

## Aufbereitung von Seewasser

Am Beispiel des SWW Männedorf

In der Schweiz werden rund 17% des Trinkwassers aus Seewasser gewonnen. Bei Wasserversorgungen, die mehr als 50'000 Einwohner beliefern, sind es gar über 50%. Damit kommt der Aufbereitung von Seewasser in der Schweiz eine grosse Bedeutung zu. Die Aufbereitungstechnik hat sich von einfachen Filtrationsystemen zu komplexen Multibarrieren-Systemen entwickelt. Als Folge einer sehr wirksamen Gewässerschutzpolitik und immer weiterentwickelten Aufbereitungsverfahren ist man heute in der Lage, die Anzahl der notwendigen Aufbereitungsstufen zu reduzieren, ohne dass dabei Abstriche bei der Trinkwasserqualität gemacht werden müssen.

Some 17% of the drinking water in Switzerland is produced from lake water, in water supply organisations, which cover more than 50'000 inhabitants; the share is even over 50%. Due to this fact the treatment of lake water is of great importance. The treatment technology has been developing from simple filtering systems to complex multi-barrier systems. As a result of a very effective water pollution control and permanently further improved treatment systems, the number of treatment stages necessary can be reduced again today without having a negative effect on drinking water quality.

En Suisse environ 17% de l'eau potable est produite à partir d'eau de lac, pour des agglomérations de plus de 50'000 habitants, ce chiffre est supérieur à 50%. C'est pourquoi le traitement d'eau de lac en Suisse relève d'une grande importance. Les techniques de traitement ont beaucoup évoluées : les filtres simples se sont transformés en systèmes multi-barrières complexes. Aujourd'hui grâce à une politique de protection des eaux très efficace et des techniques de traitement en évolution permanente, le nombre d'étapes de traitement a pu être réduit sans que des concessions sur la qualité de l'eau potable aient dues être faites.

## 1 Hintergrund

Bereits 1935 wurde in Männedorf ein Seewasserwerk mit einer Leistung von 1000m<sup>3</sup>/d gebaut. Das Seewasser wurde zu Beginn über einfach aufgebaute Sandfilter mit anschliessender Desinfektion mittels Chlorgas aufbereitet. Ein neues Seewasserwerk wurde 1947 erstellt, das laufend mit weiteren Verfahrensstufen ergänzt wurde. Dabei wurde die Filtration durch Flockung verbessert. Im Jahre 1973 kamen die Stufen Ozonung und Aktivkohlefiltration dazu. Nachdem das Werk während über 50 Jahren seinen Dienst versah, drängte sich ein Neubau auf. Nach nur 16-Monatiger Bauzeit konnte das nach neuesten Kenntnissen und aufgrund umfangreicher Pilotversuche konzipierte Werk in Betrieb gesetzt werden.

Die Anlage hat eine Aufbereitungskapazität von 17'600 m<sup>3</sup>/d und versorgt über ein Leitungsnetz von über 100 km rund 25'000 Personen.

## 2 Verfahrenswahl

Aufbereitungsziel: Grundsätzliche Forderung war, dass die Wasserqualität mindestens gleich gut ist wie die, mit einem klassischen Multibarriersystem zu erreichende. (Abb. 1)

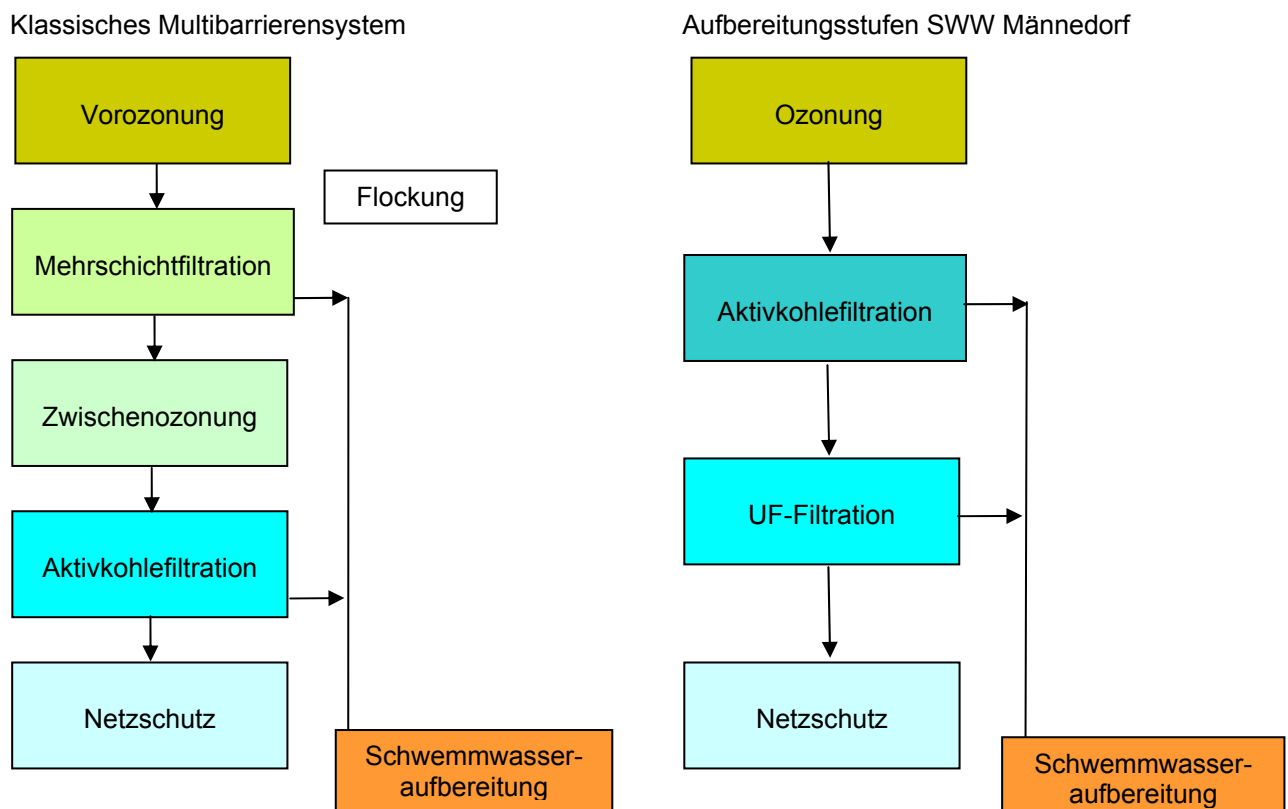


Abb. 1 Prozessstufen für die Seewasseraufbereitung

Die ersten Aufbereitungsanlagen zur Trinkwassernutzung von Seewasser waren einfach aufgebaute Langsandsandfilter. In den 50-iger Jahren wurden Ein- und Mehrschichtfilter mit anschliessender Chlorung gebaut. Der abnehmenden Wasserqualität entsprechend sowie aufgrund verfeinerter Analysemethoden mussten zusätzliche Stufen in die Aufbereitungskette integriert werden. In den meisten Fällen wurden die Seewasserwerke mit den Stufen Ozonung und Aktivkohlefiltration erweitert.

Die stark verbesserte Seewasserqualität ab den 90-iger Jahren, ein Verdienst des effizienten Gewässerschutzes einerseits, sowie den technischen Weiterentwicklungen in der Wasseraufbereitung andererseits, erlauben heute eine Reduktion der Aufbereitungsstufen.

Technisch wurden grosse Fortschritte in der Herstellung und Eintragung von Ozon erzielt. Ebenfalls wurden die physikalischen Eigenschaften von Aktivkohle verbessert. Die Membrantechnik hat sich soweit weiterentwickelt, dass diese heute in vielen Fällen mehr als nur eine alternative Lösung für die Reduktion von partikulären Inhaltsstoffen darstellt.

Beim Verfahrenentscheid fiel die Auswahl auf bekannte und bewährte Reinigungsstufen wie Ozon und Aktivkohle, die eine wirksame Barriere für gelöste, meist organische Substanzen darstellt. Diese bei der Oberflächenwasser-Aufbereitung häufig eingesetzte Stufenkombination wird nun mit der besten Filtrationsstufe ergänzt, der Ultrafiltration.

Bei diesen drei Hauptverfahrensstufen kann abhängig der Rohwasserqualität die UF-Membranfiltration entweder als letzte oder als erste Verfahrensstufe eingesetzt werden.

## 2.1 Pilotversuche Moos

Im SWW Moos der Wasserversorgung Zürich wurden die drei Aufbereitungsstufen während rund 18 Monaten intensiv pilotiert.

Der Zürichsee ist ein wichtiger Trinkwasserspeicher, der entsprechend genutzt wird. Die Qualität des Seewassers ist seit Jahrzehnten dokumentiert. Das qualitativ gute und saisonal nur gering schwankende Seewasser erlaubt den Einsatz der Stufen Ozon und Aktivkohle vor der mechanischen Verfahrensstufe.

Der modulare Aufbau der Pilotanlage erlaubte vergleichende Untersuchungen der Aufbereitungsstufen wie;

der Ozonung

- Ozoneintrag im Nebenstrom mit statischen Mischer
- Ozonkonzentration und Regelung der Dosierung
- Geometrie des Kontaktbeckens

der Aktivkohlefiltration

- Aktivkohletyp – physikalische Eigenschaften
- Kontaktzeiten – Rückspültechnik

der Membranfiltration

- Parallel betriebene getauchte- und gedrückte Membranen
- Rückspültechnik und Chemikalienbedarf

Der optimierte Prozess zeigte im Vergleich zum konventionellen Multibarrierensystem die folgenden Qualitätsverbesserungen (Abb. 2):

Parameter	Einheit	Reinwasser Multibarrierensystem	UF-Permeat mit Stufen Ozonung- Aktivkohlefiltration vorgeschaltet	
Trübung 90° Streulicht	FTU	0.02	< 0.02	😊
Partikel 1-20 µm	Anzahl/ml	ca. 40 - 50	< 10	😊
<b>Biologie</b>				
Keimzahlen (Median)	Anz./mL	0	1 (0 nach Desinfektion)	😐
E.coli (Median)	Anz./100mL	0	0	😊
Enterokokken (Median)	Anz./100mL	0	0	😊
<b>Spurenstoffe</b>				
Tetrachlorethen	C/Co	0.72	0.75	😐
Xylol	C/Co	0.3	0.1	😊
MTBE	C/Co	0.85	0.76	😊
Atrazin	C/Co	0.6	0.6	😊
<b>Biologie</b>				
Enteroviren	N/No <sup>1</sup>	<< 1*10 <sup>-6</sup> + LF	<< 1*10 <sup>-6</sup> + UF	😊
Rotaviren	N/No	<< 1*10 <sup>-6</sup> + LF	<< 1*10 <sup>-6</sup> + UF	😊
Gardia lamblia	N/No	<< 1*10 <sup>-6</sup> + LF	<< 1*10 <sup>-6</sup> + UF	😊
Cryptosporidien	N/No	0.1 + LF	0.25 + UF	😊
<sup>1</sup> N=Anzahl nach Aufbereitung, No=Anzahl vor Aufbereitung. LF: Langsamsandfiltration			😐 Vergleichbar mit konv. Prozess 😊 Besser als mit konv. Prozessen	

Abb. 2 Vergleich Wasserqualitäten

Der Vergleich bestätigte, dass die erreichte Wasserqualität mit dem neuen Dreistufenkonzept dem Multibarrierensystem mindest ebenbürtig ist, Güteparameter wie Trübung, Partikel und biologische Inhaltsstoffe sind sogar deutlich verbessert.

Die erarbeiteten Daten dienten als Grundlage für die Auslegung des neuen SWW Männedorf.

### 3 Beschreibung der Anlage

#### 3.1 Rohwasserzuführung

Das Seewasser wird in 43 m tiefe, 7 Meter über dem Seeboden ca. 560 Meter vom Ufer entfernt gefasst. Durch die mit Zementmörtel ausgekleidete DN-600 Stahlleitung fließt das Seewasser zur Anlage. Durch eine Heberanlage wird die Wassersäule über den Seespiegel gehalten. So wird gewährleistet, dass die Rohwasserpumpen saugseitig immer mit Wasser gefüllt sind.

Das Seewasserwerk ist zweisträssig aufgebaut. Jede Strasse besteht aus zwei Linien, die mit frequenzgesteuerten Zentrifugalpumpen beschickt werden. Die Leistung pro Linie liegt zwischen 100 bis maximal 200 m<sup>3</sup>/h.

Die Seeleitung wird periodisch hochchloriert zur Inaktivierung der Larven der Wandermuschel.

### 3.2 Ozon Produktion und Eintrag

Ziel der Oxidation mit Ozon:

- Beseitigung von geruchs- und geschmacksbildenden Stoffen
- Oxidation von organischen und anorganischen Inhaltsstoffen
- Verbesserung der Filtrationseigenschaften einzelner Substanzen
- Elimination anthropogener Stoffe

Jeder Rohwasserlinie ist ein Ozongenerator zugeordnet, der aus getrockneter Druckluft Ozon erzeugt.

Treibwasserpumpen erzeugen in den Injektoren einen Unterdruck, womit das gasförmige Ozon dem Teilstrom zugeführt wird. Dieser hochkonzentrierte Teilstrom wird nun der jeweiligen Rohwasserlinie beigemischt. Die Vermischung der beiden Ströme wird durch statische inline-Mischer unterstützt.

Jede Strasse verfügt über ein Kontaktbecken in dem die Oxidationsprozesse ablaufen; die Geometrie der Becken ist so gestaltet, dass eine geordnete Pfropfenströmung erzielt wird. Aus den Kontaktbecken überfällt das ozonierte Seewasser in die vier folgenden Aktivkohlefilter.

### 3.3 Aktivkohlefilter

Die Aktivkohlefilter werden von oben nach unten mit einer mittleren Geschwindigkeit von 7.4 m/h durchströmt. Die eingesetzte Aktivkohle ist eine speziell ausgesiebte Steinkohle, die eine hohe Adsorptionskapazität und Abriebfestigkeit aufweist. Die Aktivkohle adsorbiert hauptsächlich organische Wasserinhaltsstoffe, pharmazeutische Rückstände, hormonelle Substanzen. Ebenso ist sie ein guter Träger für Bakterien, die permanent den biologisch verfügbaren Kohlenstoff (AOC) auf kleinste Werte reduzieren.

Die Rückspülung der Aktivkohle wurde mit mehreren Optionen programmiert, sodass die Intensität der Luft- und Wasserspülungen automatisch auf die unterschiedlichen Verhältnisse des Seewassers reagieren kann. Je nach Beladung muss die Aktivkohle früher oder später durch neue Kohle ersetzt werden. Für den Ein- und Austrag verfügen die vier Filterzellen über ein eigenes, fest installiertes System.

Das so genannte biologisch stabile Aktivkohlefiltrat fließt in zwei Vorlagebehälter.

### 3.4 Membranfiltration

Mittels vier drehzahlregulierten Beschickungspumpen wird aus den zwei Vorlagebehältern das Filtrat der Aktivkohlefilter zu den vier Membranlinien gefördert.

Jede Linie verfügt über 41 vertikal angeordnete Ultrafiltrations-Membranmodule, die wechselseitig von unten und oben beschickt werden. Die innovative Modulkonstruktion der Multibore-Membrantechnologie schließt Faserbrüche praktisch aus. Grundsätzlich werden die Module im Dead-End-Betrieb gefahren, für aussergewöhnliche Umstände könnte in den Crossflow-Modus gewechselt werden.

Alle 60 bis 120 Minuten werden die Membranen mit Trinkwasser rückgespült. Periodisch werden diese 1 bis 2 Mal pro Tag einer schwachen chemischen Reinigung, unter Zugabe von Natriumhypochlorit, unterzogen. Auf der Anlage installiert sind die notwendigen Komponenten für eine CIP (Cleaning In Place), d.h. eine verstärkte chemische Reinigung z.B. mit Säure und Lauge.



Bild1: Membranlinie mit 41 Modulen

### 3.5 Reinwasserpumpwerk

Das aufbereitete Wasser der vier Membranlinien (Permeat) wird in die zwei Rückspülwasserbecken geleitet. Dem Überlauf in die nachfolgenden Reinwasserbecken wird Natriumhypochlorit als Netzschutz zudosiert.

Die Reinwasserpumpen versorgen die Gemeinden Männedorf, Oetwil am See und Stäfa mit Trinkwasser. Die zwei Pumpwerke Männedorf / Oetwil am See und Stäfa sind untereinander verbunden, womit die Versorgungssicherheit der drei Gemeinden gesteigert wird. Die Transportleitungen sind mit Druckwindkesseln gegen mögliche Druckstösse abgesichert.

### 3.6 Schwemmwasseraufbereitung

Die zweistrassig aufgebaute Schwemmwasseraufbereitung reinigt das anfallende Spülwasser der Aktivkohlefilter und das der vier Membranlinien. Die Anlage hat eine Leistung von total 100 m<sup>3</sup>/h. Das gereinigte Wasser wird in den See zurück geleitet.

Die Aufbereitung erfolgt durch getauchte Ultrafiltrationsmembranen. Das so filtrierte Wasser ist schwebstofffrei und enthält keine Bakterien und Viren. Das aufkonzentrierte Schlammwasser wird periodisch in die Kanalisation eingeleitet.

### 3.7 Automation – Online Analytik

Das Seewasserwerk ist mit einem modernen Leitsystem ausgerüstet. Die Daten der vollautomatisierten Anlage werden lückenlos erfasst und registriert. Alle prozessrelevanten Parameter können per Maus-Klick am PLS verändert werden. Zur Qualitätssicherung werden Parameter wie Trübung, Partikel, Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit und SAK-254nm im Seewasser und im Permeat mit Online-Messgeräten erfasst und im PLS registriert. Im Trinkwasser wird zusätzlich der Restchlorgehalt zur Sicherstellung des Netzschutzes überwacht.

## 4 Technische Daten der Anlage

Ausbaugrösse:

- Normal	600 m <sup>3</sup> /h;	13'000 m <sup>3</sup> /d
- Spitze	800 m <sup>3</sup> /h	17'600 m <sup>3</sup> /d
- Stäfa	43.75 %	
- Männedorf	37.50 %	
- Oetwil am See	18.75 %	

Die Anlage kann modular auf eine Leistung von 1000 m<sup>3</sup>/h ausgebaut werden.

Anlageteil	Anzahl			Total Werk
Rohwasserpumpwerk	4	Zentrifugalpumpen wassergekühlt	max 200 m <sup>3</sup> /h	800 m <sup>3</sup> /h
Ozonerzeugung	4	Ozongeneratoren Druckluft	220 g Ozon/h	880 g/h
Aktivkohlefilter	4	geschlossene Betonfilter	- 13.5 m <sup>2</sup> Fläche - 2 m AK-Schichthöhe - Steinkohle; Siebung 8 x 16	54 m <sup>2</sup>
UF-Membrane Trinkwasser	4 x 41	Module +3 Reserve/Rack	- 45 m <sup>2</sup> /Modul - Druckmembranen - Multibor-Technologie	7380 m <sup>2</sup>
UF-Membrane Schwemmwasser	2 x 48	Module	- 31.5 m <sup>2</sup> /Modul - getauchte Membranen	3024 m <sup>2</sup>
Reinwasserpumpwerk	2 x 3	Zentrifugalpumpen wassergekühlt	- 120 m <sup>3</sup> /h + 150 m <sup>3</sup> /h - mehrstufig	
Armaturen		pneumatisch / elektrisch	DN 80 – DN 600	
Rohrleitungen		1.4435	DN 80 – DN 600	

## 5 Erkenntnisse aus dem Betrieb

Nach einem sechsmonatigen Betrieb liegen bereits erste Erkenntnisse vor, die in die Betriebsoptimierung eingeflossen sind.

### 5.1 Qualität des produzierten Trinkwassers

Durch die Verfahrensstufen werden die geforderten Gütwerte gemäss Schweizerischem Lebensmittelbuch (Tabelle 27.1 Kolonne 1) nicht nur eingehalten, teilweise zeigen sich diese stark verbessert. In der Abbildung 3 sind die wichtigsten Werte tabellarisch aufgeführt.

Parameter	Einheit	Seewasser	Trinkwasser	SLB Tab. 27.1
Trübung	NTU	0.3 – 2.5	< 0.02	< 0.2
Partikel	Anzahl/ml 0.2 – 20 µm	30'000 – 400'000	0 - 15	
Keimzahl	KBE/ml	10 - 200	0	<20
Escherichia coli	KBE/100ml	0 - 50	0	0
DOC	mgC/l	1.2 – 1.8	0.70 <sup>1</sup>	< 1.0
SAK 254 nm	/m	2.5 – 3.8	0.80 <sup>1</sup>	
Sauerstoffsättigung	%	60 - 80	> 90	> 60
Zink	µg/l	< 1	< 1	< 100
Cadmium	µg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.5
Blei	µg/l	< 0.5	< 0.5	< 1
Algenbiomasse	mg/l	1,4 – 2,58	n.n	

<sup>1</sup> abhängig von der Beladung der Aktivkohle und Konzentration im Seewasser

Abb. 3 Seewasserwerk Männedorf - Wasserqualitäten

## 5.2 Ozon

Die Zugabe von Ozon wird über die kontinuierliche Messung des Restozongehalts nach dem Kontaktbecken geregelt. Angestrebt wird ein Wert von 0.2 – 0.4 mg/l. Während der Betriebsphase, in der das Seewasser hauptsächlich mit Burgunderblutalgen belastet ist, kann nur durch Immobilisation der Algen durch Ozon eine effiziente Rückhaltung im Filterbett erreicht werden. Ein teilweises Durchbrechen der Algenfäden durch ungenügende Ozonung führt zu massiven Betriebsproblemen in der nachfolgenden Ultrafiltration.

## 5.3 Aktivkohlefiltration

In den ersten 7 Betriebsmonaten wurden die 4 Aktivkohlefilter mit etwa 1'120'000 m<sup>3</sup> Seewasser beschickt. Der mittlere DOC-Gehalt im Seewasser lag bei 1.3 mg/l; im Aktivkohlefiltrat bei 0.55 mg/l. Damit errechnet sich eine DOC-Beladung von ca. 18 g DOC/kg Aktivkohle resp. 23 m<sup>3</sup> Durchsatz/kg AK. Der kontinuierlich erfasste SAK bei 254 nm reduziert sich beim beschriebenen Zustand der Aktivkohle noch um ca. 60%.

Die Aktivkohlefilter werden im Normalfall alle 36 – 48 Stunden mit Wasser rückgespült. In Abhängigkeit der Trübstofffracht und der organischen Belastung des Seewassers wird die Wasserspülung mit einer Luftphase ergänzt. Der mittlere Spülwasserbedarf liegt bei 2.5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Durch die optimierte Korngrößenverteilung ist auch in Perioden mit erhöhten Biomassengehalte im Seewasser keine Deckelbildung an der Oberfläche zu beobachten, die Filterlaufzeit ist praktisch gleich bleibend.

Nach 7 Monaten Betrieb wurden die geschlossenen Betonfilter inspiziert. Dank dem Prinzip der Aufstauspülung mit innenliegender Schwemmwasserklappe wurde kein Mediumsverlust festgestellt; die Korngrößenverteilung im Vergleich zu der original eingebrachten Aktivkohle blieb unverändert was einerseits für die guten physikalischen Eigenschaften der gewählten Steinkohle spricht und andererseits die Richtigkeit der eingesetzten Rückspültechnik bestätigt.



## 5.4 UF-Membran Trinkwasseraufbereitung

### 5.4.1 Permeabilität

Die 4 Membranlinien zeigen im Permeabilitätsverlauf ein sehr einheitliches Bild. In den ersten 3 Betriebswochen wurde ein irreversibler Verlust an Permeabilität von 15 – 20 % festgestellt. Diese Abnahme liegt im erwarteten Bereich. In den folgenden 6 Betriebsmonaten lag die Permeabilität zwischen 600 – 700 l/m<sup>2</sup>\*h@20°C. Während der Algenblüte wurde eine deutliche Abnahme der Permeabilität registriert. In dieser Periode wurden die schwachen chemischen Reinigungen (30 mg/l NaOCl) verstärkt durch Erhöhung der Konzentration (70 mg/l NaOCl) und der Verweilzeit. Eine stabile Permeabilität wird dann erreicht, wenn regelmässig schwache chemische Reinigungen mit Chlor durchgeführt werden. Der stabil bleibende Permeabilitätsverlauf verlangt in absehbarer Zeit keine verstärkte Säure/Lauge Reinigung.

### 5.4.2 Filtration – Rückspülung

Während eines Filtrationszyklus belegt sich die Membranoberfläche mit partikulären Stoffen, woraus ein mittlerer transmembraner Druckanstieg von 10 – 15 mbar/h resultiert. Nach Ablauf der Filtrationszeit, die in Abhängigkeit der Wasserqualität und der Aufbereitungsleistung 60 – 120 Minuten beträgt, wird mit Permeat für 40 – 60 Sekunden rückgespült. Abbildung 4 zeigt, dass durch die Wasserspülung alleine die Membranoberfläche nur ca. 94 – 97% gereinigt wird. Durch die periodische CEB (Chemical Enhanced Backwash) wird diese Restverschmutzung abgelöst und eine konstante Permeabilität wird erreicht.

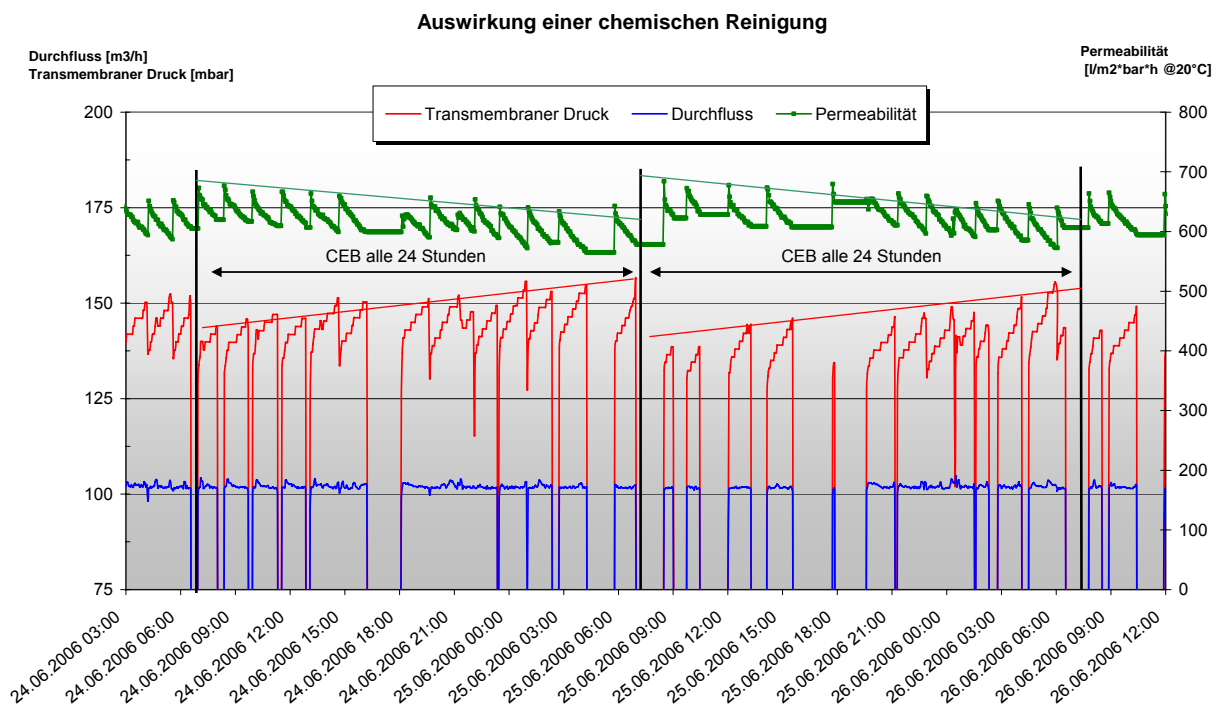


Abb. 4 Rückspülung der Membranmodule

### 5.4.3 Integrität der Membranen

In regelmässigen Abständen werden die Membranen aktiv auf ihre Integrität geprüft. Dabei wird eine Linie ausser Betrieb genommen und die Module werden mit Luft von der Permeatseite unter Druck (0.6 - 0.7 bar) gesetzt. (Abb. 5a) Bei Erreichen des vorgegebenen Grenzwertes wird das unter Druck gesetzte System geschlossen und der Druckabfall über die Zeit beobachtet (Abb. 5b)

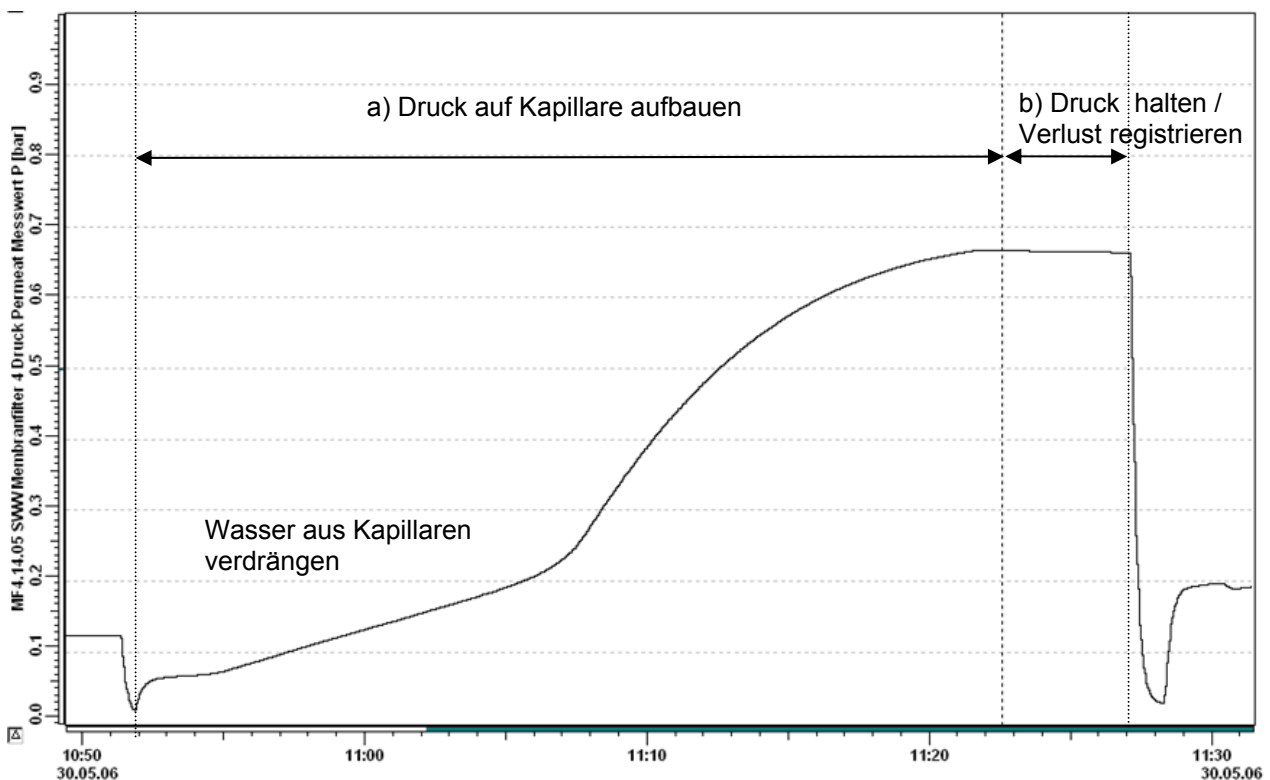


Abb. 5 PLS-Protokoll eines Integritätstest

Alle 4 Linien zeigen nach 7 Betriebsmonaten einen Druckabfall, der 5 bis 7-mal kleiner ist als der zulässige Grenzwert. Die robuste Konstruktion der Multibore-Membranfaser (Bild 2) schliesst Faserbrüche praktisch aus. Damit zwischen Integritätstests die Sicherheit gewährleistet bleibt, wird im Permeat kontinuierlich die Partikelkonzentration gemessen.



Bild 2 Multibore - Membrantechnologie

#### 5.4.4 UF-Membran Schwemmwasser

Alle im Aufbereitungsprozess anfallenden Rückspülwässer, so genannte Schwemmwässer, werden über zwei Membranstrassen mit getauchten Ultrafiltrationsmembranen aufbereitet (Bild 3). Neben der periodischen Rückspülung mit Permeat werden die Membranen alle 96 Betriebsstunden einer Maintenance- Reinigung mit 50 mg/l NaOCl unterzogen. In Abhängigkeit der Fracht der Schwemmwässer erfolgt ein Tank-Drain, dieses Volumen wird in die Kanalisation abgeleitet. Das Trinkwasserqualität aufweisende Permeat wird in den See zurückgeleitet.

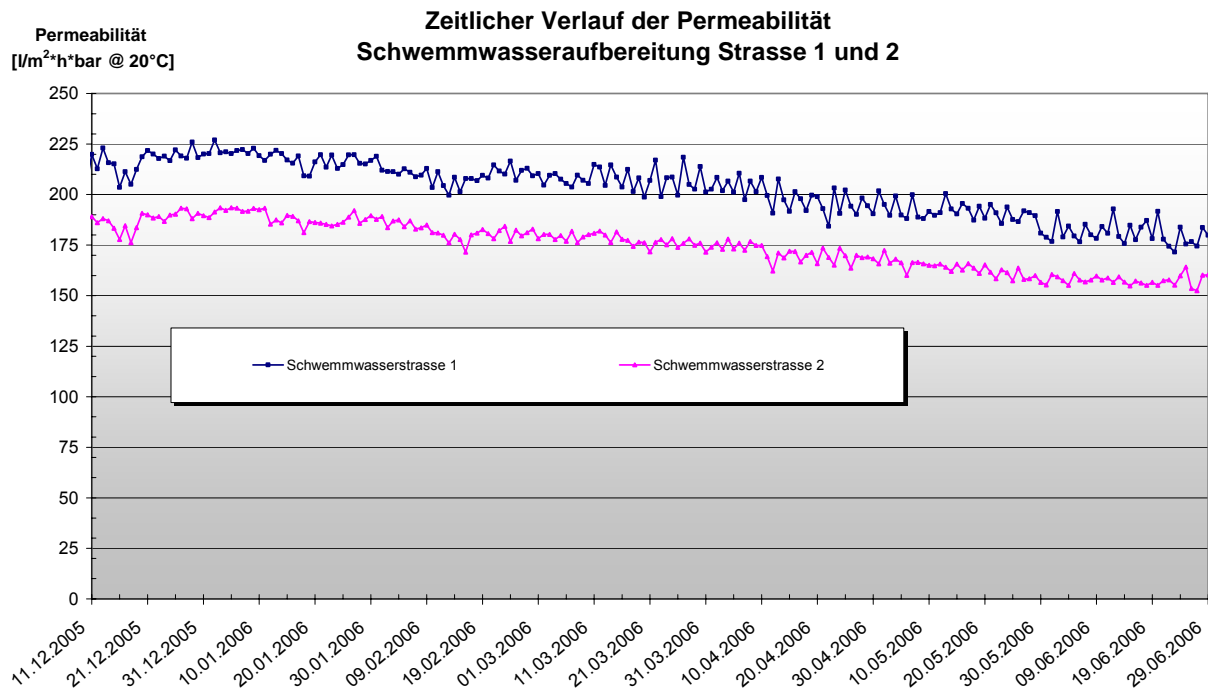


Abb. 6 Permeabilitäts-Verlauf der getauchten Membrane

Abbildung 6 zeigt den stabilen und parallelen Permeabilitätsverlauf von Strasse 1 und 2. Die Permeabilität nimmt im erwarteten Bereich leicht ab. Eine Recovery - Reinigung, erhöhte NaOCl Konzentration und Säurereinigung, ist bei beim aktuellen Permeabilitätsverlaufes erst bei einem Wert von < 120 l/m<sup>2</sup>·h·bar vorgesehen, d.h. nach ca. 12 Betriebsmonaten.



Bild 3. Einbringung der Membrankassette für die Schwemmwasseraufbereitung

## 5.5 Netzschutz

Das weit verzweigte Netz erfordert einen Netzschutz, der durch Zugabe einer geringen Menge an Natriumhypochlorit (0.02 – 0.04 mg/l Aktivchlor) sichergestellt wird. Das Wiederverkeimungspotential des aufbereiteten und biologisch stabilen Trinkwassers ist äusserst klein. Ein Verzicht auf den Netzschutz ist jedoch frühestens dann ein Thema, wenn sich die Netzverhältnisse auch der veränderten Trinkwasserqualität angepasst haben.

## 6 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Kombination bewährter Aufbereitungsstufen mit der UF-Membranfiltration hat die Erwartungen erfüllt. Die gute Qualität des Seewassers, Trübung meistens deutlich < 1 NTU – der DOC Gehalt zwischen 1 – 1.5 mg/l, ermöglicht es, die Stufen Ozonung und Aktivkohlefiltration an den Anfang der Aufbereitungskette zu stellen. In diesen Stufen werden neben Spurenstoffe auch Trübstoffe und organische Inhaltsstoffe eliminiert oder zumindest stark reduziert. Die Wasserqualität nach den Aktivkohlefiltern entspricht in den meisten Parametern bereits einem guten Trinkwasser. Somit ist diese Filtration gleichzeitig eine sehr effizienter "Vorfilter" für die Membranen. Die Membranen sind dadurch wesentlich entlastet und arbeiten zur Hauptsache als mechanische Desinfektion, als sichere Barriere für Bakterien, Parasiten und Viren. Die Trübung des AK-Filtrats ist < 0.2 NTU und der DOC im Bereich von 0.8 – 1.0 mg/l, im Permeat ist die Trübung nicht länger messbar und der DOC bleibt praktisch unverändert.

Der Betrieb der Ultrafiltration ist sehr stabil, die Filtrationszyklen zeigen ein sehr gleichmässiges Bild. Die Rückspülintervalle mit Wasser können zwischen 60 – 90 Min. gehalten werden, eine CEB mit Natriumhypochlorit ist nur 1 – 2-mal in 24 Stunden notwendig. Die Notwendigkeit einer verstärkten chemischen Reinigung mit Säure/Lauge ist nach 7-monatigem Betrieb noch nicht absehbar.

Die Stufen Ozonung – Aktivkohlefiltration – UF-Membranfiltration scheinen für die Aufbereitung von Wasser aus Schweizer Seen gesetzt. Lediglich die Platzierung der Membranfiltration; am Anfang oder am Ende der Aufbereitungskette, ist aufgrund der Seewasserqualität zu entscheiden.

Die Entwicklung dieser Aufbereitungstechnologie wird weitergeführt. Die einzelnen Stufen werden weiter optimiert, auch die Integration zusätzlicher und/oder modifizierter Stufen wird untersucht. Diese Untersuchungen werden in einem vom BUWAL mitfinanziertem Forschungsprojekt mit der Bezeichnung Wave 21 durchgeführt. Hauptziel des Projekts ist die Optimierung von Prozessen zur Trinkwasseraufbereitung mit Membranen, durch Oxidation und Adsorption, bezüglich Qualität und Kosten. Um dieses zu erreichen, werden neue analytische Methoden zur Erfassung von chemischen und biologischen Parametern entwickelt.

Dieses Projekt wird in internationaler Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten, sowie Wasserversorgungen und der Wasserindustrie im In- und Ausland durchgeführt.

## Verdankung

Den Gemeindewerken Männedorf für die zur Verfügungstellung der Betriebsdaten und der Betriebsleitung des Seewasserwerk H.-U. Stocker und E. Zuberbühler für die wertvolle Mitarbeit.

## Literaturverzeichnis

- *SVGW, 8027 Zürich*: Statistische Erhebungen der Wasserversorgungen in der Schweiz, Betriebsjahr 2004
- *Wasserversorgung Zürich – WABAG Wassertechnik*: Zürichseewasseraufbereitung mit Membranfiltration im SWW Moos 2003/2004, interner Bericht
- *Kantonales Labor Zürich*: Untersuchungsbefund vom 07.06.2006
- *EAWAG*: Wasseraufbereitung des 21. Jahrhundert – wave 21Ref: [www.wave21.eawag.ch](http://www.wave21.eawag.ch)

## Keywords

Seewasseraufbereitung – Ozon/Aktivkohle - Membrantechnologie

## Adresse des Autors

Arnold Gmünder

Leiter Wassertechnik

WABAG Wassertechnik AG

Bürglistrasse 31

8400 Winterthur

Tel. + 41 (0)52 262 43 49

Fax. + 41 (0)52 262 00 73

[arnold.gmuender@wabag.net](mailto:arnold.gmuender@wabag.net)

Urs Dubs + Peter Hartmann