

Biologische Unterwasserforschungen der Arbeitsgemeinschaft Blautopf in der Blautopfhöhle (Kat.-Nr. 7524/30b) von 1997–2009

von

ANKE OERTEL und RAINER STRAUB

Zusammenfassung

Seit den ersten Tauchgängen der Arbeitsgemeinschaft Blautopf 1997 wird die Unterwasserfauna der Blautopfhöhle erforscht. Proben wurden genommen und die Tiere bestimmt. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die aktuellen biologischen Forschungen und die Artenvielfalt des bekannten Unterwasserbereiches.

Abstract

Since the first cave dives by the Arbeitsgemeinschaft Blautopf in 1997, the underwater biology of the Blautopfhöhle was explored. Samples were taken by the cave divers and the cave animals were specified. This paper gives an overview of the recent biological explorations and the biodiversity of the underwater cave.

Résumé

Depuis les premières plongées souterraines de l'équipe Arbeitsgemeinschaft Blautopf en 1997, la faune subaquatique de la Blautopfhöhle a été étudiée. Les plongeurs ont récolté des échantillons et les espèces ont été déterminées. L'article donne un aperçu des explorations biologiques récentes et de la biodiversité dans la rivière souterraine.

Einführung

Die biologischen Aufsammlungen aus der Blautopfhöhle (Kat.-Nr. 7524/30b) bei Blaubeuren, Schwäbische Alb, die vorliegender Arbeit zugrunde liegen, erfolgten im Rahmen zahlreicher Tauchgänge durch die Arbeitsgemeinschaft Blautopf. Sie forscht seit 1997 in der Höhle. Die Tauchgänge wurden kontinuierlich zu allen Jahreszeiten durchgeführt, sofern die Schüttungen ein Vordringen in das Innere der Quellschicht erlaubten. Die hier veröffentlichten Erkenntnisse beziehen sich ausschließlich auf den von Wasser erfüllten Teil der Blautopfhöhle. Dabei stellt die Höhle einen von Menschen befahrbaren Teil des Grundwasserkörpers dar. Die Erforschung des Lebensraumes Grundwasser ist vor allem im Bezug auf unser Trinkwasser von besonderer Bedeutung. Die Selbstreinigung der Oberflächenwasser erfolgt zum größten Teil in den feinen Lückensystemen zwischen Sanden, Geröllen und feinen Spaltensystemen der unterirdischen Aquifere. Hier wachsen Bakterienrasen („Biofilme“), welche dem Wasser die gelösten Nährstoffe entziehen und die Nahrungsgrundlage für die höheren Organismen dieser lichtlosen Welt bilden. Diese komplexen Lebensgemeinschaften sind mit denen der größeren Hohlräume vergleichbar, wenn auch die Höhlen aufgrund ihrer geringeren Oberfläche kaum Filterwirkung besitzen. Im Folgenden werden die vorgefundenen Tiergruppen und ihre Vertreter vorgestellt. Ein Schwerpunkt dieser Arbeit liegt in der Ermittlung der Artenvielfalt und der Lebendbeobachtung der Tiere in ihrem Lebensraum.

Frühere biologische Forschungen

Erste biologische Beobachtungen und Aufsammlungen sind aus dem Jahr 1961 belegt. Unter der Leitung von Manfred Keller

erforschte die Höhlentauchgruppe Eschenbach-Göppingen die Blautopfhöhle intensiv. Bei einem der Tauchgänge wurden mehrere „Niphargen“ und eine „pigmentlose Nacktschnecke“ auf den ersten 100 m Tauchstrecke gefangen (KELLER 1961). Die Tiere wurden an zoologische Institute in Deutschland und Österreich geschickt. Hinweise zur erfolgten Artbestimmung liegen nicht vor. In einem Brief an Franz Lengersdorf (Bonn) berichtet Keller über Tausende „Niphargen“ an den Höhlenwänden. Da Keller einem seiner Tauchberichte eine Skizze des vermeintlichen „Niphargus“ beifügte, kann eindeutig eine Assel (*Proasellus*) gezeigt, kann davon ausgegangen werden, dass hier eine Verwechslung vorgelegen hat (Abb. 1). Bei den erwähnten „Nacktschnecken“ könnte es sich um Strudelwürmer handeln. Aus dem Jahr 1966 liegt ein unbestätigter Gehäusefund der Brunnen-schnecke *Bythiospeum quenstedti* aus Ausschwemmungen des Blautopfs vor (BOLLING 1966). 1967 wurde im Blautopf eine Assel durch Gerhard Wellhöfer gefangen (Laichinger Höhlenfreund 2/1967). Dem Pforzheimer Höhlentaucher Jochen Hasenmayer gelangen um das Jahr 1985 erste Super 8-Filmaufnahmen von Asseln und Niphargen an den Höhlenwänden (HASENMAYER 1986). Auch die Projektgruppe Blauhöhle berichtet von biologischen Untersuchungen bei Tauchgängen in den Jahren 2004–2008 (DITTRICH et al. 2009).

Material und Methoden

Der Vorstoß in die mit Wasser erfüllten Teile der Blautopfhöhle erfolgt mit modernen Tauchgeräten. Es kommen sowohl Gasflaschen mit konventionellen Atemreglern zum Einsatz, als auch eigens entwickelte halbgeschlossene Kreislaufgeräte, welche das Atemgas wieder aufarbeiten. Geatmet werden synthetische Gas-mischungen, welche auf das Tiefenprofil der Höhle optimiert sind, daher die Stickstoffnarkose gering halten und somit ein konzentriertes Arbeiten erlauben. Die Fortbewegung erfolgt mit

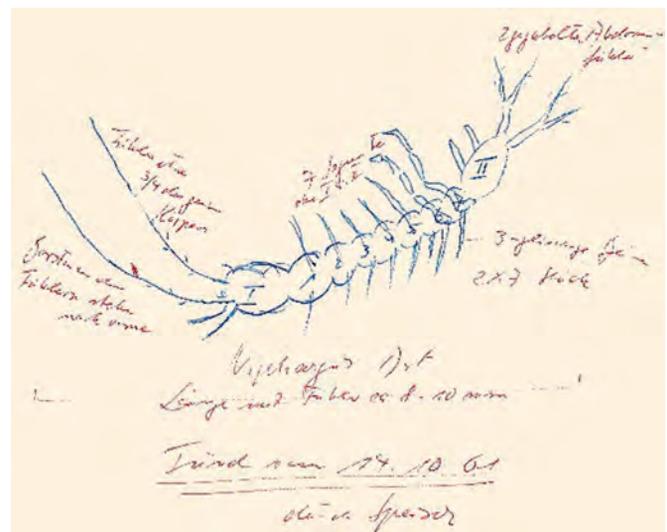


Abb. 1: Zeichnung Manfred Kellers (1961). Sie zeigt eine Höhlenassel, die damals fälschlicherweise für einen Niphargiden gehalten wurde.

Flossen und elektrischen Zug-Scootern. Für die Wärmeisolation sorgen Trockentauchanzüge mit dicken Unterziehern. Die Lichtquellen bestehen aus HID- und LED-Leuchten mit langer Brenndauer. Der Orientierung in der Höhle dient eine fest installierte Leine, welche mit Meter-Markierungen und Knoten-Codes versehen ist. Sie ermöglicht den Ort besonderer Beobachtungen und Probenahmen genau zu definieren.

In den Jahren 2004–2006 installierte die ARGE Blautopf etwa 70 m vom Eingang entfernt und in einer Wassertiefe von 31 m eine Mess-Sonde mit Datenspeicher („Logger“). Erstmals gelang es in einer großen deutschen Karstquelle, über einen längeren Zeitraum hinweg kontinuierliche Daten zu Druck/Tiefe, Temperatur, Trübe und Leitfähigkeit zu gewinnen und auszuwerten.

Die Entnahme von lehmigen Sedimentproben erfolgt mit Plastikröhrchen, die in den Boden gerammt werden. Lockere Sedimentproben werden in größeren Dosen abgeschöpft. Proben von Oberflächen können genau wie frei sitzende Tiere mit einer speziellen Kunststoffflasche eingesaugt werden. Die Verteilung und die Häufigkeit der Tiere wurden abgeschätzt oder stichprobenartig ausgezählt. Es wurden kleine Zählrahmen von 10 cm² verwendet. Im Labor wurden die Sedimentproben mit Hilfe von Binokularen und Mikroskopen nach Lebewesen durchsucht.

Ergebnisse

Habitat Blautopf

Die Blautopf-Unterwasserhöhle ist Teil des Blauhöhle-Systems (Kat.-Nr. 7424/30) und schließt sich an den malerischen Quelltopf an. Mit über 7 km vermessener Ganglänge ist das Blauhöhle-System die zurzeit längste Höhle der Schwäbischen Alb. Mit einer Quellschüttung zwischen 0,29 und 32,67 m³/s ist der Blautopf die zweitstärkste Karstquelle Deutschlands. Die mittlere Schüttung beträgt 2,2 m³/s. Die Wassertemperatur schwankt zwischen 8,9 und 9,8 °C. Bei zunehmender Schüttung sinkt die Temperatur (SELG et al. 2006).

Bis dato wurden rund 1.780 m Unterwasserstrecke durch die Arge Blautopf betaucht und vermessen. Die Tauchtiefen variieren im Mittel zwischen 10 und 25 m Wassertiefe. Der Bunker mit einer Wassertiefe von 45 m bildet die tiefste Gangpassage der Höhle. Der Boden ist bis auf wenige Ausnahmen meist stark verlehmt. Die Felswände und die Decken sind durch den Quellstrom häufig scharf korrodiert. Die rotbraunen Wandüberzüge die fast überall in der Höhle vorherrschen, spielen vermutlich eine entscheidende Rolle in der biologischen Nahrungskette der Höhle. Erste Untersuchungen zeigen aufwachsende organische Biofilme, die sich evtl. über Jahre hinweg mit Eisen und Mangan anreichern. Diese Elemente können entweder aus dem Kalk selbst stammen, geliefert durch fortschreitende Anlösung der Oberfläche, oder sie könnten an Huminstoffe gebunden mit dem Karstwasser zugeführt werden (KEMPE et al. 2002).

Vorgefundene Tiergruppen

Testacea (Schalenamöben)

Es handelt sich um mikroskopisch kleine Einzeller (10–500 µm). Sie tragen ein „Häuschen“, in das Kieselsäureplättchen, Sandkörnchen oder Kalk eingelagert werden. Die Zelle besitzt Scheinfüßchen (Parapodien), die aus der Öffnung gestreckt werden können. Es wurden bisher zwei verschiedene Arten dieser Amöben gefunden: Eine Art mit Plättchen und eine Art mit kleinen Sandkörnchen im Gehäuse (Abb. 2.1 a, b). Beide stammen aus einer lockeren Sedimentprobe, die etwa 90 m vom Höhleneingang genommen wurde.

Turbellaria (Strudelwürmer)

Strudelwürmer sind sehr einfach gebaute, abgeflachte, wurmförmige Vielzeller (Metazoa), die aber bereits Organe ausgebil-

det haben. Sie bewegen sich gleitend auf feinen Wimpern und sind Zwitter. Die meisten Arten ernähren sich räuberisch. Es gibt eine Vielzahl von Arten, welche sehr schwer zu unterscheiden sind und sich schlecht präparieren lassen. Eine sichere Bestimmung ist nur am lebenden Tier durch einen Spezialisten möglich.

Im Quelltrichter bis in 500 m vom Eingang wurden zahlreiche bis über 1 cm lange Vertreter dieser Gruppe nachgewiesen. Sie besiedeln sedimentfreie Höhlenwände. Alle genauer untersuchten Exemplare gehören der Gattung *Dendrocoelum* an. Da sie Augen besitzen, handelt es sich nicht um *Dendrocoelum cavaticum* (FRIES 1874), eine Art, die in früherer Zeit aus Höhlen der Alb beschrieben wurde (Zusammenfassung DOBAT 1975; Abb. 2.1 c). Funde anderer Strudelwürmer stammen aus einer Sedimentprobe. Es handelt sich um mikroskopisch kleine Exemplare („Mikroturbellarien“). Eine Art konnte bisher nicht zugeordnet werden. Bei der zweiten Art handelt es sich mit großer Sicherheit um einen Angehörigen der Gattung *Macrostomum*. *Macrostomum subterraneum* (RIXEN 1961) hat eine große Ähnlichkeit mit dem vorgefundenen Tier (Abb. 2.1 d).

Nematoda (Fadenwürmer)

Fadenwürmer sind meist mikroskopisch kleine drehrunde Würmer, welche sich nicht in ihrer Längsachse zusammenziehen können und sich daher auffallend schlängelnd fortbewegen. Sie bewohnen eine Vielzahl von Habitaten und sind auch im Grundwasser in vielen Arten vorhanden. Die genaue Artbestimmung ist nur durch Spezialisten möglich. Sie wurden in zwei der Sedimentproben gefunden (Abb. 2.1 e).

Oligochaeta (Wenigborster)

Die Würmer sind segmentiert, besitzen einen kontraktilen Hautmuskelschlauch und Borsten auf ihrer Körperoberfläche. Sie sind Zwitter. Es gibt in Deutschland 17 Arten, die regelmäßig im Grundwasser gefunden werden (GRIEBLER & MÖSSLACHER 2003). Viele Arten besiedeln Sedimente mit hohem organischen Anteil.

Es wurden Vertreter der Familien Lumbricidae und Naididae in den Sedimentproben des Blautopfes nachgewiesen. Die vorgefundenen Lumbricidae sehen kleinen Regenwürmern sehr ähnlich, die auch in diese Familie gehören (Abb. 2.1 f). Sie sind nicht häufig, genau wie die Naididae (Abb. 2.1 h).

Im Seichtwasser des Äonendomes (1.450 m vom Eingang) wurden am Ausstieg zum Landweg größere Kolonien weißer „Würmer“ gesichtet, welche sich bei Berührung in das Sediment zurückziehen (Beobachtung Andreas Kücha). Es handelt sich mit großer Wahrscheinlichkeit um Tubificidae.

Mollusca (Weichtiere)

Muscheln und Schnecken scheinen in den wassererfüllten Hohlräumen der Blauhöhle jeweils nur in einer Art vorhanden zu sein. Es handelt sich um die Erbsenmuschel *Pisidium personatum*, die bisher allerdings nur als Schalenfund nachgewiesen werden konnte, und um eine Brunnenschnecke (Abb. 2.2 o, p) der Gattung *Bythiospeum*. Da die Schalen der Erbsenmuschel auch eingeschwemmt worden sein könnten, ist ihr tatsächliches Vorkommen in der Höhle bisher nicht gesichert, aber anzunehmen.

Die etwa 3–4 mm kleine Brunnenschnecke *Bythiospeum* sp. konnte bis in eine Entfernung von 550 m vom Eingang nachgewiesen werden. Es ist anzunehmen, dass sie auch noch weiter im Höhleninneren zu finden ist. Zählungen ergaben im vorderen Höhlenteil eine Häufigkeit von ca. 70 Ex./m². Es handelt sich um das häufigste makroskopisch nachweisbare Tier in den von Wasser erfüllten Teilen der Höhle. 2004 gelang es Henning Metzger (ARGE Blautopf) erstmalig, Unterwasser-Makrofotos von lebenden Tieren in der Höhle aufzunehmen. In der Blautopf-

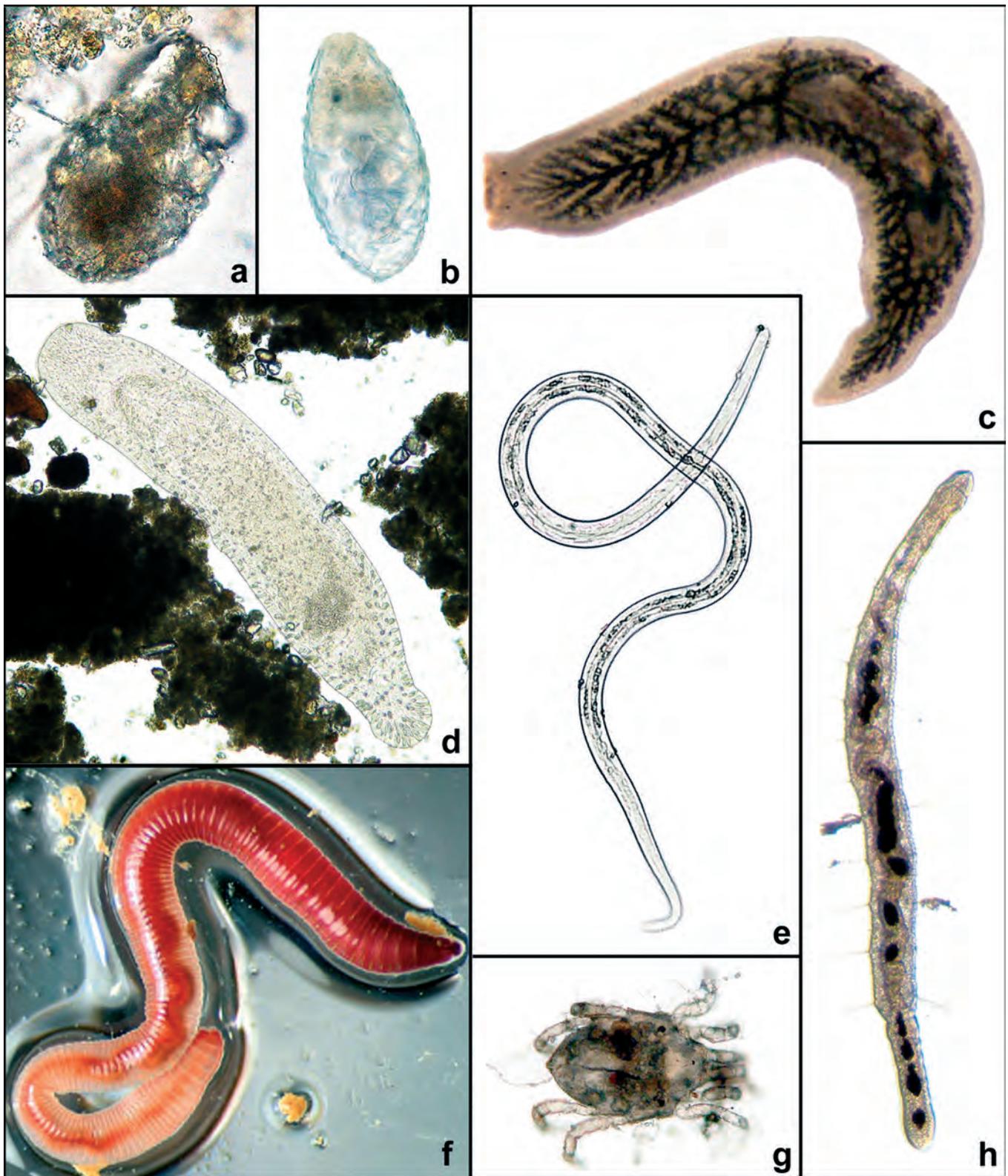


Abb. 2.1: a) Schalenamöben mit Gehäuse aus Sandkörnchen; Länge 60 μm ; b) Schalenamöbe mit Gehäuse aus kleinen Plättchen; Länge 80 μm ; c) Strudelwurm der Gattung *Dendrocoelum*; Länge 1 cm; d) Mikroskopisch kleiner Strudelwurm, eventuell *Macrostomum* sp.; Länge 300 μm ; e) Nicht weiter bestimmter

Fadenwurm; Länge 400 μm ; f) Wenigborster aus der Familie der Lumbricidae; Länge 2 cm; g) Meeresmilbe aus einer Sedimentprobe; Länge etwa 300 μm ; h) Wenigborster aus der Familie der Naididae; Länge 8 mm

Unterwasserhöhle besetzen die Tiere vorzugsweise die der Strömung abgewandten Seitenwände. Es wird vermutet, dass sich die Schnecken von Bakterienrasen und anderen Wandüberzügen ernähren, indem sie die Felsoberfläche abraspeln. Eine Besonderheit stellt die verstärkte Anhaftung der Tiere im Vergleich zu Populationen aus anderen Unterwasserhöhlen der Schwäbischen

Alb dar. Im Labor konnte eine vermehrte Schleimproduktion der Blautopf-Schnecken festgestellt werden (BRÜMMER et al. 2005, STRAUB 2007). Es ist möglich, dass sich die Schnecken an die starke Strömung in der Blauhöhle angepasst haben, oder dass es sich um eine Population handelt, welche die Blauhöhle aufgrund dieser bereits vorhandenen Eigenschaft überhaupt besiedeln

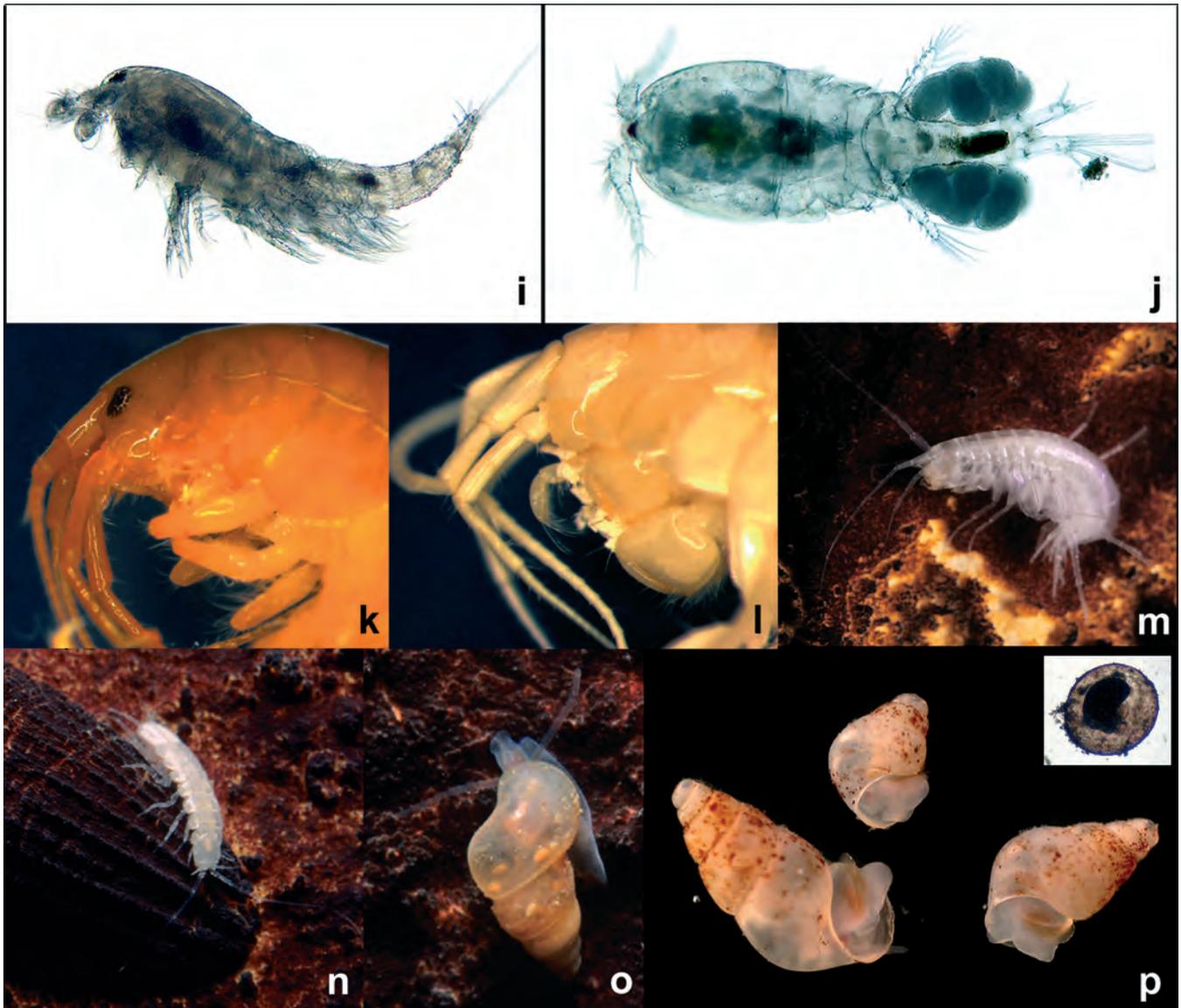


Abb. 2.2: i) Männlicher Ruderfußkrebs aus der Ordnung der Harpacticoida; Länge 0,5 mm; j) Weiblicher Ruderfußkrebs aus der Ordnung der Cyclopoida mit Eiballen; Länge 1 mm; k) Kopf eines Bachflohkrebses *Gammarus fossarum*, 25-fache Vergrößerung mit deutlich sichtbarem Auge; l) Kopf eines Höhlenflohkrebses *Niphargus puteanus*, 40-fache Vergrößerung ohne Augen; m) Höhlenflohkrebs an der Höhlenwand des Blautopfes; Länge 1 cm; n) Höhlenassel der Gattung *Proasellus* auf einem

versteinerten Seeigelstachel an der Höhlenwand des Blautopfes; Länge 0,8 cm; o) Brunnenschnecke der Gattung *Bythiospeum* an der Höhlenwand im Blautopf; Länge 4 mm; p) Laboraufnahme unterschiedlich alter Brunnenschnecken. Links unten das ausgewachsene Tier von ca. 4 mm Länge (A. Schultheiss, Staatliches Museum für Naturkunde, Stuttgart). Oben rechts ein Ei einer Brunnenschnecke mit sichtbarem Embryo; Durchmesser 0,5 mm.

konnte (Präadaptation). Auf dem lehmigen Bodensediment finden sich nur sehr wenige lebende Tiere. Leere Gehäuse finden sich in Bodenvertiefungen.

Wie viele Tiere der unterirdischen Lebensräume investieren die Brunnenschnecken in wenige sehr gut versorgte Nachkommen. Die Eier sind mit 0,5 mm Durchmesser dem entsprechend groß. Sie werden häufig in den Sedimentproben gefunden (Detail Abb. 2.2 p). Es ist anzunehmen, dass sie an den Wänden abgelegt werden und dann hinunter fallen. Sie scheinen im Gegensatz zu Eiern anderer im Süßwasser lebender (limnischer) Schnecken schlecht an festen Oberflächen zu haften.

Eine genaue Artbestimmung der Schnecken ist aufgrund des momentanen Forschungsstandes nicht möglich. Vergleichende morphologische und genetische Untersuchungen, die zurzeit in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart und der Universität Stuttgart durchgeführt werden, werden Licht ins Dunkel der Taxonomie dieser interessanten Gattung bringen.

Acarina (Milben)

Milben gehören zu den Spinnentieren (Arachnida) und besiedeln sowohl das Land als auch aquatische Lebensräume wie das Grundwasser. Die vorgefundenen Exemplare gehören der Gruppe Meeresmilben (Halacaridae) an, welche wie der Name sagt, vorwiegend die Meere besiedeln. Die im Süßwasser vorkommenden Arten werden hauptsächlich im Grundwasser gefunden. Die mikroskopisch kleinen Tiere sind in den Sedimentproben selten anzutreffen. Die stygobionte Art *Soldanellonyx monardi* konnte identifiziert werden (Abb. 2.1 g).

Isopoda (Asseln)

Asseln sind sehr urtümliche Gliedertiere, welche beinahe alle Lebensräume dieser Welt besiedeln: Die Meere, das Süßwasser, das Land und sogar die Wüsten. In der Blauhöhle wurden zwei nahe verwandte Vertreter der Gattung *Proasellus* vorgefunden, wobei *Proasellus slavus* bei weitem überwiegt. Von *Proasellus cavaticus*, der zweiten Art, liegt bisher nur ein Nachweis vor. Die

Artbestimmung erfolgte bisher nur aufgrund morphologischer Merkmale, welche sich anhand der vorhandenen Bestimmungsliteratur als nicht ganz einfach erwies. Das Genus verlangt nach weiterer taxonomischer Bearbeitung auch in genetischer Hinsicht, weshalb diese Zuordnung als vorläufig anzusehen ist. Es handelt sich bei *Proasellus slavus* um die zweithäufigste Art, welche makroskopisch auf den Wänden der Blauhöhle sichtbar ist (Abb. 2.2 n).

Copepoda (Ruderfußkrebse)

Ruderfußkrebse sind gerade noch mit bloßem Auge sichtbare Krebstiere (Crustacea), welche sowohl auf dem Sedimentgrund (Benthos) als auch im Freiwasser als Plankton vorkommen. Sie leben sowohl im Süßwasser als auch in den Meeren. Die im Blaukopf vorgefundenen Arten wurden in Sedimentproben gefunden und sind daher wahrscheinlich dem Benthos bzw. Epibenthos (auf dem Sediment lebend) zuzuordnen. Es wurde jeweils eine Art aus den Ordnungen der Cyclopoida und der Harpacticoida festgestellt (Abb. 2.2 i, j).

Ostracoda (Muschelkrebse)

Die 0,5 bis 2 mm großen Krebschen besitzen zu ihrem Schutz zwei Schalenhälften, welche denen der Muscheln sehr ähnlich sehen. Ihre Ernährungsweise ist je nach Art unterschiedlich. Es gibt Filtrierer, Räuber und viele Arten, die zerfallende organische Substanzen (Detritus) als Nahrung nutzen. Meist leben sie auf und im Sediment der Süßgewässer und der Meere.

In der Blauhöhle konnten bisher nur Schalen dieser Tiere nach-

gewiesen werden, welche bisher noch nicht näher bestimmt werden konnten. Es ist daher nicht ausgeschlossen, dass sie eingeschwemmt wurden. Aus dem Grundwasser sind allerdings viele Arten mit ähnlich schmaler Schalenform bekannt, so dass ihr tatsächliches Vorkommen in der Höhle angenommen werden kann.

Amphipoda (Flohkrebse)

Flohkrebse sind wenige Millimeter bis zu einigen Zentimetern große Krebstiere, welche im Gegensatz zu den Asseln einen seitlich abgeflachten Körper besitzen. Oft bewegen sie sich auf der Seite liegend fort. Sie bewohnen sowohl die Gewässer als auch das Land. Einige Arten leben in der Laubstreu der tropischen Wälder, einige in den Süßgewässern, einige an den Stränden („Strandfloh“) und viele in den Meeren vom Äquator bis zu den Polen und in der Tiefsee. Wie bei den Asseln handelt es sich wohl ursprünglich um marine Arten, welche von dort aus das Land und auch die Süßgewässer einschließlich des Grundwassers eroberten. Mit den Asseln haben die Flohkrebse auch die Art der Eiablage gemeinsam. Diese erfolgt in ein so genanntes Marsupium, einen Brutsack, in dem die Eier mit sich getragen werden.

Es sind weltweit mehr als 6.000 Arten beschrieben. Mehrere hundert Arten leben in den Grundwässern Europas, von denen über 20 in Deutschland nachgewiesen sind. Sie gehören 6 Gattungen aus drei verschiedenen Familien an. Die Gattung *Niphargus* ist mit 15 Arten am häufigsten vertreten. Alle Arten sind augenlos. Zur Bestimmung werden im Wesentlichen die Gnathopoden (Greifschere der vorderen Beinpaare), das Telson (Schuppe über

Gruppen, Arten	Strecke, Fundort	Tiefenbereich	Häufigkeit
Acarina	90	36	–
<i>Bythiospeum</i> sp.	0–550	22–36	+++
<i>Cottus gobio</i>	Topf (bis 550, 1.100)	2–40	++ (Topf)
Cyclopoida	90	36	–
<i>Dendrocoelum</i> sp.	Topf bis 500	1–37	+
<i>Gammarus fossarum</i>	Topf–20	2–26	++
Harpacticoida	90	36	–
Lubricidae	100	35	–
Mikro-Turbellaria <i>Macrostomum</i> sp. (?)	90	36	–
Mikro-Turbellaria sp.	90	36	–
Naididae	70–80	30–36	+
Nematoda	90	36	–
<i>Niphargidae</i> sp.	70–1.200	42	+
<i>Niphargopsis casparyi</i>	74, 140, 270	21, 33	+
<i>Niphargus puteanus</i>	18–1.200	26–42	+
Oligochaeta	90	36	+
Ostracoda	90, 600	6, 36	–
<i>Pisidium personatum</i>	80	30–35	–
<i>Proasellus slavus</i>	10–1.400	14–40	+++
<i>Proasellus cavaticus</i>	18	26	–
<i>Salmo trutta fario</i>	40	30	–
Testacea mit Sandkörnern	90	36	–
Testacea mit Schuppen	90	36	–
„Würmer“ (unbekannte Arten)	600, 1.449	1, 6	

Tab. 1: Vorgefundene Arten und ihre Fundorte. Die Entfernungen vom Eingang sind ab der sog. Düse gemessen, hinter der die lichtlosen Bereiche der Höhle beginnen. Zeichenerklärung: – selten, + mäßig häufig, ++ häufig, +++ sehr häufig.

dem Schwanzanhang) und die Mundwerkzeuge herangezogen. In der Blauhöhle konnten bisher *Niphargus puteanus* und *Niphargopsis caspari* eindeutig nachgewiesen werden. Sie besiedeln sowohl die Oberflächen der Sedimente als auch die der nackten Felsen (Abb. 2.2 m). *Niphargus puteanus* ernährt sich nach eigener Beobachtung gerne räuberisch von Asseln (*Proasellus*), frisst aber auch totes organisches Material. Von *Niphargopsis caspari* liegen leider noch keine Erkenntnisse bezüglich der Ernährungsweise vor.

Zu erwähnen ist, dass auch der Bachflohkrebs *Gammarus fossarum*, der die lichterfüllten Bereiche des Blautopfes in großer Zahl besiedelt, bis zu 20 m weit in die Höhle eindringt. Er unterscheidet sich aber durch seine deutlich erkennbaren Augen von den echten Grundwasserarten (Abb. 2.2 k, l).

Pisces (Fische)

Die Mühlkoppe (*Cottus gobio*) und die Bachforelle (*Salmo trutta fario*) sind die einzigen Fische, die im Bereich der Höhle anzutreffen sind. Forellen sind im Quelltopf eher selten. Ein Exemplar wurde 40 m weit in der Höhle gesehen. Die Mühlkoppen hingegen sind im Quelltopf außergewöhnlich häufig. Es wurden gut genährte Exemplare bis in eine Entfernung von über 500 m vom Eingang entdeckt. Ein Tier wurde bei 1.100 m gesichtet.

Diskussion

Die Tierwelt der Blautopfhöhle setzt sich aus Vertretern der Grundwasser- und Höhlenfauna zusammen, wie sie für die Schwäbische Alb und das Donaueinzugsgebiet typisch ist. Die Grundwasserorganismen nennt man Stygobionten nach dem unterirdischen Fluss Styx aus der griechischen Mythologie. *Niphargus puteanus*, *Niphargopsis caspari*, *Proasellus slanus*, *Proasellus cavaticus*, *Bythiospeum* sp. und die Milbe *Soldanellonyx monardi* sind eindeutig dieser Gruppe zuzurechnen. Sie sind in oberirdischen Gewässern konkurrenzwach und an den unterirdischen Lebensraum angepasst. Augenlosigkeit, verlängerte Gliedmaßen, ein sehr ausgeprägter Tast- und Geruchssinn, ein langsamer Stoffwechsel und eine hohe Lebenserwartung im Gegensatz zu den oberirdischen Verwandten sind einige der Eigenschaften, welche den Tieren erlauben ihren gesamten Lebenszyklus in der Unterwelt zu bestreiten. Die nachgewiesenen Ruderfußkrebse,

Muschelkrebse, Fadenwürmer und mikroskopisch kleinen Strudelwürmer sind mit großer Wahrscheinlichkeit auch Stygobionten. Allerdings ist ihre Artzugehörigkeit nicht eindeutig geklärt und somit nicht gesichert, ob sie wirklich nur unterirdische Lebensräume besiedeln.

Die großen Strudelwürmer der Gattung *Dendrocoelum* sind auch im Quelltopf zu finden und besitzen Augen, weshalb sie wohl eher als stygophil zu bezeichnen sind. Das heißt, dass sie besonders gerne in unterirdischen Lebensräumen vorkommen und sich dort vermehren, aber ebenso an der Oberfläche stabile Populationen bilden. Wahrscheinlich gehören auch die Vertreter der Wenigborster in diese Gruppe. Es ist bekannt, dass viele der häufig im Grundwasser vorkommenden Arten auch andere Gewässer besiedeln (GRIEBLER & MÖSSLACHER 2003).

Es gibt neben den Stygobionten und Stygophilen auch Höhlen Gäste, die nur aus Versuchen, auf der Nahrungssuche oder auf der Suche nach Schutz in die Höhle eindringen. Im Blautopf sind die Mühlkoppe und die Forelle hierfür gute Beispiele. Die Forelle ist als vorwiegend optisch orientierter Jäger nicht in der Lage weiter in die lichtlosen Teile der Höhle einzudringen. Sie würde sich verirren und zu Grunde gehen. Die Mühlkoppe hingegen ist ein nachtaktiver Grundfisch, welcher sich sehr gut in der Dunkelheit orientieren kann. Die Mühlkoppe dringt daher relativ weit in die Höhle vor und ist in der Lage dort ausreichend Nahrung aufzuspüren.

Was die Verteilung der Tiere in der Höhle betrifft, so stecken die Erkenntnisse noch in den Anfängen. Bisher konnten Entfernungen der Funde vom Eingang dokumentiert werden (Tab. 1). Bestimmte Tiere wie Ruderfußkrebse, Muschelkrebse, Wenigborster, Milben, Fadenwürmer und mikroskopisch kleine Strudelwürmer wurden bisher nur in Sedimentproben gefunden. Asseln, Höhlenflohkrebse und Brunnenschnecken halten sich bevorzugt an den Höhlenwänden auf.

Die Basis der Nahrungskette im Blautopf bilden wie in den meisten mitteleuropäischen Höhlen Nährstoffe, die in fester oder gelöster Form von außen eingetragen werden. Hinweise auf eine Primärproduktion durch Chemoautotrophie liegen nicht vor. Die gelösten Stoffe werden von Bakterien konsumiert, die sowohl auf den Wänden als auch im Sediment reichlich vorhanden sind. Eine besondere Rolle spielen so genannte Biofilme aus Bakterien und höher entwickelten winzigen Einzellern, die die Höhlenwände flächig bedecken. Sie werden von Asseln und Schnecken abgeweidet. Tote Höhlentiere und partikuläres Material von außen bilden die Nahrung für Ruderfußkrebse, Muschelkrebse, Wenigborster, Milben, Fadenwürmer, Strudelwürmer und Schalenamöben.

Die meisten Tiere sind aufgrund der relativen Nahrungsarmut Allesfresser, d.h. sie ernähren sich auch räuberisch. Die größten Räuber, die auch mobile Beute erlegen sind die Niphargiden. Sie fressen gerne die kleineren Höhlenasseln, die sie mit ihren Scheren („Gnathopoden“) ergreifen (Abb. 3).

Ausblick

In den nächsten Jahren wird weiter an der Erfassung der Artenvielfalt gearbeitet werden, die eine Grundlage für ökologische Betrachtungen bildet. Hierbei werden mit der Erforschung der trockenen Teile auch Tiere außerhalb des Wassers erfasst. Bisher sind nur bestimmte Zweiflügler, wie eine Scheufliege der Gattung *Heleomyzidae*, bekannt.

Weiterhin werden die Forschungen an speziellen Tiergruppen wie den Brunnenschnecken, Höhlenasseln und Höhlenflohkrebsen vorangetrieben. Es geht um die Verifizierung der Artzugehörigkeiten gemäß moderner taxonomischer Methoden, um die Verbreitung dieser Arten und um die verwandtschaftlichen Beziehungen der Blautopf-Populationen zu Populationen



Abb. 3: Nahrungspyramide im Blautopf. In Höhlen ist die Nahrungspyramide in weniger Ebenen untergliedert. Viele Höhlentiere sind Allesfresser und lassen sich nicht wie an der Oberfläche in Konsumenten verschiedener Ordnungen gliedern. Die Primärproduzenten (photosynthetisierende Pflanzen) fehlen völlig.

anderer Höhlensysteme auf der Schwäbischen Alb. Wie erwähnt sind im Falle der Brunnenschnecke die Untersuchungen bereits im Gange (BRÜMMER et al. 2005, STRAUB 2007).

Ein weiterer Aspekt ist die Reproduktion und die Ernährungsweise dieser Tiere. Hierzu werden seit längerem Asseln, Krebse und Schnecken in Kühlschränken gehalten. Die Schnecken wurden bereits erfolgreich gezüchtet.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Mikrobiologie. Als Basis der Nahrungskette sind die Biofilme auf den Wänden der von Wasser erfüllten Höhlenteile von besonderem Interesse. Erste Untersuchungen haben schon stattgefunden. Besonders interessant scheint in diesem Zusammenhang die schon erwähnte Anreicherung von Mangan und Eisen in den Biofilmen (KEMPE et al. 2002).

Dank

Unser besonderer Dank gilt Dr. Wilko Ahlrichs, Dr. Klaus Dobat, Dr. Andreas Fuchs, Dieter Weber und Stefan Zaenker für ihren Beistand bei systematischen Fragen und ihre Mithilfe bei der Bestimmung schwieriger Arten sowie Hans-Jörg Niederhöfer, der sich intensiv mit den Brunnenschnecken beschäftigt. Wir danken herzlich unserem gesamten Team der Arbeitsgemeinschaft Blautopf für die Mithilfe bei den Probenahmen und die wertvollen Beobachtungen. Ganz besonders möchten wir die Leistung von Henning Metzger hervorheben, dem erstmals die fantastischen Lebend-Makroaufnahmen der nur wenige Millimeter großen Tiere in situ gelangen. Herzlichen Dank auch an die Stadt Blaubeuren für die langjährige Unterstützung der Arge Blautopf bei Ihren Untersuchungen.

Literatur

- BOLLING, W. (1966): Beiträge zum Problem des Genus *Bythiospeum* Bourguignat (Mollusca - Hydrobiidae). – Ber. Naturforsch. Ges. Bamberg 40: 21–102
- BRÜMMER, F., FALKNER, G., NIEDERHÖFER, H.J., SCHOPPER, M. & STRAUB, R. (2005): Brunnenschnecken aus Karstwasserhöhlen. – Aquarien- u. Terrarienz. (DATZ) 58(4): 6–12
- DITTRICH, A., SCHUBERT, W. & WOLF, A. (2009): Zwischenergebnisse aus der Blauhöhle in Blaubeuren (Kat.-Nr. 7524/34), Forschungszeitraum 2004–2008. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforscher 55(1): 12–16
- DOBAT, K. (1975): Die Höhlenfauna der Schwäbischen Alb. – Jh. Ges. Naturkunde Württemberg, Jahrgang 130, 381 S.
- GRIEBLER, C. & MÖSSLACHER, F. (2003): Grundwasserökologie. – Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien, 495 S.
- HASENMACHER, J. (1986): Das Geheimnis des Blautopfs. – GEO 5: 10–38
- KELLER, M. (1961): Tauchbericht der Gruppe Eschenbach-Göppingen vom 14.10.1961. – Kopie von Hannelore Keller, März 2008
- KEMPE, S., EBERT, M. & MORLOCK, W. (2002): ESEM-Untersuchungen des dunklen Belages aus dem Blautopf und Schlussfolgerungen für die Interpretation von Lösungsratenexperimenten mit Rocktafels. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforscher 48(3): 67–71
- RIXEN, J.-U. (1961): Kleinturbellarien aus dem Litoral der Binnengewässer Schleswig-Holsteins. – Arch. Hydrobiol. 57: 464–538
- SELG, M., SCHOPPER, M. & STRAUB, R. (2006): Kurzzeitdynamik und Direktabfluss des Blautopfs (Oberjura-Karst, Süddeutschland). – Tübinger Geowiss. Arb. C 98: 45–72
- STRAUB, R. (2007): Untersuchungen zu Brunnenschnecken der Gattung *Bythiospeum* aus der Blautopfhöhle (7524/30b) bei Blaubeuren/Schwäbische Alb. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforscher 53(4): 106–108

Weiterführende Literatur

- ARBEITSGEMEINSCHAFT BLAUTOPF, Hrsg. (2009): Faszination Blautopf. Vorstoß in unbekannte Höhlenwelten. – Thorbecke, Ostfildern
- BOHNERT, J. (2002): Ergebnisse der Tauchforschungen der Arbeitsgemeinschaft Blautopf in der Blautopfhöhle (7524/34) von 1997 bis 2001. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforscher 48(1): 10–17
- KÜCHA, A., UFRICHT, W. & JANTSCHKE, H. (2009): Derzeitiger Forschungsstand der Arbeitsgemeinschaft Blautopf im Blauhöhlsystem (Kat.-Nr. 7524/30). – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforscher 55(4): 80–85 (vorliegendes Heft)
- SCHMINKE, H.K. & GAD, G. (2007): Grundwasserfauna Deutschlands – Ein Bestimmungswerk. – DWA-Themen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 628 S.
- SCHOPPER, M. & KÜCHA, A. (2007): Neueste Forschungsergebnisse im Blauhöhlsystem 7524/30. – Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforscher 53(4): 100–105

Anschriften der Verfasser: Dr. Anke Oertel, Erentrudisstr. 19/11, A-5020 Salzburg, anke.oertel@gmx.at; Dipl.-Ing. Rainer Straub, Uhuweg 7, 70794 Filderstadt, rainer.straub@gmx.de
Arbeitsgemeinschaft Blautopf: www.blautopf.org