

Technische Universität Dresden, Sektion Wasserwesen, Bereich Hydrobiologie
(Bereichsleiter: Prof. Dr. rer. nat. habil. D. Uhlmann)

Beitrag zur Faunistik von Höhlengewässern im Zechstein des Südharztes und Kyffhäusers

Von

Hans-Jörg Spangenberg

Mit 3 Abbildungen und 3 Tabellen

(Eingegangen am 2. Oktober 1972)

Inhalt

1. Einleitung	143
2. Methodik	144
3. Zur Geologie und Entstehung der untersuchten Grofhöhlen	144
4. Hydrologie	144
5. Physikalische und chemische Eigenschaften der untersuchten Höhlengewässer	145
5.1. Temperatur	145
5.2. Chemismus	145
5.3. Pegelgang	146
6. Systematik, Ökologie und Verbreitung der in den Höhlengewässern angetroffenen Arten	147
7. Beziehungen zwischen der Fauna der Höhlengewässer und der Grundwasserfauna ..	157
8. Zusammenfassung	157
Schrifttum	159

1. Einleitung

Vor fast 100 Jahren wurde erstmalig ein Tier für eine Harzer Höhle erwähnt: Fries (1879) erbeutete *Planaria macrocephala*. Stollen und Bergwerke untersuchte Schneider (1885). Kloos und Müller (1889 und 1890) wiesen vier Insektenarten und eine Fledermaus nach. Dipterenarten fand Grabowsky (1890) (alle Autoren cit. bei Mühlmann 1942). Umfassende Untersuchungen führten dann Lengersdorf (1930, 1932) sowie Mühlmann (1942) durch. Diese Autoren bezogen auch die aquatile Fauna mit in ihre Untersuchungen ein. Auch Schulze und Uhlmann (1960) widmeten sich in der Barbarossahöhle den Höhlengewässern. Weiter wurden bisher keine Arbeiten bekannt, die die aquatile Fauna der Höhlen berücksichtigen.

Die Untersuchungen¹ sollen die bisher bekannten Ergebnisse erweitern und ergänzen. Sie erstrecken sich auf die Gewässer von zwei Grofhöhlen im Zechstein des Südharztes, die Heimkehle bei Uftrungen und die Questenhöhle bei Questenberg, sowie die Barbarossahöhle im Zechstein des südlichen Kyffhäusers. Während die Heimkehle und die Barbarossahöhle auch als Besucherhöhlen dienen, trifft dies für die Questenhöhle nicht mehr zu. Als Schauhöhle wurde sie bis zum Jahre 1940 genutzt. Heute ist sie nur noch mit Schwierigkeiten zu befahren.

¹ Vorliegende Arbeit ist ein Teil der Dissertation „Faunistisch ökologische Untersuchungen an Gewässern von Gipshöhlen und im Grundwasser des Südharztes und Kyffhäusers“. Herrn Prof. Dr. rer. nat. habil. D. Uhlmann möchte ich für die Anregung zu dieser Arbeit sowie für seine Unterstützung herzlich danken!

2. Methodik

Für die biologischen Untersuchungen wurden Wasserproben durch ein Planktonnetz Nr. 25 filtriert. Mit Ködern versehene Planktonnetze erwiesen sich als günstig für den Fang von Amphipoden.

Das Tiermaterial wurde nach dem Transport in Petrischalen unter dem Binokular ausgelesen bzw. vorübergehend bei $+4^{\circ}\text{C}$ im Kühlschrank aufbewahrt.

Folgende Fixierungsmittel fanden Anwendung:

- Gemisch nach Bouin (Archiannelida)
- 70 % Alkohol (Copepoda, Ostracoda)
- 4 % Formalin (Amphipoda).

Die chemischen Untersuchungen wurden mit Unterstützung des Laboratoriums der Oberflußmeisterei Unstrut Sondershausen durchgeführt¹.

3. Zur Geologie und Entstehung der untersuchten Großhöhlen

Die in den mächtigen zechsteinzeitlichen Ablagerungen des Südharzes und südlichen Kyffhäusers gelegenen Höhlen sind im wesentlichen – von einer älteren, tertiären Anlage abgesehen – im Holozän entstanden. Die Höhlen sind nach Biese (1931) als kombinierte Kluft- und Laughöhlen zu bezeichnen. Nach Verbindung zwischen Kluft und Vorfluter kam es zu Auslaugungen, die auch gegenwärtig noch anhalten. Nach Deckenverbruch vergrößerten sich die Hohlräume, die eine gewisse Stabilität nach Herausbildung von Gewölbeformen erreichten.

Die Heimkehle verläuft in ihrer Längsausdehnung hercynisch von NW nach SE. Sie ist im Tal der Thyra etwa 2 km westlich des Dorfes Uftrungen gelegen und erreicht eine Länge von etwa 2300 m. Buntsandstein und Löß, von der Oberfläche her eingetragen, bedecken den Boden der Höhle. Mit den Höhlengewässern steht das Grundwasser der Thyraschotter im engsten Kontakt, wie der jahreszeitlich bedingte Pegelgang zeigt. Die Höhlenseen erreichen z. T. beachtliche Tiefe und Größe: Heimensee etwa 30 m lang, 15 m breit, bis 4 m tief, Thyrasee etwa 40 m lang, 18 m breit, bis 10 m tief. Diese Seen setzen sich mit bisher noch unbekannter Ausdehnung unterirdisch fort. Mit $+180$ m NN liegt der tiefste Punkt der Höhle 5 m unter der Vorflut.

Die Questenhöhle weist ähnliche Verhältnisse auf. Sie ist nordwestlich des Dorfes Questenberg gelegen. Der tiefste Punkt der Höhle liegt mit $+218$ m NN 1 m unter der Vorflut. Der Questensee ist etwa 26 m lang, 15 m breit und bis zu 9 m tief. Auch bei dieser Höhle bestehen enge Kontakte zum Grundwasser der Umgebung.

Im Gegensatz zu den beiden eben genannten Höhlen besitzt die am Südwesthang des Kyffhäusers gelegene Barbarossahöhle keine natürliche größere Verbindung zur Oberfläche. Sie wurde im Jahre 1865 bei der Suche nach Kupferschiefer entdeckt. Der tiefste Punkt der Höhle ($+153,5$ m NN) liegt 3 m über der Vorflut. Der Grottensee ist der größte See der Höhle: etwa 45 m lang, 7 m breit, bis 3 m tief.

4. Hydrologie

Die Niederschläge nehmen vom Harz zum Thüringer Becken hin in südlicher Richtung ab. Während die jährliche Niederschlagsmenge auf dem Brocken im Mittel 2000 mm beträgt, sinken die Werte in bestimmten Gebieten des Thüringer Beckens auf etwa 400 mm pro Jahr. Da das Jahresmittel der Temperatur in gleicher Richtung zunimmt, kommt es teilweise zu recht extremen Verhältnissen, die auch für den Süd-

¹ Herrn Dr. v. Tümpling, WWD Erfurt, und Herrn Bolz, Oberflußmeisterei Unstrut Sondershausen sei an dieser Stelle für ihre Unterstützung gedankt. – Den Verwaltungen der Barbarossahöhle und Heimkehle möchte ich für stetes Entgegenkommen danken.

kyffhäuser typisch sind. Die Niederschläge werden dann von der Verdunstung übertriffen.

Bei einem Niveauunterschied von etwa 100 m auf 22 km zwischen Harz und Goldener Aue wird ein Teil des Oberflächenwassers von den Talschottern aufgenommen. Zu Karsterscheinungen kommt es im Zechstein, wo auch ein Teil des Niederschlags- und Oberflächenwassers aufgenommen wird. Bei den Harzflüssen Steina-Ichte, Uffe, Wieda und Zorge fließen teilweise beträchtliche Wassermengen durch Versickerungen, was bis zum völligen Versiegen des Oberflächenwassers im Sommer führen kann, unterirdisch weiter. Dieses Karstwasser tritt in verschiedenen Quellen mit einer gewissen Verzögerung wieder zu Tage: z. B. Hageborn bei Woffleben, Salzaquelle bei Nordhausen. Als Karstquellen sind auch die Quelle im Wiesengelände SE der Heimkehle sowie die Wickeröder Quelle bei Questenberg, in der ein Teil des Wassers vom Periodischen See bei Roßla austritt, zu bezeichnen.

Die Bewässerung der Heimkehle erfolgt aus den Talschottern der Thyra und einer etwa 500 m von der Höhle in nördlicher Richtung gelegenen Wasserschwinde, dem sogenannten Entensee. Die SE der Höhle gelegene Wiesenquelle spielt bei der Entwässerung der Heimkehle mit eine wesentliche Rolle.

Für die Bewässerung der Barbarossahöhle kommt neben Sickerwasser ein im NW der Höhle zu Tage tretender aktiver Wasserlauf mit einer durchschnittlichen Schüttung von $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ in Betracht. Durch eine Quelle unterhalb des ehemaligen Stollenmundlochs wird diese Höhle entwässert. Das Wasser dieser Quelle erscheint bei Trockenheit als kleiner Wasserlauf im sich SW daran anschließenden Wiesengelände.

5. Physikalische und chemische Eigenschaften der untersuchten Höhlengewässer

5.1. Temperatur

Die Höhlengewässer sind wie Grundwasser durch eine hohe Temperaturkonstanz charakterisiert. Die jeweiligen Jahresmittel betragen für den Thyrasee der Heimkehle $8,6^\circ\text{C}$, den Questensee der Questenhöhle $7,6^\circ\text{C}$ und für den Weiher im Felsenmeer der Barbarossahöhle $8,1^\circ\text{C}$. Der Heimensee der Heimkehle unterliegt im Vergleich dazu größeren jahreszeitlichen Schwankungen ($2,2 \dots 8,0^\circ\text{C}$), da eine früher als Eingang genutzte Doline einen unmittelbaren Oberflächenkontakt herstellt. Im Winter bildet sich auf diesem See häufig eine Eisdecke. Die Temperaturen der Höhlengewässer entsprechen etwa denen des Grundwassers bzw. etwa dem Jahresmittel der Temperatur der jeweiligen Umgebung.

5.2. Chemismus

Wie allgemein in unterirdischen Gewässern ist auch für die Höhlengewässer ein geringer Sauerstoffgehalt typisch. Für die Sauerstoffsättigung ergaben sich für die Seen der Heimkehle Werte um 40,7 %, den Questensee um 61 % und für die Seen der Barbarossahöhle solche um 70 %.

Die pH-Werte liegen in den Höhlen infolge guter Pufferung um 7,0. Diese Werte ergaben sich auch für das Grundwasser in der Umgebung der Höhlen.

Der Permanganatverbrauch umfaßt für den Thyrasee der Heimkehle Werte, die zwischen 5 und $8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ liegen. Ähnliche Werte ergaben sich auch für die Barbarossahöhle. Die Questenhöhle wies niedrigere Werte auf. Diese Daten entsprechen denen „echten Grundwassers“, das nur eine geringe organische Belastung aufweist.

Der Chloridgehalt nimmt unter dem Zechsteineinfluß in südlicher Richtung im Untersuchungsgebiet zu. Für die Höhlengewässer ergaben sich folgende Mittelwerte: Heimkehle $25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Questenhöhle $26,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Barbarossahöhle $39,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Geologisch bedingt liegen die Werte für den Sulfatgehalt sehr hoch. In der Umgebung der Höhlen kommt es zur Durchmischung von Schottergrundwasser und solchem aus dem Zechstein, so daß sich größere Schwankungen ergeben können wie z. B. für die nahe der Heimkehle gelegene Wiesenquelle ($386 \cdot \dots 1572 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). In der Barbarossahöhle kommt es zum Anstieg des Ionengehalts vom aktiven Wasserlauf bis zum Stollenausfluß (Tab. 1).

Tabelle 1. Chemismus der Seen in der Barbarossahöhle (nach Messungen am 29. 8. 68)

Untersuchungsstelle	KH	GH	SO ₄	Ca		Mg
				in mg · l ⁻¹		
akt. Wasserlauf	9,0° dH	80,0° dH	1330,0	536,0	21,7	
Weiher Neptungrotte	9,0° dH	89,0° dH	1410,0	571,8	39,0	
Grottensee	9,0° dH	89,0° dH	1423,0	578,9	34,7	
Stollenausfluß	6,0° dH	87,0° dH	1432,0	600,3	13,0	

Die größten Sulfatgehalte ergaben sich für das Tropfwasser in der Heimkehle mit $1873,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Die Mittelwerte liegen für die Heimkehle bei $1598,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, für die Questenhöhle bei $1018,8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und für die Barbarossahöhle bei $1386,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Die Härtegrade sind erwartungsgemäß entsprechend den geologischen Verhältnissen hoch. Die Werte erreichen bei der Heimkehle bis 109° dH . Bei der Questenhöhle liegen sie um 75° dH und bei der Barbarossahöhle um $87,5^\circ \text{ dH}$ (jeweils bezogen auf die Gesamthärte).

Stickstoffverbindungen liegen nur in geringem Maße vor (Tab. 2).

Tabelle 2. Verteilung der Stickstoffverbindungen auf die Höhlen

	NH ₃	NO ₂	NO ₃
	in mg · l ⁻¹		
Heimkehle	0,22	neg.	3,1
Questenhöhle	0,3	neg.	5,0
Barbarossahöhle	0,33	neg.	6,1

Phosphorverbindungen waren in den untersuchten Höhlen nicht oder nur in Spuren nachweisbar.

Entsprechendes gilt auch für Eisen. Im aktiven Wasserlauf der Barbarossahöhle kommt es jedoch im nördlichen Teil zu Ausscheidungen von Eisenhydroxid [Fe(OH)₃].

5.3. Pegelgang

Die Pegelschwankungen der Höhlenseen zeigen eine starke Übereinstimmung mit denen des Grundwassers der Umgebung (Spangenberg, 1971). Für den Thyrasee der Heimkehle konnte eine Maximalamplitude von 154 cm ermittelt werden. Diese Werte liegen für die Questenhöhle und die Barbarossahöhle wesentlich niedriger. Nach der Schneeschmelze im Frühjahr kommt es zum raschen Anstieg des Pegels. Das gleiche trifft nach starken Niederschlägen im Sommer zu, falls entsprechende Grundwasserreserven vorhanden sind. Mit diesen Pegelschwankungen ergeben sich Möglichkeiten für den Import von Organismen und für Nahrungspartikel aus dem Grundwasser in die Höhlengewässer.

6. Systematik, Ökologie und Verbreitung der in den Höhlengewässern angetroffenen Arten

Plathelminthes

Turbellaria

Tricladida

Fonticola vitta Duges

Fundstelle: **Q**¹

^TW 8,1 pH 7,0

Stygobionte Begleitfauna: *Crangonyx subterraneus*, *Niphargus fontanus*, *Microniphargus leruthi*

Dieses stygobionte Turbellar ist bekannt aus mitteleuropäischen Brunnen, Höhlen und Quellen. Nach Stankovic und Komarek (1927) ein Tertiärrelikt, das in das konkurrenzärmere stenöke Grundwasser einwanderte und postglazial wieder andere Gebiete besiedelte. Mühlmann (1942) wies die Art für die Biels- bzw. Iberger Höhle im Harz, Wegelin (1966) für Brunnen der Leipziger Tieflandsbucht nach, Ronneberger (1970) im Saaleinzugsgebiet (Thüringen).

Crenobia alpina Dana

Fundstelle: **Q**

^TW 8,1...12,9 °C pH 7,0...7,1

Stygobionte Begleitfauna: *Crangonyx subterraneus*, *Niphargus aquilex*, *Niphargus fontanus*

Die Art bevorzugt niedrigere Temperaturen, bewohnt im Mittel- und Hochgebirge Quellen und Grundwasser und ist auch in den oberen Läufen der Bäche anzutreffen. Die Wassertemperatur darf jedoch 15 °C nicht übersteigen.

Annelida

Polychaeta

Archiannelida

Troglochaetus beranecki Delachaux

Fundstellen: **H**, **B**

^TW 4,8...10,6 °C pH 6,6...7,2

Stygobionte Begleitfauna: *Candona husmanni*, *Chappuisius singeri*, *Crangonyx subterraneus*, *Microniphargus leruthi*, *Niphargus schellenbergi*

Dieses Tertiärrelikt hat seinen ökologischen Schwerpunkt im uferfernen interstitiellen Grundwasser sandig-kiesiger Bereiche. Die nächsten Verwandten leben im marinen Mesopsammal der heutigen Meeresküsten. Nach Husmann (1962) hat sich im Bereich der tertiären Randmeere der Übergang vom marinen zum limnischen interstitiellen Grundwasser vollzogen. Damit läßt sich auch die heutige europäische Verbreitung dieser Art erklären. Ähnliches gilt für *Chappuisius singeri*. Am häufigsten sind Funde aus dem Rhein- und Weser-System; es folgen mit geringerer Zahl an Fundstellen und Individuen die Schweiz, Südhaz, Kyffhäuser, die Leipziger Tieflandsbucht, Einzugsgebiet der Saale (Thüringen), das Donausystem und Glatz (Abb. 1).

Wassertemperaturen von 0,4...10,8 °C wurden an den Fundstellen gemessen. Das Optimum dürfte um 8,0 °C liegen. Die Art ist nach der Auffassung verschiedener Autoren von Regengüssen abhängig, die sie in bestimmte Grundwasserbereiche eindrücken. Ein zweiter wesentlicher Faktor dürfte auch ein unterschiedliches Nahrungs-

¹ **H** = Heimkehle, **Q** = Questenhöhle, **B** = Barbarossahöhle, ^TW = Wassertemperatur. Bei der stygobionten Begleitfauna sind auch die Arten angegeben, die im Südhaz in verschiedenen Grundwasserbereichen nachgewiesen wurden.

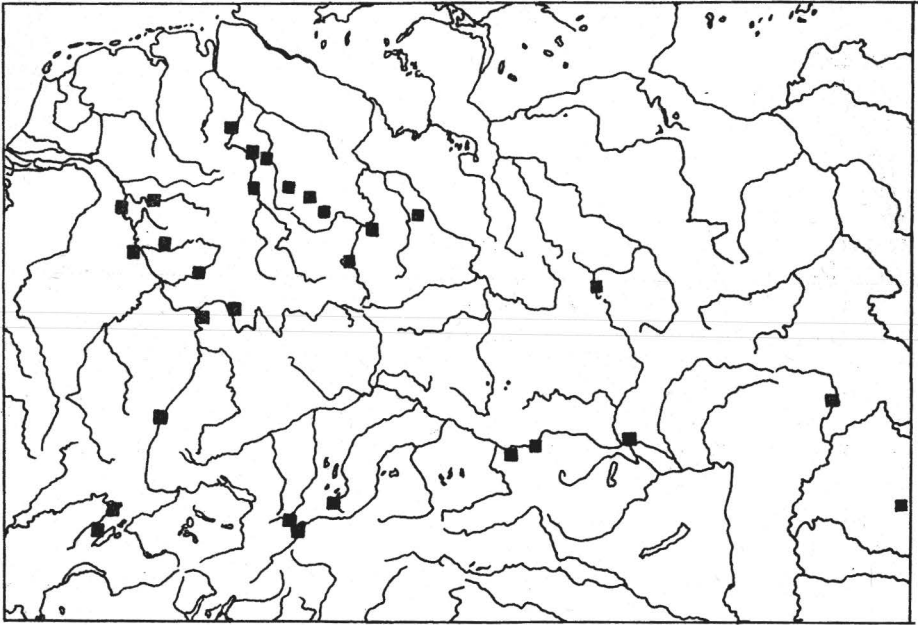


Abb. 1. *Troglochaetus beranecki* Delachaux. Verbreitung nach verschiedenen Autoren zusammengestellt

angebot sein, das zum Massenwechsel führt. Durch Niederschläge erfolgt eine erhöhte Zufuhr an organischer Substanz. Dies konnten Wegelin (1966) für die Leipziger Tieflandsbucht und Schulze und Uhlmann (1960) für die Barbarossahöhle nachweisen. Auf Grund der besonderen hydrologischen Gegebenheiten trifft in dieser Höhle die Beziehung Niederschlag – Grundwasseranstieg – Ansteigen der Individuenzahl von *Troglochaetus* mit größter Wahrscheinlichkeit nicht zu. Hier dürfte, wie auch die beiden zuletzt genannten Autoren angeben, eine mittelbare Abhängigkeit von Regenfällen bezüglich der eingetragenen organischen Stoffe vorliegen. Diese Denkmöglichkeit konnte für die Barbarossahöhle bestätigt werden. Für die Heimkehle sowie für den nordöstlich davon gelegenen Brunnen im Haseltal besteht offenbar die zuerst genannte Beziehung, d. h. organische Stoffe werden nach Niederschlägen in das Grundwasser eingedrückt.

In der Heimkehle wurden im Mai 1963 zwei Individuen, bei nachfolgenden Untersuchungen bis zum Februar 1964 kein *Troglochaetus* angetroffen. Während dieser Zeit sank der Wasserspiegel ständig und konnte auf Grund geringer Niederschläge während des Frühjahrs nicht ausgeglichen werden. Erst mit verstärkter Niederschlagstätigkeit im August stieg der Grundwasserspiegel geringfügig an. Danach konnten je drei Tiere im August und September des gleichen Jahres sowie im März 1965 nachgewiesen werden. Zu einer erhöhten Nahrungszufuhr kam es nach der Schneeschmelze im März 1965 durch Einschwemmen von Detritus. Jetzt trat *Troglochaetus* individuenreicher auf: Juni elf, Juli sieben, September sechs Tiere in einhundert Litern Wasser. Ähnliche Verhältnisse liegen auch für die zweite Fundstelle, einen Brunnen in der Nähe der Heimkehle vor.

In der Barbarossahöhle trat die Art im Zeitraum von 1964 bis 1966 im Oktober auf. Zuvor kam es jeweils zu größeren Niederschlägen, während der Grundwasser-

spiegel im Pegelrohr 522 bei Rottleben kaum eine signifikante Änderung aufwies. Für die Heimkehle und den Brunnen im Haseltal wurde diese echte Grundwasserart bisher in der Literatur nicht erwähnt.

Oligochaeta

Lumbriculidae gen. spec.

Fundstelle: B

TW 8,8 °C pH 7,0

Stygobionte Begleitfauna: *Microniphargus leruthi*

Arthropoda

Crustacea

Ostracoda

Candona husmanni Schäfer

Fundstelle: H

TW 5,6...11,5 °C pH 6,9...7,2

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Graeteriella unisetiger*, *Diacyclops languidoides*-Gruppe, *Chappuisius singeri*, *Bathynella stammeri*, *Niphargus schellenbergi*, *Microniphargus leruthi*, *Crangonyx subterraneus*.

Es handelt sich hierbei um eine stygobionte Art. Bisher liegen Nachweise vor aus dem Grundwasser des Rheintals (Haine, 1946). aus dem Weser-Leine-Oker-Gebiet von Nortonröhren, Ufergrabungen und einer Quelle durch Husmann (1956), der diesen Ostracoden als häufigste Art dieses Gebietes bezeichnete (Abb. 2).

Eigene Beobachtungen beziehen sich auf Ufergrabungen, Pegelrohre (Wieda, Goldene Aue) und eine Höhle (Heimkehle). Auch für den Südharz, wo diese Art bisher

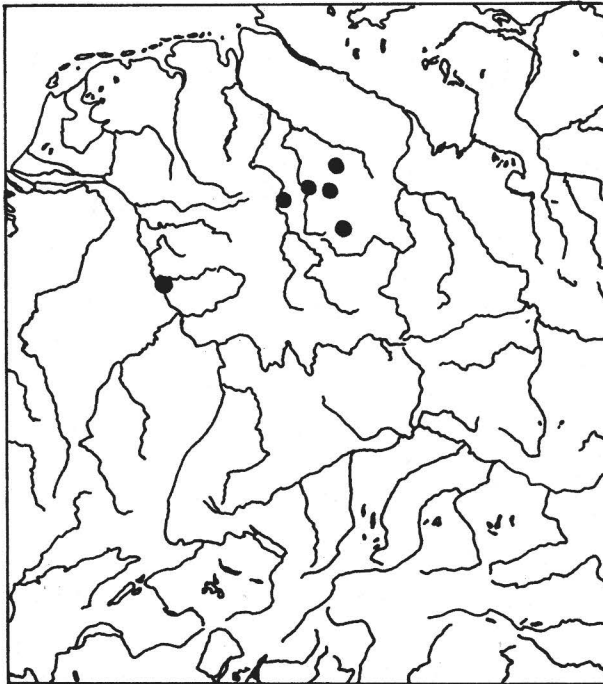


Abb. 2. *Candona husmanni* Schäfer, bisher bekannte Verbreitung

nicht bekannt war, kann sie als häufigster Ostracode genannt werden. Der Fund in einer Höhle läßt sich mit Sicherheit auf den Einfluß der umfangreichen holozänen Kies- und Schotterssysteme in der Umgebung der Höhle zurückführen. Die Art wurde mit Niederschlägen durch das Grundwasser in die Höhle gedrückt.

Der ökologische Schwerpunkt dürfte das langsam fließende, uferferne Grundwasser der Sande und Kiese sein, was auch durch die Begleitfauna deutlich wird. Nach Schäfer (cit. bei Husmann, 1956) „identisch mit der Art, die von Haine 1946 als vermeintliche *Candona belgica* Klie aus dem Grundwasser des Rheintals bei Bonn gemeldet wurde“. Eine weitere Beschreibung der Art wurde bisher nicht bekannt.

Copepoda

Eucyclops serrulatus Fischer forma *speratus* Lilljeborg

Fundstelle: B

TW 7,5 ··· 12,5 °C pH 6,9 ··· 7,3

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Microniphargus leruthi*, *Niphargus schellenbergi*

Nach Wagler (1927) ist *Eucyclops serrulatus* ein Kosmopolit aller Höhenlagen und Gewässertypen, der häufig in Höhlen und Brunnen Europas und Nordamerikas angetroffen wird. Die unterirdischen Vorkommen umfassen nach Husmann (1956) fast nur Bereiche, die von der Oberfläche aus zugänglich sind. Die eigenen Funde in der Barbarossahöhle widersprechen jedoch dieser Ansicht. Noll und Stammer (1953) betrachten die Art trotz häufiger Funde in unterirdischen Gewässern als stygoxen und Zufallsgast im Grundwasser. Die große Anpassungsfähigkeit der Art bestätigt auch Priesel-Dichtl (1959).

Eigene Fundstellen außer der Barbarossahöhle, in der Mühlmann (1942) die Art schon nachwies, sind eine Ufergrabung im gleichen Gebiet sowie Quellen im Südharzvorland.

Nach Einsle (briefliche Mitteilung) handelt es sich bei allen Tieren des Untersuchungsgebietes um solche mit den typischen Merkmalen der forma *speratus*, deren Stellung als eigene Art jedoch angezweifelt wird.

Im Untersuchungsgebiet waren die Individuenzahlen dieser Art am größten.

Infolge der Uneinheitlichkeit in der Systematik von *Eucyclops speratus* und *Eucyclops serrulatus* sind genaue Angaben über die Verbreitung nicht möglich.

Eucyclops spec.

Fundstelle: B

TW 8,5 ··· 9,3 °C pH 6,9 ··· 7,3

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Microniphargus leruthi*, *Niphargus schellenbergi*

Paracyclops timbratus Fischer

Fundstelle: B

TW 8,3 ··· 11,1 °C pH 7,1 ··· 7,3

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Candona husmanni*, *Bathynella stammeri*, *Niphargus schellenbergi*, *Microniphargus leruthi*

Diese Art ist nach Wagler (1927) kosmopolitisch und in allen Gewässertypen einschließlich unterirdischer anzutreffen. Bekannt ist sie aus zahlreichen subterranean Fundorten:

Rheintal bei Bonn (Haine, 1946), Untermaingebiet (Noll und Stammer, 1953), München (Frey, 1869), Salzburger Becken (Priesel-Dichtl, 1959), Leipziger Becken, Vogtland, Erzgebirge, Thüringen (Wegelin, 1966), Weser, Leine, Oker (Husmann,

1956), Höhlen des Harzes (Mühlmann, 1942), des Siebengebirges, der Sächsischen Schweiz (Lengersdorf, 1929, 1931), der Schwäbischen Alb (Dobat, 1968), der Schweiz (Chappuis, 1920), Nordspaniens und Jugoslawiens (Kiefer, 1937), Belgiens (Leruth, 1939), Ungarns (Chappuis, 1944) und Frankreichs (Angellier, 1953), Saaleinzugsgebiet (Thüringen) (Ronneberger, 1970). Ergänzt nach Wegelin (1966).

Eigene Funde liegen aus einem Pegelrohr und einer Ufergrabung im Gebiet der Wieda, der Barbarossahöhle und einem Brunnen im Thyrtal vor. Das sind Fundstellen, deren Chemismus außerordentlich stark verschieden ist.

Paracyclops spec.

Fundstelle: **B**

pH 7,2 ··· 7,5 TW 8,9 ··· 9,1 °C

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Niphargus schellenbergi*, *Niphargus Iontanus*, *Microniphargus leruthi*

Diacyclops bicuspidatus Claus

Fundstelle: **H**

TW 2,6 ··· 8,2 °C pH 7,0 ··· 7,2

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Candona husmanni*, *Niphargus schellenbergi*, *Crangonyx subterraneus*, *Microniphargus leruthi*

Wagler (1927) nennt als Besiedlungsgebiete Europa, Kleinasien, Neuseeland und die verschiedensten Gewässertypen. Die Art wurde mehrfach subterran (in Höhlen, Brunnen, ufernahem Grundwasser) nachgewiesen.

Die Schwerpunkte dieser Verbreitung liegen in Mittel- und Südeuropa:

Jura (Graeter, 1911), bei Basel (Chappuis, 1920), Ungarn (Dudich, 1932), Jugoslawien, bei Salerno (Kiefer, 1937, 1938), bei Bonn (Haine, 1946), Pyrenäen und Alpen (Angellier, 1953), Weser-Leine-Oker-Gebiet (Husmann, 1956), Salzburger Becken (Priesel-Dichtl, 1959), Leipziger Tieflandsbucht und Vogtland (Wegelin, 1966), Saaleinzugsgebiet (Ronneberger, 1970).

Nach Haine ist diese Art resistent gegen Austrocknung, was für die Ausbreitung, auch in unterirdischen Räumen, begünstigend wirkt. Eigene Funde liegen aus der Heimkehle vor.

Diacyclops bisetosus Rehberg

Fundstelle: **H**

TW 6,0 ··· 12,2 °C pH 6,9 ··· 7,2

Stygobionte Begleitfauna: *Chappuisius singeri*, *Niphargus schellenbergi*

Alle Gewässertypen Europas, Asiens und Neuseelands gibt Wagler (1927) als Biotope an. Die eurytherme und euryhaline Art ist wohl stets aus oberirdischen Gewässern in das Grundwasser gelangt.

Mehrfach liegen Funde aus unterirdischen Gewässern vor:

Brunnen von Basel, Beatenhöhle im Berner Oberland (Chappuis, 1920), Heimkehle (Lengersdorf, 1932, Mühlmann, 1942), Brunnen von Zwickau (Büttner, 1926), Brunnen in Jugoslawien (Kiefer, 1937, Petkovski, 1954), Brunnen bei Bonn (Haine, 1946), Untermaintal (Noll und Stammer, 1953), Nortonröhre im Wesergebiet, Ufergrabungen und Brunnen an Leine und Oker (Husmann, 1956), Grundwasser bei Salzburg (Priesel-Dichtl, 1959), Brunnen und Quellen im Burgenland (Löffler, 1960), Brunnen, Ufergrabungen und Quellen in der Leipziger Tieflandsbucht und Zwickauer Mulde (Wegelin, 1966), Höhlen der Schwäbischen Alb (Dobat, 1968), Interstitial des Arlberggebietes (Tilzer, 1968), Saaleinzugsgebiet (Thüringen) (Ronneberger, 1970).

Bemerkenswert ist, daß diese Art während des Untersuchungszeitraumes nicht für die Heimkehle bestätigt werden konnte, jedoch in einer Ufergrabung unweit der Höhle. Diese Tatsache bestätigt die enge Verbindung der Höhlengewässer mit dem Grundwasser der Umgebung.

Diacyclops languidoides Lilljeborg-Gruppe

Fundstellen: H, Q

TW 7,4...9,1 °C pH 7,0...7,1

Stygobionte Begleitfauna: *Fonticola vitta*, *Troglochaetus beranecki*, *Candona husmanni*, *Niphargus fontanus*, *Niphargus schellenbergi*, *Microniphargus leruthi*, *Crangonyx subterraneus*

Eine in Europa im Grundwasser und temporären Kleingewässern weit verbreitete Art. Kiefer (1957) bezeichnet sie als häufigsten Grundwassercyclopiden Deutschlands. Ökologische Schwerpunkte subterranean Funde sind das uferferne interstitielle Grundwasser sowie die Kies- und Sandaufschüttungen der Uferbereiche mit charakteristischen stygobionten Arten als Biozönose.

In der Systematik dieser Gruppe herrscht noch immer Unklarheit, so daß hier auf Unterarten nicht eingegangen werden soll. Bei einer Bearbeitung dieser Gruppe werden sich ohne Zweifel echte stygobionte Formen aufstellen und gegenüber stygophilen und stygoxenen Elementen abgrenzen lassen.

Subterrane Fundorte verschiedener Autoren:

Baradla (Dudich, 1932), Höhle bei Curnau/Sa. (Büttner, 1926), Grundwasser von Gründlingen/Rhein (Kiefer, 1935), Brunnen bei Bonn (Haine, 1946), Brunnen im Maintal (Noll und Stammer, 1953), Nortonröhren, Ufergrabungen, Brunnen des Weser-Leine-Innerste-Oker-Systems (Husmann, 1956), Brunnen und Ufergrabungen am Hochrhein und Bodensee (Kiefer, 1957), Brunnen im Salzburger Becken (Priesel-Dichtl, 1959), Pegelrohre, Quellen und Brunnen der Leipziger Tieflandsbucht (Wegelin, 1956), Interstitial des Arlberggebietes (Tilzer, 1968) sowie Jugoslawien (Petkovski, 1954), CSSR (Kulhavy, 1961), Pyrenäen (Angellier, 1953), Saaleinzugsgebiet (Thüringen), Ronneberger (1970).

Diacyclops languidus Sars

Fundstellen: H, Q, B

TW 5,6...10,5 °C pH 6,6...7,2

Stygobionte Begleitfauna: *Fonticola vitta*, *Troglochaetus beranecki*, *Candona husmanni*, *Graeteriella unisetiger*, *Chappuisius singeri*, *Niphargus fontanus*, *Niphargus schellenbergi*, *Microniphargus leruthi*, *Crangonyx subterraneus*

In Kleingewässern (Wagler, 1927) und Grundwasser (Illies, 1967) Europas und Asiens weit verbreitet. Der Verbreitungsschwerpunkt in Subterraneanbiotopen liegt in solchen Bereichen, die unter dem Einfluß oberirdischer Gewässer stehen. Andererseits liegt eine Reihe von Nachweisen aus Lebensräumen mit echter stygobionter Begleitfauna vor, was auch durch einige der eigenen Untersuchungsstellen bestätigt wird.

Die bisherigen Subterraneanfunde erstrecken sich von West- bis Südosteuropa:

Brunnen und Höhlen in der Umgebung von Zwickau (Büttner, 1926, 1933), Brunnen und Quellen Belgiens (Leruth, 1939), Höhlen im Harz (Mühlmann, 1942), Brunnen bei Bonn (Haine, 1946), Grundwasser der Pyrenäen (Angellier, 1953), Brunnen und Höhlen in Jugoslawien (Petkovski, 1954), Brunnen, Ufergrabungen und Nortonröhren im Weser-Leine-Oker-Gebiet (Husmann, 1956), Brunnen im Salzburger Becken (Priesel-Dichtl, 1959), Brunnen, Ufergrabungen, Pegelrohre und Quellen der Leipziger Tieflandsbucht, des Vogtlandes und der Zwickauer Mulde (Wegelin, 1966), Saaleinzugsbereich (Thüringen), Ronneberger (1970).

Im eigenen Untersuchungsgebiet ist diese stygophile Art mit am weitesten verbreitet. Einige Autoren trennen Unterarten ab, deren systematische Stellung jedoch unsicher ist.

Bryocamptus echinatus Mrazek

Fundstelle: B

$^{\text{T}}\text{W } 8,1 \cdots 12,9 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ $\text{pH } 6,8 \cdots 7,5$

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Candona husmanni*, *Niphargus schellenbergi*, *Microniphargus leruthi*, *Niphargus fontanus*

Lang (1948) bezeichnet diesen Harpacticoiden als stenothermen europäischen Kaltwasserkosmopoliten. Die Temperaturabhängigkeit mag sehr günstig für das Eindringen und den Aufenthalt in Subterranbiotopen sein. So liegen auch Nachweise verschiedener Autoren aus unterirdischen Gewässern vor:

Brunnen und Höhlen der Schweiz und Rumäniens (Chappuis, 1920, 1933), Brunnen und Grundwasser von Leine, Innerste und Oker (Husmann, 1956), Grundwasser des Hochrheins (Kiefer, 1959), Grundwasser der Slowakei (Sterba, 1964, 1965), eine Rheokrene des Erzgebirges (Wegelin, 1966), Moose der Alpen in 2800 m Höhe (Gourbault et Lescher-Moutoue, 1967), Grundwasser des Arlberggebiets (Tilzer, 1968), Grundwasser des Saaleinzugsgebiets (Thüringen), Ronneberger (1970).

Malacostraca

Amphipoda

Niphargus fontanus Bate

Fundstelle: Q

$^{\text{T}}\text{W } 6,8 \cdots 9,4 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ $\text{pH } 6,6 \cdots 7,0$

Stygobionte Begleitfauna: *Fonticola vitta*, *Candona husmanni*, *Diacyclops languidoides*, *Crangonyx subterraneus*

Die hinsichtlich verschiedener Subterranbiotope euryöke Art besiedelt nach Husmann (1956) primär das interstitielle Grundwasser uferferner Kiese und Sande und kann sekundär in weitere Räume vordringen, soweit sie der Körpergröße entsprechen. Die Verbreitung in Europa entspricht etwa der von *Niphargus aquilex* Schellenberg. *Niphargus fontanus* Bate fehlt jedoch am Mittelrhein, an der Ruhr und auf Helgoland. Eine östliche Fundstelle wurde an der Weichsel bei Warschau bekannt.

Niphargus schellenbergi Karaman

Fundstellen: H, B

$^{\text{T}}\text{W } 6,0 \cdots 9,2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ $\text{pH } 6,7 \cdots 7,2$

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Candona husmanni*, *Diacyclops languidoides*, *Graeteriella unisetiger*, *Chappuisius singeri*, *Bathynella stammeri*, *Niphargus aquilex*, *Microniphargus leruthi*, *Crangonyx subterraneus*

Aufgrund ihrer Größe zeigt diese Art eine stärkere Bindung an größere Kavernensysteme und kann über Spalten in Quellen gelangen; die Tiere werden mitunter noch in einiger Entfernung davon in den Oberläufen der Bäche unter Laub angetroffen. Die eurytherme Art stellt an den Sauerstoffgehalt des Gewässers geringe Ansprüche und konnte in Bechergläsern bei Temperaturen zwischen 4 und 14 °C bis zu drei Jahren gehalten werden (Spangenberg, 1971).

Im Grundwasser des Südharzes lebt *Niphargus schellenbergi* vergesellschaftet mit *Microniphargus leruthi* und *Crangonyx subterraneus* und ist in den Pegelrohren mit einer charakteristischen *Bathynella*-Biozönose anzutreffen. An diesen Stellen bestehen somit Kontakte zwischen eng- und weiträumigen Lückensystemen.

Die Verbreitung erstreckt sich besonders auf fließendes Grundwasser im Gebirgs- und Hügelland westlich der Elbe. Der Main bildet die südliche Grenze. In gebirgigen Regionen Belgiens und Nordfrankreichs setzt sich die genannte Verbreitung fort. Diese großen Tiere können der Strömung mehr Widerstand bieten als *Niphargus aquilex*.

Obgleich zahlreiche Funde aus Höhlen, Bergwerken und Quellen des Harzes bekannt sind, wurden die eigenen Fundstellen bis auf die Salzaquelle bei Nordhausen (Wegelin, 1966) bisher in der Literatur nicht angeführt.

Microniphargus leruthi Schellenberg

Fundstellen: H, B

TW 6,0 ··· 9,2 °C **pH** 6,7 ··· 7,2

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Chappuisius singeri*, *Niphargus schellenbergi*, *Crangonyx subterraneus*

Diese auf das westliche und zentrale Flachland Europas beschränkte Art (Illies, 1967) wurde bisher nur selten nachgewiesen. Leruth entdeckte sie in einer Wasserlache der Grande Caverne d'Eugihaul bei Lüttich und später in einem Brunnen östlich von Lüttich (Schellenberg, 1942). Haine (1946) konnte die Art in einem Brunnen und einer Nortonröhre des Siegtales erbeuten. Husmann (1956) fand *Microniphargus leruthi* in Nortonröhren des Weser-Leine-Gebietes und in einem Brunnen im Okertal im Nordwestharz.

Nach diesen Vorkommen bezeichnet Husmann diesen Amphipoden als biotopgebunden an das feinkörnige Gerölle im uferfernen interstitiellen Grundwasser. Die geringe Körpergröße stellt wie bei einem Teil der dafür typischen stygobionten Begleitfauna eine gute Anpassung an das Sandlückensystem dar.

Den bisher östlichsten Fundort stellt die Barbarossahöhle dar, in der *Microniphargus leruthi* durch Schulze und Uhlmann (1960) erstmalig für Thüringen nachgewiesen wurde. Die eigenen Funde erweitern das Vorkommen für Thüringen und den Südharz: ein Pegelrohr im Gebiet der Wieda, ein Brunnen bei Ufrungen und die Heimkehle (Abb. 3).

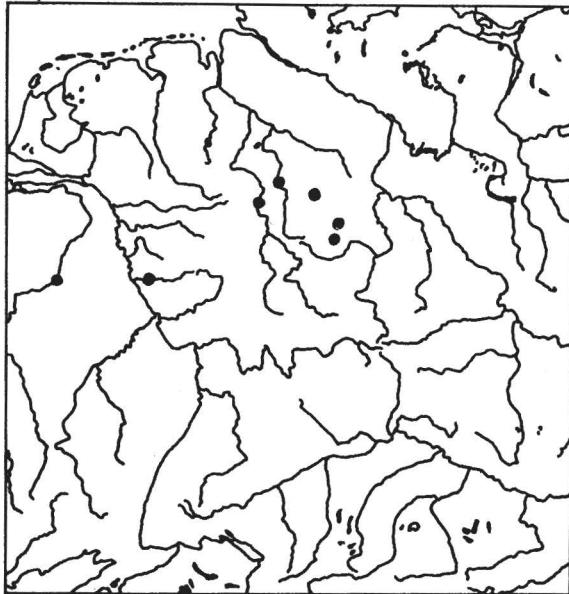


Abb. 3. *Microniphargus leruthi* Schellenberg, bisher bekannte Verbreitung

Crangonyx subterraneus Bate

Fundstellen: H, Q

TW 6,0...9,2 °C pH 6,7...7,2

Stygobionte Begleitfauna: *Fonticola vitta*, *Troglochaetus beranecki*, *Candona husmanni*, *Diacyclops languidoides*-Gruppe, *Chappuisius singeri*, *Niphargus fontanus*, *Niphargus schellenbergi*, *Microniphargus leruthi*

Nach Schellenberg (1942) ist die Art im Grundwasser Mitteleuropas weit verbreitet. Sie meidet die Alpen und die Ebene. Mehrfache Funde aus Höhlen des Harzes sind bekannt. Schellenberg gibt zahlreiche Fundstellen an, welche durch die späteren Nachweise innerhalb des Verbreitungsgebietes ergänzt werden.

Mollusca

Mollusca wurden an den verschiedensten Fundstellen des Untersuchungsgebietes mit erbeutet. Dabei handelt es sich durchweg um Arten des Oberflächenwassers oder Erdbodens. Von dort aus gelangten die Tiere zufällig durch Spalten in die Höhlen oder anderen Fundstellen. Darauf deutet auch der hohe Anteil juveniler Stücke im Fundmaterial hin.

Es wurden mehr terrestrische Arten als limnische erbeutet.

Gastropoda*Carchium minimum* Müller

Fundstelle: B

TW 7,9...8,2 °C pH 6,0...7,0

Stygobionte Begleitfauna: *Fonticola vitta*, *Diacyclops languidoides*-Gruppe, *Niphargus fontanus*, *Crangonyx subterraneus*

Eine europäisch-sibirisch verbreitete Art, die feuchte Stellen in Wäldern und Wiesen, unter totem Laub und morschem Holz besiedelt (Zillich und Jaekel, 1962). Mühlmann (1942) wies die Art bereits für die Questenhöhle nach.

Planorbis planorbis L.

Fundstelle: H

TW 8,1 °C pH 7,0

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Candona husmanni*, *Diacyclops languidoides*-Gruppe, *Niphargus schellenbergi*, *Microniphargus leruthi*, *Crangonyx subterraneus*

Eine der häufigsten Wasserschnecken, die in stehenden Gewässern jeder Art anzutreffen ist. Die Verbreitung ist holarktisch. Mühlmann (1942) gibt sie bereits für die Heimkehle an.

Vallonia (pulchella) excentrica Sterki

Fundstelle: B

TW 8,1...8,6 °C pH 7,0...7,2

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Niphargus schellenbergi*, *Microniphargus leruthi*

Diese Art ist ähnlich wie die vorige verbreitet und wird von einigen Autoren als deren Unterart aufgefaßt.

Discus rotundatus Müller

Fundstelle: Q

TW 7,9...8,2 °C pH 6,7...7,0

Stygobionte Begleitfauna: *Fonticola vitta*, *Diacyclops languidoides*-Gruppe, *Niphargus fontanus*, *Niphargus aquilex*, *Crangonyx subterraneus*

Diese sehr häufige Schnecke lebt unter Holz, Laub und Steinen in Wäldern. Sie ist west- und mitteleuropäisch verbreitet und wurde bereits von Mühlmann (1942) in der Questenhöhle nachgewiesen.

Oxychilus cellarius Müller

Fundstelle: Q

TW 7,0...8,2 °C pH 7,0

Stygobionte Begleitfauna: *Fonticola vitta*, *Diacyclops languidoides*-Gruppe, *Niphargus fontanus*, *Crangonyx subterraneus*

Diese Schnecke lebt unter totem Laub in Wäldern, Gebüsch, Quellgebieten, Wiesen, Trockenrasen (Jaeckel und Zilch, 1962) und ist auch in Höhlen gelegentlich anzutreffen, was für den Harz durch die Funde Mühlmanns (1942) bestätigt wurde. Die Verbreitung ist europäisch bis subatlantisch.

Cecilioides acicula Müller

Fundstelle: Q

TW 7,7 °C pH 7,0

Stygobionte Begleitfauna: *Fonticola vitta*, *Diacyclops languidoides*-Gruppe, *Niphargus fontanus*, *Crangonyx subterraneus*

Diese mediterran-mitteleuropäisch verbreitete Schnecke lebt unterirdisch in lockerem Erdreich bis zu 1 m Tiefe. Durch Spalten gelangt sie leicht in Höhlen. Diese Art ist augen- und pigmentlos. Aus der Questenhöhle ist die Art schon durch Mühlmann (1942) bekannt.

Clausilia parvula Ferussac

Fundstelle: Q

TW 8,0 °C pH 7,0

Stygobionte Begleitfauna: *Fonticola vitta*, *Diacyclops languidoides*-Gruppe, *Niphargus fontanus*, *Crangonyx subterraneus*

Eine wärmeliebende Form, die vorwiegend an Kalkfelsen zu finden ist. Sie ist mitteleuropäisch verbreitet. Durch Spalten dürfte diese im Gebiet häufige Art in die Höhle eingedrungen sein. Der Fundort wurde schon durch Mühlmann (1942) bekannt.

Clausilia spec.

Fundstelle: Q

TW 7,0...8,2 °C pH 7,0

Stygobionte Begleitfauna: wie vorhergehende Art

Vermutlich handelt es sich bei diesen Funden ebenfalls um *Clausilia parvula* Ferussac.

Bivalvia

Pisidium nitidum Jenyns

Fundstelle: B

TW 7,9...9,5 °C pH 6,7...7,0

Stygobionte Begleitfauna: *Troglochaetus beranecki*, *Niphargus schellenbergi*, *Micro-niphargus leruthi*

Diese holarktisch verbreitete euryöke Art lebt vorwiegend am Boden von Flüssen und Seen, ist jedoch auch in Quellen zu finden.¹

¹ Für die Determination der nicht von mir bearbeiteten systematischen Einheiten möchte ich folgenden Herren herzlich danken:

Herrn T. Petkovski, Skopje (Ostracoda)

Herrn Dr. U. Einsle, Konstanz (Copepoda)

Herrn Dr. H. Schütt, Düsseldorf (Mollusca)

7. Beziehungen zwischen der Fauna der Höhlengewässer und der Grundwasserfauna

Über die Stellung der Fauna der Höhlengewässer besteht bisher noch keine einheitliche Auffassung. Einige Autoren (Hadzi, 1958, Vandell, 1965) betrachten sie als eigenständig, andere (Husmann, 1966 a, 1970) sehen sie als Teil (Troglostygon) des gesamten Ökoregnums Grundwasser („Stygon“ bzw. „Stygocoen“) an. Die Sonderstellung der Fauna der Höhlengewässer ist im wesentlichen historisch bedingt. Die Tiere der Höhlen wurden zuerst entdeckt und beschrieben. Aber die als charakteristisch genannten Kriterien, die Blindheit, Pigmentlosigkeit sind ebenfalls typische Merkmale der Grundwasserorganismen. Die relative Temperaturkonstanz trifft für beide Biotope zu. Erst später wurde die wesentlich artenreichere Fauna des Grundwassers bekannt.

Eigene Untersuchungen konnten die engen Beziehungen der verschiedensten Bereiche des Grundwassers wie Höhlengewässer, Schottergrundwasser der Mittelgebirgsbäche, ufernahes und uferfernes Grundwasser der Flüsse des sandigen und kiesigen Bereichs bestätigen.

Aufgrund ihrer Lebensweise und allgemeinen Verbreitung (vgl. Abschn. 6) sind einige Arten als typisch für die Mikro-Kavernensysteme verschiedener subterranean aquatiler Bereiche anzusehen. Dafür spricht auch die thigmotaktische Orientierung. Die oft sehr ausgedehnten Höhlengewässer sind nach Husmann (1966 b) als „extremer Abschluß einer sich in allmählich größer werdender Raumausdehnung äußernden Stufenfolge von Subterraniotopen anzusehen“. Für eine Eingliederung der Höhlengewässer in das Gesamtsystem Grundwasser sprechen auch Untersuchungen am Grottenolm, *Proteus anguineus*, als dessen charakteristischer Lebensraum Felsspaltengewässer anzusehen sind. Für die Wahl des Ökotopts wirkt für alle Subterraneanorganismen der Körperquerschnitt begrenzend.

Neben dem Grottenolm als geradezu „klassischem“ Höhlentier wurden auch für andere Organismen, die offenbar auf Höhlengewässer beschränkt schienen, andere Fundorte bekannt. Einige blinde Fische (z. B. *Eilichthys microphthalmus* Pellegrin 1929, *Trogloglanis pattersoni* Eigenmann 1919, *Phreatobius cisternarum* Goeldi 1904, *Typhlichthys subterraneus* Girard 1859) und Decapoda Natantia (z. B. *Troglocaris anophthalmus* Kollar 1848, *Stygiocaris lancifera* Holthuis 1960, *Macrobrachium faustinum* De Saussure 1857) konnten in Süd- und Südosteuropa, Westindien, Japan, Westaustralien, Süd- und Mittelamerika aus Brunnen erbeutet werden. Sie sind auf Grund ihrer Morphologie als lebensformtypisch für Kavernensysteme subterranean aquatiler Biotope zu bezeichnen. Mit der Entstehung von Höhlengewässern erfolgte dann deren Besiedlung vom limnischen wie auch vom marinen Subterraneanbereich. Zwischen den verschiedensten Bereichen des Grundwassers ergeben sich fließende Übergänge, die bis zum Küstengrundwasser auf der einen und bis in terrestrische Bereiche auf der anderen Seite führen.

8. Zusammenfassung

Die physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen an den Gewässern der drei untersuchten Grofhöhlen lassen die Beziehungen zum Grundwasser der jeweiligen Umgebung deutlich werden. Vom Grundwasser her gelangten die stygobionten Arten in die Höhlengewässer. Von einer eigentlichen Höhlenfauna kann man nicht sprechen. Die verschiedensten Grundwasserökotope sind der eigentliche Lebensraum der in den Höhlengewässern nachgewiesenen Arten. Entsprechend den einseitigeren Milieubedingungen sind die Artenzahlen in den Höhlengewässern geringer, die Individuenzahlen teilweise höher als im Grundwasser.

Tabelle 3. Übersicht über die in den drei Großhöhlen nachgewiesenen Arten

	Heimkehle		Questenhöhle		Barbarossa- höhle		Ökologie
	Funde verschied. Autoren	eigene Funde	Funde verschied. Autoren	eigene Funde	Funde verschied. Autoren	eigene Funde	
<i>Fonticola vitta</i> Duges				+			stygobiont
<i>Crenobia alpina</i> Dana				+			stygophil
<i>Troglochaetus beranecki</i> Delach.		+			+	+	stygobiont
<i>Candona husmanni</i> Schäfer		+					stygobiont
<i>Diacyclops languidus</i> Sars	+	+	+	+	+	+	stygophil
<i>Diacyclops languoides</i> -Gruppe		+		+			(stygobiont)
<i>Diacyclops bisetosus</i> Rehberg	+						stygophil
<i>Diacyclops biscupidatus</i> Claus		+					stygophil
<i>Eucyclops serrulatus</i> Fischer					+	+	stygophil
<i>Paracyclops imbricatus</i> Fischer						+	stygophil
<i>Bryocamptus echinatus</i> Mrazek						+	krenobiont
<i>Crangonyx subterraneus</i> Bate	+	+	+	+			stygobiont
<i>Microniphargus leruthi</i> Schell.		+			+	+	stygobiont
<i>Niphargus fontanus</i> Bate			+	+			stygobiont
<i>Niphargus schellenbergi</i> Kar.		+				+	stygobiont
<i>Carychium minimum</i> Müller			+	+			stygoxen
<i>Cecilioides acicaula</i> Müller			+	+			stygoxen
<i>Clausilia parvula</i> Férussac			+	+			stygoxen
— spec.				+			
<i>Discus rotundatus</i> Müller			+	+			stygoxen
<i>Oxychilus cellarius</i> Müller			+	+			stygophil
<i>Planorbis planorbis</i> L.	+	+					stygoxen
<i>Vallonia (pulchella) excentrica</i> St.			+			+	stygoxen
<i>Pisidium nididum</i> Jenyns						+	stygoxen
Lumbriculidae gen. spec.						+	

24 Arten konnten für die untersuchten Höhlengewässer nachgewiesen werden, darunter neun Arten erstmalig und drei erstmalig für eine der Höhlen. Von diesen 24 Arten sind acht typische Grundwassertiere (stygobiont). Sieben sind stygophil und neun stygoxen. In Tab. 3 sind diese Ergebnisse noch einmal zusammengefaßt.

Schrifttum

- Angellier, E.: Recherches écologiques et biogéographiques sur la faune des sables submergés. Arch. Zool. Exper. et Gen. **90** (1953) 37–162.
- Biese, W.: Über Höhlenbildung. I. Teil: Entstehung der Gipshöhlen am südlichen Harzrand und am Kyffhäuser. Abh. Preuß. Geolog. Landesanst. N. F. **137** (1931).
- Büttner, K.: Die Stollen, Bergwerke und Höhlen in der Umgebung von Zwickau und ihre Tierwelt. Jahresber. Ver. Naturkd., Zwickau 1926.
- Büttner, K.: Ergänzung zu: Die Stollen, Bergwerke und Höhlen in der Umgebung von Zwickau und ihre Tierwelt. Jahresber. Ver. Naturkd. Zwickau 1933, 1–8.
- Chappuis, P. A.: Die Fauna der unterirdischen Gewässer von Basel. Dissertation, Stuttgart (1920).
- Chappuis, P. A.: Copépodes (Première serie) avec l'énumération de tous les Copépodes Cavernicoles connus en 1931. Arch. Zool. Exper. Gen. **76** (1933) 1–57.
- Chappuis, P. A.: Die Grundwasserfauna des Köres und des Szamos. Matematikai és természettudományi Közlem. **40** (1944) 2, 1–43.
- Dobat, K.: Mitteilung über die aquatile Fauna einiger Höhlen der Schwäbischen Alb. Mitt. Verb. Dt. Höhlen- und Karstforsch. **14** (1968) 1, 31–33.
- Dudich, E.: Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle Baradla in Ungarn. Wien 1932, 1–246.
- Frey, F.: Die Grundwassertiere von München mit Rücksicht auf die verwandten ober- und unterirdischen Arten. Dissertation München (1869).
- Gourbault, H., et F. Lescher-Moutoué: Sur la faune hypogée peuplant de sous-écoles d'une rivière de moyenne altitude. C. R. Acad. Sci., Paris, Ser. D **265** (1967) 1813–1816.
- Graeter, E.: Die Copepoden der unterirdischen Gewässer. Arch. Hydrobiol. **6** (1911) 1–48, 111–152.
- Hadzi, J.: Fortschritte in der Erforschung der Höhlenfauna des Dinarischen Karstes. Dt. Zool. Ges. (1957). **21** (1958) 470–477.
- Haine, E.: Die Fauna des Grundwassers von Bonn mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceen. Dissertation. Melle in Hann. (1946) 1–144.
- Husmann, S.: Untersuchungen über die Grundwasserfauna zwischen Harz und Weser. Arch. Hydrobiol. **52** (1956) 1–184.
- Husmann, S.: Ökologische und verbreitungsgeschichtliche Studien über den Archianneliden *Troglochaetus beranecki* Delachaux. Mitteilung über Neufunde aus den Grundwasserströmen von Donau, Ybbs, Ötz, Isar, Lahn, Ruhr, Niederrhein und Unterweser. Zool. Anz. **168** (1962) 7/10, 312–325.
- Husmann, S.: Versuch einer ökologischen Gliederung des interstitiellen Grundwassers in Lebensbereiche eigener Prägung. Arch. Hydrobiol. **62** (1966 a) 2, 231–268.
- Husmann, S.: Die ökologische Stellung der Höhlen- und Spaltengewässer innerhalb der subterran aquatilen Lebensbereiche. Intern. J. Speleol. **2** (1966b) 409–436.
- Husmann, S.: Weitere Vorschläge für eine Klassifizierung subterranean Biotope und Bio-coenosen der Süßwasserfauna. Int. Rev. ges. Hydrobiol. **55** (1970) 1, 115–129.
- Illies, J.: Limnofauna Europaea. Jena: VEB G. Fischer Verl. 1967.
- Kiefer, F.: Ein neuer Cyclopoide (Crustacea Copepoda) aus dem Grundwasser der Ober-rheinischen Tiefebene. Zool. Anz. **116** (1935) 84–87.
- Kiefer, F.: Cyclopoidea (Crustacea, Copepoda) aus nordspanischen Höhlen. Zool. Anz. **119** (1937) 321–327.
- Kiefer, F.: Neue harpacticoiden Ruderfußkrebse (Crustacea, Copepoda) aus dem Grundwasser von Aschaffenburg/Main. Zool. Anz. **124** (1938) 89–94.

- Kiefer, F.: Die Grundwasserfauna des Oberrheingebietes mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceen. Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschland 16 (1957) 65–91.
- Kiefer, F.: Unterirdisch lebende Ruderfußkrebse vom Hochrhein und Bodensee. Beitr. naturkd. Forsch. SW-Deutschland 18 (1959) 42–52.
- Kulhavy, V.: Über das Vorkommen der west- und osteuropäischen Elemente in der Crustaceenfauna der böhmischen unterirdischen Gewässer. Vest. Českoslov. Zool. Spol. 25 (1961) 297–301.
- Lang, K.: Monographie der Harpacticoiden. Bd. I, II. Lund 1948.
- Lengersdorf, F.: Funde recenter Höhlentiere aus dem Harz. Mitt. Höhlen- u. Karstforsch. 1930.
- Lengersdorf, F.: Faunistische Höhlenfunde aus der Sächsischen Schweiz. Mitt. Höhlen- u. Karstforsch. 1931.
- Lengersdorf, F.: Die lebende Tierwelt der Harzer Höhlen. Mitt. Höhlen- u. Karstforsch. 1932.
- Leruth, R.: La Biologie du domaine souterrain et la fauna cavernicole de la Belgique. Mem. Mus. Roy. Hist. nat. Belg. (1939) 506.
- Löffler, H.: Die Entomoträgenfauna der Ziehbrunnen und einiger Quellen des nördlichen Burgenlandes. Wiss. Arb. a. d. Burgenland 24 (1960) 1–32.
- Mühlmann, H.: Die rezente Metazoenfauna der Harzer Höhlen und Bergwerke, Zoogeographica 4 (1942) 2, 187–251.
- Noll, W., und H.-J. Stammer: Die Grundwasserfauna des Untermaingebietes von Hanau bis Würzburg mit Einschluß des Spessarts. Mitt. naturw. Mus. Aschaffenburg 6 (1953) 77 pp.
- Petkowski, T.: Beitrag zur Kenntnis der jugoslawischen Cyclopiden. Acta Mus. Mac. Sci. nat. 2 (1954) 1–31.
- Prisel-Dichtl, G.: Die Grundwasserfauna des Salzburger Beckens und im anschließenden Alpenvorland. Arch. Hydrobiol. 55 (1959) 3, 281–370.
- Ronneberger, D.: Beitrag zur Kenntnis der Grundwasserfauna des Saale-Elbe-Einzugsgebietes (Thüringen). Inauguraldiss. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg (1970).
- Schellenberg, A.: Flohkrebse oder Amphipoden. In: Die Tierwelt Deutschlands. 40. Teil. Jena: G. Fischer Verl. 1942.
- Schulze, E., und D. Uhlmann: Beitrag zur Faunistik der Barbarossahöhle. Zool. Anz. 164 (1960) 3/4, 122–132.
- Spangenberg, H.-J.: Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Gewässern von Gipshöhlen und im Grundwasser des Südharzes und Kyffhäusers. Dissertation, Dresden (1971).
- Stankovic, S., et J. Komarek: Die Süßwassertricladien des Westbalkans und die zoogeographischen Probleme dieser Gegend. Zool. Jahrb. Syst. 53 (1927) 591–674.
- Sterba, O.: Korysi (Crustacea) z vod náplavü krubéko jesenika. Acta Univ. Palak. Olomouc. Fac. rer. nat. 13 (1964) 283–293.
- Sterba, O.: Plazivký (Copepoda, Harpacticoidea) Moravy a Slovenska II. Acta Univ. Palak. Olomouc. Fac. rer. nat. 19 (1965) 203–313.
- Tilzer, M.: Zur Ökologie und Besiedlung des hochalpinen hyporheischen Interstitials im Arlberggebiet (Österreich). Arch. Hydrobiol. 65 (1968) 3, 253–308.
- Vandel, A.: Biospeleology. Oxford, London, Edinburgh, New York, Paris, Frankfurt. Pergamon Press. 1965.
- Wagler, E.: Crustacea. In: Die Tierwelt Mitteleuropas. Leipzig: Verl. Quelle & Meyer 1927.
- Wegelin, R.: Beitrag zur Kenntnis der Grundwasserfauna des Saale-Elbe-Einzugsgebietes. Zool. Jahrb. Syst. 93 (1966) 1–117.
- Zilich und Jaekel: Mollusca (Ergänzung). In: Die Tierwelt Mitteleuropas. Leipzig 1962.