

Umkehrosmose zur Abwasseraufbereitung für die Wiederverwendung

Die Umkehrosmose (engl.: reverse osmosis) ist ein Trennverfahren, welches auf dem Einsatz semipermeabler Polymermembranen beruht. Sie eignet sich hervorragend dazu, gelöste Stoffe wie Salze nahezu vollständig aus dem aufbereiteten Abwasser zu entfernen (Melin & Rautebach 2007). Das Verfahren hat sich daher bereits seit Jahrzehnten zur Aufbereitung von Prozesswasser für anspruchsvolle Nutzungen im industriellen Bereich etabliert.

Neben der Teil- und Vollentsalzung können mit der Umkehrosmose (UO) auch sehr gut kritische Spurenstoffe (Arzneistoffe, Industrie- und Haushaltschemikalien) aus dem Wasser eliminiert werden. Allerdings stellt beim Einsatz der UO-Technologie das sogenannte Fouling eine Hürde dar. Im Kontext der Wasserwiedergewinnung ist vor allem das Biofouling zu nennen, worunter die Ausbildung von biologisch aktiven Deckschichten auf den Membranen zu verstehen ist. Diese Deckschichten können u. a. zu einem erhöhten Druckverlust und einer verminderten Wasserpermeabilität (höhere Energiebedarf) der Membran führen. Damit geht ein erhöhter Chemikalienbedarf für Reinigungszwecke einher, was gleichbedeutend mit zusätzlichen Kosten ist. Ein Ziel der Untersuchungen ist es, durch eine angepasste Vorbehandlung, Optimierung und Abstimmung von Betriebsparametern und Membraneigenschaften die Bildung von Fouling zu minimieren, um somit einen stabilen Betrieb der Umkehrosmose sicherzustellen.

Technologie

Das Herzstück einer UO-Membran ist die Polyamidschicht. Diese wird mittels Grenzphasenpolymerisation

aus den Monomeren mPDA (m-Phenylendiamine) und TMC (Trimesoylchlorid) hergestellt (Abb. 1). Da die Polyamidschicht verantwortlich für den Rückhalt der im Wasser befindlichen Stoffe ist, wird sie auch als aktive Trennschicht bezeichnet.

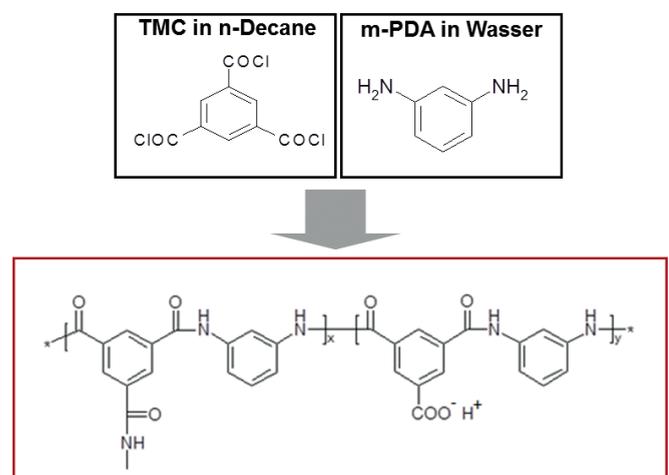


Abbildung 1: Polymerisationsprozess

Charakteristisch für die aktive Trennschicht ist eine geringe Schichtdicke, welche sich im Bereich von 200 nm bewegt. Weiterhin ist es möglich die aktive Trennschicht an die speziellen Anforderungen verschiedener Anwendungen anzupassen. So können UO-Membranen produziert werden, welche über eine sehr hohe Wasserpermeabilität verfügen bei einem weiterhin zuverlässigen Rückhaltevermögen, wie es bei der Lewabrane® ULP (Ultra low pressure) Membran der Fall ist. Diese sind besonders für den Einsatz in der Wasserwiederverwendung interessant, da die zu reinigenden

Abwässer meist keine hohen Salzkonzentrationen aufweisen und somit nur ein geringer osmotischer Druck überwunden werden muss. Verbunden mit der hohen Wasserpermeabilität kann die Umkehrosmose auf einem niedrigen Druckniveau betrieben werden, woraus sich Energieeinsparungen ergeben.

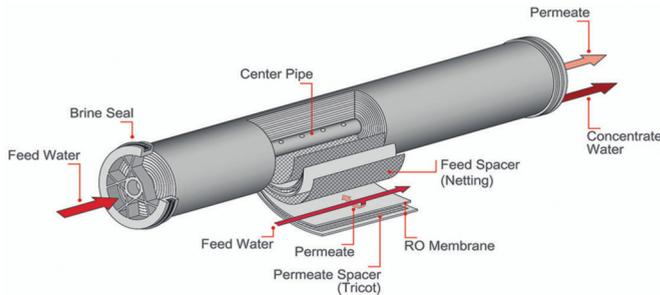


Abbildung 2: Aufbau eines Spiralwickelmoduls

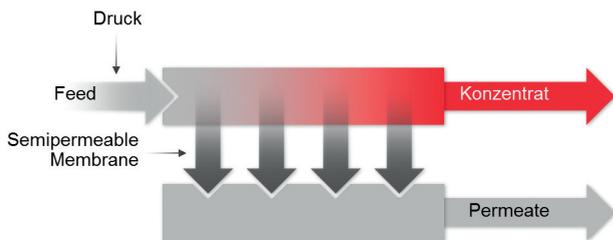


Abbildung 3: Tangentiale Anströmung der UO-Membran

Allerdings besteht ebenfalls die Notwendigkeit zu untersuchen, ob sich Membranen mit einer geringeren Oberflächenladung und einer geringeren Permeabilität (Lewabrane® FR Membran) gegebenenfalls weniger anfällig für Fouling durch adsorptive Prozesse zeigen. Für diesen Fall gilt es zu prüfen, ob damit verbundenen Vorteile langfristig die anfangs höheren Energiekosten kompensieren.

Ein wesentlicher Grund für die Fouling-Anfälligkeit der Umkehrosmose besteht in der Art und Weise wie UO-Membranen für die großtechnische Nutzung verbaut werden. UO-Membranen werden in Spiralwickelmodulen angeordnet (Abb. 2). Dabei werden mehrere Membrantaschen spiralförmig um ein zentrales Permeatrohr

gewickelt. Die einzelnen Membrantaschen werden aus zwei an drei Seiten zusammengeklebten UO-Membranen gebildet. Zwischen den einzelnen Membrantaschen sorgen Feedspacer (gitterförmige Abstandhalter) dafür, dass ein Feedkanal für das Zulaufwasser ausgebildet wird. Spiralwickelmodule bieten auf der einen Seite den Vorteil einer hohen Packungsdichte.

Auch sorgen die Feedspacer für sehr gute Strömungsverhältnisse im Modul, in welchem die Membranen tangential überströmt werden (Abb. 3.), was einen guten Stofftransport sicherstellt. Andererseits begünstigt der schmale Feedkanal die Bildung von Fouling-Ablagerungen. Diese können zum Teil durch Reinigung entfernt werden, jedoch sollte ein Intervall zwischen zwei Reinigungen von 6 Monate angestrebt werden. Einige Reinigungsmethoden für Fouling unterschiedlicher Art sind in Tab. 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Reinigungsansätze für verschieden Ablagerungen

Reinigungsmethode	Reinigungsfunktion
pH 12 (z. B. NaOH) mit und ohne Tensid	Entfernung von Biofouling
Zitronensäure (2%) bei pH 4	Entfernung von Eisen und Salzen (z. B. CaCO ₃ , CaSO ₄)
HCl (0,2%)	Entfernung von Eisen, Mangan und Salzen

Foulingkontrolle

Ein Schlüsselstellung in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Foulingvermeidung der UO nimmt eine auf die örtlichen Gegebenheiten angepasste Vorbehandlung des Zulaufwassers ein. Der häufig vielversprechendste Ansatz ist dabei die Kombination von Ultrafiltration (UF) und UO (Abb. 4). In MULTI-ReUse werden diese beiden Prozesse aufeinander abgestimmt und gezielt durch Flockungsmittel- und Pulverkohledosierung optimiert. Außerdem erfolgt eine regelmäßige Anlagen-desinfektion.

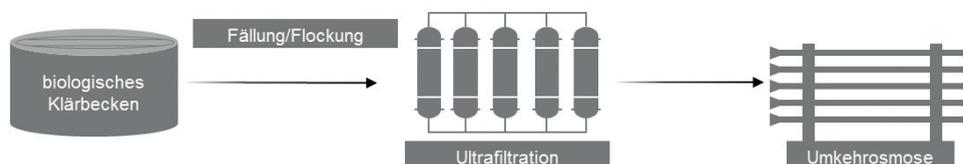


Abbildung 4: Abwasserbehandlung in der Multi-ReUse Pilotanlage

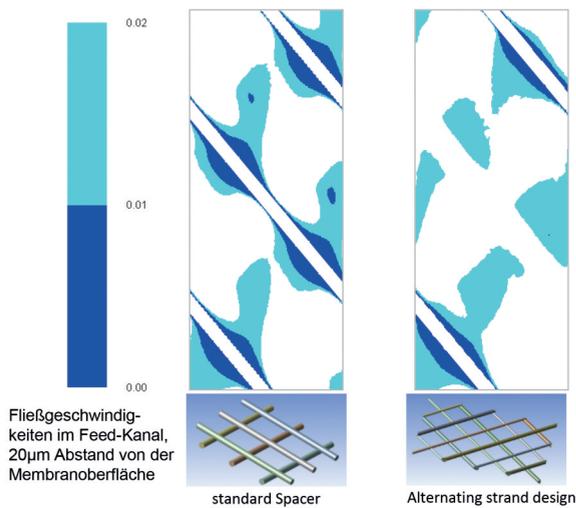


Abbildung 5: Strömungssimulation für unterschiedliche Spacertypen

Darüber hinaus wird in MULTI-ReUse ein innovatives Feedspacer-Design (ASD-Spacer, engl. alternating strand design) untersucht. Der ASD-Feedspacer hat im Vergleich zum Standard Spacer unterschiedliche Filamentdurchmesser; dicke und dünne Filamente wechseln sich ab, was zu weniger Bereichen mit geringer Überströmung führt (Abb. 5). In diesen Bereichen können sich am leichtesten Ablagerungen bilden.

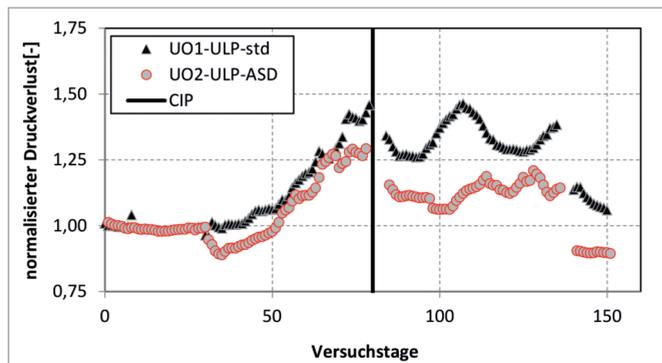


Abbildung 7: Normalisierter Druckverlust, Vergleich zwischen ASD und Standard Spacer

Im Labormaßstab konnte in Untersuchungen an der TU Delft bereits gezeigt werden, dass der ASD-Spacer zu einem langsameren Druckanstieg infolge der Akkumulation von Biomasse führt (Araújo et al. 2012). Im Rahmen von MULTI-ReUse konnten diese Ergebnisse unter realen Bedingungen bestätigt werden (Abb. 6 und Abb. 7). Der Salzurückhalt der UO-Membranen liegt unabhängig vom Spacer-Typ deutlich über 99%.



Abbildung 6: Vergleich: links Membranoberfläche des ASD-Elements, rechts mit Standard Spacer

Um Membranfouling bei der Umkehrosmose zu reduzieren und die Prozesse ökonomisch sowie ökologisch zuverlässig betreiben zu können, ist immer ein Gesamtkonzept notwendig. Nur ein harmonisches Zusammenwirken aller aufgeführten Maßnahmen (Auswahl des richtigen Membrantyps, angepasste Vorbehandlung, abgestimmte Betriebsparameter) kann dabei zum Erfolg führen. Hierfür liefert MULTI-ReUse äußerst wertvolle Einblicke und Erkenntnisse.

Literatur

Melin, T., Rautenbach, R. (2007): Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung. Springer-Verlag

Siddiqui, A., Lehmann, S., Bucs, Sz. S., Fresquet, M., Fel, L., Prest, E. I. E. C., Ogier, J. et al. (2017): Predicting the impact of feed spacer modification on biofouling by hydraulic characterization and biofouling studies in membrane fouling simulators. Water research 110, 281–287

Autoren

Dr. Jens Lipnizki, Lanxess Deutschland GmbH
jens.lipnizki@lanxess.com

Uli Dölchow, IAB Ionenaustausch GmbH Bitterfeld
uli.doelchow@lanxess.com

Kurzbeschreibung Projekt MULTI-ReUse

Gereinigtes Abwasser ist ein wichtiger Teil des Wasserkreislaufs. Eine Einleitung in Flüsse ist aus Umweltsicht akzeptabel, aber für eine wirtschaftliche Nutzung ist das Wasser meistens ungeeignet. MULTI-ReUse schließt diese Lücke und eröffnet durch die Entwicklung und Anwendung neuer Verfahren weitere Anwendungsmöglichkeiten für Betriebswasser. Ziel des Projektes ist die Entwicklung, Demonstration und Bewertung eines modularen Aufbereitungssystems. Damit soll das Betriebswasser in unterschiedlichen Qualitäten und wechselnden Mengen zu konkurrenzfähigen Preisen angeboten werden.

Impressum

Die Erstellung und Veröffentlichung dieses Factsheets erfolgt im Rahmen des MULTI-ReUse Verbundvorhabens, gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 02WAV1403 innerhalb der Fördermaßnahme WavE.

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für
Wasserforschung gemeinnützige GmbH
Moritzstr. 26
45476 Mülheim an der Ruhr

Internet: <https://water-multi-reuse.org/>
E-Mail: info@iww-online.de

Presserechtlich verantwortlich:
Dr.-Ing. Wolf Merkel (Techn. Geschäftsführer)

November 2018

