

## 1 Einleitung

Der Fachaustausch technisch Quagga fand am 20. Januar 2021 in Form einer Videokonferenz statt. Es waren Vertreter der Wasserversorgung Zürich, der Bodenseewasserversorgung Sipplingen, des Service de l'eau Lausanne, des Energie Service Biel, der Stadtwerke St. Gallen und Service Industrielle Genève anwesend. Die Werksvertreter stellten zuerst ihr Werk vor, den Grad des Befalls mit der Quaggamuschel und gingen dann auf die geplanten Lösungen für eine zukünftige «Quagga resistente» Aufbereitung ein. Am Schluss wurde versucht die einzelnen Lösungen oder Teile davon mit Hilfe einer Bewertungstabelle zu beurteilen.

In den folgenden Kapiteln sind die aktuellen Situationen in den Wasserwerken sowie die geplanten Massnahmen tabellarisch zusammengefasst, am Schluss ist noch die Bewertungstabelle mit den gemeinsam erarbeiteten Bewertungen wiedergegeben.

Das Dokument bildet den aktuellen Stand in der Schweiz (und teilweise in Deutschland) bezüglich des Ausmasses des Befalls mit der Quaggamuschel sowie der geplanten und möglichen Massnahmen von den Wasserwerken ab.

Es gibt im Moment noch keine allgemein anwendbare Lösung gegen die Quaggamuschel im Zusammenhang mit der Seewasserentnahme und -aufbereitung. Die vorgestellten Lösungen sind individuell an die jeweiligen Wasserwerke angepasst und wenden ganz unterschiedliche Strategien an. Für betroffene Oberflächenwassernutzer wird im Folgenden eine Vielzahl möglicher Ansätze vorgestellt, welche für die Muschelbekämpfung angewendet werden können.

## 2 Aktuelle Situation

Wasser- versorgung	Aktuelle Verfahrenstechnik	Aktuelle Situation Quaggabefall	Aktuelle Massnahmen gegen die Muschel
Wasser- versorgung Zürich	<p><b>Seewasserwerk Lengg:</b> Vorozonung, Flockungsfiltration, Zwischenzonung, Aktivkohlefilter, Neutralisation, Langsamsandfilter.</p> <p><b>Seewasserwerk Moos:</b> Voroxidation, Flockungsfiltration, Ozonung, Aktivkohlefilter, Langsamsandfilter.</p>	Der Zürichsee ist noch nicht von der Quaggamuschel befallen. Die aktuellen Massnahmen dienen dazu die Zebamuschel zu bekämpfen.	Aktuell gegen die Zebamuschel: Stosschlorung der Seeleitung mit einem Gemisch aus Natriumhypochlorit und Chlordioxid (Aktivchlorkonzentration 10 ppm) mit einer Einwirkzeit von 8 Stunden. Die Chlorung wird ca. 8 x pro Jahr durchgeführt, das chlorhaltige Wasser wird innerhalb des Wasseraufbereitungsprozesses zu Trinkwasser aufbereitet.

Wasser- versorgung	Aktuelle Verfahrenstechnik	Aktuelle Situation Quaggabefall	Aktuelle Massnahmen gegen die Muschel
	<p>Jedes Werk hat eine eigene Seeleitung, angesogen wird das Wasser in ca. 30 m Tiefe. Die Seeleitungen sind ca. 500 m lang.</p>		
<b>Bodensee- wasser- versorgung Sipplingen</b>	<p>Mikrosiebung, Ozonung, Flockungsfiltration, Desinfektion (Chlor) Die Seewasserentnahme ist in 60 m Tiefe.</p>	<p>Die Entnahmeeinrichtung und die Mikrosiebung sind von Muscheln befallen.</p>	<p>Manuelle Reinigung der Entnahmeeinrichtungen (Taucher), manuelle Reinigung der Schwallkammern und der Mikrosiebe. Installation eines Zwischenpumpwerkes, welches erlaubt auch bei einer «besiedelten» Leitung Wasser aus dem See «anzusaugen», wenn der natürliche Vordruck nicht mehr ausreichen würde.</p>
<b>Service de l'eau Lausanne</b>	<p><b>Seewasserwerk Saint Sulpice:</b> Flockungsfiltration, Chlorierung. <b>Seewasserwerk Lutry:</b> Pulveraktivkohle, Ultrafiltration, Chlorierung.</p> <p>Jedes Werk wird mit einer Seeleitung versorgt, die Ansaugtiefe beträgt 50 und 60 m.</p>	<p>Die Entnahmeeinrichtungen von beiden Seewasserwerken sind von der Quaggamuschel besiedelt. Die Muscheldichte ist in der Nähe des Saugkorbes am grössten und nimmt dann gegen das Werk hin ab. Starker Befall in der Rohwasserkammern in Saint Sulpice, einige junge Muscheln konnten auch nach den Sandfiltern nachgewiesen werden. Weniger Muscheln in Lutry (ev. wegen der Pulveraktivkohle), keine Larven nach der Ultrafiltration.</p>	<p><b>Seewasserwerk Saint Sulpice:</b> Die Kammern und Filter werden einmal pro Jahr manuell gereinigt (mit Hochdruck und Schaber), die Seeleitung wird 1-2-mal pro Jahr mit einer Kamera inspiziert, um den Befall zu beobachten. Es werden Versuche mit mechanischen Vorfilter durchgeführt.</p> <p><b>Seewasserwerk Lutry:</b> Die Anlage wird einmal pro Jahr inspiziert, die Seeleitung wird 1-2-mal pro Jahr mit einer Kamera inspiziert. Der Saugkorb kann herausgezogen werden für eine Reinigung.</p>
<b>Energie Service Biel</b>	<p><b>Seewasserwerk Ipsach:</b> Vordesinfektion, Flockungsfiltration, Oxidation mit Ozon, Filtration mit Aktivkohle und Sand, Enddesinfektion. Das Werk wird mit einer</p>	<p>2018 wurde die Rohrleitung vom Saugkorb her mit einer Kamera inspiziert, es konnten vor Allem Zebromuscheln nachgewiesen werden. Die Muscheln siedelten vor Allem an den «Seiten» der Leitung. Dieses Jahr wurde die</p>	<p>Seit Sommer 2019 wird die Larvendichte im Rohwasser überwacht. Bei der Untersuchung der einzelnen Verfahrensstufen wurden ebenfalls Muschellarven auf der Reinwasserseite nachgewiesen.</p>

Wasser- versorgung	Aktuelle Verfahrenstechnik	Aktuelle Situation Quaggabefall	Aktuelle Massnahmen gegen die Muschel
	Seeleitung versorgt, die Ansaugtiefe beträgt 38 m.	Inspektion wiederholt, der Korb ist nun ebenfalls besiedelt. Im Leitungsinnen wurde keine deutliche Verschlechterung der Situation festgestellt.	Zwischenzeitlich wurde die Ozon- und Chloridosis erhöht, mittlerweile aber wieder reduziert. Die ursprüngliche Chlorierung am Saugkorb wurde wieder instand gestellt, aktuell ist noch eine Auflage an die Betriebssicherheit zu erfüllen, bevor sie wieder in Betrieb genommen werden kann. Zusätzlich werden UV-Anlagen nach den Aktivkohlefilter installiert.
Stadtwerke St. Gallen	<b>Seewasserwerk Frasnacht:</b> Vorozonung, Flockungsfiltration, Zwischenozonung, Aktivkohlefiltration. Das Werk wird mit einer Seeleitung versorgt, die Ansaugtiefe beträgt 60 m.	Der Saugkorb wird innerhalb eines Jahres komplett besiedelt (Reinigungsintervall = 1 Jahr). Die Seeleitung ist partiell mit Muscheln besiedelt, es fällt auf, dass in Bereichen mit «Strömungsänderungen» innerhalb der Leitung vermehrt Muscheln zu finden sind. Im Werk kann die Muschel ebenfalls nachgewiesen werden, der Befall ist aber nicht dramatisch, die einzelnen Stufen können mechanisch gereinigt werden. Im Reinwasserreservoir können ebenfalls Larven nachgewiesen werden.	Für die Reinigung des Saugkorbs wird ein Tauchroboter eingesetzt, der mit Wasserhochdruck (150 bar und 40 l/min) die Muscheln innen und aussen entfernen kann. Innerhalb von zwei Tagen kann der Saugkorb mit dem Roboter komplett gereinigt werden.
Service Industrielle Genève (SIG)	Bei der SIG wird Seewasser sowohl für die Trinkwasseraufbereitung als auch für die energetische Nutzung verwendet. Bei der energetischen Nutzung wird das Wasser nach der Energieübertragung wieder in den See zurückgegeben. <b>Seewasserwerk:</b> Flockungsfiltration, Ozonung, Aktivkohlefiltration, Desinfektion mit Na-Hypochlorit. Das Werk wird mit einer	Seit dem März 2020 kann die Quaggamuschel im Rohwasserkanal des Seewasserwerkes nachgewiesen werden. Im Juli 2020 kam es zu einer verstopften Pilotanlage welche ebenfalls Seewasser ansaugt.	Eine kontinuierliche Chlorierung wurde bereits im Rahmen der Zebrauschel-Bekämpfung installiert und wird aktuell mit 0.25 ppm Chlor (kontinuierlich) betrieben. Die Saugkörbe können herausgehoben werden und an der Oberfläche (auf einem Ponton) gereinigt werden, die Körbe werden aktuell einmal pro Jahr gereinigt.

Wasser- versorgung	Aktuelle Verfahrenstechnik	Aktuelle Situation Quaggabefall	Aktuelle Massnahmen gegen die Muschel
	Seeleitung versorgt, die Ansaugtiefe beträgt 30 m. <b>Energienutzung:</b> Wärmetauscher		

### 3 Geplante Massnahmen

Wasser- versorgung	Geplante Verfahrenstechnik (Neubau)	Geplante Massnahmen gegen die Muschel
Wasser- versorgung Zürich	<p><b>Seewasserwerk Lengg:</b> Kein Neubau in den nächsten Jahren, sowohl die Rohwasserleitungsführung wie auch die Verfahrenstechnik im Werk sind noch in gutem Zustand.</p> <p><b>Seewasserwerk Moos:</b> In den nächsten Jahren wird das Seewasserwerk Moos erneuert, die Langsam- und Flockungsfilter werden durch eine Ultrafiltration ersetzt. Neu müsste dann nicht nur die Seeleitung, sondern auch die Rohwasserdruckleitung bis zum Eintritt ins Werk mit Chlor behandelt werden. Dadurch wird die Menge an chlorhaltigem Wasser für die Aufbereitung grösser und muss gestapelt werden. Danach erfolgt die Aufbereitung des chlorhaltigen Wassers im Teilstrom.</p>	<p>Im Rahmen der Erneuerung des Werkes Moos wurde ein eigenes Projekt gestartet welches den Ersatz respektive die Sanierung der beiden Seewasserfassungen und Rohwasserdruckleitungen / Stollen zum Ziel hat. In diesem Projekt werden auch mögliche Alternativen zu der Stosschlorung geprüft (Molch, spezielle Materialien etc.).</p>
Bodensee- wasser- versorgung Sipplingen	<p>Im Rahmen des Projektes «Zukunftsquelle» sollen drei neue Seewasserwerke gebaut werden. Als Verfahrenstechnik wird die Ultrafiltration eingesetzt.</p> <p>Die neuen Seewasserfassungen sollen ebenfalls wieder auf 60 m Tiefe zu liegen kommen, da auf dieser Tiefe praktisch keine Beeinflussungen von der Wasseroberfläche her zu erwarten sind.</p>	<p>Die Planerlose wurden vergeben, aktuell sind die Fachplaner dabei Varianten auszuarbeiten, welche dann evaluiert und genehmigt werden. Die Seewasserentnahme muss «quaggasicher» und «reinigbar» sein, aber zum heutigen Planungsstand gibt es noch keine konkreten technischen Lösungen dafür.</p>

Wasser- versorgung	Geplante Verfahrenstechnik (Neubau)	Geplante Massnahmen gegen die Muschel
<b>Service de l'eau Lausanne</b>	<p><b>Seewasserwerk Saint Sulpice:</b> Neubau Saint Sulpice II mit Vorfiltration, Oxidation (Ozon), granuliert Aktivkohle, Vorfilter, Ultrafiltration, Nanofiltration (teilstrom), Chlorierung.</p> <p><b>Seewasserwerk Lutry:</b> Kein Neubau, keine Anpassungen an der Verfahrenstechnik</p>	<p><b>Seewasserwerk Saint Sulpice:</b> Bau einer redundanten molchbaren mit einer Chlorierung ausgerüsteten Seeleitung sowie einer redundanten molchbaren Abwasserleitung (für Rückspülwässer). Die Saugkörbe werden aus CuNi gefertigt und sind herausnehmbar. Die gesamte Aufbereitung ist zu 80 % redundant. Zusätzlich wird eine Studie zum Effekt von mechanischen Vorfilter durchgeführt.</p> <p><b>Seewasserwerk Lutry:</b> Eine provisorische Chlorierung wird an der Entnahmestelle installiert (Bewilligung beim Kanton beantragt). Eine Studie zum Bau einer zweiten Seeleitung sowie die Möglichkeiten zum Einbringen und Herausnehmen eines Molchs sind im Gang. Ein zweiter Saugkorb aus CuNi ist in Planung.</p>
<b>Energie Service Biel</b>	<p><b>Seewasserwerk Ipsach:</b> Neubau mit Ultrafiltration, Umkehrosiose (Teilstrom), Desinfektion mit Ozon, AOP mit Wasserstoffperoxid (situativ), Aktivkohle- und Sandfiltration, UV-Desinfektion.</p>	<p>Sämtliche Komponenten / Kompartimente, die mit Rohwasser in Berührung kommen können mit Chlor und Vakuum behandelt werden. Es wird eine neue redundante Seeleitung geplant in HDPE, molchbar und mit einem selbstreinigenden Saugkorb (der Saugkorb kann eingefahren werden, dabei werden anhaftende Muscheln abgestreift). Der Molch ist bidirektional und kann mit Wasserdruck hin- und hergefahren werden. Durch häufiges molchen soll es gar nicht erst zu grossen Ablagerungen (Muscheln) auf der Leitung kommen, und es fällt praktisch kein Molchgut an. Bei den Saugkörben und der Molcheinrichtung handelt es sich um eine Eigenentwicklung der ESB</p>
<b>Stadtwerke St. Gallen</b>	<p>Noch keine konkreten Pläne. Im Rahmen einer Studie wurde die Integration einer Ultrafiltration in das bestehende Werk geprüft und für möglich befunden.</p>	<p>Dank der relativ einfachen Reinigungsmöglichkeit des Saugkorbs und der grosszügig dimensionierten Leitung herrscht kein Zeitdruck für die Planung von weiteren Massnahmen. Insbesondere sollen Lösungen im Verbund mit anderen Seewasserwerken gefunden werden. Ebenfalls wurde eine Studie erstellt, welche untersucht wie eine Membranfiltration in die bestehende Anlage, als wirksame Barriere, integriert werden kann. Auslagerungsversuche im Bereich des Saugkorbs sind ebenfalls im Gang, um verschiedene Materialien bezüglich Bewuchses zu testen.</p>

Keine Neubaupläne.

Als erste Massnahme wird die Erhöhung der Chlordosis auf 0.5 ppm geplant. Ebenfalls soll ein Tauchroboter beschafft werden, um die Saugkörbe regelmässig zu inspizieren. Wenn nötig muss das Reinigungsintervall für die Saugkörbe erhöht werden. Zusätzlich werden weitere Reinigungsverfahren für die Seeleitung und die Saugkörbe geprüft (Drohne, Molch, Bürstensysteme etc.).  
Um die Effizienz der Chlorung zu erhöhen wird eine kombinierte Chlorierung ins Auge gefasst, eine kontinuierliche Dosierung von 0.5 ppm, begleitet von Stosschlorungen mit bis zu 10 ppm Chlor z.B. während den Sommermonaten.  
Das chlorhaltige Wasser wird im Seewasserwerk über die Aktivkohlefiltration entfernt, bei der thermischen Nutzung müsste unter Umständen eine Neutralisation in einem Pufferbecken erfolgen, vor dem zurückspeisen in den See.

#### 4 Bewertung der geplanten Massnahmen oder von einzelnen technischen Lösungen

Gemeinsam wurden die Lösungen oder Teilaspekte davon beurteilt durch die Teilnehmer des Fachaustausches. Da in den meisten Werken eine Kombination von mehreren Massnahmen vorgesehen sind, bildet die nachfolgende Bewertungstabelle keine abschliessende Bewertung über die Lösungen der einzelnen Seewasserwerke. Es wurden jeweils einzelne Aspekte einer Lösung betrachtet. Bei der Bodenseewasserversorgung wurde keine konkrete Lösung beurteilt, weil aktuell erst feststeht, dass man als Verfahren und wirksame Barriere gegen die Quaggamuschel eine Ultrafiltration einsetzen wird.

Bewertung (1 – 6)	Total gewichtet	Total ungewichtet	Übertragbarkeit auf andere Wasserwerke	Barrierewirkung gegen Quagga	Investitionskosten	Betriebskosten	Technische Umsetzbarkeit	Betrieb und Wartung	Regulatorische Hürden
Gewichtung (1 = eher unwichtig, 3 = sehr wichtig)			1 = nicht übertragbar 6 = gut übertragbar	1 = wenig effektiv 6 = sehr effektiv	1 = sehr hoch 6 = sehr tief	1 = sehr hoch 6 = sehr tief	1 = sehr komplex 6 = sehr einfach	1 = sehr anspruchsvoll 6 = sehr einfach	1 = sehr hoch 6 = sehr tief
Chlorung: Kombination kontinuierliche Chlorung mit bedarfsabhängiger Stosschlorung	63.62	28.5	2	2.5	1.9	2.3	2.7	2.2	2
Mechanische Vorfilter für den Rückhalt der Muscheln	61.61	27.8	4.1	2.8	4.9	4.4	4.9	4.8	2.6
Molchbare Seeleitung mit einem bidirektionalen Molch und einem einziehbaren Saugkorb mit Abstreifvorrichtung für anhaftende Muscheln	49.07	22	4.6	2.7	3.1	3.9	4.2	4.3	5
Unterwasserdrohne mit Hochdruck-Reinigungssystem für die Saugkorbreinigung	70.71	32.1	3.9	4.6	1.8	2.7	2.4	2.3	4.3
Stosschlorung mit anschliessender Aufbereitung des chlorhaltigen Wassers im Prozess	64.55	29.1	3.9	1.8	5.6	5	5.3	4.8	5.7
Stosschlorung mit anschliessender Aufbereitung des chlorhaltigen Wassers im Prozess	64.55	29.1	5.4	2.6	4.4	4.4	4.7	4.4	3.2