

Tiere in Trinkwasserverteilnetzen

Ökologie und Bekämpfung vor dem Hintergrund des Klimawandels

Von Hans Jürgen Hahn

1 Der Lebensraum Grundwasser

Das Grundwasser ist keine unbelebte, sterile Ressource, sondern einer der größten Lebensräume der Erde. Hunderte von Tierarten kennt man aus dem deutschen Grundwasser, 50.000 – 100.000 schätzt man, gibt es weltweit. Hinzu kommen unzählige Bakterien und Pilze. Gemeinsam erbringen sie eine gigantische Ökosystemdienstleistung: die Reinigung des Grundwasserwassers. Dass unser Grundwasser so sauber ist, wie wir es kennen und schätzen, ist überwiegend das Ergebnis biologischer Vorgänge und Prozesse. Nur gesunde Grundwasserökosysteme liefern auch gesundes Trinkwasser.

1.1 Anpassungen der Grundwassertiere

Alle Grundwassertiere zeigen bemerkenswerte Anpassungen an den Lebensraum Grundwasser^[1] (**Abb. 1**).



Abbildung 1: Tiere des Grundwassers: Links oben Höhlenflohkrebs, rechts unten eine Grundwasserassel (beide Photos: K. Grabow, Karlsruhe), in der Mitte Muschelkrebs, Raupenhüpferling und Brunnenkrebs (von links unten nach rechts oben). Echte Grundwassertiere sind meist blind, unpigmentiert, langgestreckt und besitzen einen reduzierten Stoffwechsel um knappe Energie zu sparen.

Sie sind „hart im Nehmen“ und können deshalb einen extremen Lebensraum besiedeln, der den anspruchsvolleren Oberflächenarten verschlossen bleibt. Grundwassertiere sind zuallererst Hungerkünstler: Nahrung ist knapp im Grundwasser. Sie wird als Partikel, z. B. Pflanzenreste, oder in gelöster Form, z. B. Zucker oder Huminsäuren, von der Erdoberfläche in das Grundwasser eingetragen. Gelöstes organisches Material wird durch Mikroorganismen dem Wasser entzogen und in Bakterienbiomasse umgewandelt. Von diesen Bakterien, genauso wie von dem toten partikulären organischen Material, ernähren sich die Grundwassertiere. Biologische Prozesse im Grundwasser bedeuten deshalb vor allem den Abbau organischen Materials unter Sauerstoffverbrauch und damit Reinigung des Wassers.

Mit zunehmender Verweildauer des Wassers werden deshalb Nahrungsangebot und verfügbarer Sauerstoff immer knapper. Grundwassertiere (**Abb. 1**) sind daran angepasst. Sie kommen bereits mit sehr geringen Sauerstoffkonzentration ($> 1 \text{ mg/l}$) aus.

Ihr Stoffwechsel ist stark reduziert; um Energie zu sparen, bewegen sie sich nur sehr langsam und ihre Fortpflanzungsrate ist sehr niedrig. Augen und Hautpigmente können gespart werden, da dieses wegen des fehlenden Lichtes überflüssig sind. Grundwassertiere sind deswegen blind und farblos. Dafür sind ihre Fühler und sonstige Tastorgane hervorragend entwickelt. Die Tiere leben im wassergefüllten Lückensystem des Untergrundes. Als Anpassung daran haben sie einen schlanken, langgestreckten Körperbau entwickelt.

Während der letzten drei Millionen Jahren dürfte die durchschnittliche Grundwassertemperatur in Mitteleuropa kaum einmal 14 °C überschritten haben. Echte Grundwassertiere sind deshalb wärmeempfindlich und sterben bei höheren Temperaturen meist innerhalb weniger Tage ab.

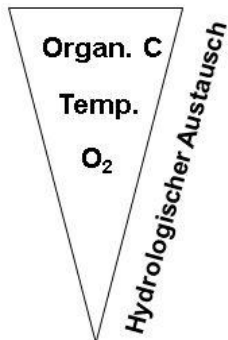
1.2 Was bedeutet Grundwasserneubildung aus ökologischer Sicht?

Grundwasserökosysteme werden vor allem durch drei Schlüsselparameter geprägt, das verfügbare organische Material, Sauerstoff und Temperatur. Auf dem Weg des Oberflächenwassers zum Grundwasser ändern sich genau diese Parameter. Organisches Material und Sauerstoff werden abgebaut und die Temperaturschwankungen werden immer geringer, bzw. die Höchsttemperaturen im Sommer immer niedriger (**Abb. 2**).

Entlang dieser Gradienten findet man auch entsprechend angepasste Tiere: Die stygoxenen (grundwasserfremden) Oberflächenarten leben in jenen Bereichen, wo die Nahrungs- und Sauerstoffversorgung noch gut ist und die Sommertemperaturen oft recht hoch sind. Die Fortpflanzungsraten der Oberflächenformen sind hoch, und steigen noch durch moderate Temperaturerhöhung. Viele Oberflächenarten haben das Potential für Massenvermehrung. Finden solche Massenvermehrungen in Aufbereitungsanlagen oder Leitungsnetzen statt, kann es zunächst zu ästhetischen Irritationen („Tiere in der Kaffeetasse“) kommen, dann aber auch zu Problemen mit erhöhten Keimzahlen. Kurz, Tiere vor allem in großer Zahl, sind in Leitungsnetzen alles andere als erwünscht.

Grundlagen: Grundwasserökologie

Oberflächenwasser



Grundwasser

Berkhoff 2010, verändert

Stygoxene

Hohes Potential für Massenvorkommen



Stygobionte

Geringes Potential für Massenvorkommen



Abbildung 2: Bei der Grundwasserneubildung treten steile Gradienten, u. a. bei organischem Kohlenstoff (DOC), Sauerstoff und Temperaturamplitude auf. Die Fauna ist an diese Gradienten angepasst.

Grundwassertiere können keine Massenpopulationen aufbauen. Dort, wo Oberflächenformen vorkommen, wird die Grundwasserfauna durch jene sich rasch vermehrenden Arten verdrängt, bzw. sie ertragen die hohen Sommertemperaturen nicht. Ihr Revier sind die gut abgeschirmten Wässer mit schlechtem Nahrungs- und Sauerstoffangebot - echtes Grundwasser, das ihnen ein Rückzugsgebiet vor den Oberflächenarten bietet.

1.3 Lebensraum Leitungsnetz

Leitungsnetze sind nichts anderes als künstliche Grundwasserlebensräume. Es gelten deshalb die gleichen ökologischen „Spielregeln“ wie im freien Grundwasser: Ein gutes Nahrungsangebot bei gleichzeitig ausreichender Sauerstoffversorgung und erhöhten Temperaturen fördert Oberflächenarten und, umgekehrt, profitieren Grundwassertiere von niederen Temperaturen und schlechter Versorgung mit organischem Material.

Dabei muss man sich eines klarmachen: Aufbereitung und Transport von Grundwasser in Leitungsnetzen bedeutet nichts anderes, als es hinsichtlich seiner ökologischen Schlüsselparameter dem Charakter von Oberflächenwasser anzunähern:

- Durch die Oxygenierung wird das Wasser bestens mit Sauerstoff versorgt.
- Biofilme in den Rohren fixieren über Jahre und Jahrzehnte den gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) aus dem Wasser und reichern so das gesamte System mit organischem Material an. Gleichzeitig wachsen dabei die Biofilme, können die Leitungen verstopfen und bieten den Tieren strömungsberuhigte Lebensräume.

- Vor allem in flachverlegten Leitungen sowie in Hausinstallationen können im Sommer die Wassertemperaturen auf deutlich über 20 °C ansteigen

Davon profitieren vor allem die problematischen Oberflächenarten. Der Betrieb von Aufbereitungs- und Rohrleitungssystemen für Trinkwasser ist deshalb immer mit dem erhöhten Risiko eines Tierbefalls behaftet. Vielzellige Tiere kommen allerdings in fast allen Trinkwasserversorgungssystemen vor.

Die Kunst des Netzbetreibers besteht darin, die Anlagen so zu fahren und zu pflegen, dass sich Oberflächenarten dort nicht fortpflanzen und vor allem keine Massenpopulationen aufbauen können. Grundwasserarten in Leitungsnetzen müssen dagegen zunächst als unproblematisch, ja sogar als Anzeiger einer hervorragenden Wasserqualität gelten.

1.4 Welche Konsequenzen hat der Klimawandel für die Netzhygiene?

In den kommenden 100 Jahren wird die Durchschnittstemperatur auf der Erde deutlich zunehmen. Je nach Rechenmodell und Region gehen die Fachleute dabei von 2 – 4 °C aus. In Mitteleuropa ist vor allem mit längeren, trockeneren und wärmeren Sommern zu rechnen.

Deshalb werden auch die Höchsttemperaturen in vielen Gebäudeinstallationen und vor allem auch in flachverlegten Trinkwasserleitungen deutlich steigen.

Von Bakterien ist hinlänglich bekannt, dass ihre Wachstumsrate – ausreichend organisches Material vorausgesetzt - mit steigender Temperatur bis ca. 35 °C exponentiell zunimmt. Daraus resultierende hygienische Probleme sind nicht auszuschließen. Auch für oberflächenwasserbewohnende Tierarten sind die positiven Zusammenhänge zwischen Vermehrung und Temperatur bekannt. Grundwassertiere dagegen reagieren negativ darauf ^[2].

Die **Abbildung 3** zeigt für das Grundwasser deutlich die Zusammenhänge zwischen schwankender Temperatur (einschließlich höherer Sommertemperatur) und tierischer Besiedlung.

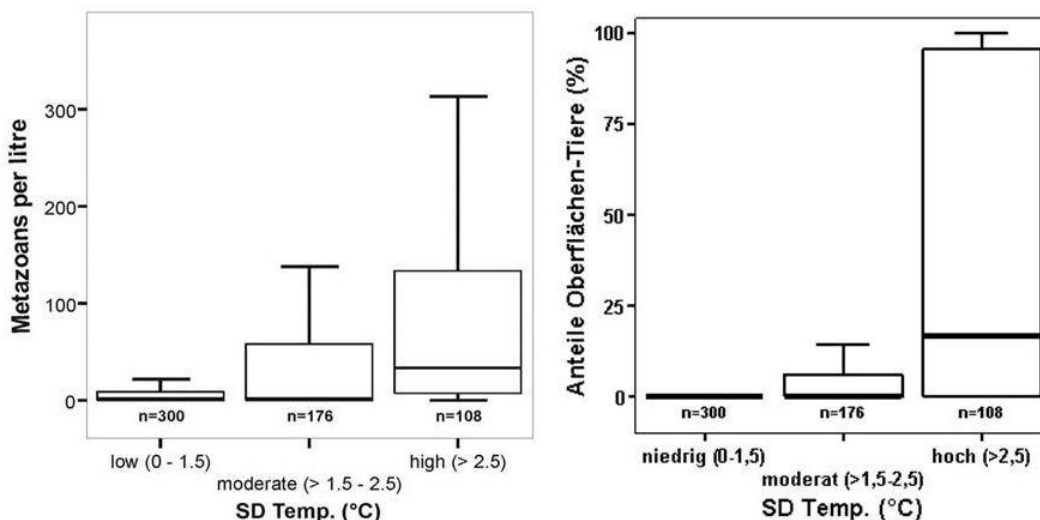


Abbildung 3: Mit steigender Temperaturamplitude nehmen die Besiedlungsdichte und die Anteile der grundwasserfremden Tiere zu.

Je höher die Standardabweichung (Schwankung) der Temperatur desto dichter ist die Besiedlung und desto höher der Anteil der grundwasserfremden Oberflächenarten. Auch wenn die Standardabweichung der Temperatur, bzw. damit einhergehende Höchsttemperaturen, nicht alleiniger die Fauna beeinflussender Parameter ist, so sind die grundsätzlichen Zusammenhänge doch klar: Höhere Temperaturen in Leitungsrohren gehen mit dem erhöhten Risiko einer starken Vermehrung oberflächenwasserbewohnender Tierarten einher.

Genau hier liegt, vor dem Hintergrund des immer wahrscheinlicher werdenden Klimawandels, eine der großen Herausforderung für Planung, Bau und Betrieb zukünftiger Trinkwasserverteilnetze.

1.5 Maßnahmen gegen vielzellige Tiere in Leitungsnetzen.

Tiere in Leitungsnetzen sind völlig normal. Trotzdem gelten sie als „Igit-Thema“ und werden selbst betriebsintern kaum diskutiert. Eine repräsentative Umfrage des Autors in Hessen aus dem Jahre 2011 ergab, dass nur 6 % aller dort befragten Wasserwerke „Tiere in Leitungsnetzen“ thematisieren. Auf dieser Grundlage ist der Umgang mit diesem Phänomen, insbesondere gezielte Gegenmaßnahmen, sehr schwierig. Interne Kommunikation und die fachliche Auseinandersetzung mit der Biologie des Grundwassers - und vor allem der eigenen Anlagen - sind die Voraussetzung für ein erfolgreiches „Tiermanagement“.

Sind die Eigenheiten des Systems bekannt (wo treten die Tiere auf? um welche Arten handelt es sich? gibt es Biofilme usw.?) können, falls überhaupt erforderlich, geeignete Maßnahmen getroffen werden.

Akut können, meist wenig erfolgreich, die betroffenen Netzbereiche gespült werden. Auch der Einsatz von CO₂ bringt nur kurzfristige Linderung, da er nicht die Ursachen des Befalls beseitigt. Wesentlich effizienter ist die Entfernung der Biofilme mitsamt den darin und davon lebenden Tieren durch geeignete Verfahren, wie luftgebundene Impulsspülverfahren. Abhängig vom Kohlenstoffgehalt des Wassers kann es danach Jahre dauern, bis die Biofilme wieder zu kritischer Dichte herangewachsen sind.

Wirklich nachhaltig ist nur der Umbau des Netzes, z. B. zur Vermeidung von Stagnationszonen oder der Erwärmung des Wassers, durch Tieferlegen der Leitungen. Letztlich könnte auch die Stilllegung kritischer Brunnen oder Quellen erforderlich werden. Vielfach aber stehen bei solchen Maßnahmen Kosten und Aufwand in keinem Verhältnis zum Ergebnis. Mit oder ohne Klimawandel: wir müssen lernen, mit den Tieren zu leben und mit angepasster Netzhygiene deren Bestände zu kontrollieren.

2 Literatur

- [1] Hahn, H. J.: Metazoen/Vielzellige Tiere. In Grundwasserbiologie – Grundlagen und Anwendungen T5/2012, DWA-Themen, S. 71-82, 2012
- [2] Briemann, H., Griebler, C., Schmidt, S. I., Michel, R. & Lueders, T.: Effects of thermal energy discharge on shallow groundwater ecosystems. FEMS Microbiol Ecol 68, S. 273–286, 2009

Autor:

PD Dr. Hans Jürgen Hahn
Universität Koblenz-Landau
Institut für Umweltwissenschaften



Tel.: 06341/280-31221

E-Mail:

hjhahn@uni-landau.de

Internet:

Internet-Adresse

<http://www.uni-koblenz-landau.de/landau/fb7/umweltwissenschaften/molecol/team/scientific-staff/hans-juergen-hahn/hans-juergen-hahn>