

Kleintiere in der Trinkwasserverteilung –

Vorkommen und Umsetzung des DVGW-Arbeitsblattes W 271;

Teil 2: Meio- und Mikroinvertebraten als Rohrnetzbewohner

Wirbellose Kleintiere sind in Trinkwasser-Verteilungssystemen allgegenwärtig und können bei einer übermäßigen Entwicklung zu ästhetischen und hygienischen Beeinträchtigungen der Wasserqualität führen. Neben den sichtbaren großen Rohrnetzbewohnern (Makroinvertebraten, > 2 mm) treten auch kleinere Arten auf, diese werden entsprechend ihrer Größe in Meio- und Mikroinvertebraten klassifiziert. Die in Trinkwassernetzen auftretenden Arten werden in ihrer Häufigkeit und Stetigkeit in Trinkwassernetzen dargestellt.

von: Dr. Ute Michels (AquaLytis), Dr. Günter Gunkel & Michael Scheideler (beide: INWERT)

Trinkwasserverteilungsnetze stellen biologisch betrachtet einen strukturarmen und extremen Lebensraum dar, der von zahlreichen angepassten Organismen besiedelt ist, die im Sinne einer Lebensgemeinschaft miteinander vernetzt sind. Diese setzt sich zusammen aus Mikroorganismen (Bakterien und Pilzen) und kleinen wirbellosen Tieren, den Invertebraten. Dazu gehören u. a. Amöben, Fadenwürmer, Ruderfuß- und Blattfußkrebse und als größere Vertreter Wasserasseln, Borstenwürmer, Schnecken und Mückenlarven. Die Versorgung mit Nährstoffen erfolgt i. a. über DOC und POC (gelöster bzw. partikulärer organischer Kohlenstoff), mitunter nutzen Bakterien auch reduzierte Verbindungen als Energiequelle (Nitrifikanten, Mangan- und Eisenoxidierer).

Die hohen Anforderungen an die Wasserqualität und das Risiko von Auffälligkeiten beim Verbraucher lenken die Aufmerksamkeit zunehmend auf die biologischen Umsetzungen im Trinkwassernetz. Dies wird u. a. ausgedrückt durch die Forderung nach biologisch stabilem Trinkwasser und einer ausreichenden biologischen Trinkwasserqualität [1–4] und hat zur Neufassung der Technischen Regel W 271 des DVGW geführt.

Bereits 2006 hat die WHO auf die Bedeutung der „biologischen Stabilität“ des Trinkwassers für die mikrobiologische Sicherheit hingewiesen: „Water entering the distribution system must be microbially safe and ideally should also be biologically stable“ [4, 5]. Eine umfassende Bewertung liegt von Prest et al. vor [3]. Die biologische Stabilität des Trinkwassers beschreibt die Prozesse und Stoffumsetzungen, die im Trinkwassernetz auftreten und sich auf die Wasserqualität auswirken, z. B. durch Trübungsbildung, biogene Ablagerungen, Entwicklung eines Biofilms und die z. T. massenhafte Entwicklung von Rohrnetzbewohnern. Das Ziel der biologischen Stabilität des Wassers ist eine nur geringe

Änderung der Wasserqualität während des Transportprozesses im Trinkwassernetz, auch unter dem Einfluss von Rest-DOC und -POC, steigenden Wassertemperaturen und dem sinkenden Wasserverbrauch. In den letzten Jahren sind weitere biologische Prozesse in der Trinkwasserverteilung in den Fokus der Wissenschaft getreten, (1) die lokal massenhaft auftretende Vermehrung von Kleintieren [6, 7], (2) Schutz, Vermehrung und Verfrachtung von Mikroorganismen im Darm der Rohrnetzbewohner (= Biom) [8], (3) Förderung von Mikroben durch Exkretion essenzieller Spurenstoffe durch Wasserasseln [9, 10] und (4) klimabedingte Effekte auf die Qualität des Trinkwassers [11, 12].

Schwerpunkt dieser Publikation ist die Beschreibung häufiger Taxa der Meio- und Mikrofauna mit ihren Lebensansprüchen, Häufigkeiten sowie Individuendichten in Trinkwasserverteilungssystemen. Die Bewertung des Vorkommens der Meio- und Mikrofauna wird in einem separaten Beitrag dargestellt [13].

Die hier vorgestellten Untersuchungen basieren auf insgesamt 1.821 Proben, die vergleichbar aus Trinkwasserverteilungssystemen der mitteleuropäischen Tiefebene gewonnen wurden. An verschiedenen Messstellen (Hydranten) der Trinkwasserverteilungssysteme wurden jeweils 1 m³ Wasser entnommen, um das Auftreten und die Verbreitung von Rohrnetzbewohnern zu erfassen. Die Kleintiere wurden schonend über Niederdruck-Hochdurchsatz-Edelstahlfilter mit 100 µm/55 µm/

INFORMATIONEN

Der erste Teil des Fachbeitrags ist in der Ausgabe 11/2018 dieser Fachzeitschrift erschienen. Teil 3, der sich mit der Bewertung des Vorkommens der Meio- und Mikroinvertebraten befasst, wird in der Februarausgabe 2024 publiziert werden.

25 µm Maschenweiten abgetrennt und mikroskopisch analysiert. Die 100-µm- und 55-µm-NDHD-Filter sind einstufig, der 100+25 µm NDHD-Filter ist mit einem geeichten Stromteiler 1:10 für die beiden Filtrationsprozesse ausgerüstet. Aufgrund der Zartheit vieler Organismen ohne feste Strukturen (z. B. Fadenwürmer, Nacktamöben) können nur drucklos arbeitende Filter mit planer Oberfläche Verwendung finden [14]. Die Bestimmung der Tiere erfolgte in der Regel bis auf das Niveau der Arten, nur die schwer und/oder ausschließlich lebend zu bestimmenden Tiergruppen wie z. B. Fadenwürmer, Wimperntierchen oder Strudelwürmer wurden als Summe erfasst.

Größenklassifizierung der Rohrnetz-bewohner

Die Trinkwasser-Rohrnetzbewohner werden üblicherweise als Invertebraten (= wirbellose Organismen) bezeichnet und umfassen verschiedene Organismengruppen; es sind drei Größenklassen zu unterscheiden, die Einteilung orientiert sich an den im W 271 genannten Maschenweiten der einzusetzenden Filter bzw. Netze (Tab. 1).

- Die Mikroben (Bakterien), u. a. humanpathogene Arten wie *Pseudomonas putida*, *Aeromonas hydrophila* und *E. coli*, sind < 1 µm groß und häufig mit dem Biofilm vergesellschaftet.
- Die Gruppe der Einzeller (Protozoa) ist mit Amöben (Nacktamöben und Schalenamöben) und Wimperntieren (Ciliaten) vertreten (Abb. 1). Sie werden bis 0,1 mm groß, größere Formen sind nicht trinkwasserrelevant. Die Amöben bewegen sich entweder kriechend fort oder können als freilebende Tiere mit dem Wasserstrom verfrachtet werden. Bei den Wimperntieren treten sowohl angeheftete als auch freischwebende Arten auf.
- Kleine Mehrzeller (Metazoa), bis 0,1 mm groß, bilden zusammen mit den Einzellern die Mikrofauna, neben den Amöben und Wimperntieren umfasst diese Gruppe auch die Rädertiere (Rotifera, Abb. 1).
- Größere Mehrzeller von > 0,1 mm bis < 2 mm werden als Meiofauna bezeich-

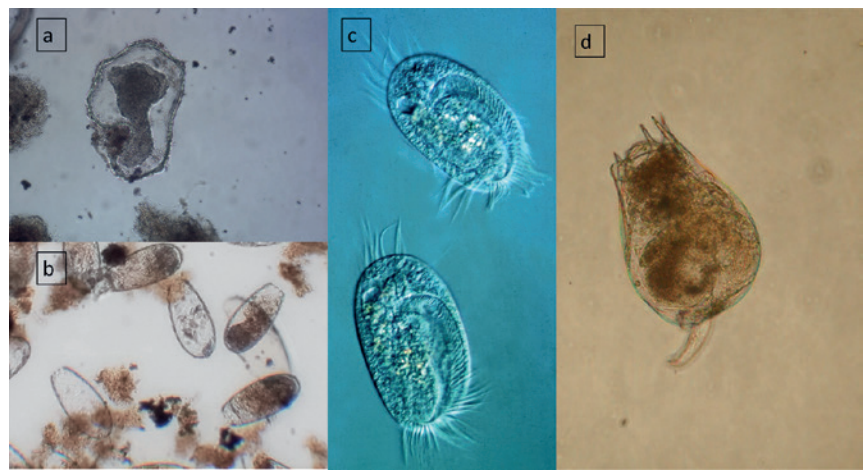


Abb. 1: Vertreter der Mikrofauna in Trinkwassernetzen, (a) Nacktamöbe (Amoebina, n. det.), (b) Schalenamöbe (Testaceae, n. det.), (c) Wimperntierchen (Ciliata, *Euplotes spec.*), (d) Rädertier (Rotatoria, *Brachionus spec.*), Größe ca. 100 µm.

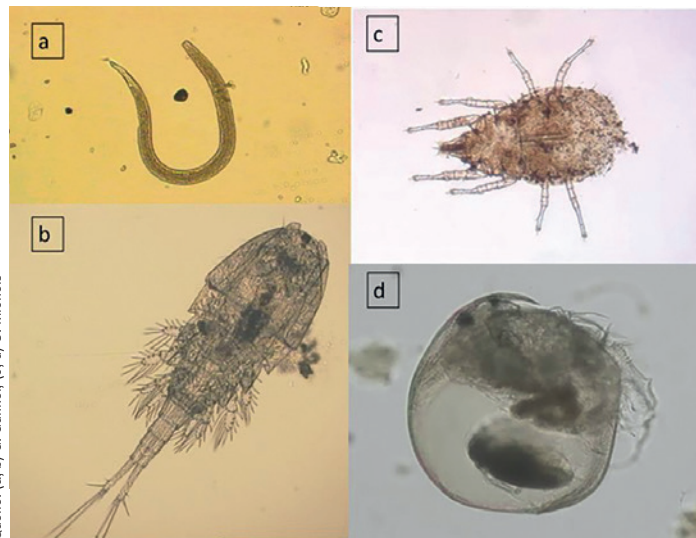


Abb. 2: Vertreter der Meiofauna in Trinkwassernetzen, (a) Fadenwurm (Nematode, n. det.; 2 mm), (b) Ruderfußkrebse (Copepoda, *Acanthocyclops robustus*; 1,5 mm), (c) Wassermilbe (Hydracarina, n. det.; 0,3 mm), (d) Blattfußkrebse (Cladocera, *Chydorus sphaericus*; 0,5 mm).

Quelle: (a, b) G. Gümkel, (c, d) U. Michels

net, sie setzen sich vor allem aus den Gruppen der Ruderfußkrebse (Copepoden), Blattfußkrebse (Phyllopoden), Wassermilben (Hydracarina) und Fadenwürmer (Nematoden) zusammen (Abb. 2).

- Große Mehrzeller, die Makroinvertebraten, sind Kleintiere von > 2 mm bis i. a. 10–15 mm Größe; es handelt sich hierbei um weit verbreitete Rohrnetz-bewohner, u. a. Wasserasseln (z. B. *Asellus aquaticus*, *Proasellus cavaticus*), Flohkrebse (z. B. *Niphargus aquilex*), Borstenwürmer (Oligochaeta; z. B. die Teichschlange, *Stylaria lacustris*) und Wasserschnecken (z. B. Posthörnchen, *Gyraulus crista*).

Diese Zuordnung der Rohrnetz-bewohner zu den Größenklassen stellt eine in der Gewässerökologie übliche Klassifizierung dar und orientiert sich an den adulten, ausgewachsenen Tieren. Einige Tiere haben allerdings eine mehrstufige Larvalentwicklung und wachsen aus der

Gruppe der Mikrofauna in die Gruppe der Meiofauna (z. B. Ruderfußkrebse). Bei der Bestimmung der Häufigkeit einer Art werden üblicherweise die noch nicht ausgewachsenen Tiere hinzugezählt. Bei den Hüpferlingen sollte zusätzlich zwischen den Embryonalstadien (Nauplien) und den ausgeformten Tieren (Juvenile und Adulte) unterschieden werden. Problematisch ist die Größenklassifizierung für die Gruppe der Fadenwürmer (Nematoden); die wurmartig schlanken Tiere erreichen eine maximale Länge von 4 mm und können so unter Umständen noch mit bloßem Auge wahrgenommen werden. Mehr als 50 Prozent der in den Trinkwassernetzen registrierten Individuen wiesen jedoch eine Körpergröße von < 300 µm auf und 96 Prozent waren weniger als 1 mm groß [15]. Fadenwürmer sind der Meiofauna zugeordnet, für ihre quantitative Erfassung muss aber mit sehr feinen Maschenweiten filtriert werden (25 µm oder feiner), da viele der schlanken ▶

Quelle: (a, b) U. Michels, (c) K. Hausmann, (d) G. Gümkel

Tiere nicht mit den 100 µm/55 µm Filtern zurückgehalten werden.

Diese Betrachtung zeigt die große Bedeutung der bei der Probeentnahme verwendeten Filtertechnik, die zur Definition einer Größenfraktion führt, aber auch die Häufigkeit der verschiedenen großen Arten der Rohrnetzbesohner beschreiben soll (siehe Infokasten).

Meioinvertebraten als Rohrnetzbesohner

Die dominierenden Bewohner der Trinkwassernetze sind Ruderfußkrebse (*Copepoda*), die mit einer Stetigkeit von 82 Prozent in Trinkwassernetzen vorkommen (Tab. 1). Typische Vertreter sind Hüpferlinge (*Cyclopoida*) und Raupenhüpferlinge (*Harpacticoida*), von denen prinzipiell alle Entwicklungsstadien im Trinkwasser vorkommen können. Das Nahrungsspektrum ist entsprechend breit gefächert; während die Larven der Hüpferlinge auf die Filtration von Partikeln spezialisiert sind, besitzen Jungtiere und adulte Stadien Mundwerkzeuge zum Ergreifen und Kauen von Beutetieren sowie Partikeln. Zu den Hüpferlingen gehören beispielsweise *Eucyclops serrulatus*, ein filtrierender omnivorer Organismus, der sich von organischen Partikeln (POM) ernährt, und *Paracyclops fimbriatus*, der substratgebunden auf den Rohrnetzablagerungen und dem wandständigen Biofilm lebt. Bemerkenswert sind Nachweise von *Thermocyclops oithonoides* (0,7–1 mm), da diese Art im Tiefenwasser von Seen und Talsperren auftritt und dort überwintert; dies kann zu einem Eintrag in Trinkwassernetze führen, wenn die Trinkwasserentnahmestelle in der entsprechenden Wassertiefe liegt und keine Mikrosiebung vorgeschaltet ist.

Fadenwürmer (Nematoden) sind ebenfalls häufig anzutreffende Rohrnetzbesohner (63 Prozent Stetigkeit), sie weisen eine Länge von bis zu 4 mm, in der Regel bis 1 mm auf und können zum Teil mit bloßem Auge erkannt werden; zur quantitativen Erfassung ist eine Filtration über 25 µm bzw. 10 µm notwendig [16]. Fadenwürmer werden in der Regel nur als Tiergruppe erfasst und

INFORMATIONEN

Verfahren zur Abtrennung und Klassifizierung von Kleintieren in Trinkwassersysteme

Größenselektive Filtration:

Häufig werden Planktonnetze von 100 µm Maschenweite verwendet, seltener von 55 oder 500 µm.

Die Ausbeute der Planktonnetze (Fängigkeit, = Netzfaktor) wird durch den Wasserdruck auf den Filter, den Grad der Belegung (hohe Belegung senkt die Fängigkeit) sowie durch die mögliche Verformung der Filtermaschen bestimmt.

Das Ergebnis sind Filterrückstände, die als Konzentration (Masse und Anzahl der Tiere pro m³) für verschiedene Maschenweiten dargestellt werden können. Eine Angabe der Häufigkeit der vorkommenden Tierarten ist i. d. R. nicht möglich.

Filtration zur artspezifischen Erfassung der Kleintiere:

Filtration mit 100 µm Maschenweite zur Erfassung der Makrofauna (> 2 mm);
Filtration mit 100 µm oder 55 µm zur Erfassung der Meiofauna ohne Nematoden (0,1–2 mm);
Filtration mit 25 µm zur Erfassung der Nematoden (Fadenwürmer) und der Mikrofauna (0,025–0,1 mm).

Die Ausbeute ist bei Verwendung der o. a. Filtermaschenweiten für die verschiedenen Größenklassen quantitativ; es werden durch diese Maschenweiten alle Tiere, auch die nicht ausgewachsenen, erfasst. Die Ausbeute der Filter vorzugsweise aus Metallgewebe wird durch die Fängigkeit (Wasserdruck, Belegung und ggf. Verformung der Maschen beeinflusst).

Das Ergebnis liefert quantitative Daten zur Häufigkeit der auftretenden Arten/Organismengruppen; eine Analyse des Wachstums der Tiere und die Bestimmung der Anzahl der Generationen pro Jahr ist möglich.

nicht bis zur Art determiniert, da über 10.000 sehr schwer zu unterscheidende Spezies bekannt sind. Die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten sind nur wenig erforscht [17]. Die Fadenwürmer sind hygienisch relevant, da sie potenziell humanpathogene Mikroorganismen aufnehmen (u. a. *E. coli*) und diese Darmbewohner vor Desinfektionsmaßnahmen schützen und verbreiten können [18, 19].

Wassermilben (*Hydracarina*) treten häufig und mit verschiedenen Arten auf (Stetigkeit 62 Prozent), sie sind bis zu 0,25 mm groß und leben überwiegend räuberisch; eine Bestimmung bis zur Art erfolgt in der Regel nicht. Die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten sind weitgehend unbekannt.

Verbreitet in Trinkwassernetzen sind auch Blattfußkrebse (Wasserflöhe, Cladocera) mit 61 Prozent Stetigkeit. Häufig treten *Alona*-Arten auf, typische

Filtrierer, die Bakterien und kleine Einzeller aufnehmen; die Größe der ausgewachsenen Tiere erreicht 0,3–0,4 mm. Die Blattfußkrebse weisen eine schnelle Vermehrung durch eine parthenogenetische Fortpflanzungsweise (= Jungfernzeugung) auf. Weitere selten auftretende Bewohner der Trinkwassernetze sind Strudelwürmer (*Turbellaria*, 13 Prozent Stetigkeit), Muschelkrebse (*Ostracoda*, 8 Prozent Stetigkeit) und Bauchhärlinge (*Gastrotricha*, 12 Prozent Stetigkeit). Bärtierchen (*Tardigrada*) sind kleine (< 1 mm) substratgebundene Wasserbewohner. Sie kommen nur selten in TW-Verteilungssystemen vor (Stetigkeit 6 Prozent).

Mikroinvertebraten als Rohrnetzbesohner

Die Mikrofauna in Trinkwassersystemen wird überwiegend durch zwei Tiergruppen repräsentiert, Schalenamöben und Rädertiere (Tab. 1).

Schalenamöben (*Testaceae*) treten regelmäßig in Trinkwassernetzen auf (100 Prozent Stetigkeit). Es handelt sich um kleine beschaltete amöboide Einzeller mit ca. 70 µm Größe. Allerdings sind die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten weitgehend unbekannt, sodass hier keine weitergehenden Aussagen möglich sind. Der Median der Dichte liegt bei 72.000 Ind. pro m³, wiederholt sind auch massenhafte Vorkommen mit > 400.000 Tieren pro m³ festgestellt worden.

Rädertierchen (*Rotatoria*) treten häufig in Trinkwassernetzen auf (Stetigkeit 90 Prozent), überwiegend kommen kleine Formen von 80–120 µm (u. a. *Lecane*, *Colurella*) vor. Es handelt sich hierbei um substratgebundene Formen mit filtrierender Ernährungsweise. Die Fortpflanzung erfolgt parthenogenetisch (sog. Jungfernzeugung) und es können somit schnell hohe Populationsdichten erreicht werden (bis 472.000 Tiere m⁻³).

Wimperntiere (*Ciliaten*) sind vereinzelt auftretende Einzeller (Stetigkeit 6 Prozent), mit beweglichen Wimpern besetzt, ca. 50 µm groß. Die Wimperntiere weisen eine große Formenvielfalt auf, es treten sessile und freischwimmende Formen auf, der Nahrungserwerb erfolgt filtrierend, d. h., im Wasser treibende Bakterien und organische Partikel (POM) dienen als Nahrung. Einige Wim-

perntiere (z. B. *Tetrahymena*, *Cyclidium*) sind in den Fokus der Trinkwasserqualität gerückt, da sie humanpathogene Mikroben (*Legionella* spp.) aufnehmen und diese in den Nahrungsvakuolen der Wimperntiere überleben. Mindestens bei *Legionella* findet auch eine Vermehrung in den Nahrungsvakuolen statt; diese Ciliaten sind somit Wirt und Transportvehikel [19, 20]. Es liegen keine Hinweise vor, dass auch *E. coli* in Wimperntieren auftritt.

Die vereinzelt mit nur 6 Prozent Stetigkeit auftretenden Nacktamöben (FLA, free living amoebae) sind schalenlose Amöben, 50–200 µm große Tiere, die aufgrund ihres empfindlichen Weichkörpers und der variablen Gestalt leicht übersehen werden. Sie kommen mitunter in den Filtern der Trinkwasseraufbereitung vor und können in die Trinkwasserverteilung eingetragen werden und sich dort vermehren. Identifizierung und Bestimmung sind schwierig, da die Organismen keine Hartteile besitzen. Die Bedeutung der Nacktamöben liegt in ihrer Eignung als Wirt für pathogene und potenziell humanpathogene Mikroorganismen, d. h., viele Bakterienarten (> 100) können in den Amöben überleben (*Listeria*, *Vibrio*) und einige können sich sogar in den Amöben vermehren (u. a. *Legionella* spp. und *E. coli*) [19, 21, 22].

Die Bedeutung der Nacktamöben für die Verbreitung der Legionellen ist in den ver-

gangenen Jahren intensiv untersucht worden: Das Vorkommen von Legionellen in Trinkwassersystemen ist direkt an das Vorhandensein von Nacktamöben gekoppelt, trinkwasserrelevant ist u. a. *Acanthamoeba castellanii*. Nacktamöben können sich im Biofilm einnisten, auch in Form von Zysten, oder treiben als Einzelorganismen bzw. mit flotierenden Biofilmstücken frei im Wasser. Die Legionellen finden sich in hoher Konzentration in den Nahrungsvakuolen der Amöben, da es in diesen zu einer Vermehrung kommt. Bei Zelllyse der Amöben werden die Nahrungsvakuolen frei und können über Aerosole Menschen infizieren, bereits eine Nahrungsvakuole enthält eine ausreichend infektiöse Dosis [20].

Zusammenfassung und Fazit

Von großer Bedeutung für die Erfassung der verschiedenen Rohrnetzbe- wohner auf Basis von Hydrantenbe- probungen ist unzweifelhaft die Effizienz und Vergleichbarkeit der Unters- suchungsmethode. Im Fall der hier vor- gestellten Untersuchungen waren das: Beprobung am Hydranten bei Entnah- me von 1 m³, ausreichende Spülge- schwindigkeit von mindestens 0,5 m sec⁻¹, in der Regel 1 m sec⁻¹, und scho- nende Abtrennung der Organismen. Stationäre mehrstufige Filter mit Strö- mungsteilern ermöglichen eine scho- nende Abtrennung der zum Teil sehr zarten Formen. ▶



Die Januar-Ausgabe der bbr (1-2024) erscheint mit einem Spezial zum 36. Oldenburger Rohrleitungsforum und Fachbeiträgen, unter anderem zu folgenden Themen:

- Gemeinschaftsdüker Rhein-Herne-Kanal mit anschließendem Rohrbrücken-Rückbau
- Datengestützte Prognosemodelle für die Leistungsfähigkeit von Förderbrunnen
- Ein-Brunnen-Systeme zur Erhöhung der Nutzung des thermischen Grundwasserpotenzials

Kostenloses Probeheft unter: info@wvgw.de

Für eine angepasste Rohrnetzpflege sind die Mobilität und das Vermehrungspotenzial der vorkommenden Arten von großer Bedeutung, und Sonderformen wie Jungfernzeugung (Parthenogenese, u. a. Blattfußkebe, Rädertiere) oder vegetative Fortpflanzung durch Teilung (u. a. bei einigen Fadenwürmern) können schnell zu einer Massenentfaltung führen.

Die Stetigkeiten der Meio- und Mikrofauna sind mit 98 Prozent bzw. 100 Prozent auffallend hoch und zeigen, dass im Prinzip alle TW-Verteilungssysteme besiedelt sind. Allerdings bestehen deut-

liche Unterschiede in den jeweils vorkommenden Arten.

Die mittlere Häufigkeit der Meiofauna (Median) ist mit 964 Ind. m⁻³ auffallend hoch. Auch die Mikrofauna weist mit einem Median von 81.536 Ind. m⁻³ eine sehr hohe Häufigkeit auf. ■

Literatur

[1] Hijnen, W. A. M., Schurer, R., Bahlman, J. A., Keteleers, H. A. M., Italiaander, R., van der Wal, A. & van der Wielen P. W. J. J.: Slowly biodegradable organic compounds impact the biostability of non-chlorinated drinking water produced from surface water, in: Water Research 129, 2018, S. 240-251.

[2] Michels, U., Gunkel, G., Scheideler, M.: Im Fokus der Wasserversorger – die biologische Trinkwasserqualität, in: Vom Wasser 2014/112, 3, S. 93-95.

[3] Prest, E., Hammes, F., Mark, C.M. van Loosdrecht, M. C. M. & Vrouwenvelder, J. S.: Biological stability of drinking water: Controlling factors, methods, and challenges, in: Frontiers in Microbiology 2016/7, S. 45.

[4] WHO Guidelines for drinking-water quality – 4th ed. 2011, World Health Organization.

[5] WHO Guidelines for drinking-water quality incorporating first addendum. Vol. 1, 2006 Recommendations. – 3rd ed. World Health Organization.

[6] Gunkel, G., Michels, U., Scheideler, M.: Kleintiere in der Trinkwasserverteilung – Vorkommen und Anwendung des Arbeitsblatts W 271; Teil 1: Makroinvertebraten, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 1/2018.

[7] Gunkel, G., Michels, U., Scheideler, M.: Water lice and other macroinvertebrates in drinking water pipes: Diversity, abundance and health risk, in: Water 2021, 13, 276.

Tab. 1: Vorkommen häufiger Meio- und Mikroinvertebraten in Trinkwassernetzen der mitteleuropäischen Tiefebene, Datengrundlage Meiofauna = 1.821 Hydrantenbeprobungen, Mikrofauna = 637 Hydrantenbeprobungen, die Mediane sind nur für positive Nachweise berechnet. Probenahme von 1 m³ Wasser am Hydranten mit einer Fließrate in der Trinkwasserleitung von 1 m sec⁻¹, Filtration über NDHD-Edelstahlfilter.

Tiergruppe	Kennzeichen	Filtration (µm)	Größe (µm)	Stetigkeit des Vorkommens (Prozent)	Median der Häufigkeit (Anzahl m ⁻³)
Meiofauna	Bedeutung	100/55	100-1.000	98	964
Ruderfußkrebse (<i>Cyclopoida</i>) Jungtiere und Erwachsene	kleine Krebstiere, sogenannte „Hüpfertlinge“	100/55	100-1.400	65	155
Ruderfußkrebse (<i>Harpacticoida</i>) Jungtiere und Erwachsene	kleine Krebstiere, sogenannte „Raupenhüpfertlinge“	100/55	100-500	70	255
Wassermilben (<i>Hydracarina</i>)	frei im Wasser schwimmende Spinnentiere, kugelige Form	100/55	100-800	62	63
Blattfußkrebse (<i>Cladocera</i>)	kleine Krebstiere, sogenannte „Wasserflöhe“	100/55	150-800	61	297
Bärentiere (<i>Tardigrada</i>)	kompakte 8-beinige Wassertiere	100/55	100-500	16	33
Strudelwürmer (<i>Turbellaria</i>)	amöboide Plattwürmer	100/55	140-1.400	13	46
Muschelkrebse (<i>Ostracoda</i>)	frei im Wasser schwimmend, kugelige Form	100/55	150-800	8	77
Bauchhärlinge (<i>Gastroticha</i>)	kleine flaschenförmige Tiere, kriechend	100/55	100-200	2	41
Fadenwürmer (<i>Nematoda</i>)	wurmartig schlank, Carrier von potenziell humanpathogenen Mikroorganismen	25	100-4.000	63	1.001
Mikrofauna		25	25-100	100	81.536
Schalenamöben (<i>Testaceae</i>)	amöboide Einzeller mit Halbschale	25	20-160	100	77.046
Rädertiere (<i>Rotatoria</i>)	kleine filtrierende Mehrzeller, substratgebunden oder freischwimmend	25	50-400	90	3.333
Wimperntiere (<i>Ciliata</i>)	Einzeller mit Wimpern, einige sind Wirt oder Carrier für humanpathogene Mikroben (u. a. <i>Legionella spp.</i>)	25	50-100	6	215
Nacktamöben (<i>Amoebina</i>)	amöboide Einzeller ohne Hartsubstanzen, Wirt und Carrier für humanpathogene Mikroben (u. a. <i>Legionella spp.</i>)	25	50-200	6	170

Quelle: [14]

[8] Halpern, M., Senderovich, Y.: Chironomid Microbiome, in: Microb. Ecol. 70, 2015, S. 1-8.

[9] van Bel, N., Kolkman, A., van der Wielen, P.: De rol van waterpissebedden bij de vermeerdering van Aeromonas in het drinkwaterdistributiesysteem. H2O, 30 mei 2017, 6 S, online unter: <https://library.kwrwater.nl/publication/54981858/>.

[10] van Bel, N., van der Wielen, P., Wullings, B., van Rijn, J., van der Mark, E., Ketelaars, H., Hijnen, W.: Aeromonas species from nonchlorinated distribution systems and their competitive planktonic growth in drinking water, in: Appl Environ Microbiol 2021/87.

[11] Gunkel, G., Michels, U., Scheideler, M.: Folgen des Klimawandels in Wasser- netzen – Zuckmückenlarven und Wasserasseln profitieren, in: gwf Wasser/Ab- wasser 12/2021, S. 47-51.

[12] Kimbrough, D. E.: Impact of local climate change on drinking water quality in a distribution system, in: Wat. Qual. Res. J. 54.3, 2019, S. 179-192.

[13] Gunkel, G., Michels, U., Scheideler, M.: Kleintiere in der Trinkwasservertei- lung – Vorkommen und Umsetzung des Arbeitsblatts W 271. Teil 3. Bewertung des Vorkommens der Meio- und Mikroinvertebraten (unveröffentlicht).

[14] Scheideler, M., Michels, U., Gunkel, G.: Entwicklung eines mobilen Probenah- me- und Messsystems für Invertebraten in Trinkwasserverteilungssystemen. In: Michels, U., Gunkel, G., Scheideler, M., Ripl, K. (Hrsg.): Invertebraten im Trinkwas- ser – Probenahme, Analytik und Bewertung. Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin, 2013.

[15] Michels, U.: Invertebraten in Trinkwasserverteilungssystemen. Lebensraum, Ver- breitung, Nahrungsbeziehungen. Dissertation Technische Universität Berlin, 2018.

[16] Westphal, B.: Planktonalgen und Metazoen in Trinkwasserversorgungsanla- gen, in: gwf Wasser/Abwasser, 1996/137, S. 271-275.

[17] Traunspurger, W.: The biology and ecology of lotic nematodes, in: Freshwater Biology, 2000/44, S. 29-45.

[18] Locas, A., Barbeau, B., Gauthier, V.: Nematodes as a source of total coliforms in a distribution system, in: Can J. Microbiol. 53, 2007, S. 580-585.

[19] Plutzer, J., Törökne, A.: Free-living microscopic organisms as indicators of changes in drinking-water quality, in: Water Pract. & Technol. 2012/7, (3).

[20] Bichai, F., Payment, P., Barbeau, B.: Protection of waterborne pathogens by higher organisms in drinking water: a review, in: Can. J. Microbiol. 54, 2008, S. 509-524.

[21] Flemming, H.-C.: Erkenntnisse aus dem Projekt „Biofilm-Management“. Online unter www.wasserhersteller.com/media/pdf/76/19/51/Thesenpapier-1-1-Biofilm-Management.pdf, abgerufen am 4. Dezember 2023.

[22] Troppens, D., Krumrey, B.: Biofilme im Trinkwassersystem – Entstehung, Dynamik und Beseitigung, in: gwf Wasser/Abwasser 2019/07-08, S. 82-88.

[23] DVGW: Fallbeispiele und Steckbriefe von Invertebraten in Wasserversor- gungsanlagen. DVGW-Information, 2017.

[24] DVGW- Arbeitsblatt W 271: Invertebraten in Wasserversorgungsanlagen; Vorkommen und Empfehlungen zum Umgang 06/2017. Bonn 2018.

Die Autoren

Dr. Günter Gunkel ist Privatdozent für Limnologie und wissen- schaftlicher Projektleiter am INWERT Institut für Biologische Trinkwasserqualität.

Dr. Ute Michels ist Inhaberin und geschäftsführend bei Aqualytis.

Michael Scheideler ist Geschäftsführer beim INWERT Institut für Biologische Trinkwasserqualität.

Kontakt:

Dr. Ute Michels

AquaLytiS

Karl-Marx-Str. 119

15745 Wildau

Tel.: 03375 246366

E-Mail: utemichels@aqualytis.com

Internet: www.aqualytis.de

DVGW
Kongress GmbH


KONGRESS

➔ [www.dvgw-kongress.de/
resilienz-wasserversorgung](http://www.dvgw-kongress.de/resilienz-wasserversorgung)

Resilienz und Versorgungssicherheit in der öffentlichen Wasserversorgung

12. – 13. März 2024, Online



Themen

- ➔ Normative Maßnahmen
- ➔ Herausforderung: Extremwetterlagen
- ➔ Herausforderung: Energieversorgung
- ➔ Digitale Lösungsansätze
- ➔ Wasserversorger berichten aus der Praxis
- ➔ Krisenstabsarbeit und Krisenkommunikation