bürkert

FLUID CONTROL SYSTEMS

Membrantechnik FORUM

Hall in Tirol - Austria
7. April 2016

INHALT

Crowd-Sourcing als Key-Driver einer zukunftsorientierten Supply Chain
(Dr. Walter Schiebel) _____ *3*

Ein langer Weg!
(Dr. Sven Behnke) _____ *23*

Bürkert Membranprodukte und Anwendungen
(Christoph Dittrich) _____ *37*

Grenzen und Möglichkeiten der Membrantechnik im Downstream Prozess
(Prof. Marco Rupprich, Ph.D.) _____ *42*

Potentiale gewickelter Rohrmembranen von der Trinkwasser- bis zur Lebensmittelanwendung
(Maciej Janowski) _____ *55*

Neuentwicklungen am Membran Bioreaktor Markt
(DI Dr. techn. Bernhard Mayr) _____ *62*

NOTIZEN _____ 69

bürkert

EnviCare® Engineering GmbH

Membrantechnik Forum

7.4.2016 Hall in Tirol

Neuentwicklungen am Membran Bioreaktor Markt

DI Dr. techn. Bernhard Mayr

Ingenieurbüro für Verfahrenstechnik

A-8042 Graz
Eisteichgasse 20/9. Stock/Tür 36

Tel. +43 / 316 / 38 10 38-0, Fax: -9
office@envicare.at

www.envicare.at

Ihr Zeichen:
Unser Zeichen: BM/Publik
File: Dokument1
Seitenzahl: 81
Graz, 19. März 2016

UID: ATU62568929

Inhalt

1 EINLEITUNG 63
2 HERSTELLER UND MODULBAUARTEN 64
2.1 Getauchte Hohlfasermodule 64
2.2 Getauchte Plattenmodule 64
2.3 Rohrmembrane 65
2.4 Sonderbauformen 65
3 ANWENDUNGSGEBIETE 66
3.1 Kommunale Abwasserreinigung 66
3.2 Krankenhausabwasser 67
3.3 Lebensmittel und Pharmaindustrie 67
3.4 Industrielle Anwendungen 68
3.5 Umwelttechnik – Deponiesickerwasser 68
4 ZUSAMMENFASSUNG 69
5 LITERATUR 69

1 Einleitung

Seit den ersten großtechnischen MBR-Anwendungen Ende der 1980er Jahre hat sich diese Verfahrenstechnik weit verbreitet. Falls bestimmte Randbedingungen, wie zB beengte Platzverhältnisse, hohe Anforderungen an die Reinwasserqualität, schwierig abzubauende Schadstoffe, die ein hohes Schlammalter erfordern, erfüllt sind, stellt heute die aerobe biologische Abwasserreinigung mit dem Membranbelebungsverfahren den Stand der Technik dar.

Bankverbindung: Steiermärkische Bank und Sparkassen AG/Österreich, IBAN: AT96 20815 20100 102407, BIC: STSPAT2G

Firmensitz Graz, FN 277966 z Landesgericht für ZRS, Graz

Während bei der kommunalen Abwasserreinigung fast ausschließlich getauchte Membrane mit Modulgrößen bis zu 2.000 m² eingesetzt werden, werden für die Reinigung hochbelasteter industrieller Abwässer mit höheren Trockensubstanzgehalten nach wie vor externe cross-flow Membrananlagen eingesetzt. Im Vortrag werden neue Entwicklungen und aktuelle Großprojekte kurz vorgestellt.

2 Hersteller und Modulbauarten

Die nachstehenden Informationen wurden im März 2016 aufgrund von öffentlich zugänglichen Informationen (vorzugsweise Internetrecherche) zusammen gestellt. Die Auflistung stellt allerdings eine unvollständige Auswahl dar.

2.1 Getauchte Hohlfasermodule

Hersteller	Bezeichnung	Bemerkung
GE Water & Process Technologies USA	ZeeWeed	Größte: 357.000 m³/d (2015) 1.008.000 m³/d (2018) Modulgröße bis 1000 m² Mehr als 1.000 Installationen
Evoqua Water Technologies Warrendale, USA	MEMPULSE®	Größte: 76.000 m³/d Modulgröße bis 1000 m² Mehr als 1.000 Installationen
Koch Membrane Systems, Inc. Massachusetts, USA	Puron Pulsion	Größte: 96,700 m³/d Modulgröße bis 1800 m² Mehr als 200 Installationen
Mitsubishi Rayon Aqua Tokyo, Japan	STERAPORE™	bis 60.000 m³/d Modulgröße bis 2.400 m² Mehr als 1.000 Installationen

2.2 Getauchte Plattenmodule

Hersteller	Bezeichnung	Bemerkung
Kubota Membrane Europe UK-London	MBR	bis 60.000 m³/d Modulgröße bis 580 m² Mehr als 1.000 Installationen
MICRODYN-NADIR □□ 65203 Wiesbaden Ovivo MBR Systems (Austr.)	BIO-CEL®	bis 8.800 EW Modulgröße bis 1.920 m² Mehr als 200 Installationen
MARTIN Membrane Systems AG D-19071 Brüsewitz	CUBE MBR Filter	Vorwiegend Kleinanlagen Modulgröße bis 600 m² mehr als 1.000 Installationen
A3 Water Solutions Boschstraße 2 48369 Saerbeck	MaxFlow	Vorwiegend Kleinanlagen Modulgröße bis 70 m² mehr als 10 Installationen

Hersteller	Bezeichnung	Bemerkung
New terra (Microclear) Brockville, CDN	MicroClear	bis 1.500 m³/d Modulgröße bis 1.600 m² ca. 10 Installationen
SINAP Membrane Tech Co., Ltd Shanghai, China	SINAP	bis 1.500 m³/d Modulgröße bis 300 m² ca. 10 intern. Installationen
HUBER SE D-92334 Berching	VRM®	bis: 120.000 EW (Sovetsk (Kaliningrad, Russland) Modulgröße bis 3.840 m²
Toray Industries, Inc. Tokyo, Japan	MEMBRAY®	Modulgröße bis 560 m²

2.3 Rohrmembrane

Hersteller	Bezeichnung	Bemerkung
Berghof GmbH D-72800 Eningen	HyperFlux	bis 300 m³/d Modulgröße bis 53,4 m² ca. 180 intern. Installationen
MEMOS Membranes Modules Systems GmbH D - 72793 Pfullingen	Memsub	bis 300 m³/d Modulgröße bis 500 m² ca. 10 Installationen
CUT Membrane Technology GmbH 40699 Erkrath	T-CUT	bis 400 m³/d Modulgröße bis 27 m² ca. 10 Installationen
atech innovations gmbh D-45966 Gladbeck	--	keramische Membrane für MBR Anlagen mit externer Cross-Flow UF
Veolia CeraMem Ceramic Membrane Systems Waltham, MA 02453, US	CERAMEM®	
TAMI Industries F-26111 NYONS	INSIDE CéRAM™	

2.4 Sonderbauformen

Hersteller	Bezeichnung	Bemerkung
GRUNDFOS DK-8850 Bjerringbro	Biobooster	bis 400 m³/d Modulgröße bis 500 m² < 5 Installationen Keram. Plattenmembrane
SFC Umwelttechnik A-5020 Salzburg	C-MEM	Keine aktuellen Informationen verfügbar

3 Anwendungsgebiete

In Europa wurden die ersten großtechnischen MBR-Anlagen in den 1990er Jahren im Bereich industrieller Anwendungen realisiert. Dabei wurden vorwiegend externe Cross Flow Filtrationsanlagen eingesetzt.

Zeitgleich wurden in Japan und auch Kanada getauchte Membransysteme entwickelt, die dann im Zuge der Aachener Membrantagungen einem Fachpublikum vorgestellt worden sind. Nachdem zu Beginn zahlreiche wissenschaftlich geprägte und teilweise sehr umfassend angelegte Versuche gestartet wurden, wurden die getauchten Systeme ab 1998 auch in Europa immer häufiger eingesetzt.

Bis heute zeigen beide Membranschaltungen jeweils spezifische Vorteile, die dazu führen, dass externen Anlagen vorwiegend bei hochbelasteten Systemen (CSB > 10.000 mg/l) Verwendung finden, während sich getauchte Systeme zB im kommunalen Segment durchgesetzt haben.

3.1 Kommunale Abwasserreinigung

Die größten realisierten MBR-Projekte existieren im kommunalen Bereich. Stets waren nicht nur spezielle Randbedingungen sondern auch ein innovatives Umfeld dafür erforderlich.

Als wichtigste förderliche Randbedingungen sind zu nennen:

- Geringer Platzbedarf
- Hohe Reinigungsleistung (Badewasserqualität)
- Förderung des Projektes durch die öffentliche Hand

Das innovative Umfeld muss nicht nur beim Betreiber der Kläranlage vom Chef bis zum Klärwärter gegeben sein, sondern auch die Förderstelle kann derartige Projekte zum Fall bringen, wie wir dies in der Steiermark wiederholt gesehen haben.

Die größten europäischen Anlagen wurden bisher mit Hohlfaseranlagen von GE (ZeeWeed) erreichtet.

Ale Meilensteine sind zu nennen (Pinnekamp, 2015):

- Rödingen, Erftverband, D, 3.000 EW, 1999
- Nordkanal, D, 80.000 EW, 2004
- Acheres, F, 360.000 EW, 2016
- Henriksdal, S, 1.600.000 EW, 2022

In Europa wurden neben diesen Membrananlagen des Marktleaders auch Anlagen mit Flachmembrane (Kubota – Swanage, GB, 28.000 EW, 2000, Microdyn-Nadir – Hünxe, D, 8.800EW, 2009) und auch mit Hohlfasern der Hersteller Koch und Mitsubishi (St. Peter o.J., 1.500 EW, A, 2002) realisiert.

Das in der Planung und im Betrieb von MBR Anlagen noch immer ein großes Optimierungspotenzial liegt, wurde in einem aktuellen Bericht über die Optimierung der Anlage Nordkanal (Pinnekamp J., 2015) eindrucksvoll dargelegt: der Energiebedarf konnte durch verschiedene Optimierungsmaßnahmen um 1/3 auf 0,7 kWh/m³ oder 43,7 kWh/(EW.a) reduziert werden und liegt damit bereits im Bereich der konventionellen Anlagen ohne Klärschlammfaulung (30 – 50 kWh/(EW.a), Lindner, 2008) .

Und: die Membrane wurden seit Inbetriebnahme vor 11 Jahren nicht gewechselt!

Natürlich mussten auch Probleme, wie die Ablagerung von Fasern im Kopfbereich der Module behoben werden und die Kläranlage soll in Kürze mit einer Faulung nachgerüstet werden, die nicht nur die Klärschlammmenge reduzieren wird sondern auch den Strombedarf nochmals erheblich senken wird.

Neben diesen Anlagen in Europa wurden seit etwa 2000 selbstverständlich auch weltweit zahlreiche große kommunale MBR Anlagen realisiert.

Zu nennen sind die Abwasserrückgewinnungsanlagen der letzten olympischen Dörfer in Sydney und Peking. Auch in Japan wurden die meisten Anlagen von Mitsubishi installiert, die größte mit ca. 500.000 EW wurde allerdings von Kubota im Jahr 2011 errichtet. Die Anlagen sind seither erfolgreich und laut Literatur (Itokawa, 2014) in Betrieb.

Besonders in ariden und wirtschaftlich starken Gebieten ist das MBR Verfahren mittlerweile der anerkannte Stand der Technik.

3.2 Krankenhausabwasser

Auch im Bereich der getrennten Erfassung und Reinigung von Krankhausabwasser wird sich das MBR Verfahren zur Entnahme der größten Fracht der ins Kanalnetz emittierten Pharmazeutika zunehmend etablieren.

Ein von Grundfos neu entwickeltes Biobooster Verfahren (Gil, 2015) hält den Belebtschlamm an rotierenden keramischen Flachmembranen zurück. Am Beispiel des Projektes Herlev Hospital mit einer Abwassermenge von 464 m^3/d wurde gezeigt (Gil, AVT 2015), dass eine Reihe von Pharmazeutika (ibuprofen, paracetamol – > 99 %, capecitabine, ciprofloxacin, enalapril, metoprolol, metronidazole – > 80 %) bereits nach der Membran sehr gut reduziert ist. Die feststofffreie Beschaffenheit des Filtrats ermöglicht zudem die einfache Nachschaltung von weitergehenden Behandlungsstufen wie zB Ozon + granulierter Aktivkohle (GAC). Die Kombination von MBR + Ozon + GAC ermöglicht den Rückhalt/die Zerstörung aller gängiger Medikamente und bis zur analytischen Nachweisgrenze und auch die Röntgenkontrastmittel werden bis über 99,9% eliminiert.

3.3 Lebensmittel und Pharmaindustrie

MBR Anwendungen zur Abwasserreinigung sind in diesem Segment in den Industriestaaten seit den 1990er Jahren üblich geworden.

Folgende Branchen sind zu nennen:

- Fruchtsaft- und Marmeladenerzeugung
- Getränkeerzeugung und -abfüllung
- Aromenherstellung
- Kartoffel und Gemüseverarbeitung
- Milch- und Käseverarbeitung
- Herstellung von Pharmazeutika und Galenika
- Fleischverarbeitung, Darmreinigung und Schlachthöfe

Auch in Österreich wurden einige Anlagen (Esarom Oberrohrbach, Sandoz Kundl) errichtet, wobei auch hier oftmals die Neuinvestition einer MBR-Anlage mit einer dann doch nicht so hoch vorgeschrieben Abwassergebühr der kommunalen Kläranlage konkurrenzieren muss.

3.4 Industrielle Anwendungen

Besonders in Europa wurden, wie schon eingangs erwähnt, MBR mit externer Cross-Flow Membranfiltration seit etwa 1990 zur industriellen Abwasserreinigung verstärkt und erfolgreich eingesetzt.

Besonders bei hochbelasteten Abwässern wie zB bei der Reinigung von Biodieselabwaser und schwer abbaubaren organischen Inhaltsstoffen wie zB in der Tankreinigung (Mayr, 2015) kommen die Vorzüge eines MBR voll zum Tragen (Mayr, 2013).

Heute sind in Österreich einige wenige, in Europa mehrere hundert und weltweit sicher mehrere tausend MBR Anlagen in folgenden Industriesparten in Betrieb:

- Oberflächenbehandlung von Metallen
- Textilerzeugung
- Tankreinigung

3.5 Umwelttechnik – Deponiesickerwasser

Bis Anfang der 1990 war die überwiegende Fachmeinung in Österreich, dass Deponiesickerwasser nicht gereinigt werden kann und dass die entsprechende Verordnung im Wasserrecht nicht umgesetzt werden kann. Aus diesem Grund wurde es ohne Vorbehandlung in kommunale Kläranlagen abgeleitet.

Nachdem Anfang der 1990er einige Projekte erfolgreich, aber kostenintensiv umgesetzt worden sind (Mayr, 2013) und dies auch entsprechend durch die ausführenden Firmen bekannt gemacht worden ist, hat die Behörde alleine schon aus Gründen der Gleichbehandlung aller Marktteilnehmer die Projektumsetzung forciert, allerdings mit unterschiedlichem Erfolg.

Überraschenderweise wurden zwar viele private Deponiebetreiber zum Bau einer Anlage angehalten, öffentliche Betreiber verzögerten die Investition allerdings geschickt bis schlussendlich im Jahr 1999 mit der Indirekteinleiterverordnung ein legales Schlupfloch geschaffen wurde, die eine Ableitung der Abwässer in die kommunale Kläranlage auch ohne explizite wasserrechtliche Bewilligung zulässt, wenn die Kommune auch die Inhaberin der Deponie ist. Aktuell ist es daher in Österreich, einem der reichsten Länder weltweit, gesetzlich zumeist zulässig, das Deponiesickerwasser in kommunalen Kläranlagen mit kommunalen Abwasser bis auf Direkteinleitungsqualität zu verdünnen anstatt es ordentlich zu reinigen.

Weltweit gesehen wurden zwischenzeitlich auf allen Kontinenten zahlreiche MBR-Anlagen in Betrieb gesetzt, sowohl mit externer CrossFlow als auch mit getauchten Membranen. Alleine in China werden aktuell etwa 300 MBRs betrieben. Zusammen mit Rohrscheiben-Umkehrosmoseanlagen stellen heute MBR-Anlagen den Stand der Technik zur Deponiesickerwasserreinigung dar.

Pilotversuche haben mittlerweile auch gezeigt, dass vorbehandelte flüssige und ölhältige Abfälle und Emulsionen ebenfalls stabil und gut mit einer MBR Anlage gereinigt werden können. Die vollständige Elimination der abfiltrierbaren Stoffe und die weitestgehende Entnahme der biologisch abbaubaren organischen Inhaltsstoffe erlaubt zudem eine effektive Nachbehandlung des Filtrats, zB mit einer kostengünstigen Wickelmodulumkehrosmoseanlage. Damit wird das modische Schlagwort von „Zero-Liquid-Discharge" in diesem end-of-pipe Industriebereich umsetzbar, da das Permeat der UO entweder direkt in den Vorfluter eingeleitet oder auch als Brauchwasser betrieblich genutzt werden kann.

4 Zusammenfassung

Das MBR Verfahren wird nun schon seit 25 Jahren großtechnisch eingesetzt. Während die kommunalen Projekte immer größer werden und die Millionen EW Grenze bereits überschritten haben, verdrängt das Verfahren im Industriebereich konventionelle Reinigungsverfahren, da der Reinigungsprozess weitgehend unabhängig von Schlammeigenschaften, Blähschlamm, hydraulischen Schwankungen und bis zu einer gewissen Toleranzgrenze auch toxischen Stößen stabil bleibt und automatisch gesteuert und geregelt werden kann, ohne dass zB täglich das mikroskopische Schlammbild oder die Sichttiefe manuell gemessen werden muss. Für den Prozessingenieur wird somit der biologische Abwasserreinigungsprozess klar definierbar.

Seit begleitend zu den immer größeren und zahlreichen Neubauprojekten auch die erzeugten Membranflächen „exponentiell" steigen, sinken indirekt proportional dazu auch die spezifischen Membranquadratmeterpreise eklatant. Der scharfe Wettbewerb der am Beginn aufgezählten Membranhersteller verstärkt diese Entwicklung.

Wird jetzt ein industriellen Projekt mit einer CSB-Belastung größer von etwa 5.000 mg/l realisiert, liegen die Investkosten für die Membran bereits im Bereich der Kosten für die Prozessbelüftung, während andererseits sämtliche Kosten für die konventionelle Nachklärung entfallen. MBR-Anlagen sind daher im Neubau bereits günstiger als konventionelle kontinuierliche aerobe Kläranlagen.

Die sinkenden Preise ermöglichen es heute auch die Membranfläche großzügig zu bemessen und damit wird eine wichtige zusätzliche Betriebssicherheit gewonnen.

Die neu ausgeführten Anlagen belegen, dass das MBR Verfahren zunehmend aufgrund von Kostenvorteilen gewählt wird. Dies trifft natürlich neben den hochbelasteten industriellen Anwendungen besonders bei der Erweiterung oder der Anpassung von Bestandsanlagen an den Stand der Technik zu, da die Kosten für die Installation der Membrane und der zugehörigen Anlagentechnik im Vergleich zum Neubau von Becken im Regelfall deutlich günstiger liegen.

5 Literatur

/1/ Pinnekamp J., Wessling M.: Tagungsband zur 11. Aachener Tagung Wassertechnologie, RWTH Aachen, 2015

/2/ Lindner, S.: Leitfaden für die Erstellung eines Energiekonzeptes kommunaler Kläranlagen, KPC, Wien, April 2008

/3/ Itokawa H., Tsuji K., Yamashita K. and Hashimoto T.: Survey of Japanese municipal MBRs; Wastewater Treatment R&D Division, Japan Sewage Works Agency (JS), 2014, found at the website "The MBR-Site" in March 2016

/4/ Gil J.A., Nielsen U.: Full Scale wastewater treatment consisting of MBR, GAC and ozone in Herlex Hospital – DK, 2015 in /1/

/5/ Mayr B.: persönliche Mitteilung von Mitsubishi Rayon Aqua Solution, , 2015

/6/ Mayr B.: Planungs- und Betriebserfahrung mit Membranbelebungsverfahren zur Reinigung hochkonzentrierter Abwässer, in: 10. Aachener Tagung Wasser und Membranen, 29.10.2013, Aachen, Deutschland