

GEMEINDERAT
Bericht und Antrag

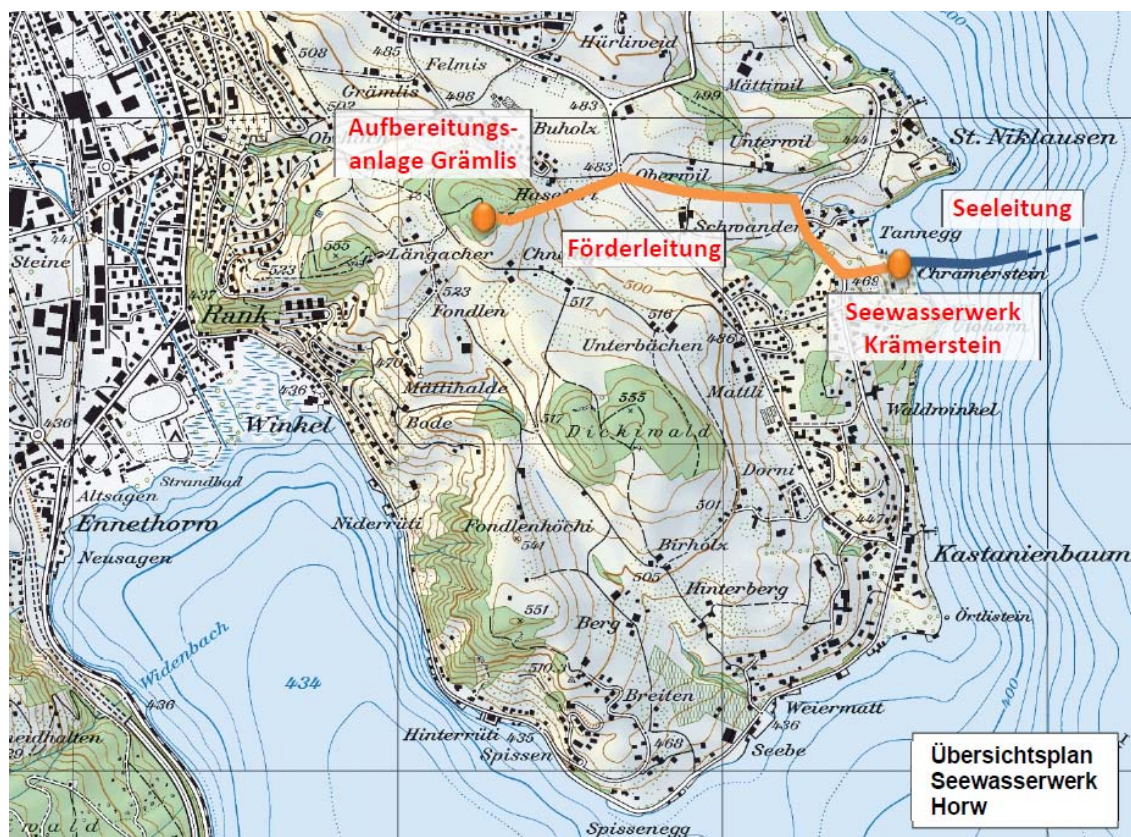
Nr. 1508
vom 22. August 2013
an Einwohnerrat von Horw
betreffend Planungsbericht und Projektierungskredit Seewasserwerk 2. Etappe: Um- und Ausbau der Trinkwasseraufbereitungsanlage Grämlis

Sehr geehrte Frau Einwohnerratspräsidentin
Sehr geehrte Damen und Herren Einwohnerräte

1 Ausgangslage

Das Seewasserwerk versorgt die Gemeinde Horw mit Trinkwasser. Dazu wird Seewasser aus dem Vierwaldstättersee vom Seewasserpumpwerk Krämerstein in die Trinkwasseraufbereitungsanlage (TWA) Grämlis hochgepumpt und dort zu Trinkwasser aufbereitet.

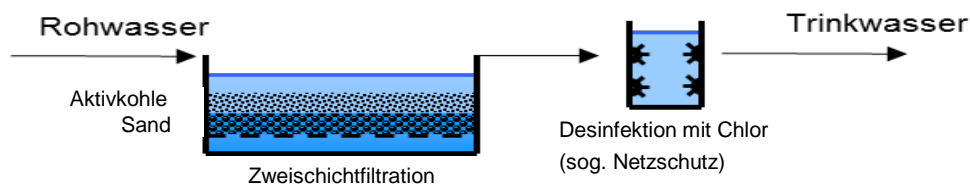
Die TWA Grämlis wurde Anfang 1960 gebaut. 2007 wurde sie minimal saniert. Gleichzeitig wurden die Seeleitung (Durchmesser 600 mm), das unterirdische Seewasserpumpwerk Krämerstein und die Förderleitung (Durchmesser 500 mm) neu gebaut.



2 Ziele

Das in der TWA Grämli aufbereitete Trinkwasser hält die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Trinkwasserqualität ein. Es zeichnen sich jedoch folgende Probleme ab:

- Die 2007 nur notdürftig sanierte TWA Grämli ist seit über 50 Jahren in Betrieb. Die maschinellen Ausrüstungen der Anlage haben die theoretische Lebensdauer erreicht beziehungsweise überschritten. Zudem entsprechen einzelne Anlageteile nicht mehr den heutigen Vorschriften und dem Stand der Technik.
- Die TWA Grämli soll die Trinkwasserversorgung bis 2050 sicherstellen und allfälligen Unwägbarkeiten zuvorkommen. Die Anlage soll für den künftigen Trinkwasserbedarf auf den heutigen Stand der Aufbereitungstechnik gebracht und die gemeindeautonome Trinkwasserversorgung qualitativ und quantitativ gesichert werden.
- Das heutige Aufbereitungsverfahren mit einem Zweischichtfilter (Aktivkohle/Quarzsand) verfügt über keine ausreichende Desinfektionsstufe, wodurch die Bevölkerung einem erhöhten Risiko insbesondere gegenüber Viren ausgesetzt wird. Dieser potenziell problematische Mangel soll beseitigt werden.



In diesen drei Becken befinden sich die erwähnten Zweischichtfilter.

- Die weitere Entwicklung der Umwelt (u.a. Klimaveränderung, neue Materialien, Medikamente, chemische Stoffe, etc.) und deren Einfluss auf das Trinkwasser sind nicht abschätzbar. Mikroverunreinigungen, Spurenstoffe und Algen kommen heute im Vierwaldstättersee zwar nur in sehr kleinen Mengen vor. Wie sich diese aber infolge der Umweltveränderungen entwickeln und welchen Einfluss sie auf das Trinkwasser und unsere Gesundheit haben, kann nicht abschliessend beurteilt werden. Mit dem Ausbau der TWA Grämli sollen die Risiken einer hygienischen und stofflichen Beeinträchtigung auch künftig nachhaltig reduziert werden.

Um weiterhin eine lückenlose Versorgung der Horwer Bevölkerung mit gutem Trinkwasser zu garantieren und die Anlage zukunftstauglich zu machen, muss die TWA Grämli erneuert, um- und ausgebaut werden.

3 Erste Ausbautetappe Seewasserwerk im Jahr 2007

Von 2005 - 2007 wurde die erste Ausbautetappe für das Seewasserwerk Horw gebaut. Sie umfasste den Neubau des unterirdischen Seewasserpumpwerks Krämerstein, der Seewasseransaugleitung, der Transportleitung zur TWA Grämli und eine minimale Sanierung der bestehenden TWA Grämli.



Unterirdisches Seewasserpumpwerk Krämerstein mit vertikalen Pumpen (blau)



Ansaugkorb (sogenannter Seiher) der Seewasserleitung im Horwer Seebecken: 400 m vom Ufer entfernt und 40 m tief.



Bau der neuen Transportleitung vom Seewasserpumpwerk Krämerstein zur TWA Grämli im Bereich der Kastanienbaumstrasse



Blick in ein leeres Filterbecken auf die Bodendüsen, welches minimal saniert wurde.

Die erste Ausbautetappe war nötig, weil im Sommer, bei hohem Wasserverbrauch, die alten Transportleitungen und Seewasserpumpen zu wenig Wasser in die TWA Grämli herauf fördern, die Anlagen über 40 Jahre in Betrieb und daher veraltet waren (insbesondere Steuerung und Filterarmaturen), die Flockung und Filtration verbessert und die Kapazität um rund 50 % gesteigert und der Düsenboden und die Filterbecken saniert werden mussten. Diese Arbeiten sind abgeschlossen. Sie genehmigten am 19. März 2009 die Abrechnungen.

4 Gemeinsamer Neubau eines Seewasserwerkes Horw – Kriens

1996 bis 2001 planten die Gemeinden Horw und Kriens ein neues gemeinsames Seewasserwerk Horw-Kriens. Am 4. März 2001 wurde eine entsprechende Vorlage in Horw mit einem deutlichen Mehr von 90 % Ja-Stimmen angenommen, in Kriens aber knapp verworfen.

Nach dieser Ablehnung musste Kriens sich in seiner Trinkwasserversorgung neu orientieren: Sanierung eigener Quelfassungen und Erhöhung des Wasserbezugs von Luzern. Zudem sicherte sich die Gemeinde Kriens bei der ersten Ausbautetappe Seewasserwerk Horw im Jahre 2007 einen allfälligen Trinkwasserbezug von der Gemeinde Horw. Die Gemeinde Kriens hat dabei die Kosten von Fr. 785'000.00 für die Mehrdimensionierung (Seeleitung NW 600 mm statt NW 500 mm, Pumpwerk mit 4 Pumpen anstatt mit 3 Pumpen, Rohwasserleitung NW 500 mm statt NW 350 mm) übernommen. In einem Gemeindevertrag haben die beiden Gemeinden hierfür erforderliche Details geregelt.

Wir haben als Grundlage für die Ausarbeitung der zweiten Ausbautetappe die Gemeinde Kriens angefragt, ob sie weiterhin an einem Wasserbezug gemäss damaligem Gemeindevertrag interessiert sei und ob sie sich an den weiteren Investitionskosten für die zweite Ausbautetappe beteiligen würde. Die Gemeinde Kriens hat entschieden sich nicht weiter an den bisherigen (Einkauf erste Ausbautetappe Seewasserwerk) und zukünftigen Investitionen für das Seewasserwerk Horw zu beteiligen. Sie möchte allenfalls einen langfristigen Wasserliefervertrag mit der Gemeinde Horw abschliessen. Deshalb wurde die Möglichkeit einer Wasserlieferung von 2'000 m³/d an die Gemeinde Kriens in die Bedarfsentwicklung mit einbezogen. Ein allfälliger Wasserbezug von Kriens wird nur geringe Mehrinvestitionen auslösen. Eine Wasserlieferung an Kriens und deren Mehrinvestitionen werden im Zuge des Bauprojekts geklärt.

5 Planungsgrundlagen

Die in der Rohwasseranalyse führende Wasserversorgung Zürich hat mit fünf Wasserproben, verteilt über die Jahre 2012 – 2013 die Wasserqualität des Rohwassers (unbehandeltes Wasser aus dem Vierwaldstättersee) erhoben. Die Untersuchungen zeigen, dass die anorganischen chemischen Parameter den Anforderungen an Trinkwasser entsprechen. Die Belastung des Seewassers mit partikulärem organischem Material (z.B. Phytoplankton) ist gering. Der Gehalt an gelösten natürlichen organischen Stoffen ist tief. Spurenstoffe (z.B. Süsstoffe, Pestizide, Geruchsstoffe, Arzneimittel, Röntgenkontrastmittel) wurden in geringen Konzentrationen gefunden. Die Wasserzusammensetzung ist typisch für einen Voralpensee, entspricht durchwegs den Anforderungen an Trinkwasser und ist für die im Vorprojekt untersuchten Aufbereitungsvarianten unproblematisch.

Als Dimensionierungsgrundlage wurde für die Bevölkerungs- und Bedarfsentwicklung bis 2050 eine Zunahme von max. 4'000 auf rund 16'400 Einwohnern angenommen (Quelle: Metron Planungsbericht Gemeinde Horw). Der Ortsteil Biregg hingegen wird von der ewl mit Trinkwasser versorgt und wurde deshalb für die Bevölkerungsentwicklung im Wasserversorgungsgebiet Horw nicht berücksichtigt. Zudem wurde die Möglichkeit einer allfälligen Wasserlieferung von 2'000 m³/d an die Gemeinde Kriens in die Bedarfsentwicklung einbezogen.

Der Pro-Kopf-Verbrauch wird als konstant angenommen. Bei den Gewerbebetrieben sind keine wesentlichen Änderungen prognostiziert. Die Zunahme des Wasserbedarfs basiert nur auf dem Bevölkerungswachstum. Damit ergibt sich im Jahr 2050 ein mittlerer Tagesbedarf von 6'000 und ein maximaler Tagesbedarf von 10'000 m³/d (=Dimensionierungswassermenge).

6 Vorprojekt Um- und Ausbau der Trinkwasseraufbereitungsanlage Grämli

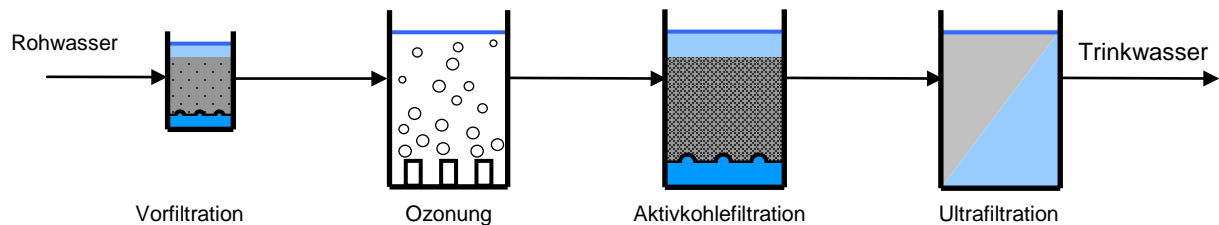
6.1 Erarbeitung

Das vorliegende Vorprojekt (Mai 2013) evaluiert das künftige Trinkwasseraufbereitungsverfahren, schlägt eine Bestvariante vor und ermittelt die geschätzten Kosten für Investition, Betrieb und Unterhalt.

6.2 Aufbereitungsverfahren

Das Aufbereitungsverfahren muss Partikel abtrennen, die Trübung eliminieren, organische Stoffe abbauen und Viren sowie Bakterien vernichten oder zurückhalten.

Aus verschiedenen Aufbereitungsmodulen wurden unterschiedliche Verfahrensvarianten entworfen und untersucht. Gewählt wurde die Aufbereitungsvariante (3a) mit Vorfiltration, Ozonung, Aktivkohlefiltration und Ultrafiltration. Variante 3a entspricht einem modernen Multibarrieren-System (siehe folgendes Verfahrensschema).



Ozonung und Ultrafiltration erzielen zusammen eine effiziente und sichere Desinfektionsleistung (Bakterien, Viren). Partikel werden durch die Ultrafiltration effizient entfernt. Geruchs-, Geschmacks- und Farbstoffe können zuverlässig entfernt werden. Mikroverunreinigungen (auch toxische) werden dank der Kombination Ozon/Aktivkohle gut aus dem Wasser entfernt.

Die Vorfiltration wird im Seewaspumpwerk Krämerstein eingebaut. Damit können Ablagerungen in der bestehenden Rohwasserleitung vermindert werden. Die erste Verfahrensstufe ist eine Oxidation mittels Ozon. Die Hauptaufgabe der Ozonung ist die (chemische) Desinfektion (tötet oder inaktiviert Viren). Als nächste Verfahrensstufe baut ein biologisch betriebener Aktivkohlefilter organische Stoffe und Restozon aus der ersten Stufe ab. Als abschliessende Verfahrensstufe desinfiziert die Ultrafiltration nochmals mechanisch und hält Partikel zurück.

Mit dem qualitativ guten Zustand des Trinkwassernetzes (keine Stillstandleitungen, gute hygienische Qualität der Hausanschlüsse) ist kein Netzschutz (Zugabe von Chlor) mehr nötig.

6.3 Weiterverwendung des bestehenden Gebäudes TWA Grämli

Nachdem das Aufbereitungsverfahren bestimmt war, musste folgende Frage beantwortet werden: Wird das alte Aufbereitungsgebäude abgebrochen und ein neues gebaut, oder wird das bestehende Gebäude der TWA Grämli saniert, angepasst und weitergenutzt?



Das bestehende Gebäude der Aufbereitungsanlage Grämli.

Um diese Frage beantworten zu können, brauchte es Zustandsaufnahmen und -analysen. Diese zeigten, dass die Tragkonstruktion des bestehenden Gebäudes der TWA Grämli aus dem Jahre 1960 in ausreichendem Zustand ist.

Zudem könnte die für die vorgesehenen Verfahren benötigte Anlagentechnik im bestehenden Gebäude untergebracht werden. Dafür braucht es Verstärkungsmassnahmen an der Tragkonstruktion, Sanierungen (z.B. Fassaden, Wärmedämmung, bestehenden Reservoirs) und die Änderung von Raumaufteilungen des Gebäudes.

Der Aus- und Umbau des bestehenden Gebäudes kostet rund 2 Mio. Franken (exkl. MwSt.) weniger als ein Neubau.

Aufgrund obiger Überlegungen braucht es keinen Neubau. Allerdings sind Sanierungsmassnahmen, die bisher hinausgeschoben wurden mit dem Um- und Ausbau in den nächsten Jahren zu realisieren.

Das gesamte Projekt Seewasserwerk 2. Etappe, Um- und Ausbau der Trinkwasseraufbereitungsanlage Grämlis, kann unter Betrieb der Wasseraufbereitung erfolgen.

6.4 Investitionskosten

Für den Um- und Ausbau der TWA Grämlis im bestehenden Gebäude ergeben sich folgende Investitionskosten (Preisbasis April 2013, Genauigkeit $\pm 15\%$, exkl. MwSt.):

Vorbereitungsarbeiten	Fr. 204'000.00
Gebäude	Fr. 3'062'000.00
Betriebseinrichtungen	Fr. 360'000.00
Umgebung	Fr. 450'000.00
Vorbereitungsarbeiten/Demontagen EMA	Fr. 65'000.00
Elektromechanische Ausrüstung	Fr. 2'612'000.00
Ausstattung	<u>Fr. 10'000.00</u>
Zwischentotal I	Fr. 6'763'000.00
Baunebenkosten und Unvorhergesehenes ca. 10 %	Fr. 798'000.00
Bauherrenkosten (intern, extern, Experten)	Fr. 445'000.00
Ingenieurhonorar	<u>Fr. 894'000.00</u>
Total gerundet (ohne Leistungen Vorprojekt)	<u>Fr. 8'900'000.00</u>

6.5 Betriebs- und Jahreskosten

In den Betriebs- und Jahreskosten wurde die Reinwasserspeicherung eingerechnet, nicht aber Baunebenkosten, Unvorhergesehenes, Bauherrenkosten, Ingenieurhonorar.

Verfahren	Investitionskosten Fr.	Betriebskosten Fr./a	Jahreskosten Fr./a	spez. Jahreskosten Rp./m ³	spez. Betriebskosten Rp./m ³
Vorfiltration	182'000	1'800	13'709	0.94	0.12
Ozon	860'000	25'800	78'284	5.36	1.77
Aktivkohlefiltration*	2'123'000*	3'600	127'890	8.76	0.25
Ultrafiltration*	3'160'000*	82'400	275'455	18.87	5.64
Schwemmwasseraufbereitung	438'000	47'911	75'100	5.14	3.28
Allgemeine Kosten		143'660	143'660	9.84	9.84
Total	6'763'000	305'171	714'098	48.91	20.9

* Bemerkung: inkl. Kostenanteile für Sanierung, Um- und Ausbau des bestehenden Gebäudes

7 Finanzierung

Die Gemeinde Horw führt die Wasserversorgung als Spezialfinanzierung. Die Finanzierung der Spezialfinanzierung erfolgt gemäss dem Wasserversorgungsreglement der Gemeinde Horw Nr. 700 durch Anschluss- und Betriebsgebühren der angeschlossenen Grundstücke.

Die Finanzierung erfolgt im Rahmen der Mittelbeschaffung beim Voranschlag, welche durch Sie beschlossen wird. Die Ausgaben von Fr. 380'000.00 für die Projektierung sind in der Investitionsrechnung unter dem Konto Nr. 470017/58100 "Planung Projekt Seewasserwerk 2. Etappe" zu verbuchen.

Gemäss § 4 der Finanzverordnung der Gemeinde Horw Nr. 950 werden Gebäude inkl. Umgebung linear in 40 Jahren und technische Ausrüstungen linear in 8 Jahren abgeschrieben. Diese Abschreibungen werden in der Kostenrechnung ausgewiesen. In der Finanzbuchhaltung können zusätzliche Abschreibungen getätigt werden. Der Restwert muss jedoch auf die restliche Nutzungsdauer linear verteilt werden. Der Um- und Ausbau der TWA Grämlis wird nach Vorliegen der Schlussabrechnung beim Anlagevermögen der Wasserversorgung aktiviert und linear mit 2 % bzw. 12.5 % als jährlicher Abschreibungsbedarf der Spezialfinanzierung belastet.

8 Subventionen

Beiträge Dritter an die Kosten sind mit Ausnahme der Gebäudeversicherung keine zu erwarten. Diese könnte einen Beitrag im Rahmen des Löschwasseranteils bezahlen. Ein entsprechendes Gesuch wird der Gebäudeversicherung zu gegebener Zeit eingereicht.

9 Zeitpunkt des Um- und Ausbaus der TWA Grämlis

Das bestehende Aufbereitungsverfahren mit einem Zweischichtfilter (Aktivkohle/Quarzsand) und einer Desinfektion mit Chlordioxid entspricht nicht mehr dem Stand der Technik für Seewasseraufbereitungsanlagen. Es fehlt eine leistungsfähige Desinfektionsstufe. Die Bevölkerung wird dadurch einem erhöhten Risiko insbesondere gegenüber Viren ausgesetzt. Die meisten Seewasserwerke in der Schweiz verfügen heute über eine Ozonung und/oder eine Ultrafiltration.

Der kantonale Trinkwasserinspektor hat die Wasserversorgung Horw am 26. März 2013 inspiziert und dabei Reservoirbelüftung, Reservoirzugänge und Reservoirüberleitungen beanstandet. Zudem braucht es weitere Massnahmen für die Sicherstellung einer ausreichenden Trinkwasserqualität, insbesondere eine Sanierung der Reservoirs. Diese Massnahmen kosten rund 1.3 Mio. Franken und müssen demnächst realisiert werden. Die Aufbereitungsanlage kann trotzdem weiter betrieben werden.



Die Aufbereitungsanlage ist über 50 Jahre in Betrieb. Die maschinellen Ausrüstungen von Anlagen und Gebäudeteilen haben die theoretische Lebensdauer erreicht beziehungsweise überschritten. Notwendige Anlagen, Apparate und Ersatzteile für den Betrieb der TWA werden nicht mehr hergestellt. Zudem sind Teile der bestehenden Aufbereitungsanlage nicht redundant (Rückspülgebläse und -pumpe). Ohne funktionierendes Rückspülssystem kann die TWA nicht betrieben werden. Bei einem Ausfall dieser Anlageteile ist mit längeren Ausfallzeiten zu rechnen

infolge aufwändiger Beschaffung von Ersatzteilen bzw. Ersatzmaschinen. Während dieser Zeit kann kein Wasser aufbereitet werden und die Trinkwasserversorgung müsste mit erheblichen Kosten über Dritte (ewl Luzern) sichergestellt werden. Die Mehrkosten einer Fremdlieferung bei einem Ausfall von rund 60 Tagen betragen rund Fr. 270'000.00. Um die Betriebssicherheit (Arbeitssicherheit und Versorgungssicherheit) zu gewährleisten, braucht es umgehend Massnahmen (Vorfiltration im Seewerpumpwerk Krämerstein, Redundanz der Filterspülaggregate) mit Kosten von rund Fr. 900'000.00.

Für werterhaltende Massnahmen (Sanierungen von Gebäudehülle, elektr. Installationen, Sanitäranlagen und Innenrichtungen sowie den Einbau einer Lüftungsanlage) sind Investitionen von weiteren rund Fr. 800'000.00 erforderlich.

Es braucht somit unabhängig von einem Neu- und Ausbau der bestehenden TWA Grämli folgende Investitionen:

Sicherstellung der Trinkwasserqualität	Fr. 1'300'000.00
Betriebssicherheit	Fr. 900'000.00
Walterhaltung	Fr. 800'000.00
Total (gerundet)	<u>Fr. 3'000'000.00</u>

Dieser Betrag ist in den Investitionskosten von Fr. 8'900'000.00 enthalten. (siehe 6.4)

Wird die TWA Grämli später als in 5 Jahren um- und ausgebaut, sind geschätzte Fr. 200'000.00 dieser Investitionen (Sicherstellung Trinkwasserqualität, Betriebssicherheit und Walterhaltung) verloren, weil es diese mit dem Um- und Ausbau nicht mehr brauchen würde. Hinzu kommen Mehrkosten infolge einer etappierten Bauweise (geringere Mengen bei der Beschaffung von Arbeiten und Lieferungen, Anpassungen und Beschädigungen beim Aus- Umbau, Mehrfachinstallationen) von rund Fr. 300'000.00 = 10 % obiger Investitionen). Insgesamt dürfte ein verzögerter und damit etappierter Um- und Ausbau der TWA rund Fr. 500'000.00 Mehrkosten verursachen.

Zu beachten ist, dass eine um- und ausgebaute Aufbereitungsanlage frühestens 2017 in Betrieb genommen werden kann. Dazu müssen die bevorstehenden Projektphasen zügig angegangen werden. Die bestehende Anlage wird somit noch mindestens 4 Jahre weiter betrieben.

10 Verzicht auf ein Multi-Barrieren-System

10.1 Verfahren

Wir haben uns am Schluss nochmals kritisch mit dem gewählten Verfahren auseinandergesetzt und die Auswirkungen eines Verzichts des Multi-Barrieren Systems, in dem einzelne der drei Stufen weggelassen würden, aufgelistet.

10.2 Verzicht auf eine Ozonung

Die hohe Wirksamkeit der Ozonung bezüglich Inaktivierung von Viren geht verloren. Es verbleibt nur noch die Ultrafiltration als mechanische Barriere gegen Mikroorganismen. Die Realisierung der Ozonung kostet rund Fr. 860'000.00.

10.3 Verzicht auf Aktivkohlefilter

Die DOC¹ Belastung des Rohwassers ist gering. Es ist aber nützlich, wenn der DOC in der Aufbereitung etwas reduziert werden kann. Dies vor allem auch im Hinblick auf die biologische Stabilität des Trinkwassers im Verteilnetz. Dies wird mit den vorgeschlagenen Aufbereitungsvarianten mit biologischer Aktivkohle erreicht. Mit der Variante Ozon - Aktivkohle kann die DOC-Eliminierung zusätzlich verbessert werden.

¹ DOC gelöster organischer Kohlenstoff

Nach der Ozonung braucht es den Aktivkohlefilter, um bei der Ozonung entstandene AOCs² entfernen und Restozon abbauen zu können.

Mit dem biologischen Aktivkohlefilter wird stabiles Wasser erzeugt. AOC dient als Nahrung für Viren und Bakterien. Fehlt diese Nahrung, können sich diese nicht vermehren.

Aktivkohle schützt zudem gegen einen sprunghaften kurzzeitigen Schadstoffanstieg, wie er nach einer Havarie (z.B. Chemieunfall) zu erwarten ist. Somit verschafft ein Aktivkohlefilter eine gewisse Reaktionszeit, um nach Havarien angemessen reagieren zu können. Der Aktivkohlefilter kostet rund Fr. 950'000.00.

10.4 Verzicht auf die Ultrafiltration

Damit würde eine sehr effiziente Stufe zur Beseitigung von Partikeln und Bakterien weggelassen. Das Verfahren enthielte keine effiziente Partikelentfernung mehr. Diese braucht es nach dem Aktivkohlefilter. Eine Alternative wären Sandfilter. Diese haben aber eine geringere Eliminationsleistung und benötigen viel Platz, was zu einem Neubau und zu höheren Kosten führen würde. Zudem würde es wieder einen Netzschutz brauchen (z.B. Chlor). Das Weglassen der Ultrafiltration würde einen Verlust an Sicherheit bedeuten und wäre eine stark verminderte Leistung bezüglich Desinfektion und Partikelabtrennung. Die Ultrafiltration kostet rund Fr. 1.85 Mio.

10.5 Fazit

Wir kamen zur Überzeugung, dass mit dem Multi-Barrieren-System auf lange Zeit dem Konsumenten ein einwandfreies, sicheres Trinkwasser garantiert werden kann, das kaum mehr Risiken birgt und chlorfrei ist.

11 Auswirkungen auf den Wasserpreis

Durchschnittlich werden heute pro Person und Tag rund 162 l/d Wasser im Privathaushalt verbraucht (ca. 60 m³/a). Der Wasserpreis heute beträgt Fr. 1.25 pro Kubikmeter bezogenem Frischwasser. Pro Person und Jahr bezahlt der Verbraucher somit heute Fr. 75.00/Jahr.

Der vorgesehene Um- und Ausbau hat keine Auswirkung auf den Wasserpreis, er wurde bereits in der Kalkulation des heutigen Wasserpreises berücksichtigt. Ein prioritäres Ziel der Preisgestaltung ist es, Gebührensprünge durch eine langfristige Planung zu umgehen oder zumindest zu dämpfen. Müsste das Seewasserwerk Horw, 2. Etappe nicht gebaut werden, würde der Wasserpreis theoretisch um rund 20 % pro Kubikmeter tiefer liegen.

Die oben beschriebenen Massnahmen für die Sicherstellung der Trinkwasserqualität, die Betriebssicherheit und Werterhaltung mit Investitions- und Planungskosten von rund Fr. 3'000'000.00 müssten trotzdem getätigt werden.

12 Projektierungskredit

Für die Ausarbeitung des Bauprojekts braucht es mehrere Planungsfachleute: Projektingenieur für das Trinkwasseraufbereitungsverfahren; Ingenieur für Elektro-, Mess-, Steuer-, Regelungs- und Leittechnik; Ingenieur für Heizung, Lüftung, Klima; Architekt und Bauingenieur für die Sanierung, Um- und Ausbau des bestehenden Gebäudes; Fachbüro für einen Bericht über die Umweltauswirkungen und allfälligen Ersatzmassnahmen; Geologe für den Baugrund; Bauherrenunterstützung sowie Prüfpersonen und Experten. Mit ergänzenden Zustandsuntersuchungen und -analysen beträgt der geschätzte Projektierungskredit Fr. 380'000.00 (exkl. MwSt.) inklusive Kosten für Beschaffung der entsprechenden Leistungen, teilweise nach internationalem und interkantonalem Recht.

² AOC assimilierbarer organischer Kohlenstoff

13 Weiteres Vorgehen

Nach Ihrem Beschluss ist das weitere Vorgehen wie folgt:

- Bis ca. Ende 2014: Beschaffung der Ingenieurleistungen und Ausarbeitung des Bauprojekts.
- Anfang 2015: Beschlussfassung im Einwohnerrat über den Baukredit.
- Bis ca. Ende 2015: Ausführungsprojekt ausarbeiten und Bauarbeiten ausschreiben.
- Ca. Anfang 2016: Beginn der Bauarbeiten.
- Ca. Ende 2017: Inbetriebnahme der um- und ausgebauten TWA Grämli.

14 Würdigung

Die TWA Grämli ist seit über 50 Jahren in Betrieb. Durch die sehr gut gewartete Aufbereitungsanlage, und die minimale Sanierung 2007 war es möglich, dass sie weit über ihre Lebensdauer hinaus ihren Dienst erfüllen konnte. Wir tragen die Verantwortung für die Bereitstellung eines einwandfreien Trinkwassers. Aus Sicherheitsgründen, fehlenden Redundanzen und weil grössere Störfälle nicht auszuschliessen sind, ist das Seewasserwerk 2. Etappe, Um- und Ausbau der Trinkwasseraufbereitungsanlage Grämli, notwendig und sollte nicht weiter aufgeschoben werden. Bei der Kostenanalyse im Rahmen der Erarbeitung des Wasserversorgungsreglements wurden die Investitionskosten bereits berücksichtigt und sind in die Gebührengestaltung eingeflossen. Wir sind überzeugt, dass wir durch den vorgeschlagenen Um- und Ausbau der Trinkwasseraufbereitungsanlage Grämli wieder über Jahrzehnte bestens funktionierende Anlagen erhalten, die auch die Risiken einer hygienischen und stofflichen Beeinträchtigung künftig effektiv und effizient reduzieren.

15 Antrag

Wir beantragen Ihnen

- vom Planungsbericht Seewasserwerk 2. Etappe, Um- und Ausbau der Trinkwasseraufbereitungsanlage Grämli zustimmend Kenntnis zu nehmen.
- einen Projektierungskredit von Fr. 380'000.00 (exkl. MwSt.) für die Ausarbeitung des Bauprojekts zu beschliessen und der Finanzierung zuzustimmen.

Markus Hool
Gemeindepräsident

Daniel Hunn
Gemeindeschreiber

- Technischer Bericht Vorprojekt CSD Ingenieure AG, Mai 2013 inkl. Anhänge elektronisch aufgeschaltet.

EINWOHNERRAT

Beschluss

- nach Kenntnisnahme vom Bericht und Antrag Nr. 1508 des Gemeinderates vom 22. August 2013
 - gestützt auf den Antrag der Geschäftsprüfungs- sowie der Bau- und Verkehrskommission
 - in Anwendung von Art. 58 und Art. 69 Bst. g der Gemeindeordnung vom 25. November 2007
-

1. Vom Planungsbericht Seewasserwerk 2. Etappe, Um- und Ausbau der Trinkwasseraufbereitungsanlage Grämlis wird zustimmend Kenntnis genommen.
2. Es wird ein Projektierungskredit von Fr. 380'000.00 (exkl. MwSt.) für die Ausarbeitung des Bauprojekts beschlossen und der Finanzierung zugestimmt.

Horw, 19. September 2013

Ruth Strässle
Einwohnerratspräsidentin

Daniel Hunn
Gemeindeschreiber

Publiziert:



SEEWASSERWERK HORW 2. AUSBAUETAPPE, GEMEINDE HORW

VORPROJEKT
TECHNISCHER BERICHT

Kriens, den 21.05.2013
BS00209.100

CSD INGENIEURE AG

Langsägestrasse 2

CH-6011 Kriens

t +41 41 319 39 19

f +41 41 319 39 29

e luzern@csd.ch

www.csd.ch

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	10
1. AUGANGSLAGE, ZIELSETZUNG UND PROJEKTGRUNDLAGEN	11
1.1 Ausgangslage und Zielsetzung	11
1.2 Projektorganisation	12
1.3 Projektgrundlagen	12
2. PLANUNGSGRUNDLAGEN	14
2.1 Rohwasserqualität	14
2.2 Planungshorizont	14
2.3 Wasserbedarf	14
2.3.1 Bevölkerungsentwicklung	14
2.3.2 Bedarfsentwicklung	15
2.3.3 Dimensionierungswassermenge	15
2.4 Standort und Verkehrserschliessung	16
2.5 Bestehende Anlagen	16
2.5.1 Verfahrensbeschrieb	16
2.5.2 Seewasserpumpwerk Krämerstein und Transportleitung	16
2.5.3 Trinkwasseraufbereitung Grämlis	17
2.6 Erschliessung - Werkleitungen	17
2.6.1 Wasserversorgung	17
2.6.2 Elektrizitätsversorgung	17
2.6.3 Rückspülwasser Vorfiltration SWPW Krämerstein	17
2.6.4 Rückspülwasser Aktivkohlefilter und Ultrafiltration TWA Grämlis	17
2.6.5 Notüberlaufwasser	17
2.6.6 Sauerstoff	18
2.6.7 Werkleitungen	18
2.6.8 Dach- und Platzentwässerung	18
2.6.9 Dienstbarkeiten	18
2.7 Lärm	18
2.8 Geruch	18
2.9 Raumplanung	18
2.10 Rodungen	19
2.11 Landschaftsschutz - Landschaftsbild	19
2.12 Altlasten	19
2.13 Gebäudeschadstoffe	19
3. VERFAHRENEVALUATION	19
3.1 Rohwasserqualität	20
3.1.1 Chemische Parameter	20

3.1.2	Spurenstoffe	22
3.1.3	Phytoplankton	23
3.1.4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	25
3.2	Risikoanalyse	25
3.3	Verfahrensevaluation	26
3.3.1	Partikelabtrennung/Trübungselimination	26
3.3.2	AOC Abbau	26
3.3.3	Desinfektion	26
3.3.4	DOC Abbau	26
3.3.5	Abbau von Spurenstoffe	26
3.4	Verfahrenskombinationen	27
3.4.1	Ist Zustand	28
3.4.2	Variante 1	28
3.4.3	Variante 2	28
3.4.4	Variante 3a	29
3.4.5	Variante 3b	29
3.5	Verfahrensvergleich	29
3.5.1	Ist Zustand	30
3.5.2	Variante 1	30
3.5.3	Variante 2	31
3.5.4	Variante 3a	32
3.5.5	Variante 3b	32
3.6	Verfahrensentscheid	33
3.7	Kritische Kontrollpunkte (CCP)	33
4.	VERFAHRENSBESCHRIEB	34
4.1	Rohwasserbeschickung	34
4.2	Vorfiltration	34
4.3	Oxidation und Desinfektion mit Ozon	34
4.4	Biologischer Aktivkohlefilter	34
4.5	Ultrafiltration	34
4.6	Netzschutz	35
4.7	Schwemmwasseraufbereitung	35
5.	VERFAHRENSTECHNISCHE UND MASCHINELLE AUSRÜSTUNG	36
5.1	Rohwasserbeschickung	36
5.2	Vorfiltration	36
5.3	Oxidation und Desinfektion mit Ozon	37
5.4	Biologischer Aktivkohlefilter	37
5.5	Ultrafiltration	38
5.6	Reinwasserbehälter/Reservoir	39
5.7	Rückspülaggregate	39
5.8	Schwemmwasseraufbereitung	39

6.	GEBÄUDEVARIANTEN	40
6.1	Variante Neubau	40
6.2	Variante Aus- und Umbau	40
6.3	Variantenentscheid Gebäude	41
7.	VARIANTEN OZONREAKTOR	42
7.1	Transportleitung als Röhrenreaktor	42
7.2	Einbringen eines Röhrenreaktors im Leitungsstollen	42
7.3	Betonreaktor	42
8.	HEIZUNG, LÜFTUNG, KÄLTE, SANITÄR	44
8.1	Heizung	44
8.1.1	Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung	44
8.2	Lüftung	44
8.2.1	Allgemeines	44
8.2.2	Lüftungsanlage Wasseraufbereitung mit Entfeuchtung	44
8.2.3	Lüftungsanlage Betriebsräume	44
8.2.4	Lüftungsanlage Traforaum	44
8.2.5	Lüftungsanlage Spül- und Reinwasserbecken (Reservoirs)	45
8.2.6	Lüftungsanlage Schwemmwasserbecken (ehemals Rohwasserreservoir)	45
8.2.7	Lüftungsanlage Ozongenerator	45
8.2.8	Lüftungsanlage Ozoneintrag	45
8.3	Kälte	45
8.4	Sanitär	45
8.4.1	Warmwasseranlage	45
8.4.2	Druckerhöhungsanlagen	45
8.4.3	Kaltwasser-Trinkwasserverteilung	46
8.4.4	Warmwasserverteilung	46
8.4.5	Schmutzwasser-Entwässerungsleitungen	46
8.4.6	Ableitung des anfallenden Meteorwassers	46
8.4.7	Kaltwasser-Brauchwasserverteilung	46
9.	ELEKTRO-, MESS-, STEUER-, REGEL- UND LEITTECHNIK	47
9.1	Dimensionierungsgrundlagen	47
9.2	Energieversorgung - Trafostation	47
9.3	Installationen	47
9.3.1	Elektrische Installationen	47
9.3.2	Pneumatische Installationen	47
9.3.3	Erdung und Potenzialausgleich	47
9.4	Schaltanlagen	48
9.4.1	Allgemeines	48
9.4.2	Niederspannungsverteilungen	48
9.4.3	Pilotventilkästen (PVK)	48
9.5	Messtechnik	48
9.5.1	Signalübertragung	48

9.6	Prozesssteuerungen	48
9.6.1	Allgemeines	48
9.6.2	Leitsystem	49
9.6.3	Bedienstationen	49
9.6.4	Objektbedienung	49
9.6.5	Trendgrafiken	49
9.6.6	Betriebsdaten	49
9.6.7	Fernwartung	49
9.6.8	Alarmierungssystem	50
9.7	Korrosionsschutzmassnahmen	50
9.8	Einbindung Seewasserpumpwerk Krämerstein	50
10.	BAUWERK	51
10.1	Sanierung bestehendes Gebäude	51
10.2	Erdbebensicherheit	51
10.3	Raumkonzept	52
10.4	Brandschutz und Fluchtwege	53
10.4.1	Brandabschnitte	53
10.4.2	Wasserlöschposten	53
10.4.3	Sicherheitsbeleuchtung	53
10.4.4	Interventionskonzept	54
10.4.5	Evakuationskonzept	54
11.	ARCHITEKTUR	55
12.	KOSTENSCHÄTZUNG	56
12.1	Investitionskosten TWA Grämlis	56
12.2	Betriebs- und Jahreskosten TWA Grämlis	57
12.3	Rentabilität Schwemmwasseraufbereitung	57
13.	PROJEKTPHASEN UND TERMINE	58
13.1	Bauablauf und Terminplanung	58
 TABELLENVERZEICHNIS		
Tabelle 1:	Rohwasserqualität	14
Tabelle 2:	Bevölkerungsentwicklung	15
Tabelle 3:	Wasserbedarf	15
Tabelle 4:	Festgelegte Dimensionierungswassermenge	15
Tabelle 5:	Wasserzusammensetzung Mineralstoffe	21
Tabelle 6:	Spurenstoffe	22
Tabelle 7:	Qualitative Beurteilung des Abbaus von Spurenstoffen mit Ozon und der Adsorption an Aktivkohle	23

Tabelle 8:	Risikobeurteilung Rohwasser und Trinkwasseraufbereitung	25
Tabelle 9:	Verfahrensevaluation	27
Tabelle 10:	Dimensionierung Vorfiltration	36
Tabelle 11:	Dimensionierung Oxidation	37
Tabelle 12:	Dimensionierung Aktivkohle	37
Tabelle 13:	Dimensionierung Ultrafiltration	38
Tabelle 14:	Dimensionierung Reservoir	39
Tabelle 15:	Kostenvergleich Aus- und Umbau zu Neubau	41
Tabelle 16:	Investitionskosten TWA Grämlis	56
Tabelle 17:	Betriebskosten und Jahreskosten TWA Grämlis	57
Tabelle 18:	Rentabilität Schwemmwasseraufbereitung	57

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Lageplan Seewasserpumpwerk Krämerstein mit Transportleitung und Trinkwasseraufbereitung Grämlis, Situation 1:25'000	16
Abbildung 2:	Sauerstoff, Temperatur und Bromidgehalt des Rohwassers	20
Abbildung 3:	UV-Extinktion und DOC Gehalt des Rohwassers	21
Abbildung 4:	Phytoplanktonbiomasse des Rohwassers	23
Abbildung 5:	Phytoplanktonbiomassen im Rohwasser des Seewasserwerks der EWL	24
Abbildung 6:	Verlauf der Jahresmittelwerte der Phytoplanktonbiomasse (0 - 20 m) von 1961-2009 Grafik aus dem Bericht von H.R. Bürgi (2011)	24
Abbildung 7:	Verfahrensvisualisierung Ist Zustand	28
Abbildung 8:	Verfahrensvisualisierung Variante 1	28
Abbildung 9:	Verfahrensvisualisierung Variante 2	28
Abbildung 10:	Verfahrensvisualisierung Variante 3a	29
Abbildung 11:	Verfahrensvisualisierung Variante 3b	29
Abbildung 12:	Qualitative Effizienz Ist Zustand	30
Abbildung 13:	Qualitative Effizienz Variante 1	30
Abbildung 14:	Qualitative Effizienz Variante 2	31
Abbildung 15:	Qualitative Effizienz Variante 3a	32
Abbildung 16:	Qualitative Effizienz Variante 3b	32
Abbildung 17:	Fliessbild der Aufbereitungsanlage	36
Abbildung 18:	Schnitt Neubau	40
Abbildung 19:	Visualisierung Ozonreaktor	43
Abbildung 20:	Grundriss OG Layout Raumkonzept	52
Abbildung 21:	Grundriss EG Layout Raumkonzept	53
Abbildung 22:	Visualisierung einer möglichen Fassade	55

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang A	Terminplan	60
Anhang B	Kostenzusammenstellung	61
Anhang C	FAQ – Häufig gestellte Fragen	62
Anhang D	Elektrobelastung	63
Anhang E	Konzept Schaltanlagen SPS	64
Anhang F	Raum Schaltanlagen/Warte	65
Anhang G	Konzept SPS-PLS	66
Anhang H	Erschliessung CKW Reservoir Grämlis	67

PLANVERZEICHNIS

BS00209.31.01	Trinkwasseraufbereitungsanlage Grämlis, Sanierung bestehendes Gebäude, Grundrisse und Schnitte	M1:100
BS00209.31.02	TWA Horw; Neubau, Entwurf	M1:200

BEILAGENVERZEICHNIS

Beilage 1	TWA Grämlis; Konzept Fassadengestaltung, SHB Architekten GmbH, 03-2013
Beilage 2	Nachweis Erdbebensicherheit, CSD Ingenieure AG, April 2013
Beilage 3	Transportleitung als Ozonreaktor, CSD Ingenieure AG, 2. Mai 2013

ABKÜRZUNGEN

Abkürzung	Erläuterung
AOC	assimilierbarer organischer Kohlenstoff
AKF	Aktivkohlefiltration
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BFS	Bundesamt für Statistik
BKP	Baukostenplan
BLN	Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung
CCP	Kritische Kontrollpunkte
CHF	Schweizer Franken
CKW	Centralschweizerischen Kraftwerke AG
d	Tag
Dim	Dimension
DOC	gelöster organischer Kohlenstoff
EBCT	Empty bed contact time
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
EMSRL	Elektro-, Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechnik
EW	Erfahrungswert
EWL	Energie Wasser Luzern AG
FIV	Fremd- und Inhaltsstoffverordnung
FU	Frequenzumrichter
GAK	granulierte Aktivkohle
GVL	Gebäudeversicherung Luzern
HLKS	Heizung, Lüftung, Klima, Sanitär
HV	Hauptverteilung
HyV	Hygieneverordnung
KbE	Koloniebildende Einheit
KV	Kostenvoranschlag
LWL	Lichtwellenleiter
LRV	eidgenössischen Luftreinhalteverordnung
LSV	eidgenössische Lärmschutzverordnung
MS	Mittelspannung
MTBE	Methyl-tert-butylether
NDMA	N-Nitrosodimethylamin

NG	Nachweisgrenze
NOM	natürlichem organischen Material
NSV	Niederspannungsverteilung
NTA	Nitrilotriessigsäure
PAK	Pulveraktivkohle
PFOS	Perfluorooctansulfonat
POM	partikulär organisches Material
POS	partikulär organische Substanz
Rp.	Rappen
SLMB	Schweizerisches Lebensmittelbuch
SVGW	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches
SWA	Schwemmwasseraufbereitung
SWPW	Seewasserpumpwerk
TW	Toleranzwert
TWA	Trinkwasseraufbereitung
UF	Ultrafiltration
UVG	Unvorhergesehenes
UWE	Umwelt und Energie Kanton Luzern
VKF	Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
WAC	Polyaluminiumverbindung (Polyaluminium-hydroxid-chlorid-sulfat)
WV	Wasserversorgung

PRÄAMBEL

CSD bestätigt hiermit, dass bei der Abwicklung des Auftrages die Sorgfaltspflicht angewendet wurde, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen auf dem derzeitigen und im Bericht dargestellten Kenntnisstand beruhen und diese nach den anerkannten Regeln des Fachgebietes und nach bestem Wissen ermittelt wurden.

CSD geht davon aus, dass

- ihr seitens des Auftraggebers oder von ihm benannter Drittpersonen richtige und vollständige Informationen und Dokumente zur Auftragsabwicklung zur Verfügung gestellt wurden
- von den Arbeitsergebnissen nicht auszugsweise Gebrauch gemacht wird
- die Arbeitsergebnisse nicht unüberprüft für einen nicht vereinbarten Zweck oder für ein anderes Objekt verwendet oder auf geänderte Verhältnisse übertragen werden.

Andernfalls lehnt CSD gegenüber dem Auftraggeber jegliche Haftung für dadurch entstandene Schäden ausdrücklich ab.

Macht ein Dritter von den Arbeitsergebnissen Gebrauch oder trifft er darauf basierende Entscheidungen, wird durch CSD jede Haftung für direkte und indirekte Schäden ausgeschlossen, die aus der Verwendung der Arbeitsergebnisse allenfalls entstehen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Trinkwasseraufbereitung (TWA) Grämlis der Gemeinde Horw wurde Anfang 1960 gebaut und versorgt die Gemeinde Horw mit Trinkwasser. Dazu wird Seewasser aus dem Vierwaldstättersee vom 2007 neu gebauten Seewasserpumpwerk (SWPW) Krämerstein hochgepumpt in die TWA Grämlis und dort in einem Aktivkohle-Sandfilter zu Trinkwasser aufbereitet. In einer 1. Ausbaustufe 2007 wurden in der TWA Grämlis die bestehenden Sandfilter zu Zweischichtfiltern (Aktivkohle/Quarzsand) umgebaut.

Das in der TWA Grämlis aufbereitete Trinkwasser hält die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Trinkwasserqualität ein. Es zeichnen sich jedoch folgende Probleme ab:

- Die TWA Grämlis ist seit über 50 Jahren in Betrieb, die maschinellen Ausrüstungen der Anlage haben die theoretische Lebensdauer erreicht beziehungsweise überschritten. Zudem entsprechen einzelne Anlageteile nicht mehr den heutigen Vorschriften und dem Stand der Technik. Die TWA Grämlis muss teilweise erneuert, um- und ausgebaut werden.
- Die TWA Grämlis soll die Trinkwasserversorgung bis 2050 sicherstellen und allfälligen Unabwägbarkeiten zuvorkommen. Die Anlage soll für den künftigen Trinkwasserbedarf auf den heutigen Stand der Aufbereitungstechnik gebracht und die gemeindeautonome Trinkwasserversorgung qualitativ und quantitativ gesichert werden.
- Das heutige Aufbereitungsverfahren mit einem Zweischichtfilter (Aktivkohle/Quarzsand) verfügt über keine ausreichende Desinfektionsstufe, wodurch die Bevölkerung einem erhöhten Risiko insbesondere gegenüber Viren ausgesetzt wird. Dieser potentiell problematische Mangel soll beseitigt werden.
- Die weitere Entwicklung der Umwelt (u.a. Klimaveränderung, neue Materialien, Medikamente, chemische Stoffe, etc.) und deren Einfluss auf das Trinkwasser sind nicht abschätzbar. Mikroverunreinigungen, Spurenstoffe und Algen kommen heute im Vierwaldstättersee nur in sehr kleinen Mengen vor. Wie sich diese aber infolge der Umweltveränderungen entwickeln und welchen Einfluss sie auf das Trinkwasser und unsere Gesundheit haben, kann nicht abschliessend beurteilt werden. Mit dem Ausbau der TWA Grämlis sollen die Risiken einer hygienischen und stofflichen Beeinträchtigung auch künftig nachhaltig reduziert werden.

Das Ziel ist eine Aufbereitungsanlage nach neuestem Stand der Technik zu erstellen. Die aus- und umgebaute Anlage soll als Multibarrieren-System mit einer effizienten Partikelabtrennung und einer sicheren Desinfektionsstufe ausgerüstet sein. Die maximale Aufbereitungsmenge beträgt 10'000 m³/d.

Die gewählte Bestvariante umfasst eine Vorfiltration im SWPW Krämerstein, um Ablagerungen in der Transportleitung zwischen SWPW Krämerstein und TWA Grämlis zu reduzieren. In der TWA Grämlis gelangt das Seewasser zuerst zur Desinfektion in eine Oxidationsstufe. In dieser Verfahrensstufe werden auch Spurenstoffe oxidiert. In einer zweiten Stufe erfolgt in Aktivkohlefiltern der biologische Abbau von AOC. Als letzte Aufbereitungsstufe werden Partikel und Trübstoffe mittels einer Ultrafiltration aus dem Wasser entfernt. Die Ultrafiltration bildet auch eine zuverlässige Barriere gegen Viren und Bakterien.

Die Investitionskosten der geplanten Massnahmen der Trinkwasseraufbereitung Grämlis belaufen sich auf 8.9 Mio. Franken (exkl. MwSt.).

Gestützt auf das vorliegende Vorprojekt soll bis Dezember 2014 ein genehmigtes Bauprojekt vorliegen. Der Terminplan sieht vor, mit dem Aus- und Umbau der TWA Grämlis im dritten Quartal 2015 zu beginnen. Ende 2016 sollten die gesamte sanierte TWA in Betrieb gehen.

Im Anhang C befinden sich Antworten auf häufig gestellte Fragen (FAQ).

1. Ausgangslage, Zielsetzung und Projektgrundlagen

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Trinkwasseraufbereitung (TWA) Grämlis der Gemeinde Horw wurde Anfang 1960 gebaut und versorgt die Gemeinde Horw mit Trinkwasser. Dazu wird Seewasser aus dem Vierwaldstättersee vom 2007 neu gebauten Seewasserpumpwerk (SWPW) Krämerstein hochgepumpt in die TWA Grämlis und dort in einem Aktivkohle-Sandfilter zu Trinkwasser aufbereitet. Das in der TWA Grämlis aufbereitete Trinkwasser hält die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Trinkwasserqualität ein. Es zeichnen sich jedoch folgende Probleme ab:

- Die TWA Grämlis ist seit über 50 Jahren in Betrieb, die maschinellen Ausrüstungen der Anlage haben die theoretische Lebensdauer erreicht beziehungsweise überschritten. Zudem entsprechen einzelne Anlagenteile nicht mehr den heutigen Vorschriften und dem Stand der Technik. Die TWA Grämlis muss teilweise erneuert, um- und ausgebaut werden.
- Die TWA Grämlis soll die Trinkwasserversorgung bis 2050 sicherstellen und allfälligen Unabwägbarkeiten zuvorkommen. Die Anlage soll für den künftigen Trinkwasserbedarf auf den heutigen Stand der Aufbereitungstechnik gebracht und die gemeindeautonome Trinkwasserversorgung qualitativ und quantitativ gesichert werden.
- Das heutige Aufbereitungsverfahren mit einem Zweischichtfilter (Aktivkohle/Quarzsand) verfügt über keine ausreichende Desinfektionsstufe, wodurch die Bevölkerung einem erhöhten Risiko insbesondere gegenüber Viren ausgesetzt wird. Dieser potentiell problematische Mangel soll beseitigt werden.
- Die weitere Entwicklung der Umwelt (u.a. Klimaveränderung, neue Materialien, Medikamente, chemische Stoffe, etc.) und deren Einfluss auf das Trinkwasser sind nicht abschätzbar. Mikroverunreinigungen, Spurenstoffe und Algen kommen heute im Vierwaldstättersee nur in sehr kleinen Mengen vor. Wie sich diese aber infolge der Umweltveränderungen entwickeln und welchen Einfluss sie auf das Trinkwasser und unsere Gesundheit haben, kann nicht abschliessend beurteilt werden. Mit dem Ausbau der TWA Grämlis sollen die Risiken einer hygienischen und stofflichen Beeinträchtigung auch künftig nachhaltig reduziert werden.

Im Jahr 2000 wurde ein Bauprojekt für eine neue Anlage erarbeitet. Diesem Projekt lag die Idee eines Regionalen Wasserverbundes Horw - Kriens zugrunde. Das Projekt wurde von der Gemeinde Kriens verworfen und konnte nicht realisiert werden.

Von 2005 - 2007 wurden das SWPW Krämerstein und die Transportleitung zur TWA Grämlis neu gebaut. Gleichzeitig wurden in der TWA Grämlis minimal notwendige Sanierungsarbeiten durchgeführt.

Ziele des Vorprojekts sind:

- Verfahren evaluieren und ermitteln einer Bestvariante zur Trinkwasseraufbereitung und auf die Bearbeitungsstufe eines Vorprojektes projektieren
- Als Grundlage für die Einwohnerratsvorlage die Investitionskosten der definierten Bestvariante ermitteln.
- Der zukünftige Energie- und Betriebsmittelverbrauch ermitteln und Massnahmen zur Optimierung prüfen.
- Die Risiken bei der Planung und Realisierung des Projektes analysieren und Massnahmen zur Reduktion bzw. Vermeidung der Risiken vorgeschlagen.
- Die bauliche Umsetzung Prüfen (Bauetappen, Provisorien, Baulistenprogramm)

1.2 Projektorganisation

Name	Firma	Funktion
Projektsteuerung		
Manuela Bernasconi	Gemeinderätin Horw	Delegierte Gemeinderat, Vorsteherin Baudepartement
Remigi Niederberger	Gemeinde Horw	Leiter Tiefbau
Kurt Margadant	Margadant GmbH	Gesamtleiter Bauherr
Projektleitung		
Remigi Niederberger	Gemeinde Horw	Delegierter Projektsteuerung
Roman Heer	Gemeinde Horw	Brunnenmeister / Betreiber TWA
Ulrich Bosshart	Wasserversorgung ZH	Experte Qualitätssicherung
Hans-Peter Kaiser	Wasserversorgung ZH	Experte Verfahrenstechnik
Wouter Pronk	EAWAG	Experte Membrantechnologie
Hanspeter Bachmann	REATECH AG	Experte EMSRL
Kurt Margadant	Margadant GmbH	Gesamtleiter Bauherr
Markus Knöpfli	CSD Ingenieure AG	Leiter Gesamtplaner

1.3 Projektgrundlagen

- [1] Protokoll Erfahrungsaustausch mit EWL, 28.11.2012
- [2] Zustandsbeurteilung bestehendes Gebäude- und Behälterkonstruktionen, Wälli AG, 10.09.2012
- [3] Fotodokumentation Reservoir Grämlis, Wälli AG, 21.08.2012
- [4] Materialtechnische Untersuchung Reservoir Grämlis, LPM, 02.08.2012
- [5] Expertise hinsichtlich Wassergewinnung, Zusammenarbeit der Gemeinden Horw, Kriens, Luzern, QSW-Ingenieure GmbH, 25.09.2001
- [6] Geotechnisches Gutachten, Seewasserwerk Horw/Kriens, CSD Ingenieure AG, 28.02.2000
- [7] Seewerpumpwerk Krämerstein, Grundriss OG, Tobler und Fuchs AG, 03.03.2006
- [8] Seewerpumpwerk Krämerstein, Grundriss UG, Tobler und Fuchs AG, 23.01.2006
- [9] Reservoir Grämlis, Digitalisierung Ist-Zustand / UG, EG, OG, Schnitte, Wälli AG Ingenieure, 18.12.2012
- [10] R + I Schema Filteranlage Grämlis, Reatech, 04.05.2007
- [11] R + I Schema Reservoiranlage Grämlis, Reatech, 05.06.2007
- [12] Gesamtrevision Nutzungsplanung- Zonenplan und Bau- und Zonenreglement, Planungsbericht gemäss Art. 47 RPV, Metron, 10.06.2009
- [13] Trinkwasseraufbereitung der Zukunft, EAWAG News, Pronk und Kaiser, September 2008
- [14] WAVE 21 Final Report, EAWAG, Oktober 2009
- [15] Beurteilung des Rohwassers für das Seewasserwerk Grämlis in Horw, Wasserversorgung Zürich, 05.04.2013
- [16] Umweltbericht Stufe Vorprojekt, Trinkwasseraufbereitung Grämlis, ILU AG, April 2013

- [17] Risikobetrachtung vorgeschlagene Verfahrensketten Horw, Wasserversorgung Zürich/EAWAG, 18.02.2013
- [18] Anerkannte Aufbereitungsverfahren für Trinkwasser, BAG, 2010
- [19] Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV) und Hygieneverordnung (HyV)
- [20] Protokoll PL Sitzung 11, 2. Ausbautappe TWA Grämlis, 26.04.2013

2. Planungsgrundlagen

2.1 Rohwasserqualität

Die Wasserversorgung Zürich hat basierend auf fünf Stichproben im Jahr 2012 – 2013 die Wasserqualität des Rohwassers überprüft. Die Proben wurden von der Wasserversorgung Horw am Probenahmeort Rohwasser in der TWA Grämlis entnommen. Zusätzlich wurden Phytoplanktondaten über 12 Jahre im Pumpwerk Salzfass (EWL) sowie die Planktonentwicklung der letzten 50 Jahre im Vierwaldstättersee (Dr. Bürgi, 2011) bei der Beurteilung der Rohwasserqualität berücksichtigt.

Parameter	Dim.	März 12	Aug. 12	Nov. 12	Feb. 13	Min.	Max.	Mittel
Sauerstoff	mg/L	11.06		8.5	10.55	8.5	11.06	10.04
Sauerstoffsättigung	%	92%		73%	88%	73%	92%	84%
Temperatur	°C	5.1		6.7	5.4	5.1	6.7	5.7
Bromid	µg/L	4	2	<1	3	<1	4	3
UV-Extinktion	m ⁻¹	1.7	1.6	1.6	1.9	1.6	1.9	1.7
DOC	mg/L	0.78	0.6	0.65	0.72	0.6	0.78	0.69

Tabelle 1: Rohwasserqualität

Die Untersuchungen zeigen, dass die anorganischen chemischen Parameter den Anforderungen an Trinkwasser entsprechen.

Die Belastung des Seewassers mit partikulärem organischem Material (POM), wovon das Phytoplankton einen grossen Anteil ausmacht, ist gering.

Der Gehalt an gelösten natürlichen organischen Stoffen (DOC) im Rohwasser ist tief. Spurenstoffe wurden in geringen Konzentrationen gefunden.

2.2 Planungshorizont

Für die Planung der neuen Trinkwasseraufbereitung wird ein Planungshorizont bis 2050 zugrunde gelegt.

2.3 Wasserbedarf

Die für die Dimensionierung verwendeten Bevölkerungs- und Bedarfsdaten 2010 sind Angaben der Gemeinde Horw.

2.3.1 Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungsentwicklung wurde gemäss der Bevölkerungsprognose des Bundesamtes für Statistik (BFS) festgelegt. Für die Entwicklung wurde eine Wachstumsrate von 1.2% angenommen (Quelle BFS: Bevölkerungsentwicklung Kanton Luzern). Als Plafond wurde eine Zunahme von max. 4'000 Einwohnern angenommen (Quelle: Metron Planungsbericht Gemeinde Horw). Das Gebiet Biregg wird von der EWL mit Trinkwasser versorgt und wird für die Bevölkerungsentwicklung im Wasserversorgungsgebiet Horw nicht berücksichtigt.

	Einwohner 2010	Einwohner 2050	Zunahme
Horw Gemeindegebiet	13'524	17'500	29%
Gebiet Biregg	850	1'100	29%
Total Horw Wasserversorgungsgebiet	12'674	16'400	29%

Tabelle 2: Bevölkerungsentwicklung

2.3.2 Bedarfsentwicklung

Der Pro-Kopf-Verbrauch der Einwohner wird für die nächsten Jahre als konstant angenommen. Bei den Gewerbebetrieben sind keine wesentlichen Änderungen prognostiziert. Die Zunahme des Wasserbedarfs basiert auf dem Bevölkerungswachstum.

Nach Vorgaben der Gemeinde Horw wurde die Möglichkeit einer Wasserlieferung von 2'000 m³/d an die Gemeinde Kriens in die Bedarfsentwicklung einbezogen. Eine Fremdwasserabgabe in einen Verbund der EWL ist nicht zu berücksichtigen [1].

Wasserbedarf 2010 / 2050	Tagesbedarf 2010		Tagesbedarf 2050	
	mittel	max	mittel	max
	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d
Horw Gemeindegebiet	3'300 ¹	5'800 ²	4'000	8'000
Teilversorgung Kriens (Option)	2'000	2'000	2'000	2'000
Total Horw Wasserversorgungsgebiet	5'300	7'800	6'000	10'000

Tabelle 3: Wasserbedarf³

2.3.3 Dimensionierungswassermenge

In Absprache mit der Gemeinde Horw wurde die in Tabelle 4 dargestellte Dimensionierungswassermenge festgelegt:

Dimensionierungswassermenge	Dim.	
Max. Wasseraufbereitung Q _{max}	m ³ /d	10'000
	m ³ /h	420
	l/s	116

Tabelle 4: Festgelegte Dimensionierungswassermenge

¹ Mittelwert der Periode 2009 - 2011

² Q_{max} aus dem Jahr 2003 (Hitzesommer).

³ Von 2003 bis 2010 ist die Bevölkerung in Horw gewachsen, dies ist die Ursache für ein vergrössertes Verhältnis von Q_{mittel} / Q_{max} im Jahr 2050. Q_{max} bezieht sich somit auf eine kleinere Bevölkerung als Q_{mittel} deswegen vergrössert sich dieses Verhältnis in der Prognose von 2050.

2.4 Standort und Verkehrserschliessung

Das SWPW Krämerstein liegt im Ortsteil St. Niklausen. Die TWA Grämlis mit den Reservoiren liegt auf der Anhöhe Grämlis. Alle Werke sind über bestehende befestigte Zufahrtsstrassen erreichbar.

Die Parzellen mit dem SWPW Krämerstein und der TWA Grämlis sind im Eigentum der Gemeinde Horw.

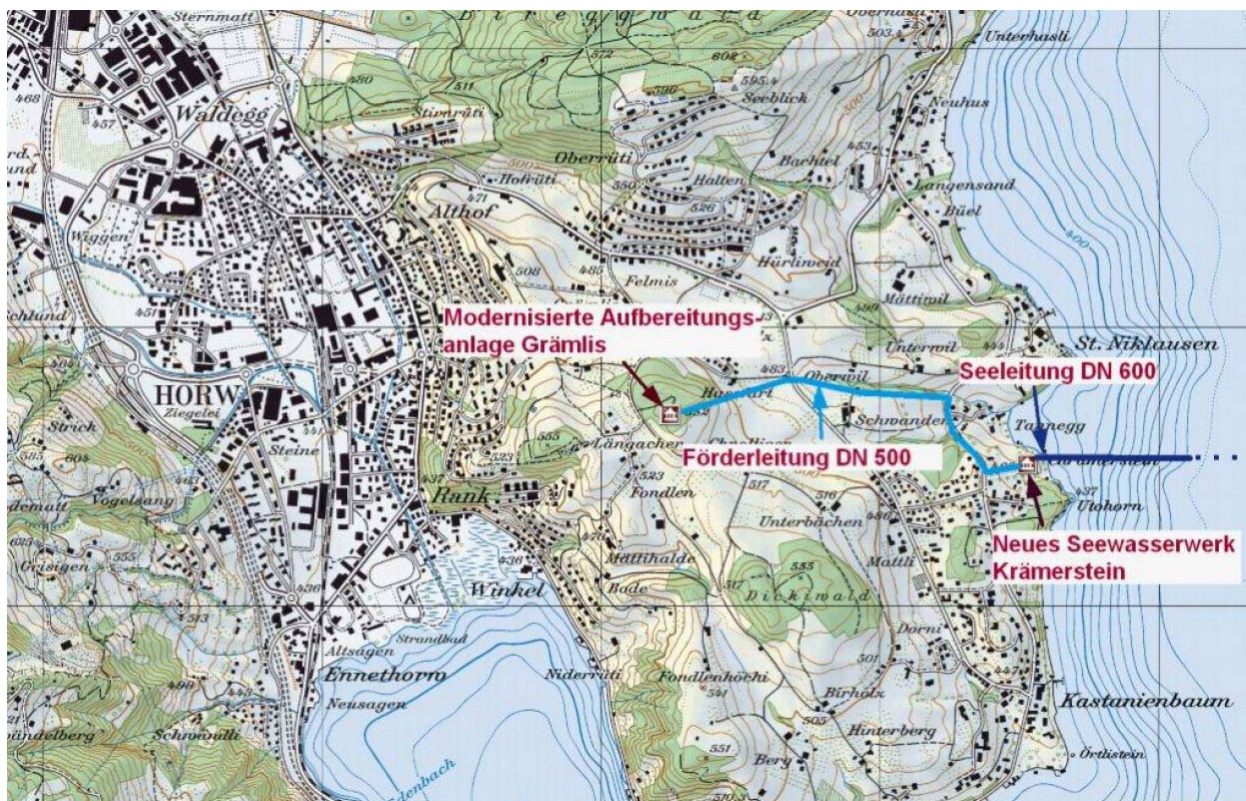


Abbildung 1: Lageplan Seewaspumpwerk Krämerstein mit Transportleitung und Trinkwasseraufbereitung Grämlis, Situation 1:25'000 (topografische Grundlage, www.geoadmin.ch)

2.5 Bestehende Anlagen

2.5.1 Verfahrensbeschrieb

Das Rohwasser wird ca. 400 m vom Ufer entfernt auf einer Tiefe von ca. 40 m aus dem Vierwaldstättersee bei Horw ins SWPW Krämerstein angesaugt. Vom SWPW Krämerstein wird es mittels Bohrlochpumpen über eine Transportleitung DN 500 in die rund 120 m höher gelegene TWA Grämlis gepumpt. Nach dem Eintritt in die TWA Grämlis wird das Rohwasser als erstes mittels WAC (Polyaluminium-Verbindung) geflockt, bevor es in einen Zweischichtfilter bestehend aus Aktivkohle und Quarzsand aufbereitet wird. Als Netzschutz wird Chlordioxid dem aufbereiteten Wasser zugegeben.

2.5.2 Seewaspumpwerk Krämerstein und Transportleitung

Das SWPW Krämerstein wurde in der 1. Etappe von 2005 - 2007 zusammen mit der Transportleitung DN 500 zur TWA Grämlis neu gebaut und befindet sich in gutem Zustand.

Die Transportleitung wurde auf eine Kapazität von 1'260 m³/h für eine Wasserversorgung der Gemeinden Horw und Kriens ausgelegt. Durch den Abgang der Gemeinde Kriens wird durch die Transportleitung

aktuell eine mittlere Wassermenge von 140 m³/h gefördert. Durch die damit verbundene geringe mittlere Wassergeschwindigkeit von 0.2 m/s entstehen gemäss Auskunft der Wasserversorgung Horw Ablagerungen. Um diese Ablagerungen zu entfernen, wird die Transportleitung monatlich gespült.

2.5.3 Trinkwasseraufbereitung Grämlis

In der TWA Grämlis wird ein Zweischichtfilter (Aktivkohle / Quarzsand) mit unterstützender WAC-Flockung zur Partikelabscheidung eingesetzt. Durch den biologischen Betrieb ermöglicht der Zweischichtfilter auch den Abbau von AOC.

Als Netzschutz wird Chlordioxid in einer Konzentration von 0.05 - 0.1 mg/L dem aufbereiteten Wasser zugegeben.

Das Verfahrenskonzept der TWA Grämlis weist betreffend Betriebssicherheit und Unterhaltsfreundlichkeit Mängel auf und entspricht nicht mehr dem Stand der Technik

Die TWA Grämlis ist über 50 Jahre alt, die maschinelle Ausrüstung ist veraltet.

Die Gebäudestruktur ist in ausreichendem Zustand [2]. Ein Um- und Ausbau der Anlage kann als Variante betrachtet werden.

2.6 Erschliessung - Werkleitungen

2.6.1 Wasserversorgung

Die Rohwasserentnahme aus dem Vierwaldstättersee wird über das bestehende SWPW Krämerstein sichergestellt. Von dort führt eine ca. 1.5 km lange Transportleitung DN 500 das Rohwasser zur TWA Grämlis. Diese Infrastruktur wurde von 2005 - 2007 neu erstellt.

2.6.2 Elektrizitätsversorgung

In Zusammenarbeit mit der CKW muss für den benötigten Strombedarf eine neue Trafostation samt Mittelspannungszuleitung erstellt werden. Die neue Trafostation ist östlich der TWA Grämlis in einem separaten Gebäude vorgesehen.

2.6.3 Rückspülwasser Vorfiltration SWPW Krämerstein

Das Rückspülwasser der Vorfiltration im SWPW Krämerstein soll an die Sickerleitung DN 200 angeschlossen werden. Diese Sickerleitung besitzt gemäss Angabe der Gemeinde Horw genügend Kapazität für die Rückführung des Rückspülwassers aus der Vorfiltration in den Vierwaldstättersee. Die Rückspülmenge wird auf ca. 20 – 30 l/s abgeschätzt. In der weiteren Planung ist Herr Renner vom UWE in die Projektierung mit einzubeziehen.

2.6.4 Rückspülwasser Aktivkohlefilter und Ultrafiltration TWA Grämlis

Das Rückspülwasser aus der Aktivkohle- und Ultrafiltration soll in einer Schwemmwasseraufbereitung gereinigt werden. Als Aufstellungsort soll dazu der stillgelegte Rohwasserbehälter genutzt werden. Das aufbereitete Klarwasser soll vor der Aktivkohlefiltration wieder der Wasseraufbereitung zugeführt werden. Das Rückspülwasser der Schwemmwasseraufbereitung wird über die bestehende Kanalisation abgeführt. Die notwendigen Werkleitungen sind zu erstellen.

2.6.5 Notüberlaufwasser

Allfällig anfallendes Notüberlaufwasser kann über die Kanalisation abgeführt werden.

2.6.6 Sauerstoff

Der Sauerstoff für eine allfällige Ozonierung kann entweder in Druckbehältern bereitgestellt oder Vorort produziert werden. Bei der weiteren Planung sind u.a. Sauerstoffmenge, Qualität, Lärmemissionen und daraus folgend die Wirtschaftlichkeit zu prüfen.

2.6.7 Werkleitungen

Die Werkleitungen auf dem Areal der TWA Grämlis sollen erneuert werden.

2.6.8 Dach- und Platzentwässerung

Die Dach- und Platzentwässerung wird in einem bestehenden Schacht gesammelt und über die Kanalisation abgegeben. Eine allfällige Versickerung des Dachwassers ist bei der weiteren Planung zu prüfen.

2.6.9 Dienstbarkeiten

Der Neubau oder Aus- und Umbau befindet sich auf öffentlichem Grund. Es sind keine Dienstbarkeiten zu vereinbaren.

2.7 Lärm

Grundlage für die Beurteilung von Lärmimmissionen ist die eidgenössische Lärmschutzverordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986. Diese sieht vor, dass den im Raumplanungsgesetz definierten Nutzungszonen Lärmempfindlichkeitsstufen zuzuordnen sind. Je nach Empfindlichkeitsstufe gelten andere Grenzwerte für den maximalen zulässigen Beurteilungspegel. Dem Standort TWA Grämlis ist im Zonenplan der Gemeinde die Lärmempfindlichkeitsstufe II zugeordnet.

Durch die Einhausung der gesamten Wasseraufbereitungsanlage können die Anforderungen an den Lärmschutz eingehalten werden. Einzig für eine allfällige Sauerstoffproduktion Vorort sind die Lärmimmissionen bei der weiteren Planung zu prüfen.

2.8 Geruch

Geruchsemissionen in der Betriebsphase sollen grundsätzlich vermieden bzw. vermindert werden. Hierfür ist von Beginn weg folgende konzeptionelle und technische Vorkehrung vorgesehen:

- Die Abluftführung wird optimiert und deren Volumenströme minimiert.
- Die komplette Wasseraufbereitungsanlage wird eingehaust.

Bei allen innerhalb der TWA Grämlis bestehenden Emissionsquellen sind die Anforderungen der eidgenössischen Luftreinhalteverordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985 im Sinne von Anhang 1, Ziff. 32 einzuhalten.

2.9 Raumplanung

Gemäss Kantonalem Richtplan 2009 verläuft westlich unterhalb der TWA Grämlis zwischen Wald und Siedlungsgebiet eine Vernetzungsachse für Kleintiere. Ein Naturobjekt befindet sich südlich der heutigen TWA Grämlis. Die TWA Grämlis befindet sich vollständig innerhalb des BLN-Gebiets 1606 Vierwaldstättersee [16].

Gemäss Zonenplan der Gemeinde Horw liegt die bestehende TWA Grämlis wie auch deren Erschliessung vollständig im Wald. Westlich unterhalb des Gebietes befindet sich eine archäologische Fundstätte [16].

Das Gebiet Grämlis dient der Bevölkerung von Horw als Naherholungsraum. Zahlreiche Wanderwege führen durch das Gebiet [16].

2.10 Rodungen

Durch das Projekt werden bestehende Waldflächen tangiert. Insbesondere muss die Bestockung über den Reservoiren und für die geplante Trafostation dauerhaft entfernt werden [16].

Bereits im Jahr 2000 wurde für das damalige Projekt ein Rodungsgesuch eingereicht. Es handelte sich um folgende Flächen:

- 3'375 m² für temporäre Rodung
- 1'450 m² für definitive Rodung

Die Ersatzaufforstungsfläche von 1'450 m² liegt auf der Parzelle Nr. 188 in der Gemeinde Horw. Sie grenzt direkt an die bestehende Waldfläche und ist gemäss Grundbuchplan zurzeit nicht als Wald eingetragen.

Das Rodungsgesuch wurde damals nicht weiterverfolgt. Der Kanton äusserte sich jedoch positiv dazu. Parzelle Nr. 188 ist teilweise Einwuchsfläche. Es handelt sich dabei grösstenteils um Brombeeren und einzelne Haselsträucher.

Im weiteren Planungsverlauf ist abzuklären, ob die Waldfläche auf Parzelle Nr. 188 als Ersatzaufforstungsfläche angerechnet werden kann [16].

2.11 Landschaftsschutz - Landschaftsbild

Bei der Ausarbeitung des Projektes ist die Umgebung möglichst naturnah zu gestalten. Versiegelte Flächen sind soweit möglich zu vermeiden.

Die Gebäudehülle der TWA Grämlis wie auch die Trafostation sind so zu gestalten, dass sie sich optimal in die umgebende Landschaft einpassen [16].

2.12 Altlasten

Die Gemeinde Horw bestätigt, dass bei der TWA Grämlis keine Altlasten zu finden sind. Der Standort ist nicht im Verdachtsflächenkataster eingetragen. Somit ist das Areal als nicht belastet einzustufen.

2.13 Gebäudeschadstoffe

Es wird vermutet, dass insbesondere im Klebstoff der Kacheln der Aktivkohlebecken wie auch im Klebstoff der Bodenbeläge Asbest enthalten sein kann. Im weiteren Verlauf des Projekts muss eine Gebäudeschadstoffanalyse durchgeführt werden. Mögliche kostenseitige Auswirkungen wurden abgeschätzt und in den Kostenvoranschlag aufgenommen.

3. Verfahrensevaluation

Die Verfahrensevaluation erfolgt so, dass die störenden Einflüsse, welche ein Trinkwasser beeinträchtigen können, eliminiert werden. Weiter soll eine gewählte Verfahrenskombination bestehende Risiken des Rohwassers und Risiken des Betriebs reduzieren oder beheben. Im weiteren ist das Verfahren so zu konzipieren das abschätzbare künftige Risiken und Probleme gemeistert werden können. Dazu eignet sich ein Multibarrierensystem mit mehreren Stufen; ein Konzept, dass sich in den europäischen Wasserversorgungen in neuen Anlagen etabliert hat.

3.1 Rohwasserqualität

3.1.1 Chemische Parameter

Es ist zu beachten, dass die folgenden Aussagen auf Stichproben beruhen. Dies ist zulässig, da die chemische Zusammensetzung von Seewasser nur geringfügig variiert, wie die Daten von anderen Voralpenseen wie z. B. des Zürichsees zeigen. Parameter mit saisonalen Schwankungen wurden auch saisonal untersucht (Temperatur, DOC, UV-Extinktion, Sauerstoff).

Die Temperatur des Rohwassers aus 40 m Tiefe schwankt übers Jahr nur geringfügig zwischen 5 - 7°C (Abbildung 2).

Der Sauerstoffgehalt verläuft wie erwartet umgekehrt proportional mit der Temperatur. Die Gehalte sind aber mit > 8 mg/L durchwegs hoch.

Die Bromidgehalte sind mit 1 – 4 µg/L sehr tief. Die Bromatbildung wird daher bei einer allfälligen Ozonung mit üblichen Ozondosen kein Problem sein.

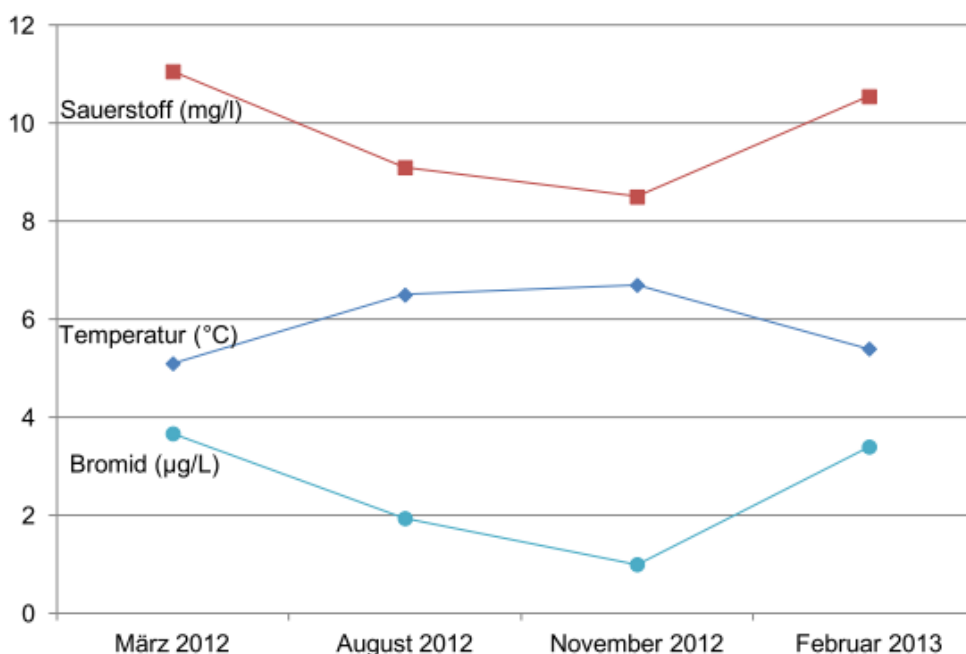


Abbildung 2: Sauerstoff, Temperatur und Bromidgehalt des Rohwassers

Die gelösten natürlichen organischen Stoffe (DOC; Abbildung 3) schwanken zwischen 0.6 - 0.8 mg/L und verlaufen wie erwartet parallel mit der UV-Extinktion. Die DOC Belastung des Rohwassers ist daher ebenfalls gering. Es ist aber nützlich, wenn der DOC in der Aufbereitung etwas reduziert werden kann. Dies vor allem auch im Hinblick auf die biologische Stabilität des Trinkwassers im Verteilnetz. Dies wird mit den vorgeschlagenen Aufbereitungsvarianten mit biologischer Aktivkohlefiltration erreicht. Mit der Variante Ozon - Aktivkohle kann die DOC Entfernung zusätzlich verbessert werden.

Das Calcit Löseverhalten wurde im März untersucht. Der Sättigungsindex (bestimmt nach schweiz. Lebensmittelbuch; SLMB) lag bei +0.11 bei einem Rohwasser von pH 8.14. Das heisst, das Wasser war zu diesem Zeitpunkt Calcit abscheidend, was bezüglich Vermeidung von Betonkorrosion und von Korrosion in Hausinstallation vorteilhaft ist. Das saisonale Verhalten wurde nicht untersucht. Im Herbst ist mit etwas tieferen pH-Werten zu rechnen. Der Sättigungsindex wird dann um ± 0 schwanken. Mit stark negativen Werten (kritisch bezüglich Korrosion) ist nicht zu rechnen.

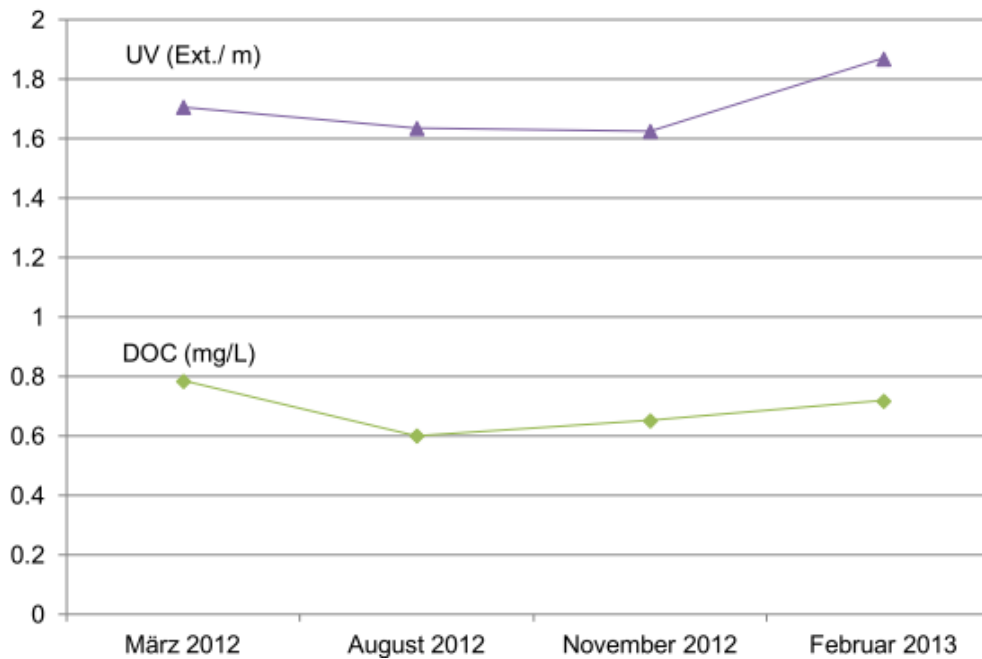


Abbildung 3: UV-Extinktion und DOC Gehalt des Rohwassers

Die Wasserzusammensetzung ist in Tabelle 5 zusammengefasst. Sie ist typisch für einen Voralpensee, entspricht durchwegs den Anforderungen an Trinkwasser und ist für die vorgesehenen Aufbereitungsvarianten unproblematisch.

Ionen	Gehalt	Bemerkungen
Calcium	40.5 mg/L	Gesamthärte 11.6 franz. H°
Magnesium	3.4 mg/L	
Natrium	2.3 mg/L	EW: < 20 mg/L
Kalium	0.9 mg/L	EW: < 5mg/L
Hydrogencarbonat	123.2 mg/L	
Chlorid	2.5 mg/L	EW: < 20 mg/L
Sulfat	14.5 mg/L	EW: < 50 mg/L
Nitrat	3.0 mg/L	EW: < 25mg/L; TW: < 40 mg/L
Phosphat	< 0.002 mg/L	EW: < 50 mg/L
Kieselsäure als SiO ₂	2.9 mg/L	TW: 21 mg/L
Eisen	< 0.005 mg/L	TW: 0.3 mg/L
Mangan	< 0.0005 mg/L	TW: 0.05 mg/L

Tabelle 5: Wasserzusammensetzung Mineralstoffe

Legende: EW = Erfahrungswert SLMB, TW = Toleranzwert Fremd- und Inhaltsstoffverordnung

Ammonium und Nitrit lag mit 5 µg/L und 2 µg/L deutlich unter den Toleranzwerten für Trinkwasser von je 100 µg/L.

3.1.2 Spurenstoffe

Tabelle 6 zeigt die Resultate der Spurenstoff Analysen im Überblick. Es sind nur Stoffe namentlich aufgeführt, die auch nachgewiesen wurden. Ziel der Untersuchung war es, permanente Belastungen des Vierwaldstättersees mit Spurenstoffen zu ermitteln. Daher wurde eine Vielzahl von Spurenstoffen untersucht, aber jeweils nur ein Zeitpunkt pro Spurenstoff gewählt. Somit kann keine Aussage über allfällige periodische Belastungen durch Einleitungen oder durch Chemieunfälle gemacht werden.

Aus der umfangreichen Palette von Spurenstoffen konnten nur wenige und diese in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen werden. Es handelt sich durchwegs um Spurenstoffe, die auch in anderen Oberflächengewässern gefunden werden. Alle nachgewiesenen Stoffe sind gemäss dem heutigen Stand der Wissenschaft aus toxikologischer Sicht in den gefundenen Konzentrationen unbedenklich. Eine Entfernung ist daher bei der Trinkwasseraufbereitung nicht zwingend.

Spurenstoffe	Gehalt	Bemerkungen
Chlororganische Verbindungen (chlorierte Lösungsmittel)		
15 Stoffe	alle Stoffe < NG	auch Trihalogenmethane
Arzneimittel		
26 Stoffe	25 Stoffe < NG	
Metformin	115 ng/L	Antidiabetikum
Röntgenkontrastmittel		
5 Stoffe	alle Stoffe < NG	
Iopromid	37 ng/L	Nachweisgrenze 10 ng/L
Endokrine (hormonaktive) Stoffe		
7 Stoffe	alle Stoffe < Nachweisgrenze	
Süsstoffe		
5 Stoffe untersucht	4 Stoffe < Nachweisgrenze	
Acesulfam	136 µg/L	
Perfluorierte Tenside		
13 Stoffe	12 Stoffe < Nachweisgrenze	
PFOS	3 ng/L (NG: 2 ng/L)	Behandlung von Textilien
Pestizide und deren Metaboliten		
57 Stoffe	alle Stoffe < Nachweisgrenze	
BTEX (Benzol, Toluol, Xylol) und MTBE		
8 Stoffe	alle Stoffe < Nachweisgrenze	MTBE: Benzinzusatzstoff
Geruchstoffe		
8 Stoffe	alle Stoffe < Nachweisgrenze	
Benzotriazole und Dioxan		
3 Stoffe	Dioxan < Nachweisgrenze	
Benzotriazol	45 ng/L	
Methyl-Benzotriazol	18 ng/L	
Komplexbildner (NTA, EDTA, etc.)		
5 Stoffe	alle Stoffe < Nachweisgrenze	

Tabelle 6: Spurenstoffe (NG: Nachweisgrenze, Details zu allen Stoffen siehe Prüfberichte)

Einige der nachgewiesenen Spurenstoffe können je nach gewählter Aufbereitungsvariante mindestens teilweise entfernt werden (Tabelle 7).

Stoff	Ozonung	Aktivkohlefiltration*
Metformin	vermutlich geringer Abbau	Adsorption gering
Iopromid	30% Abbau	Adsorption gering
Acesulfam	60% Abbau	gute Adsorption
PFOS	vermutlich geringer Abbau	Adsorption gering
Benzotriazol	> 90% Abbau	gute Adsorption
Methylbenzotriazol	> 90% Abbau	gute Adsorption

Tabelle 7: Qualitative Beurteilung des Abbaus von Spurenstoffen mit Ozon und der Adsorption an Aktivkohle

* Die Adsorption hängt stark vom Alter der Aktivkohle ab.

3.1.3 Phytoplankton

Die ermittelten Biomassen an Phytoplankton die in den Monaten Februar, März, August und November bestimmt wurden, waren im nährstoffarmen Vierwaldstättersee wie erwartet gering (Abbildung 4) und dürften bei der Trinkwasseraufbereitung kaum grössere Schwierigkeiten bereiten. Die Phytoplanktongehalte im Vierwaldstättersee bei Horw in 40 m Wassertiefe sind mit den Rohwasserwerten (2000 - 2012) des Seewasserwerks von Energie Wasser Luzern (EWL) vergleichbar (Abbildung 5).

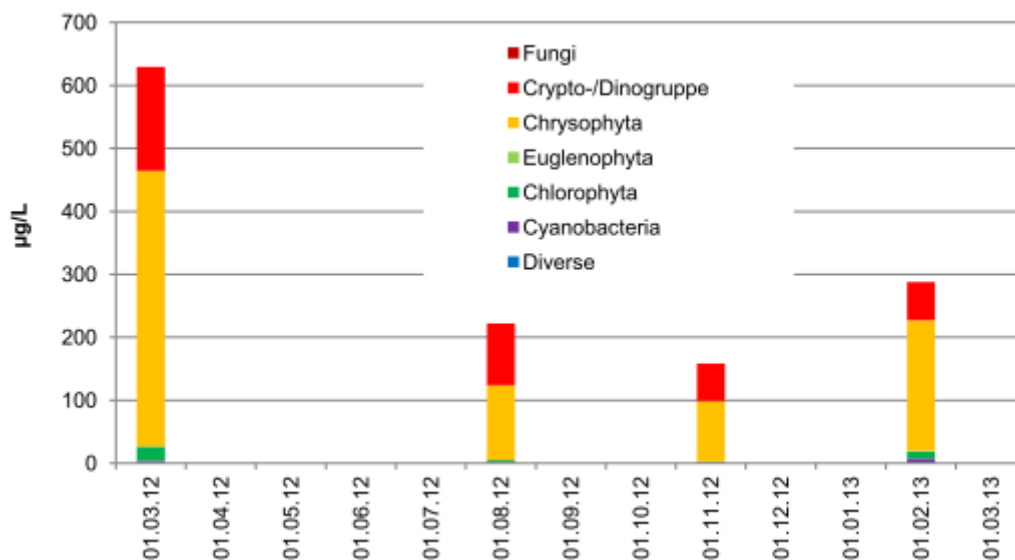


Abbildung 4: Phytoplanktonbiomasse des Rohwassers

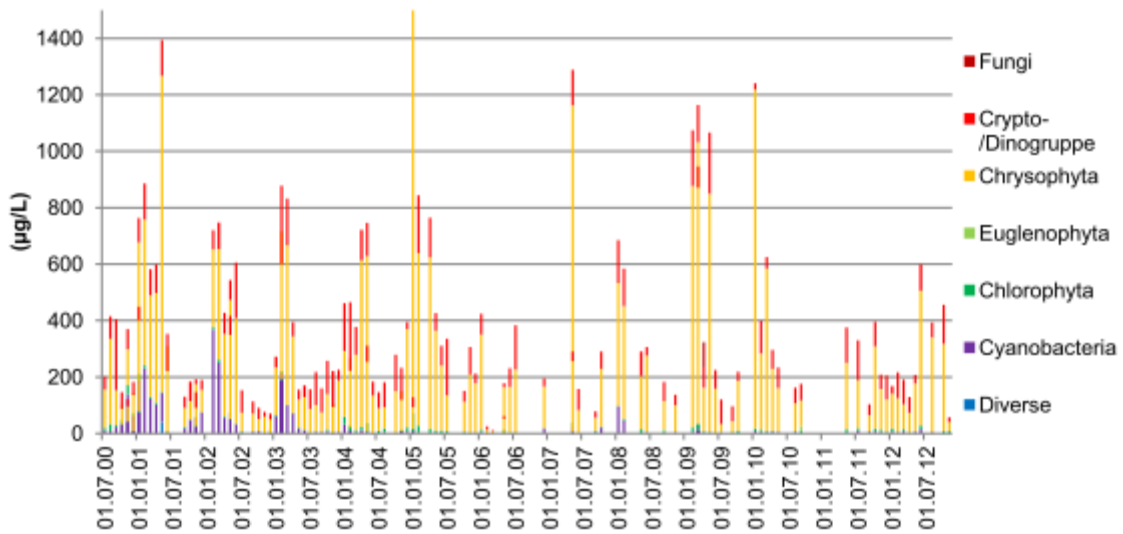
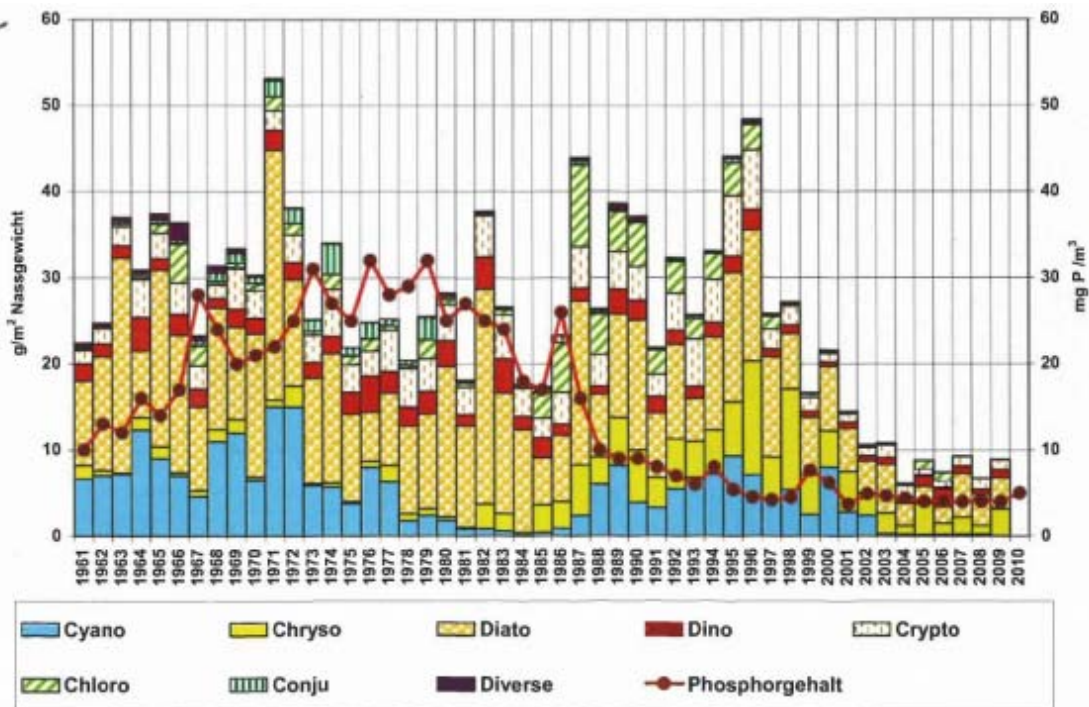


Abbildung 5: Phytoplanktonbiomassen im Rohwasser des Seewasserwerks der EWL

Wie dem Bericht von Herr Bürgi (50 Jahre Planktonentwicklung im Vierwaldstättersee von 1960 - 2010) entnommen werden kann, hat sich der See in den letzten 20 Jahren nachhaltig auf einem nährstoffarmen Niveau eingespielt. Von der heutigen Artenzusammensetzung geht keine unmittelbare Gefahr für Mensch oder Umwelt aus. Selbst das toxische Cyanobakterium Planktothrix rubescens kann heute nur noch wenige Filamente aufbauen (Abbildung 6).



Cyano (Cyanobacteria – „Blualgen“), Chryso (Chrysophyceen – „Goldalgen“), Diato (Diatomeen – „Kieselalgen“), Dino (Dinophyta – „Panzerflagellaten“), Crypto (Cryptophyta – „Schlundflagellaten“), Chloro (Chlorophyceen – „Grünalgen“), Conju (Conjugatophyceen – „Jochalgen“) und diverse übrige Formen. Die P-Kurve zeigt die Startwerte im Frühjahr in mg P/m³

Abbildung 6: Verlauf der Jahresmittelwerte der Phytoplanktonbiomasse (0 - 20 m) von 1961-2009 Grafik aus dem Bericht von H.R. Bürgi (2011)

3.1.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die anorganisch chemischen Parameter Entsprechen den Anforderungen an Trinkwasser. Sie sind für alle vorgeschlagenen Aufbereitungsvarianten unproblematisch.

Die Belastung des Seewassers mit partikulärem organischem Material (POM), wovon das Phytoplankton einen grossen Anteil ausmacht, ist gering und kann mit allen Aufbereitungsvarianten entfernt werden.

Der Gehalt an gelösten natürlichen organischen Stoffen (DOC) im Rohwasser ist tief. Ein biologischer Abbau wird in der biologischen Aktivkohlefiltration erreicht. Mit einer Ozonung kann die Entfernung des DOC verbessert werden.

Spurenstoffe wurden nur in sehr geringen Konzentrationen gefunden. Eine Entfernung ist nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse nicht notwendig. Einige der Spurenstoffe können aber auf Aktivkohle teilweise entfernt werden. Bei der Aufbereitungsvariante mit Ozon können Spurenstoffe noch besser entfernt werden (15).

3.2 Risikoanalyse

Die WV Zürich hat in Zusammenarbeit mit der EAWAG eine qualitative Risikoanalyse (Tabelle 17) für das Rohwasser sowie für den Prozess der Trinkwasseraufbereitung der TWA Grämli erstellt [17].

Gefahren	Risikobeurteilung
Gesundheitliche Gefahren	
Pathogene Mikroorganismen	+++
Keimzahl*	+
Cyanobakterientoxine (bisher keine Analysen)	+++
Toxische Stoffe nach Chemieunfällen	+
Bromatbildung	+
NDMA Bildung	+
Nitrit Bildung auf Aktivkohle	++
Restaluminiumgehalt nach Flockung	++
Biologische Stabilität des Trinkwassers**	+++
Organoleptische Gefahren und Imageprobleme	
Geruchsstoffe/Geschmacksstoffe	++
Farbstoffe	++
Trübung (Partikel)	++
Nicht toxische organische Spurenstoffe	
Acesulfam	+
Röntgenkontrastmittel	+
Metformin	+
Benzotriazol/Methyl-Benzotriazol	+
Nicht toxische Stoffe nach Chemieunfällen	+

Tabelle 8: Risikobeurteilung Rohwasser und Trinkwasseraufbereitung [15]⁴

Legende:+++ = hohes Risiko, ++ = mittleres Risiko, + = geringes Risiko

⁴ * Kein definitives gesundheitliches Risiko aber gesetzliche Vorgabe von <20 KbE/mL nach Aufbereitung

** Ebenfalls betriebsrelevant. Trifft nur zu, falls ohne Netzschutz gefahren wird

*** Klimaveränderung könnte das Risiko erhöhen

Diese qualitative Risikoanalyse lässt erkennen, dass die grössten Risiken von den pathogenen Mikroorganismen wie auch der biologischen Stabilität (falls kein Netzschutz vorhanden) ausgehen.

3.3 Verfahrensevaluation

3.3.1 Partikelabtrennung/Trübungselimination

Mögliche Verfahren zur Partikelabtrennung sind vorwiegend die Schnellfiltration wie auch die Membranfiltration. Die Filtration kann mit einer Flockung verstärkt werden. Es kann angefügt werden, dass bei neuen Anlagen häufig die Ultrafiltration anstelle von Schnellfiltern eingesetzt wird, da Partikel, Bakterien und sogar Viren wesentlich effizienter entfernt werden.

3.3.2 AOC Abbau

Verfahren die sich für den Abbau von AOC eignen sind Aktivkohle und die Langsandsandfiltration. Da die Langsandsandfiltration sehr viel Platz beansprucht wird eine biologisch betriebene Aktivkohle zum AOC Abbau bevorzugt.

3.3.3 Desinfektion

Verfahren die sich zur Desinfektion von Viren und Bakterien eignen sind die Ultrafiltration, die Ozonung, das UV-Verfahren, die Langsandsandfiltration sowie die Chlorung.

Elimination Pathogener Keime mittels Ozon

Mit der definitiven Integration der Ozonung im System kann das grösste Risiko im Rohwasser (Pathogene Mikroorganismen) mit der höchsten Sicherheit eliminiert werden. Nach der Risikoanalyse der Wasserversorgung Zürich/EAWAG kann basierend auf Literaturdaten, mit einer Dosierung von 1 mg O₃ pro Liter Wasser und einer Kontaktzeit von 20 min eine Log 6 Elimination von Viren geschätzt werden (15). Eine Log 6 Eliminationsrate bedeutet, dass 99.9999% aller Viren in dieser Stufe inaktiviert werden.

Elimination Pathogener Keime mittels Ultrafiltration

Mittels der Ultrafiltration können Partikel und Trübstoffe zuverlässig aus dem Wasser entfernt werden. Weiter bildet die Ultrafiltration eine zuverlässige Barriere gegen Viren und Bakterien mit einer Eliminationsrate von Log 2 – 4 [15]. Dies bedeutet eine Reduktion der Viren um 99% - 99.99%.

3.3.4 DOC Abbau

Der Gehalt an gelösten natürlichen organischen Stoffen (DOC) im Rohwasser ist tief. Ein biologischer Abbau kann mittels eines biologisch betriebenen Aktivkohlefilters erreicht werden. Mit einer Ozonung kann die Entfernung des DOC verbessert werden.

3.3.5 Abbau von Spurenstoffe

Spurenstoffe wurden in sehr geringen Konzentrationen gefunden. Eine Entfernung ist nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse nicht notwendig. Einige der Spurenstoffe können auf der Aktivkohle teilweise entfernt werden. Mit der Integration einer Ozonung können Spurenstoffe noch besser entfernt werden [15].

3.4 Verfahrenskombinationen

Aus den verschiedenen Aufbereitungsverfahren ergeben sich für die TWA Grämlis mögliche Verfahrenskombinationen. In der Tabelle 6 sind die Verfahrenskombinationen dargestellt.

	Entfernen von Partikeln	Entfernen gelöster Stoffe	Algen	Protozoen	Bakterien	Viren	Biologischer Abbau	Adsorption gelöster Stoffe	Desinfektion	Oxidation	Akzeptanz	Desinfektionsnebenprodukte
Schnellfiltration (ältere Anlagen)	++		+	+	+	+/-	+/-				+	
Ultrafiltration	++	-	++	++	++	+					+	
Aktivkohle	+/-	+	+/-	+/-	+/-	-	++	+			+	
Aktivkohle/Quarzsand	+/-	+	+/-	+/-	+/-	-	++	+			+	
Chlordioxid				-	+/-	+			+	+	-	+
Ozonung				+/-	++	++			+	+	+	+
UV-Verfahren				++	++	++			+		++	
Ist Zustand												
Variante 1												
Variante 2												
Variante 3a												
Variante 3b												

Tabelle 9: Verfahrensevaluation [18]

Legende: ++ = gut geeignet, + = geeignet, +/- = bedingt geeignet, - = ungeeignet

Aus der Verfahrenseignung können folgende mögliche Verfahrenskombinationen gebildet werden:

- Ist Zustand Zweischichtfilter (Aktivkohle/Quarzsand), Chlordioxid
- Variante 1 Vorfiltration, Zweischichtfilter (Aktivkohle/Quarzsand), UV-Verfahren
- Variante 2 Vorfiltration, Ultrafiltration, Chlordioxid
- Variante 3a Vorfiltration, Ozonung, Aktivkohlefiltration, Ultrafiltration
- Variante 3b Vorfiltration, Aktivkohlefiltration, Ultrafiltration

3.4.1 Ist Zustand

Im aktuellen Verfahren wird ein Zweischichtfilter (Aktivkohle / Quarzsand) mit unterstützender WAC-Flockung zur Partikelabscheidung eingesetzt. Durch den biologischen Betrieb ermöglicht der Zweischichtfilter auch den Abbau von AOC.

Als Netzschutz wird Chlordioxid in einer Konzentration von 0.05 - 0.1 mg/L dem aufbereiteten Wasser zugegeben.

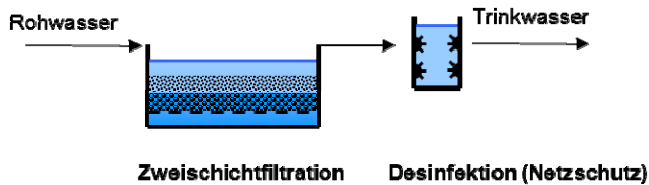


Abbildung 7: Verfahrensvisualisierung Ist Zustand

3.4.2 Variante 1

Die Variante 1 enthält eine Wasseraufbereitung mittels Zweischichtfilter und UV-Verfahren. Mit dieser Verfahrenskombination können die gesetzlichen Trinkwasseranforderungen erfüllt werden.

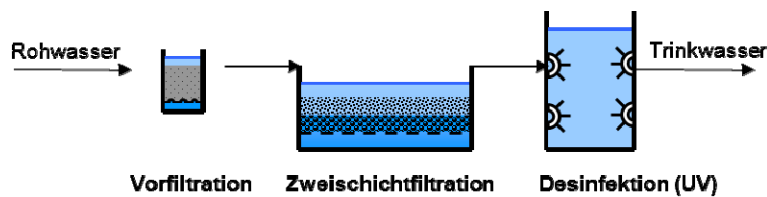


Abbildung 8: Verfahrensvisualisierung Variante 1

3.4.3 Variante 2

Durch den Einsatz einer Ultrafiltration in Kombination mit einer Vorfiltration kann die Partikelabtrennung wie auch die Desinfektion erfüllt werden. Es muss abschliessend zwingend ein Netzschutz eingesetzt werden, damit eine Wiederverkeimung im Netz ausgeschlossen werden kann und Störungen der Desinfektion durch die Ultrafiltration gemindert werden können. Diese Verfahrenskombination ist bei teilweisem Ausfall der Ultrafiltration mit Risiken behaftet.

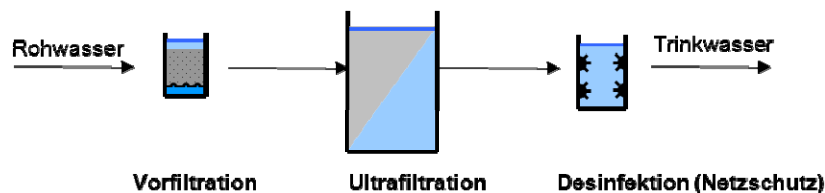


Abbildung 9: Verfahrensvisualisierung Variante 2

3.4.4 Variante 3a

Mit der Variante 3a kann sowohl der Partikelabscheidung, dem biologischen Abbau wie auch der Desinfektion Rechnung getragen werden. Im Speziellen durch die Ozonung, welche ein ausgesprochen effizientes Desinfektionsmittel ist. Da im Aktivkohlefilter ein biologischer Abbau von AOC stattfindet, kann bei dieser Variante auf einen Netzschutz verzichtet werden⁵.

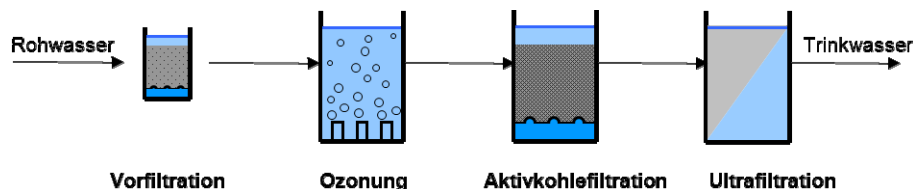


Abbildung 10: Verfahrensvisualisierung Variante 3a

Die Ultrafiltration kann prinzipiell am Anfang oder am Ende der Verfahrenskombination positioniert werden. Jedoch muss im Verfahren mit Ultrafiltration am Anfang der Verfahrenskette zwingend eine Desinfektion im Anschluss an die Aktivkohlefiltration eingesetzt werden.

3.4.5 Variante 3b

Bei Variante 3b wurde die Ozonung gegenüber der Variante 3a weggelassen. Trotzdem kann diese Variante vernünftig Partikel entfernen. Auch kann eine relativ gute Desinfektion gewährleistet werden. AOC wird im Aktivkohlefilter biologisch abgebaut. Somit kann allenfalls auf einen Netzschutz verzichtet werden.

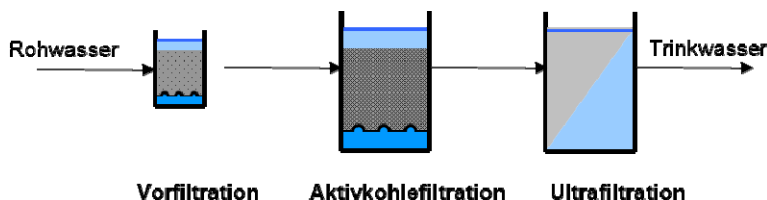


Abbildung 11: Visualisierung Variante 3b

Bei allen drei Varianten soll als erste Verfahrensstufe eine Vorfiltration im SWPW Krämmerstein eingesetzt werden. Damit kann sichergestellt werden, dass die größten Partikel schon zu Beginn des Aufbereitungsprozesses eliminiert und Ablagerungen in der Transportleitung zur TWA wesentlich reduziert werden.

3.5 Verfahrenvergleich

Nachfolgend werden die versch. Verfahrenskombinationen miteinander verglichen. Die Abbildungen 12-16 sollen die Effizienz der einzelnen Aufbereitungsverfahren bezüglich möglichen Verunreinigungen im Rohwasser qualitativ aufgezeigt. Die Anzahl Balken bei den verschiedenen Verfahren symbolisiert die Effizienz der Aufbereitungsstufe (je mehr Balken, desto effizienter).

⁵ Voraussetzung: Netz in materialtechnisch und hydraulisch gutem Zustand

3.5.1 Ist Zustand

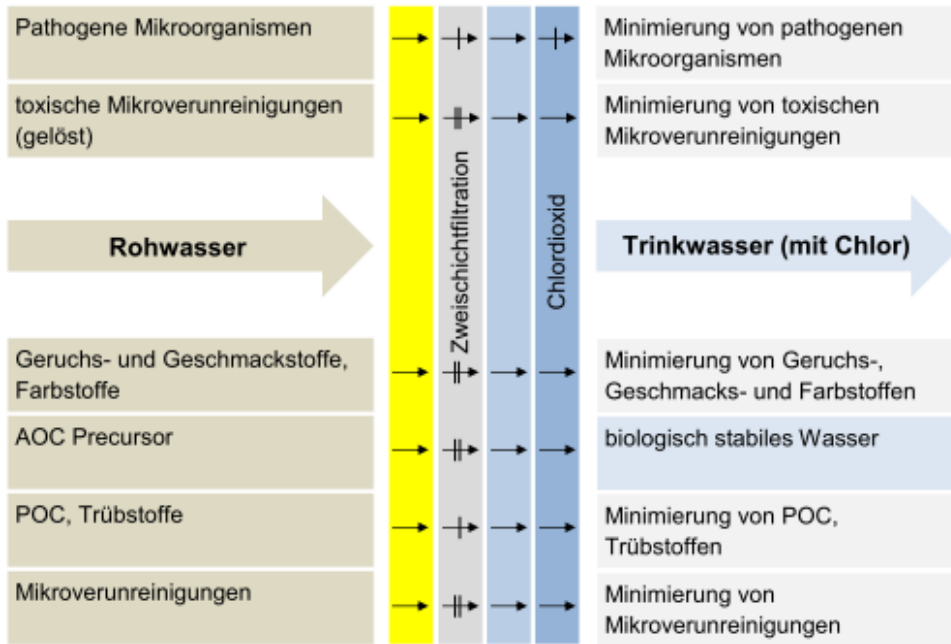


Abbildung 12: Qualitative Effizienz Ist-Zustand

Im aktuellen Verfahren können Partikel und Trübstoffe nur ungenügend entfernt werden. Das grösste Manko ist allerdings das Fehlen einer potenten Desinfektionsverfahrens. Verfahren zur Seewasseraufbereitung müssen zwingend eine zuverlässige, effiziente Desinfektionsstufe enthalten. Hier ist zeitnaher Handlungsbedarf angezeigt.

Geruchs- und Geschmacksstoffe, wie auch Farbstoffe können zuverlässig entfernt werden. Mikroverunreinigungen werden nur sehr bedingt entfernt.

3.5.2 Variante 1

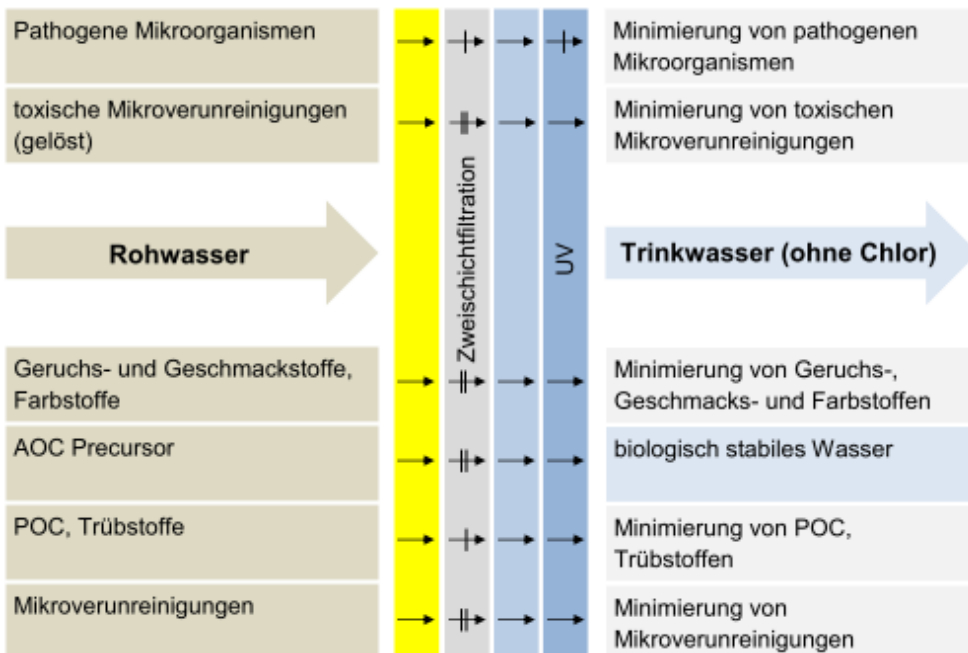


Abbildung 13: Qualitative Effizienz Variante 1

Bei der Variante 1 werden Partikel und Trübstoffe nur ungenügend entfernt. Die Desinfektionsleistung der Verfahrenskette ist zudem nicht optimal um eine effiziente und sichere Desinfektion von Seewasser jederzeit zu garantieren.

Geruchs- und Geschmacksstoffe, wie auch Farbstoffe können zuverlässig entfernt werden. Mikroverunreinigungen werden nur sehr bedingt entfernt.

3.5.3 Variante 2

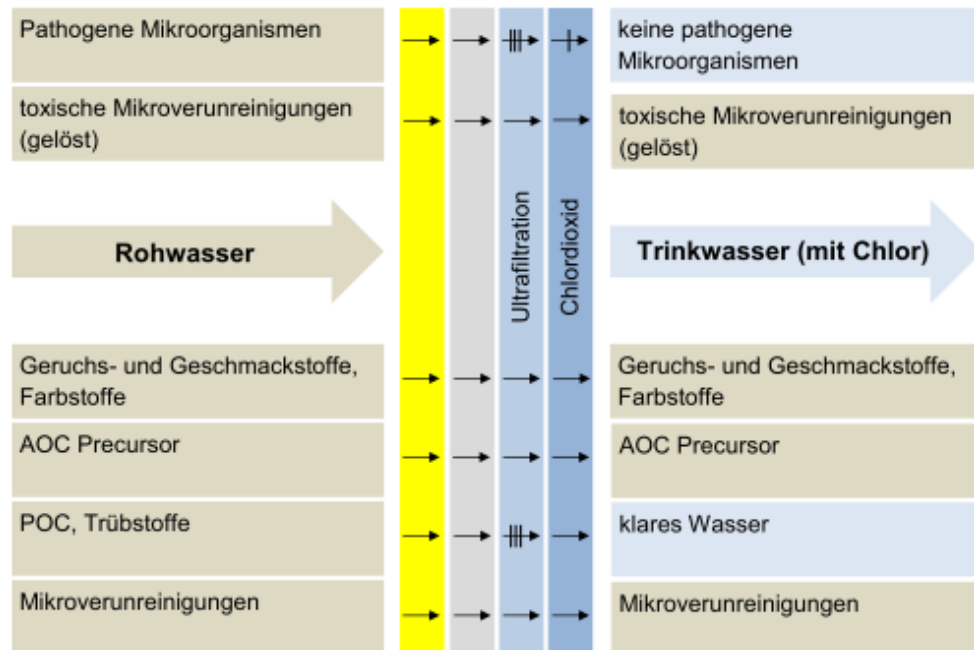


Abbildung 14: Qualitative Effizienz Variante 2

Variante 2 verfügt durch die Ultrafiltration über eine zuverlässige Verfahrensstufe zur Partikelelimination. Weiter ergibt sich mittels der Kombination von Ultrafiltration und Chlordioxid eine vertretbare Desinfektionsleistung für Seewasser. Mikroverunreinigungen und Spurenstoffe werden nicht eliminiert.

3.5.4 Variante 3a

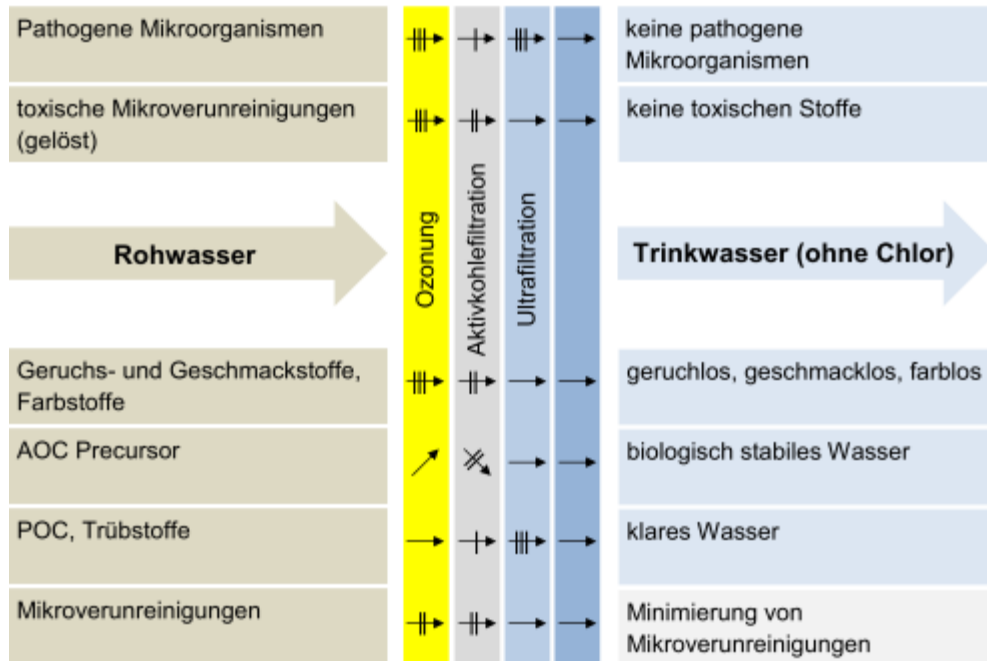


Abbildung 15: Qualitative Effizienz Variante 3a

Variante 3a entspricht einem modernen Multibarrieren System zur Aufbereitung von Seewasser zu Trinkwasser. Im Zusammenspiel von Ozonung und Ultrafiltration kann eine sehr effiziente und sichere Desinfektionsleistung erzielt werden. Partikel werden durch die Ultrafiltration effizient entfernt. Geruchs- und Geschmacksstoffe, wie auch Farbstoffe können zuverlässig entfernt werden. Spurenstoffe und Mikroverunreinigungen werden relativ gut aus dem Wasser entfernt.

3.5.5 Variante 3b

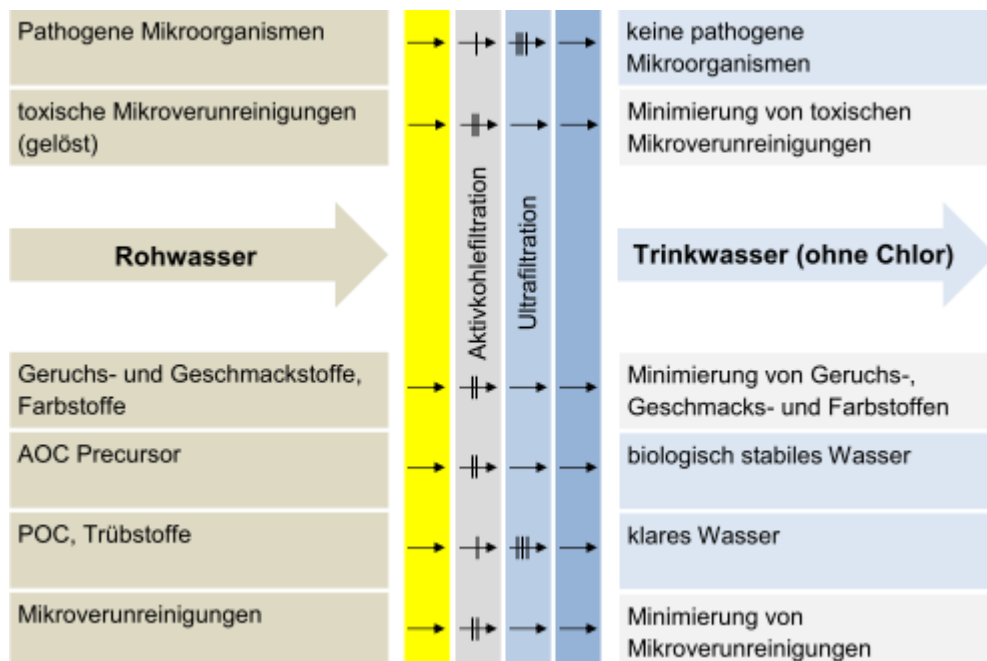


Abbildung 16: Qualitative Effizienz Variante 3b

Durch den Verzicht auf die Ozonung bei der Variante Variante 3b wird das Multibarrieren System aufgegeben. Die Desinfektionsleistung der Ultrafiltration wird als gut erachtet. Um eine erhöhte Sicherheit der Verbraucher zu gewährleisten ist allenfalls eine zusätzliche Dosierung von Chlordioxid angezeigt. Falls wie in der Variante 3b angedacht, auf eine Dosierung von Chlordioxid verzichtet werden soll, wird die Desinfektionsleistung vor allem gegenüber Viren als nicht Optimal erachtet. Mittels der Ultrafiltration können Partikel vom Wasser sicher entfernt werden. Geruchs- und Geschmacksstoffe, wie auch Farbstoffe können zuverlässig entfernt werden. Mikroverunreinigungen werden nur sehr bedingt entfernt.

3.6 Verfahrenentscheid

Aus den Überlegungen der Risikoanalyse lässt sich erkennen, dass sowohl die Ultrafiltration wie auch die Ozonung einen wirkungsvollen Schutz gegen pathogene Mikroorganismen darstellen. Mit der Integration einer Ozonung in die Verfahrenskette kann das Risiko der pathogenen Mikroorganismen aus zwei Gründen verkleinert werden. Erstens besitzt die Ozonung eine höhere Eliminationsrate als die Ultrafiltration (vor allem gegenüber Viren). Zweitens sind mit der Ozonung und der Ultrafiltration zwei verschiedene Verfahren zur Desinfektion eingesetzt, welche unterschiedlich funktionieren. Ein mechanisches Verfahren und ein chemisches Verfahren. Bei Ausfall von einem Verfahren steht jeweils ein Aufbereitungsverfahren noch zur Verfügung (Multibarrieren-System).

Weitere wünschenswerte Effekte der Ozonung sind:

- Abbau von anthropogenen und natürlichen Spurenstoffen (z.B. Mikroverunreinigungen)
- Effiziente Elimination von Geruchs-und Geschmacksstoffen
- Umwandlung von toxischen in nicht toxische Stoffe
- Oxidation von natürlichem organischen Material (NOM) in biologisch besser verwertbare Verbindungen (assimilierbarer organischer Kohlenstoff, AOC)
- Schönung des Wassers
- Entfärbung
- Sauerstoffeintrag stellt einen frischen Geschmack des Wassers sicher
- Kein Flockungsmittel nötig

Risiken beim Einsatz von Ozon:

- Bildung von Bromat, NDMA und anderen toxischen Nebenprodukten
- Bildung von AOC, welcher in einer nachgeschalteten biologischen Filtration mittels Aktivkohle wieder entfernt werden muss

Das genutzte Rohwasser enthält nur geringe Konzentrationen solcher Stoffe bzw. deren notwendige Vorläuferstoffen [15, 17], sodass diese Risiken nicht zum Tragen kommen. AOC kann im Aktivkohlefilter biologisch abgebaut werden.

3.7 Kritische Kontrollpunkte (CCP)

Kritische Kontrollpunkte sind jene Stellen eines Verfahrens, welche überwacht werden müssen um das fehlerfreie Funktionieren einer Verfahrenstufe zu garantieren und somit eine einwandfreie Qualität gewährleisten zu können. Folgende CCP sind für die evaluierten Verfahrenen massgebend:

- Membranintegrität für die Ultrafiltration
- Ozonexposition für die Oxidation
- Filtrationsgeschwindigkeit und Kontaktzeit (EBCT) für die Aktivkohlefiltration

4. Verfahrensbeschrieb

Es ist ein dreistufiges Aufbereitungsverfahren vorgesehen. Zum Schutz der Ultrafiltration wird dem Verfahren eine Vorfiltration vorgeschaltet. Als erste Verfahrensstufe ist eine Oxidation mittels Ozon vorgesehen. Die Hauptaufgabe der Ozonung ist die Desinfektion. Als nächste Verfahrensstufe wird mittels eines biologisch betriebenen Aktivkohlefilters das im Wasser vorhandene AOC abgebaut. Als abschliessendes Verfahren wird mittels einer Ultrafiltration die Enddesinfektion sowie abschliessende Partikelabtrennung und Trübungselimination erreicht. Mit den beiden Verfahren Ozon und Ultrafiltration kann ein effizientes Multibarrieren-System gegen Keime aufgebaut werden.

4.1 Rohwasserbeschickung

Das Wasser wird ca. 400 m vom Ufer entfernt auf einer Tiefe von ca. 40 m aus dem Vierwaldstättersee bei Horw ins SWPW Krämerstein angesaugt. Mit den bestehenden Bohrlochpumpen im SWPW Krämerstein wird das Rohwasser über die bestehende Transportleitung DN 500 in die rund 120 m höher gelegene TWA Grämlis gepumpt.

4.2 Vorfiltration

Mit dem Einsatz einer Vorfiltration, kann die Ultrafiltration optimal geschützt werden. Zusätzlich kann bei einem Einbau des Vorfilters ins SWPW Krämerstein zukünftig die Problematik von Ablagerungen in der bestehenden Transportleitung gelöst werden.

4.3 Oxidation und Desinfektion mit Ozon

Die Oxidationsstufe ist in der TWA Grämlis als erste Verfahrensstufe vorgesehen. Hauptaufgabe dieser Verfahrensstufe soll die Desinfektion sein. Im Weiteren soll Sie auch Spurenstoffe oxidieren.

Falls eine Ozonung in einer Verfahrenskette integriert wird, muss dieser zwingend ein biologisch betriebener Aktivkohlefilter zur AOC Reduktion nachgeschaltet werden.

4.4 Biologischer Aktivkohlefilter

Im Festbett Aktivkohlefilter steht der biologische Abbau von AOC im Vordergrund. Auch Mikroverunreinigungen können durch biologischen Abbau reduziert werden. Zusätzlich findet auch im biologisch betriebenen Aktivkohlefilter (Aktivkohle bleibt über mehrere Jahre im Filter) auch eine Adsorption am Filtermedium statt. Leicht adsorbierbare Geruchs- und Geschmacksstoffe können gut zurückgehalten werden. Auch gesättigte Aktivkohle bietet einen Schutz gegen einen sprunghaften kurzzeitigen Schadstoffanstieg, wie er nach einer Havarie bzw. einem Chemieunfall zu erwarten ist [14]. Auch wenn im Vierwaldstättersee nicht von der Gefahr eines Havarie/Chemieunfall auszugehen ist, kann diese Möglichkeit nie vollständig ausgeschlossen werden. Somit bringt ein Aktivkohlefilter eine gewisse Reaktionszeit, um nach Havarien angemessen reagieren können.

Ein biologisch betriebener Aktivkohlefilter sollte nicht die letzte Aufbereitungsstufe einer Trinkwasseraufbereitung sein, da dieser immer wieder Biomasse ausschwemmen kann.

4.5 Ultrafiltration

Mittels der Ultrafiltration können Partikel und Trübstoffe zuverlässig aus dem Wasser entfernt werden. Weiter bildet die Ultrafiltration eine zuverlässige Barriere gegen Viren und Bakterien. Nach der Risikoana-

lyse der Wasserversorgung Zürich/EAWAG kann basierend auf Literaturdaten je nach Quelle eine Log 2-4 Reduktion für Viren geschätzt werden (15). Dies bedeutet eine Reduktion der Viren um 99% - 99.99%.

4.6 Netzschutz

Ein Netzschutz soll die Wiederverkeimung des Trinkwassers im Netz verhindern. Mit dem biologischen Aktivkohlefilter wird stabiles Wasser erzeugt ($AOC < 40\mu\text{g/L}$). AOC dient als Nahrung für Viren und Bakterien. Fehlt diese Nahrung können sich diese nicht vermehren. Mit der Ultrafiltration wird die abschliessende Desinfektion des aufzubereitenden Wassers zu Trinkwasser erreicht.

Vorausgesetzt ein qualitativ guter Zustand des Trinkwassernetzes (keine Stillstandleitungen, gute hygienische Qualität der Hausanschlüsse) ist mit dem gewählten Aufbereitungsverfahren kein Netzschutz mehr nötig.

Eine optionale Dosierung von Netzschutz (ev. mobile Anlage) für Störungen im Netz ist sinnvoll.

4.7 Schwemmwasseraufbereitung

In der Schwemmwasseraufbereitung wird das Rückspülwasser von Ultrafiltration und Aktivkohlefilter aufbereitet. Mittels der Schwemmwasseraufbereitung wird der Energieeffizienz und im gleichen Zuge der Wirtschaftlichkeit Rechnung getragen. Im Normalfall muss bei der vorgeschlagenen Verfahrenskette ca. 5% des geförderten Wassers als Rückspülwasser (von UF und AKF) über die Kanalisation entsorgt werden. Mittels der Schwemmwasseraufbereitung kann dies auf weniger als 1% reduziert werden. Die restlichen 4% können am Anfang der Trinkwasseraufbereitung erneut eingespiesen werden.

5. Verfahrenstechnische und maschinelle Ausrüstung

Grundsätzlich ist die Anlage 3-strassig geplant. Jede Strasse besteht aus einer Aktivkohlefiltration, einer Filtratpumpe sowie einer Ultrafiltration. Eine Strasse kann für Servicezwecke ausser Betrieb genommen werden, ohne dass die Produktion der anderen Strassen davon beeinträchtigt wird.

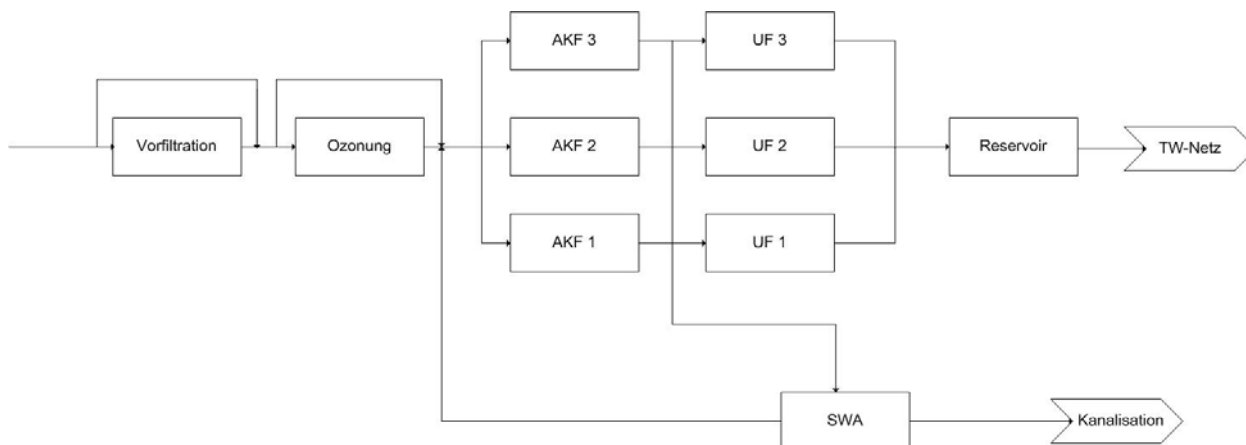


Abbildung 17: Fließbild der Aufbereitungsanlage

(AKF=Aktivkohlefilter, UF=Ultrafiltration, SWA=Schwemmwasseraufbereitung, TW-Netz=Trinkwassernetz)

Von diesen drei Strassen gemeinsam genutzt werden die Rohwasserpumpen des SWPW Krämerstein, die Transportleitung DN 500 vom SWPW Krämerstein zur TWA Grämlis, die gesamte Oxidationsverfahrensstufe (Ozonerzeugung, Eintrag sowie Reaktor), Spüllaggregate (Spülluftgebläse und Spülwasserpumpen), Schwemmwasserkanal, Schwemmwasseraufbereitung sowie die Hilfsbetriebe (Druckluftstation, weitere Dosieranlagen).

5.1 Rohwasserbeschickung

Das Seewasser wird in ca. 40 m Tiefe ca. 400 m vom Ufer entfernt gefasst und mittels Vakuumunterdruck zum SWPW Krämerstein angezogen. Von dort wird es mittels drei frequenzgesteuerten Bohrlochpumpen mit je einer Leistung von 70 l/s über einer Transportleitung DN 500 ca. 1.5 km zur ca. 120 m höher gelegenen TWA Grämlis gepumpt. Diese Infrastruktur wurde im Rahmen der 1. Etappe von 2005 - 2007 erstellt und ist in gutem Zustand. Die Rohwasserpumpen werden in der Fördermenge angepasst und abhängig vom Niveau der Aktivkohlefilter gesteuert.

5.2 Vorfiltration

Anlage	Dim.	
Anzahl	Stk.	1
Filtrierung	µm	300
max. Volumenstrom	m ³ /h	417

Tabelle 10: Dimensionierung Vorfiltration

Im SWPW Krämerstein ist eine Vorfiltration auf ca. 300 µm vorgesehen. Damit werden die zurzeit vom Betrieb festgestellten Ablagerungen in der überdimensionierten Transportleitung reduziert. Weiter wird damit die Effizienz des Aktivkohlefilters verbessert, da dieser dann weniger als Partikelfilter genutzt wird.

Der Vorfilter ist zwischen Rohwasserpumpen und Transportleitung im SWPW Krämerstein vorgesehen.

5.3 Oxidation und Desinfektion mit Ozon

Anlage	Dim.	
Anzahl	Stk.	1
Kontaktzeit	Min.	20
Dosiermenge	mg/L	1.0
max. Volumenstrom	m ³ /h	417

Tabelle 11: Dimensionierung Oxidation

Die Beschickung der Ozonierung erfolgt über die Rohwasserpumpen im SWPW Krämerstein. Für den Ozoneintrag wird ein Teilstrom des Wassers abgezweigt. In diesen wird Ozon aus der Ozonanlage injiziert. Dieses sogenannte Starkwasser wird dann dem Hauptstrom wieder zugeführt. Anschliessend durchläuft der Hauptstrom einen Mischer um die Absorptionsrate zu verbessern.

Es ist eine Kontaktzeit von 20 min vorgesehen. Diese wird in einem bei der TWA Grämlis zu erstellenden Betonreaktor erreicht. Der Betonreaktor wird unter Druck gefahren.

5.4 Biologischer Aktivkohlefilter

Anlage	Dim.	
Anzahl	Stk.	3
Filterfläche	m ²	20.525
Filtertiefe	m	1.2
Kontaktzeit für Q _{min}	Min.	26.57
Kontaktzeit für Q _{mittel}	Min.	17.73
Kontaktzeit für Q _{max}	Min.	10.64
Geschwindigkeit für Q _{min}	m/h	2.71
Geschwindigkeit für Q _{mittel}	m/h	4.06
Geschwindigkeit für Q _{max}	m/h	6.77
min. Volumenstrom	m ³ /h	55.55
mittlerer Volumenstrom	m ³ /h	83.33
max. Volumenstrom	m ³ /h	138.9

Tabelle 12. Dimensionierung Aktivkohle

Für die Beschickung des biologischen Reaktors werden weiterhin die Rohwasserpumpen im SWPW Krämerstein eingesetzt. Demzufolge ist das System bis zu diesem Punkt hydraulisch gekoppelt. Die Niveaustände der Aktivkohlebecken sollen für die Steuerung der Rohwasserpumpen verantwortlich sein.

Die Geschwindigkeit wird ca. 4 - 5 m/h und die Kontaktzeit (EBCT=empty bed contact time) ca. 15 - 20 min betragen (Auslegung für 60% von $Q_{\max}=6000 \text{ m}^3/\text{d}$).⁶

Nach einer bestimmten Zeit kann der Aktivkohlefilter rückgespült werden. Hierfür stehen zwei Spülwasserpumpen zur Verfügung. Zur Rückspülung wird der jeweilige Aktivkohlefilter vom Rohwasserzufluss isoliert und mittels Reinwasser gespült. Für eine intensivere Spülung steht zusätzlich Spülluft zur Verfügung. Das Spülwasser wird dann anschliessend über der Schwemmwasseraufbereitung abgeführt.

5.5 Ultrafiltration

Anlage	Dim.	
Anzahl	Stk.	3
Filtrierung	μm	0.01
Membranfläche	m^2	2'400
Flux min	$\text{l}/\text{m}^2/\text{h}$	20 -30
Flux mittel	$\text{l}/\text{m}^2/\text{h}$	30 -40
Flux max.	$\text{l}/\text{m}^2/\text{h}$	60 – 70
min. Volumenstrom	m^3/h	55.55
mittlerer Volumenstrom	m^3/h	83.33
max. Volumenstrom	m^3/h	138.9

Tabelle 13: Dimensionierung Ultrafiltration

Die Beschickung der Ultrafiltration wird über drei frequenzgesteuerte Pumpen sichergestellt. Diese werden so geregelt, dass im Aktivkohlefilter ein konstanter Überstau sichergestellt wird. Die Pumpen drücken das Wasser durch die Ultrafiltrationsmembranen. Das filtrierte Wasser gelangt über den Reinwasserkanal in die Reservoirs.

Der mittlere Fluxwert der Ultrafiltration beträgt ca. 30 – 40 $\text{l}/\text{m}^2/\text{h}$.

Die Ultrafiltration muss in regelmässigen Abständen rückgespült werden, um die abgeschiedenen Feststoffe aus dem System auszutragen, hierfür stehen zwei Spülwasserpumpen zur Verfügung (Backwash).

Da sich gewisse Wasserinhaltsstoffe mit einer reinen Rückspülung nicht von der Membranoberfläche ablösen, ist in gewissen Abständen eine chemisch unterstützte Rückspülung notwendig (mittels Javelwasser).

Einmal jährlich werden die Membranen einer Intensivreinigung unterzogen, um die übers Jahr schleichend reduzierte Membrandurchlässigkeit (Permeabilität) wieder herzustellen (recovery cleaning).

Integritätstest (Druckhaltetest)

Da der Integritätstest automatisierbar ist, kann dieser grundsätzlich so häufig wie gewünscht durchgeführt werden. Es gilt allerdings zu beachten, dass dieser Prozess ca. 15 - 20 min in Anspruch nimmt, in welcher dann im Normalfall ein gesamtes Filtrerrack (Strasse) nicht zur Verfügung steht.

Hersteller empfehlen den Integritätstest nach der Inbetriebnahmephase, nach Wartungsarbeiten sowie bei Verdacht auf Fehlfunktion der Anlage (z.B. erhöhte Keimzahlen). Darüber hinaus kann der Integritätstest problemlos regelmässig durchgeführt werden und in den Standard Filtrationsbetrieb integriert werden

⁶ $Q_{\min}=4000 \text{ m}^3/\text{d}$, $Q_{\text{mittel}}=6000 \text{ m}^3/\text{d}$, $Q_{\max}=10'000 \text{ m}^3/\text{d}$

(z.B. 1 Mal wöchentlich bis 1 Mal monatlich). Je nach Wunsch des Betriebes kann diese Kadenz auch erhöht werden.

5.6 Reinwasserbehälter/Reservoir

Die bestehenden Reservoirs werden als Reinwasserbehälter genutzt. Nach SVGW soll der Speicherinhalt ca. der Grösse des mittleren Tagesbedarfs entsprechen. Dies sind aktuell ca. 3'000 m³/d. Für das Jahr 2050 wird ein mittlerer Tagesverbrauch (ohne Hochzonen, ohne Biregg) von 3'700 m³/d prognostiziert.

	2010	2050	Ist-Zustand
	m ³	m ³	m ³
Speicherinhalt (SVGW)	3'000	3'700	4'000
Brauchwasser	1'800 - 2'200	2'700 - 2'900	3'250
Not- und Löschwasser	800 - 1'200	800 - 1'000	750

Table 14: Reservoirdimensionierung

Mit der vorhandenen Infrastruktur können die vom SVGW als groben Richtwert angegebenen 3'700 m³ erreicht werden. Die vorhandene Infrastruktur setzt sich aus dem Speichervolumen von 3'000 m³ im Grämlis sowie 1000 m³ des Hochzonenreservoirs Obergrisigen zusammen⁷. Die Addition des Hochzonenreservoirs ist zulässig, da eine Rückspeisung in die Hauptdruckzone automatisiert möglich ist.

Nach Auskunft von Herrn Ueli Wanner von der Gebäudeversicherung Luzern (GVL) sind für Horw Löschreserven von 500 – 700 m³ ausreichend.

5.7 Rückspülaggregate

Es sind zwei Rückspülpumpen vorgesehen, diese werden von den Aktivkohlefiltern wie auch von der Ultrafiltration gemeinsam genutzt. Weiter steht ein Gebläse zur Verfügung, welches Spülluft für die Aktivkohlefilter bereitstellt.

5.8 Schwemmwasseraufbereitung

Das Rückspülwasser der Aktivkohlefilter und Ultrafiltration wird im Schwemmwasserbecken zwischengespeichert. Von dort wird es mittels Schwemmwasserpumpe zur Ultrafiltration gepumpt. Der genaue Membrantyp soll in der weiteren Projektierung festgelegt werden. Das filtrierte Klarwasser wird vorgängig zur Aktivkohlefiltration wieder in den Prozess eingespiesen. Die Rückspülung der Ultrafiltration geschieht über die gleichen Rückspülpumpen wie für die Aktivkohlefilter und Ultrafiltration.

⁷ Die restlichen 350 m³ Speichervolumen (Totales Trinkwasserspeichervolumen Hochzonenreservoir Obergrisigen= 1350 m³) werden für den Verbrauch in der Hochzone reserviert.

6. Gebäudevarianten

6.1 Variante Neubau

Für die gewählten Verfahrensstufen wird ein zweistöckiger Neubau mit einer Grundfläche von rund 15 x 25 m und einer Geschosshöhe von je ca. 4.5 m benötigt. Die Gebäudehöhe beträgt ca. 5.5 m über Terrain.

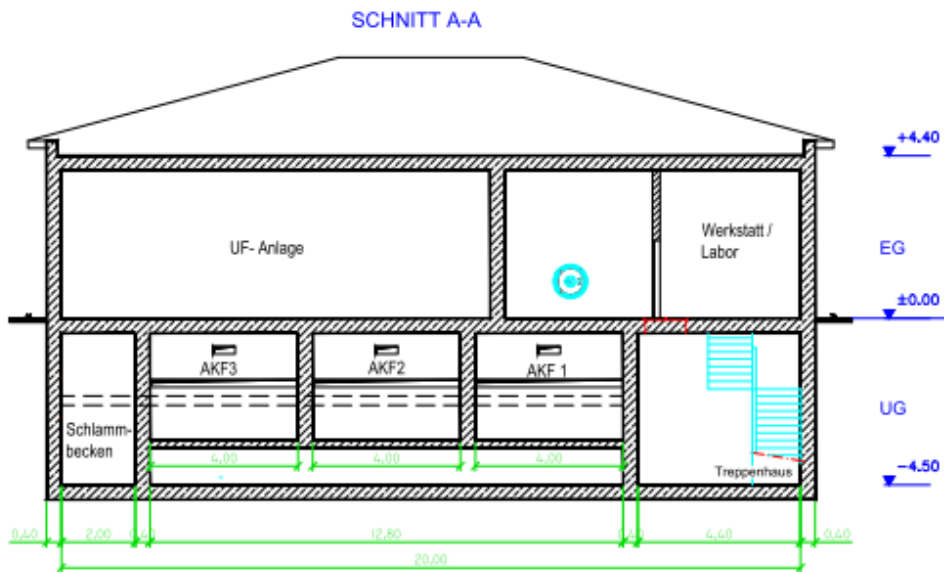


Abbildung 18: Schnitt Neubau

6.2 Variante Aus- und Umbau

Die Tragkonstruktion der bestehenden TWA Grämlis aus dem Jahre 1960 ist in ausreichendem Zustand [2]. Die für die vorgesehenen Verfahren benötigte Anlagentechnik kann im bestehenden Gebäude untergebracht werden. Dafür sind kleinere Verstärkungsmassnahmen an der Tragkonstruktion des Gebäudes notwendig.

6.3 Variantenentscheid Gebäude

Die voraussichtlichen Investitionskosten für einen Aus- und Umbau sind derjenigen eines Neubaus gegenübergestellt.

		Aus- und Umbau	Neubau
	Total exkl. MwSt.	8'829'000.-	10'746'000.-

Tabelle 15: Kostenvergleich Aus- und Umbau zu Neubau

Die Mehrkosten von rund CHF 2 Mio. (Tabelle 15) bewirken insbesondere folgende Arbeiten:

- Rückbau bestehender Hochbau TWA
- Vorbereitungsarbeiten Neubau
- Baumeisterarbeiten Neubau

Der Variantenentscheid von Projektteam und Projektsteuerung zugunsten der Variante Aus- und Umbau fiel aus wirtschaftlichen Überlegungen.

7. Varianten Ozonreaktor

7.1 Transportleitung als Röhrenreaktor

Für die Transportleitung der Wasserversorgung Horw zwischen dem SWPW Krämerstein und der TWA Grämli (Druckleitung, Länge ca. 1.5 km, DN 500) ist die Eignung zum Reaktor als Bestandteil einer Ozonierungsanlage untersucht worden. Als Durchflussmedium ist dabei vorfiltriertes ozoniertes Seewasser mit einer Ozonkonzentration von 1.0 mg/l vorgesehen.

Im Zuge der Abklärungen zeigten sich insbesondere die auf der Baustelle bearbeiteten Rohrenden, wie auch die Innenbeschichtung der Formstücke (Bogenstücke) als kritische Stellen. Dort wurden jeweils Materialien eingesetzt, welche als nicht oder nur sehr eingeschränkt ozonbeständig einzustufen sind.

Im Weiteren wurde nach Massnahmen gesucht, die zur Nutzungsanpassung bei Erhalt der Leitung geeignet sind. Diese kommen einer umfangreichen Instandsetzung (der sonst intakten) Rohrleitung gleich. Dabei ergeben sich aus der erforderlichen Eignung der Werkstoffe für Trinkwasserleitungen bei gleichzeitiger Ozonresistenz bereits grosse Einschränkungen. Die Kosten für Ertüchtigungsmassnahmen allein der erdverlegten Transportleitung würden nach jetzigem Kenntnisstand deutlich über einer halben Million Franken liegen. Sollte das Vorhaben weiter verfolgt werden, sind zusätzliche vertiefte Untersuchungen unabdingbar.

Die Möglichkeit die Transportleitung als Ozonreaktor zu nutzen wird aus den oben genannten Gründen verworfen und nicht weiter verfolgt.

7.2 Einbringen eines Röhrenreaktors im Leitungsstollen

Im bestehenden Leitungsstollen steht ungenutzter Platz zur Verfügung. Zurzeit wird dieser zweistöckige Leitungsstollen nur von einer Abgangsleitung ins Netz sowie einem kleinen Teil der Rohwasserzuleitung genutzt. Es soll untersucht werden, ob das Einbringen eines Ozon Röhrenreaktors möglich ist.

Ergebnis dieser Untersuchungen ist, dass die geforderte Kontaktzeit von 20 Minuten mit dem Einbau eines Röhrenreaktors in den Leitungsstollen knapp erreichbar werden kann. Die bestehende Struktur des Leitungsstollens lässt jedoch keine optimale Leitungsführung für einen Röhrenreaktor zu. So wäre der Leitungsstollen bis auf einen kleinen Durchgang von ca. 80 cm verbaut. Zusätzlich müsste die Abgangsleitung versetzt werden, sowie die nicht genutzten Armaturen der einst geplanten Reservoirs demontiert und entsorgt werden.

Der Bau eines Röhrenreaktors im bestehenden Leitungsstollen wird deshalb aus betrieblicher Sicht verworfen und nicht weiter verfolgt.

7.3 Betonreaktor

Die Möglichkeit den Ozonreaktor mittels einer Betonkontaktkammer in U-Form zu bauen wurde geprüft. Dieses Bauwerk soll nördlich des Leitungsstollens zu stehen kommen. Die Höhenkote des Bodens dieses Reaktors soll auf gleicher Höhe mit dem Fussboden des unteren Leitungsstollens sein. Somit wird das gesamte Bauwerk unter Terrain zu stehen kommen. Zugang zum Betonreaktor wird über den Leitungsstollen sichergestellt. Um die Kontaktzeit von 20 min einzuhalten, soll der Reaktor folgende Innenmasse aufweisen: 12 m x 4.0 m x 4.0 m (LBH).

Schnitt 7-7

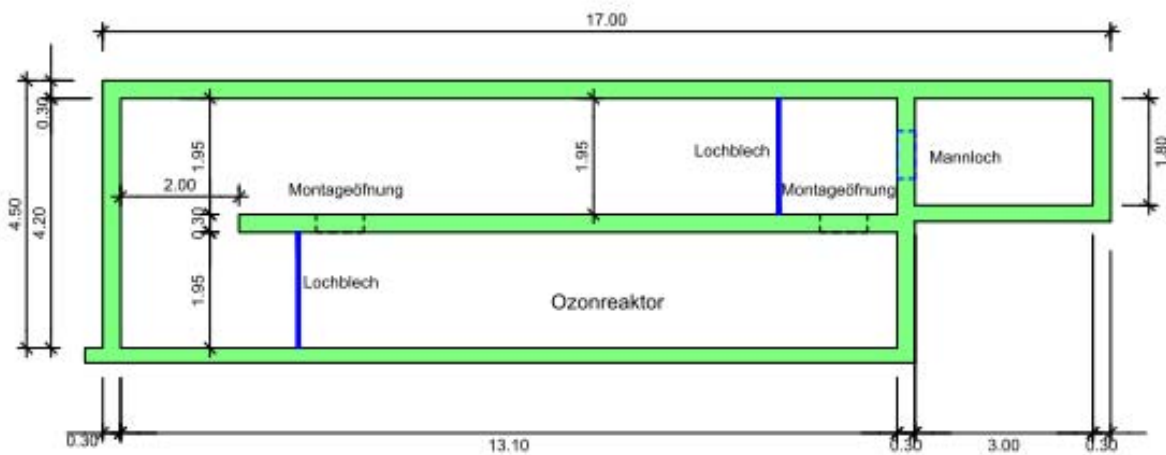


Abbildung 19: Visualisierung Ozonreaktor

Die genaue Geometrie des Ozonreaktors ist im Bauprojekt durch hydraulische Simulation zu ermitteln und zu optimieren.

8. Heizung, Lüftung, Kälte, Sanitär

8.1 Heizung

8.1.1 Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung

Als Wärmeerzeuger ist eine Elektroheizung oder ein kombiniertes Vorort Umluftkühl / Umluftheiz-Gerät für die Beheizung der Warte auf 20°C vorgesehen. Für den Rest der Anlage ist nur ein Frostschutz vorgesehen, welcher bereits mittels einer Aussendämmung erreicht werden kann. Eine Wärmeverteilung ist nicht notwendig.

8.2 Lüftung

8.2.1 Allgemeines

In den Schwemmwasserbecken (ehemals Rohwasserreservoir) wird mittels mechanischer Abluftanlage ein kontinuierlicher 0.5-facher Luftwechsel pro Stunde erreicht. Die Lüftungsanlage der Wasseraufbereitung garantiert bei normalem Betrieb ein 0.5-facher Luftwechsel. Während des Entfeuchtungsbetriebs wird die Luftmenge auf einen ca. 1-fachen Luftwechsel erhöht, indem der Zuluft Umluft beigemischt wird. In den Betriebsräumen ist zu beachten, dass die Aussenluft für die Belüftung an einem sauberen Ort, mindestens 1.0 m über Boden angesaugt werden soll.

8.2.2 Lüftungsanlage Wasseraufbereitung mit Entfeuchtung

Zu entfeuchtende Räume werden über eine zentrale Zu- und Abluftanlage entlüftet. Die Raumluftfeuchte wird durch den Feuchtesensor in der Abluft überwacht. Steigt diese über den Grenzwert an, wird der Adsorptionsentfeuchter in Betrieb gesetzt, bis der Grenzwert in der Abluft wieder unterschritten wird.

Während dem Betrieb ohne Entfeuchtung wird in den Räumen ein minimaler 0.5-facher Luftwechsel eingehalten. Während des Entfeuchtungsbetriebs wird die Luftmenge auf einen ca. 1.0-fachen Luftwechsel erhöht, indem Umluft der Zuluft beigemischt wird.

8.2.3 Lüftungsanlage Betriebsräume

Die Steuerzentrale (Warte) wird mit einem Kompaktlüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung kontinuierlich gelüftet.

Die Aussenluft soll an einem sauberen Ort, mindestens 1.0 m über Boden angesaugt werden. Im Komfortlüftungsgerät wird die Aussenluft filtriert und durch die warme Rückluft aus den Räumlichkeiten auf annähernde Raumtemperatur erwärmt. Energieeffiziente Ventilatoren verteilen die Zuluft über das Luftverteilsystem in die einzelnen Räumlichkeiten und saugen die Rückluft aus den Räumlichkeiten ab. Im Lüftungsgerät ist auch die Steuerung und Regulierung eingebaut. Hier lassen sich, dem Benutzerverhalten angepasste, Betriebszeiten programmieren.

Die aufgeführten Räumlichkeiten werden nicht entfeuchtet und im Sommer auch nicht gekühlt.

8.2.4 Lüftungsanlage Traforaum

Um die Abwärme des Trafos abführen zu können wird ein Abluftventilator installiert. Dieser wird über einen Raumthermostaten ein- und ausgeschaltet. Die Ergänzungsluft strömt über ein Wetterschutzgitter direkt aus dem Freien nach.

8.2.5 Lüftungsanlage Spül- und Reinwasserbecken (Reservoirs)

Die Reservoirs besitzen erhalten eine Schnaufleitung, damit Luft beim Absenken des Wasserspiegels nachströmen kann. Die nachströmende Luft, wird mit je einem Partikelfilter filtriert. Die Leitung und der Partikelfilter sind auf die maximalen Änderungen des Wasservolumens ausgelegt.

8.2.6 Lüftungsanlage Schwemmwasserbecken (ehemals Rohwasserreservoir)

Der Raum in den die beiden Schwemmwasserbecken aufgestellt sind, erhält eine mechanische Abluftanlage mit Feinstaubfilter. Diese sorgt für einen kontinuierlichen, 0.5-fachen Luftwechsel pro Stunde.

Die nachströmende Luft wird über eine separate Aussenluftleitung von der mechanischen Abluftanlage vom Freien angesogen.

Das Schwemmwasserbecken erhält eine Schnaufleitung, damit Luft beim Absenken des Wasserspiegels nachströmen kann. Die nachströmende Luft, wird mit je einem Partikelfilter filtriert. Die Leitung und der Partikelfilter sind auf die maximalen Änderungen des Wasservolumens ausgelegt.

8.2.7 Lüftungsanlage Ozongenerator

Der Raum in welchem die Ozongeneratoren aufgestellt sind erhält eine mechanische Abluftanlage mit Feinstaubfilter. Diese sorgt für einen kontinuierlichen, 0.5-fachen Luftwechsel pro Stunde.

Die nachströmende Luft wird über eine separate Aussenluftleitung von der mechanischen Abluftanlage vom Freien angesogen.

Es ist eine Raumluftüberwachung für O_2 und O_3 vorgesehen. Bei ansprechen des Alarms soll mind. ein 5 - 10facher Luftwechsel und ein Absaugung der Luft direkt über dem Boden stattfinden, da O_3 schwerer als Luft ist.

8.2.8 Lüftungsanlage Ozoneintrag

Der Raum in welchem der Ozoneintrag stattfindet, erhält eine mechanische Abluftanlage mit Feinstaubfilter. Diese sorgt für einen kontinuierlichen, 0.5-fachen Luftwechsel pro Stunde.

Es ist eine Raumluftüberwachung für O_3 unter der Eintragsstelle vorgesehen. Bei ansprechen des Alarms soll mind. ein 5 – 10-facher Luftwechsel stattfinden. Die Absaugung der Luft soll direkt an der Eintragsstelle stattfinden.

8.3 Kälte

In den einzelnen NSV-Räumen sollen Umluftkühlgeräte installiert werden. Mit diesen Geräten kann im Sommer die Abwärme der elektrischen Schaltanlagen abgeführt werden.

8.4 Sanitär

8.4.1 Warmwasseranlage

Für die Warmwasseraufbereitung ist bei der einzigen Bezugsquelle WC ein Elektroboiler vorgesehen.

8.4.2 Druckerhöhungsanlagen

Für das Brauchwasser- wie auch das Trinkwassernetz sind Druckerhöhungsanlagen eingeplant, welche den Wasserdruck erhöhen (auf 4 bar bei Trinkwasser, auf 5.5 bar bei Brauchwasser).

8.4.3 Kaltwasser-Trinkwasserverteilung

Die Kaltwasser Trinkwasserverteilung erfolgt ab Druckerhöhungsanlage im Rohrkeller auf Verteilbatterie mit Abstellung und Entleerung. Der Druck im Verteilnetz wird durch ein Druckreduzierventil auf einen Druck-Konstant-Bereich von 4.0 bar reduziert. Sämtliche Nasszonen, sowie sämtliche Einzel-Kaltwasser-Bezugspunkte werden mittels CNS-Verteilleitungen und Pex-Anschluss-Leitungen angeschlossen. Kaltwasser-Verteilleitungen sollen gegen Schwitzwasserbildung (Diffusion) am Rohr gedämmt werden. Die Apparate-Anschlussleitungen (Einzelzapfstellensystem) werden nicht isoliert.

8.4.4 Warmwasserverteilung

Die Warmwasserverteilung erfolgt ab Einzel-Zapfstellen-Verteiler beim Wassererwärmer im OG. Sämtliche Nasszonen, sowie sämtliche Einzel-Warmwasser-Bezugspunkte werden mittels Pex-Anschluss-Leitungen angeschlossen. Dämmen der Warmwasser-Verteilleitungen gegen Wärmeverlust gemäss den Kantonalen Vorschriften. Die Apparate-Anschlussleitungen (Einzelzapfstellensystem) werden nicht isoliert.

8.4.5 Schmutzwasser-Entwässerungsleitungen

Die Schmutzwasser-Entwässerungsleitungen werden in PEH-Rohrmaterial ausgeführt. Die über Dach entlüfteten Fallstränge werden an die hochliegende Sammelleitung im EG angeschlossen und aus dem Gebäude in das Abwassersammelbecken geführt.

8.4.6 Ableitung des anfallenden Meteorwassers

Das anfallende Meteorwasser wird gefasst, und ins Abwassersammelbecken geführt. In der weiteren Projektierung ist zu prüfen, ob das Meteorwasser versickert werden kann.

8.4.7 Kaltwasser-Brauchwasserverteilung

Kaltwasser-Brauchwasserverteilung erfolgt ab Druckerhöhungsanlage im Bereich Rohwasserbecken. Der Druck im Verteilnetz wird durch ein Druckreduzierventil auf einen Druck-Konstant-Bereich von 5.5 – 6.0 bar reduziert. Sämtliche Nasslöschposten und Brauchwasser-Bezugspunkte werden mittels CNS-Verteilleitungen angeschlossen. Dämmen der Kaltwasser-Brauchwasser-Verteilleitungen gegen Schwitzwasserbildung (Diffusion) am Rohr.

9. Elektro-, Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechnik

9.1 Dimensionierungsgrundlagen

Folgender Bedarf an Elektroenergie ist für die Anlagentechnik ungefähr notwendig:

- Leistung ca. 240 kVA
- Strom ca. 350 A
- Blindleistung ca. 34 kVAr (Antriebe mit Frequenzumformern)
- Anfallende Verlustleistung ca. 5 kW

Der Bedarf an Elektroenergie der Gebäudetechnik (Beleuchtung Steckdosen etc.) und der Hilfsbetriebe ist berücksichtigt (Elektrobelastung siehe Anhang D).

9.2 Energieversorgung - Trafostation

Das Konzept sieht eine Trafostation in einer separaten Gebäudestation vor. Es ist ein 20/0.4 kV Trafo mit 400kVA erforderlich. Bei der Dimensionierung wurde mit einer Gleichzeitigkeit von 55% gerechnet.

Für die Ausrüstung der Trafostation sind vollisolierte und gekapselte Mittelspannungsschaltanlagen vorgesehen.

Die Trafostation wird nach den Vorgaben der CKW gebaut (siehe Anhang H).

Die Einspeisung der TWA wird mit einer Noteinspeisung vorgesehen. Somit kann bei Ausfall der Trafostation mit einer mobilen Notstromanlage der CKW eingespiesen werden.

Um Oberwellenproblemen vorzubeugen ist in der Hauptverteilung ein Aktivfilter vorgesehen.

9.3 Installationen

9.3.1 Elektrische Installationen

Die Elektroinstallationen sind in einem einfachen Industriestandard vorgesehen. Die Installationen werden „Aufputz“ ausgeführt.

9.3.2 Pneumatische Installationen

Für die Ansteuerung der pneumatischen Schieber mit Druckluft und die Aufschaltung der Stellungsrückmeldungen sind Pilotventilkasten (PVK) vorgesehen. Die PVK werden dezentral für ca. 10 - 20 Schieber angeordnet.

Die Verrohrung der Pneumatik erfolgt mit Kunststoffrohren. Diese Rohre werden so weit wie möglich auf dem Kabeltragsystem verlegt.

9.3.3 Erdung und Potenzialausgleich

Als Massnahme für den Personenschutz werden die metallischen Teile wie Geländer und Maschinen gemäss NIN mit dem Erdungssystem verbunden.

Die Erdung erfolgt durch Anschluss an die Gebäudearmierung.

9.4 Schaltanlagen

9.4.1 Allgemeines

Die Schaltanlagen werden „modular“ aufgebaut. Das heisst, dass die einzelnen Schaltanlagenfelder eine Funktionseinheit bilden. Durch den Anschluss von Kraft, Steuerspannung und Busleitung (für dezentrale Ein-/Ausgänge der Steuerung) können die Felder autonom und örtlich unabhängig betrieben werden (Konzept Schaltanlagen SPS siehe Anhang E/G).

9.4.2 Niederspannungsverteilungen

Es ist eine Verfahrenstechnische Unterverteilung vorgesehen.

Für die Gebäudetechnik wird eine separate Verteilung realisiert. Mit diesem Konzept stehen bei Umbauten und Erweiterungen sämtliche gebäudetechnischen Einrichtungen zur Verfügung.

Die Niederspannungsverteilung wird mit einem Hohlbodensystem ausgerüstet.

9.4.3 Pilotventilkästen (PVK)

In den Pilotventilkästen werden Pneumatikventile (Schnittstelle elektrisch-pneumatisch) eingebaut. Weiter werden da auch die Stellungsmeldungen offen und geschlossen aufgeschaltet.

Die Pilotventilkästen werden mittels Profibus DP von der SPS aus angesteuert und mit Steuerspannung versorgt. Die erforderliche Kleinspannung wird dezentral erzeugt.

9.5 Messtechnik

9.5.1 Signalübertragung

Der Signalaustausch zwischen Messgerät und Steuerung erfolgt mit dem 4-20mA Standard. Die neuen Messgeräte entsprechen dem heutigen Stand der Technik. Insbesondere wird der störungsfreien Signalübertragung grösste Beachtung geschenkt. Die Grenzwerte werden durch Parameter in der Prozesssteuerung bestimmt.

9.6 Prozesssteuerungen

9.6.1 Allgemeines

Das Leitsystem wird analog dem bestehenden System weitergeführt.

Es werden modulare, auf dem Markt frei erhältliche Steuerungssysteme eingesetzt. In jeder Unterverteilung werden die Automatisierungsaufgaben dezentral und prozessnah gelöst. Die Unterverteilungen werden mit entsprechenden Prozessoren (CPU) bestückt.

Es werden nur Prozesssteuerungen von der gleichen Baureihe für die einzelnen Unterverteilungen eingesetzt. Je nach Informationsmenge sind die Prozesssteuerungen mit unterschiedlich grossen Speichern ausgestattet.

Die Programmierung erfolgt auf offenen Plattformen.

Aufgaben der Prozesssteuerungen

- Erfassen sämtlicher Informationen der Prozesse (digitale und analoge Eingänge)
- Steuerung und Regelung der Prozesse (digitale und analoge Ausgänge)
- Speicherung der Prozess- Parameter
- Generieren von Alarmen

- Daten für das Prozessleitsystem aufbereiten

Die digitalen und analogen Ein-/ Ausgänge werden über die Technik der dezentralen Ein- / Ausgänge über ein Bussystem (z.B. Profibus DP) dem Prozessor zugeführt. In jedem Feld der Schaltanlage werden dazu die entsprechenden Bausteine mit Buskopplung und Speisung eingebaut.

9.6.2 Leitsystem

Das Steuer- und Leitsystem ist in die zwei typischen Ebenen Prozessebene und Leitebene aufgeteilt. Prozesssteuerung und Leitsystem müssen konsequent getrennt sein. Die Anlage funktioniert auch ohne Leitreechner.

Aufgaben des (Prozess) Leitsystems:

- Bedienen
- Beobachten
- Alarmieren
- Registrieren, archivieren
- Kommunikation zu externen Bedienstellen

9.6.3 Bedienstationen

Eine Bedienstation beinhaltet den Leitreechner, ein Doppelmonitorsystem und einen Drucker. Auf dem Leitreechner läuft die Applikationssoftware für das Leitsystem. Die Daten werden auf dem HD dieses Leitreechners gespeichert.

Die Bildschirme sind hochauflösend und in TFT Flachbildschirmtechnologie.

An den Rechner sowie an die graphische Bildausgabe werden sehr hohe Anforderungen gestellt. Die Bilder werden vollgrafisch mit einer Auflösung von 1920x1200 Pixel erstellt. Die typische Systemreaktionszeit bei Volllast muss kleiner < 500 ms sein.

9.6.4 Objektbedienung

Jedes Objekt (Aggregat) kann vom PLS- System aus per Mausklick bedient werden. Durch einfaches anklicken gelangt man in das Statusfenster, das die Bedienung (Betriebsarten) zulässt und Auskunft über den aktuellen Zustand des Objektes gibt. Vom Statusfenster kann das Parameterfenster angewählt werden, welches objektbezogene Parameter und Einstellwerte anzeigt und es erlaubt, diese zu manipulieren.

9.6.5 Trendgrafiken

Trendgrafiken sind die grafische Darstellung von Messwerten und Betriebszustände der Aggregate in Funktion der Zeit. Die Grafiken können vom Benutzer frei konfiguriert werden. Für die Auswertung steht ein Werkzeugsatz mit Linealen etc. zur Verfügung.

9.6.6 Betriebsdaten

Die Onlinedaten wie Durchfluss, Temperatur, Sauerstoffgehalt etc. werden vom Prozessleitsystem aufgezeichnet und sollen in ausgewerteter Form automatisch dem Rechner für die Betriebsdaten zur Verfügung gestellt werden. Dies erfolgt über eine EXCEL Schnittstelle oder direkt an ein Programm für die Betriebsdatenverwaltung.

9.6.7 Fernwartung

Vom Büro des Softwareerstellers können alle Prozesssteuerungen der verschiedenen Unterverteilungen gewartet werden. Es können die Betriebszustände beobachtet werden und sofern notwendig kann eine Anpassung / Optimierung von Parametern und Programmen vorgenommen werden.

Auf die Leitebene kann ebenfalls zugegriffen werden. Dies vor allem zur Unterstützung des Betriebs in der Anfangsphase der neuen Systeme oder bei Pannen und unvorhergesehenen Situationen.

9.6.8 Alarmierungssystem

Für die Anlage ist ein Alarmierungssystem auf der Basis von Pagern und SMS auf Mobiltelefone vorgesehen.

Das Alarmierungssystem wird als eigenständigen und unabhängigen im Netzwerk eingebundenen Rechner konzipiert. Dazu eignen sich PC für den Einbau in die Schaltanlage.

Die Daten werden dem Alarmierungssystem von den Prozesssteuerungen zugeführt. Das Alarmierungssystem verwaltet diese Daten und leitet sie entsprechend den Einstellungen weiter. Die Bedienung und Parametrierung des Alarmierungssystems erfolgt über das PLS.

Über einen Router wird die Verbindung zum Telefon – Wahlnetz hergestellt. Dieser Router muss neben der Übermittlung der Alarme auch für Kommunikation im Zusammenhang mit der Fernwartung dienen. Multiprotokollrouter bieten die Möglichkeit auch analoge Geräte anzuschliessen.

9.7 Korrosionsschutzmassnahmen

Die Korrosionsschutzmassnahmen werden entsprechend einem separaten Korrosionsschutzkonzept ausgeführt. Auf der elektrischen Seite bedeutet dies, dass Motoren, die korrosionsgefährdet sind und bei welchen keine anderen Massnahmen zum Korrosionsschutz angewendet werden, über eine Abgrenzeinheit mit der Erde verbunden werden. Die entsprechenden Verbraucher müssen zwangsläufig isoliert aufgestellt sein; die Abgrenzeinheiten werden in den NSV untergebracht.

Trennstücke, welche zur Verkleinerung der Korrosionsströme auf der Rohrleitungsseite definiert werden, dürfen nicht direkt an den Potentialausgleich angeschlossen werden. Falls sie aber aufgrund ihrer Oberfläche oder Ausdehnung (Oberfläche > 1 m², Ausdehnung > 6 m) geerdet werden müssen, so werden sie ebenfalls über Abgrenzeinheiten mit der Erde verbunden.

Es ist zu beachten, dass der Personenschutz bei der EMSR-Planung immer höher zu gewichten ist als der Korrosionsschutz.

9.8 Einbindung Seewasserpumpwerk Krämerstein

Vom SWPW Krämerstein ist ein Lichtwellenleiter (LWL) zur TWA Grämlis geführt. Über diesen LWL kann das SWPW Krämerstein in die Steuerung TWA Grämlis eingebunden werden. Von Vorteil hierfür ist, dass die Steuerung und das Leitsystem in der TWA vom selben Lieferanten stammen wie diejenige im Seewasserpumpwerk.

10. Bauwerk

10.1 Sanierung bestehendes Gebäude

Durch die Umnutzung des Gebäudes sind folgende bauliche Änderungen erforderlich:

- 1) Sanierung der Aktivkohlefilter Becken: Der gesamte Fliesen Belag der bestehenden AKF wird mittels Spitzen oder Höchstdruck inklusive Klebstoffreste und Einbettmörtel entfernt. Frühere Fliesenkleber können Asbest enthalten. Dies muss Vorgängig abgeklärt werden. Anschliessend wird die Fläche mit einer 20 mm starken Schicht im Spritzverfahren reprofiliert und SVGW konform beschichtet.
- 2) Raum Ultrafiltration: Die Wand Richtung AKF Becken wird aus platzgründen rückgebaut und durch ein Stahlgerippe ersetzt.
- 3) Abstützung Raum Ultrafiltration: Unterhalb der Ultrafiltration werden zwei zusätzliche Stahlstützen in der Reservoir Kammer eingebaut.
- 4) Podest OG: zur Positionierung zusätzlicher Anlagenteile (Gebläse, Lüftung, Trockner, Kompressoren) wird im OG über dem Eingangsbereich ein Stahlpodest erstellt. Hierzu werden die bestehenden Betongeländer im OG vollständig rückgebaut.
- 5) Schwemmwasser Aufbereitung: Die bestehende Reservoir Kammer A wird mittels einer Wand in zwei Räume getrennt. Der hintere Raum dient als Schwemmwasserbecken, der vordere zur Schwemmwasseraufbereitung.
- 6) Sanierung Reservoir: Die bestehenden Reservoir werden mit einer neuen Oberflächenbeschichtung versehen. Hierzu muss die bestehende Mörtelschicht inkl. Beschichtung abgebrochen, reprofiliert und mineralisch verputzt werden. Die bestehenden Zugänge der Reservoir werden geschlossen und durch Drucktüren unter dem Wasserspiegel ersetzt.
- 7) Raum Ozongenerator: Das Betonpodest über dem Haupteingang wird durch eine zusätzliche Wand abgeschottet.
- 8) Geländer: Sämtliche bestehenden Geländer im Gebäude werden den Vorschriften entsprechend ersetzt.
- 9) Warte: Die Wand zwischen Sitzungszimmer und Labor wird rückgebaut. Der neue Raum wird mit einem Doppelboden ausgestattet und zur Warte mit Schaltschränken umfunktioniert.

10.2 Erdbebensicherheit

Bei der Überprüfung der Erdbebensicherheit des bestehenden Gebäudes wurde die Statik der Wände im Erdbebenfall einzeln untersucht. Mit Ausnahme von Wand A (Abbildung 20) wiesen sämtliche Wände einen Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} > 0.76$ auf. Wand A unterschritt hingegen den Grenzwert von $\alpha_{\text{adm}} = 0.76$ mit $\alpha_{\text{eff}} = 0.32$ deutlich. Gemäss SIA 2018 sind Massnahmen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit erst ab einem Erfüllungsfaktor $\alpha_{\text{eff}} < 0.25$ erforderlich. Innerhalb der Grenzwerte $\alpha_{\text{min}} = 0.25$ bis $\alpha_{\text{adm}} = 0.76$ obliegt die Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Massnahmen dem Bauherrn.

Eine deutliche Verbesserung des Erfüllungsfaktors für Wand A würde man mit einer vorbetonierten Wand erzielen. Die vorbetonierte Wand mit den Massen 7.0 m x 4.6 m x 0.25 m dient als Verstärkung des Mauerwerks (Investitionskosten ca. CHF 30'000).

Aufgrund der Wichtigkeit der Anlage, wie auch der Deutlichkeit der Grenzwertunterschreitung wird die Durchführung einer Sanierungsmassnahme empfohlen.

10.3 Raumkonzept

Durch die Umnutzung ergeben sich neue Raumkonzepte. Im OG wird auf dem hinteren Podest ein neuer Raum für die Ozonerzeugung erstellt. Das neu zu erstellende Podest wird für Gebläse, Trockner und Kompressoren benötigt. Im hinteren Teil des oberen Flures entsteht ein HLKS Bereich. Die beiden Räume Aufenthaltsraum und Labor werden zusammengelegt und als Warte mit Platz für ca. 25 Schaltschränke umgebaut (siehe Anhang F). Durch einen doppelten Boden in der Warte können die Leitungen ideal verlegt werden.

Grundriss OG 1:100

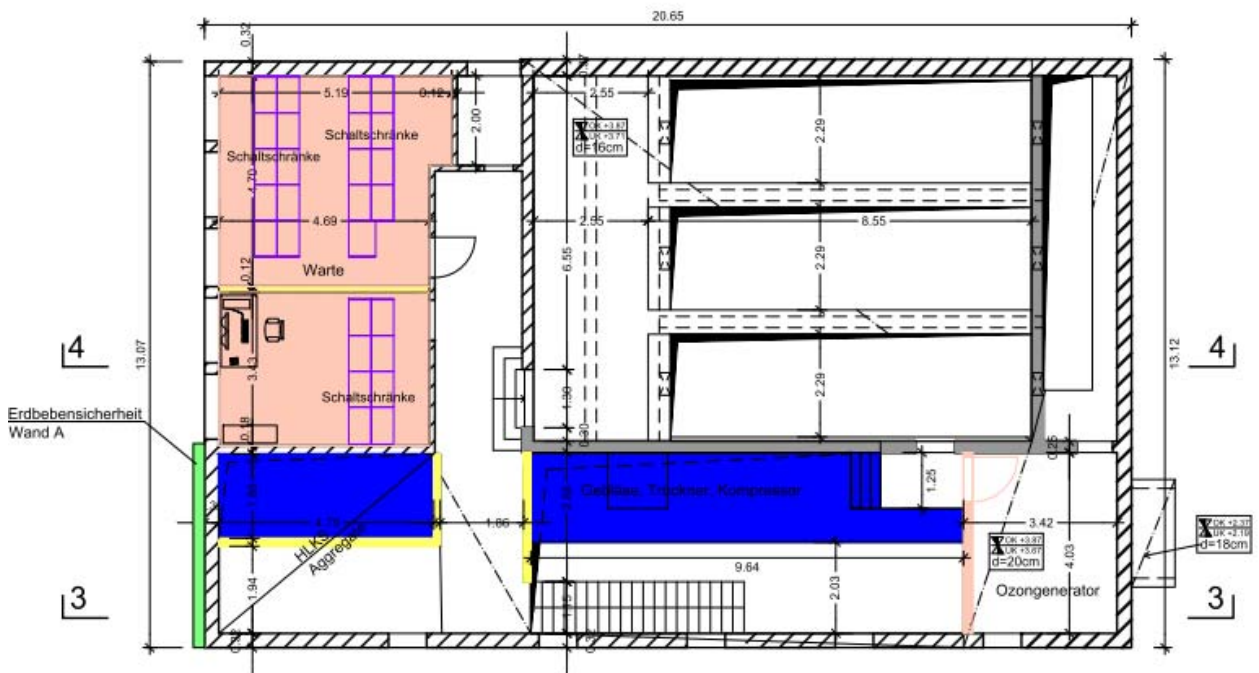


Abbildung 20: Grundriss OG Layout Raumkonzept

Die bestehende Warte EG wird für eine Ultrafiltrationsanlage umgenutzt. Die Filtratwasserpumpen werden Richtung AKF Becken platziert. Der hintere Bereich des Flures wird für die Spülwasserpumpen benötigt, der vordere Bereich als Chemielager. Der Haupteingang wird mit einer neuen zweiflügeligen Aussen-türe inkl. Windfang ersetzt.

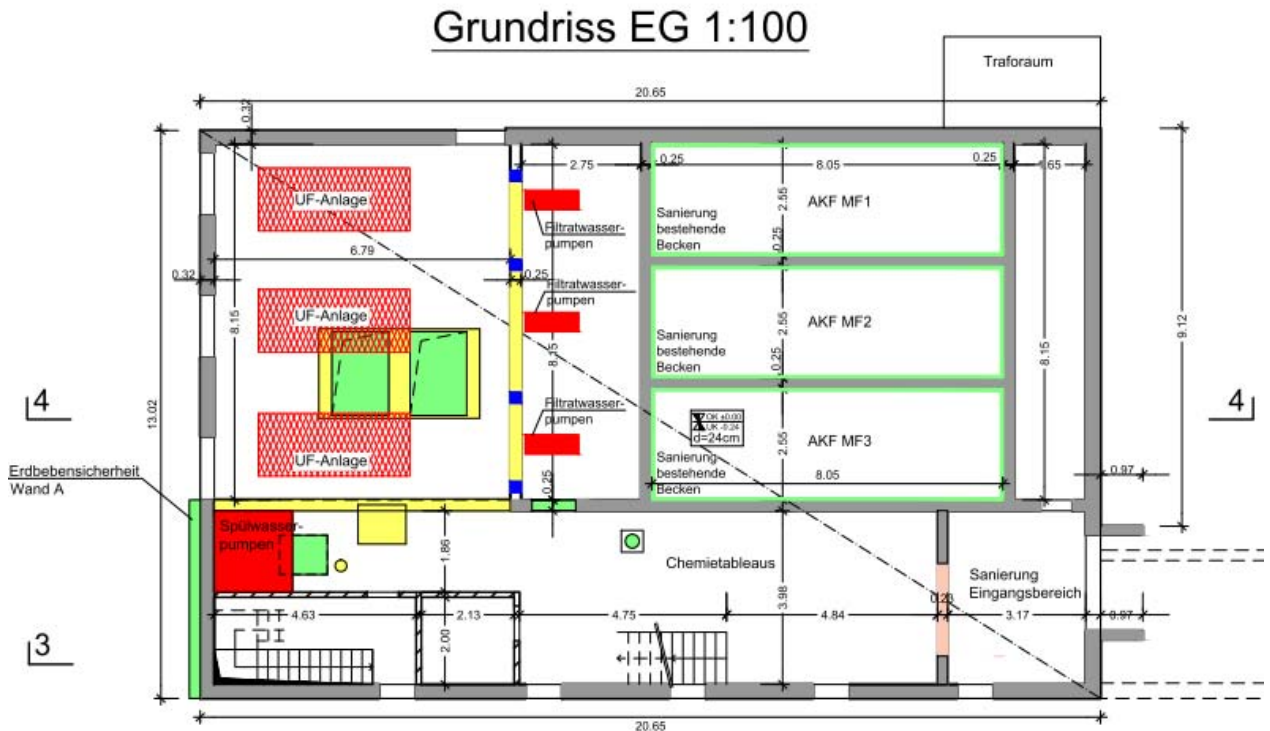


Abbildung 21: Grundriss EG Layout Raumkonzept

Das ehemalige Rohwasserreservoir wird zur Schwemmwasseraufbereitung umfunktioniert. Neben dem bestehenden Leitungstollen wird ein Ozonreaktor erstellt.

10.4 Brandschutz und Fluchtwege

10.4.1 Brandabschnitte

Es werden voraussichtlich folgende Brandabschnitte gebildet:

- Treppenhaus
- Traforaum
- Elektroverteilung sowie HV- und MS-Raum
- Chemikalienlager

Auf eine Brandabschnittbildung zwischen den Geschossen kann aufgrund der geringen Brandbelastung im Gebäude voraussichtlich verzichtet werden.

Das Chemikalienlager muss mit Ex-Zonen konformer Elektroinstallationen, einer separaten Lüftungsanlage, einem Auffangbecken und einem Potentialausgleich ausgerüstet werden.

10.4.2 Wasserlöschposten

Sämtliche Gebäudebereiche sind mit VKF konformen Wasserlöschposten auszurüsten.

10.4.3 Sicherheitsbeleuchtung

In sämtlichen Bereichen des Gebäudes wird eine VKF konforme nachleuchtende Sicherheitsbeleuchtung installiert.

10.4.4 Interventionskonzept

Das Interventionskonzept für die Feuerwehr soll noch mit den zuständigen lokalen Feuerwehrkommandanten besprochen und koordiniert werden.

10.4.5 Evakuationskonzept

Das spezifische Evakuationskonzept soll zu einem späteren Zeitpunkt erstellt werden.

11. Architektur

Das Gebäude ist heute nicht wärmegeklämt und somit das Innenklima starken Schwankungen unterworfen. Die Gebäudehülle wird deshalb mit 6 - 10 cm Wärmeklämmstoff eingepackt.

Die heute verputzte Fassade hat wegen der ständigen Feuchtigkeit und der nahe stehenden Bäume stark gelitten (Algenbildung, Putzabplatzungen, morscher Putz). Die geklämte Fassade soll deshalb mit einem robusten Plattenmaterial verkleidet werden. Die Architekten empfehlen eine Kunststoff-Aluminium-Sandwichplatte, welche auch sehr gut gereinigt werden kann und für Vandalismus die erforderliche Stärke aufweist. Gleichzeitig kann mit wellenförmigen Plattenstrukturen der Nutzen des Gebäudes als Trinkwasseraufbereitungs- und Reservoiranlage architektonisch thematisiert werden.

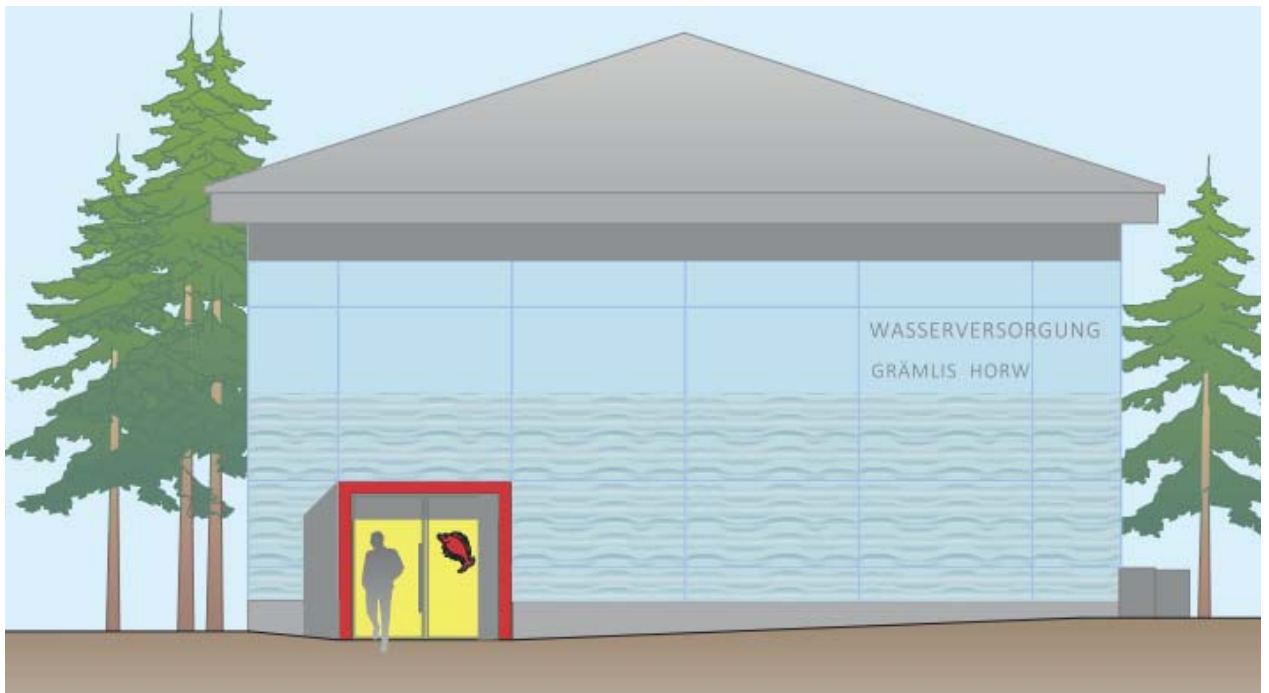


Abbildung 22: Visualisierung einer möglichen Fassade

12. Kostenschätzung

12.1 Investitionskosten TWA Grämlis

Für den Um- und Ausbau der TWA Grämlis ergeben sich folgende Investitionskosten

BKP	Gesamtanlage	CHF
1	Vorbereitungsarbeiten	204'000.-
2	Gebäude	3'062'000.-
3	Betriebseinrichtungen	360'000.-
4	Umgebung	450'000.-
6	Vorbereitungsarbeiten/Demontagen EMA	65'000.-
7	Elektromechanische Ausrüstung	2'612'000.-
8	Ausstattung	10'000.-
	Zwischentotal I	6'763'000.-
	Baunebenkosten und UVG 10%	727'000.-
	Bauherrenkosten	445'000.-
	Ingenieurhonorar	894'000.-
	Total exkl. MwSt.	8'829'000.-

Table 16: Investitionskosten TWA Grämlis

Die voraussichtlichen Investitionskosten mit Preisbasis April 2013 belaufen sich auf gesamthaft

8.829 Mio. Franken (exkl. MwSt. und Teuerung)

Darin sind keine Kosten für bereits erbrachte Leistungen enthalten. Die Kostengenauigkeit beträgt $\pm 15\%$. Dabei sind folgende zusätzliche Positionen eingerechnet:

- Ausbau und Entsorgung von Schadstoffen inkl. Untersuchung
- Massnahmen Erdbebensicherheit
- Sanierung Reservoirdecken und Abdichten Reservoirwände

Die Kostenzusammenstellung befindet sich im Anhang B

12.2 Betriebs- und Jahreskosten TWA Grämli8

Verfahren	Investitions- kosten	Betriebs- kosten	Jahres- kosten	spez. Jahres- kosten	spez. Betriebs- kosten
	CHF	CHF/a	CHF/a	Rp./m ³	Rp./m ³
Vorfiltration	182'000	1'800	13'709	0.94	0.12
Ozon	860'000	25'800	78'284	5.36	1.77
Aktivkohlefiltration	2'123'000	3'600	127'890	8.76	0.25
Ultrafiltration	3'160'000	82'400	275'455	18.87	5.64
Schwemmwasser- aufbereitung	438'000	47'911	75'100	5.14	3.28
Allgemeine Kosten		143'660	143'660	9.84	9.84
Total	6'763'000	305'171	714'098	48.91	20.90

Tabelle 17: Betriebskosten und Jahreskosten TWA Grämli8

In der Betrachtung der Betriebs- und Jahreskosten wurde die Reinwasserspeicherung vollumfänglich eingerechnet. Es ist zu beachten, dass die Betriebs- und Jahreskosten ohne Honorarkosten, ohne Kosten Bauherr, ohne UVG und ohne Baunebenkosten kalkuliert wurden.

12.3 Rentabilität Schwemmwasseraufbereitung

	Schwemmwasseraufbereitung (S)	Abgabe in Kanalisation (K)
Investitionskosten	438'000.-	0.-
Betriebskosten	47'911.-	119'605.-
Break even	Investition / (Betriebskosten K - Betriebskosten S)	6.11 Jahre

Tabelle 18: Rentabilität Schwemmwasseraufbereitung

Nach rund 6 Jahren Laufzeit wird die Schwemmwasseraufbereitung profitabel. Es ist zu beachten, dass die eingesparten Energiekosten der Rohwasserförderung nicht in diese Rentabilitätsrechnung eingeflossen sind.

⁸ Betriebskosten und Jahreskosten basieren auf einem Kapitalzins von 4%. Laufzeiten für Bau wurde mit 50 Jahren, für Anlagenbau mit 25 Jahren, für EMSRL mit 15 Jahren angenommen. Für die Berechnung der Aufbereitungskosten wurde eine Wassermenge von 4000 m³/d angenommen. Die Allgemeinen Kosten beinhalten Rohwasserpumpkosten, Wartung, Chemikalien.

13. Projektphasen und Termine

13.1 Bauablauf und Terminplanung

Als wesentlichste Randbedingung während des Umbaus muss der Betrieb der Aufbereitungsanlage zu jeder Zeit gewährleistet sein. Sofern das Aus- und Umbauprojekt noch in diesem Jahr durch den Einwohnerrat bewilligt wird, könnte der Zeitplan für die wichtigsten Planungs- und Ausführungsstufen wie folgt aussehen:

- Bauprojekt bis Mai 2014
- Bewilligungsphase bis Dezember 2014
- Ausführungsplanung bis Juni 2015
- Submissionen Januar 2015 – Oktober 2015
- Aus- und Umbau TWA Grämlis Juli 2015 – Dezember 2016
- Inbetriebnahme TWA Grämlis Dezember 2016

Der Terminplan befindet sich im Anhang A.

CSD INGENIEURE AG

Markus Knöpfli

Antonio Greco

Kriens, den 21.05.2013

BETEILIGTE MITARBEITENDE

Patrick Frei

Matthias Kögel

Andreas P. Schmidt

W:\BSL\Aufträge\BS00209 TWA Horw\10_Berichte\BS00209.100 Bericht Vorprojekt_20130520.doc

Aus Umweltschutzgründen druckt CSD seine Dokumente auf 100 % Recyclingpapier (ISO 14001).

ANHANG A TERMINPLAN

ANHANG B KOSTENZUSAMMENSTELLUNG

ANHANG C FAQ – HÄUFIG GESTELLTE FRAGEN

ANHANG D ELEKTROBELASTUNG

ANHANG E KONZEPT SCHALTANLAGEN SPS

ANHANG F RAUM SCHALTANLAGEN/WARTE

ANHANG G KONZEPT SPS-PLS

ANHANG H ERSCHLIESSUNG CKW RESERVOIR GRÄMLIS