

Schwemmwasseraufbereitung durch Membrantechnik

Daniel Vescoli, Arnold Gmünder

WABAG Wassertechnik AG, Bürglistrasse 31, CH-8401 Winterthur

Veröffentlicht in "GWA" 04/2007 - Hauptartikel

Zusammenfassung

Die Aufbereitung der anfallenden verschmutzten Spülwässer, so genanntes Schwemmwasser, ist ein integrierter Bestandteil eines Multibarrierensystems. Je nach Rohwasserbeschaffenheit und Aufbereitungsprozess bewegt sich der Anteil des Schwemmwassers zwischen wenigen Zehntel- bis zu mehreren Prozenten des produzierten Trinkwassers. Im Sinne der Wasserwiederverwendung und aus Energiespargründen ist eine weitergehende Aufbereitung in sehr vielen Fällen zweckmässig. Mit der heute zur Verfügung stehenden Membrantechnik ist die Rückführung des aufbereiteten Schwemmwassers in den Aufbereitungsprozess nicht mehr als kritisch zu betrachten.

Summary

The treatment of used backwash water is an integral part of a multi barrier system for the production of drinking water. Depending on the raw water characteristic as well as on the treatment technology applied, the quantity of the used back wash water varies between some tenth- to several percent of the drinking water produced. Energy wise and in view of recycling an advanced treatment process is appropriate in most cases. With today's membrane technology the recycling of used back wash water is no longer regarded critical.

Résumé

Le traitement des eaux utilisées lors des opérations de lavage, soit les eaux boueuses, fait partie intégrante d'un système multi-barrière pour la production d'eau potable. Selon les caractéristiques de l'eau brute et de la chaîne de traitement appliquée, la quantité d'eau boueuse produite peut varier entre quelques dixièmes et plusieurs pourcents du volume total d'eau potable produite. Dans le sens d'une réutilisation de ces eaux boueuses et du point de vue énergétique, un traitement avancé est dans la plupart des cas approprié. Avec la technologie membranaire disponible actuellement, la réinjection des eaux boueuses traitées dans la chaîne de traitement principale, ne doit plus être considérée comme critique.

Einleitung

Bei der Gewinnung von Rohstoffen, bei der Herstellung von Waren oder bei Veredelungsprozessen entstehen neben den gewünschten Erzeugnissen auch feste, flüssige und gasförmige Nebenprodukte und Abfall.

Deren Anteil kontinuierlich zu verringern, geschieht durch strengere Vorschriften, Umweltauflagen, Einleitbedingungen oder über finanzielle Anreize.

Für Spülprozesse wird in Wasserwerken im Allgemeinen aufbereitetes Trinkwasser verwendet, das nach dem Gebrauch als verschmutztes Spülwasser anfällt und oft, wie in diesem Artikel, als Schwemmwasser bezeichnet wird.

Bei der Aufbereitung von Wasser entsteht unausweichlich Schmutzwasser und wird dieses in eine Kläranlage gegeben, muss für den Kubikmeter Abwasser mindestens so viel bezahlt werden, wie für den Kubikmeter des produzierten Wassers bei den Bezüglern verrechnet werden kann.

Permanente Anstrengungen den Abwasseranteil zu minimieren sind die Folge und Schwemmwasser das nicht entsteht, muss später ja nicht behandelt werden.

Zusätzliche bedeutsame Kosten können Energieaufwendungen für die Rohwasserförderung verursachen, so dass versucht werden soll, möglichst viel, des zur Anlage transportierten Wassers, ins Netz abzugeben, damit es nicht als Abwasser in den Vorfluter oder die Kanalisation gelangen muss.

Durch Spülsystemverbesserungen bei Filtrationen über körnigen Medien reduzierten sich der Spülwasserverbrauch und das anfallende Schwemmwasser in die Region von weniger als 2% der Trinkwasseraufbereitungsmenge, sofern die Wasserressource nicht als ungünstig bezeichnet werden müsste.

Moderne Wasserwerke, die in der Aufbereitungskette eine Ultrafiltrationsstufe enthalten liegen aber noch weit über einem solchen Prozentwert und werden immer mehr Spülwasser benötigen als herkömmliche Aufbereitungen. Um die Membranen wirkungsvoll reinigen zu können und eine möglichst lang anhaltende Permeabilitätsstabilität zu erhalten, finden in kürzeren Intervallen Rückspülungen, so genannte Permeatspülungen, statt.

Da Trinkwasseranlagen auf Spitzenbezüge ausgelegt sind, werden Mengenzbilanzen bei Ultrafiltrationen bei tiefer Auslastung noch unvorteilhafter, weil niedrig beschickte Membranen gleichwohl in praktisch identischer Häufigkeit gespült werden.

Was also kann getan werden, damit besonders dort, wo relativ viel Schwemmwasser anfällt, nicht von Wasservergeudung gesprochen wird?

Entwicklung

Bis in die 80er-Jahre des letzten Jahrhunderts gelangte das verbrauchte Spülwasser in den Wasserwerken praktisch vollständig, direkt oder mengengedrosselt in die Kanalisation.

Die darauf folgenden Anlagen wurden mehr und mehr mit Schwemmwasserauffangbecken ausgerüstet, die als Absetzbecken dienten. Die Schwemmwasseraufbereitung entwickelte sich zu einem Bestandteil der Multibarrieren-Aufbereitungskette.

Einfache Konstruktionen lassen über eine fixe Leitung das Klarwasser regelmässig in den Vorfluter abfließen, das Schlammwasser lässt man aufkonzentrieren und leitet dieses periodisch in die Abwasserreinigungsanlage.

Der Klarwasserabzug wurde verbessert, indem man mehrere Rohre auf unterschiedlichen Beckenhöhen montierte, höhenverstellbare Leitungen anbrachte oder schwimmende Abzugsvorrichtungen installierte.

Prinzipiell haben alle diese Ausrüstungen das Ziel möglichst schwebstofffreies Wasser aus dem Schwemmwasserbecken in ein Fliessgewässer, anstatt in die Kanalisation abzuleiten.

In gewissen Anlagen besteht zusätzlich die Möglichkeit der Wasserrückführung – die aber eher selten wahrgenommen wird – an den Beginn der Aufbereitungskette. Hier wird das Klarwasser zusätzlich – z.B. mit Zweischicht-Stahltankfilter – gereinigt, um möglichst die Qualität des verwendeten Rohwassers zu erreichen, das somit misch- oder austauschbar wäre. Bei dieser Mehrfachnutzung werden aber Bedenken angemeldet, weil sich im gebrauchten Spülwasser Inhaltsstoffe aufkonzentrieren können, die man zuvor dem Rohwasser entnehmen konnte und bei einer Wiedereinspeisung nochmals eliminieren müsste.

Die Qualität des Klarwassers wird meistens mit einer Resttrübungsmessung kontrolliert. Damit sich die Absetzung beschleunigt und die Klarwasserqualität verbessert, wird dem Schwemmwasser Flockungsmittel zudosiert.

Welche Menge respektiv Anzahl Spülungen soll ein Schwemmwasserbecken aufnehmen können? Grosse Anlagen mit vielen Filtern haben den Nachteil, dass das abgesetzte Schlammwasser durch den Wasseranfall der nächsten Filterspülung aufgewirbelt werden kann und sich die Qualität des noch darüber liegenden Klarwassers verschlechtert. Absetzprozess- verkürzungen, um die Anlagenleistung steigern zu können, sind begrenzt.

Bei Aufbereitungsanlagen wie z.B. Tai Po in Hongkong oder Kunming und Harbin in China mit Tagesleistungen von mehreren Hunderttausend Kubikmetern Trinkwasser wird offensichtlich, dass auch in Prozenten wenig Schwemmwasser viel Menge bedeutet. Die Schlammeindickung geschieht in diesen Anlagen durch Kammerfilter-, Siebband-Pressen und Zentrifugen.



Abb. 1: Kammerfilterpresse und Schwemmwasserauffangbecken – WTP Tai Po, Hong Kong

Entweder sind die Ressourcen knapp oder das relativ stark mit Trübstoffen belastete Rohwasser muss von weit hergeführt werden, was die Bedeutung von realisierbarem Wasserrecycling erhöht.

Das Klarwasser aus den Absatzbecken wird fast kontinuierlich dem Rohwasser zugemischt, so dass dieses alle Aufbereitungsstufen von neuem durchläuft. Die Klarwasserqualität soll in diesen Anlagen ähnlich gut wie diejenige des Rohwassers sein.

Das abgesetzte Schwemmwasser, das Schlammwasser, kann nicht in eine Kanalisation geleitet werden, der Schlamm muss durch Entwässerung deponiefähig gemacht werden. Weitergehendes Wasserrecycling findet in Form einer Rückgabe des Pressenfiltrats in die Vorreinigungsstufe – Flotation oder Sedimentation – statt.

Für mittlere oder kleine Trinkwasseranlagen scheint die Rückführung von Schwemmwasser ohne vollständige Elimination der partikulären Stoffe nicht interessant genug. Die Membrantechnik wird es jedoch bei der Schwemmwasseraufbereitung schaffen, durch ihr bakteriologisch unbedenkliches Permeat, ein Produkt zur gewünschten Rohwasserergänzung liefern zu können.

Beispiele moderner Aufbereitungen

Seewasserwerk Männedorf

Das seit November 2005 in Betrieb stehende Werk bezieht das Rohwasser aus dem Zürichsee und bereitet dieses mit folgenden Hauptprozessstufen auf:

- Ozonung – Eintrag des Ozons im Teilstromverfahren
- Filtration über Aktivkohlefilter in geschlossener Betonbauweise
- Filtration über UF-Membranen – Dizzer 5000 Module



Abb. 2: Rohwasserpumpwerk – ein Energieaspekt – im neuen Seewasserwerk Männedorf

In diesem Multibarrieren-Aufbereitungssystem fällt Schwemmwasser an durch:

- Rückspülung der Aktivkohlefilter (Spülphasen mit Luft und Wasser)
- Permeatspülung der Hauptprozess-Ultrafiltration

Diese mit organischen und anorganischen Feststoffen belasteten Wässer werden im Schwemmwasserbecken gesammelt. Abhängig vom Beckenfüllstand werden die getauchten UF-Membranen mit 20 - 33 l/(m²h) betrieben. Drehzahlregulierte Pumpen fördern das schmutzige Wasser in die zweistrassig konzipierte Membrananlage.

In die beiden Betonbecken (Abb. 3) ist je ein Rack mit 48 Modulen, Membrantyp ZeeWeed 500 D, eingebaut. Die totale Filterfläche beträgt 3024 m² und bei einem Maximalflux von rund 33 l/(m²h) resultiert eine Anlagenleistung von 100 m³/h.



Abb. 3: Ultrafiltrationsbetrieb der getauchten Membran, SWW Männedorf

Das Permeat, hier das gereinigte Schwemmwasser, wird in den Zürichsee geleitet und das aufkonzentrierte Schlammwasser gelangt durch Entleerung der Filtrationsbecken in die Kanalisation.

Ergebnisse aus der Schwemmwasseraufbereitung, SWW Männedorf

Filtrationszyklen

Die für den Betrieb bedeutsamen Daten werden im PLS registriert und so dargestellt, dass Trends einfach erkennbar sind. Die Länge der Filtrationszyklen kann in Relation zur Beschickungsmenge oder Schwemmwasserqualität gewählt werden. Die Abbildung 4 zeigt den Betrieb mit einem mittelmässig mit Algenbiomasse belasteten Schwemmwasser, bei dem der Filtrationszyklus beim Lastfall 1 auf 10 Minuten eingestellt ist. Die Filtrationszeit fällt mit steigender Beschickung hinunter auf 4 Minuten, was dem Lastfall 5 entspricht.

Der Transmembrandruck (TMP) steigt während der Filtration um zirka 15 mbar. Bei sehr hoher Beladung des Schwemmwassers mit organischen Substanzen kann der Anstieg bis 80 mbar betragen.

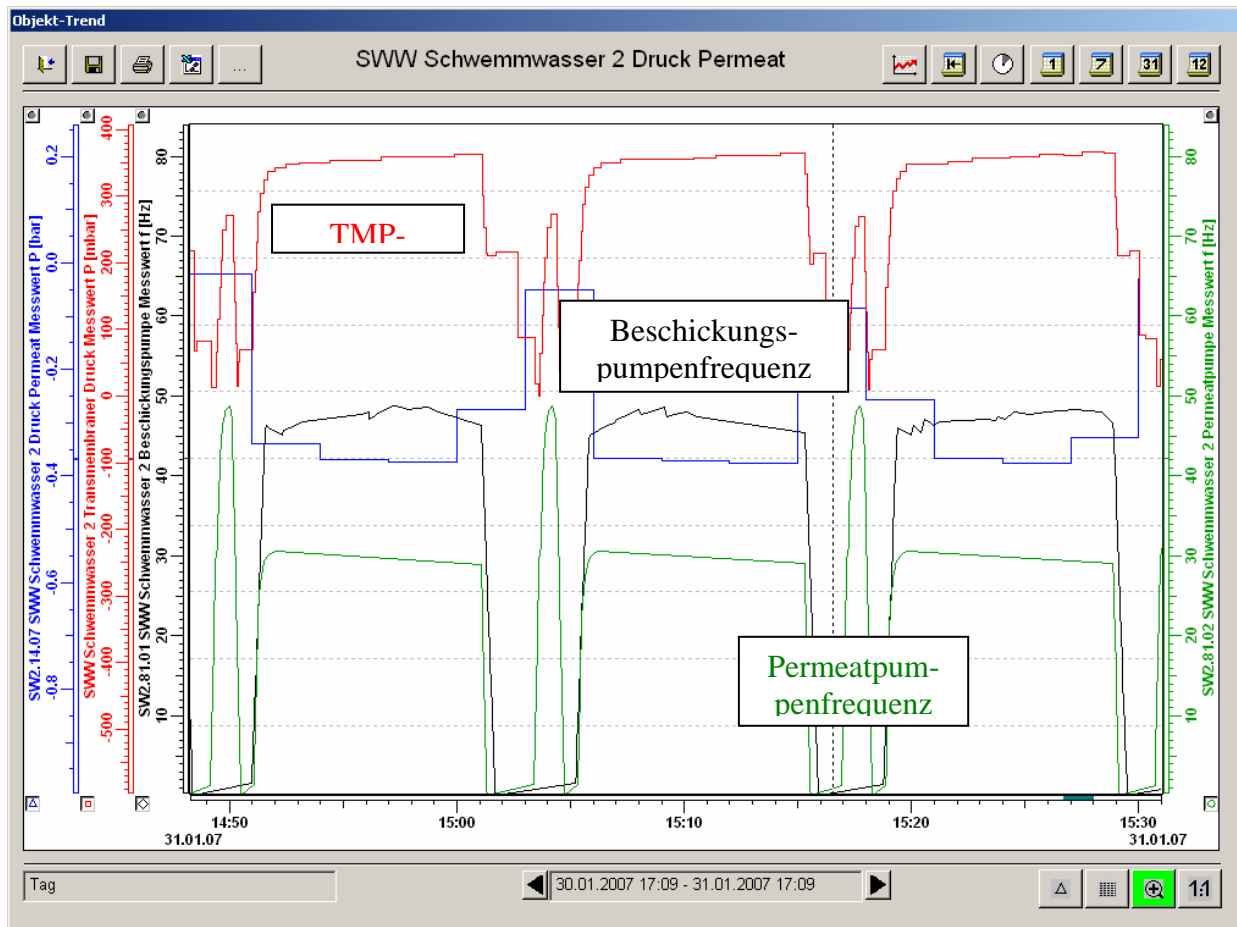


Abb. 4: Filtrationszyklen bei mittelstark belastetem Schwemmwasser

Membranreinigung der Schwemmwasseraufbereitung

Im Unterschied zur Ultrafiltration im Hauptprozess, wo vor der Membranlage das Wasser durch die Ozonung und Aktivkohlefiltration teilaufbereitet wird und die Wasserinhaltsstoffe reduziert werden, müssen die Membranen der Schwemmwasseraufbereitung ein wesentlich höher belastetes Wasser verarbeiten. Deshalb sind die verschiedenen Reinigungsprozesse zur Stabilisierung der Membrandurchlässigkeit an die Gegebenheiten anzupassen.

Grundlegend stehen die folgenden Reinigungsabläufe zur Verfügung:

1. Rückspülung mit Permeat
2. Tankdrain
3. Maintenance-Reinigung mit NaOCl
4. Recovery-Reinigung, oxidativ/basisch + sauer

Die Permeatspülung erfolgt nach der im Lastmanagement vorgewählten Filtrationszeit. Diese Spülung sorgt primär dafür, dass der Transmembrandruck nach der Reinigung, für jeden Filtrationszyklusbeginn, wieder auf den praktisch gleichen Anfangswert zurückgesetzt wird.

Der Tankdrain hat durch das Herabsetzen der Schwemmwasserkonzentration langfristig den grössten Einfluss auf die Permeabilität.

Die Qualität des Schwemmwassers entspricht dem aufkonzentrierten Seewasser, wenn somit bei der Seeumwälzung die Algenbiomasse ansteigt und so die organische Fracht erhöht ist, wird dem Tankdrain jedes Mal eine Maintenance-Reinigung nachgeschaltet. Bei geringer Belastung reduziert sich die Häufigkeit der chemischen Reinigung auf jeden dritten bis fünften Tankdrain.

Die Recovery-Reinigung ist ein- bis zweimal pro Jahr nötig, um die, über einen längeren Zeitraum allmählich reduzierte, Permeabilität wieder zurück zu gewinnen. In der oxidativen Phase, z.B. mit 500 mg/l Chlor bei einer Einwirkzeit von mehreren Stunden, werden Ablagerungen organischer Natur entfernt. Die saure Wäsche bei einem pH-Wert von etwa 2 löst Kalzium- und Magnesiumverbindungen von den Membranen ab.

Permeat- und Konzentratqualität

Die Qualität des in den Zürichsee geleiteten Permeats wird periodisch untersucht. Die geforderte Qualität bezüglich GUST ist nach der Membranfiltration nicht zu hinterfragen, organische Güteparameter (Tabelle 1) sind jedoch regelmässig zu überprüfen.

Parameter	Einheit	Konzentrat (aufkonzentriertes Schwemmwasser)	Permeat (Membranfiltrat)
Trübung	NTU	n.b. (nicht bestimmt)	< 0.02
GUST	mg/l	244	n.b. (nicht bestimmt)
DOC	mg/l	11.6	1.2
SAK 254 nm	1/m	5.32	1.26
Biomasse	mg/l	80	n.b.
Biomasse/GUST	%	32.8	n.b.
Keimzahl 30°C	KBE/ml	n.b.	< 10

Tab. 1: Schwemmwasseranalyse vom 22.02.2007

Seewasserwerk Meilen

Das in den 60er-Jahren erbaute Seewasserwerk Tannacher des Zweckverbands Meilen, Herrliberg und Egg wurde zwischen 2004 und 2005 einer umfangreichen Sanierung unterzogen (Abbildung 5) und verfügt heute über ein effizientes, mehrstufiges Aufbereitungssystem mit den Hauptprozessstufen:

- Vorozonung in Betonkammern, Eintrag des Ozons im Teilstromverfahren
- Flockungsfiltration über Dreischichtfilter in Betonbauweise
- Zwischenozonung in Betonkammern, Desinfektionsstufe
- Filtration über Aktivkohlefilter in Betonbauweise



Abb. 5: Renovierte Gebäude und neuer Ultrafiltrationsanbau (ganz rechts) des SWW Meilen

In diesem Multibarrieren-Aufbereitungssystem fällt Schwemmwasser an durch:

- Rückspülung der Dreischichtfilter (Spülphasen mit Luft, Luft-Wasser und Wasser)
- Rückspülung der Aktivkohlefilter (Spülphasen mit Luft und Wasser oder nur Wasser allein)

Auch hier werden die mit organischen und anorganischen Feststoffen belasteten Wässer in einem Schwemmwasserbecken gesammelt. Die Beschickungsmenge der getauchten UF-Membranen wird durch ein mehrstufiges Lastmanagement zwischen 10 und 18 m³/h gewählt.

Im Membranfiltrationsbecken aus Beton (Abbildung 6) ist ein Rack mit 22 Modulen, Membrantyp ZeeWeed 500 C, eingebaut. Die aktive Membranflächensumme beträgt 440 m². Bei einer Aufbereitung von 18 m³/h entsteht ein Maximalflux von 41 l/(m²h).



Abb. 6: Ultrafiltrationsbetrieb der getauchten Membran, SWW Meilen

Ergebnisse aus der Schwemmwasseraufbereitung, SWW Meilen

Filtrationszyklen

In der Abbildung 7 sind typische Filtrationszyklen während einer Phase mit erhöhter Algenbiomasse im See aufgezeichnet. Die fortwährend registrierte Permeabilität verringert sich während einer 15-minütigen Filtration um 9 - 12 mbar. Pro Minute resultierte also ein Verlust von ungefähr 0.7 mbar. Diese typischen Betriebswerte wurden unter den folgenden Rückspülbedingungen erzielt:

- alle 15 Minuten eine Permeatspülung für 45 Sekunden
- nach 12 Betriebsstunden findet ein Tankdrain statt, bei jeder zweiten Entleerung folgt anschliessend eine Maintenance-Reinigung mit NaOCl (ca. 50 mg/l Cl₂)
- jährlich wird eine Recovery-Reinigung (oxidativ und sauer) durchgeführt

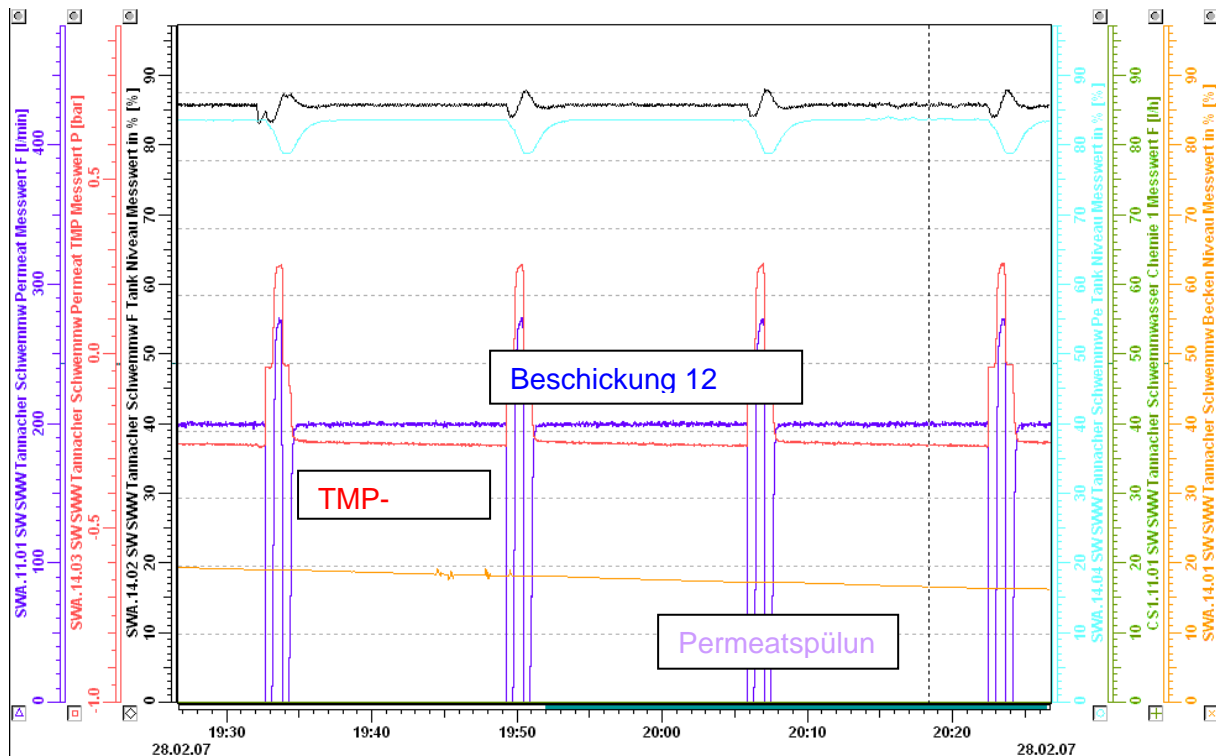


Abb. 7: Typischer Filtrationsverlauf bei verhältnismässig stark belastetem Schwemmwasser

Maintenance-Reinigung

Ein Tankdrain mit anschliessender Maintenance-Reinigung hat einen grossen Einfluss auf den Verlauf des Transmembrandrucks (TMP) während der Filtration. Wenn nach 12-stündigem Betrieb ein Tankdrain ansteht, kann der Druckverlust über einen Filtrationszyklus auf bis zu 60 mbar angestiegen sein. Nach der Reinigung fällt dieser wieder auf Werte um die 5 mbar zurück, was die Effizienz dieses Reinigungsvorgangs betont (siehe Abbildung 8).

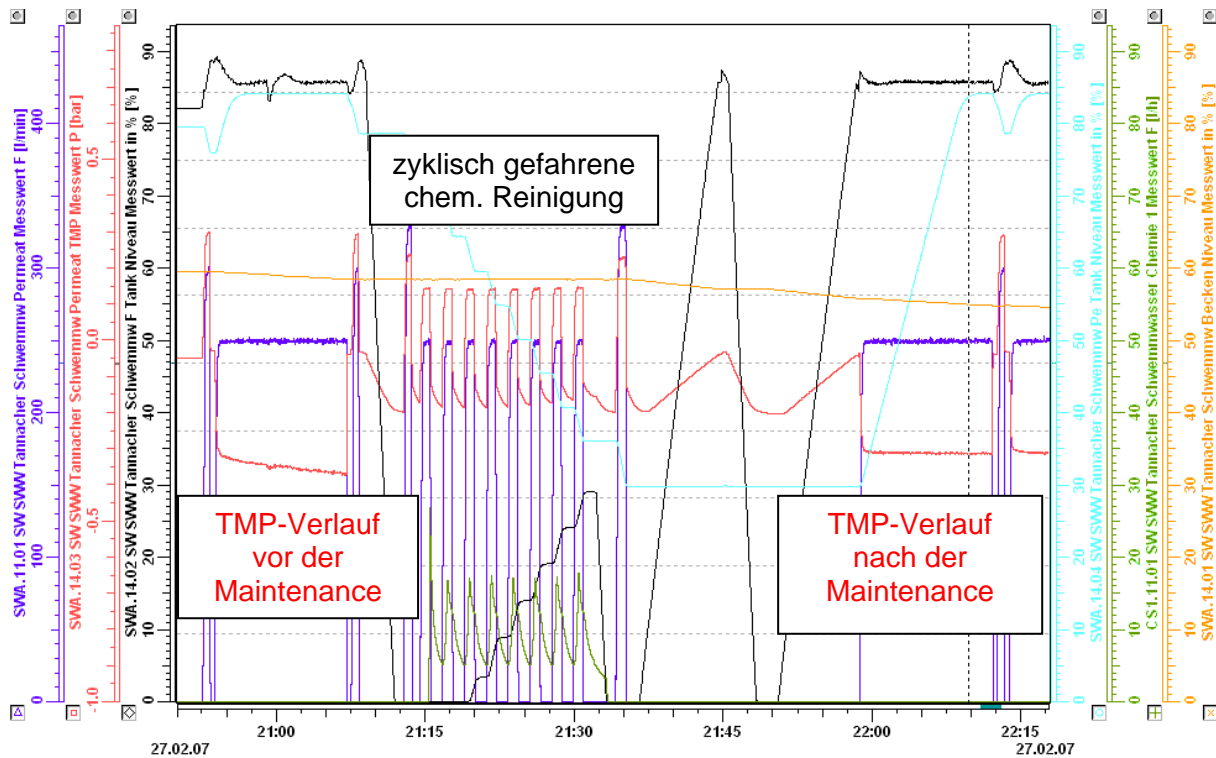


Abb. 8: Transmembrandruck vor und nach Tankdrain mit chemischer Reinigung

Permeabilität

Nach der Inbetriebnahme der Schwemmwasseraufbereitung wurde in den ersten 4 Betriebsmonaten ein irreversibler Verlust an Permeabilität von rund 10% festgestellt. Während dieser Zeit entsprach die Betriebsweise, bedingt durch Montage- oder Optimierungsarbeiten an anderen Anlagenteilen, noch nicht dem tatsächlichen Schwemmwasseraufbereitungsbetrieb. Die Initial-Permeabilität wurde Ende Januar erreicht. Über die folgenden 11 Monate im Normalbetrieb reduzierte sich die Permeabilität gleichmässig nochmals um 10%.

Obwohl im Dezember 2006 die Permeabilität noch etwas über 200 l/(m²h) lag, entschloss man sich, doch schon eine leichte Version (leicht oxidativ + pH 2.5 mittels Salpetersäure) der Recovery-Reinigung durchzuführen. Die Permeabilität erhöhte sich dadurch um etwa 7% auf 215 l/(m²h) wie in Abbildung 9 zu sehen ist.

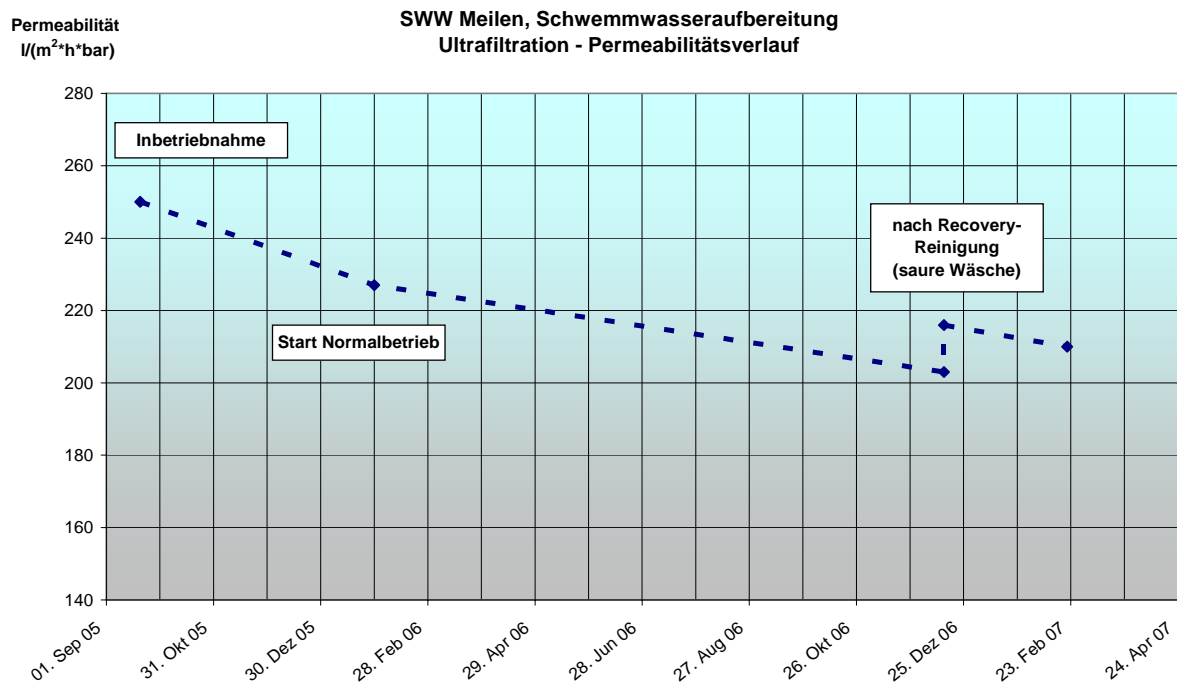


Abb. 9: Permeabilitätsverlauf im ersten Betriebsjahr, SWW Meilen

Permeat- und Konzentratqualität

Die Qualität im Permeat und Konzentrat (Abbildung 10) wird jeweils bei einer Veränderung der Rohwasserbeschaffenheit analysiert. Die in Tabelle 2 dargestellten Daten zeigen die Qualitätswerte bei einem stark mit Algenbiomasse belasteten See- bzw. Schwemmwasser. Die Permeatqualität ist im Seewasserwerk Meilen von noch grösserem Interesse, weil hier das gereinigte Schwemmwasser in den Prozess rückgeführt wird.



Abb. 10: Unterschied zwischen Konzentrat und Permeat – eine klare Sache

Parameter	Einheit	Konzentrat (aufkonzentriertes Schwemmwasser)	Permeat (Membranfiltrat)
Trübung	NTU	n.b. (nicht bestimmt)	< 0.02
GUST	mg/l	560	n.b. (nicht bestimmt)
DOC	mg/l	5.9	1.3
SAK 254 nm	1/m	4.24	1.35
Biomasse	mg/l	183	n.b.
Biomasse/GUST	%	32.6	n.b.
Keimzahl 30°C	KBE/ml	n.b.	< 10

Tab. 2: Gütwerte des Schwemmwassers (das Permeat wird zu den Dreischichtfiltern zurückgeführt)

Wasserbilanz

Die als Dreischichtfilter mit Quarzsand, Anthrazit und Bimsstein ausgerüsteten Vorfilter werden im Normalfall nach 100 Betriebsstunden mit Luft, Luft-Wasser und Wasser rückgespült. Die Aktivkohlefilter werden alle 500 Betriebsstunden, normalerweise nur mit Wasser, rückgespült. Periodisch werden die Aktivkohlefilter einer Intensivspülung mit zusätzlicher Luftphase unterzogen. Bei den Vorfiltern können Rückspülungen, zusätzlich zu den zeitabhängigen, bei Erreichen des zugelassenen Druckverlusts über die Filtermedien ausgelöst werden. Filterbeladungen, die Spülungen automatisch auslösen, treten aber nur bei hohen Trübstoffwerten im Seewasser auf.

Jahresproduktion in m ³	Spülwasserver- brauch in m ³	Recyclingmenge in m ³		Schlammwasser zur ARA in m ³	
1'591'582	24'996	20'603		4'393	
Jahresproduktion in %	Spülwasserver- brauch in % zur Jahresproduktion	Recyclingmenge in % zur Jahresproduktion	Recyclingmenge in % zum Spülwasser	Schlammwasser in % zur Jahresproduktion	Schlammwasser in % zum Spülwasser
100	1.57	1.29	82.5	0.28	17.5

Tab. 3: Wasserbilanz im Betriebsjahr 2006

Ein Multibarrieren-Aufbereitungssystem zur Trinkwasserherstellung mit integrierter Schwemmwasseraufbereitung durch Membrantechnik kann bei optimalen Bedingungen eine Ausbeute von über 99.5% erreichen. Je nach Auslastung der Kapazitäten eines Werks sind Schlammwasserabgaben in die Kanalisation von weniger als 0.2% der produzierten Trinkwassermenge möglich.

Wenn die Hauptaufbereitungskette eine Ultrafiltrations-Membranstufe beinhaltet, wird die Ausbeute unter 98% liegen. Wegen den notwendigen UF-Membranrückspülungen mit Chemikalien kann weniger Permeat aus der Schwemmwasseraufbereitung zurückgeführt werden.

Schlussfolgerung

Die Ultrafiltration, die mit Sicherheit aus Schwemmwasser ein Wasser mit besserer Qualität liefert als sie das Rohwasser hat, wird helfen, allfällig vorhandene Bedenken betreffend Wasserrecycling in Trinkwasserwerken zu beseitigen.

Wird das Wasser wieder verwendet, könnte auch mehr davon für Spülzwecke benutzt werden und Wasserwerke – speziell solche mit einer Ultrafiltration und/oder mit Spülwasserverbrauch erhöhenden Einschichtfiltern oder anderen mechanischen Filtersystemen – werden mit Vorteil auch das Schwemmwasser mit einer Ultrafiltration aufbereiten.

Namentlich bei Anlagen zu denen das Rohwasser weit heraufgepumpt werden muss, bevor es aufbereitet wird, sollte ein möglichst vollständiges Wasserrecycling angestrebt werden.

Bei stark mit Feststoffen belastetem Schwemmwasser haben sich Ultrafiltrationen mit getauchten Membranen bewährt. Solche Membran-Racks können einfach in bestehende Anlagenkonzepte integriert werden.

Der geringere Platzbedarf einer Ultrafiltration, verglichen mit einer Raumfiltrationsvariante, wird es nahezu überall ermöglichen, zum Beispiel durch Abtrennung eines Teils des Absetzbeckens, eine Schwemmwasseraufbereitung mit Membranmodulen einzusetzen.

Die Herstellung eines mikrobiologisch einwandfreien Produkts in der Schwemmwasseraufbereitung erlaubt dessen uneingeschränkte Rückführung in den Aufbereitungsprozess. Ein weiterer Schritt Ressourcen zu schonen und von einer End-of-Pipe-Lösung wegzukommen, kann durch Schwemmwasserrecycling getan werden.

Verdankung

Ausdrücklicher Dank geht an die Energie und Wasser Meilen AG, den Herren P. Schönbächler, B. Peterhans + R. Bixa, und der Betriebsleitung des SWW Männedorf, den Herren H.-U. Stocker und E. Zuberbühler, für die wertvolle Mitarbeit und Unterstützung.

Darüber hinaus geht unser Dank an den projektierenden Ingenieur des SWW Meilen, Herrn Max Geisser, vom Ingenieurbüro OGB in Meilen.

Literaturverzeichnis

- *Wasserversorgung Zürich – WABAG Wassertechnik: Zürichseewasseraufbereitung mit Membranfiltration im SWW Moos 2003/2004, interner Bericht*
- *Kantonales Labor Zürich: Diverse analytische Untersuchungen 2006/2007*

Keywords

Schwemmwasseraufbereitung – Membrantechnik – Wasserrecycling

Adresse des Autors

Daniel Vescoli
Projektierung Wassertechnik
WABAG Wassertechnik AG
Bürglistrasse 31
8400 Winterthur
Tel. + 41 (0)52 262 43 34
Fax. + 41 (0)52 262 00 73
daniel.vescoli@wabag.net

Arnold Gmünder
arnold.gmuender@wabag.net