

Die Wasserassel (*Asellus aquaticus*) in Wasserversorgungsanlagen

-Studie-

für die

DAHME-NUTHE WASSER, ABWASSERBETRIEBSGESELLSCHAFT mbH

Köpenicker Straße 25

15711 Königs Wusterhausen

erarbeitet von:

LIMNO-PLAN GbR

Bauernweg 8

15741 Bestensee

Bestensee, den 20.6.2001

überarbeitet und ergänzt:

AquaLytis

Dipl.-Biol. Ute Michels

Scheederstraße 1a-c

15711 Königs Wusterhausen

Königs Wusterhausen, den 15.9.2008

Inhalt:

Inhalt: 2

1.	Zielstellung	4
2.	Biologie und Lebensweise der Wasserassel (<i>Asellus aquaticus</i>) im natürlichen Verbreitungsgebiet	5
	Kennzeichnung des Lebensraumes	5
	Nahrung	6
	Lebenszyklus und Vermehrung	6
2.4	Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen	7
3.	Die Wasserassel in Wasserversorgungsanlagen	9
	Fallbeispiele	9
3.2	Lebensweise und Bedeutung von Wasserasseln in Wasserversorgungsanlagen	15
3.2.1	Herkunft und Vermehrung	15
3.2.2	Nahrungsgrundlagen	15
4.	Methoden der Probeentnahme und Untersuchung von Wasserasseln	22
4.1	Qualitative und quantitative Abschätzung von Wasserasseln sowie weiteren Invertebraten im Rohrleitungssystem über die Beprobung von Hydranten	22
4.2	Zeitliches Monitoring von Wasserasseln sowie weiteren Invertebraten über die Untersuchung von Schmutzfängern / Partikelfiltern	23
5.	Möglichkeiten der Bekämpfung von Wasserasseln	24
5.1	Chemische Bekämpfung	24
5.1.1	Chlor und Chlorverbindungen	24
5.1.2	Pyrethroide	25
5.1.3	Ozon	26
5.1.4	UV-Bestrahlung	26
5.1.5	Ultraschall	27
5.1.6	Kohlendioxid	27
5.2	Mechanische Entfernung von Wasserasseln	27
5.2.1	Rohrspülungen	27
5.2.2	Siebe, Filter	28
5.3	Verminderung der Nahrungsgrundlagen	28
6.	Kurz- mittel- und langfristige Maßnahmen zur Verminderung / Beseitigung von Wasserasseln	31
6.1	Verminderung der Nahrungsgrundlagen	31
6.2	Rohrnetz-Spülungen	31

6.3	Aktive Bekämpfung	32
6.4	Sanierung und Erneuerung des Versorgungsnetzes	32
7.	Zusammenfassung	34

1. Zielstellung

Im Rahmen einer Literatur- Daten- und Dokumentenrecherche wird der aktuelle Kenntnisstand über die Wasserassel (*Asellus aquaticus*) unter besonderer Berücksichtigung ihres Vorkommens in Anlagen der Wasserversorgung dokumentiert, um daraus Lösungsansätze im kurz-, mittel- und langfristigen Maßstab abzuleiten sowie den erforderlichen Untersuchungsbedarf zur Ursachenermittlung sowie zur Umsetzung von Lösungsansätzen zu ermitteln.

Grundlage der Literaturrecherche ist der im Rahmen des DVGW Regelwerkes erschienene Hinweis W 271 „Tierische Organismen in Wasserversorgungsanlagen“, der entsprechende Forschungsbericht des DVGW sowie einige der darin verzeichneten Literaturhinweise. Darüber hinaus wurden folgende Zeitschriften bzw. Periodika nach relevanten Veröffentlichungen durchgesehen:

- Wasserwirtschaft Wassertechnik 1997-2001
- Gas Wasser Abwasser 1997-2001
- gwf Wasser – Abwasser 1997-2001
- Journal American Water Works Association 1997-2001
- Wasser und Boden 1997-2001
- Wasser – Energie – Luft 1997-2001
- Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 1997-2001
- Water Resources Research 1997-2001
- Water services 1997-1998
- Aquatic sciences 1997-2001
- Acta hydrochimica et hydrobiologica 1997-2001
- Limnologica 1997-2001
- Int Rev. ges. Hydrobiology 1997-2001
- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen / Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 1997-2001
- Archiv für Hydrobiologie 1997-2001
- Freshwater biology 1998-2001
- Water Environment Research 1998-2001

Um möglichst aktuelle Fälle und Erfahrungen zur Problematik auswerten zu können wurden 91 Wasserversorger zum Thema Wasserasseln in Wasserversorgungsanlagen befragt.

2. Biologie und Lebensweise der Wasserassel (*Asellus aquaticus*) im natürlichen Verbreitungsgebiet

Kennzeichnung des Lebensraumes

Die Wasserassel (*Asellus aquaticus*) ist in Seen, Teichen, Bächen und strömungsberuhigten Bereichen von Flüssen in der ganzen Paläarktis verbreitet. Das Tier „findet sich sozusagen überall im Wasser, wo faulendes Material zerstört werden soll, ...; davon leben die Tiere an solchen Stellen.“ *Asellus aquaticus* gehört zu den Charakterarten der Gewässergütestufe II-III für Fließgewässer. Diese Gewässer gelten als „kritisch belastet“, die Verschmutzung mit organischen, sauerstoffzehrenden Stoffen bewirkt einen kritischen Zustand, Fischsterben infolge Sauerstoffmangel sind möglich (13).

Charakteristisch für Wasserasseln ist ihr dorsoventral abgeplatteter Körper. Die Männchen werden durchschnittlich 12mm und die Weibchen 8mm groß. Die größten Individuen (20mm bzw. 15mm) treten im Frühjahr auf. Die Färbung der Tiere variiert von nahezu farblos bis dunkelgraubraun.

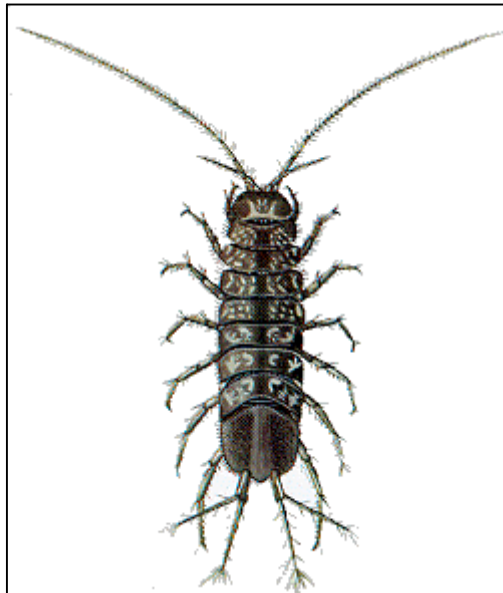


Abbildung 1: Die Wasserassel (*Asellus aquaticus*)

Eng verwandt ist *Asellus cavaticus*, die aber als echte Höhlen- bzw. Grundwassertiere stets pigmentlos und blind sind. Experimente mit blinden Asseln (hier *Coecidothea*) und einem *Asellus*, der in Wasserlöchern lebt, zeigen, dass *Asellus* viel schneller als die blinde Asselform auf Lichtreize reagiert. „Hält man *Asellus* im Dunkeln, so wird er rasch, sowie ihm dazu Gelegenheit geboten wird, das Licht wieder aufsuchen.“ (BANTA zit. in WESENBERG-LUND, C. 1939)

Die Wasserassel ist nicht schwimmbefähigt sondern bewegt sich durch Laufen fort und widersteht dabei auch beachtlicher Wasserströmung bzw. kann sogar gegen eine gewisse Wasserströmung wandern. Wichtigstes Kriterium für die Besiedelung eines (fließenden) Gewässers mit Wasserasseln ist das Vorhandensein geeigneter Nahrungsquellen (z.B. Falllaub) und Unterschlupfmöglichkeiten. Günstigste Bedingungen für eine Besiedelung mit Wasserasseln bieten Tümpel, Seen, Bäche ... in denen die Strömungsverhältnisse eine Ablagerung von Falllaub und anderen abgestorbenen Pflanzenteilen erlauben. Während der Untersuchungen von MOMMERTZ (1993) wurden dauerhafte Asselpopulationen nie bei Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als 0,05 m/s nachgewiesen und nie in Bereichen ohne dicke Streuauflage oder dichten Bewuchs.

Nahrung

Das Nahrungsspektrum der Wasserasseln ist sehr breit gefächert: Falllaub, pflanzlicher und tierischer Detritus, sogar Kadaver toter Artgenossen aber auch Bakterien und Pilze, die sich als biologischer Rasen u.a. auf den Zersetzungsprodukten befinden. In zahlreichen Laborversuchen konnte sogar Kannibalismus beobachtet werden.

Lebenszyklus und Vermehrung

Die Lebenszyklen der europäischen Gemeinschaften von *Asellus aquaticus* zeigen auffallende geographische Unterschiede, die mit dem Temperaturregime der einzelnen Regionen zusammenhängen. In den gemäßigten Breiten nördlich der Alpen werden i.d.R. zwei Generationen pro Jahr durchlaufen. Im Winter findet man in den Gewässern nur adulte (erwachsene) Tiere. In dieser Jahreszeit wird die Fortpflanzung für einige Monate eingestellt (reproduktive Diapause). Die Tiere werden unempfindlich für Temperaturreize und überstehen auch Temperaturen unter 4°C; für Eier, Embryonen und Jungtiere wären derartige „Kälteschocks“ tödlich. Zeitgeber für das Ende der Fortpflanzungszeit im Herbst ist die Tageslänge, Auslöser für die Wiederaufnahme im Frühling die Wassertemperatur. Flexible Reaktionen auf außergewöhnlich warme Winter sind jedoch möglich; in manchen Populationen wurden auch Tiere gefunden, die sich im Winter fortpflanzen (MOMMERTZ, 1993).

In Bayern untersuchte Populationen zeigen i.d.R. zwei ausgeprägte Phasen der Vermehrung pro Jahr: eine im zeitigen Frühjahr und eine im Sommer, wobei die Weibchen nur einmal in ihrem Leben eine Brut aufziehen können.

Zum Verständnis des Sexualverhaltens soll kurz der Häutungszyklus¹ der Weibchen erläutert werden: Bei geschlechtsreifen Weibchen wechseln sog. Zwischen- und Reifehäutungen miteinander ab. Während der Reifehäutung findet die Kopulation statt, denn nur in dieser Zeit sind die Geschlechtsöffnungen des Weibchens frei zugänglich bzw. groß genug, um das Eindringen der männlichen Genitalpapillen zu ermöglichen. Danach werden die Eier in einen auf der Bauchseite der Tiere befindlichen Brutsack abgelegt, in welchem auch die Jungen noch einige Zeit nach dem Schlüpfen verbleiben. Wenn sie die Mutter verlassen haben, findet eine Zwischenhäutung statt, bei welcher der Brutraum zurückgebildet wird.

Asellus aquaticus gehört zu den Arten, bei denen der eigentlichen Paarung eine mehrtägige Präkopula-Phase vorausgeht, bei der das Männchen ein entsprechend paarungsbereites Weibchen (das Weibchen befindet sich in der Reifehäutung) mit sich herumträgt. Diese Phase ist vorteilhaft,

- da zwischen den Männchen einer Population eine Konkurrenz um wenige paarungsbereite Weibchen besteht und
- da es auf Grund des kurzen Zeitraumes der Empfängnisbereitschaft bei den Weibchen für die Männchen günstig ist, sich schon vor der Paarung einige Zeit in der Nähe eines Weibchens aufzuhalten.

Die Präkopula kann als die sensibelste Phase der Fortpflanzung bezeichnet werden; je nach Dauer der Verbindung wird diese bei Stress wieder gelöst und u.U. nicht wieder aufgenommen. Ohne Präkopula ist jedoch auf Grund des kurzen Zeitraumes der Paarungsbereitschaft des Weibchens eine Fortpflanzung generell nicht mehr möglich.

In der Arbeit von MOMMERTZ (1993) wurden die Versuchstiere einem „Trockenstress“ unterworfen, um die Dauer bis zur Auflösung der Präkopula zu analysieren. Weitere Stressfaktoren wurden nicht untersucht. Darüber hinaus sind im Zeitraum der Bearbeitung dieser Studie keine Arbeiten bekannt geworden, die weitere Stressfaktoren und deren Wirkung auf die Präkopula-Phase beschreiben. An dieser Stelle besteht weiterer Untersuchungsbedarf, da mit „handhabbaren“ Stressfaktoren die Vermehrung der Asseln theoretisch verhindert werden könnte, was den Asselbefall von Trinkwasserversorgungsanlagen mittelfristig beseitigen könnte.

2.4 Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen

Die Wasserassel gehört zu den weit verbreiteten und gegenüber ihren Lebensbedingungen recht toleranten Tieren.

¹ : Wasserasseln besitzen wie andere Krebse auch ein sog. Exoskelett (äußeres Skelett) und häuten sich, um zu wachsen.

Asellus aquaticus ist beispielsweise unempfindlich gegenüber (starken) Schwankungen der **Sauerstoffkonzentration** und kann sogar einige Zeit unter anaeroben Bedingungen überleben. In Laboruntersuchungen von HERVAN, E. et al. (1996) lebten unter streng anaeroben Bedingungen (Sauerstoffkonzentration =0) nach ca. 20 Stunden noch die Hälfte der Versuchstiere.

Zur **pH-Toleranz** bzw. Säuresensitivität von Wasserasseln gibt es widersprüchliche Aussagen; sie reichen von tolerant bis sensibel gegenüber Gewässerversauerung. Nach BRAUKMANN (1987) werden nur Gewässer mit pH-Werten im neutralen Bereich besiedelt. Untersuchungen an unterschiedlich sauren Fließgewässern in der Dübener Heide (OHREND; C.; REINHART, U., 1997) haben gezeigt, dass die Tiere lediglich schwach saure Bedingungen tolerieren können. Sie wurden nur in solchen Gewässerabschnitten gefunden, in welchem der durchschnittliche pH-Wert größer 5,3 war und pH-Werte von 4,7 nie unterschritten wurden. Wasserasseln, die über Zuflüsse in stärker versauerte Gewässer eingetragen wurden, konnten dort keine stabilen Populationen ausbilden. Ihr Vorkommen blieb auf die jeweilige Mündungsregion beschränkt.

Auf Grund ihrer ubiquitären Verbreitung ist *Asellus aquaticus* an ein breites **Temperaturspektrum** angepasst. Wassertemperaturen unter 4°C werden vertragen, lediglich ein direktes Einfrieren führt zum Tod der Tiere.

3. Die Wasserassel in Wasserversorgungsanlagen

Fallbeispiele

Die Beobachtung bzw. der Nachweis von tierischen Organismen in Wasserversorgungsanlagen ist so alt wie die öffentliche Wasserversorgung selbst. Älteste veröffentlichte Untersuchungen stammen aus der Mitte des 19. Jahrhunderts, einer Zeit in der man begann, in großen europäischen Städten eine zentrale Wasserversorgung zu errichten. 1850 bzw. 1853 veröffentlichten HASSAL in London sowie COHN in Breslau die ersten Arbeiten über das Vorkommen von tierischen Organismen im Trinkwasser. Anlass dieser Untersuchungen waren jeweils vorangegangene Choleraepidemien. Beide Forscher vermuteten einen Zusammenhang zwischen den im Trinkwasser nachgewiesenen Organismen und dem Verschmutzungsgrad des Wassers (/1/; SCHREIBER, S.; SCHOENEN, D., 1998).

In **Berlin** traten nach dem 1. Weltkrieg in den mit Seewasser versorgten Stadtteilen Wasserasseln auf. Von der Preussischen Landesanstalt für Wasser- Boden- und Lufthygiene wurde die Anwendung von Pyrethrum-Insektenspulver zur Asselbekämpfung empfohlen. Eine Bekämpfung der Asseln erfolgte sowohl in der Aufbereitung (auf den Sandfiltern) als auch im Verteilungssystem. Für die Bekämpfung der Asseln auf den Sandfiltern wurden die Filter außer Betrieb genommen, entleert, mit Insektenspulver bestäubt, wieder aufgefüllt, das Wasser nach 1-2tägiger Einwirkzeit in den Kanal abgelassen, gespült und wieder in Betrieb genommen. Die betreffenden Rohrstränge wurden für die Verbraucher vorübergehend gesperrt, mit pyrethrumhaltigen Wasser versetzt und nach meist 1tägiger Einwirkung gespült und wieder freigegeben. Die Organismenbekämpfung auf diese Art erwies sich als sehr kostspielig und zeitraubend. Auf Grund des verzweigten Rohrnetzes waren Wiederbesiedelungen nicht zu vermeiden (SCHWARTZ, H. 1966); bis heute treten Wasserasseln im Trinkwasserverteilungssystem regelmäßig auf.

Neuere Nachweise sind v.a. im ehemaligen Ost-Berlin zu verzeichnen; nach Aussagen der Berliner Wasserbetriebe (PETERSSON, pers. Mitt.) ist dies vor allem ein Resultat von Veränderungen in der Trinkwasseraufbereitung. Im Ostteil Berlins wurde bis zur Wende das Trinkwasser mit einem Chlorgehalt von maximal 0,3mg/l an das Rohrnetz abgegeben. Nach Auswertung vorhandener langjähriger Analysenreihen sowie eines Langzeitversuches konnte der Beweis erbracht werden, dass Roh- und Trinkwasser den bakteriologischen Anforderungen der Trinkwasserverordnung gerecht werden. Nach Meinung der Berliner Wasserbetriebe hatte der Wegfall der Chlorung zur Folge, dass sich schrittweise das Nahrungsangebot für Wasserasseln im Rohrnetz verbesserte und eine Vermehrung einsetzte. Zur Verminderung des Befalls werden inkrustierte Leitungen (v.a. Endstränge mit Zementmörtel ausgekleidet. Spülungen brachten bisher nicht den gewünschten Effekt;

teilweise wurden danach erhöhte Eisenkonzentrationen im Trinkwasser registriert.

1947 wurde in **Amsterdam** eine Bekämpfung von Wasserasseln durchgeführt, wobei Pyrethrine in gelöster Form dem gesamten Trinkwasser zugegeben wurden. Die zuständige Gesundheitsbehörde genehmigte eine Zugabe von Pyrethrin bis zu einer Konzentration von 0,1 mg/l. Im Reinwasser wurde eine Konzentration von 0,002mg/l erreicht. Die toten Asseln wurden durch Fluten von 10000 Hydranten ausgespült. Die Dichte der ausgespülten Asseln betrug durchschnittlich 5 Individuen pro m³, maximal wurden an einem Hydranten 30 Asseln pro m³ ausgespült (VAN HEUSDEN, G.P.H. 1948).

In **Coventry** wurde 1951-1955 eine Bekämpfung von *Asellus aquaticus* mit Chloramin durchgeführt. Eine Chloraminzugabe von 0,8mg/l ab Wasserwerk konnte die Asseln zwar nicht abtöten, reichte aber aus, die Reproduktion der Asseln zu unterdrücken. Die Dosierung erfolgte jeweils von April bis September. Die in Leitungsfällen erbeuteten Asseln zeigten bald keine Kopulationsstadien mehr, die Weibchen bildeten keinen Brutraum mehr aus. Die Aktion war sehr zeitraubend und erreichte nicht alle Versorgungsgebiete. Die Asseln konnten jedoch soweit dezimiert werden, dass es zu keinen Beeinträchtigungen bzw. Klagen mehr kam (HOLLAND, G.J. 1956).

Weitere Asselbekämpfungen wurden in **Gloucester** und **Farington** jeweils mit Pyrethrin durchgeführt, welches dem Trinkwasser direkt zugegeben wurde. In Gloucester wurden im Vorversuch 0,002 mg/l und im Großversuch nur 0,0005mg/l angewandt. Letztere Konzentration bewirkt, dass die Tiere die Beine krampfartig anziehen, von der Unterlage loslassen und auf diese Weise aus den Hydranten ausgespült werden können. In Farington wurde, nachdem eine Hochchlorung nur Nais, Nematoden, Cyclops und Daphnien vernichtet hatte, gegen *Asellus aquaticus* eine Konzentration von 0,01 mg/l Pyrethrin angewandt (TURNER, M.E.D. 1956; HART, K.M. 1957).

Der am ausführlichsten beschriebene Fall einer Besiedelung des Verteilungsnetzes mit Wasserasseln ist der von **Magdeburg**. Nach Angaben älterer Mitarbeiter sollen die Tiere bereits vereinzelt 1928/29 in Wasserzählern gefunden worden sein. Bis 1962 kam *Asellus aquaticus* nur im Trinkwassernetz bestimmter Stadtteile vor; danach wurden die Tiere in mehr oder weniger allen Gebieten der Stadt nachgewiesen. So registrierte der Versorgungsbetrieb zwischen März 1963 und August 1964 insgesamt 124 Fundstellen. Zunächst wurden nur örtliche Gegenmaßnahmen ergriffen, die in der Spülung des betreffenden Stranges und dem Auswechseln der Wasseruhren bestanden. Im Sommer 1964 waren die Lebensbedingungen für die Wasserasseln im Leitungsnetz offenbar so günstig, dass es zur Massenvermehrung kam und eine generelle Bekämpfung der Tiere im gesamten Netz unumgänglich wurde. Der Wasserbedarf wurde zu diesem Zeitpunkt zu 50% mit Elbewasser und zu 50% mit Grundwasser aus der Letzlinger Heide gedeckt. Das aus Elbewasser aufbereitete Trinkwasser hatte eine „teilweise unbefriedigende Wasserqualität“ (SCHWARZ, et al.1966), es roch muffig

und hatte beispielsweise gegenüber dem aufbereiteten Grundwasser einen 9fach höheren Permanganatverbrauch². Aufbereitetes und desinfiziertes Elbe- sowie aufbereitetes Grundwasser wurden gemischt und danach an die Verbraucher abgegeben, trotzdem war im Leitungsnetz noch eine hohe Chlorzehrung zu verzeichnen.

In umfangreichen Vorversuchen wurde ein Mittel gesucht, welches toxisch für Asseln, aus hygienischer Sicht jedoch unbedenklich und wirtschaftlich in der Anwendung ist. Die Bekämpfung der Wasserasseln erfolgte schließlich mit Pyrethrin in einer Konzentration von 0,0025 mg/l. Als Wirkmittelverstärker bzw. Synergist wurde zusätzlich Piperonylbutoxid in der 2,5 fachen Konzentration zudosiert. Das Pyrethrum wirkte schlagartig auf die Asseln: In einigen Haushalten wurden pro Glas Wasser 20-40 Asseln gezählt, verschiedentlich kam es durch Verstopfungen zu Druckmangel und in Extremfällen zur völligen Unterbrechung der Wasserversorgung einzelner Grundstücke. Ein in einer Hauptleitung eingebautes Fangsieb musste während der Aktion täglich von einem zentimeterstarken Asselbelag gereinigt werden.

Während der Bekämpfungsmaßnahmen erhöhte sich die Keimzahl im Trinkwasser erheblich, so dass am 5. Tag der Pyrethrumzusatz beendet und mit der Hochchlorung begonnen wurde. Nach weiteren 14 Tagen konnte zum Normalbetrieb übergegangen werden.

² : Summenkriterium zum Nachweis organischer Stoffe

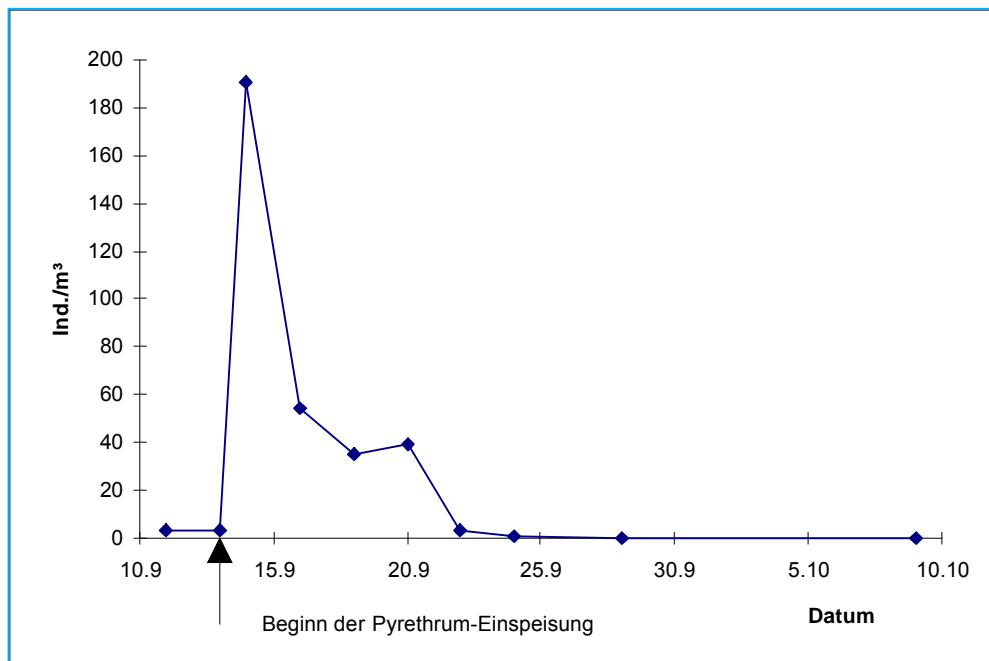


Abbildung 2: Mittelwerte der aus den Testhydranten ausgespülten Asseln während der Bekämpfungsmaßnahmen in Magdeburg 1964 (aus SCHWARTZ, H. et al. 1966)

In der 60er Jahren wurde in **Rostock** wiederholt eine „Asselinfection“ im Wasserwerk beobachtet, ohne dass eine Besiedelung des Rohrnetzes festgestellt werden konnte. Nach Meinung der Autoren hat hier ähnlich wie in Coventry eine hohe Chlorung die Vermehrung der Asseln im Verteilungssystem unterbunden (SCHWARTZ, H. et al. 1966).

In der neueren Literatur finden sich weit weniger und v.a. weniger gut dokumentierte Fallbeispiele für das Vorkommen von Wasserasseln in Aufbereitungsanlagen. Im DVGW Regelwerk zu „Tierischen Organismen in Wasseraufbereitungsanlagen“ (1997) findet sich ein anonymer Hinweis auf den Befall eines Versorgungsnetzes. Vom 116km langen Versorgungsnetz waren rund 50% frei von Asseln, in den übrigen Stadtgebieten wurden Asseln in einer Dichte von bis zu 10 (durchschnittlich 2) Tiere je m³ beobachtet. Als Gegenmaßnahme wurden Rohrnetzspülungen durchgeführt. Da die erreichten Fließgeschwindigkeiten jedoch nicht ausreichten, um die Asseln oder das Sediment entscheidend zu entfernen, wurde eine Luft-Wasser-Spülung durchgeführt, bei der in den besonders betroffenen Gebieten auch alle Hausanschlussleitungen erfasst wurden. Eine vollständige Entfernung der Asseln war allerdings auch damit nicht zu erzielen. Als weitere Maßnahmen wurden daher in erheblichem Umfang inkrustierte Leitungen mit Zementmörtel ausgekleidet bzw. erneuert. Insgesamt wurde damit zwar eine vollständige Beseitigung der Tiere nicht erreicht, die Bestände konnten jedoch deutlich dezimiert und die Wiederbesiedelung begrenzt werden.

Möglicherweise den gleichen Fall beschreibt MEVIUS (1997) für die Stadt **Hamburg**. Hier kam es in Rohrnetzbereichen mit starkem Asselbefall zeitweise zum Verstopfen der Zählersiebe, was zu Druckverlusten in der Hauswasserinstallation geführt hat. Des Weiteren sind auch von Abnehmern Asseln in Feinfiltern der Hausinstallation gefunden worden. Ein sicherer Fundort war weiterhin das Restwasser in abgelassenen Reinwasserbehältern, in welchen besonders die Exkremente der Wasserasseln, sog. Asselpellets auffallen. Als Gegenmaßnahmen der Wahl wurden mechanische Verfahren angewendet. Sehr gute Erfolge wurden mit Druckluft-Wasser-Intensivspülungen erzielt. Hierbei werden in der Rohrleitung starke Turbulenzen, ähnlich wie bei der Spülung eines Filters erzielt, bei der die Asseln sich nicht mehr an der Rohrwand halten können. Wie oben bereits angedeutet, werden auch bei diesem Verfahren nicht alle Tiere ausgespült, einige können sich im Muffen, Schieberdomen usw. verstecken. Bei wiederholter vollständiger Entleerung des entsprechenden Rohrabschnittes sollen die Asseln allerdings auch diese Verstecke räumen. In stark inkrustierten Leitungen blieben trotzdem einige Exemplare zurück.

Um möglichst aktuelle Fälle und Erfahrungen zur Problematik auswerten zu können wurden 91 Wasserversorger zum Thema Wasserasseln in Wasserversorgungsanlagen befragt (die Adressenliste der angeschriebenen Unternehmen befindet sich in Anlage 1). In Form eines Fragebogens sollten Informationen zum Nachweis von Wasserasseln sowie weiteren tierischen Organismen in der Wasseraufbereitung sowie –verteilung, zum Material und zum Alter der betreffenden Rohrleitungen sowie zu Bekämpfungsmaßnahmen gewonnen werden. Bis zum Abschluss der Arbeiten (19.6.) hatten 30 Wasserversorger geantwortet. Die überwiegende Zahl dieser Unternehmen (27) hatten und haben aktuell keine Probleme mit Wasserasseln oder sonstigen tierischen Organismen in ihren Verteilungssystemen. Lediglich bei zwei Betrieben wurden Wasserasseln im Rohrleitungssystem nachgewiesen.

Im ersten Fall bestehen die Leitungen des betreffenden Systems aus Asbestzement und sind 30 bis 40 Jahre alt. Als Rohwasserquelle wird tertiäres Grundwasser verwendet, eine regelmäßige Desinfektion findet nicht statt. Zur Bekämpfung des Befalls wird das Leitungssystem regelmäßig gespült. Als weitere Maßnahme wurde die Chlorung benannt. Insgesamt konnte damit ein Rückgang des Befalls erreicht werden.

Im zweiten Fall wird eisenhaltiges, huminstoffreiches und sauerstoffreiches Grundwasser aufbereitet. Das aufbereitete Wasser wird mittels UV-Strahlung desinfiziert. Die betreffenden Rohrleitungssysteme bestehen aus

- Guss / Stahl ohne Zementauskleidung,
- Guss / Stahl mit Zementauskleidung und
- PVC-PE.

Seit dem Nachweis der Asseln in einem Versorgungsgebiet wurden in erheblichem Umfang Maßnahmen ergriffen, um die Besiedelung zu verringern

und um zu verhindern, dass die Tiere sich vermehrt ausbreiten. Zu den Maßnahmen gehörten umfangreiche Spülungen des Versorgungsnetzes einschließlich der Hausanschlussleitungen. Während der Spülungen wurden zusätzlich Luft und sogar Eiswürfel eingebracht, um Ablagerungen und Asseln möglichst effektiv zu entfernen. Zusätzlich wurden inkrustierte Rohrleitungen mit Zementmörtel ausgekleidet bzw. ersetzt, um Nischen und Refugien, in denen sich die Tiere aufhalten können, zu vermeiden. Bisher ist es trotz dieser Maßnahmen nicht gelungen, das befallene Gebiet vollständig frei von Asseln zu bekommen; sie bewirken jedoch, dass sich die Tiere nicht weiter ausbreiten.

Ein weiterer Wasserversorger benennt Vorkommen von *Niphargus* (Brunnenkrebse) im Versorgungsgebiet. Entsprechend der Herkunft des Tieres wird Grundwasser als Rohwasserquelle verwendet. Das aufbereitete Trinkwasser wird in diesem Fall nicht desinfiziert. Mittels unregelmäßiger Spülungen des Leitungssystems konnte der Befall vermindert werden.

Eine interessante Mitteilung im Zusammenhang mit Wasserasseln in Trinkwasserverteilungssystemen kam von **Severn Trend**, einem der größten Wasserversorger in **Großbritannien**. Im Unternehmen wird hauptsächlich Oberflächenwasser als Rohwasserquelle genutzt, da nutzbares Grundwasser nicht in dem Maße, wie in Deutschland zur Verfügung steht (ZWIRNMANN, pers. Mit.). Bei Severn Trend hatte man Asselnachweise von Zeit zu Zeit in einigen Abschnitten des Verteilungssystems. Beste Ergebnisse bezüglich einer Beseitigung bzw. Verminderung des Befalls hatte man mit einer gezielten Zugabe von Permethrin oder Pyrethrin. Hierfür gibt es im Unternehmen eine Handlungsanweisung, die jedoch bis zur Fertigstellung der Studie nicht verfügbar war. Die Substanzen werden offensichtlich in Konzentrationen zudosiert, die Lähmungserscheinungen bei den Asseln auslösen, was wiederum bewirkt, dass die Tiere ihre Haftung an den Rohrwänden verlieren und über Hydranten ausgespült werden können. Bei Berücksichtigung der „normalen“ Lebensweise von *Asellus* in Wasserverteilungssystemen, Schutz- und Versteckmöglichkeiten aufzusuchen, zeigen reine Spülungen einen geringen Effekt auf die Asselpopulationen, vermindern jedoch deren Nahrungsgrundlage durch das Austragen von absetzbaren organischen Materialien. Gute Ergebnisse bezüglich der Verminderung eines Befalls wurden mit kurzzeitigen Chlorgaben (bis zu 10 mg/l für einige Stunden) erreicht.

Insgesamt wird eingeschätzt, dass das Vorkommen von Wasserasseln in der Wasseraufbereitung in dem Maße zurückgegangen ist, in dem sich die Qualität des abgegebenen Trinkwassers erhöhte. Insbesondere die Kontrolle und Reduzierung des „(bio)verfügbaren“ organischen Kohlenstoffs als wesentliche Nährstoffquelle für Biofilme führt letztlich auch zur Reduktion der Wasserasseln im Verteilungssystem.

3.2 Lebensweise und Bedeutung von Wasserasseln in Wasserversorgungsanlagen

Die als ubiquitär und euryök, d.h. weit verbreitet und unspezifisch in ihren Lebensansprüchen geltende Wasserassel ist offensichtlich „in besonderen Maß zum Leben in dem künstlichen Biotop Rohrleitungen befähigt.“ Die Tiere können sich mit ihrem dorsoventral abgeplatteten Körper fest an die Wand anschmiegen und größeren Strömungsgeschwindigkeiten widerstehen (SCHWARZ, H. 1966; MEVIUS, W. 1997). „In den Rohrleitungen bewegt sich Asellus bei Fließgeschwindigkeiten von bis zu etwa 0,7 m/s normal. Bei höherer Geschwindigkeiten tasten sich die Asseln deckungssuchend mit dem Kopf stromaufwärts voran, bis sie in Unebenheiten der Rohrwandung Schutz finden.“ (SCHWARZ, H., 1966)

3.2.1 Herkunft und Vermehrung

Die **Einwanderung** von *Asellus aquaticus* in Trinkwasserverteilungssysteme erfolgt nach Ansicht der meisten Autoren über den Kontakt mit Oberflächengewässer (MEVIUS, M. 1997; /2/; SCHWARZ, H., 1966), wobei die nur wenige Millimeter großen Jungtiere alle Filterstufen der Aufbereitung überwinden können. Nach MEVIUS (1997) ist eine strikte Trennung des Wasserwerkes vom Oberflächengewässer das sicherste Verfahren, das Rohrnetz vor einem Befall mit Wasserasseln zu schützen. Überlaufleitungen, Entleerungsleitungen von Reinwasserbehältern usw. müssen daher einen freien Auslauf in einen Schacht o.ä. haben, um ein Zurückkriechen der Tiere zu verhindern. Mühelos überwinden Sie auch Druckerhöhungsstationen. In diesem Zusammenhang sind auch nicht sachgerecht betriebene Anlagen zur Regenwassernutzung zu nennen, die einen Zugang zum öffentlichen Trinkwassernetz haben.

Im natürlichen Lebensraum zeigen die Wasserasseln im nördlichen Mitteleuropa zwei ausgeprägte **Vermehrungsphasen** im Jahr. Als Zeitgeber für diese Entwicklungsphasen werden die Wassertemperatur und die Tageslänge diskutiert. Im Falle des Leitungssystems existieren beide Zeitgeber nicht mehr, da die Wassertemperaturen wesentlich ausgeglichener sind und die Tiere in völliger Dunkelheit leben. Einige Autoren sind daher der Meinung, dass sich die Tiere unter diesen Umständen ständig vermehren können (MEVIUS, W. 1997), andere gehen jedoch von einem Beibehalten des natürlichen Rhythmus aus (/2/). Für alle Bekämpfungsmaßnahmen, die bei der Vermehrung von Wasserasseln ansetzen, ist die Kenntnis des Fortpflanzungszyklusses von großer Wichtigkeit, so dass in dieser Richtung noch Untersuchungsbedarf besteht.

3.2.2 Nahrungsgrundlagen

Im Gegensatz zu vielen anderen tierischen Organismen, die trotz oder über Anlagen zur Wasseraufbereitung in das Verteilungsnetz gelangen und hier nur passiv transportiert werden, ist *Asellus aquaticus* in der Lage, in ent-

sprechenden Rohrleitungssystemen zu überleben und sich zu vermehren. Das Einwandern von nur wenigen Exemplaren ist ausreichend, um ganze Versorgungssysteme zu besiedeln. Neben dem geeigneten Lebensraum (inkrustierte Rohrleitungen, Tot- bzw. Stillwasserzonen) spielt der Nachschub an Nährstoffen die entscheidende Rolle für die Fortpflanzung der Tiere. Unter besonders günstigen Bedingungen kann dies u.U. zu explosionsartiger Vermehrung führen. Wie im Abschnitt 0 bereits beschrieben wurde, sind Wasserasseln diesbezüglich nicht sehr wählerisch, sie ernähren sich von allen möglichen, sich zersetzenden organischen Substanzen und verschmähen dabei auch eigene tote Artgenossen nicht sowie Bakterien, die als Biofilm auf anorganischen und organischen Oberflächen wachsen. Die Zufuhr von nutzbaren Nahrungsquellen erfolgt

1. in Form von partikulärem organischen Material und
2. in Form von bioverfügbaren, gelösten organischen und anorganischen Substanzen

mit bzw. im Trinkwasser.

Die partikuläre organische Fracht des Trinkwassers kann aus tierischen und pflanzlichen Organismen und deren Fragmenten sowie Bakterien / Bakterienflocken bestehen. Ein großer Teil der tierischen und pflanzlichen Organismen wird im Trinkwasserverteilungssystem passiv transportiert und stirbt ab.

In jüngster Zeit wurden gerade zum Vorkommen tierischer Organismen in Wasseraufbereitungsanlagen umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Die wesentlichste Eintrittspforte für tierische und pflanzliche Organismen in das Trinkwasser ist das Rohwasser, respektive die Aufbereitung. Hierbei kann man eine funktionale Unterscheidung treffen zwischen Organismen, die im Zuge der Aufbereitung nicht oder nur unvollständig entfernt werden und solchen, die erst durch die Aufbereitung selbst in nennenswertem Umfang in das Trinkwasser gelangen. Die Anzahl und das Artenspektrum der „Trinkwasserfauna / -flora“ ist abhängig vom aufzubereitendem Rohwasser. Beispielsweise ist die Anzahl der Organismen in einem Trinkwasser, das aus einem vergleichsweise nährstoffreichen Oberflächenwasser oder einem Uferfiltrat aufbereitet wird höher als die eines nährstoffärmeren Trinkwasser aus Grundwasser (Tabelle 1; SCHREIBER; S., SCHOENEN, D. 1996 und 1998).

Tabelle 1: Anzahl der Organismen im Trinkwasser ab Wasserwerk geordnet nach der Rohwasserquelle (aus SCHREIBER, S., SCHOENEN, D. 1998)

TSPW – Talsperrenwasser; GW – Grundwasser; aGW – angereichertes Grundwasser; GW/UF – Mischwasser Grundwasser, Uferfiltrat; GW7QW – Mischwasser Grundwasser, Quellwasser

Org./m ³	TSPW	GW	aGW	GW/UF	GW/QW
median	2560	138	146	195	41
min	39	0	6	4	33
max	7738	959	408	3395	716

Die Untersuchungen der saisonalen Variation der Invertebraten im Trinkwasser zeigten, dass die Aufbereitungsverfahren der untersuchten Talsperren nicht in der Lage sind, die wechselnde Zusammensetzung des Rohwasserplanktons zu beherrschen und auch hinsichtlich der Organismenfracht ein Wasser gleichbleibender Zusammensetzung zu liefern. Vor allem Rädertiere und Nauplien können in nennenswertem Umfang die Aufbereitung durchbrechen. Im Gegensatz dazu kann bei der Grundwasserversorgung die Aufbereitung selbst zu einer wesentlichen Quelle für Organismen werden. Mikroskopisch kleine Invertebraten sind in bestimmter Anzahl und Artenzusammensetzung ein wichtiger funktioneller Bestandteil aller Filtrationsstufen. Bei der Wasseraufbereitung sind diese typischen Filterbewohner als erwünscht anzusehen, da sie in enger Wechselwirkung mit Mikroorganismen zur Mineralisation der infiltrierten organischen Substanzen beitragen und eine wichtige Rolle beim Offenhalten der Porenräume spielen (Abbildung 4). Nachfolgende Aufbereitungsschritte verhindern, dass lediglich ein Teil der in den Reinwassersammelleitungen mitgeführten Organismen bis ins Trinkwasser vordringen. Vollständig verhindern lässt sich dies aber nicht (WESTPHAHL, B. 1996; RUMM, P. et al. 1997).

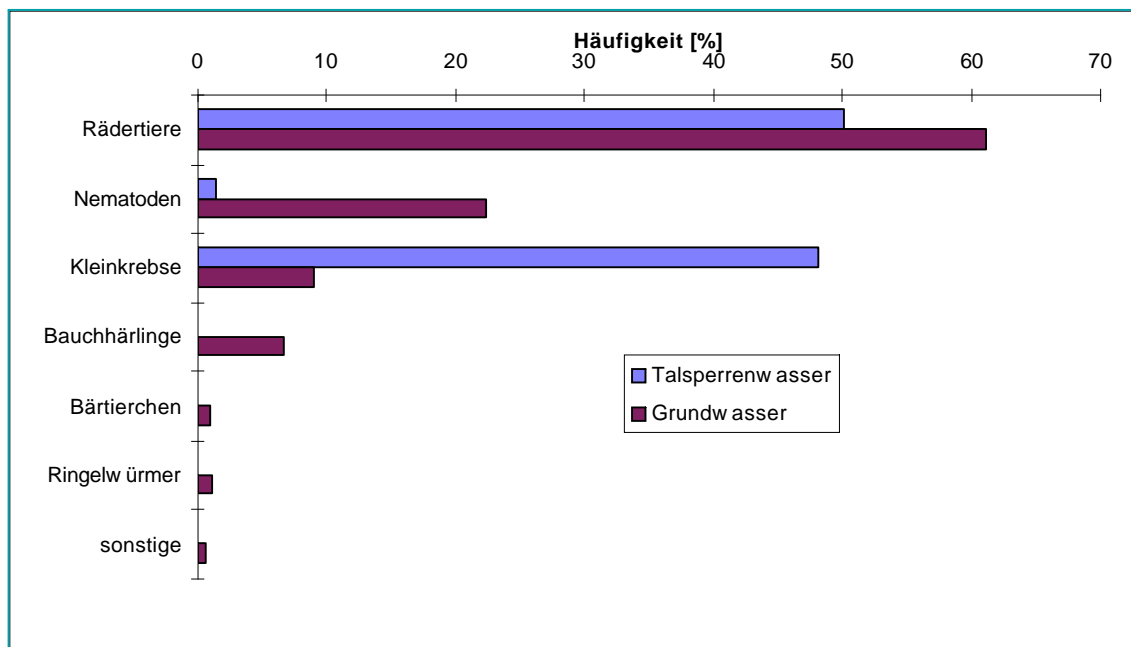


Abbildung 3: Vergleich der Häufigkeiten der wesentlichen Organismengruppen im Trinkwasser aus Talsperren- und Grundwasser (10µm Planktonnetzproben) (aus SCHREIBER, H. 1996)

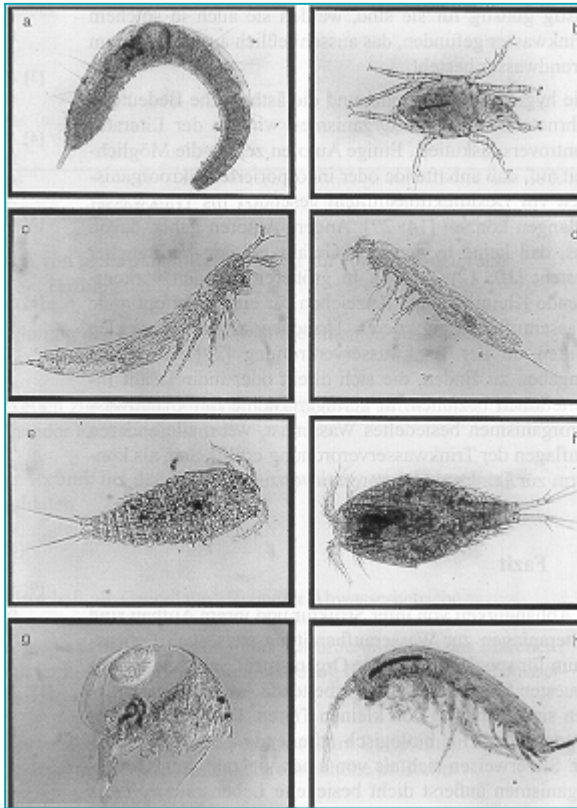


Abbildung 4: Tiere aus dem Lückensystem eines Sandfilters (aus RUMM, P. et al. 1997)

- a) Wenigborster (*Pristina aequisetata*)
- b) Milbe (*Soldanellonyx monardi*)
- c) Ruderfußkrebs (*Chappuisius inopinus*)
- d) Ruderfußkrebs (*Parastenocaris fontinalis*)
- e) Ruderfußkrebs (*Graeteriella unisetigera*)
- f) Ruderfußkrebs (*Paracyclops fimbriatus*)
- g) Wasserfloh (*Alona rectangula*)
- h) Flohkrebs (*Niphargus kochianus*)

Einen guten Anhaltspunkt für die Deposition von anorganischem und organischem Material im Versorgungsnetz und die ggf. darauf aufbauende Besiedelung mit Invertebraten liefert die Untersuchung von Behälterablagerungen. Im Rahmen des DVGW Forschungsvorhabens „Tierische Organismen in Wasserversorgungsanlagen) sind diesbezüglich umfangreiche Untersuchungen durchgeführt worden. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse zu Organismen in den Ablagerungen von Trinkwasserbehältern zusammengefasst.

Tabelle 2: Besiedelungsdichte in den Ablagerungen von Trinkwasserbehältern (aus SCHREIBER, H. 1996)

Rohwasser	Behälterzahl	Probenanzahl	Organismen/l Sediment Einzelwerte bzw. Min-, Max-Werte
Talsperrenwasser	9	19	36-41.977
Grundwasser	4	4	90-14.533
ang. Grundwasser	1	2	33-333
Uferfiltrat	1	1	3000
Quellwasser	1	1	7410
Mischwasser	1	1	40
GW / TSPW			

Die untersuchten Behältersedimente wiesen eine große Spannbreite in Hinsicht auf die Besiedelungsdichte mit Invertebraten auf. Grundsätzlich war in der Besiedelungsdichte kein substantieller Unterschied zwischen Behältern von Grund- und Talsperrenwasserversorgungen festzustellen. Dies bedeutet jedoch auch, in den Behältersedimenten gibt es Organismen, die in den organischen Ablagerungen leben und sich dort vermehren können. Die prinzipiellen Vorgänge in Trinkwasserbehältern können auch auf das Verteilungssystem übertragen werden: auch hier gibt es Stillwasserzonen, in denen sich partikuläre organische und anorganische Substanzen anreichern und als Nahrungsquelle für andere tierische Organismen wie die Wasserasseln dienen können (Abbildung 5).

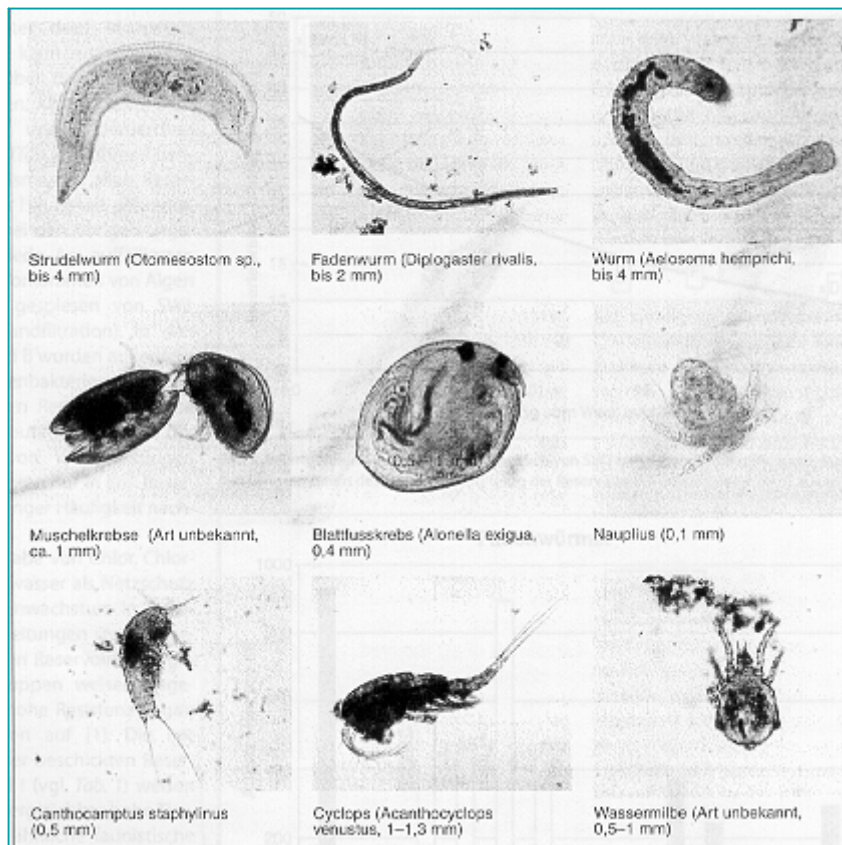


Abbildung 5: Einige typische Vertreter der „Mulmfauna“ (aus GAMMETER, S., BOSSHART, U. 2001)

Die zweite wichtige Nahrungsgrundlage für Wasserasseln sind Bakterien, die als Biofilme auf den Oberflächen des Leitungssystems sowie den in Stillwasserzonen deponierten organischen Materialien wachsen. Neue Untersuchungen über Biofilme haben gezeigt, dass sich auch in sehr oligotrophen (nährstoffarmen) Milieu Mikroorganismen vermehren können. Diese Mikroben reagieren hier bevorzugt mit der Bildung von Biofilmen, dies gehört zu ihren Überlebensmechanismen unter solchen Bedingungen (MARS-HALL; K.C. 1985).

Biofilme spielen ähnlich den bereits beschriebenen tierischen Organismen für die Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser eine ambivalente Rolle. Einerseits sind sie in ihrer Wirkung in Filtersystemen ein entscheidender und bewährter Bestandteil der Aufbereitungstechnik: sie entnehmen dem Wasser gelöste Inhaltsstoffe, mineralisieren sie und bilden lokal immobilisierte Biomasse, die durch Rückspülen der Filter entfernt werden kann. Biofilme können jedoch an beliebigen Stellen auftreten; beispielsweise bietet das Trinkwassernetz ein großes, von Mikroorganismen besiedeltes Oberflächenareal. Eine überschlägige Abschätzung zeigt, dass sich mindestens 95% der Biomasse im Verteilungsnetz an den Wänden befinden (Tabelle 3; SCHWARTZ, T. et al. 1999).

Tabelle 3: *Biomasse im Wasserkörper und an den Wänden des Verteilungsnetzes einer Mittelstadt (1500 km Länge, NW 200mm) unter Zugrundelegung üblicherweise gefundener Keimzahlen für Volumen und Biofilm (aus: Schwartz, T. et al. 1999)*

Biomasse im Wasserkörper	
Volumen	ca. 50000m ³
Masse	0,5kg Zellmasse im Wasser
Biomasse auf Oberflächen	
Oberfläche	1000 ha
Masse	10 kg Zellmasse an den Wänden

Biofilme bestehen aus einer Matrix, die von extrazellulären polymeren Substanzen (Polysaccharide, Proteine, Glycoproteine und andere, stark wasserhaltige Polymere) gebildet wird. Mikroorganismen sind in diese Matrix eingebettet und stellen eine höchst heterogene Mikrostruktur aus Zellclustern verschiedener Arten dar. Die Ausbildung von Biofilmen beginnt zunächst einlagig und nicht flächendeckend. Bei günstigen Nährstoffverhältnissen kommt es zum flächendeckenden Bewuchs und zu Biofilmdicken von über 50µm (Abbildung 6). Es entstehen also Bereiche mit sehr hoher Keimdichte in unmittelbarem Kontakt zum Trinkwasser.

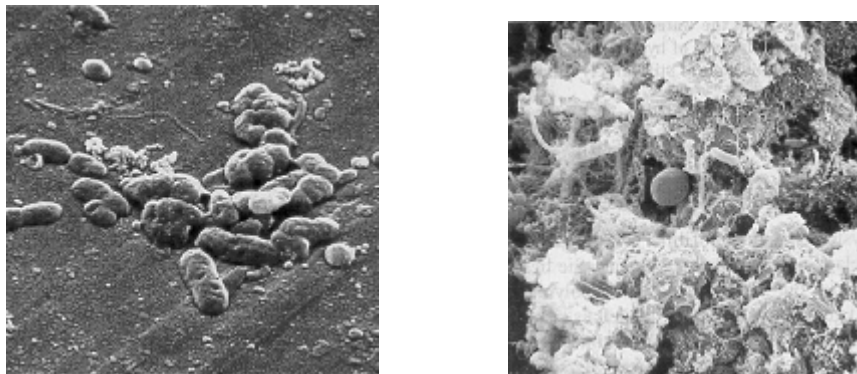


Abbildung 6: *Ausbildung von Biofilmen: Mikrobielle Besiedlung auf Edelstahl nach 4 Tagen Expositionszeit (links); Innenseite eines Stahlrohres nach 10 Jahren Exposition in Leitungswasser (rechts) (aus: FLEMMING, H.-C. 1998)*

Das Wachstum von Mikroorganismen auf Oberflächen ist abhängig von der Verfügbarkeit organischen und anorganischen Materials. Die wichtigsten Nährstoffquellen sind

- biologische verwertbare Materialien, die von der Aufwuchsfläche abgegeben werden und
- mikrobiell verwertbare Stoffe im Trinkwasser.

Die Konzentration des assimilierbaren organischen Kohlenstoffs im Wasser ist dabei ein entscheidender Wachstumsfaktor. Dieser Parameter ist als entscheidend für die biologische Stabilität von Trinkwasser erkannt worden und unterstützt das Biofilm-Wachstum bereits ab Konzentrationen von 10µg/l (FLEMMING, H.-C. 1998; SCHWARTZ, T. et al. 1999; ZIBUSCHKA, F. et al. 1999).

Aus Biofilmen können Mikroben wieder ins Freiwasser abgegeben werden; inzwischen wird immer häufiger festgestellt, dass Biofilme beteiligt sind, wenn es in der Wasseraufbereitung zu mikrobiellen Problemen kommt (FLEMMING, H.-C. 1998). Darüber hinaus vertragen in Biofilmen eingebundene Bakterien um ein bis zwei Größenordnungen höhere Biozid-Konzentrationen als suspendierte Mikroben; für ihre Abtötung wird eine erheblich längere Einwirkzeit benötigt.

Einen gewissen „Schutz“ vor Bakterienaustrag aus Biofilmen bieten tierische Organismen wie bestimmte Einzeller aber auch Wasserasseln, die den Bakterienrasen abweiden. In einigen Systemen haben Protozoen offensichtlich entscheidend zu einer Verminderung der Keimbelastung aus Biofilmen geführt. Eine Chlorung kann in solchen Fällen die Protozoen stärker betreffen als die Biofilmbakterien und auf diese Weise indirekt zu erhöhtem Biofilmwachstum führen.

Wenn auch noch nicht im Detail untersucht, kommt *Asellus aquaticus* eine ähnliche Rolle im Stoffhaushalt des Verteilungssystems zu. Eine Bekämpfung von Wasserasseln in Versorgungssystemen darf also nicht nur bei den Tieren selbst ansetzen, sondern muss alle Bedingungen, die eine Entwicklung der Tiere fördern, mit betrachten.

4. Methoden der Probeentnahme und Untersuchung von Wasserasseln

4.1 Qualitative und quantitative Abschätzung von Wasserasseln sowie weiteren Invertebraten im Rohrleitungssystem über die Beprobung von Hydranten

Auf Grund der Kenntnis des natürlichen Lebensraumes der in den Trinkwassersystemen vorkommenden Tiere ist bekannt, dass es sich im Falle der Invertebraten des Trinkwassers um benthische Organismen, d.h. um Tiere handelt, die am Boden und an den Wänden des Rohrleitungssystems leben. Die Nahrungsgrundlage dieser Tiere sind v.a. Bakterien und organische Ablagerungen. Tiere mit planktischer Lebensweise (Tiere des Freiwassers) kommen nur sporadisch vor und können auf Grund fehlender Nahrungsbestandteile nicht überleben.

Da eine direkte Beprobung der Oberflächen des Rohrleitungssystems nicht bzw. nur mit hohem Aufwand realisiert werden kann (Untersuchung von Rohrschnitten, direkte Begehung von Rohrleitungen), werden über die „Erzeugung“ einer Fließgeschwindigkeit mit entsprechender hydraulischer Wirkung im zu untersuchenden Netzabschnitt Tiere von den Wänden abgelöst, ins Freiwasser transportiert und somit einer Untersuchung zugänglich gemacht. Um eine möglichst hohe Geschwindigkeit zu erreichen wird die Entnahme der Proben unter Ausnutzung des Netzdruckes an Hydranten durchgeführt. In Abhängigkeit vom Durchmesser der zu untersuchenden Leitung werden dabei unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten sowie unterschiedlich lange Bereiche der Leitung erreicht. In der unten stehenden Tabelle befindet sich eine Zusammenstellung der potentiell beprobten Abschnittslängen sowie erreichten Fließgeschwindigkeiten während der Untersuchungen für die SWM GmbH im November 2005. Für die Ablösung der Tiere im Netz ist vor allem die dort erreichte Fließgeschwindigkeit während der Probeentnahme entscheidend.

Der Einsatz einer Filtrierapparatur (Abbildung 7) ist für eine schonende Abfiltrierung insbesondere größerer Organismen (Wasserasseln) erforderlich, infolge des hohen Wasserdruckes können die Tiere beim Auftreffen auf die Gaze des Planktonnetzes zerschlagen werden. Im Falle der verwendeten Filtrierapparatur erfolgt die Druckentlastung erst nach dem Filtrationsschritt.

Abbildung 7: Filtrierapparatur zur schonenden Entnahme von Wasserasseln und weiteren Invertebraten aus Hydranten

Das filtrierte Wasservolumen hat Einfluss auf die „Reichweite“ der Probeentnahme, soll jedoch vor allem eine statistisch sichere Auswertung (Zäh-



lung der Tiere) ermöglichen. Auf Grund der im Vergleich zu Oberflächengewässern geringeren Individuendichte sind somit ausreichend große Wasservolumina zu filtrieren. Eine Erhöhung des zu filtrierenden Wasservolumens auf 5 oder sogar 10m³ kann die Genauigkeit der Untersuchungsmethode jedoch nicht erhöhen, da nunmehr Tiere aus sehr weit entfernten Rohrschnitten herantransportiert werden. Durch Verkrustungen im Leitungssystem etc., die als Transporthindernisse wirken können, werden die Ergebnisse eher ungenauer. Das filtrierte Wasservolumen allein hat keinen Einfluss auf die hydraulische Wirksamkeit der Beprobung.

Aus diesem Grund und aus Gründen der Vergleichbarkeit mit vorangegangenen Untersuchungen wird daher empfohlen, das zu filtrierende Wasservolumen auf 1 bis max. 2m³ festzulegen. Da insbesondere die im Rohrnetz erreichte Fließgeschwindigkeit entscheidend für den Austrag der Tiere ist, wird empfohlen, für die Betrachtung von Trinkwasserpfeifen Rohrleitungen mit gleichen bzw. ähnlichen Durchmessern zu beproben.

4.2 Zeitliches Monitoring von Wasserasseln sowie weiteren Invertebraten über die Untersuchung von Schmutzfängern / Partikelfiltern

Über die Untersuchung von Schmutzfängern / Partikelfiltern lassen sich zeitliche Änderungen der Invertebratenbiomasse im Leitungsnetz verfolgen (Abbildung 8). Sie sind insbesondere zur Kontrolle der Wirksamkeit von Maßnahmen geeignet. Die Wirkung dieser Filter besteht (in Abhängigkeit von deren Maschenweite)

- im Zurückhalten von Tieren (bei deren Wanderung z.B. zu neuen Nahrungsquellen) und
- in der Besiedelung des Filters selbst mit Biofilmen und Invertebraten.

Um die Biozönose des Rohrleitungssystems gut abzubilden, sind kurze Intervalle der Beprobung erforderlich (7 bis 14-Tage). Insbesondere bei Verwendung kleiner Maschenweiten überwiegt ansonsten der Filtrationseffekt, es kommt zur Mulmbildung und zur Ausbildung einer entsprechenden Biozönose. Bei regelmäßiger Untersuchung und genauer Einhaltung der Beprobungsintervalle sind sowohl qualitative als auch halbquantitative Aussagen über die Invertebratenbiozönose möglich.

Abbildung 8: Partikelfilter vor einem Hausanschluss



5. Möglichkeiten der Bekämpfung von Wasserasseln

5.1 Chemische Bekämpfung

Der Einsatz chemischer Mittel zur Bekämpfung von Wasserasseln wurde v.a. in der älteren Literatur häufig beschrieben und empfohlen. Auch wenn ein genereller bzw. alleiniger Einsatz dieser Mittel heute in der Praxis kaum möglich bzw. ratsam ist, sollen bisherige Erfahrungen hier kurz beschrieben werden, da sich daraus ggf. Ansatzpunkte für einen kurzfristigen und gezielten Einsatz ergeben.

5.1.1 Chlor und Chlorverbindungen

Chlor und Chlorverbindungen sind nach bisherigen Erfahrungen zum Abtöten gesamter Asselbestände in Rohrleitungen wenig geeignet, da eine zufriedenstellende Wirkung erst bei Konzentrationen eintritt, die das Trinkwasser ungenießbar machen würden. In Tabelle 4 und Tabelle 5 sind die Ergebnisse einiger Vorversuche mit Natriumhypochloridlauge sowie Chlorwasser im Vorfeld der Bekämpfungsaktion in Magdeburg dokumentiert.

Tabelle 4. Toxizitätsversuche mit Natriumhypochloridlauge (Becherglasversuche)

Zeit [min]	Tiere tot oder in Rückenlage [%]			
	1	5	10	20 mg Chlor/l
15	0	0	10	20
40	0	0	10	60
70	0	10	40	100
340	0	90	100	100

Tabelle 5. Toxizitätsversuche mit Chlorwasser (Durchflussbecken)

Zeit	Tiere tot oder in Rückenlage [%]	Mittelwerte freies Chlor [mg/l]	Gesamtchlor [mg/l]
75 min	6	1,98	2,06
6h	24	1,57	1,74
22h	80	1,66	1,91

In anderen dokumentierten Fallbeispielen führte der gezielte Einsatz von Chlorverbindungen auch in geringeren Konzentrationen zu Erfolgen, indem die Reproduktion der Asseln praktisch unterbunden wurde. So dosierte man 1955 in Coventry von April bis September dem aufbereiteten Trinkwasser Chloramin zu. Im Leitungsnetz wurden Konzentrationen von 0,8mg/l erreicht; ein Erfolg war in allen Teilen des Netzes zu verzeichnen, in denen mindestens noch 0,1mg/l Chloramin nachweisbar waren. Auch für das Wasserwerk Rostock wird vermutet, dass durch regelmäßige Chlorgaben eine

Vermehrung der Asseln im Leitungsnetz unterbunden werden konnte. Bei genauer Kenntnis des Vermehrungszyklusses und deren Wirkung einsetzbarer Chlorverbindungen auf Adulte sowie Jungtiere kann dieses Verfahren sicher noch optimiert werden.

In der technischen Mitteilung von Severn Trend Water wird der kurzfristige Einsatz (einige Stunden) hoher Chlordosen (bis 10 mg/l) empfohlen, um vorhandene Bestände zu dezimieren.

5.1.2 Pyrethroide

Im Falle der Pyrethroide handelt es sich nicht um Desinfektionsmittel sondern um insektizide Wirkstoffe, die als Nervengift wirken. Zunächst wurde mit der in Chrysanthemum Pflanzen vorkommenden, nicht persistenten Verbindung Pyrethrum gearbeitet. In den 70er Jahren gelang die Synthese chemisch ähnlicher, jedoch photostabiler Insektizide, den Pyrethroiden. Beginnend etwa Anfang der 80er Jahre wurden diese Verbindungen im Pflanzen-, Holz- und Textilschutz sowie im Innenbereich eingesetzt.

Pyrethroide wirken in hohen Konzentrationen auch beim Menschen als Nervengift. Neuere Untersuchungen belegen auch chronische Schädigungen, insbesondere im Zusammenhang mit dem Einsatz dieser Stoffe in Innenräumen (MEIERHENRICH, U. 1997). Intoxikationen im Falle einer kurzzeitigen Anwendung geringer Konzentrationen im Trinkwasser wurden bislang nicht beschrieben.

Pyrethrum und Pyrethroide sind bis heute das wirksamste Mittel für eine nachhaltige Bekämpfung von Wasserasseln insbesondere für verzweigte und vermaschte Rohrleitungssysteme. In Tabelle 6 sind für einige Anwendungsfälle die eingesetzten Konzentrationen sowie deren Wirkung zusammengestellt.

Tabelle 6: Anwendung von Pyrethrum in Trinkwasserversorgungsnetzen

	angewandtes Mittel	Konzentration im Leitungsnetz	Wirkung
Magdeburg (SCHWARTZ, H. et al. 1966)	Pyrethrum und PBO als Synergist	0,0025mg/l	letale Wirkung
Amsterdam (VAN HEUSDEN, G.P.H. 1948)	Pyrethrum	0,002mg/l	letale Wirkung
Gloucester (TURNER, M.E.D. 1956)	Pyrethrum	0,002 mg/l 0,0005mg/l	letale Wirkung Lähmung, Ablösen von den Rohrwandungen
Farington (HART, K.M. 1957)	Pyrethrum	0,01mg/l	letale Wirkung

In Großbritannien ist Permethrin (synthetisches Pyrethroid) noch heute ein zur Anwendung in Trinkwassersystemen zugelassenes Mittel. Im Technical Report (TR 145) des Water Research Centre von 1980 /7/ sind umfangreiche Untersuchungen

- zur Toxizität von Permethrin sowie Pyrethrin gegenüber Wasserasseln, Säugetieren und Fischen sowie
- zum Verhalten von Permethrin in allen Stufen der Wasseraufbereitung dokumentiert.

Das Permethrin hat im Vergleich zu dem aus Chrysanthemen gewonnenen Pyrethrin eine ähnliche Letaldosis gegenüber *Asellus aquaticus*, Lähmungserscheinungen dagegen sollen schon bei geringeren Konzentrationen eintreten. Permethrin ist jedoch stärker lipophil, d.h. es ist weniger wasserlöslich und wird stärker adsorbtiv an Partikel gebunden. Diese Eigenschaften erschweren den Einsatz in Trinkwasserverteilungssystemen, da es schwierig wird, die erforderlichen Konzentrationen im gesamten Leitungssystem zu erreichen bzw. das Biozid in der Wasserphase durch das gesamte Leitungssystem zu transportieren.

5.1.3 Ozon

Ozon ist in seiner bakteriziden und vor allem viriziden Wirkung anderen Desinfektionsmitteln überlegen. Ozon besitzt eine hohe Oxidationskraft und im Verlaufe seiner Anwendung entstehen fast keine störenden Abbauprodukte (im Gegensatz zu Chlor). Ozon hat jedoch keine Depotwirkung und bietet somit auch keinen Schutz gegenüber einer Wiederverkeimung im Rohrnetz.

Nach BRINKMANN (zit. in MEVIUS, W. 1997) sollen Wasserasseln empfindlich gegenüber Ozon sein. Als Letaldosis werden 0,8 mg/l bei 10 minütiger Einwirkzeit angegeben. Der Einsatz von Ozon hat sich jedoch nicht durchgesetzt.

5.1.4 UV-Bestrahlung

Energiereiche UV-Strahlen insbesondere der Wellenlänge 254 nm bewirken eine schnelle fotochemische Zersetzung von Zellen, so dass es bei ausreichender Bestrahlungsdosis zu einer Abtötung und Inaktivierung von Bakterien und Viren kommt.

Die Wirkung von UV-Strahlung auf Wasserasseln ist noch nicht untersucht worden. Gegen den Einsatz eines solchen Verfahrens spricht, dass eine Wirkung nur während der Dauer der Bestrahlung stattfindet und eine Behandlung somit im gesamten Leitungssystem gleichzeitig stattfinden müsste.

5.1.5 Ultraschall

Im Falle des Ultraschallverfahrens bewirken energiereiche Schallwellen die Zerstörung und ggf. Ablösung von Zellen von Unterlagen, so dass es zu einer Abtötung und Inaktivierung von Keimen kommt. Die Wirkung auf Wasserasseln wurde bislang noch nicht beschrieben, in der Literatur befinden sich lediglich Hinweise auf die Bekämpfung der Wander- oder Dreikantmuschel in Rohrleitungssystemen durch Ultraschall. Mittels Ultraschall ließen sich die Schalen der Muscheln zertrümmern. Die Wirkung von Ultraschall besteht jedoch auch lediglich während der Bestrahlung und ist somit nur lokal anwendbar.

5.1.6 Kohlendioxid

Der Einsatz von Kohlendioxid ist heute ein gängiges Mittel zur Betäubung von Tieren. Die Anwendung ist sehr vielfältig und reicht von der Betäubung von Schlachttieren über die Betäubung von Hornissen vor ihrer Umsiedlung bis zur Anwendung von Kohlensäurehaltigem Wasser in der Zooplanktonanalytik. Von der Technischen Universität Berlin, FG Wasserreinigung und der Scheideler Verfahrenstechnik GmbH wird derzeit ein Verfahren entwickelt, bei welchem Wasserasseln sowie weitere Invertebraten des Rohrleitungssystems mittels Kohlendioxid betäubt und danach ausgespült werden. Der innovative Ansatz des Verfahrens ist die Tiere ohne den Einsatz von Giftstoffen zu betäuben, so dass diese sich nicht mehr an den Rohrwandungen festhalten können und mit einer herkömmlichen Wasserspülung ausgetragen werden können. Im Falle erster Anwendungen konnten 90-95% der vorhandenen Wasserasseln ausgetragen werden (SCHEIDELER (2008) pers. Mitt.).

5.2 Mechanische Entfernung von Wasserasseln

5.2.1 Rohrspülungen

Rohrspülungen sind ein gängiges Instrumentarium zur Pflege der Trinkwassernetze, um Ablagerungen und bis zu einem gewissen Grade auch Inkrustationen aus Rohrleitungen zu entfernen. Die Reinigung der Leitungen kann dabei durch eine Spülung mit Wasser bzw. durch ein Luft-Wasser-Gemisch erfolgen.

Um Wasserasseln in Größenordnungen aus dem Leitungsnetz auszuspülen, lassen sich mit reinen Wasserspülungen oftmals nicht die erforderlichen Fließgeschwindigkeiten erzeugen, bei denen lebende Tiere von den Rohrwandungen abgelöst bzw. aus ihren Verstecken ausgespült werden können. Auch gegenüber Biofilmen haben reine Wasserspülungen möglicherweise nur einen geringen Effekt. Bessere Erfahrungen wurden mit Druckluft-Wasser-Intensivspülungen erzielt. Durch die hiermit in den Rohrleitungen erzeugten Turbulenzen können Wasserasseln wesentlich besser ausgetra-

gen werden obwohl auch hiermit nicht alle Verstecke wie Muffen, Schieberdome erreicht werden. Bei wiederholter vollständiger Entleerung des betreffenden Rohrabschnittes sollen jedoch die Wasserasseln auch diese Bereiche räumen (MEVIUS, W. 1997). Ein zweiter wichtiger Effekt ist die Beseitigung von Ablagerungen und Inkrustationen und somit auch von organischen Materialien, die den Asseln als Nahrungsquelle dienen.

Ein hoher Wirkungsgrad bezüglich des Austrages von Tieren aus Rohrleitungen wird nach vorheriger Betäubung erreicht, da sowohl ein Festkrallen der Tiere am Untergrund als auch ein Aufsuchen von Verstecken verhindert wird (s.a. Abschnitt 4.1.6).

Ein Forschungsvorhaben des Technologiezentrums Wasser (TZW), Außenstelle Dresden befasst sich derzeit mit Spülverfahren und Spülstrategien für Trinkwasserverteilungssysteme. Bis Juni 2010 sollen Empfehlungen zu geeigneten Spülstrategien bzw. Spülverfahren in Abhängigkeit von der jeweiligen Problemstellung erarbeitet und für das technische Regelwerk des DVWG nutzbar gemacht werden.

5.2.2 Siebe, Filter

Mit Hilfe von Sieben / (Partikel)Filtern können Wasserasseln an ihrer Ausbreitung im Verteilungsnetz bzw. am Eindringen in Hausanschlüsse gehindert werden. Um einen wirklichen Effekt zu erzielen, muss die Maschenweite jedoch so gewählt werden, dass die z.T. nur einen Millimeter großen Jungtiere ebenfalls zurückgehalten werden. Diese Siebe und Filter bedürfen zudem einer regelmäßigen Wartung und Kontrolle.

5.3 Verminderung der Nahrungsgrundlagen

Eine Bekämpfung der Wasserasseln im Rohrleitungssystem selbst führt zu einer wenigstens zeitweisen Erhöhung der Keimzahlen im Verteilungssystem (extreme Wiederverkeimung). Dies wird in der Literatur vor allem den sich zersetzenden toten Asselkörpern zugeschrieben. Zumindest ein Teil dieser Wiederverkeimung wird mit Sicherheit auch dem Abdriften von Bakterien aus Biofilmen geschuldet sein, die bislang von der Asselpopulation abgeweidet wurden. Ein starker Anstieg von Bakterien ist vor allem nach chemischen Bekämpfungsmaßnahmen zu erwarten, da hier nur die Tiere nicht jedoch deren Nahrungsgrundlagen vernichtet werden. Spülungen und insbesondere Wasser-Luft-Spülungen beseitigen dagegen zumindest lokal und zeitweise auch deren Nahrungsgrundlagen.

Dauerhaft aber auch langfristig wird der Befall von Rohrleitungssystemen durch Wasserasseln und anderen Tieren durch eine Verminderung der partikulären sowie gelösten organischen Fracht des Trinkwassers im Wasserwerk erreicht.

Wie in Abschnitt 2.2.2 bereits beschrieben wurde, kommt es im Falle der gelösten organischen Fracht auf eine Verminderung des bioverfügbaren Anteils organischer Substanzen an. Da Mikroorganismen in der Lage sind, geringste Mengen gelöster organischer Stoffe zu verwerten, kann es auch im Trinkwasser, welches gemäß Trinkwasserverordnung nicht zu beanstanden ist, zur Bildung von Biofilmen und zur Wiederverkeimung kommen. Mit gezielten Untersuchungen sollte daher die biologisch verwertbare organische Fracht des Trinkwassers in den Wasserwerken sowie dessen Neigung zur Wiederverkeimung ermittelt werden. Aufbauend auf diesen Ergebnissen sind dann möglicherweise Veränderungen in der Aufbereitungstechnologie erforderlich.

Ob und in welchen Größenordnungen bioverfügbare organische Stoffe derzeit im Trinkwasser vorhanden sind, kann oft mit den routinemäßig erhobenen Daten der Wasserwerke nicht abgeschätzt werden, da entsprechende Spezialanalysen beispielsweise zur Konzentration des assimilierbaren Kohlenstoffs AOC oder / qualitative Informationen zum organischen Stoffkomplex fehlen (z.B. mittels LC OCD - Liquid Chromatography - Organic Carbon Detection). Eine Einordnung der im Trinkwasser zweier Wasserwerke des Auftraggebers insgesamt nachgewiesenen, gelösten organischen Stoffe (gemessen als DOC-gelöster org. Kohlenstoff) befindet sich in Tabelle 7.

Tabelle 7: DOC-Gehalte verschiedener Wasserproben bzw. Gewässer (Daten aus /4/; SAFTIC, S. et al. 1997; HÜTTER, L.A. 1994) *: Mittelwerte aus Messdaten für 1978

Wasserwerk / Ort	DOC mg/l		
Wasserwerk 1	1,7	1,3	1,5
Wasserwerk 2	4,3		3,9
WW Flehe	0,45		
WW Holthausen	0,31		
WW Hardt	0,33		
Bodensee / Sipplingen*	1,4		
Rhein / Basel*	2,15		
Rhein / Karlsruhe*	2,56		
Rhein / Köln*	4,33		
Rhein / Wittlaer*	4,09		
Donau / Passau*	3,67		
Neckar / Ludwigsburg*	4,18		
Main / Frankfurt *	5,86		
Ruhr / Mühlheim*	3,79		
Elbe / Hamburg*	8,97		

Die DOC-Konzentrationen beider Wasserwerke befinden sich in Größenordnungen, wie sie für Oberflächengewässer typisch sind. Insbesondere die Werte aus dem Wasserwerk 2 entsprechen Konzentrationen, die in (nicht

aufbereitetem) Flusswasser wie Rhein, Neckar, Donau nachgewiesen wurden.

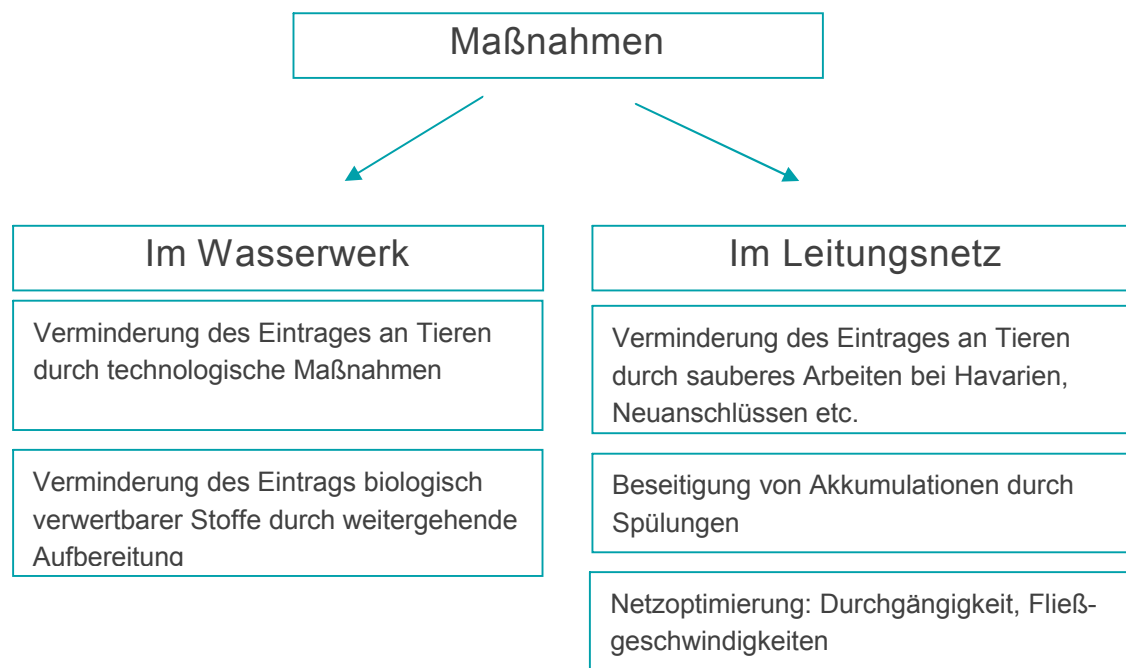
Die in der Tabelle 7 weiterhin aufgeführten Wasserwerke Flehe, Holthausen und Hardt bereiten ein Mischwasser auf, welches hauptsächlich aus Uferfiltrat sowie zu einem geringeren Teil aus natürlichem Grundwasser besteht. Die durchschnittlichen DOC Werte sind um das 4- bzw. 12-fache geringer als in den Wasserwerken 1 und 2. Trotz allem hat man auch hier geringe Biofilmbildungsraten nachweisen können. Im Vergleich mit niederländischen Untersuchungen konnte das aufbereitete Trinkwasser jedoch als „biologisch stabil“ bezeichnet werden.

Um das Trinkwasserverteilungsnetz dauerhaft zu sanieren oder in einem guten Zustand zu erhalten, ist die Fracht an bioverfügbaren Organika möglichst auf ein Maß zu reduzieren, dass die Bildung von Biofilmen im Netz nur in geringem Maße ermöglicht. In Niederländischen Veröffentlichungen wird ein Leitwert für die Konzentration an assimilierbarem Kohlenstoff für „biologisch stabiles Trinkwasser“ von $10\mu\text{g/l}$ angegeben. Unter diesem Wert ist kaum eine Zunahme von Koloniezahlen detektierbar (SAFTIC, S. et al. 1997).

Partikuläre organische Materialien wie Bakterienflocken, Tiere, Tierkadaver, Algen- und Algenreste sind ohne jede Einschränkung von Wasserasseln zu verwerten. Erste Untersuchungen im Versorgungsgebiet des Auftraggebers haben ergeben, dass sich im Rohrleitungssystem neben organischen Detrituspartikeln insgesamt 35 verschiedene Tier- und Algenarten befinden, von denen einige in vergleichsweise hohen Individuenzahlen bzw. Biomassen nachgewiesen werden konnten. Im Trinkwasserverteilungssystem wurden biogene organische Substanzen (Biomasse von Tieren und Pflanzen) zwischen $0,05$ und 72 mg/m^3 nachgewiesen. Viele dieser Tiere und Algen werden über die Aufbereitungstechnologie in des Rohrleitungssystem eingetragen und bilden hier eine ideale Nahrungsgrundlage für Wasserasseln. Um Trinkwasserverteilungssysteme dauerhaft zu sanieren, ist der Eintrag partikulärer organischer Substanzen zu kontrollieren und auf ein Minimum zu beschränken. Bislang fehlen jedoch geeignete Methoden zur Kontrolle sowie entsprechende Richtwerte.

6. Kurz- mittel- und langfristige Maßnahmen zur Verminderung / Beseitigung von Wasserasseln

Die durchgeführten Recherchen haben gezeigt, dass sich die Problematik einer manifestierten Besiedelung von Trinkwasserverteilungsnetzen mit Wasserasseln u.a. Kleinstlebewesen mit einer Maßnahme allein nicht lösen lassen wird. Vielmehr kommt es darauf an ein auf die Belange der entsprechenden Trinkwassererzeugung und –verteilung abgestimmtes Maßnahmenpaket zu erarbeiten und durchzuführen.



6.1 Verminderung der Nahrungsgrundlagen

Die strategisch wichtigsten Maßnahmen für eine langfristige Sanierung des Trinkwassernetzes sind Maßnahmen zur Reduzierung der biologisch aktiven, organischen Fracht des von den Wasserwerken abgegebenen Trinkwassers. In Abhängigkeit von den Gegebenheiten der einzelnen Wasserwerke sind dafür Untersuchungen zur partikulären und gelösten organischen Last sowie des Potentials zur Wiederverkeimung des Trinkwassers erforderlich.

6.2 Rohrnetz-Spülungen

Die Maßnahmen zur Verminderung organischer Inhaltsstoffe im Trinkwasser werden auf Grund der bereits bestehenden organischen Ablagerungen in

Trinkwassernetz erst langfristig hinsichtlich einer Verminderung der Populationen von *Asellus aquaticus* wirksam. Parallel dazu sind somit Maßnahmen erforderlich, mit denen eine Verminderung bzw. Beseitigung der bereits im Netz deponierten Partikel und Substanzen erreicht wird. In diesem Zusammenhang kann die Durchführung von Spülungen im Trinkwassernetz hilfreich sein. In Anhängigkeit von der jeweiligen Problemstellung sind über Voruntersuchungen ein geeignetes Spülverfahren und eine geeignete Spülstrategie zu erarbeiten.

6.3 Aktive Bekämpfung

Auch nach einer Verminderung der potentiellen Nahrungsgrundlagen in den Wasserwerken sowie regelmäßiger Entfernung von Ablagerungen sowie Asseln durch Spülung kann eine chemische Bekämpfung der noch verbliebenen Asseln im Leitungssystem notwendig sein.

Nach neuestem Kenntnisstand ist vor allem der Einsatz von Kohlendioxid zu empfehlen. Das im Falle des CO₂-Verfahrens zum Einsatz kommende mit Kohlendioxid versetzte Leitungswasser ist gesundheitlich unbedenklich und erfüllt die Anforderungen an chemische Reinigungsmittel gemäß DVWG Merkblatt W 319. Eine korrosive Wirkung des Kohlendioxides auf das Rohrmaterial ist auf Grund der kurzen Einwirkzeit nicht zu erwarten. Auch der Biofilm bleibt auf Grund der schonenden Behandlung intakt, so dass es zu keiner bakteriellen Kontamination kommt (http://www.itu.tu-berlin.de/wrh/Forschung/projekte_laufend.htm).

Zur Optimierung insbesondere der Vorgehensweise sind genaue Kenntnisse über

- den aktuellen Befall des Trinkwasserverteilungssystems mit Wasseraseln sowie
- den Vermehrungszyklus der Tiere in den Rohrleitungen

erforderlich (s.a. Abschnitt 4.1).

6.4 Sanierung und Erneuerung des Versorgungsnetzes

Bei stark inkrustierten Rohrleitungen stellt die wenigstens teilweise Erneuerung des Netzes die beste Möglichkeit dar,

- Asseln und andere Tiere sowie deren Lebens- und Nahrungsgrundlagen zu entfernen und
- eine Wiederansiedelung durch glatte Oberflächen zu erschweren.

Die Arbeiten am Netz sollten jedoch in den Kontext der bereits beschriebenen Maßnahmen, insbesondere der Strategien zur Vermeidung organischer Belastungen eingeordnet sein. Die Problematik der Entstehung von Biofilmen besteht ansonsten in gleichem Maße. Biofilme bilden sich auch auf

glatten Oberflächen aus und können infolge der Freisetzung von Bakterien zur Wiederverkeimung führen.

Unter biologischen Gesichtspunkten sollten bei der Erneuerung und Sanierung des Netzes folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Sanierung in Strömungsrichtung des Trinkwassers, da dies die bevorzugte Ausbreitungsrichtung von Biofilmen, Asseln sowie anderen Tieren ist und
- Dimensionierung der Leitungssysteme entsprechend dem tatsächlichen Bedarf, da auch die Strömungsgeschwindigkeiten im Trinkwassernetz einen erheblichen Einfluss auf das Wachstum von Bakterien auf Oberflächen haben. Geringe Fließgeschwindigkeiten führen zu einer stärkeren Bildung von Biofilmen (s.a. SAFTIC, S. et al. 1997).

7. Zusammenfassung

1. Die Wasserassel besiedelt Seen, Teiche, Bäche und strömungsberuhigte Bereiche von Flüssen in der gesamten Paläarktis. Sie ernährt sich vor allem von sich zersetzenden organischen Materialien wie beispielsweise Falllaub sowie Bakterien; ansonsten sind die Tiere recht unspezifisch in ihren Lebensansprüchen. Im nördlichen Mitteleuropa zeigen die Wasserasseln zwei ausgeprägt Fortpflanzungsphasen pro Jahr. Die Weibchen betreiben Brutpflege.
2. Die Beobachtung von Tieren in Wasserversorgungsanlagen ist so alt, wie die öffentliche Wasserversorgung selbst. Insbesondere aus den 50er und 60er Jahren sind eine Reihe von Fallbeispielen veröffentlicht worden, wo Wasserasseln massiv in den Trinkwasserverteilungssystemen vorkamen und mit verschiedenen chemischen Mitteln, insbesondere aber mit Pyrethrum bekämpft wurden.
3. In der neueren Literatur finden sich weit weniger und vor allem weniger gut dokumentierte Fallbeispiele für das Vorkommen von Wasserasseln in der Wasserversorgung, obwohl diese immer noch eine Rolle spielen. In Deutschland wird vor allem mit Spülungen, insbesondere Hochdruck-Wasser-Spülungen versucht, die Bestände in den Rohrleitungen zu dezimieren. In Großbritannien ist der Einsatz von Pyrethrum / Pyrethroiden zur chemischen Bekämpfung weiterhin möglich.
4. Die Einwanderung von *Asellus aquaticus* in Trinkwasserverteilungssysteme erfolgt meist über den Kontakt mit Oberflächengewässern. Die Tiere sind in der Lage, in den entsprechenden Rohrleitungen zu überleben und können sich hier vermehren. Sie ernähren sich von partikulären, organischen Stoffen, die mit dem Trinkwasser transportiert werden sowie von Bakterien, die als Biofilm auf den Rohrwänden wachsen.
5. Der Bestand an Wasserasseln kann mit verschiedenen chemischen und mechanischen Verfahren bekämpft bzw. dezimiert werden; eine Übersicht gibt die folgende Tabelle:

Verfahren	Wirkung	Nachteile
	a) Chemische Verfahren	
Chlorverbindungen	<ul style="list-style-type: none"> - letal in hohen Konzentrationen - Verminderung der Fortpflanzung - teilweise Verminderung der Nahrungsgrundlagen 	<ul style="list-style-type: none"> - Wasser wird bei hohen Konzentrationen ungenießbar - Bildung von Organhalogenen
Pyrethrum / Pyrethroide	<ul style="list-style-type: none"> - letal in geringen Konzentrationen - hohe Wirksamkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - als Zusatzstoff für das Trinkwasser nicht zugelassen - schwer wasserlöslich - keine Verminderung der Nahrungsgrundlagen
Ozon	<ul style="list-style-type: none"> - letal bei 0,8 mg/l 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Depotwirkung, d.h. nicht anwendbar im gesamten Netz

Verfahren	Wirkung	Nachteile b) sonstige Verfahren
UV-Bestrahlung	- Wirkung auf Asellus nicht untersucht	- keine Depotwirkung, d.h. nicht anwendbar im gesamten Netz
Ultraschall	- Wirkung auf Asellus nicht untersucht	- keine Depotwirkung, d.h. nicht anwendbar im gesamten Netz
c) mechanische Entfernung		
Rohrspülungen	- entfernen Asseln sowie deren Nahrungsgrundlagen	- keine vollständige Vernichtung - Nahrungsgrundlagen im Trinkwasser werden nicht entfernt
Siebe / Partikelfilter	-	- nur auf begrenzte Bereiche anwendbar
d) Kombination aus chemischem Verfahren und mechanischer Entfernung		
CO ₂ -Verfahren	- durch Betäuben der Tiere vor dem Spülvorgang wird ein hoher Wirkungsgrad bezüglich der Entfernung von Wasserasseln erreicht	- Nahrungsgrundlagen im Trinkwasser werden nicht entfernt
e) Verminderung der Nahrungsgrundlagen		
	- Asselpopulationen werden in Wachstum und Ausbreitung stark eingeschränkt	- bei bereits bestehendem Befall erst langfristig wirksam
f) Sanierung und Erneuerung des Versorgungsnetzes		
	- glatte Rohrwandungen bieten weniger Versteckmöglichkeiten für die Asseln - weniger Ansatzfläche für Bakterien	- Nahrungsgrundlagen im Trinkwasser werden nicht entfernt

6. Die Problematik einer manifestierten Besiedelung von Trinkwasserverteilungsnetzen mit Wasserasseln u.a. Kleinstlebewesen wird sich mit einer Maßnahme allein nicht lösen lassen. Es kommt auf ein auf die Belange der entsprechenden Trinkwasserversorgung und -verteilung zugeschnittenes Maßnahmenpaket an. Für entsprechend betroffene Versorgungsgebiete werden folgende prinzipiellen Maßnahmen vorgeschlagen:
- Verminderung der Nahrungsgrundlagen
 - Rohrnetzspülungen
 - ggf. chemische Bekämpfung
 - Sanierung und Erneuerung des Trinkwassernetzes
7. Zur Untersetzung des Maßnahmenprogramms sind weitere Untersuchungen insbesondere in den Wasserwerken sowie im Rohleitungsnetz erforderlich.

Literatur

- /1/ Tierische Organismen in Wasserversorgungsanlagen.
DVGW Regelwerk, Technische Mitteilung, Hinweis W 271; Bonn, 1997;
45S.
- /2/ Asellus in Drinking Water – Technical Briefing Note. Severn Trent Water, pers. Mit.
- /3/ Biologische Gewässergütekarte Deutschlands (Saprobiekarte): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1996)
- /4/ Permethrin for the control of animals in water mains. Technical Report TR 145, Water Research Centre, 1980

BRAUKMANN, U. (1987): Zoozöologische und saprobiologische Beiträge zur allgemeinen und regionalen Bachtypologie.
Ergebnisse der Limnologie, Heft 26, 1987, 355S.

FLEMMING, H.-C. (1998): Biofilme in Trinkwassersystemen – Teil I: Übersicht.
gwf Wasser Special 139 (1998) Nr. 13; S. 65-72

HART, K.M. (1957): Living Organisms in Public Water Mains.
J. Inst. Mun. Engineers 1957 Nr. 324

GAMMETER, S.; BOSSHART, U. (2001): Invertebraten in Trinkwasserreservoiren.
gwf Wasser – Abwasser 142 (2001) Nr.1; S. 34-40

HERVANT, F. et al. (1996): Behavioral, ventilatory, and metabolic responses of the hypogean *Niphargus virei* (Crustacea: Amphipoda) and the epigean *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda) to severe hypoxia and subsequent recovery.
Physiol. Zool. 69(1996)69; S. 1277-1300

HOLLAND, G. J. (1956): The Eradication of *Asellus aquaticus* from Water Supply Mains.
J. Inst. Water Engineers 10(1956) 221

HÜTTER; L. A. (1994): Wasser und Wasseruntersuchung.
6. erw. und akt. Auflage; Verl. Salle / Sauerländer; Frankfurt Main, Salzburg, 1994; 515 S.

MEIERHENRICH, U. (1997): Nachweis und Toxikologie pyrethroider Verbindungen.
Diss. an der Universität Bremen; Bremer Umweltinstitut (Hrsg.):
Reihe Umweltwissenschaften, Bd. 1, 1997

MEVIUS, W. (1997): Wasserasselbekämpfung im Trinkwasserrohrnetz.
Fachliche Berichte HWW 16,Jg (1997) Nr. 2

MOMMERTZ, S. (1993): Untersuchungen zum Sexualverhalten von *Asellus aquaticus* L.
Diss. der Fakultät f. Biol. der Ludwig-Maximilians-Universität München; Verlag Shaker, Aachen, 1993; 158 S.

OHREND, C.; REINHART, U. (1997): The distribution of *Gammarus pulex* (L.), *Asellus aquaticus* L. and *Pisidium* sp. in an acidified forest

- brook and some tributary springs indicating problems in assessing the local state of acidity at a small scale level.
Limnologica 27 (1997)3-4; S. 271-280
- RUMM, P.; SCHMIDT, H.; SCHMINKE, H. (1997): Organismenaustrag aus Langsandsandfiltern.
gwf Wasser – Abwasser 138 (1997) Nr. 7; 355-361
- SAFTIC, S. et al. (1997): Biofilm-Untersuchungen im Trinkwasserversorgungssystem der Düsseldorfer Wasserwerke.
gwf Wasser – Abwasser 138(1997)Nr. 10; 526-530
- SCHREIBER, H. (1996): Tierische Organismen in Wasserversorgungsanlagen.
DVGW Erfahrungsaustausch „Erhaltung der Trinkwasserqualität auf dem Transportweg“; Hannover, 27./28. November 1996
- SCHREIBER, H.; SCHOENEN, D. (1998): Tierische Organismen in Wasserversorgungsanlagen.
Abschlußbericht für das Forschungsvorhaben, Bonn, 1996; 147 S.
- SCHREIBER, H.; SCHOENEN, D. (1998): Tierische Organismen in Wasserversorgungsanlagen.
gwf Wasser – Abwasser 139 (1998) Nr. 1; S. 32-37
- SCHWARTZ, H. et al. (1966): Erfahrungen bei der Bekämpfung von *Asellus aquaticus* in den Wasserversorgungsanlagen der Stadt Magdeburg.
Fortschritte der Wasserchemie und ihrer Grenzgebiete, 4 (1966) S. 96-127
- SCHWARTZ, T. et al. (1999): Die Untersuchung von Biofilmen in Trinkwassersystemen.
gwf Wasser – Abwasser 140 (1999) Nr. 3 S. 182-190
- TURNER, M. E. D. (1956): *Asellus aquaticus* in an public Water Supply Distribution System.
Proc. Soc. Water Treatment and Examination 5 (1956) 67
- VAN HEUSDEN, G. P. H. (1948): *Asellus aquaticus* in het Amsterdams Leidignet.
Water (Holl.) 32 (1948) 109
- WESENBERG-LUND, C. (1939): *Biologie der Süßwassertiere – Wirbellose Tiere*
Verl. J. Springer, Wien, 1939; 817 S.
- WESTPHAL, B. (1996): Planktonalgen und Metazoen in Trinkwasserversorgungsanlagen.
gwf Wasser – Abwasser 137 (1996) Nr. 5; S. 271-274
- ZIBUSCHKA, F.; JANNSON, M.; PERSY, E. (1999): Beurteilung der Nachverkeimungsneigung von Trinkwasser mittels BDOC-Bestimmungen, dargestellt am Beispiel der Wasserversorgungsanlage Liebnitz, Niederösterreich