

Werkführung im Grundwasserwerk Hardhof der Wasserversorgung der Stadt Zürich (wvz)

Am 01. März 2019 waren wir zu Besuch bei der Wasserversorgung der Stadt Zürich (wvz). Zu Beginn erhielten wir eine hochinteressante theoretische Einführung zur Wasserversorgung und der Wasseraufbereitung der Stadt Zürich. Danach ging es auf die Besichtigung des Grundwasserwerk Hardhof, mit zwei sehr kompetenten Führern, welche alle unsere Fragen beantworten konnten.

Oberstlt Roger Bächler
SOLOG Ostschweiz





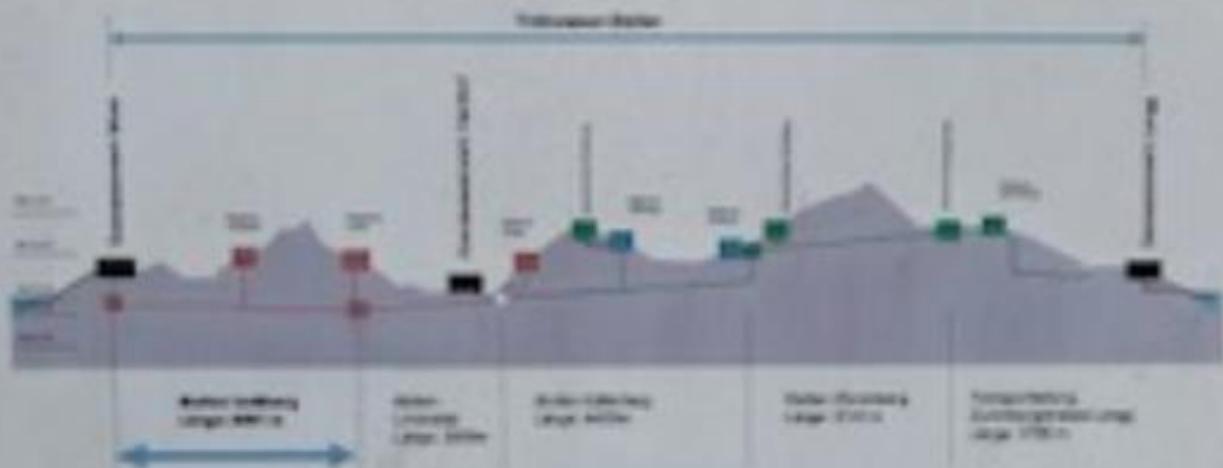




Trinkwasserstollen

Teilstück Stollen Uetliberg (Lyren-Moos)

Insgesamt wurden 1143 Rohre eingebracht. Jedes dieser Rohre ist 18 t schwer, ist 6.03 m lang und hat einen Durchmesser von 2.20 m sowie einen innenliegenden Stahlmantel von 8 mm.



Der gesamte Trinkwasserstollen wurde in drei Etappen erstellt:

- Lyren-Moos im Jahre 2010 in Betrieb genommen
- Hardhof-Lyren im Jahre 1999 fertiggestellt
- Lengg-Hardhof Mitte der 70er Jahre in Betrieb genommen

Stolleninhalt

Das Volumen des Verteilnetzes (ohne Quellwassernetz) hat einen Inhalt von rund 100 000 m³. Das Trinkwasser-Stollensystem enthält 68 000 m³. Zusammen ergeben dies ein Volumen in der Wasserverteilung von ungefähr einem Tagesverbrauch im Sommer.





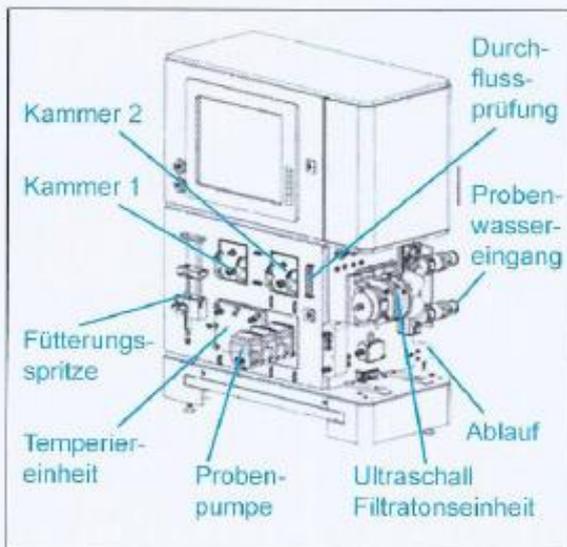
«Wasserflöhe» in der Wasserversorgung

Biomonitoring mit dem Daphnientoximeter

Das Daphnientoximeter

Das Daphnientoximeter ist eine hochtechnische Biotestanlage. Es überwacht das Wasser auf toxische Inhaltsstoffe.

Die Wasserversorgung Zürich testet mit zwei Geräten das Roh- und das Trinkwasser vom Grundwasserwerk Hardhof.



Im Grundwasserwerk Hardhof setzt die Wasserversorgung zur Überwachung des Reinwassers und Uferinfiltrats ein zweikammriges Daphnientoximeter ein.

Aufbau des Gerätes

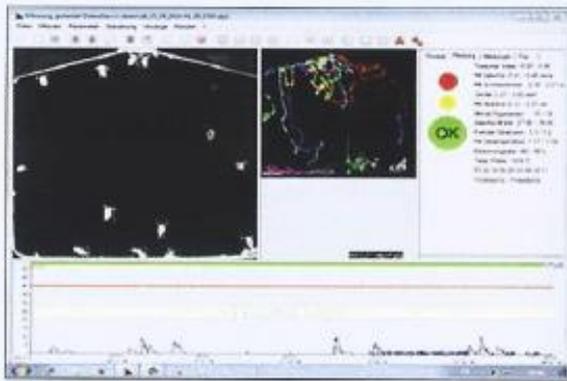
Ein Daphnientoximeter besteht aus einem mechanischen Teil mit Pumpen, Heiz- und Kühlelementen, einem Ultraschallmodul und einer Vorrichtung zur Fütterung der Testorganismen (Daphnien) die in zwei im Gerät integrierten, wassergefüllten Glaskammern schwimmen. Diverse elektronische Bauteile und Sensoren steuern das Gerät. Zwei Digital-Kameras filmen die Schwimmbewegungen der Testtiere und registrieren deren Aufenthaltsort in den Kammern.

Die Daphnien befinden sich in einem kontinuierlich die Kammern durchfließenden Wasserstrom und können so auf die aktuelle Zusammensetzung der Wasserinhaltsstoffe reagieren.

Pro Kammer sind je 10 Daphnien im Einsatz. Die Testtiere werden auf Grund ihrer kurzen Generationszeit wöchentlich ausgetauscht. Das Daphnientoximeter ist mit einem Computer ausgestattet, der die Kamera-Bilder online auswertet und die Schwimmbahnen der Daphnien aufzeichnet. Änderungen des Schwimmverhaltens werden erkannt und bei statistisch signifikantem Abweichen von der Norm wird ein Alarm ausgelöst.

Funktionsweise des Daphnientoximeters

Die Daphnien übernehmen im Daphnientoximeter die Aufgabe eines Sensors. Wenn sie ihr Verhalten ändern – schneller, langsamer, höher oder tiefer schwimmen, kurvige Schwimmbahnen haben oder den Abstand zueinander ändern – wird das registriert. Wenn sie im Extremfall (z.B. bei Kontakt mit giftigen Substanzen) sterben, wird vom Gerät sofort ein Alarm ausgelöst.



Bildschirm des Toximeters mit Bewegungsverlauf.

Bewegungsaufzeichnung

Um eine Bildaufnahme zu ermöglichen, sind seitlich der im Dunkeln liegenden Glaskammern Leuchtdioden angebracht. Diese geben Licht im Bereich von 700 nm ab, welches von den Daphnien nicht wahrnehmbar ist. Zusätzlich ist für die Daphnien ein von oben einstrahlendes Orientierungslicht angebracht.

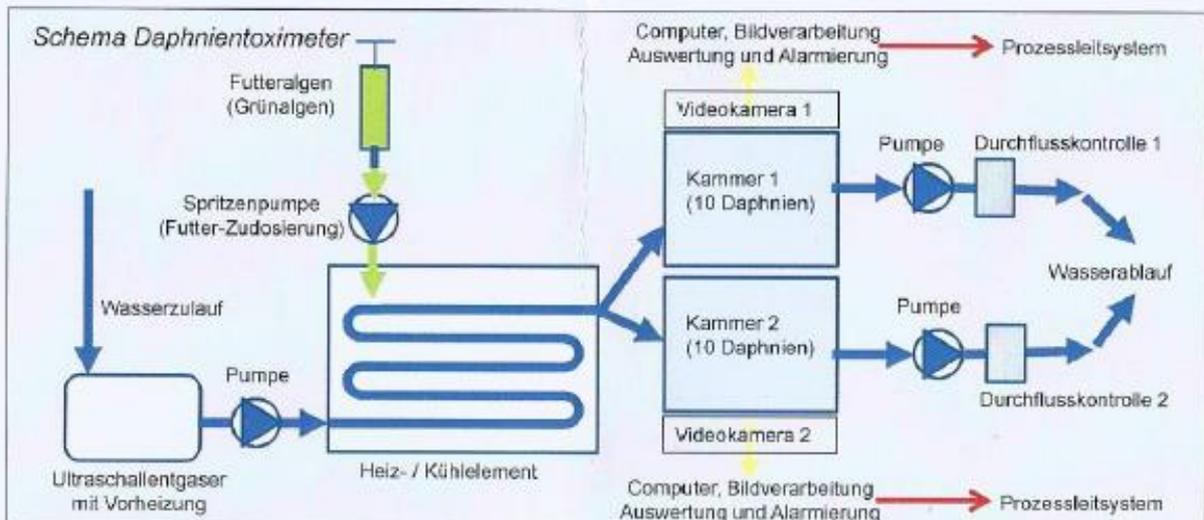
Die Kamera filmt die Tiere und erzeugt ein Live-Bild. Mit Hilfe der sogenannten

Plob-Analyse (dient der Ortsbestimmung bewegter Objekte mittels geeigneter Operatoren) wird von jedem bewegten Objekt der Ort und die Fläche bestimmt und miteinander in Verbindung gebracht. So kann jedem Tier eine Bahn zugeordnet werden, auf der es sich bewegt hat, um daraus das Schwimmverhalten in Form der einzelnen Messgrößen zu ermitteln. Jede Daphnie hat eine eigene Bahn mit einer eigenen Farbe. Dadurch werden die Schwimmbahnen für den Anwender sichtbar gemacht und er kann am Bildschirm des Daphnientoximeters die Bahnen der Daphnien leicht erkennen und verfolgen.

Online Biomonitoring durch computergestützte Videoauswertung

Als Biomonitoring bezeichnet man die Bestimmung oder Überwachung von Schadstoffen mit Hilfe von Organismen. Im Daphnientoximeter werden dazu Kleinkrebse (Daphnien) eingesetzt. Die Wahrnehmung der Tierchen ist äusserst empfindlich und führt zu Verhaltensänderungen der Organismen. Zusammen mit einer Digitalkamera und einer leistungsfähigen Bildauswertungs-Software erlaubt das Verhaltensmuster der Daphnien eine permanente Online-Überwachung des Wassers auf Schadstoffe. Dabei wird eine Vielzahl von «Daphnien-Parametern» berücksichtigt.

Damit die Überwachung optimal funktioniert, wird die Einstellung des Toximeters auf unser Wasser abgestimmt und ein relevanter



Toxizitätsindex berechnet. Nur wenn mehrere der Parameter-Messgrößen innerhalb eines festgelegten Zeitraums gleichzeitig in beiden Kammern ungewöhnliche Werte zeigen, wird ein Alarm ausgelöst.

Im Fall eines Alarm werden sofort vordefinierte Massnahmen ausgelöst, um eine einwandfreie Wasserqualität jederzeit garantieren zu können.

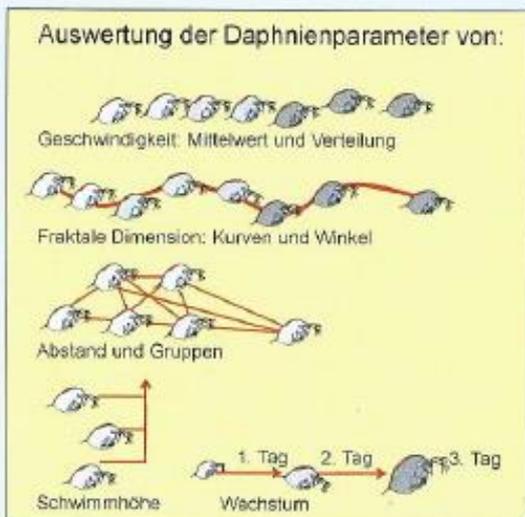
Der Toxizitätsindex

Der Toxizitätsindex beruht auf der Bewertung verschiedener Messgrößen, wie etwa der Schwimmgeschwindigkeit oder Schwimmhöhe und deren Änderungen. Für die Klassierung der momentanen Situation kommen die drei «Ampelfarben» zum Einsatz:

Grün: Alles ist in Ordnung. Die Daphnien schwimmen mit ruhigen Bewegungen und gleichmässig.

Gelb: Warnalarm. Einige Daphnien zeigen ein untypisches Verhalten. Insgesamt ist der Daphnien-Toxizitätsindex jedoch nicht überschritten.

Rot: Tox-Alarm. Die Daphnien zeigen ein auffälliges Verhalten. Der für unser Wasser definierte Daphnien-Toxizitätsindex ist überschritten. Die zugewiesenen Toxpunkte liegen über der Alarmgrenze.

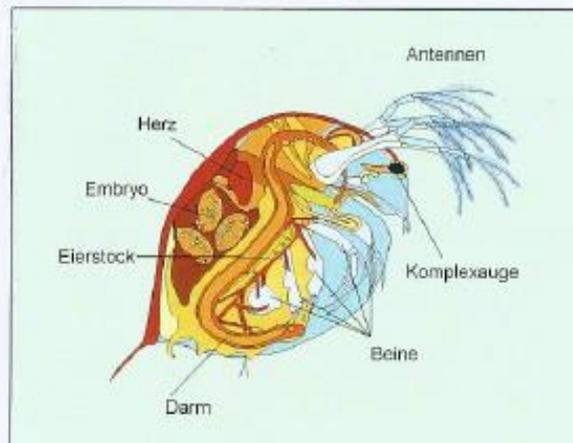


Messungen der Geschwindigkeit: mittlere Geschwindigkeit, Geschwindigkeitsverteilung, Reichweite Schwimmstösse und Schwimmstösse pro Zeiteinheit. Beobachtung des Verhaltens: Schwimmhöhe, Wendungen, Kreisbewegungen. Beobachtung des Wachstums: Bestimmung der Daphniengrösse.

Warum Daphnien?

Zur Überprüfung auf Schadstoffe im Wasser eignen sich Daphnien als Testorganismen ausgezeichnet. Sie gehören zu den am besten untersuchten Wassertierchen überhaupt und dienen als Modellorganismen für viele ökologische, genetische, ernährungs- und verhaltensphysiologische Studien. Daraus resultiert ein umfangreiches Wissen über ihre hohe Empfindlichkeit gegenüber Veränderungen ihrer Lebensbedingungen, insbesondere unter dem Einfluss toxischer Stoffe. Das ist auch einer der Hauptgründe für den Einsatz von Daphnien im Biomonitoring.

Das Schwimmverhalten in unbelastetem Wasser ist durch relativ gleichmässige Geschwindigkeit und Bewegung gekennzeichnet. Kommt nun ein Schadstoff ins Wasser verändern sie je nach Konzentration und Einwirkzeit der Substanz ihr Schwimmverhalten. Die Daphnien zeigen eine höhere oder geringere Aktivität. Diese Eigenschaft macht sich das Daphnientoximeter zu Nutze. Daphnien reagieren schon bei Konzentrationen die unterhalb der gesetzlich zulässigen Konzentrationen für Trinkwasser liegen. Die Daphnientoximeter der Wasserversorgung erkennen und bewerten diese Reaktionen. Die Auswertung von Verhaltensänderungen gibt Hinweise zu Veränderungen im Wasser noch bevor die Tiere zu Schaden kommen. Alarme aus der Unterscheidung zwischen «aktiven» und «nicht aktiven» Organismen würden im Ernstfall sofortige Sicherheitsmassnahmen einleiten.



Schema: Bauplan einer Daphnie

Was sind Wasserflöhe?

Daphnien (*Daphnia magna* Straus, 1820) werden auch Wasserflöhe genannt.

Wasserflöhe sind keine Flöhe, wie der Name es uns vortäuscht, sondern anschauliche Kleinkrebse (Crustacea), die in unseren Gewässern leben.

Die Bezeichnung Wasserfloh bezieht sich auf die Fortbewegungsweise der Tiere im Wasser. Durch stossweises Rudern mit ihren Antennen entsteht der Eindruck eines flohartigen Hüpfens.

Wasserflöhe (Daphnien) gehören zum Zooplankton und sind weltweit verbreitet.

Daphnien sind Filtrierer. Sie filtrieren Algen, Bakterien und andere partikuläre organische Substanz aus dem Wasser und verwerten sie als Futter.



Wasserfloh (*Daphnia magna*)
Foto: Christian Rellstab, eawag

Lebensweise der Daphnien

Weibchen werden bis 5 mm und Männchen bis 2 mm gross. Zum Wachsen müssen sie sich häuten.

Die Lebensdauer von Daphnien schwankt zwischen ein paar Wochen und wenigen Monaten. Sie hängt stark von den äusseren Bedingungen sowie dem Nahrungsangebot ab. Daphnien können sich sowohl geschlechtlich als auch ungeschlechtlich fortpflanzen. In der gut gehäuterten Zucht pflanzen sie sich ungeschlechtlich, also über Parthenogenese (Jungfernzeugung) fort. Durch diese Fortpflanzungsart sind alle Individuen genetisch identisch.

Die Generationszeit ist äusserst kurz: Bereits nach 8-10 Tagen gibt es die ersten Jungtiere.

Vermehrung der Daphnien

98 Prozent der Daphnien sind Weibchen! Man unterscheidet zwei Fortpflanzungsarten:

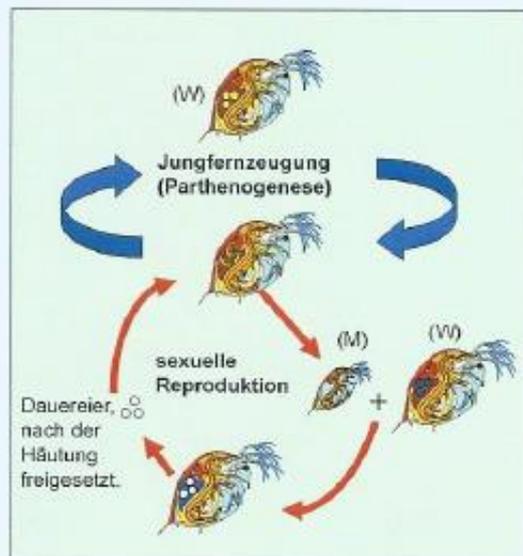
Asexuelle Fortpflanzung:

Die meiste Zeit des Jahres findet man bei günstigen Bedingungen in den Gewässern nur weibliche Daphnien. Während dieser «Zeit der Fülle» vermehren sich die Daphnien asexuell durch Jungfernzeugung (Parthenogenese). Dadurch werden nur Weibchen hervorgebracht. Diese sind alle genetisch identisch (= Klone).

Bei ungünstigen Umweltbedingungen (beginnende Trockenheit, Kälte, Nahrungsmangel, kürzere Tage, Anwesenheit von Giftstoffen) schlüpfen allerdings aus einigen Eiern Männchen.

Sexuelle Fortpflanzung:

Sobald Männchen vorhanden sind, können die Wasserflöhe zur zweigeschlechtlichen Fortpflanzung übergehen. Die Männchen befruchten die Eier der Weibchen. Diese Eier (Ephippien, auch «Wintereier», Latenzeier oder Dauereier genannt), sind von einer sehr widerstandsfähigen Hülle umgeben, die gegen Hitze, Kälte und Trockenheit schützt. Dank diesem Schutz können die Ephippien viele Jahre überdauern. Bei günstigen Umweltbedingungen schlüpfen dann aus diesen Eiern wiederum nur weibliche Daphnien.



Daphnienzucht

Die Abteilung Biologie der Wasserversorgung Zürich hält eine eigene Daphnienzucht. Es wird darauf geachtet, dass die Tiere nur aus asexueller Fortpflanzung stammen. Ebenso werden die Grünalgen (*Scenedesmus*) zur Fütterung der Daphnien in der Wasserversorgung gezüchtet.