

# industrie WASSER

01/22

SONDERAUSGABE

aus dem Hause der

**CHEMIE  
TECHNIK**  
KOMPETENZ ENTSCHEIDET

PRODUKTION • TECHNIK • ENTSORGUNG

## Prozesswasser

Weltwasserbericht –  
die Lage 10

## Prozesswasser

Produktion von  
VE-Wasser 16

## Prozesswasser

Membranverfahren er-  
schließt Quellen 20

## Prozesswasser

Grundwassersanie-  
rung an Gaswerk 28

## Ausrüstung

Neuheiten zur  
Ifat 2022 32

## Einblick

Grüner Wasserstoff  
aus Abwasser 38

## Abwasser

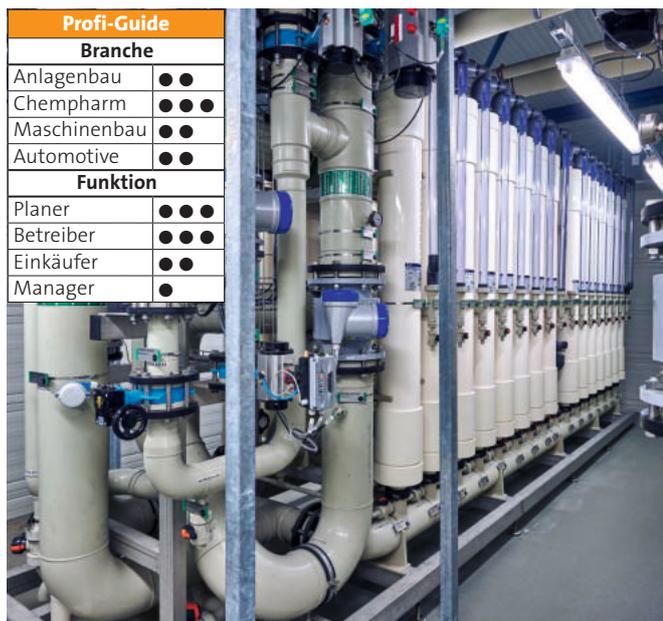
Luftmengenregelung  
in Kläranlagen 40

## Abwasser

Energieeffizienz bei  
der Belüftung 50

## Hohe Wasserqualität auch bei Dürre

von OSMO Membrane Systems



Ultrafiltrationsanlagen können auch Fluss- und Abwasser zu Prozesswasser aufbereiten.

Bilder: Osmo Membrane Systems

**Membranverfahren für effiziente Wassernutzung**

# Hohe Wasserqualität auch bei Dürre

Bei Wasserknappheit steht der Industrie weniger Grundwasser aus Tiefbrunnen zur Verfügung. Mit Membranverfahren lassen sich jedoch andere Quellen erschließen.

**W**eltweit betrachtet hat sich der Wasserverbrauch seit den 1960er Jahren mehr als verdoppelt. Bereits heute ist laut World Research Institute mehr als ein Drittel der Weltbevölkerung direkt von starkem bis extrem starkem Wasserstress betroffen. Durch die weiterhin rasch anwachsende Weltbevölkerung ist auch in der Zukunft keine Entspannung der Wassersituation zu erwarten. Hiervon besonders betroffen sind der nahe Osten und der südliche Teil Europas.

Für Deutschland stellt sich die Wassersituation entspannter dar, seit den 1990er Jahren konnte der Wasserverbrauch durch Effizienzsteigerungen und die rückläufige Kühlwasserentnahme konventioneller Kraftwerke nahezu halbiert werden. Nach Angaben des Umweltbundesamtes von 2016 werden in Deutschland 12,8 % des zur Verfügung stehenden Wassers genutzt.

**Auswirkung der Wasserknappheit auf die Betriebssicherheit**

Regional und vor allem im jahreszeitlichen Verlauf betrachtet ist die Situation hingegen kritischer zu bewerten. Aufgrund der sich verändernden klimatischen Bedingungen werden auch in Deutschland immer häufiger Dürreperioden beobachtet. Die Wassermengen in den regenreichen Monaten sind dabei nicht mehr ausrei-

chend, die Grundwasserkörper wieder aufzufüllen, sodass die Trockenheit der Gesamtböden weiter zunimmt, berichtet das Helmholtz Zentrum für Umweltforschung.

Die Auswirkungen sind bereits heute spürbar und leider in Deutschland keine Seltenheit mehr: Sinkende Pegelstände in Brunnen gehen einher mit Einschränkungen von Entnahmerechten. Hierbei konkurrieren die produzierenden Gewerbe immer häufiger mit der Gewinnung von Trinkwasser, das zu über 70 % aus Grundwasser stammt. Die politischen Vorgaben zur Wassernutzung werden weiter steigen: 2021 wurde die Nationale Wasserstrategie als Entwurf des Bundesministeriums für Umwelt vorgestellt. Die Schwerpunkte des Entwurfs liegen auf der Vorbeugung von Wasserknappheit und Vermeidung von Nutzungskonflikten mit der Zielsetzung, auch im Jahr 2050 jedem in Deutschland qualitativ hochwertiges Wasser zur Verfügung zu stellen.

Um die knapper werdende Ressource Wasser möglichst effizient nutzbar zu machen, sind zukünftig verstärkt Recyclingtechnologien notwendig. Da sie auf unterschiedliche Wasserqualitäten abgestimmt werden kann, ist die Membrantechnik hierfür ein wesentlicher Baustein. Sofern hochwertiges Brunnenwasser knapp ist oder nicht mehr zur Verfügung steht, können effiziente Membranverfahren Prozesswasser aus alternativen Quellen zur Verfügung stellen. Im Folgenden zeigen

**Autoren**

Christoph Ruisinger, Osmo Membrane Systems;  
Jürgen Müller, Osmo Membrane Systems

zwei Beispiele, wie sich Brunnenwasser mithilfe von Membranverfahren ersetzen und ganzjährig eine zuverlässige Wasserversorgung sicherstellen lässt.

### Prozesswasser aus Flusswasser im Chemiepark

Der Betreiber eines Chemieparks in Süddeutschland konnte die seit vielen Jahrzehnten genutzten Grundwässer aus Tiefbrunnen durch eine Vorgabe der Behörden nicht in vollem Umfang weiter beziehen. Die Versorgung mit vollentsalztem (VE) Wasser erfolgte bis dato über trübungs-freies Brunnenwasser unter Verwendung einer klassischen Ionenaustauscher-Anlage. Das vom Anbieter Osmo als Alternative dazu entwickelte und 2012 installierte Anlagenkonzept bereitet das vorher lediglich zur Kühlung genutzte Flusswasser zur Erzeugung von VE-Wasser auf. Mithilfe einer Ultrafiltrationsanlage wird das Flusswasser von Partikeln und kolloidalen Inhaltsstoffen befreit und ein Filtrat mit einer Resttrübung < 0,1 NTU sowie einem SDI < 3 für die weiteren Entsalzungsschritte erzeugt. Als Hauptsalzungsstufe vor der weiterhin vorhandenen IOT-Anlage dient nun eine Umkehrosmoseanlage, die etwa 95 % der enthaltenen gelösten Inhaltsstoffe entfernt. Neben Härtebildnern und Nitrat werden so auch prozesskritische Kieselsäureverbindungen zuverlässig entfernt. Außerdem werden gelöste organische Inhaltsstoffe zurückgehalten, die im Prozesswasser nicht erwünscht sind und im nachfolgenden Ionentauscher zu Problemen führen. Das von der Umkehrosmoseanlage erzeugte Permeat wird anschließend aufgewärmt und der bestehenden IOT-Anlage zugeführt, die die finale Restentsalzung übernimmt. Durch die Vorentsorgung des Flusswassers lassen sich im Vergleich zum herkömmlichen Verfahren 95 % der Regenerierchemikalien Natronlauge und Salzsäure einsparen, was bei den aktuellen Chemikalienpreisen ein weiterer Pluspunkt für den Betreiber ist.

### Weiterentwickelter Lösungsansatz

Neben der Nutzung von Oberflächenwasser anstelle von Brunnen- oder Trinkwasser kann auch die Rückgewinnung von biologisch geklärtem Abwasser in vielen Fällen einen Beitrag zu einer ganzjährig zuverlässigen Wasserversorgung leisten und den Frischwassereinsatz des Prozesses reduzieren. Mithilfe einer Ultrafiltration, ähnlich der für die Aufbereitung von Flusswasser entwickelten Technik, wird das zuvor biologisch geklärte Abwasser von Partikeln und Biomasse befreit. Aufgrund ihrer deutlich höheren Feststofftoleranz werden die Membranen dabei im Out-in-Verfahren mit einer ständigen Cross-Flow Strömung betrieben. Andere Betriebsweisen haben sich für derartige Abwässer aufgrund der hohen Feststofffracht als nachteilig erwiesen.

Durch die geringe Porengröße von 0,01 µm, werden Bakterien und auch ein Großteil der Viren sehr effizient zurückgehalten, wodurch das Filtrat hygienisch bereits sehr gute Eigenschaften besitzt. Da sich die Feststoffe während der Filtration auf Membran ablagern, sind zyklische Rückspülungen notwendig. Diese werden vollautomatisch im laufenden Betrieb durchgeführt. Um biologische Verkeimung zu vermeiden, wird zudem mehrmals täglich Natriumhypochlorit während des Rückspülprozesses dosiert, dies erfolgt ebenfalls vollautomatisch. Weitere Chemikalien sind für den laufenden Betrieb der Ultrafiltrationsanlage nicht nötig.

Aufgrund der teilweise hohen CSB- und Salzfrachten im Abwasser ist in der Regel eine weitere Aufbereitung des Filtrats notwendig. Hierfür kommen speziell ausgelegte Umkehrosmosensysteme zum Einsatz. Wie bei herkömmlichen Umkehrosmoseanlagen, wird das salzhaltige Wasser unter Druck durch eine Membran gepresst, wodurch ein qualitativ sehr hochwertiges Permeat entsteht, das an vielen Stellen im Prozess recycelt werden kann. Aufgrund der hohen Salzfrachten insbesondere durch Kalk ist im Konzentrat mit Ausfällungen von mineralischen Verbindungen – sogenanntem Scaling – zu

**osmo**  
membrane systems

**SEPARATE THE BEST  
FROM THE REST**



### Membranverfahren für effiziente Wassernutzung

- ▶ Nutzung alternativer Rohwasserquellen
- ▶ Effizienzsteigerung bestehender Wasseraufbereitungsanlagen
- ▶ Reduzierter Chemikalieneinsatz



Die Aufbereitung von Abwasser zu Prozesswasser mit Membrantechnologien senkt auch den Frischwasser-Bedarf.

rechnen. Um dies zu verhindern, kommen speziell abgestimmte Hochleistungs-Antiscalants zum Einsatz, die auch unter schwierigen Bedingungen einen sicheren Anlagenbetrieb gewährleisten können. Wichtig hierbei ist, dass beide Systeme optimal aufeinander abgestimmt sein müssen.

Zur optimalen Prozessauslegung bietet Osmo vorab die Möglichkeit, das anfallende Abwasser mit einer eigens hierfür konzipierten Containeranlage, bestehend aus Ultrafiltrations- und Umkehrosmostufe, vor Ort unter realen Bedingungen zu pilotieren. Wichtige Prozessanpassungen lassen sich so bereits in der Pilotierungsphase ermitteln, was später einen sicheren Anlagenbetrieb und eine rasche Inbetriebnahme ermöglicht.

## Prozesswasser aus Abwasser in der Papierproduktion

Eine große Papierfabrik in Norddeutschland erzeugt hochwertiges holzfreies Papier. In den Unternehmenszielen nimmt der verantwortungsvolle Umgang mit der Ressource Wasser einen besonderen Stellenwert ein. Die Strategieziele geben für das Jahr 2030 eine Reduzierung der Abwassermenge um 30 % und die Reduzierung der CSB-Fracht um 40 % für alle papier- und zellstoffproduzierenden Werke der Unternehmensgruppe gegenüber dem Referenzjahr 2008 vor.

Das Abwasser der Papierfabrik durchläuft vor der Membranstufe bereits eine sehr effiziente Abwasserbe-

handlung: Nach mechanischer Reinigung mit Rechen und Stofffängern wird das Abwasser mit zwei „Moving Bed Bio Reaktoren“ (MBBR) biologisch gereinigt und anschließend einem Belebungsbecken mit Oberflächen-Belüfter zugeführt. In den Nachklärbecken wird der Großteil der Biomasse durch Sedimentation vom geklärten Wasser getrennt. Die nachgeschalteten Tuchfilter entfernen letzte Schwebstoffe, bevor das Klarwasser in den Fluss am Standort eingeleitet wird. Seit Mitte 2018 zweigt der Betreiber einen Teilstrom bis 150 m<sup>3</sup>/h ab und führt ihn der Prozesswasseraufbereitungsanlage zu. Im ersten Schritt wird dieses mit einer Ultrafiltrationsstufe behandelt. Das so erzeugte UF-Filtrat wird mit der nachfolgenden Umkehrosmostufe behandelt, die neben der Entsalzung auch die Entfärbung des ursprünglichen Klarwassers übernimmt. Das gewonnene Permeat erfüllt die hohen Anforderungen, die an das Frischwasser gestellt werden und für die Produktion von hochweißem Feinpapier erforderlich sind. Das Permeat wird zu 100 % im Prozess wiederverwendet und ersetzt zur Schonung des Grundwasserkörpers einen Teil des Brunnenwassers. Die mit der Umkehrosmostufe erzeugten Qualitäten sind in der Tabelle dargestellt. Beachtenswert ist, dass die Qualität des UO-Permeates höher als die des hauptsächlich eingesetzten Brunnenwassers ist. Das bei der Ultrafiltrationsstufe anfallende Konzentrat – etwa 10 – 15 m<sup>3</sup>/h – wird in den Rücklaufschlamm zur Biologie gegeben. Diese Rückführung reduziert die CSB-Fracht des Abwassers weiter, wie aus der MBR-Technik bekannt ist. Das bei der Umkehrosmostufe anfallende Konzentrat wird mit dem verbliebenen Klarwasser der ARA in den Fluss geleitet.

Neben der Einsparung von Brunnenwasser ergibt sich – zumindest in den kalten Monaten – ein weiterer positiver Effekt für den Kunden: Durch das erhöhte Temperaturniveau von etwa 30 °C lässt sich eine erhebliche Menge an Wärmeenergie in den Prozess zurückführen. Bei einer Permeatmenge von 80 m<sup>3</sup>/h entspricht dies einer Rückführung von etwa 1,67 MW Wärmeleistung.

Mit der Prozesswasseraufbereitungsanlage konnte der Papierhersteller die produktionsspezifische Abwassermenge von 2,7 m<sup>3</sup>/t (Papier) auf rund 2,0 m<sup>3</sup>/t (Papier) und den Frischwasserverbrauch von 3,8 m<sup>3</sup>/t (Papier) auf 3,1 m<sup>3</sup>/t (Papier) reduzieren. Jährlich werden 650.000 m<sup>3</sup> Brunnenwasser eingespart. Die installierte Anlagentechnik zeigt anschaulich die Möglichkeit der Wassernutzung aus alternativen Wasser- und Abwasser-Ressourcen auf, die auch auf andere Industriebetriebe übertragbar sind.

### Entscheider-Facts

- *Wasserknappheit ist auch für die Industrie in Deutschland ein wachsendes Problem: Wegen fallender Grundwasserspiegel ist die Entnahme von Brunnenwasser immer öfter nur noch eingeschränkt möglich.*
- *Als Alternativen kommen mit geeigneten Aufbereitungsmethoden auch Oberflächenwasser und selbst Abwasser in Frage.*
- *Die Membran-Technologien Ultrafiltration und Umkehrosmostufe können die für Prozesswasser notwendige Qualität bereitstellen. Die Rückführung und Aufbereitung von Abwasser in den Prozess senkt gleichermaßen den Frischwasserbedarf wie den Abwasserausstoß.*

Wasseranalysen des Anwendungsbeispiels Papierproduktion					
Parameter	Einheit	Klarwasser	PWA		Brunnenwasser
			Filtrat	Permeat	
TOC	mg/l	12	9,6	0,5	< 1
Ca	mg/l	157	157	1,81	20
Mg	mg/l	5,13	5,11	0,06	8,6
Säurekapazität Ks 4,3	mmol/l	7,86	7,94	0,55	1,46
Leitfähigkeit	µS/cm	1.720	1.720	88,5	220
Härte	°dH	22,1	22,2	1,5	4,1
pH-Wert	-	7,7	6,9	6,4	8,5
Temperatur	°C	31	31	31	12

Quelle: Osmo Membrane Systems