

Ergebnisse der Tauchforschungen der Arbeitsgemeinschaft Blautopf in der Blautopfhöhle (7524/34) von 1997 bis 2001

von
Jürgen Bohnert

Abstract

Between 1997 and 2001 the members of „Arbeitsgemeinschaft Blautopf“ have been able to conduct an extensive scientific research program in „Blautopfhöhle“ including a detailed survey as well as geological, biological and archaeological studies. Meanwhile more than 1.000 m of passages have been surveyed using synthetic nitrox mixtures, specially designed semi-closed rebreathers and diver propulsion vehicles.

Zusammenfassung

In den Jahren 1997 bis 2001 waren die Mitglieder der „Arbeitsgemeinschaft Blautopf“ in der Lage, ein umfangreiches wissenschaftliches Programm durchzuführen, das eine detaillierte Vermessung wie auch geologische, biologische und archäologische Studien umfasste. Unter Verwendung von synthetischen Nitrox -Atemgasmischungen, selbst entwickelten halboffenen Kreislaufgeräten und höhlentauglichen Unterwasserfahrzeugen konnten bisher über 1.000 m Gangstrecke vermessen werden.

Einleitung

„Unter den berühmten Quellen hat Dich, Blauquelle, die ich besingen will, die Natur als Mutter der Dinge gemacht. Du bist wert, besungen zu werden, Du klarste unter den schönen Quellen;

Du lässt kristallklares Wasser aus unerschöpflichem Abgrund fließen. Aus einer tiefen Schatzkammer holst Du nämlich das Wasser; eine tiefere kann es, glaube ich, nicht geben.“

Theodor Reysmann, 1531

Mit diesen klangvollen Worten beschreibt der Dichter Theodor Reysmann, der sich 1531 mit einer Abordnung der Realistenburse der Universität Tübingen vor der nahenden Pest nach Blaubeuren gerettet hatte, den Blautopf. Bereits damals stellt er in seinem Gedichtwerk „Fons Blavus“ Überlegungen über die Herkunft des Wassers aus den Tiefen der Schwäbischen Alb an.

Doch erst im 20. Jahrhundert kann das Geheimnis der hinter dem schönsten deutschen Quelltopf liegenden Blautopfhöhle enträtselt werden. Mit der breiten Verfügbarkeit von Presslufttauchgeräten beginnt in den 50-er Jahren die Ära der Unterwasserhöhlenforschung. 1957 tauchen zwei Münchner Sporttaucher im Blautopf und berichten erstmals über eine Öffnung am Grund des Topfes, aus der ein starker Quellstrom hervorbricht.

1960 gelingt es der Tauchgruppe aus Eschenbach/Göppingen erstmals, die Eingangsstelle, die sogenannte „Düse“, zu durchqueren und die Höhle bis zu einem tödlichen Tauchunfall 1968 bis 165 m weit zu befahren und 105 m zu vermessen (Keller 1963). Seit 1961 forscht zudem der Pforzheimer Höhlentaucher Jochen Hasenmayer in der Blautopfhöhle. 1985 gelingt es ihm, 1.250 m vom Blautopfrand im „Mörikedom“, einer großen, prächtig geschmückten Halle, aufzutauchen; angesichts der starken Eintrübung und der durch das ständig wechselnde Tiefenprofil großen gesundheitlichen Gefährdung eine beeindruckende Leistung. Nach einem Tauchunfall im Jahr 1989 ge-

lingen J. Hasenmayer mit einem selbst konstruierten U-Boot bis zum Jahr 2001 weite Vorstöße in die Höhle, darunter auch wieder bis zum „Mörikedom“.

Ein ausführliche Darstellung der Geschichte der Tauchforschung in der Blautopfhöhle findet sich bei Hasenmayer (1985 und 2000).

Im Jahr 1997 erhält die Arbeitsgemeinschaft Blautopf (ein Zusammenschluss verschiedener Höhlenforschungstaucher, deren Kernteam von Mitgliedern der Höhlenforschungsgruppe Ostalb/Kirchheim e.V., kurz HFGOK, gebildet wird) von der Gemeinde Blaubeuren die Genehmigung für wissenschaftliche Tauchgänge in der Blautopfhöhle (Blaubeuren / Baden-Württemberg). Von Anfang an war klar, dass das Ziel der Gruppe nicht die höhlentaucherische Neuauflage des „Wettlaufs zum Südpol“ sein sollte, sondern die exakte wissenschaftliche Dokumentation der Höhle in einem arbeitsteiligen Team.

Befahrungsstrategie

Während die ersten 150 m der Höhle relativ schlammfrei sind und daher auch ohne größere Probleme in einem Tauchteam befahren werden können, gestaltet sich die Befahrung ab der „Donauhalle“ durch die starke Eintrübung aufgrund der massiven Schlammablagerungen relativ schwierig. Selbst bei perfekter Austarierung über dem Schlammgrund lässt sich die Eintrübung der Räumlichkeiten nicht ganz verhindern, da die Atemgasblasen Schlammteilchen von der Decke ablösen. Aus diesem Grunde werden die meisten Tauchgänge, die über die „Donauhalle“ hinausführen, nach dem Solotauchprinzip durchgeführt. Der fehlende Partner wird durch eine Mehrfachabsicherung aller lebenswichtigen Systeme (Redundanz) wie Atemgasversorgung, Tariereinrichtung und Licht ersetzt. Standardmäßig werden derzeit in der Höhle pro Taucher vier Zwanzigliterflaschen verwendet, aus Gründen des Tragekomforts davon zwei auf dem Rücken und zwei an der Seite. Für den Notfall sind zusätzliche Flaschendeponien in der Höhle angelegt. Um möglichst schnell an den Ort der wissenschaftlichen Tätigkeit zu gelangen, werden Unterwasserschubgeräte, sogenannte Scooter, verwendet. Bei längeren Tauchgängen werden aus Redundanzgründen zusätzliche Unterwasserfahrzeuge in der Höhle deponiert, um im Fall eines Scooterdefektes eine sichere Rückkehr zu ermöglichen. Einer der wichtigsten Ausrüstungsgegenstände innerhalb der Höhle ist die Führungsleine. Wir verwenden hier eine 4 mm starke Polypropylenleine, die alle 10 m eine knotencodierte Entfernungs- und Richtungsangabe aufweist. Da die Leine zusätzlich als Polygonzug für die Vermessung verwendet wird, sind zusätzliche Markierungen im Einmeter - Abstand angebracht. Eine genaue Beschreibung des von der HFGOK entwickelten Knotencodierungssystems findet sich bei Bohnert und Ruess (1998). Über großen Schlammdünen wird die Leine mit PVC-Rohren fixiert, so dass sich der Kontakt mit dem Sediment gut vermeiden lässt. Da Tauchgänge in der Blautopfhöhle bei Wassertiefen zwischen 6 und 42 m Wassertiefe zu einer erheblichen Ansammlung von Inertgas in den Körpergeweben führen, muss der Taucher bei seiner Rückkehr lange im Quelltrichter dekomprimieren, sprich Inertgas kontrolliert abgeben, um kei-

nen Dekompressionsunfall zu erleiden. Aus physiologischen Erwägungen verwenden wir deshalb für die Tauchgänge in die hinteren Bereiche der Höhle eine sauerstoffangereicherte Gas Mischung, das sogenannte Nitrox, das zu einer wesentlichen Verkürzung der Dekompressionszeit führt. Für die Berechnung der Dekompressionszeiten wurde vom Verfasser das plattformunabhängige Javaprogramm „Multilevel“ entwickelt, welches die neueren Erkenntnisse der Dekompressions-Forschung ausgehend von einem Bühlmannschen Mehrkompartimentmodell in Form des Rechenalgorithmus ZH-L17_{TS} verfügbar macht. Weiterhin werden von einigen Teammitgliedern mittlerweile selbstentwickelte halboffene Kreislauf-Tauchgeräte verwendet, die einen großen Anteil des ausgeatmeten Atemgases wiederverwenden, indem sie das Gas in einer Kalkpatrone von Kohlendioxid reinigen und während der Ausatmung in einem Atembeutel zwischenspeichern. Dadurch sind wesentlich längere Tauchzeiten mit einem gegebenen Atemgasvorrat möglich. Durch die stark verminderte Gasabgabe im Vergleich zu einem offenen Atemsystem kommt es darüber hinaus zu geringerer Eintrübung der Unterwasserstrecken und zu deutlich weniger Auskühlung des Tauchers - ein Effekt, der durch die Wärmeproduktion bei der chemischen Umsetzung von Kohlendioxid mit dem Atemkalk noch unterstützt wird. Das BK2, ein von A. Kücha und dem Verfasser entwickeltes und gebautes halboffenes tiefenkompenziertes Passivzumischungskreislaufgerät, liegt aufgrund seiner kleinen Ausmaße mittlerweile in einer Doppelkreislaufgeräteversion vor, die auf dem Rücken getragen werden kann und momentan im Blautopf für längere Tauchgänge routinemäßig eingesetzt wird. Damit kann bei einem Kreislaufgeräteausfall auf ein voll funktionstüchtiges Ersatzgerät umgestiegen werden. An der Oberfläche eliminiert das Gerät pro Atemzug ein Viertel des Atemgases. Das fehlende Volumen wird am Ende einer Inspiration lungenautomatisch (also „passiv“) wieder ersetzt. Mit zunehmender Tiefe wird das Gerät durch die eingebaute Tiefenkomensation wesentlich ökonomischer, eignet sich also auch für tiefe Mischgastauchgänge mit synthetischen Heliumgemischen.

Vermessung

Wichtigste Aufgabe unserer Gruppe war die Vermessungsdetaillaufnahme im Maßstab 1:200 mit Grundriss und Längsschnitt sowie Profilen. Die von uns verwendete Methodik der Unterwasservermessung ist bei Bohnert et al. (1997) genau beschrieben. Bei Drucklegung waren inklusive der Seitengänge über 1.000 m Polygonzug eingemessen, davon fast 800 m mit Raumdimensionen. Der auf den nachfolgenden Seiten abgebildete Höhlenplan zeigt nur die Bereiche, für die bereits Raumdimensionen vorliegen, d.h. bis kurz vor den „Riss“. Die räumliche Erstreckung der Höhle (Links, Rechts, Oben, Unten) wurde hierbei nicht geschätzt sondern mit dem Maßband exakt ermittelt. Alle Messpunkte wurden mit Plastikplaketten markiert, um bei späteren Vermessungstauchgängen leicht wieder aufgefunden werden zu können. Der hier vorgelegte Plan stellt eine vorläufige Version dar. Vor allem in den hinteren Bereichen müssen noch Detailvermessungen (Profile, genauer Wandverlauf zwischen den eingemessenen Raumbegrenzungen) durchgeführt werden. Da die Reinzeichnung des Höhlenplanes mit dem Rechner durchgeführt wurde (Corel-Draw), lassen sich jedoch Details leicht in den Plan nachtragen, bzw. Korrekturen einfügen. Unter Verwendung der topografischen Höhenflurkarte 1:2.500, die uns freundlicherweise von den Mitarbeitern des Bauamtes der Stadt Blaubeuren für diesen Zweck zur Verfügung gestellt wurde, war es uns möglich, den genauen Verlauf der Blautopfhöhle in der Landschaft bis zu einer Entfernung von 700 m vom Eingang zu dokumentieren.

Beschreibung der Höhle

Bezüglich der ausführlichen Beschreibung der Räumlichkeiten sei auf die Darstellung bei Hasenmayer (2000) verwiesen. In

Ergänzung dazu konnten wir in den letzten Jahren durch die exakte Vermessung der Raumbegrenzungen noch einige interessante Entdeckungen machen. Am 20.12.1997 stellte der Verfasser fest, dass am westlichen Ende der „Talhalle“ bei 220 m eine 2 m breite und 8 m hohe Spalte abzweigt, die die stark verschlammte Engstelle des „Jochs“ umgeht. Da die Fahrt mit dem Propellerschubgerät von der „Talhalle“ in die „Talklamm“ dadurch stark erleichtert wird, nannten wir sie „Scooterklamm“. 380 m vom Eingang entfernt entdeckte H. Mezger am 01.11.1999 am Beginn des „Hochlands“ eine 10 m lange und 7 m hohe Luftglocke – der erste luffterfüllte Hohlraum in den vorderen Bereichen der Blautopfhöhle. Ein Jahr später folgte die nächste Überraschung: 550 m vom Eingang entfernt stieß S. Busche am 04.11.2000 oberhalb der „Wolkenhalle“ auf einen größeren luffterfüllten Hohlraum, das sogenannte „Wolken Schloss“. Mit einer Länge von 30 m, einer Breite von 20 m und einer Höhe von bis zu 25 m ist es der bisher zweitgrößte bekannte Überwasserraum der Blautopfhöhle nach dem „Mörikedom“. Interessanterweise finden sich hier unter der Wasserlinie korrodierte Tropfsteine.

J. Hasenmayer war hier Ende 1985 oberhalb der „Kartoffeldüse“ bereits einmal an Luft gelangt, konnte jedoch aufgrund Dekompressionspflicht den Überwasserraum nicht eingehender untersuchen (mündliche Mitteilung 2001).

Kurz vor dem „Riss“ zweigt bei 700 m ein großer Gang nach Westen ab („Rissfalle“), der jedoch nach 20 m sehr eng wird und vermutlich mit dem unteren Stockwerk des „Riss“ in Verbindung steht. Im eigentlichen „Riss“ zieht die Höhle wieder in größere Wassertiefen, die senkrecht nach unten wegziehende Spalte wurde von uns bis in 33 m Tiefe befahren.

Im Jahre 2001 entdeckte J. Hasenmayer auf einer U-Boot Fahrt zur „Hohlen Gasse“ eine Vertikalspalte („Treppenhausschacht“), durch den sich die gewundene Engstelle der „Schnecke“ bequem umgehen lässt. Nachdem J. Hasenmayer uns über die Existenz dieses Ganges informiert hatte, der bei 750 m in der Decke hinter dem „Riss“ abzweigt, wurde dieser Gang von uns ausgeleitet und stellt mittlerweile die Hauptroute auf dem Weg in die „Hohle Gasse“ dar. Durch diese Abkürzung differieren ab dieser Stelle die Hasenmayer'schen und unsere eigenen Längenangaben um etwa 50 m. Ansonsten sind die Entfernungangaben des bisher publizierten Blautopflängsschnittes von J. Hasenmayer als sehr exakt zu bezeichnen – eine großartige Leistung angesichts der Tatsache, dass alle Daten nur unter schwierigen Bedingungen ohne die Unterstützung eines Teams gewonnen werden konnten.

Bei Drucklegung war die Vermessung unseres Polygonzuges bis hinter die „U-Bahn“ bei 920 m vom westlichen Blautopfrand fortgeschritten.

Mikrobiologische Untersuchungen

In den Jahren 1998-2000 wurden im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projektes BO 717/7-1 mikrobiologische Untersuchungen zur Besiedlung der Karstgrundwasserräume der Schwäbischen Alb mittels molekularbiologischer Methoden unter der Leitung von Prof. Dr. med. Konrad Botzenhart von der Universität Tübingen durchgeführt. In diesem Rahmen wurde auch die Artenvielfalt der Blautopfhöhle mit molekularbiologischen Methoden untersucht. Die technischen Probleme, die bisher der direkten *in situ* - Charakterisierung von Karstbiofilmen entgegen standen, konnten durch die Entwicklung eines neuen Nukleinsäurehybridisierungsprotokolls erfolgreich gemeistert werden.

Mittels 16S rRNA - basierter Fluoreszenz- *in situ* -Hybridisierung konnten am 01.07.2000 (Quellschüttung 1.500 Sekundenliter) im Bereich des „Bachbetts“, ca. 80 m vom Eingang entfernt, vom Gestein abgekratzte Biofilme einer phylogenetischen Bestimmung zugeführt werden. 47,5 % der Bakterien wurden mit der Sonde BET42a der β - Subklasse der Proteobakterien und 36,3 % mit der Sonde GAM42a der γ - Subklasse der

Proteobakterien zugeordnet. Allerdings war die eubakterielle Besiedlungsdichte gering (acht Zellen pro Gesichtsfeld bei 1.000-facher Vergrößerung, Zellen markiert mit der Sonde EUB338). Vergleichende Untersuchungen aus dem Lochbrunnen (7819/20) und der Wulfbachquellhöhle (7919/32) zeigen, dass die Besiedlungsdichte der Karstbiofilme starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist (Bohnert et al. 2002). Nur bei großen Quellschüttungen ließen sich in diesen Karstsystemen bisher hohe Besiedlungsdichten nachweisen, was vermutlich im direkten Zusammenhang mit dem erhöhten Nährstoffeintrag durch Hochwasserereignisse steht. In der Blautopfhöhle ist jedoch die bakterielle Untersuchung der inneren Oberflächen bei hoher Schüttung aus befahrungstechnischen Gründen leider nicht möglich.

Im Untersuchungszeitraum 30.08.1998 - 01.07.2000 wurde darüber hinaus im Blautopf die Konzentration an *Escherichia coli* pro ml mittels Membranfiltertechnik auf Chromocult Coliformen-Agar (Abb. 2) und die Koloniezahl bei 20°C und 36°C auf Koloniezahl-Agar nach Trinkwasserverordnung (Abb. 3) bestimmt. *Escherichia coli* kommt in großer Zahl im menschlichen und tierischen Darm vor. Obwohl dieser Darmbewohner im Regelfall keine krankmachenden Eigenschaften aufweist, wird er aufgrund seiner einfachen Nachweisbarkeit stellvertretend für alle mit Ausscheidungen übertragbaren Krankheitserreger als Fäkalindikatorkeim verwendet. Die Trinkwasserverordnung fordert, dass in 100 ml eines für den menschlichen Genuss bestimmten Wassers keinerlei *Escherichia coli* nachweisbar sein dürfen. Diese Anforderungen werden im Regelfall vom Blautopfwasser nicht erfüllt. Assoziiert man die Quellschüttung mit der Fäkalindikatorbelastung, so fällt auf, dass die Maxima tendenziell eher bei niedrigerer Schüttung erreicht werden, vor allem im Sommer 1999. Dieser auch von der Wulfbachquelle bekannte Effekt ist darauf zurückzuführen, dass die Einzugsgebiete anthropogen genutzt werden und bei niedrigerer Schüttung der Verdünnungseffekt des Aquifers gegenüber fäkaler Einleitung in den Untergrund (vor allem aus Kläranlagen) abnimmt.

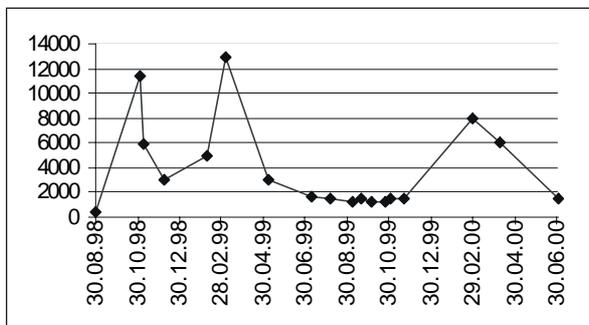


Abb. 1: Blautopfschüttung in Sekundenliter (30.08.1998 - 01.07.2000)

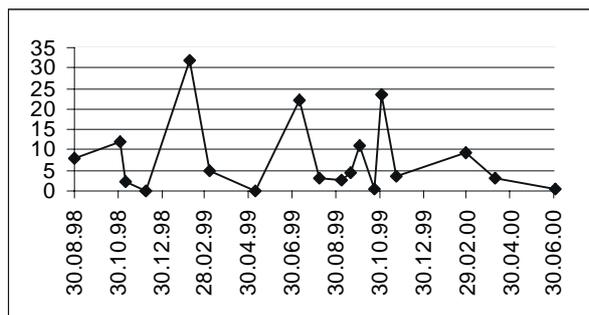


Abb. 2: *Escherichia coli* pro ml Blautopfwasser (30.08.1998 - 01.07.2000). Dieser Keim dient als Indikator für fäkale Verunreinigung.

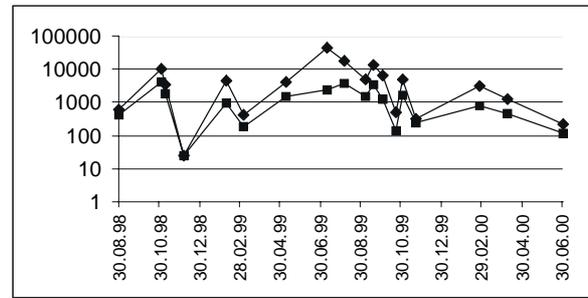


Abb. 3: Koloniebildende Einheiten pro ml Blautopfwasser (30.08.1998 – 01.07.2000). Obere Kurve (Rauten) Bebrütung bei 20°C, untere Kurve (Quadrate) Bebrütung bei 36°C. Logarithmische Darstellung aufgrund der extremen Streubreite.

Chemische Wasseranalysen

Die am 06.12.1998 entnommene Wasserprobe zeigt eine deutliche anthropogene Beeinflussung des Blautopfwassers (vergleiche Striebel 1992).

Datum	Na	K	Ca	Mg	NH ₄	NO ₂	NO ₃	SO ₄	PO ₄	Cl
06.12.98	9,6	1,3	100	4,4	0,37	0,5	26,0	9,7	<0,1	18,6

Alle Werte in mg/l

Geowissenschaftliche Untersuchungen

Die geologischen Formationen der Blautopfhöhle wurden mittels Unterwasserfotografie und -videografie detailliert dokumentiert.

Die rotbraunen bis schwarzen Gesteinsüberzüge, die fast überall in der Höhle vorherrschen, wurden von H. Jantschke mittels Röntgenmikroanalyse (SEM-EDX) untersucht. Auf einem am 06.06.1997 hinter der Düse entnommenen 5 x 3,5 cm großen Kalkstein mit stylolithischer Oberflächenstruktur konnte rundherum ein dunkler Überzug beobachtet werden. Auf der Unterseite schimmerte jedoch bereits Kalkstein durch. Nach Goldbedampfung eines Teilstücks konnte im SEM-EDX die in Abb. 4 wiedergegebene Elementverteilung beobachtet werden. Die zahlenmäßig überwiegenden Elemente Calcium, Kohlenstoff, Silizium und Aluminium sind den Komponenten Kalk und Lehm zuzuordnen. U.U. hat der Elektronenstrahl (Eindringtiefe ca. 0,5 µm) hier bereits den dünnen Gesteinsüberzug durchschlagen. Weiterhin zeigen sich im Spektrum Mangan und Eisen, wobei Mangan überwiegt. Man kann daher die Überzüge als Eisen-Mangan-Krusten ansprechen. Es handelt sich dabei um Hydroxide / Oxide, mineralisch vermutlich Goethit und Pyrolusit bzw. andere Vertreter dieser Mineralgruppe.

Weiterhin wurden die von uns in den Jahren 1997 und 1998 in der Blautopfhöhle deponierten Kalksteinplättchen (sogenannte „Rock Tablets“) eingesammelt und einer gravimetrischen Auswertung zugeführt (Tab. 1). Leider wurden einige der exponierten Plättchen durch das Frühjahrshochwasser aus ihrer Verankerung gerissen, so dass momentan nur fünf Einzelwerte vorliegen. Die Auswertung erfolgte durch H. Jantschke, R. Straub und Prof. Dr. S. Kempe

Es zeigte sich, dass mit dem von uns verwendeten Betakalk aus dem Mordloch der Abtrag umgerechnet 1 - 1,4 µm Wandstärke / Jahr beträgt. Beim mit vier Jahren am längsten exponierten Kalkplättchen aus Blautopf-Deltakalk fand sich mit 0,8 µm/Jahr ein etwas geringerer Abtrag. Außerdem ließ sich nach dieser Expositionsdauer bereits ein deutlicher schwarzer Oberflächenüberzug nachweisen.

Die von uns durchgeführte Abtragungsmessung ist eine Momentaufnahme im Endstrombereich der Höhle, in dem nur an

wenigen Tagen im Jahr während Hochwasserereignissen überhaupt ein Kalklösungspotential besteht (Striebel 1992), und lässt keinerlei Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit der Verkarstung in den weiter im Einzugsgebiet liegenden Gängen oder in vergangenen Perioden zu.

Dennoch ist es das erste Mal, dass auf der Schwäbischen Alb das Kalklösungspotential in einem aktiven Karstwassersystem anhand von künstlich eingebrachten Kalkproben direkt und ohne die aufwendige Messung vieler verschiedener Lösungsparameter ermittelt werden konnte, womit nun eine empirische Basis für die Modellierung von Verkarstungsvorgängen zur Verfügung steht. Es bleibt abzuwarten, inwieweit organische und anorganische Überzüge die Verkarstungsvorgänge beeinflussen, diese Untersuchungen sind jedoch bereits im Gange.

Tab. 1 Abtragungsraten der in der Blautopfhöhle exponierten Kalksteinplättchen. Plättchen Nr. 1 - 4 bestanden aus Mordlochbetakalk, Nr. 5 aus Blautopfdeltakalk.

Plättchen-Nr.	Lokalisation	Expositionszeitraum	jährlicher Abtrag In g/m ²	umgerechnet in Wandabtrag (µm/Jahr)
1	Düse	26.9.1997- 22.8.1998	2,6	1,0
2	MP 2	22.8.1998- 24.8.2001	3,9	1,4
3	MP 3	26.9.1997- 22.8.1998	3,2	1,2
4	MP 4, Übergang Wand/Decke	26.9.1997- 22.8.1998	3,9	1,4
5	-27m Wassertiefe, ca 20m nach Düse, Bodennähe	3.10.1997- 25.8.2001	2,2	0,8

Archäologische Arbeiten im Blautopf

Auf der Westseite des Quelltopfes konnten in einer Wassertiefe von 3-4 m mittelalterliche Keramikreste aus dem 12. – 14. Jahrh. geborgen und nach umfangreichen Restaurierungsarbeiten durch R. Straub wieder zu fast vollständigen Gefäßen zusammengesetzt werden. Eine detaillierte Abhandlung über diese Funde wurde von R. Straub angefertigt, auf die an dieser Stelle verwiesen werden soll. Sie ist in diesem Heft als separater Beitrag abgedruckt.

Ausblick

Die 1997 begonnenen Forschungsarbeiten in der Blautopfhöhle haben mittlerweile durch den interdisziplinären Ansatz einige interessante Ergebnisse geliefert. Mit der Vermessung der Blautopfhöhle im Maßstab 1:200 liegt nun eine solide Grundlage für weitere wissenschaftliche Arbeiten und die Diskussion der bisherigen Daten in der wissenschaftlichen Fachwelt vor. Wir rufen an dieser Stelle ganz ausdrücklich interessierte Wissenschaftler dazu auf, sich an der interdisziplinären wissenschaftlichen Bearbeitung dieser einmaligen Quellschöhle zu beteiligen. Gerne sind wir bereit, weitere Forschungsk Kooperationen einzugehen und Probenmaterial sowie detaillierte Vermessungsdaten zur Verfügung zu stellen.

Danksagung

An den wissenschaftlichen Arbeiten innerhalb der Arge Blautopf waren neben dem Verfasser (Projektleitung, Vermessung, Karstmikrobiologie) folgende Personen beteiligt: Dr. Salvatore Busche (stellvertretende Projektleitung, Vermessung), Dr. Siegfried Geiger † (Vermessung), Werner Gieswein (Vermessung), Herbert Jantschke (Vermessung, Röntgenmikroanalysen, Rock Tablets), Andreas Kücha (Vermessung, Foto- und Videodokumentation), Michael Kühn (Vermessung), Philipp Lawo (Vermessung), Jochen Malmann (Vermessung), Henning Mezger (Vermessung, Fotodokumentation), Wolfgang Morlock (Rock Tablets), Michael Ruess (Vermessung), Rainer Straub (Vermessung, Rock Tablets, Archäologie, Biologie), Thomas Unger (Vermessung).

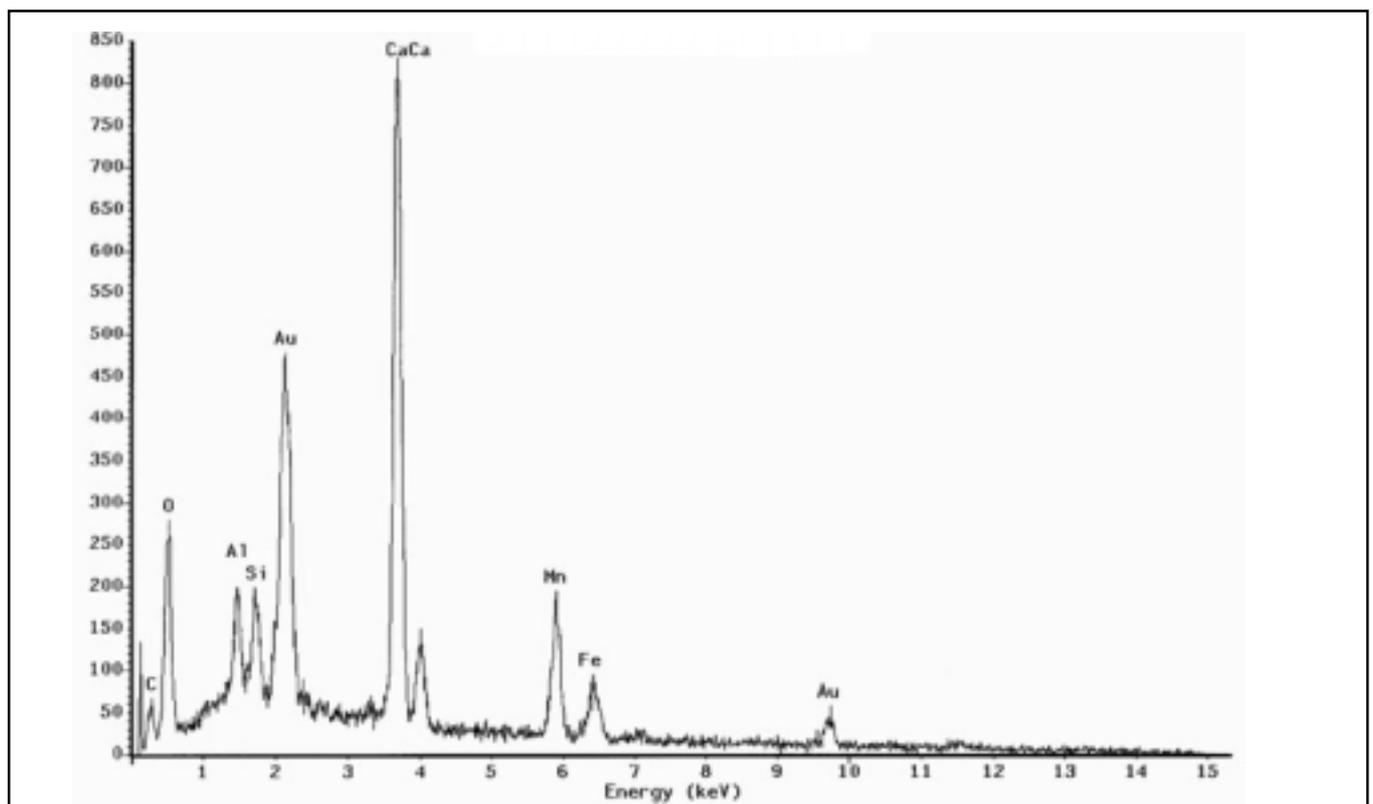


Abb. 4: Elementverteilung in Kalksteinüberzügen eines Lesesteines aus der Düse mittels SEM-EDX.

Wir danken darüber hinaus Dr. Eckhard Villinger und Dr. Wilhelm Schloz vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Freiburg, sowie Prof. Dr. Stephan Kempe vom Geologisch-Paläontologischen Institut der TU Darmstadt und Dr. Wolfgang Ufrecht vom Höhlen- und Heimatverein Laichingen für die wissenschaftliche Begleitung bei den geologischen Fragestellungen. Prof. Dr. Konrad Botzenhart vom Hygieneinstitut der Universität Tübingen leitete das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte karstmikrobiologische Projekt BO 717/7-1, Dipl. Biologin Barbara Hübner war an der Durchführung der mikrobiologischen Analysen beteiligt und Ernst Schweitzer zeichnete für die chemischen Wasseranalysen verantwortlich. Wir danken weiterhin dem seit 40 Jahren in der Blautopfhöhle forschenden Höhlentauchpionier Jochen Hasenmayer für die Gabe wichtiger Informationen, vor allem für die uns dankenswerterweise mitgeteilte Entdeckung des „Treppenhäuschacht“, der die Befahrung und Vermessung der hinteren Bereiche deutlich erleichterte. Gedankt sei ferner dem Bauamt der Stadt Blaubeuren für die Überlassung der topografischen Höhenflurkarte 1:2.500. Dr. Hans Binder gestattete uns freundlicherweise, die auf eigenen Lotungen beruhende Tiefenliniendetaufnahme des Quelltrichters (publiziert bei Keller 1963) in unseren Grundrissplan zu übernehmen. Schlussendlich wäre die Forschung im Blautopf ohne die finanzielle und logistische Unterstützung durch den Verband der Deutschen Höhlen- und Karstforscher nicht denkbar gewesen. Insbesondere dem Vorsitzenden Michael Laumanns gebührt an dieser Stelle ein besonderes Dankeschön.

† Unser Teamkollege Dr. med. Siegfried Geiger ist am 28.04.2000 im Alter von nur 31 Jahren zu Tode gekommen. Als vielseitig interessierter Naturforscher hat er in den nur zehn Jahren seines höhlenforscherischen Wirkens maßgeblich zu den großen Erfolgen der HFGOK in der Höhlentauchforschung beigetragen. Siegfried Geigers speläologischen Enthusiasmus und sein großes forschendes Talent werden wir schmerzlich vermissen. Eine ausführliche Würdigung seines Lebenswerkes soll an anderer Stelle erfolgen.

Literatur

- Bohnert, J., Geiger, S., Jantschke, H., Kücha, A. & Straub, R. (1997): Die längste Höhle der Schwäbischen Alb. - Leinfelden-Echterdingen (DRW-Verlag).
- Bohnert, J. & Ruess, M. (1998): Höhlentauchforschung in Süddeutschland - Historie und heutiger Entwicklungsstand aus Sicht der INGO/HFGK-Höhlentaucher. - Laichinger Höhlenfreund **33**, 61 - 108; Laichingen.
- Bohnert, J., Hübner, B. & Botzenhart, K (2002): An optimized protocol for FISH of whole bacterial cells in subsurface sediments from a karstic aquifer. - Eingereicht zur Publikation.
- Hasenmayer, J. (1985): Blautopf - Blauhöhle, Schlüssel für ein neues Verkarstungsbild des Schwäbischen Juras. - In: Blaubeurer Heimatbuch., 19 - 50; Blaubeuren.
- Hasenmayer, J. (2000): Die Entdeckung der Blauhöhle und der Süd-deutschen Höhlentherme. - Pforzheim (Eigenverlag).
- Keller, M. (1963): Unterwasserforschung im Blautopf bei Blaubeuren. - In: Vom Wasser und den Höhlen der Mittleren Schwäbischen Alb. - Jh. Karst- u. Höhlenkunde, **4**, 219 - 228; München.
- Reysmann, T. (1986): Poetische Beschreibung von Blautopf und Kloster Blaubeuren aus dem Jahre 1531. - Reprint des Originals aus 1531; Tübingen (Fons Blavus Verlag).
- Straub, R. (2002): Spätmittelalterliche Keramikfunde aus dem Quelltrichter der Blautopfhöhle (7524/34) in Blaubeuren. - Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforsch. **48** (1), 18 - 19; München.
- Striebel, T. (1992): Hydrochemische Untersuchungen am Wasser des Blautopfs in Blaubeuren (Schwäbische Alb). - Mitt. der HFGB **11**, 3 - 16.
- Villinger, E. (1987): Die Blautopfhöhle bei Blaubeuren als Beispiel für die Entwicklung des Karstsystems im schwäbischen Malm. - Geol. Jahrb. Reihe C, **49**; Hannover.

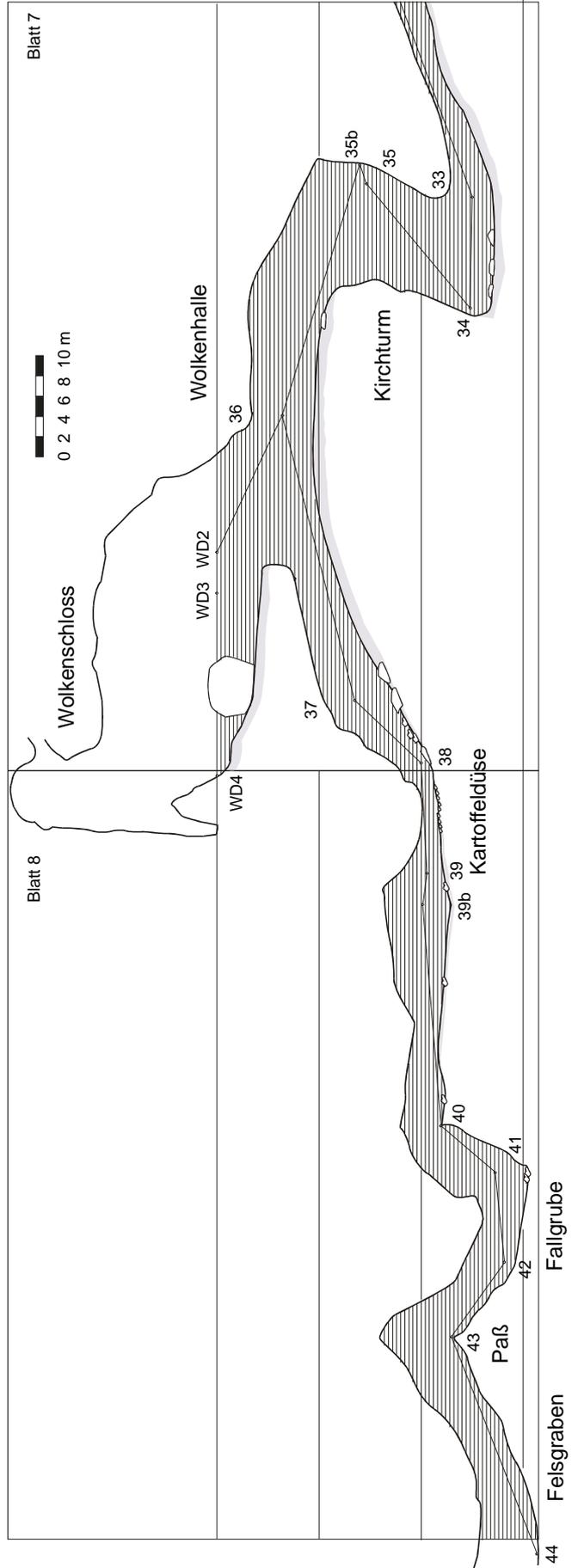
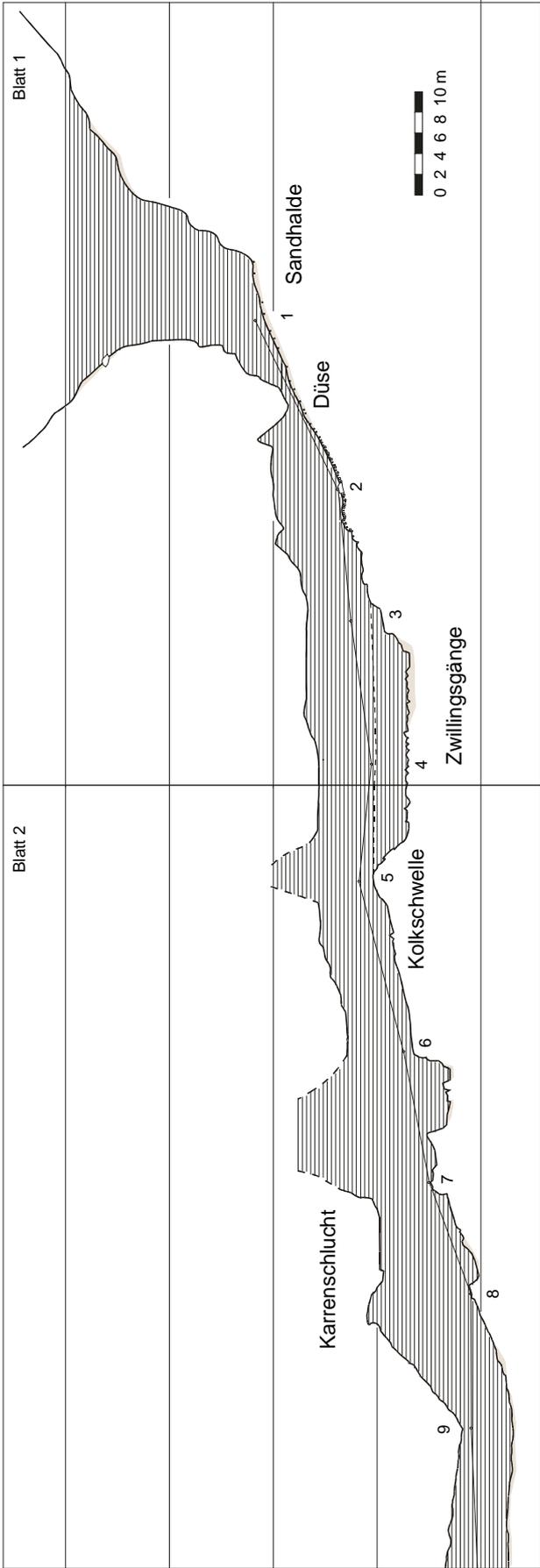
Anschrift des Verfassers: Dr. Jürgen Bohnert, Projektleiter Arge Blautopf, Fehrenbachallee 1-3, 79106 Freiburg. e-mail: juergen.bohnert@karstforschung.de



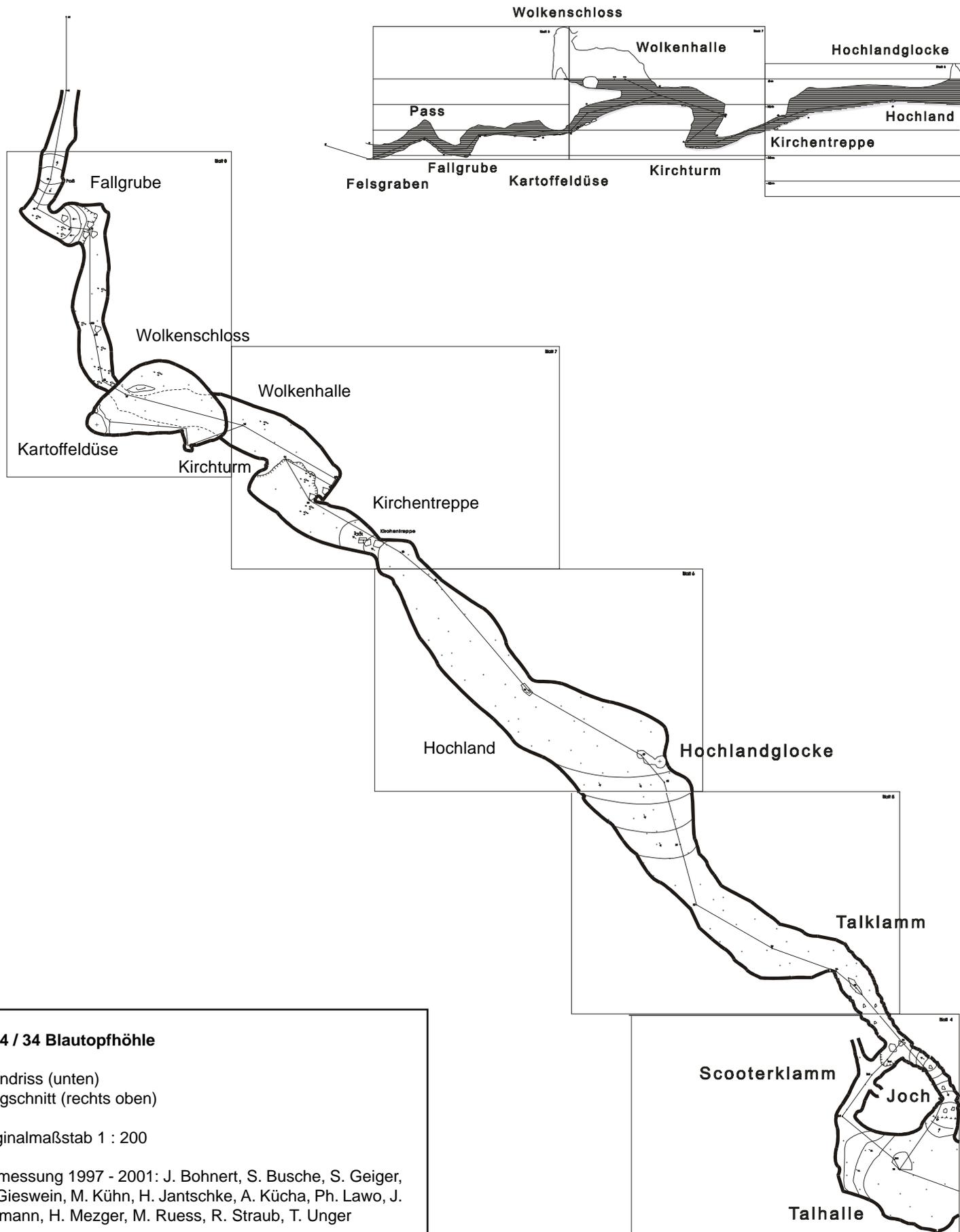
Nächtlicher Start zu einem längeren Forschungs-tauchgang in der Blautopfhöhle mit dem redundanten und tiefenkompensierten Rückenkreislaufgerät BK2. Foto: Norbert Neuser.



Verlauf der Blautopfhöhle, eingezeichnet in der Topografischen Karte 1:2.500



7524/34 Blautopfhöhle, Längsschnitt, Detailblätter 1 und 2, 7 und 8. Originalmaßstab 1 : 200
 Alle Rechte vorbehalten. Arbeitsgemeinschaft Blautopf.



7524 / 34 Blautopfhöhle

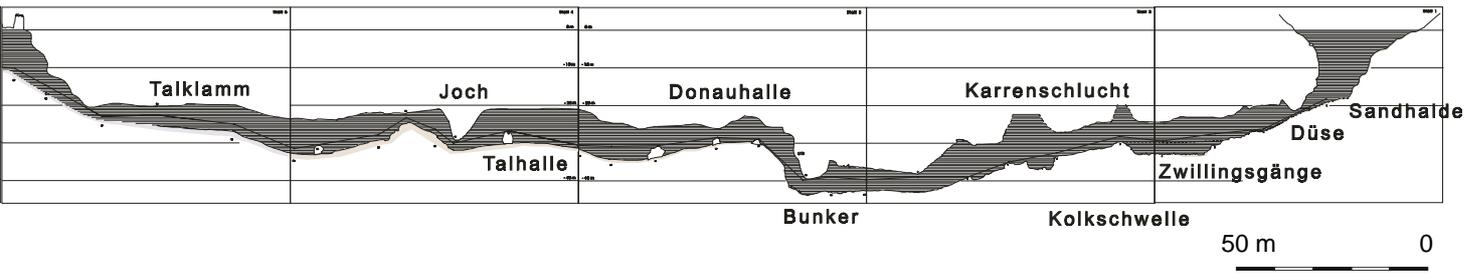
Grundriss (unten)
Längsschnitt (rechts oben)

Originalmaßstab 1 : 200

Vermessung 1997 - 2001: J. Bohnert, S. Busche, S. Geiger,
W. Gieswein, M. Kühn, H. Jantschke, A. Kücha, Ph. Lawo, J.
Malmann, H. Mezger, M. Ruess, R. Straub, T. Unger

Zeichnung: 1997 - 2001: J. Bohnert

Alle Rechte vorbehalten
Arbeitsgemeinschaft Blautopf



Im „Wolkenschloss“ - dem zweitgrößten Überwasserraum der Blautopföhle. Foto: Henning Mezger.



Salvatore Busche beim Durchtauchen der „Düse“. Foto: Henning Mezger.

