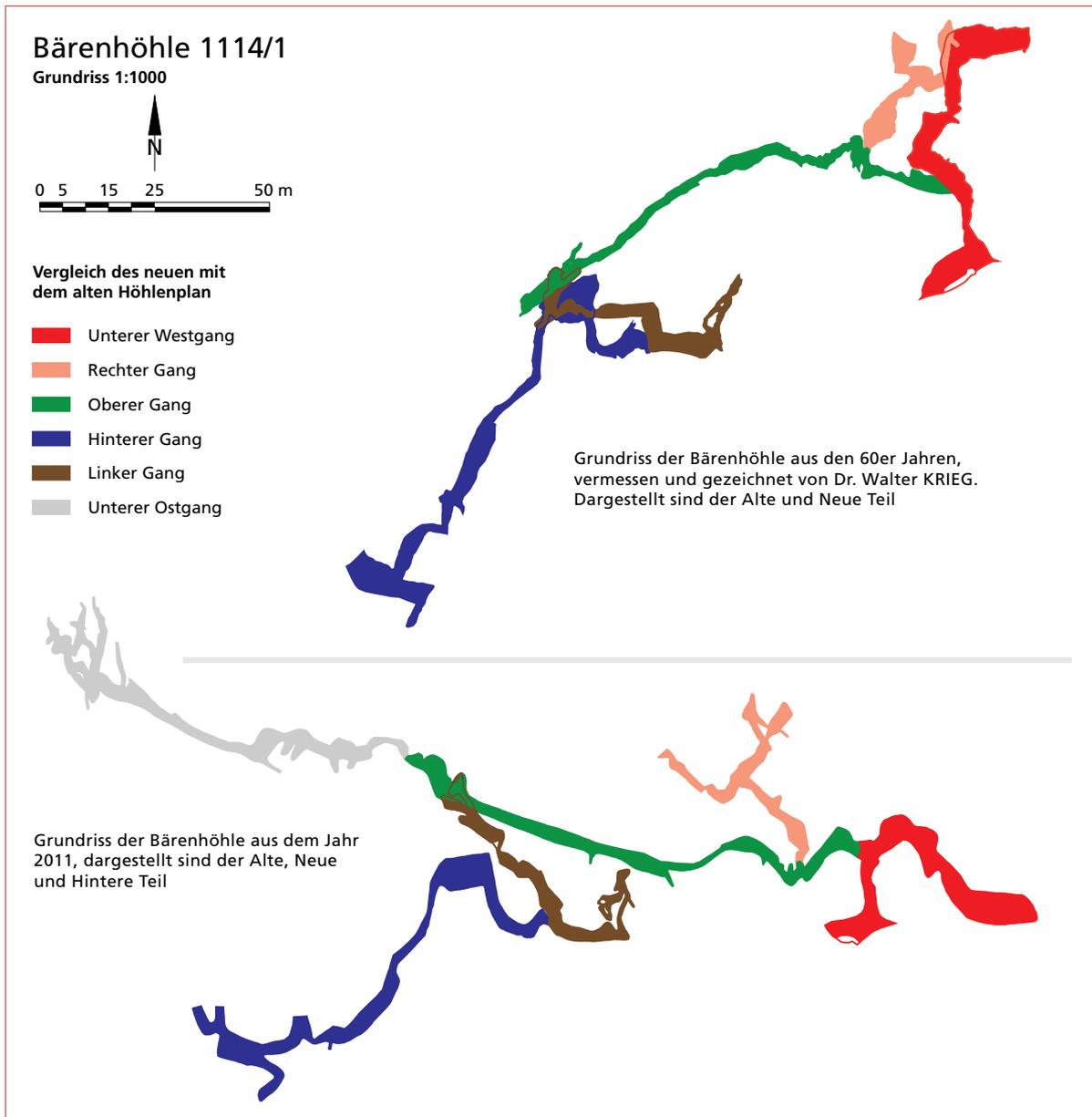


Abb. 7: Die beiden Grundriss-Pläne der Bärenhöhle im Vergleich.  
Fig. 7: Comparison of the two surveys of Bärenhöhle.

ser in eine schmale Spalte abfließt. Knapp 30 Minuten später wurde der Tracer am Austrittsort der Kitzlochto-  
belhöhle analytisch festgestellt. Die maximale  
Konzentration von über 29 ppb wurde nach ca. 70 Mi-  
nuten erreicht. Die maximale Fließgeschwindigkeit  
betrug ca. 180 m/h (d.h. 3 m/min), wobei die durch-

schnittliche Fließgeschwindigkeit bei 78 m/h lag  
(1,3 m/min). Dieser Wert liegt durchaus im Bereich  
bekannter Fließgeschwindigkeiten im verkarsteten  
Schrattenkalk (Goldscheider, 2005; Häuselmann et al.,  
2003) und weist auf ein gut entwickeltes Röhrensystem  
hin.

## DANK

Ein großer Dank sei dem Karst- und Höhlenkund-  
lichen Ausschuss des Vorarlberger Landesmuseums-  
vereins ausgesprochen, allen voran Emil Büchel,  
Alex Klampfer und Oliver Erdogan, die bei die Bereit-

stellung von Unterlagen sehr behilflich waren, sowie  
dem FWF (P206180) und INATURA für finanzielle  
Unterstützung.

## LITERATUR

- Fumy, R. (2003): Bericht Befahrung Kitzlochobelhöhle (1114/13) vom Samstag, dem 22. März 2003. – Neuigkeiten aus Karst und Höhlen, Karst- und höhlenkundlicher Fachausschuss des Landesmuseumsvereins Vorarlberg 93: 8.
- Goldscheider, N. (1998): Hydrogeologische Untersuchungen im alpinen Karstgebiet Gottesacker und Schwarzwassertal (Allgäu/Vorarlberg). – Vorarlberger Naturschau 4: 247–294.
- Goldscheider, N. (2005): Fold structure and underground drainage pattern in the alpine karst system Hochifen-Gottesacker. – *Eclogae geol. Helv.* 98: 1–17.
- Häuselmann, P., Oetz, M., Jeannin, P.Y. (2003): A review of dye tracing experiments done in the Siebenhengste karst region (Bern, Switzerland). – *Eclogae geol. Helv.* 96: 23–36.
- Heeb, B. (2008): Paperless Caving - An Electronic Cave Surveying System. – 4th European Speleological Congress, (<http://paperless.bheeb.ch/download/PaperlessCaving.pdf>; downloaded 04/06/2013)
- Krieg, W. (1988): Zur Morphologie der Bärenhöhle am Dürrenberg ob Reuthe im Bregenzerwald. – Karst und Höhlen in Vorarlberg. Vorarlberger Landesmuseumsverein, Karst- und höhlenkundlicher Ausschuss 11: 45–55.
- Oberhauser, R. (2007): Geologische Karte von Vorarlberg, 1:100.000. Beilage 3 zur Geologie der Österreichischen Bundesländer. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Sagmeister, U. (2005): Tauchgang in der Kitzlochobelhöhle. – Neuigkeiten aus Karst und Höhlen, karst- und höhlenkundlicher Fachausschuss des Landesmuseumsvereins Vorarlberg 103: 7.
- Zacher, W. (1995): Geofast-Karte 1:50.000, Kartenblatt 112 Bezaun. – Geologische Bundesanstalt, Wien.