

Tiere in der Trinkwasserverteilung, altes Thema – neue Sichtweise

HANS JÜRGEN HAHN*, NORBERT KLEIN**

Zusammenfassung

Tiere in der Trinkwasserverteilung! Eine selbst für viele Fachleute befremdliche Feststellung! Dennoch kommen in fast jedem Rohrleitungsnetz vielzellige Tiere vor, die manchmal auch in stark erhöhten Dichten auftreten können, ein Phänomen, mit dem man in der Praxis regelmäßig konfrontiert wird. Es hat seine Ursachen vorwiegend in einem dicken oder während der Betriebszeit übermäßig gewachsenen Biofilm und im Vorhandensein von Stagnationszonen. Tiere sind also Indikatoren für andere Fakten. Hierzu zählen unter anderem nicht sachgerechte Werkstoffe im Rohrnetz, verlängerte Verweilzeiten durch demografischen Wandel, erhöhte Wassertemperaturen im Sommer durch geringe Einbautiefe der Rohrleitungen. Neue Erkenntnisse werfen ein neues Licht auf das Thema. Die Grundwasserökologie liefert wichtige Hinweise. Artenspektrum, Auftreten und Verbreitung der Tiere im Netz geben wichtige Hinweise auf den Zustand der Anlagen. Denn Rohrleitungsnetze sind künstliche Ökosysteme. Moderne intensive Reinigungsverfahren für Rohrleitungen helfen, Probleme in den Griff zu bekommen. Sie können regelmäßig als Pflegemaßnahmen erforderlich sein oder auch in kritischen Fällen das Zeitfenster bis zu einer Sanierung der betroffenen Trinkwasserverteilung erweitern.

Einleitung

Trinkwasserverteilnetze sind nichts anderes als künstliche Grundwasserökosysteme. Über diesen Lebensraum berichteten die Autoren zusammen mit U. Szewzyk und M. Mayer [1]. Wie alle Lebensräume, sind auch die Leitungsnetze besiedelt, speziell von Biofilmen mit Bakterien, Pilzen, Einzellern aber auch von vielzelligen Tieren, sog. Metazoen. Trinkwasserverteilnetze sind also lebende Systeme. Immer wieder, bei Arbeiten an Hausfiltern oder bei Probenahmen an Hydranten, aber auch durch Anrufe von Kunden, offenbart sich dieses Phänomen. Auch der Mensch ist ein Ökosystem [2]. Selbst der einsamste Mensch war noch nie ganz allein. Er ist ein Universum winzigster Geschöpfe. Bakterien, Einzellern und Pilze bilden 90 Prozent dessen, was wir für unseren Körper halten. Auf eine

körpereigene Zelle kommen also etwa 10 Zellen unserer Besiedler. Viele Besiedler sind im Laufe der Evolution zu lebenswichtigen Symbionten mutiert. Sie sind also mehr als nur verträgliche, sondern überaus nützliche Genossen, ohne die wir nicht existieren könnten [2]. Leben ist nicht steril.

Genauso verhält es sich mit dem Trinkwasser, unserem wichtigsten Lebensmittel. Dass es so sauber ist, wie wir es kennen und schätzen, ist vor allem das Ergebnis biologischer Prozesse [3]. Es ist deshalb niemals steril. Die Trinkwasserverordnung regelt mit Grenzwerten und technischen Maßnahmewerten die Anforderungen und verweist mit dem Begriff „allgemein anerkannte Regeln der Technik“ auf andere Regelwerke und Verordnungen. Bezüglich Biofilme auf Werkstoffen gilt das DVGW-Arbeitsblatt W 270 [4]. Es beschreibt ein Prüfverfahren, um das mikrobielle Wachstum auf Werkstoffen zu bestimmen. Hier sind Besiedlungen mit festhaftenden Biofilmen erwünscht, ja sogar Voraussetzung für die Eignung im Trinkwasserbereich. Sie sind Beweis dafür, dass keine toxischen Stoffe aus den Werkstoffen migrieren. Bewuchs als voluminöser abschabbarer Biofilm ist nur bis zu bestimmten Grenzwerten erlaubt. Der DVGW-Hinweis W 271 [5], befasst sich mit Tieren in Wasserversorgungsanlagen. Er wird zurzeit überarbeitet und an den neusten Kenntnisstand angepasst.

Gerade auch in Verteilnetzen haben biologische Vorgänge eine große Bedeutung für die Qualität des Trinkwassers – im Guten wie im Schlechten. Die Kenntnis dieser Prozesse ist deshalb eine wesentliche Voraussetzung für die Qua-

litätssicherung in der Wasserversorgung. Im Folgenden wird deshalb zunächst der Lebensraum Trinkwasserverteilnetz als Ökosystem vorgestellt. Dabei liegt der Fokus auf den Zusammenhängen, welche die Besiedlung als Phänomen ermöglichen und speziell Massenvorkommen als Problem verursachen. Als Problemlösungen sind nachhaltige Bekämpfungsstrategien erforderlich. Mögliche Verfahren werden vorgestellt.

Grundlagen der Netzökologie oder: vom Phänomen zum Problem

Tiere in Trinkwasserverteilnetzen werden umgangssprachlich häufig mit dem Begriff Wasserasseln in Verbindung gebracht. Dies allerdings trifft nur in einigen Fällen, meist in Norddeutschland, zu. In der Mitte und im Süden Deutschlands ist die gemeine Wasserassel *Asellus aquaticus*, ein Krebstier, in Trinkwasserversorgungsanlagen selten. Tierische Bewohner im System sind hier eher andere Krebse, z.B. Wasserflöhe oder Hüpferlinge, häufiger auch echte Grundwasserasseln der Gattung *Proasellus*; aber auch Borsten- und Fadenwürmer finden sich regelmäßig.

Ein ganz wesentliches Kriterium für das Verständnis der Verhältnisse im System ist (I) der Gegensatz zwischen Oberflächenarten wie *Asellus aquaticus* und Grundwasserformen wie *Proasellus slavus* (Abb. 1). Ein weiterer sehr hilfreicher Ansatz ist (II) das Verständnis von Trinkwasserverteilnetzen als Ökosysteme. Der erste Ansatz gibt im Sinne einer Bioindikation Auskünfte über die Lebensbedingungen im Netz, der zweite erlaubt, eine Risikoabschätzung vorzunehmen:



Abbildung 1: Gemeine Wasserassel *Asellus aquaticus* (links) und Grundwasserassel *Proasellus slavus* (rechts). Die Gemeine Wasserassel ist eine typische Oberflächenform mit ausgeprägter Pigmentierung und starker Vermehrung. Gerne lebt sie in organisch belasteten Tümpeln und Fließgewässern. Unter bestimmten Bedingungen besiedelt sie allerdings auch Wasserversorgungssystemen, wo sie zum Problem werden kann.

Die farblose, blinde Grundwasserassel *Proasellus slavus* vermehrt sich nur sehr langsam und ist gegenüber Schadstoffen ausgesprochen empfindlich. In Leitungsnetzen gilt sie deshalb eher als Qualitätsmerkmal denn als Problem.

(I) Grundwasser- versus Oberflächenwasserarten

Grundwasser- und Oberflächenwasserarten verfolgen gänzlich unterschiedliche Vermehrungs- und Ausbreitungsstrategien, und auch ihre Ansprüche an den Lebensraum sind höchst unterschiedlich. Viele Oberflächenarten sind sogenannte r-Strategen, das heißt sie sind sehr anpassungsfähig und setzen auf eine rasche Vermehrung und Ausbreitung, um möglichst gut neue Lebensräume besiedeln zu können. Dabei sind sie äußerst erfolgreich und können unter günstigen Umständen, z.B. bei gutem Nahrungsangebot und hohen Temperaturen, in kürzester Zeit Massenpopulationen aufbauen. Ein „schönes“ Beispiel dafür sind die Blattläuse, die im Frühjahr in riesigen Mengen an frischen Trieben auftreten können. Mit Extremlebensräumen, wie dem Grundwasser, kommen r-Strategen allerdings nur sehr schlecht zurecht.

Grundwassertiere dagegen gelten als A-Strategen. Ihre Stärke liegt in der Anpassung an widrige Umweltbedingungen, im Grundwasser also vor allem Nahrungs- und Sauerstoffmangel und niedrige Temperaturen. Gegenüber erhöhten Temperaturen reagieren Grundwassertiere empfindlich. Diese Anpassungen gehen einher mit geringen Fortpflanzungsraten und langer Lebensdauer. Gleichzeitig sind A-Strategen sehr konkurrenzschwach, können sich also bei günstigen Lebensbedingungen nicht gegen die oberflächenwasserbewohnende Verwandtschaft durchsetzen. Am Beispiel zweier französischer Asellarten der Gattung *Stenasellus*, eine aus dem Grundwasser, die andere aus Oberflächengewässern, werden die Unterschiede zwischen r- und A-Strategen deutlich (Tabelle 1). Für die mitteleuropäische Oberflächenart *Asellus aquaticus* bzw. die Grundwasserform *Proasellus spec.* gilt Vergleichbares.

<i>Stenasellus spec.</i>		
Merkmale	A-Strategie, im Grundwasser	r-Strategie, in Oberflächengewässern
Embryonalentwicklung	9 - 10 Monate	3 Wochen
Juvenilzeit	5 - 7 Jahre	3 Monate
Adultzeit	7 Jahre	6 - 8 Monate
Lebensdauer	15 Jahre	1 Jahr
Eiablagefrequenz	alle 2 Jahre	monatlich

Tabelle 1: Unterschiede zwischen r- und A-Strategen am Beispiel zweier französischer Asellarten der Gattung *Stenasellus* (verändert nach Ginet & Decou, 1977 [6])

Tabelle 1 verdeutlicht vor allem die extrem lange Entwicklungs- und Fortpflanzungsdauer der Grundwasserart. Ein weiterer Unterschied zwischen Oberflächen- und Grundwasserarten ist die Anzahl der Eier. Sie werden beispielsweise für Raupenhüpferlinge aus dem Grundwasser mit zwei, für Tiere aus Oberflächengewässern jedoch mit 23 Eiern angegeben [7] (s. a. Abb. 2).



Abbildung 2: Der grundwasserbewohnende Raupenhüpferling *Arcticocamptus rhaeticus* produziert viel weniger Eier als verwandte Oberflächenarten.

In der Konsequenz bedeutet dies, dass das regelmäßige Auftreten von Oberflächenarten in Versorgungssystemen – vor allem bei erhöhten Dichten – mit dem Risiko von Massenentwicklungen verbunden ist, während diese Gefahr bei Grundwasserarten kaum besteht. Das Vorkommen echter Grundwassertiere lässt, in Verbindung mit dem Fehlen von Oberflächenarten, auf grundwasserähnliche Lebensbedingungen mit knappem Nahrungsangebot (= wenig DOC und wenig totes organisches Material) und niedrigen Wassertemperaturen schließen. Umgekehrt weist das regelmäßige Auftreten von Oberflächenarten, insbesondere bei erhöhten Dichten, auf günstige Lebensbedingungen, vor allem eine gute Nahrungsversorgung, hin. Sind unter den Oberflächenwasserarten auch planktische Formen, z.B. Wasserflöhe, in nennenswerten Anteilen vertreten, liegt die Vermutung nahe, dass es im betreffenden Netz kleinere oder größere Stagnationszonen gibt, wo sich die Tiere halten und vermehren können.

Ein weiterer Aspekt ist hier noch für die Qualitätssicherung von Belang, nämlich die Frage der Eintragspfade. Auf dem gleichen Wege wie die Tiere, können nämlich auch Mikroorganismen oder Schadstoffe in das Trinkwasser gelangen. Erfolgt ein permanenter Eintrag mit dem Rohwasser? Gab es Kontaminationen im Zusammenhang mit Baumaßnahmen am Netz oder unsachgemäßen Arbeiten im Wasserwerk? Vielleicht aber geschah der Eintrag aber auch schon vor Jahrzehnten, und im Netz existiert eine eigenständige Fauna – das Netz vergisst nichts. Wie sich die Tiere dann im System

verbreiten, ob und wo sie sich halten können, vielleicht sogar Massenpopulationen ausbilden – die ist vor allem eine Frage des Ökosystems Leitungsnetz und der dort wirksamen Schlüsselfaktoren.

(II) Die Ökologie des Netzes

Tiere im Netz sind zunächst ein harmloses Phänomen, das in praktisch jedem Wasserversorgungssystem zu beobachten ist. Gerät die Tierdichte jedoch außer Kontrolle, entsteht ein echtes Problem. Leitungsnetze sind künstliche Lebensräume, besiedelt von zahllosen Mikroorganismen, aber auch einer großen Zahl vielzelliger Tiere. In den meisten Fällen hat das Rohwasser den Charakter von Grundwasser. Es ist DOC-arm, kalt und oft auch sauerstoffarm. Grundwasserlebensgemeinschaften werden gelegentlich als „gekappte“, vereinfachte Gemeinschaften bezeichnet, mit wenigen Arten und Individuen, die in geringen Dichten vorkommen und sich nur sehr langsam fortpflanzen [8]. Lebensgrundlage ist der von der Erdoberfläche als DOC oder Partikel eingetragene organische Kohlenstoff – und der wird mit zunehmender Verweilzeit immer knapper. Schmalhans ist also Küchenmeister im Grundwasser, und Oberflächentiere würde hier schlichtweg verhungern oder an Sauerstoffmangel zu Grunde gehen.

Diese Verhältnisse, die eine hervorragende Qualität des Wassers anzeigen, können sich im Laufe der Aufbereitung und des Transportes ändern. Vielfach wird das Wasser belüftet und dann über ausgedehnte Leitungssysteme transportiert. Liegen die Rohrleitungen in geringer Einbautiefe, was in den letzten Jahren wegen der verringerten Frosttiefe immer häufiger anzutreffen ist, kann es im Sommer zu Erwärmungen des Wassers auf 20 °C und mehr kommen. Die Innenoberflächen des Systems sind von Biofilmen überwachsen. Diese vielschichtigen Biofilme bestehen aus Mikroorganismen und anderen Substanzen. Die Mikroorganismen leben von den Substanzen, die von organischen Rohrleitungswerkstoffen abgegeben werden, vor allem aber von den im Wasser gelösten organischen Stoffen. Dadurch reinigen die Biofilme das Trinkwasser – ein durchaus gewollter Effekt, wenn sie festhaftend sind. Voluminöser Biofilm – Bewuchs im Sinne vom DVGW-Arbeitsblatt W 270 [4] – ist als mikrobieller Rasen unerwünscht. Er kann sich teilweise ablösen und zu Verkeimung des Trinkwassers führen.

Biofilme sind aber auch ein bedeutsamer

Lebensraum für Metazoen und gleichzeitig auch deren wichtigste Nahrungsquelle. Durch die Umwandlung des verfügbaren DOC zu Mikrobiomasse kommt es über die Jahre und Jahrzehnte zu einer Anreicherung organischen Materials im System. In Totleitungen und Stagnationszonen reichert sich partikuläres organisches Material, z.B. losgelöste Teile des Biofilms, Pflanzenreste und Kot netzbewohnender Tiere an.

Solche Verhältnisse - gutes Nahrungsangebot, hohe Sommertemperaturen und ausreichende Versorgung mit Sauerstoff – sind typisch für Oberflächen-gewässer. Man könnte auch sagen, dass durch die Aufbereitung und den Transport der Charakter des Wassers von Grundwasser hin zu Oberflächenwasser verändert wird. Entsprechende Gradienten lassen sich auch bei der Grundwasserneubildung finden (Abb. 3). In den gut versorgten, oberflächenwasserbeeinflussten Bereichen leben Stygoxene, d. h. grundwasserfremde Oberflächenwasserbewohner. Mit zunehmender Verweilzeit des Wassers im Untergrund nehmen das Nahrungsangebot, die Temperatur und der Sauerstoffgehalt ab, so dass der Anteil an echten Grundwasserbewohnern (Stygobionten) gegenüber Stygoxenen zunimmt. In diesem Übergangsbereich zwischen Oberflächen- und Grundwasser finden sich auch sogenannte Stygophile, eigentlich Oberflächenarten, die aber immer wieder einmal für längere Zeit ins Grundwasser vorstoßen können.

Vor allem wegen der erhöhten Temperaturen können sich Grundwasserarten in oben beschriebenen Netzen nicht mehr dauerhaft halten. Oberflächenarten jedoch profitieren davon: Je besser die Nahrungsversorgung, je höher die Sommertemperaturen und je ausgedehnter die Stagnationsbereiche umso höher die Wahrscheinlichkeit, dass sich Ober-

flächenformen dauerhaft im Netz festsetzen und ggf. auch Probleme verursachen können.

Im Rahmen der Qualitätssicherung sind regelmäßige, orientierende Beprobungen mit Untersuchungen auf Tiere unbedingt zu empfehlen. Spätestens aber, wenn die Tiere im Betrieb augenscheinlich oder gar von Kunden gemeldet werden, ist eine fachgerechte Untersuchung notwendig. Stark schwankende oder dauerhaft hohe Dichten von fünfzig, hundert oder noch mehr Tieren je Kubikmeter Wasser

sind nicht nur aus ästhetischen Gründen ernst zu nehmen. Durch die Ausscheidungen der Tiere und deren Kadaver können in der Folge eines Massenauf-tretens die Keimzahlen im Trinkwasser ansteigen, sodass dann auch ein hygienisches Problem vorliegt.

Letztendlich entscheiden die Ökologie des Netzes und seine Schlüsselpa-rameter, die Ausdehnung der Stagnationszo-nen, die Temperatur und der DOC des ver-teilten Wassers, darüber, ob und wo es zu kritischen Besiedlungen mit Meta-zoen kommt.

Lösungsansätze

Beim massiven Metazoenbefall gilt es, wie bei vielen Problemlösungen, zunächst die Ursachen und das Aus-maß des Problems zu ermitteln. Der erste und wichtigste Schritt zur nach-haltigen Problemlösung ist deshalb die repräsentative Untersuchung des Netzes: Wie hoch ist der DOC-Gehalt des Rohwassers? Wie sieht es mit den Biofilmen aus? Wo gibt es Stagnations-bereiche? Vor allem aber: wo sind die „hotspots“ der Besiedlung, die Befalls-schwerpunkte? Erfolgt der Eintrag über



Abbildung 4: Faunistische Beprobung des Leitungssnetzes. Dazu werden mit speziellen Netzen möglichst große Wassermengen, in der Regel 5 - 10 m³, filtriert und die darin enthaltenen Tiere dann aussortiert, gezählt und bestimmt. Zusätzlich werden relevante wasserchemische Parameter erfasst.

das Rohwasser oder handelt es sich um eine autochthone, also eigenständige Netzfauna?

Solche orientierenden Untersuchungen sind durch entsprechende Spezialisten meist rasch durchgeführt (Abb. 4). Da die Tierbestände im Rohrleitungsnetz stark schwanken können, sind darüber hinaus regelmäßige monatliche bis vierteljährliche Beprobungen über die Dauer eines Jahres zu empfehlen. Von den Befunden hängt dann die weitere Vorgehensweise ab.

Ein ganz entscheidender Punkt für den erfolgreichen Umgang mit dem Befall ist die betriebsinterne Kommunikation. Tiere im Netz sind keine Schande, sondern genauso alltäglich – und in erhöhten Dichten – ähnlich unangenehm wie Keime. Der offene Umgang damit schafft die Voraussetzung für die Problemlösung und vor allem auch die Kompetenzen für die ggf. erforderliche Kommunikation mit Kunden und Medien.

Lösungsansätze sollten ganz pragmatisch sein: Überdimensionierte Leitungssysteme mit ihren meist ausgeprägten Stagnationsbereichen lassen sich oft nur durch einen kompletten Umbau des Netzes beseitigen. Auch hohe DOC-Gehalte des Rohwassers sind nur schwer zu beeinflussen. Dauerhafte Lösungen sind daher nur selten zeitnah zu realisieren.

Jedoch lassen sich durch intensive Reinigung der Leitungen, vor allem auch der Stagnationszonen, die Tiere ausspülen. Gelingt es dabei auch noch die organischen Ablagerungen und Biofilme zu entfernen, ist ein wesentlicher Teil der Ursachen, nämlich die Nahrungsgrundlage und der Lebensraum, nachhaltig reduziert. In den meisten Fällen sollte deshalb, im Anschluss an Reinigungsmaßnahmen, eine Kontrolle der Populationen durch eine gezielte Überwachung in Verbin-

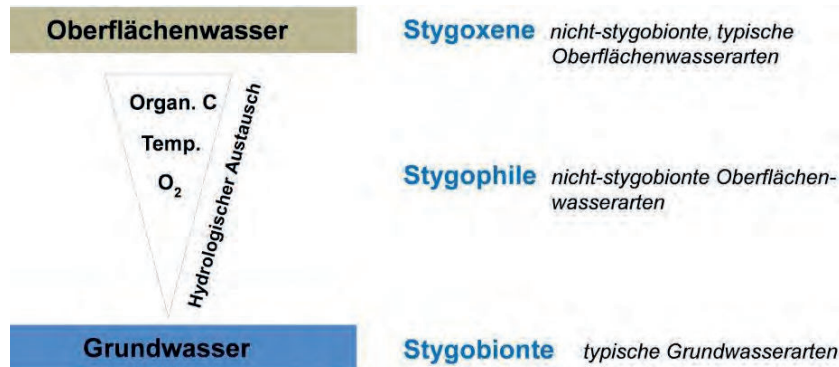


Abbildung 3: Bei Trinkwasseraufbereitung und -transport kann es zu vergleichbaren Gradienten kommen, wie bei der Grundwasserneubildung, nur in umgekehrter Richtung. Die Lebensgemeinschaften entlang dieser Gradienten ähneln einander.

dung mit angepassten Pflegemaßnahmen und Spülplänen möglich sein. Eine Sofortmaßnahme ist die Überprüfung der Hauswasserfilter. Diese sind eine Barriere für Tiere. Normgerechte Filter nach DIN EN 13443-1 [9] halten Partikel > 100 µm zurück und verhindern, dass die Tiere in die Trinkwasserinstallation gelangen.

Zu den Spül- und Reinigungsmaßnahmen zählen:

- Wasserspülen mit hohen Fließgeschwindigkeiten
- Spülen mit kohlendioxidangereichertem Wasser
- Impulsspülverfahren beispielsweise Complex-Reinigung

Beim Spülen mit Wasser muss nach DVGW-Arbeitsblatt W 291 [10] die Fließgeschwindigkeit zwischen 2 m/s und 3 m/s betragen. Dabei entsteht in der Rohrleitung eine turbulente Strömung. Die Fließgeschwindigkeit an der Rohrwand beträgt etwa die Hälfte wie in der Rohrmitte. In der Praxis lassen sich diese Bedingungen nur in Rohrleitungen bis DN 150 erreichen, wenn über Hydranten gespült wird. Auch bei diesen Bedingungen kann sich ein großer Teil der Tiere erfolgreich an der Rohrwand „festhalten“, so dass nur ein Teil, vor allem die planktischen Arten, ausgetragen wird.

Hier setzt die Idee des Spülens mit kohlendioxidangereichertem Wasser an. Kohlendioxid betäubt die Tiere für kurze Zeit, so dass sie sich nicht mehr „festhalten“ können und mit dem Wasserstrom ausgetragen werden. Erfahrungsgemäß verbleiben aber noch etwa 10 % der Population in der Rohrleitung [11], [12]. An den Ursachen des Befalls - Biofilme und Stagnationszonen mit organischen Ablagerungen - ändert sich durch den CO₂-Einsatz allerdings nichts, sodass mit einer mehr oder weniger raschen Erholung der Tierpopulation zu rechnen ist. Das Impulsspülverfahren hat sich als effiziente Maßnahme bewährt, wenn die Wasserspülung nicht mehr ausreicht. Es ist im neuen DVGW-Arbeitsblatt W 557 von Oktober 2012 [13] erwähnt und gilt somit als allgemein anerkannte Regel der Technik. Das DVGW-Arbeitsblatt W 291 [10] beschreibt nur das Spülen mit einem Wasser-Luft-Gemisch. Dieses DVGW-Arbeitsblatt von März 2000 steht nun zur Überarbeitung an.

Firma Hammann hat das Impulsspülverfahren zum Complex-Verfahren weiterentwickelt. Hier steht erhöhte Reinigungswirkung bei verringertem Wasserbedarf und damit reduziertem Spülwasseranfall im Vordergrund. Neue Untersuchungen im Rahmen von For-

schungsprojekten zeigten, dass durch geeignete Steuerung der Impulse die Wirksamkeit noch erheblich zu steigern ist. In einer Versuchsanlage waren Fließgeschwindigkeiten der Wasserblöcke bis über 20 m/s erreichbar. Dies führte zu neuen Patentanmeldungen und neuen Anwendungen. So ließ sich der Metazoenbefall in einem Trinkwasserleitungsnetz erheblich reduzieren, wobei auch Ablagerungen und vor allem auch der Biofilm mobilisiert und ausgetragen wurde (Abb. 5). Ein interessanter Effekt bei dieser Maßnahme war, dass durch Probenahmen an der Ausspeisestelle die Tierdichten im Spülwasser während der Reinigung bestimmbar und dadurch Rückschlüsse auf die Reinigungseffizienz möglich waren [14].

Ein weiteres Ergebnis der Forschungsprojekte ist die Visualisierung der Reinigung in einer Versuchsanlage aus transparenten Rohren. In der Teststrecke lassen sich Rohrstücke mit Ablagerungen aus realen Rohrleitungen einbauen, um die verschiedenen Reinigungsverfahren zu prüfen. Darüber hinaus können aber auch künstliche Ablagerungen in Form von Stahlstücken eingebracht werden. Für die Haftung sorgen von außen angebrachte Magnete. Somit ist es durch unterschiedlich starke Magnete möglich, die Reinigungswirkung bei unterschiedlicher Fließgeschwindigkeit zu prüfen oder verschiedene Verfahren zu vergleichen. Die zum Mobilisieren notwendige Scherkraft kann im einfachen Fall durch Schieben mit dem Finger erfüllt oder mit einer Vorrichtung bestehend aus Federwaage und Zubehör ermittelt werden. Der Videoclip zur Versuchsanlage, der bei der Messe Wasser Berlin International 2013 gezeigt wurde, ist auf der Internetseite [15] verfügbar.

Fallbeispiel Stadtwerke Tierstadt

Die Stadtwerke Tierstadt (SWT, Name geändert) in Süddeutschland versorgen ca. 40.000 Einwohner mit Trinkwasser. In den vergangenen Jahren wurden bei Wartungsarbeiten immer wieder Metazoen, vor allem Asseln, festgestellt. Auch einige Kunden meldeten sich und be-



Abbildung 5: Netzreinigung mit dem Complex-Verfahren. Die abgelösten Biofilme färben das Spülwasser intensiv an. Gleichzeitig werden auch die Tiere entfernt - teilweise mit tausenden Individuen pro Kubikmeter Spülwasser.

richteten von „Tieren“ in den Hausfiltern. Die SWT reagierten besonnen, besuchten zunächst die betroffenen Kunden, informierten und konnten diese auch beruhigen. Intern wurde der Befall von den Verantwortlichen diskutiert und nach Lösungsmöglichkeiten gesucht.

Im Jahre 2011 wurden dann durch die Universität in Landau, bzw. das Institut für Grundwasserökologie IGÖ GmbH, 35 repräsentative Standorte im Netz erstmalig faunistisch untersucht. Die Befunde zeigten, dass es sich bei den Asseln um *Proasellus slavus* und damit um echte und unproblematische Grundwasserorganismen handelte, die nur an wenigen Standorten vorkamen. Neben den harmlosen Asseln fanden sich allerdings an vielen Standorten grundwasserfremde Wasserflöhe und Ruderfußkrebse, teilweise in Dichten von über 200 Tieren/m³. Da die höchsten Dichten an den Standorten mit den höchsten Wassertemperaturen ermittelt wurden, war von einer jahreszeitlichen Dynamik auszugehen.

Deshalb wurden 11 Standorte von Februar bis Oktober 2012 insgesamt fünfmal beprobt. Tatsächlich zeigten sich dann an einer Reihe von Standorten starke jahreszeitliche Schwankungen an Tierdichten, mit den höchsten Tierdichten im Sommer und Herbst. Diese Standorte waren gleichzeitig jene, die die größten Temperaturschwankungen und damit die höchsten Temperaturen insgesamt aufwiesen, und fast alle lagen gemäß Netzplan in Stagnationszonen. Hohe DOC-Konzentrationen zwischen 2,1 mg/l und 2,5 mg/l in Verbindung mit gemäß Netzplan ausgedehnten Stagnationsbereichen und hohen sommerlichen Wassertemperaturen charakterisieren das SWT-Versorgungsnetz als potenziell durch kritischen Tierbefall gefährdet.

Kurz nach der Voruntersuchung im Februar wurden zusätzlich Rohrleitungsbe-
reiche an fünf der elf Standorte mit dem
Impulsspülverfahren Comprex durch die
Firma Hammann GmbH gereinigt. Die
Nachuntersuchung im April ergaben
eine wesentliche Verringerung der Tier-
dichten an allen Standorten, am Standort
1 sogar von mehr als 95 % (Abb. 6) – ein
Beleg für die Wirksamkeit der Reinigung.
Während an den Standorten 3 und 5 die
Tierdichten bis zur 4. Nachuntersuchung
auf niedrigen Niveau und weitgehend
unauffällig blieben, stiegen an den
Standorten 1 und 2 die Dichten mit der
3. und 4. Nachuntersuchung im Juli bzw.
im Oktober wieder massiv – auf 300 bis
etwa 700 Tiere/m³ an. Bemerkenswert ist
dabei, dass bei der Voruntersuchung im
Februar am Standort 2 die Tierdichten
mit 50 Tiere/m³ zwar hoch, aber doch
deutlich niedriger als an Standort 1 war.
Der starke Anstieg bei der dritten und
vierten Nachuntersuchung im Sommer
weist darauf hin, dass wohl die Wärme
eine große Rolle bei der Populations-
entwicklung an diesem Standort spielt.
Die Artenbestimmung gibt bei Standort
1 und 2 weitere Hinweise. Auffällig sind
die Dichten der Wasserflöhe. Sie spielen
im Winter eine viel geringere Rolle als im
Sommer und im Herbst.

Interessant sind auch die Befunde im
Detail. So war nach der Reinigung die
Grundwasserassel *Proasellus* vollständig
verschwunden und konnte auch später
nicht wieder gefunden werden. Dies deut-
et darauf hin, dass die Art in den Stagna-
tionszonen über Jahre hinweg ungestört
recht hohe Populationen aufbauen konn-
te, jedoch in den erfassten acht Monaten
nach der Reinigung wegen ihrer geringen
Fortpflanzungsrate nicht mehr in der Lage
war, sich von diesem Eingriff zu erholen.

Ganz anders verliefen die Bestandsent-
wicklung an den Standorten 1 und 2:
bei den nach der zweiten Nachunter-
suchung festgestellten Tieren handelt
es sich fast ausschließlich um oberflä-
chenwasserbewohnende Wasserflöhe
und Hüpferlinge. Gerade Wasserflöhe,
aber auch manche Hüpferlinge, sind für
ihre Fähigkeit bekannt, in kürzester Zeit,
sobald es warm wird, gigantische Popu-
lationen aufzubauen. Jeder, der sich im
Frühjahr einmal näher mit Teichen und
Tümpeln befasst hat, kann das bestätig-
en. Die Daten der anderen Standorte
zeigten außerdem, dass die Tiere nicht
durch das Rohwasser eingetragen wur-
den, sondern wohl überwiegend aus der
netzeigenen Besiedlung stammten.

Da die festgestellten Vertreter der bei-
den Tiergruppen eher im freien Wasser
als im Sediment leben, ist davon aus-
zugehen, dass die Massenvermehrung
in den strömungsarmen oder -freien
Stagnationszonen stattgefunden haben
muss – genau dort also, wo die Standor-
te 1 und 2 liegen. Weiterhin ist zu erwar-
ten, dass nach der Entfernung der Biofil-
me bereits regelmäßiges Wasserspülen
mit hohen Fließgeschwindigkeiten aus-
reichen würde, um die halbplanktischen
Populationen kleinzuhalten.

Dies war denn auch eine der Empfehlun-
gen an die SWT, nämlich einen entspre-
chenden Spülplan auszuarbeiten. Wei-
terhin wurde empfohlen, anhand des
Netzplans alle Zonen mit erhöhten Ver-
weilzeiten oder Stagnation zu ermitteln
und auf Tiere zu untersuchen. Kritische
Bereiche wären dann ggf. mit dem Imp-
ulsverfahren zu reinigen. Mittelfristig
empfiehlt sich eine regelmäßige Unter-
suchung der Tierdichten und Beobach-
tung der Besiedlung.

Fazit

Das Beispiel Tierstadt zeigt, dass beson-
nenes Verhalten, Analyse der Netzöko-
logie und Beseitigen der Ursachen, hier
vor allem der Biofilme samt der darin
lebenden Fauna hilft, die Situation rasch
unter Kontrolle zu bekommen. Da sich
die Tiere nicht vollständig aus dem Netz
entfernen lassen, ist jedoch in kritischen
Bereichen immer mit einer raschen Erho-
lung der semiplanktischen Wasserflöhe
und Hüpferlinge zu rechnen. Ähnliches
dürfte auch für mit Wasserasseln befal-
lene Anlagen gelten. Umso wichtiger ist
deshalb die Ermittlung und Reinigung
aller „hotspots“, die weitere Überwa-
chung der Bestände nach der Reinigung
und die konsequente Umsetzung der
Pflegemaßnahmen.

Eine intensive Reinigung ggf. kombi-
niert mit einer Überprüfung der Arma-
turen hilft, saubere Verhältnisse und
Sicherheit im Rohrnetz zu schaffen.
Zusammen mit Tieren werden Biofilme
(Nahrungsgrundlage für Metazoen) und
Ablagerungen (Einnistungspotenzial
für Mikroorganismen und Tiere) mobi-
lisiert und ausgetragen. Ergänzend zur
Reinigung zeigt die Überprüfung von
Schiebern an, welche Armaturen ggf.
nach Ertüchtigung wirklich funktionie-
ren. Durch die Anzahl an ertüchtigten
Schiebern können sich Reinigungsmaß-
nahmen rechnen, weil deren Austausch
nicht mehr erforderlich ist. Weiterhin
entfernt die nachfolgende Reinigung
die aus den Schiebern abgelösten Abl-
agerungen und Biofilme zuverlässig aus
dem Rohrnetz [16] [17].

Literatur

- [1] 27. Oldenburger Rohrleitungsforum,
Programm Seite 22, Block 27
[http://www.iro-online.de/cpme-
dia/downloads/programm_forum
_2013-74.pdf](http://www.iro-online.de/cpmedia/downloads/programm_forum_2013-74.pdf): Rohrleitungen im Zei-
chen des Klimawandels, Tagungsband
zum 27. Oldenburger Rohrleitungsfo-
rum; Schriftenreihe aus dem Institut für
Rohrleitungsbau Oldenburg Band 38;
Vulkan Verlag ISBN 978-3-8027-27777-
1; Lebensraum Trinkwasserleitungsnet-
ze im Fokus des Klimawandels Seite 137
- 158
- [2] Blech, J.: Leben auf dem Menschen;
rowolth Sachbuch rororo ISBN 978-3-
499-62494-0
- [3] Avramov, M., Schmidt, S. I., Grieb-
ler, C., Hahn, H. J. & Berkhoff, S. (2010):
Dienstleistungen der Grundwasseröko-
systeme. - KW Korrespondenz Wasser-
wirtschaft 3, 2, 74-81
- [4] DVGW-Arbeitsblatt W 270, Vermeh-
rung von Mikroorganismen auf Werk-

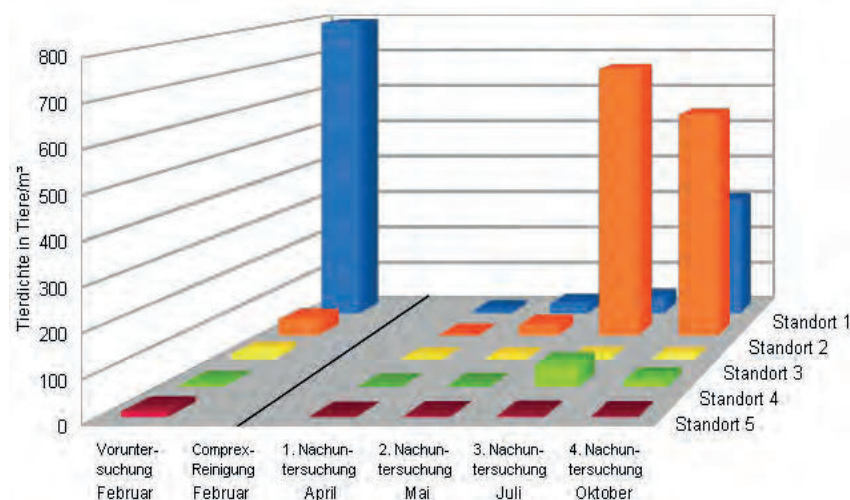


Abbildung 6: Ergebnis der Netzreinigung in Tierstadt: An allen behandelten Standorten konnte der Befall massiv reduziert werden.

stoffen für den Trinkwasserbereich - Prüfung und Bewertung

[5] DVGW-Hinweis W 271, Tierische Organismen in Wasserversorgungsanlagen

[6] Ginet, R., Decou, V. (1977): Initiation à la Biologie et à l'Écologie Souterraine, Jean Pierre Delarge, 345 S., Paris

[7] Schminke, H. K., Preuss, G. (2004): Grundwasser lebt!, Chemie in unserer Zeit 38, 340-347, Wiley-Verlag, Weinheim

[8] Gibert, J. & Deharveng, L. (2002): Subterranean Ecosystems: A truncated functional biodiversity, BioScience 52, 6, 473-481

[9] DIN EN 13443-1, Anlagen zur Behandlung von Trinkwasser innerhalb von Gebäuden – Mechanisch wirkende Filter – Teil 1: Filterfeinheit 80 µm bis 105 µm - Anforderungen an Ausführung, Sicherheit und Prüfung

[10] DVGW-Arbeitsblatt W 291, Reini-

gung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen

[11] Trinkwasser: Null-Diät für die Asseln, WAH beginnt Montag mit CO₂-Spülverfahren; Märkische Allgemeine vom 3.4.2009

[12] Versorgung: Asseln kamen aus Falkensee, Ursache für Trinkwasserbelastung mit „hoher wissenschaftlicher Sicherheit“ geklärt; Märkische Allgemeine vom 24.3.2009

[13] DVGW-Arbeitsblatt W 557, Reinigung und Desinfektion von Trinkwasser-Installationen

[14] Berghoff, S.: Effektivität einer Biofilmreduktion auf den Metazoenbefall im Trinkwasserleitungsnetz; gwf-Wasser Abwasser, Juni 2012 S. 681 – 682

[15] <http://www.hammann-gmbh.de/>

[16] Klein, N.: Reinigung, Desinfektion und Armatureninspektion; 3R (2011) Nr. 12, S. 860-863

[17] Klein, N. und Hammann, H.-G.: Reinigung als Maßnahme zur sicheren Betrieb von Rohrleitungen; 3R (2012) Nr. 11, S. 918-922

*PD Dr. Hans Jügen Hahn, Universität Koblenz-Landau, Institut für Umweltwissenschaften, Fortstr. 7, 76829 Landau; Tel.: 06341/280-31590, Fax 06341/280-31591, Email: hjhahn@uni-landau.de

**Dr. Norbert Klein, Hammann GmbH, Zweibrücker Straße 13, 76855 Annweiler; Tel.: 06346/3004-42, Fax 06346/3004-56, Email: n.klein@hammann-gmbh.de

Zielgenaue Werbung für Ihr Unternehmen?

Kein Problem!

Ob im Web, im Printmedium

oder auf Veranstaltungen

Nehmen Sie mit uns Kontakt auf über:

www.bundesverband-hygieneinspektoren.de