

Einsatz der Membrantechnik zur Entsalzung eines harten, chlorid- und selenhaltigen Grundwassers

Nanofiltrations- und Umkehrosmoseanlagen werden beispielsweise zur Entsalzung von Meer- und Brackwasser sowie im Rahmen der Abwasserwiederverwendung weltweit zunehmend eingesetzt. In der kommunalen Trinkwasserversorgung Deutschlands finden sie bislang nur in Einzelfällen Verwendung. Um dem steigenden Wunsch nach weicherem Wasser zu entsprechen, könnten diese Verfahren jedoch an Bedeutung gewinnen. Wesentlich für die Anlagenkonzeption ist die Festlegung geeigneter Betriebsparameter, die auch Korrosionskenngrößen berücksichtigt sowie die Konzentratentsorgung.

Zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung müssen die Stadtwerke Bad Dürkheim zunehmend auf ein relativ stark mineralisiertes Wasser aus einem artesischen Brunnen zurückgreifen. Neben der hohen Härte des Wassers von 26 °dH sowie einer Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes für Selen ist dabei aus korrosionschemischer Sicht der hohe Chloridgehalt (ca. 250 mg/l) problematisch. Vom DVGW Technologiezentrum Wasser (TZW) in Karlsruhe wurde auf der Basis einer über einen Zeitraum von neun Monaten durchgeführten Pilotierung, ein Verfahrensvorschlag zur Teilentsalzung und Stabilisierung des Brunnenwassers erarbeitet. Die Anlage mit einer Nennleistung von 290 m³/h (Jahresabgabe ca. 1 Mio. m³/a) wurde nach rund 1,5 Jahren Planungs- und Bauzeit im Oktober 2005 in Betrieb genommen. Ausführende Firma war die ELGA Berkefeld GmbH, Celle. Im Folgenden werden die Erfahrungen aus den ersten 15 Monaten des großtechnischen Betriebs und wesentliche Ergebnisse der Pilotierung mitgeteilt.

Aufbereitungstechnik

Grundlage des Verfahrenskonzeptes waren die Ergebnisse der Pilotierung mit einer kleintechnischen Anlage (Durchsatz 2 m³/h). Danach konnte im vorliegenden Fall durch geeignete Prozessführung auf eine Entmanganung des Zulaufs der Umkehrosmoseanlage (UO) verzichtet werden (Mangan Gehalt im Rohwasser maximal 0,2 mg/l). Darüber hinaus ergaben Korrosionsversuche, dass eine Stabilisierung des entsalzten Wassers erforderlich ist.

Das Kernstück der neu errichteten Trinkwasseraufbereitungsanlage bildet die UO-Stufe, der eine Entsäuerungsfiltration (dichtes Calciumkarbonat) im Teilstrom zur Rekarbonatisierung sowie eine Riesleranlage zur mechanischen Entsäuerung nachgeschaltet ist. Eine Teilmenge von im Jahresmittel ca. 10 Prozent des Rohwassers wird nicht durch die Umkehrosmoseanlage entsalzt, sondern einer Entman-

ganung in einem Quarzsandfilter unterzogen und dem Hauptstrom vor der Riesleranlage zugespeist. Dieser Teilstrom dient u. a. dazu, eine gewisse Mineralisierung des Trinkwassers zu gewährleisten. Das Verfahrensschema ist in **Abbildung 1** dargestellt.

Bei der Konzeption waren stark unterschiedliche Lastfälle mit Durchsatzmengen

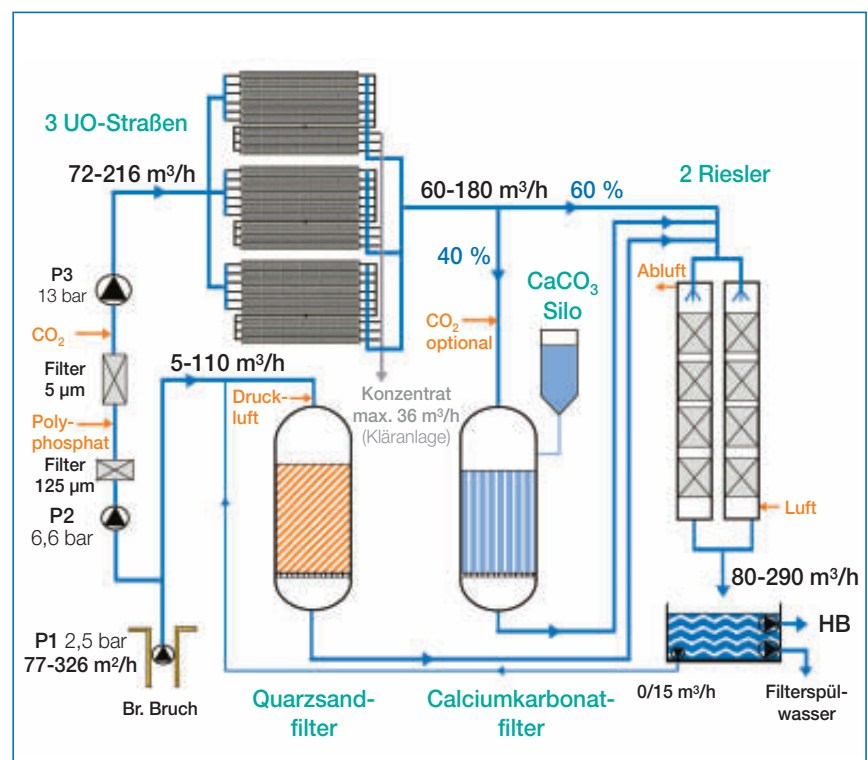


Abb. 1: Verfahrensschema der Trinkwasser-Entsalzungsanlage in Bad Dürkheim

Quelle: Dr. Stauder

zwischen 80 und 290 m³/h zu berücksichtigen. Die drei UO-Straßen werden hierzu bedarfsweise zu- bzw. abgeschaltet und die Volumenströme in den übrigen Anlagenteilen entsprechend angepasst. Dies erfolgt abhängig vom Wasserstand in den nachgeschalteten Hochbehältern automatisch.

Die drei Straßen der **UO-Anlage** haben eine Permeatleistung von jeweils 60 m³/h und sind 2-stufig ausgeführt. Das Konzentrat der ersten Stufe wird dabei einer zweiten Membranstufe zugeführt und damit eine Ausbeute von 83 Prozent erzielt. Der Zulaufdruck beträgt rund 13 bar. Als Antiscalants werden Natriumtripolyphosphat (ca. 5 mg/l PO₄³⁻) und CO₂ (ca. 125 mg/l) in UO-Zulauf dosiert. Die Auswahl dieser Chemikalien, die zur Vermeidung von Ausfällungen in den Membranmodulen erforderlich sind, erfolgte im Hinblick auf die zum Zeitpunkt der Untersuchungen geltenden gesetzlichen Bestimmungen. Das Konzentrat wird in die kommunale Kläranlage entsorgt. Wesentliche Kenndaten der UO-Anlage zeigt **Tabelle 1**.

Im Regelbetrieb wird im Bypass zur UO-Entsorgung ein Volumenstrom an Rohwasser von 5 bzw. 10 m³/h über ein **Quarzsandfilter** (Schütthöhe 2,2 m, Körnung 0,71-1,25 mm) behandelt. Dies dient zur Entmanganung, wobei der erforderliche Sauerstoff durch Zumischung von 15 m³/h an belüftetem Wasser aus dem Reinwasserbehälter eingebracht wird. Der Anteil an nicht entsalztem Brunnenwasser im Trinkwasser beträgt bei dieser Fahrweise ca. 8 Prozent. In Ausnahmesituationen kann bis zu ca. 110 m³/h Rohwasser über das Quarzsandfilter behandelt werden, wobei dann keine Reinwasserrückführung erfolgt, sondern Sauerstoff durch eine Druckluftzugabe (ca. 2,5 Nm³/h) im Filterzulauf eingebracht wird. Aus dem Filterdurchmesser von 2,6 m errechnen sich für die genannten Betriebszustände Filtergeschwindigkeiten zwischen 4 und 20 m/h.

Im **Calciumcarbonatfilter** wird ein Teilstrom des UO-Permeates zur korrosionschemischen Stabilisierung des Trinkwassers recarbonisiert. Die Leerbettkontaktzeit beträgt abhängig vom Betriebsfall zwischen 12 und 18 Minuten. Für den Fall, dass zu einem späteren Zeitpunkt ein anderes Antiscalant eingesetzt und auf die CO₂-Dosierung im Zulauf zur UO-Stufe verzichtet werden soll, wurde die Möglichkeit vorgesehen, vor dem Calciumcarbonatfilter CO₂ zu dosieren. Die Verbrauchsmenge an Calciumcarbonat wird



Abb. 2: Neue Trinkwasseraufbereitung Bad Dürkheim mit UO-Straße 1 im Vordergrund

Quelle: Dr. Stauder

in Abständen von zwei bis drei Wochen aus einem 30 m³ fassenden Vorratssilo nachgefüllt.

Die **Verrieselung** der drei Teilströme UO-Permeat, Ablauf Calciumcarbonatfilter und Ablauf Quarzsandfilter über eine Schüttung aus Kunststofffüllkörpern dient zur Anhebung des pH-Wertes („Entsäuerung“). In den beiden Rieslern wird dabei Luft im Gegenstrom eingeblasen (Füllkörperschütthöhe: 4,5 m, Luft/Wasser-Verhältnis: maximal 25 Nm³/m³). In **Abbildung 2** sind im Vordergrund eine der drei

UO-Straßen und im Hintergrund die beiden Druckfilterkessel zu erkennen, in denen sich Quarzsand bzw. dichtes Calciumcarbonat befindet.

Betriebsergebnisse Großanlage

Die Behandlung des Rohwassers durch Umkehrosmose führt zu einer weitestgehenden Entsalzung. Wie aus den in der linken Spalte („Zulauf UO“) von **Tabelle 2** aufgelisteten Ergebnissen hervorgeht, ist das Rohwasser mit einer Leitfähigkeit von rund 150 mS/m (25 °C) deutlich mineralisiert. Die Wassertemperatur beträgt

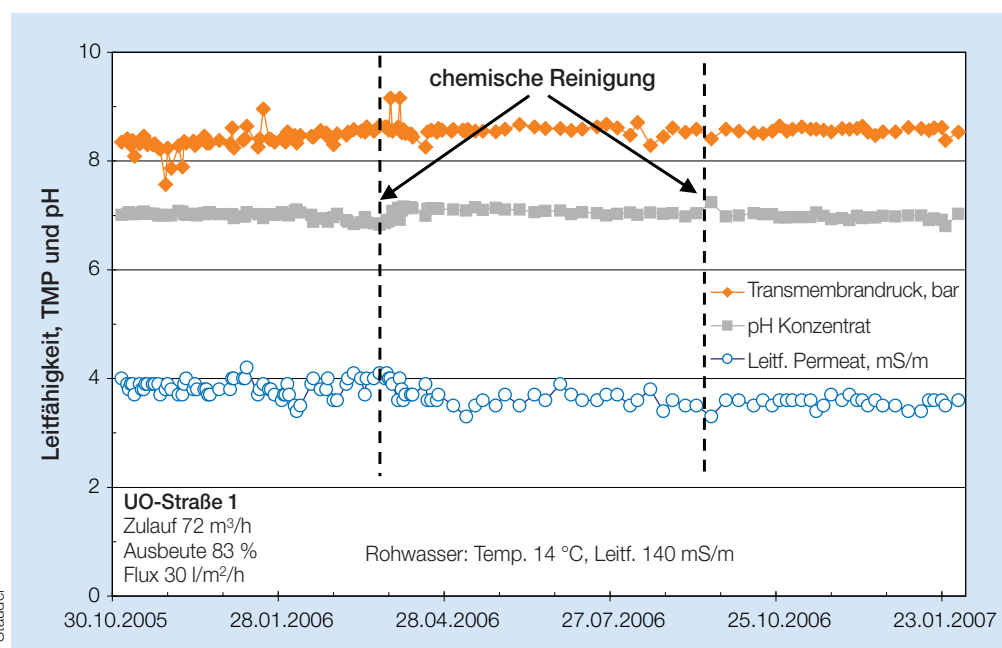


Abb. 3: Daten der UO-Straße 1 in den ersten 15 Betriebsmonaten

Quelle: Dr. Stauder

konstant ca. 14 °C. Addiert man sämtliche analytisch ermittelten Inhaltsstoffe, so ergibt sich ein Salzgehalt (TDS = total dissolved solids) von ca. 1.000 mg/l. Entsprechend den Redoxbedingungen (sauerstofffrei, nitrathaltig) weist das Wasser erhöhte Mangankonzentrationen auf, ist jedoch eisenfrei. Natürliche organische Wasserinhaltsstoffe sind lediglich in geringen Mengen vorhanden, wie aus dem Wert von 0,75 mg/l für den TOC (total dissolved carbon) hervorgeht. Hinzuweisen ist auf die erhöhte Selenkonzentration von 0,03 mg/l (Grenzwert TrinkwV (2001) 0,01 mg/l). Im Zusammenhang mit einem möglichen Membranscaling sind die Barium-, Strontium- und Siliciumgehalte als relevant anzusehen. Die relativ hohen Gehalte an Kohlendioxid und Phosphat im Zulauf zur UO-Anlage sind durch die Zudosierung dieser Stoffe zum Rohwasser bedingt.

Der Rückhalt der einzelnen Wasserinhaltsstoffe in der UO-Membrananlage geht aus einem Vergleich der Zu- und Ablaufwerte in Tabelle 2 hervor. Erwartungsgemäß werden nahezu alle Inhaltsstoffe mit Wirkungsgraden von über 90 Prozent zurückgehalten. Lediglich das gasförmige CO₂ passiert

die Membranen ungehindert, und das in Form von Borsäure (B(OH)₃) als ungeladenes Molekül vorliegende Bor wird nur zu rund 50 Prozent eliminiert. Das Rückhaltevermögen bezüglich der einwertigen Kationen und Anionen beträgt mindestens 93 Prozent (Nitrat). Spurenelemente wie z. B. Mangan- und Lithiumkationen oder Uran, Arsen und Selen, die als geladene Oxo-komplexe vorliegen, werden ebenso wie das in den Zulauf der Anlage dosierte Phosphat nahezu vollständig eliminiert. Betrachtet man die Größen TDS sowie Leitfähigkeit, so ergibt sich ein Salzurückhalt von rund 98 Prozent.

Neben dem Rückhalt der gelösten Wasserinhaltsstoffe ist zur Beurteilung von UO-Anlagen das Langzeitverhalten der Membranen hinsichtlich einer möglichen Verblockung (Scaling/Fouling) von Interesse. Diese wird zum einen durch die konzentratseitige Übersättigung geringlöslicher Salze (z. B. Calcium- und Bariumsulfat, Silikate) und zum anderen durch die Anreicherung von organischen Inhaltsstoffen sowie einer dadurch gegebenenfalls bedingten Bakterienvermehrung beeinflusst.

Zur Feststellung eines etwaigen Membranscalings wurden Daten der Routineüberwachung der UO-Straße 1 aus der Zeit 4. November 2005 bis 1. Februar 2007 ausgewertet. Alle drei UO-Straßen wiesen Anfang Februar 2007, d. h. nach den ersten 15 Betriebsmonaten, eine vergleichbare Laufzeit von rund 6.600 Stunden auf und hatten zu diesem Zeitpunkt jeweils rund 0,4 Mio. m³ Permeat produziert (200 m³/m² Membranfläche). Aus **Abbildung 3** geht ein weitestgehend konstanter Verlauf des Transmembrandrucks, der Permeatleitfähigkeit sowie des pH-Wertes im Konzentrat (Steuergröße für die CO₂-Zugabe im UO-Zulauf) über den gesamten Betrachtungszeitraum hervor. Hinweise auf ein Membranscaling ergaben sich somit nicht. Aus Vorsorgegründen erfolgten dennoch alkalische Reinigungen der Membranen in Abständen von fünf bis sechs Monaten.

In der **Quarzsandfilterstufe** gelingt bei allen Betriebszuständen eine ausreichende Entmanganung (Maximalwert 0,013 mg/l in diesem Teilstrom bei einer Filtergeschwindigkeit von 20 m/h). Die Sauerstoffgehalte im Filtrat lagen dabei zwischen 3-4 mg/l bei Druckluftdosierung und 7-9 mg/l

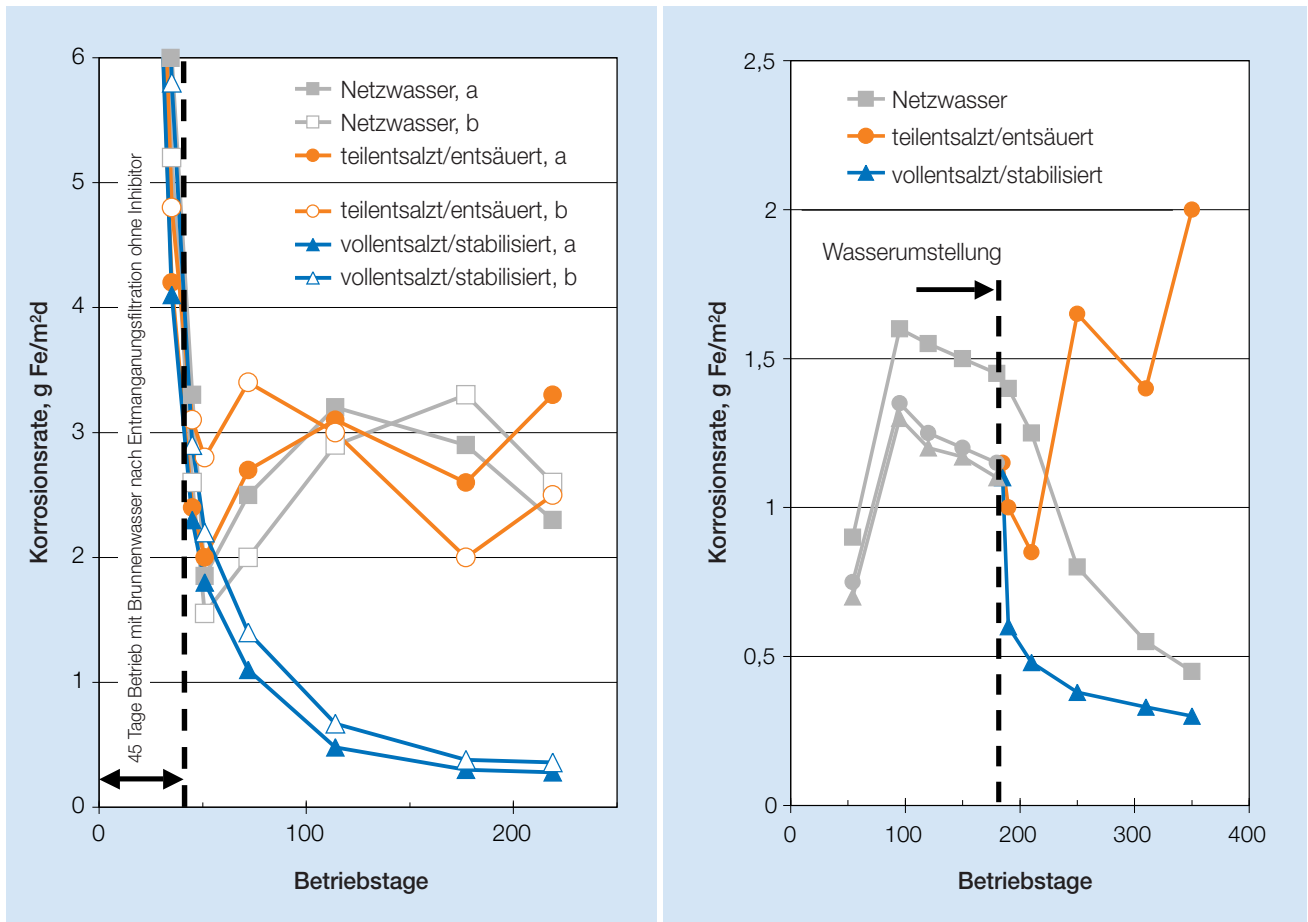


Abb. 4: Korrosionsraten in Stahlrohren bei Betrieb mit verschiedenen Wässern (links nach „Vorkorrosion“, rechts Auswirkung eines Wasserwechsels)

Quelle: Dr. Stauder

DVGW-zertifiziert

ProMaqua[®]
a ProMinent Company

DVGW-zertifizierte Desinfektions-sicherheit – mit ProMinent

Experts in Chem-Feed and Water Treatment



UV-Anlagen Dulcodes Z für die Trinkwasserdesinfektion

- Geringe Betriebskosten: lange Strahlerlebensdauer von 14.000 Betriebsstunden
- Hohe Desinfektionssicherheit: Überwachung von Strahleralterung, Verschmutzung und Wasserqualität mittels UV-C-Sensor
- Variable Einbaumöglichkeiten: Leistung vom DVGW ohne Einbaubeschränkungen zertifiziert
- Steuerung mit umfangreichen Steuer-, Melde- und Überwachungsfunktionen

 www.promaqua.de/uv

ProMinent ProMaqua GmbH • www.promaqua.com
Maaßstraße 32/1 • 69123 Heidelberg • Germany
Telefon +49 6221 6489-0 • Fax +49 6221 6489-400

bei Reinwasserrückführung. Der CO₂-Umsatz im Calciumkarbonatfilter beträgt ca. 50 Prozent, wodurch die Konzentrationen an Calcium- und Hydrogenkarbonationen im Filterablauf auf rund 75 mg/l Ca²⁺ bzw. 225 mg/l HCO₃⁻ ansteigen. Der Wirkungsgrad des CO₂-Austrags in der nachgeschalteten Riesleranlage wurde auf 95 Prozent eingestellt. Bei der durch Abstimmung der drei Teilströme eingestellten Konzentration an Hydrogenkarbonat von rund 130 mg/l steigt dadurch der pH-Wert auf 7,8-8,0 im Reinwasser an.

Korrosionschemische Voruntersuchungen

Um die Erfordernis von Maßnahmen zur Stabilisierung des entsalzten Wassers zu untersuchen und die Auswirkungen eines Wasserwechsels abschätzen zu können, wurden während der Pilotierung auch Korrosionsversuche durchgeführt. Dabei erfolgten Messungen mit ungeschützten Stahlrohren (3/4", Länge 1 m) und mit Messingbauteilen.

Für vergleichende Korrosionsuntersuchungen wurden sechs Stahlrohre zunächst

über 45 Tage mit Brunnenwasser nach Entmanganungsfiltration ohne Zugabe eines Korrosionsinhibitors durchströmt und damit gezielt korrodiert. Anschließend erfolgte eine sechsmonatige Beaufschlagung mit den drei nachfolgend aufgelisteten Wässern (jeweils zwei Rohre parallel mit einem Wassertyp, „a“ und „b“ in Abb. 4).

- „Netzwasser“ (nach Entmanganungsfiltration und Zugabe eines Korrosionsinhibitors = bisheriges Trinkwasser)
- teilentsalzt/entsäuert (70 Prozent UO-entsalztes Wasser, mechanisch entsäuert)
- vollentsalzt/stabilisiert (100 Prozent UO-entsalztes Wasser, CaCO₃-Filtration und mechanisch entsäuert)

Die linke Grafik in Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der Messungen zur Korrosionsrate in den Testrohren. Die Korrosionsrate beruht auf der Messung des Sauerstoffverbrauchs im geschlossenen System und gibt Auskunft darüber, in welchem Umfang ein Werkstoff korrodiert. Die Korrosionsraten des inhibierten Netzwassers sowie des teilentsalzten und mechanisch entsäuerten Wassers lagen

nach einer Laufzeit von 220 Tagen auf einem konstant hohen Niveau von 2 bis 3 g Fe/m²/d. Im Vergleich hierzu waren die Korrosionsraten für das vollentsalzte und durch Calciumkarbonatfiltration sowie mechanische Entsäuerung stabilisierte Wasser mit Werten um 0,3 g Fe/m²/d deutlich niedriger.

Auf der rechten Grafik in Abbildung 4 sind die Ergebnisse der Messungen zur Auswirkung einer Wasserumstellung dargestellt. Nach einem sechsmonatigen Betrieb von drei Stahlrohren mit dem „Netzwasser“ (Wasser 1) wurde bei dieser Messreihe eines der Rohre für weitere sechs Monate mit dem Wasser 2 (teilentsalzt/entsäuert), ein zweites mit dem Wasser 3 (vollentsalzt/stabilisiert) und das dritte weiterhin mit „Netzwasser“ durchströmt. Es ist zu erkennen, dass die Korrosionsraten für alle drei Rohre nach einer Laufzeit von sechs Monaten bei Werten zwischen 1,0 und 1,5 g Fe/m²/d lagen. Nach der Wasserumstellung nahmen dann die Korrosionsraten für Wasser 2 kurzzeitig ab, stiegen jedoch im weiteren Verlauf deutlich an.

Tabelle 1: Kenndaten der Umkehrosmoseanlage

Membrantyp – FilmTec (DOW) (Polyamid Thin Film Composite)		LE-400
Permeatkapazität	m ³ /h	180
max. Konzentratstrom	m ³ /h	36
Je UO-Straße		
Zulauf Rohwasser	m ³ /h	72
Nennweite Grob-/Feinsieb	µm	125/5
Vordruck 1./2.-Stufe	bar	13/11
Anzahl 8 Zoll Druckrohre 1./2.-Stufe		6/3
Anzahl Elemente je Druckrohr		6
Länge/Fläche pro Element	m/m ²	1/37
Mittlere Flächenbelastung (Flux)	l/m²/h	30
CO ₂ -Zugabe	kg/h	9
Zugabe Polyphosphatlösung	l/h	1,08

Quelle: Dr. Stauder

Tabelle 2: Beschaffenheit des Zu- und Ablaufs der Umkehrosmoseanlagen am 12. April 2006

		Zulauf UO	Ablauf UO	Entf. %
Kohlendioxid	mg/l	175	170	0
Calcium	mg/l	129	0,9	99
Magnesium	mg/l	33,9	< 0,5	> 98
Natrium	mg/l	119	5,2	96
Kalium	mg/l	13,7	0,8	94
Sulfat	mg/l	98,4	< 1	> 99
Chlorid	mg/l	250	3,1	99
Nitrat	mg/l	32,8	2,3	93
Hydrogencarbonat	mg/l	325	10,0	97
Phosphat, gesamt	mg/l	4,4	< 0,01	> 99
Strontium	µg/l	2970	4	> 99
Barium	µg/l	190	< 10	> 95
Lithium	µg/l	441	10	98
Rubidium	µg/l	43	2	95
Cäsium	µg/l	21	1	95
Arsen	µg/l	7	< 1	> 85
Selen	µg/l	32	< 1	> 97
Bor	µg/l	150	80	46
Uran	µg/l	5,7	< 0,1	> 98
Silicium	µg/l	5.300	< 100	> 98
Mangan	µg/l	133	< 0,5	> 99
TOC	mg/l	0,75	< 0,3	> 60
TDS	mg/l	1010	20	98
Leitfähigkeit (25 °C)	mS/m	149	4	97

Quelle: Dr. Stauder

Nach zwölf Monaten betrugen sie 2 g Fe/m²/d, bei steigender Tendenz. Im Gegensatz dazu gingen die Korrosionsraten durch die Umstellung vom Wasser 1 auf das Wasser 3 stark zurück. Die Korrosionsraten bei Wasser 1 zeigen den üblichen mit der Versuchszeit langsam abnehmenden Verlauf. Nach diesen Ergebnissen hätten bei der großtechnischen Realisierung einer Teilentsalzung mit Nachbehandlung durch mechanische Entsäuerung weiterhin Korrosionsinhibi-

toren zur Vermeidung von Rostwasserproblemen dosiert werden müssen.

Die Untersuchungen zum Verhalten der drei Wässer hinsichtlich Entzinkungserscheinungen an Messingbauteilen bestätigten die Einstufung aus den Untersuchungen mit ungeschützten Stahlrohren. Auch hierbei zeigte das vollentsalzte und zusätzlich mittels CaCO₃-Filtration behandelte UO-Permeat ein deutlich günstigeres korrosionschemi-

sches Verhalten als die beiden anderen untersuchten Wässer.

Zusammenfassung und Ausblick

Nach 2,5-jähriger Pilotierungs-, Planungs- und Bauzeit wurde 2005 in Bad Dürkheim eine Teilentsalungsanlage mit Umkehrosmosetechnik und Nachbehandlung zur Stabilisierung für einen maximalen Volumenstrom von 290 m³/h in Betrieb genommen. Einschließlich Gebäudeneubau und leitungstechnischer Arbeiten betragen die Investitionskosten 1,6 Mio. Euro, wovon etwa 50 Prozent auf die Verfahrenstechnik entfielen. Mit Kapitaldienst resultieren rund 0,35 Euro/m³ spezifische Aufbereitungskosten. Für die Konzentratentsorgung in die kommunale Kläranlage fallen nochmals rund 0,35 Euro/m³ an.

Das für die öffentliche Trinkwasserversorgung zu behandelnde Rohwasser ist mit 26 °dH relativ hart, manganhaltig und durch erhöhte Konzentrationen an Natriumchlorid und Selen gekennzeichnet. Betriebsbegleitende Messungen ergaben, dass die neue Anlage die betrieblichen und wasserchemischen Vorgaben in vollem Umfang erfüllt. Die Membranen arbeiten über bislang 15 Monate stabil und das abgegebene Wasser weist eine Härte von rund 9 °dH sowie auch ansonsten eine mit den anderen in Bad Dürkheim genutzten Quell- und Brunnenwässern vergleichbare Zusammensetzung auf.

Bei der Entsalzung mittels Nanofiltrations- und Umkehrosmosemembranen handelt es sich um eine relativ aufwändige Technik, die jedoch ausgereift und weitestgehend automatisierbar ist. Abhängig von den im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen zur Vorbehandlung (z. B. Vermeidung von Partikel- bzw. Biofouling) und Nachbehandlung zur Stabilisierung resultieren spezifische Kosten von 0,3-0,5 Euro/m³ (ohne Abwasserentsorgung) [1]. Die für den Verbraucher möglichen Einsparungen durch Verwendung eines weicheren Wassers liegen in der gleichen Größenordnung [2]. Der Einsatz der Membrantechnik zur Trinkwasserenthärtung kann somit auch unter ökonomischen Gesichtspunkten in Betracht gezogen werden. Insbesondere für kleinere Anlagen sowie bei Wässern mit erhöhtem Neutralsalzgehalt lässt sie im Vergleich zur Enthärtung mittels Entkarbonisierungsverfahren bzw. CARIX-Prozess Vorteile erwarten.

Ein wesentlicher Faktor, der bei der Projektierung einer Membranentsalzung von Anfang an berücksichtigt werden muss,

ist die Konzentrationsentsorgung. Abhängig vom Aufbereitungsziel fallen bis zu 25 Prozent Konzentrat an. Darin sind die abgetrennten Salze einschließlich der in der Regel für einen stabilen Betrieb der Membrananlage zuzudosierenden Antiscalantchemikalien enthalten. Bei einer Ableitung des Konzentrates in eine kommunale Kläranlage können sich die oben genannten spezifischen Kosten für eine Membranentsalzung verdoppeln. Deshalb wird in den meisten Fällen die Einleitung in die Vorflut anzustreben sein. Allerdings sind die bisher zur Verfügung stehenden Antiscalants diesbezüglich nicht unproblematisch. Hier wird dringender Forschungsbedarf zur Entwicklung alternativer Produkte bzw. Konzepte gesehen.

Der Einsatz der Membrantechnik, mit dem alleinigen Ziel, die Konzentrationen an anthropogenen Spurenstoffen (z. B. Pestizide, Pharmaka) zu minimieren, ist vor dem Hintergrund der Kosten sowie des Abwasseranfalls kritisch zu prüfen. Zu berücksichtigen ist auch, dass mittels Umkehrosmosemembranen „kleine“ und unpolare Substanzen nicht bzw. nur mit geringem Wirkungsgrad entfernt werden.

Literatur:

- [1] Lipp, P.; Baldauf, G.; Kühn, W.: Membranfiltrationsverfahren in der Trinkwasseraufbereitung – Leistung und Grenzen. gwf Wasser Abwasser 146 (13) (2005) S. 50-61.
- [2] Hillenbrand, T.; Böhm, E.; Kotz, C.; Schikorra, V.; Hesse, S.; Baldauf, G.: Zentrale Enthärtung von Trinkwasser – Eine ökologische und ökonomische Bewertung. Fraunhofer IRB Verlag (2004).

Autoren:

Dr. Stefan Stauder
Dr. Joseph Klinger/Dr. Günther Baldauf
DVGW Technologiezentrum Wasser
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721 9678-122
Fax: 0721 9678-109
E-Mail: stauder@tzw.de
Internet: www.tzw.de

Dipl.-Ing. Holger Mück
Stadtwerke Bad Dürkheim GmbH
Salinenstr. 36
67098 Bad Dürkheim
Tel.: 06322 935-811
Fax: 06322 935-814
E-Mail: holger.mueck@bad-duerkheim.de
Internet: www.sw-duerkheim.de ■

CLAROFOS® Phosphatspezialitäten zur Wasserbehandlung Chemische Fabrik Budenheim KG

- **Trinkwasserbehandlung** mit Phosphatmischprodukten nach Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasserverordnung 2001 mit dem Ziel:
 - *Eliminierung von Braunwasser*
 - *Korrosionsminderung bei unlegierten und verzinkten Eisenwerkstoffen*
 - *Reduzierung der Löslichkeit von Nickel und Blei in Armaturwerkstoffen und Bleileitungen*
 - *Verhinderung von Kupferflächen- und Kupferlochkorrosion*
 - *Verhütung von Steinablagerungen und Abbau von Inkrustierungen im Rohrnetz*
 - *Passivierung von Rohrnetzen nach mechanischer Reinigung*
- **Neu: Antiscalants** nach DIN EN Normen für Umkehrosmose- und Nanofiltrationsanlagen
- **Neu: Legionellenbekämpfung** mit CLAROFOS 388, Wirksamkeitsprüfung nach EN 1040
- **Neu: Molybdatfreie Produkte** zur Korrosionsinhibierung und Härtestabilisierung in geschlossenen wasserführenden Systemen
- **Kühlwasserbehandlung** mit dosierfertigen Formulierungen für offene und halboffene Kühlkreisläufe
- **Kesselwasserbehandlung** zur Verhinderung von Korrosionen und Vermeidung von Ablagerungen im Kessel und in Speisewasserzuleitungen
- **Autoklavenwasserbehandlung** beim Sterilisations- und Pasteurisationsprozess
- **Abwasserbehandlung** mit Phosphaten zur Einstellung eines ausgewogenen C:N:P Verhältnisses

Sie haben ein Problem?
Wir haben die Lösung!
Sprechen Sie uns an!

Chemische Fabrik Budenheim KG
Rheinstraße 27
55257 Budenheim, Germany
Telefon ++49. 61 39. 89. 223
Telefax ++49. 61 39. 89. 73 223
mhoffmann@budenheim-cfb.com
www.budenheim.com

Unser Unternehmen ist nach DIN EN ISO 9001 und DIN EN ISO 14001 zertifiziert
Produktion nach international anerkannten Standards wie HACCP, AIB, GMP
Jahrzehntelange internationale Erfahrung im Bereich Trink- und Industrierwasserbehandlung

