

Kleintiere in der Trinkwasserverteilung – Vorkommen und Umsetzung des DVGW-Arbeitsblattes W 271

Teil 3: Bewertung des Vorkommens der Meio- und Mikroinvertebraten

Wirbellose Kleintiere in Trinkwassersystemen können bei einer übermäßigen Entwicklung zu ästhetischen und hygienischen Beeinträchtigungen der Wasserqualität führen. Somit sind **Kenntnisse zum Vorkommen der verschiedenen Arten der Kleintiere** und deren Besiedlungsdichten für die Beurteilung der biologischen Qualität und Stabilität von Trinkwasser und die daraus abzuleitende Rohrnetzpflege von zentraler Bedeutung. 1.821 Hydrantenproben aus der mitteleuropäischen Tiefebene liefern die **Grundlage für eine typ- oder regionalspezifische Bewertung** der in Trinkwassernetzen auftretenden Meio- (0,1–2 mm) und Mikroinvertebraten (0,025–0,1 mm). Es werden regionalspezifische Richt- und Kontrollwerte der Besiedlung mit den Bewertungsklassen „Normalbesiedlung“, „Kontrollbereich“ und „Massenentwicklung“ für die mitteleuropäische Tiefebene vorgestellt. Der relative Anteil der Biomasse der Makro-, Meio- und Mikroinvertebraten wird dargestellt.

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

Das Wissen über die Zusammensetzung und die Dynamik der Lebensgemeinschaft wirbelloser Tiere in Trinkwasser-Verteilungssystemen ist noch gering. Lediglich Kenntnisse über den Biofilm als Bewuchs der Rohroberflächen sind vorhanden, und Biofilme waren bzw. sind Gegenstand zahlreicher Forschungsvorhaben [1, 2]. Auch Kenntnisse über die größeren Invertebraten (Makroinvertebraten, > 2 mm, i. W. Wasserasseln und Borstenwürmer) sind vorhanden und zentraler Bestandteil des DVGW-Arbeitsblattes W 271 [3, 4], darüber hinaus liegen neue Daten zur Abundanz und Frequenz der Makroinvertebraten vor [5, 6]. Das DVGW-Arbeitsblatt W 271 enthält einige Angaben zu Abundanzen von Tieren kleiner 500 µm Körpergröße und benennt einige der vorkommenden Arten. Das Wissen über die kleineren Invertebraten, die Meioinvertebraten (0,1–2 mm) und die Mikroinvertebraten (0,025–0,1 mm) ist jedoch noch gering; es bestehen vor allem Defizite in der Bewertung des Vorkommens und der Häufigkeit dieser Organismen, insbesondere liegen artbezogene Risikoanalysen nur ansatzweise und vereinzelt vor. So haben

z. B. Exner & Gornik [7] auf die Bedeutung der durch Trinkwasser übertragenen parasitären Zoonosen hingewiesen, neben *Giardia lamblia* und *Cryptosporidium* spp. (beide parasitäre Einzeller, die nur bei Kontamination mit Oberflächenwasser in Trinkwassersystemen auftreten) sind auch freilebende Amöben (z. B. *Acanthamoeba* spp.) zu nennen, die die sogenannte Amöbenkeratitis, eine Augenerkrankung, auslösen [8].

Im Fokus der Wasserversorger steht die Aufrechterhaltung der Trinkwasserqualität bis zur Übergabe an die Verbraucher – ein komplexer Prozess, der durch die Rohwasserqualität, die Intensität der Trinkwasseraufbereitung und die Veränderungen während des Transportes im Trinkwassernetz bestimmt wird. Der Begriff „Biologische Trinkwasserqualität“ beschreibt die Besiedlung der Trinkwas-

sertetze mit Organismen als komplexe Wechselwirkung der Mikroorganismen des Biofilms, der Kleintiere innerhalb des Trinkwassernetzes und der gelösten sowie partikulären organischen Bestandteile des Wassers, die als Nahrungsressource dienen [9, 10]. Für die drei bestimmenden Faktoren der Trinkwasserqualität – die Rohwasserqualität, die Trinkwasseraufbereitung und den Transport im Trinkwassernetz – sind in dem DVGW-Arbeitsblatt W 271 [4] Eckwerte für die tierische Besiedlung entwickelt worden. Das Arbeitsblatt beschreibt die Methoden der Erfassung und das Vorkommen sowie eine orientierende Bewertung der Kleintiere in den verschiedenen Stufen der Trinkwasseraufbereitung und -verteilung. Die Bewertung der Befunde sollte stets typ- bzw. regionalspezifisch erfolgen, d. h., jede Anlage (jedes Verteilungssystem) muss individuell betrachtet und ggf. erforderliche Abhilfemaßnahmen müssen auf die spezielle Situation abgestimmt werden. Für die Ableitung eines Handlungsbedarfs ist es vorteilhaft, die jeweils spezifischen Ergebnisse auf eine Datenbasis vergleichbarer Untersuchungen zu beziehen [4] (siehe auch Eckwertetabelle im

INFORMATIONEN

Der erste Teil des Fachbeitrags ist in der Ausgabe 11/2018 dieser Fachzeitschrift erschienen, der zweite Teil in der Ausgabe 1/2024.

Anhang des Arbeitsblattes). Es ist jedoch hervorzuheben, dass weitergehende Studien zur Bewertung der Rohrnetzbewohner essenziell sind; die novellierte TVO [11] führt u. a. eine verpflichtende Risikobewertung und ein entsprechendes Risikomanagement ein.

Schwerpunkt dieser Publikation ist ein Beitrag zur praxisbezogenen Umsetzung des DVGW-Arbeitsblattes W 271, insbesondere die Entwicklung belastbarer Kriterien für eine typ- bzw. regionalbezogene Bewertung des Vorkommens der Meio- und Mikroinvertebraten in Trinkwassernetzen auf Basis umfangreicher Daten aus Hydrantenbeprobungen, ergänzend zu der bereits vorliegenden Publikation zur Bewertung des Vorkommens der Makroinvertebraten in der Trinkwasserverteilung [5]. Neben der Art des Rohwassers sollten regionale Wasserqualitäten und Klimabedingungen zu differenzierten Bewertungen des Vorkommens von Kleintieren in TW-Netzen führen.

Datengrundlage

Die hier vorgestellten Auswertungen basieren auf insgesamt 1.821 Proben, die vergleichbar aus Trinkwasserverteilungssystemen der mitteleuropäischen Tiefebene gewonnen wurden. Die Abundanzen bzw. Besiedlungsdichten sind in der INWERT®-Datenbank mit zurzeit 1.821 Datensätzen zusammengefasst und wurden mit statistischen Methoden analysiert.

Untersucht wurden überwiegend Trinkwassernetze mit Aufbereitung von oberflächennahem Grundwasser und Uferfiltration mit Schwerpunkt im mitteleuropäischen Tiefland. Die Auswahl der Hydranten erfolgte weitgehend unab-

hängig. Neben Trinkwassernetzen mit offensichtlich hoher Besiedlung von Invertebraten wurden auch bisher unauffällige Trinkwassernetze im Zuge der Überprüfung nach W 271 beprobt; weitere Angaben zur Verfahrensweise sind in Gunkel et al. [12] dargestellt.

Besiedlungsdichten der Meio- und Mikrofauna in Trinkwassernetzen

Das DVGW-Arbeitsblatt W 271 liefert erstmalig orientierende Angaben zum quantitativen Vorkommen der Rohrnetzbewohner: Invertebraten „sollten im üblichen Trinkwasserstrom nicht vorhanden oder die Gehalte sehr gering sein (einstellig bis niedriger zweistelliger Bereich). Kleine Tiere (< 500 µm) finden sich [...] um ungefähr den Faktor 10 häufiger als große Tiere“ [4]. Für Daten, die im sogenannten Spülmodus (z. B. durch den Einsatz von Filtrierapparaturen am Hydranten) gewonnen wurden, werden Eckwerte zum Vorkommen für einzelne Kompartimente der Wasserversorgung im Anhang A benannt. Für die Meiofauna (0,1–0,5 mm) wird bei Quellen/Grundwasser/Uferfiltrat als Rohwasser ein Median von 80 Ind. m⁻³ (10–90-Perzentile = 12–850 Ind. m⁻³) angegeben; für die Mikrofauna (0,025–0,1 mm) liegen keine Eckwerte vor.

Die Häufigkeiten der einzelnen Organismengruppen sind in der **Tabelle 1** zusammenfassend dargestellt und liefern ein differenziertes Bild des Vorkommens der Rohrnetzbewohner. Für die verwendete Datengrundlage (mitteleuropäische Tiefebene) ergeben sich Besiedlungsdichten, die deutlich über den DVGW-Eckwerten liegen, und erstmalig stehen belastbare Daten für Fadenwürmer und Mikroinvertebraten in den untersuchten Trinkwassernetzen zur Verfügung. ▶

Tab. 1: Abundanzen der Meio- und Mikroinvertebraten sowie der Fadenwürmer (bei Filtration über 25 µm) der untersuchten Trinkwassernetze, Probenahme von 1 m³ am Hydranten und Filtration über NDHD-Edelstahlfilter

Art	n	Stetigkeit (%)	10 Perzentil (Ind. m ⁻³)	25 Perzentil (Ind. m ⁻³)	Median (Ind. m ⁻³)	75 Perzentil (Ind. m ⁻³)	90 Perzentil (Ind. m ⁻³)
Meioinvertebraten gesamt (> 100 µm)	1.821	98	73	251	964	3.167	9.384
Meioinvertebraten (> 100 µm) ohne Fadenwürmer	1.821	96	53	210	823	2.837	8.466
Fadenwürmer (25 µm)	637	63	105	331	1.001	3.280	9.138
Mikroinvertebraten (25 µm)	637	100	10.500	30.200	81.500	218.000	552.000

Quelle: Aqualyris

Der Median des Vorkommens der gesamten Meiofauna liegt bei 964 Ind. m⁻³ (10–90 Prozent Perzentile: 73 bis 9.384 Ind. m⁻³, Tab. 1); wird die Meiofauna ohne die am 100-µm-Filter zurückgehaltenen Fadenwürmer erfasst, sind die entsprechenden Häufigkeiten etwas geringer.

Die Fadenwürmer erreichen hohe Dichten mit 1.001 Tieren pro m³ (Median) bzw. 9.138 Tieren pro m³ (90 Prozent-Perzentil) bei nahezu vollständiger Abtrennung (über 25-µm-Filter).

Der Median des Vorkommens der Mikroinvertebraten liegt bei 81.500 Ind. m⁻³, teilweise treten erhebliche Überschreitungen auf mit 218.000 bzw. 552.000 Tieren m⁻³ (75- bzw. 90-Perzentil), das Maximum liegt bei kaum vorstellbaren 10,4 Mio. Ind. m⁻³, eine Massenerfaltung von Schalenamöben (Tab. 1).

Entwicklung regionalspezifischer Richt- und Maßnahmenwerte für Meio- und Mikrofauna

Auf Basis der umfangreichen Datengrundlage ist es möglich, regionalspezifische Richt- und Maßnahmenwerte für das Vorkommen der Meio- und Mikroinvertebraten herzuleiten in Analogie zu den Daten der Makroinvertebraten [5]. Folgende Kriterien bilden die Grundlage für die Klassifizierung:

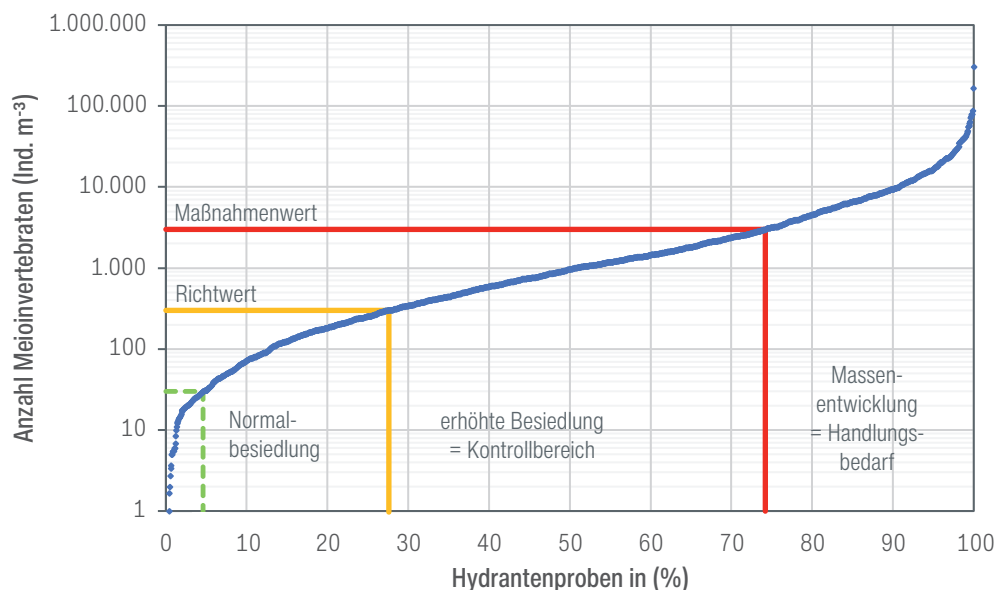
- Ein signifikanter Anteil der Untersuchungen sollte als Normalbesiedlung definiert werden, da Meioinvertebraten aus der Trinkwasseraufbereitung in die Verteilungssysteme ein-

getragen werden können und regelmäßig in Trinkwassernetzen auftreten, die Stetigkeit des Vorkommens der Meio- und Mikrofauna beträgt 98 Prozent bzw. 100 Prozent.

- Deutliche Überschreitungen der regulären Besiedlung werden als Extreme nicht berücksichtigt, diese Überschreitungen sollten aber nur wenige Prozent umfassen.
- Die Bewertungsklassen „Normalbesiedlung“, „übermäßige Besiedlung“ und „massenhafte Besiedlung“ sollen eine exponentielle Zunahme ausdrücken, d. h., die Abundanzen werden durch eine logarithmische Skalierung linearisiert und in gleiche Segmente eingeteilt.
- Die Einteilung in Makrofauna (> 2 mm, mit bloßem Auge erkennbar), Meiofauna (2–0,1 mm) und Mikrofauna (< 0,1 mm) ist praxisorientiert und entspricht der gewässerbiologischen Klassifizierung. Die Erfassung der Mikrofauna bedarf allerdings weiterer Klärung, da zwei verschiedene untere Filtermaschenweiten (55 und 25 µm) verwendet werden. Auch wenn aus praktischen Gründen häufig 55 µm verwendet werden (u. a. in der Trinkwasseraufbereitung) sollten in Trinkwassernetzen 25-µm-Filter zur Anwendung kommen, um insbesondere die Nacktamöben, Wimperntiere und Fadenwürmer zu erfassen.

Die Verteilungskurve der Meioinvertebraten zeigt deutlich eine normalsigmoide Verteilung, wobei die Spanne des Vorkommens über sechs Zehnerpotenzen reicht. Auf Basis einer exponentiellen Zunahme lassen sich drei Bereiche beschreiben: Normalbesiedlung, erhöhtes Vorkommen und Massenerfaltung (Abb. 1).

Abb. 1: Anzahl der Meioinvertebraten (inkl. Nematoden, Filtration mit 100 µm bzw. 100 + 55 µm) der untersuchten Trinkwassernetze in der mitteleuropäischen Tiefebene; Einteilung in Normalbesiedlung (< 300 Ind. m⁻³), erhöhte Besiedlung (300–3.000 Ind. m⁻³) und Massenerfaltung (3.000–> 30.000 Ind. m⁻³), n = 1.821



Quelle: Günter Gunkel

Ein geringes Vorkommen der Meiofauna liegt im Bereich von 1 bis 30 Ind. m⁻³, eine leicht erhöhte Normalbesiedlung der Meiofauna umfasst den Bereich von 30 bis 300 Ind. m⁻³. 27 Prozent der Hydrantenproben sind diesen beiden Bereichen zuzuordnen.

Die weiteren Häufigkeitsklassen ergeben sich aus der Halbierung des Logarithmus eines Höchstwertes von 30.000 Tieren m⁻³ (ohne Berücksichtigung von einigen Ausreißern in Höhe von 2,0 Prozent der Daten, Maximalwert: 304.000 Ind. m⁻³), daraus resultiert eine Bewertungsklasse von 300 bis 3.000 Ind. m⁻³ als erhöhtes Vorkommen. Bei diesen Besiedlungsdichten sollten regelmäßig und flächenhaft Kontrollen durchgeführt werden und die Probenbearbeitung muss durch ein fachlich kompetentes Labor erfolgen. Zudem sollten die Ursachen des Auftretens erfasst und Maßnahmen zur Reduzierung entwickelt werden. 47 Prozent der untersuchten Hydrantenproben sind dieser Belastungsklasse zuzuordnen.

Als massenhafte Besiedlung ist die Häufigkeit von 3.000 bis > 30.000 Ind. m⁻³ zu benennen, hier besteht ein dringender Handlungsbedarf, d. h., die Entwicklung der Meioinvertebraten muss regelmäßig untersucht und es müssen Maßnahmen zur Verringerung der Besiedlung ergriffen werden. Eine mikrobiologisch-hygiene Beeinträchtigung der Wasser-

INFORMATIONEN

Fallspezifische Richt- und Maßnahmenwerte für Kleintiere in Trinkwassernetzen (INWERT-Datenbank und die Klasseneinteilung unter Berücksichtigung der DVGW-W-271-Eckwerte)

Makroinvertebraten (> 2 mm, 100 µm Filtration)

- < 3 Makroinvertebraten pro m⁻³ = Normalbereich der Besiedlung
- 3-40 Makroinvertebraten pro m⁻³ = Bereich erhöhter Besiedlung als Kontrollbereich
- > 40 bis > 1.000 Makroinvertebraten pro m⁻³ = Bereich der Massenentwicklung mit akutem Handlungsbedarf

Meioinvertebraten (100 µm Filtration)

- < 300 Meioinvertebraten pro m³ = Normalbesiedlung
- 300-3.000 Meioinvertebraten pro m³ = erhöhte Besiedlung, Kontrollbereich
- > 3.000 bis > 30.000 Meioinvertebraten pro m³ = massenhafte Entwicklung, Handlungsbedarf

Mikroinvertebraten (25 µm Filtration)

- < 20.000 Meioinvertebraten pro m³ = Normalbesiedlung
- 20.000-200.000 Meioinvertebraten pro m³ = erhöhte Besiedlung, Kontrollbereich
- 200.000 bis > 2.000.000 Meioinvertebraten pro m³ = massenhafte Entwicklung, Handlungsbedarf

Quelle: Günter Gunkel

qualität kann nicht ausgeschlossen werden, insbesondere wenn Nematoden zahlreich auftreten; eine Einbindung der Gesundheitsämter zur intensivierten Kontrolle der mikrobiologischen Qualität sollte erfolgen. 24 Prozent der untersuchten Hydrantenproben sind dieser Belastungsklasse zuzuordnen.

Die für die Meioinvertebraten entwickelte Klasseneinteilung liegt auch für das Vorkommen der einzelnen Organismengruppen vor und kann die Grundlage für gezielte Maßnahmen der Rohrnetzpflege bilden.

Somit kann ein Richtwert der Normalbesiedlung von 300 Ind. m⁻³ definiert werden und der Maßnahmenwert läge bei 3.000 Ind. m⁻³ im Sinne eines typ- bzw. regionalspezifischen Ziel- bzw. Grenzwertes (Infobox).

Das Vorkommen der Mikrofauna zeigt eine normalsigmoide Verteilung und umfasst sechs Zehnerpotenzen. Erkennbar ist ein Bereich mit geringen Anzahlen des Vorkommens der Rohrnetzbewohner (bis 20.000 Ind. m⁻³); dieser Bereich kann als Normalbesiedlung definiert werden (Abb. 2). Vorkommen von ▶



Die Februar-Ausgabe der „bbr Leitungsbau | Brunnenbau | Geothermie“ (02/2024) erscheint mit einem Spezial zur GeoTHERM 2024 und Fachbeiträgen u. a. zu folgenden Themen:

- Geothermie und Lithiumgewinnung: erneuerbare Energie und nachhaltige Rohstoffproduktion aus Deutschland
- Umstellung einer Erdgasleitung auf Wasserstoff: Blaupause für den raschen Aufbau einer H₂-Infrastruktur
- Lagerungsdichte der Filterschüttung an Brunnen vs. Förderleistung

Kostenloses Probeheft unter: info@wvgw.de

Tab. 2: Biomasse der Rohrnetzbewohner in Trinkwassernetzen differenziert nach Organismengruppen, Angaben in mg m⁻³ Frischgewicht (dies entspricht dem Volumen)

Organismengruppe	Anzahl der Datensätze	Median (mg m ⁻³)	75 %- Perzentil (mg m ⁻³)	95 %- Perzentil (mg m ⁻³)	Maximum (mg m ⁻³)
Makrofauna	2.228	12,3	48,7	250,8	2.310,9
Meiofauna	1.821	2,9	11,7	64,1	518,6
Mikrofauna	645	1,1	4,8	37,6	1.011,0

Quelle: Aqualyris

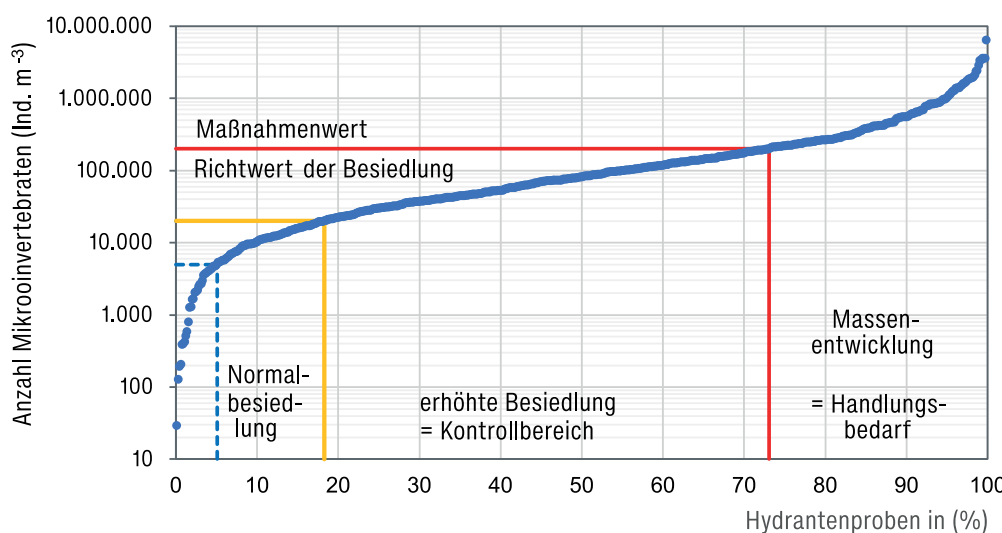


Abb. 2: Anzahl der Mikroinvertebraten der untersuchten Trinkwassernetze in der mitteleuropäischen Tiefebene (Filtration mit 25 µm); Einteilung in Normalbesiedlung (< 20.000 Ind. m⁻³), erhöhte Besiedlung (20.000–200.000 Ind. m⁻³) und Massenentwicklung (> 200.000 Ind. m⁻³), n = 635)

Quelle: Günter Gunkel

< 5.000 Ind. m⁻³ repräsentieren eine geringe Normalbesiedlung, Vorkommen von 5.000 bis 20.000 Ind. m⁻³ stellen eine moderate Normalbesiedlung dar; 18,3 Prozent der untersuchten Hydrantenproben sind diesem Normalbereich zuzuordnen.

Die weiteren Häufigkeitsklassen ergeben sich aus der Halbierung des Logarithmus des Höchstwertes von 2.000.000 Tieren m⁻³ (ohne Berücksichtigung von einigen Ausreißern in Höhe von 1,6 Prozent der Daten, Maximalwert: 10,4 Mio. Ind. m⁻³). Es ergibt sich die Bewertungsklasse von 20.000 bis 200.000 Ind. m⁻³ (= erhöhtes Vorkommen). Bei dieser Besiedlungsdichte sollten wiederum regelmäßig und flächenhaft Kontrollen durchgeführt werden und die Probenbearbeitung muss durch ein fachlich kompetentes Labor erfolgen. Zudem sollten die Ursachen des Auftretens erfasst und Maßnahmen zur Reduzierung entwickelt werden. 54 Prozent der untersuchten Hydrantenproben sind dieser Belastungsklasse zuzuordnen.

Als massenhafte Besiedlung ist ein Vorkommen von > 200.000 Ind. m⁻³ zu bewerten, hier besteht ein dringender Handlungsbedarf, d. h., die Entwicklung der Mikroinvertebraten muss regelmäßig untersucht und es müssen Maßnahmen zur Verringerung der Besiedlung ergriffen werden. 27 Prozent der untersuchten Hydrantenproben sind dieser Belastungsklasse zuzuordnen (Infobox). Unabhängig von der Anzahl der Mikro-

invertebraten sollte das Vorkommen von Wimperntieren und insbesondere von freilebenden Amöben erfasst und bewertet werden, bei beiden Organismengruppen kommen Arten vor, die als Wirt oder Carrier für humanpathogene Keime dienen (s. o.). Für diese beiden Organismengruppen muss in jedem Fall ein Minimierungsgebot gelten; infektionsrelevante Grenzwerte können jedoch noch nicht benannt werden. Derartige Grenzwerte wären sehr gering, da beispielsweise bereits eine Amöbe zur Auslösung der Legionellose führen kann.

Biomasse der Rohrnetzbewohner

Eine weiterführende Bewertung der verschiedenen Gruppen der Rohrnetzbewohner und ihrer Anzahl ergibt sich über die Betrachtung der Biomasse (Tab. 2). Deutlich wird, dass alle drei Größenklassen der Organismen einen signifikanten Anteil an der im Verteilungsnetz vorhandenen Biomasse haben können. Das Ranking des Medians der Biomasse der Organismengruppen ergibt die Reihung Makrofauna > Meiofauna > Mikrofauna im Verhältnis 10:3:1. Bei Massenentwicklungen einzelner Organismen (95-Prozent-Perzentile der Biomasse) verliert die Makrofauna an Bedeutung und es ergibt ein vergleichbares Ranking mit nur geringen Unterschieden in den Biomassen von 38 bis 250 mg m⁻³ (Tab. 2).

Zusammenfassung und Fazit

Die Verknüpfung des DVGW-Arbeitsblattes W 271 mit den empirischen Daten zahlreicher Hydrantenuntersuchungen aus der mitteleuropäischen Tiefebene ermöglicht die regionalspezifische Definition von normaler, übermäßiger und massenhafter Besiedlung mit Makro-, Meio- und Mikroinvertebraten und kann somit als Grundlage für Richt- und Maßnahmenwerte der Besiedlung von Trinkwassernetzen mit Kleintieren dienen (für Makroinvertebraten siehe [5]).

Die Differenzierung der vorkommenden Arten nach Größe und Art bzw. Organismengruppe ist von großer Bedeutung, insbesondere auch um das Auftreten von Fadenwürmern, Wimperntieren und Nacktamöben zu erfassen. Obwohl die humanpathogene Relevanz der Nacktamöben seit vielen Jahren bekannt ist, liegen nur wenige Daten zum Vorkommen in Trinkwassersystemen vor, u. a. weil eine schonende Filtration mit 25 µm notwendig ist. Eine Studie von Hoffmann & Michel [13] zeigt, dass in der Trinkwasseraufbereitung Nacktamöben häufig auftreten (ca. 70 Prozent der Proben waren positiv, wobei am Wasserwerksausgang „nur“ in 33 Prozent der Proben Nacktamöben auftraten). In einem untersuchten Trinkwassernetz kam es zu einer signifikanten Zunahme von Nacktamöben mit zunehmender Distanz zum Wasserwerk. Die mit der Kultur auf Agar nachgewiesenen Dichten von bis zu 100 Ind. l⁻¹ sind auffallend hoch, deutlich höher als die hier maximal erfassten Individuendichten. Dies lässt vermuten, dass bei der Erfassung von Nacktamöben die mikroskopische Analyse der Filterrückstände ein nur wenig geeignetes Verfahren ist.

Die Betrachtung der mittleren Biomasse der Rohrnetzbewohner zeigt erwartungsgemäß die höchsten Werte für die Makrofauna, allerdings ändert sich dies bei massenhafter Entwicklung der Rohrnetzbewohner. Hier kann ein signifikanter Anteil der Biomasse durch die Meio- bzw. Mikrofauna gebildet werden. Dies zeigt die mitunter hohe Bedeutung der Meio- bzw. Mikroinvertebraten für die Trinkwasserqualität, die i. A. unterschätzt und

nicht wahrgenommen wird; es besteht somit die Notwendigkeit, diese Organismengruppen stärker in das Monitoring mit einzubeziehen.

Die Klassifizierung der Daten in Normalbesiedlung, erhöhte Besiedlung und Massenentwicklung liegen deutlich über den Eckwerten der Technischen Regel des DVGW W 271, was nur bedingt Folge des weiter entwickelten Probenahme-Verfahrens ist. Auch die Qualität der mikroskopischen Analyse hat Einfluss auf die Ergebnisse, entscheidend ist jedoch vermutlich die umfangreichere Datenbasis.

Die ermittelten regionalspezifischen Daten geben dem Anwender in der Praxis eine Orientierung und detaillierte Möglichkeiten, Untersuchungsergebnisse nach den Vorgaben der W 271 einzuordnen. Somit kann individuell für jedes Versorgungssystem eine Risikoanalyse und ein entsprechendes Management zur Reduzierung des Vorkommens des Invertebraten-Managements erfolgen, bei dem nach Größenklassen verifizierte Maßnahmen abzuleiten sind. Dies gibt dem Anwender mehr Handlungsoptionen, insbesondere bei Massenentwicklungen einzelner Größenklassen, die zu Auffälligkeiten in Kundeninstallationen führen können. ■

Literatur

- [1] Flemming, H. C., Schaule, G., Dopp, E., Wingender, J.: Biofilm Management – Erkenntnisse aus einem BMBF-Verbundprojekt. *IWW Journal* 42, 2014, S. 6–7.
- [2] Troppens, D., Krumrey, B.: Biofilme im Trinkwassersystem – Entstehung, Dynamik und Beseitigung, in: *gwf-Wasser/Abwasser* 2019/07-08, S. 82–88.
- [3] DVGW: Fallbeispiele und Steckbriefe von Invertebraten in Wasserversorgungsanlagen. *DVGW-Information*, 2017.
- [4] DVGW Arbeitsblatt W 271: Invertebraten in Wasserversorgungsanlagen; Vorkommen und Empfehlungen zum Umgang 06/2017. *DVGW*, Bonn 2018.
- [5] 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 11/2018.
- [6] 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. Online unter: <https://doi.org/10.3390/w13030276>
- [7] Exner, M., Gornik, V.: Durch Trinkwasser übertragene parasitäre Zoonosen. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 47, 2004, S. 698–704. [Doi 10.1007/s00103-004-0863](https://doi.org/10.1007/s00103-004-0863)
- [8] Dass, L., Szentmáry, Seitz, B.: Das Deutsche Akanthamöbenkeratitis-Register. *Der Ophthalmologe* 112, 2015, S. 752–763.

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

[10] Michels, U.: Invertebraten in Trinkwasserverteilungssystemen. Lebensraum, Verbreitung, Nahrungsbeziehungen. Dissertation Technische Universität Berlin, 2018. Online unter: <https://depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/7510>

[11] TVO: Zweite Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung. *Bundesgesetzblatt* 159, 23. Juni 2023.

[12] Gunkel, G., Michels, U., Scheideler, M.: Kleintiere in der Trinkwasserverteilung – Vorkommen und Umsetzung des Arbeitsblatts W 271. Teil 2. Meio- und Mikroinvertebraten als Rohrnetzbewohner, in: *DVGW energie | wasser-praxis*, Ausgabe 1/2024.

[13] Hoffmann, R., Michel, R.: Distribution of free-living amoebae (FLA) during preparation and supply of drinking water. *Int. J. Hygiene Environm. Health* 203/2001, S. 215–219.

[14] Cyris, G.: Technische Regeln im Spannungsfeld zwischen Selbstverwaltung und gesetzlichen Vorgaben, in: *DVGW energie | wasser-praxis*, Ausgabe 7 & 8/2015.

[15] Scheideler, M., Michels, U., Gunkel, G.: Entwicklung eines mobilen Probenahme- und Messsystems für Invertebraten in Trinkwasserverteilungssystemen. In: U. Michels, G. Gunkel, M. Scheideler, K. Ripl (Hrsg.) *Invertebraten im Trinkwasser – Probenahme, Analytik und Bewertung*. Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin, 2013, S. 3–29.

[16] van Lieverloo, J. H. M., Hoogenboezem, W., Veenendaal, G., van der Kooij, D.: Variability of invertebrate abundance in drinking water distribution systems in the Netherlands in relation to biostability and sediment volumes, in: *Wat. Res.* 46/2012, S. 4918–4932.

Die Autoren

Dr. Günter Gunkel ist Privatdozent für Limnologie und wissenschaftlicher 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