

Untersuchungen zum Membransystem der Firma A3 als Membranbelebungsverfahren auf der KA Xanten-Vynen der LINEG im technischen Maßstab

Teil 3: Begleitendes Untersuchungsprogramm

AZ: IV-9-042 1A7 0020



für das



Ministerium für Umwelt und
Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz des Landes
Nordrhein-Westfalen

Kurzbericht

Projektpartner:

Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft

Ingenieurbüro ATEMIS GmbH

A3 Water Solutions GmbH



Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen

Mies-van-der-Rohe-Str. 1 • 52074 Aachen

Tel: 0241 80 25207 • Fax: 0241 80 22285 • isa@isa.rwth-aachen.de

Kurzbericht

zum Forschungsvorhaben unter dem Titel

**Untersuchungen zum Membransystem der Firma A3 als
Membranbelebungsverfahren auf der KA Xanten-Vynen der LINEG im
technischen Maßstab**

Teil 3: Begleitendes Untersuchungsprogramm

AZ: IV-9-042 1A7 0020



Aachen, den 28.08.2009

i.V. Dr.-Ing. R. Haußmann
(Akademische Direktorin)

1 Einleitung und Veranlassung

1.1 Stand der Technik

Der Betrieb eines kommunalen Membranbioreaktors (MBR) unterscheidet sich in verschiedenen Aspekten von der konventionellen Verfahrenstechnik. In konventionellen Anlagen, in denen die Phasenseparation des Schlamm-Wasser-Gemisches vom gereinigten Abwasser mittels Sedimentation im Nachklärbecken erfolgt, sind die Absetzeigenschaften des Schlammes von entscheidender Bedeutung für die Funktion des Verfahrens. Beim Betrieb eines Membranbioreaktors haben die Absetzeigenschaften nur einen untergeordneten Einfluss. Vielmehr spielt die Filtrierbarkeit des Schlammes eine wesentliche Rolle. Ein schlecht filtrierbarer Schlamm führt zu einem erhöhten Energiebedarf bei der Filtration durch höhere erforderliche Transmembrandrücke bei gleichem spezifischem Fluss. Zusätzlich gehen schlecht filtrierbare Schlämme häufig auch mit einem stärkeren Fouling der Membranen einher.

Die Filtrationseigenschaften des Belebtschlammes in Membranbioreaktoren werden wesentlich von den Betriebs- und Zulaufbedingungen beeinflusst. In diesem Zusammenhang werden von verschiedenen Autoren jedoch widersprüchliche Erkenntnisse genannt. Dennoch scheint klar, dass besonders negative Einflüsse von starken Schwankungen der Schlammbelastung oder der Abwassertemperatur ausgehen können. Neben dem Anstieg der Viskosität des Belebtschlamm-Wassergemisches bei niedrigeren Temperaturen ist durch die kurzfristige Veränderung der Umweltbedingungen von einer vermehrten Produktion von extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) der Mikroorganismen auszugehen, die als maßgebliche Foulingbildner gelten. Beide Effekte kombiniert spiegeln sich in einem unmittelbaren und nachhaltigen Anstieg der Transmembrandrücke wider. Im ungünstigsten Fall werden bei einer hohen hydraulischen Belastung der Anlage die maximalen zulässigen Grenzdrücke erreicht, womit dann der maximale hydraulische Durchsatz nicht mehr möglich ist.

Um oben beschriebenen Problemen zu begegnen, können verschiedene Schlamm-Konditionierungsmittel eingesetzt werden. Die Funktionsweise solcher Produkte entspricht prinzipiell der von Flockungshilfsmitteln, wobei neben der Bildung von Makroflocken zusätzlich die Einbindung von kolloidal gelösten Stoffen, die zu einem Fouling der Membranen führen können, angestrebt wird. Dies verbessert zum einen die Filtrationseigenschaften des Schlammes, was sich direkt in geringeren Transmembrandrücken während hoher hydraulischer Belastung widerspiegelt. Zum anderen wird durch die Einbindung kolloidal gelöster Stoffe (u. A. der extrazellulären polymeren

Substanzen (EPS)) das Langzeitfouling der Membranen reduziert, womit ggf. Reinigungsintervalle verlängert werden können.

Neben diesen membranspezifischen Aspekten bestehen auch entscheidenden Unterschiede zwischen MBR und konventioneller Technik hinsichtlich der Reinigungsleistung. Bekanntermaßen liefern MBR aufgrund des jederzeit vollständigen Feststoffrückhalts sehr geringe CSB-Ablaufwerte (üblicherweise unter 20 mg/l) und eine hervorragende mikrobiologische Ablaufqualität (Badegewässerqualität). Für die Bemessung des erforderlichen Belebungsvolumens von kommunalen MBR bestehen bislang jedoch noch keine verbindlichen Richtlinien. Die Anwendung etablierter Bemessungsrichtlinien wie des DWA Arbeitsblattes A131 oder des Hochschulgruppenansatzes (HSG) führt aufgrund der bei MBR üblicherweise höheren Feststoffkonzentrationen zu deutlich reduzierten Beckenvolumina. Zwar existieren einige Bemessungsempfehlungen, die sich der Bemessung und dem Design kommunaler MBR annehmen, dennoch wird die Problematik des verkleinerten Beckenvolumens in der Fachwelt weiterhin kontrovers diskutiert. Es stellt sich die Frage, ob die kleineren Belebungsbecken und fehlenden Vor- und Nachklärbeckenvolumina das Risiko des Durchschlagens von Ammonium-Konzentrationsspitzen bei MBR gegenüber einer konventionellen Anlagenkonfiguration erhöhen. In diesem Zusammenhang wird diskutiert, ob für kommunale MBR eine minimale hydraulische Aufenthaltszeit (HRT = Hydraulic Retention Time) sicherzustellen ist, um dieses Risiko zu reduzieren. Bisherige Erkenntnisse und Veröffentlichungen zu diesem Thema basieren fast ausschließlich auf Simulationsstudien, deren Übertragbarkeit auf die besonderen Betriebsverhältnisse eines MBR zumindest kritisch zu hinterfragen ist.

1.2 Situation in Xanten-Vynen

Die Linksniederrheinische-Entwässerungs-Genossenschaft (LINEG) betreibt seit 1988 die Kläranlage Xanten-Vynen, an die ca. 3.150 E angeschlossen sind. Im Jahr 1999 wurde von der LINEG der Nachweis erbracht, dass die Kläranlage Xanten-Vynen über eine biologische Leistungsfähigkeit von 3.300 Einwohnern verfügt. Mit einem Auslastungsgrad von 96 % ist die Kapazität der Anlage somit annähernd erschöpft. Für die Zukunft (2025) wird für die Kläranlage Xanten-Vynen ein Anschluss von 4.989 E prognostiziert, so dass die Anlage langfristig um ca. 1.850 E erweitert werden musste.

Da die Membrantechnik eine innovative und zukunftsorientierte Technologie für die Aufbereitung von Wasser und Abwasser darstellt, wurde eine Anlagenerweiterung der Kläranlage Xanten-Vynen als Membrananlage durchgeführt. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens sollte dabei

neben allgemeinen Fragen zur Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik untersucht werden, ob diese notwendige Erweiterung durch die Integration einer Membranbelebungsanlage für ca. 2.000 E in das Abwasserreinigungskonzept gewährleistet werden kann.

Im Jahr 2005 wurde auf dem Gelände der Kläranlage Xanten-Vynen eine Pilotanlage nach dem Membranbelebungsverfahren unter Einsatz neu entwickelter Module der Firma A3 mit einer Kapazität von ca. 2.000 EW errichtet. Betriebserfahrungen mit diesen Modulen lagen vorher lediglich aus Versuchsanlagen vor. Die Membranbelebungsanlage wurde als 2-straßige Containeranlage ausgeführt. Der Bau dieser Anlage wurde vom Land Nordrhein-Westfalen im Rahmen einer Projektförderung unterstützt. Die MBR-Anlage wurde während eines F&E-Vorhabens parallel zur bestehenden konventionellen Kläranlage Xanten-Vynen betrieben.

Die Membranbelebungsanlage wurde für eine tägliche Abwassermenge von ca. 300 m³ ausgelegt (mittlerer Permeatvolumenstrom 12,5 m³/h, Maximalvolumenstrom 40 m³/h). Bei einem TS-Gehalt von 10-12 g/l und dem Belebungsvolumen von 200 m³ ergibt sich eine Schlammbelastung von $B_{TS} = 0,03 - 0,05 \text{ kg BSB}_5 / (\text{kg TS} \cdot \text{d})$.

Die Membranbelebungsanlage besteht aus zwei unabhängig voneinander zu betreibenden Doppelstockcontainereinheiten mit einem biologischen Volumen von je 100 m³. Eine Doppelstockcontainereinheit ist schematisch in Abbildung 1-1 dargestellt. Jede Einheit ist oberhalb der biologischen Reaktoren mit Gitterrosten abgedeckt und an den Außenseiten mit einem Geländer ausgerüstet. Die Begehung der Containeranlage ist über eine außen angebrachte Treppe mit Handlauf möglich.

Jede Containeranlage besteht aus drei Segmenten. Das erste Segment dient zur optionalen Einrichtung der Denitrifikationszone, das zweite Segment wird als Nitrifikationszone und zur Aufstellung der Membranmodule genutzt. Das dritte Segment dient der Aufstellung der Maschinen- und EMSR-Technik. Die Denitrifikationszone ist über eine mobile Trennwand von der Nitrifikationszone abgetrennt. In jedem Membrancontainer wurden 16 Mikrofiltrationsmodule des Typs Maxflow M70-001 (Membranmaterial PVDF, Porenweite 0,2 µm) mit zusammen 1.040 m² Membranfläche installiert. Die Membranfläche der zweistraßigen MBR-Anlage beträgt somit insgesamt 2.080 m².

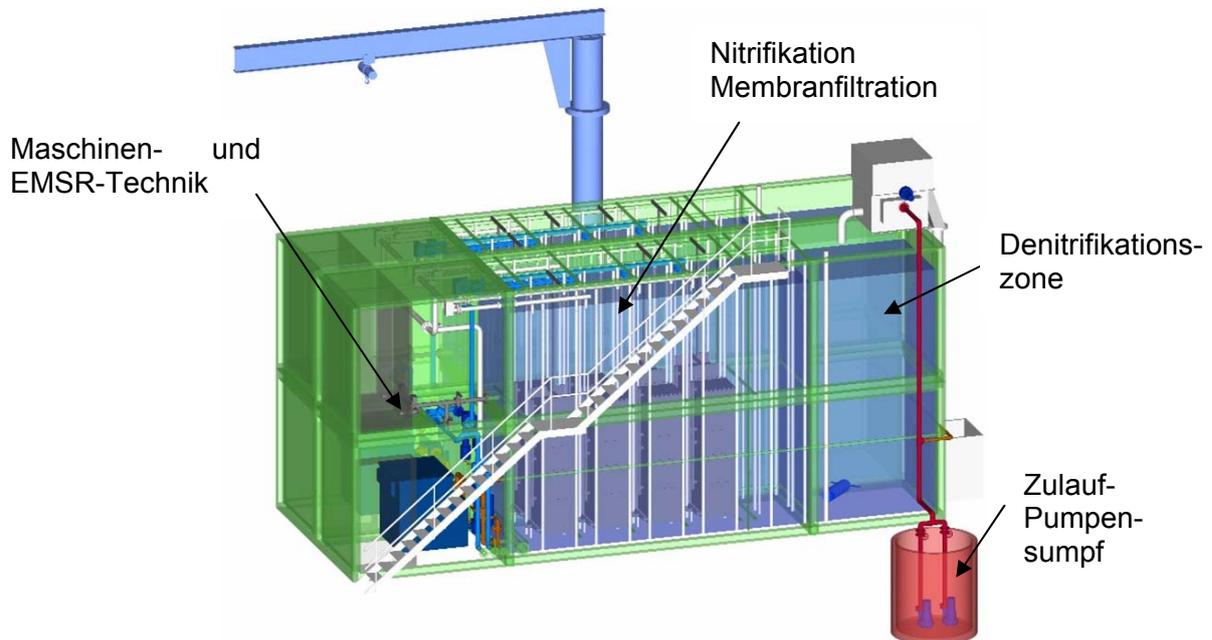


Abbildung 1-1 schematische Ansicht der Containeranlage

Die MBR-Anlage arbeitet im Regelbetrieb voll automatisch. Die Signale der eingebauten Messtechnik und Aggregate werden für die Steuerung der Anlage genutzt. Der Pumpensumpf der MBR-Anlage wird kontinuierlich mit Abwasser aus dem Verteilerbauwerk beschickt. Die Zulaufpumpen der MBR-Anlage sind redundant ausgelegt, so dass immer nur eine Pumpe zur Befüllung der Container in Betrieb ist. Die Pumpen arbeiten in einem zeitlichen Wechsel. Fällt eine Pumpe aus, so übernimmt die andere diese Aufgabe ohne zeitliche Begrenzung. Die Zulaufpumpen werden ausgeschaltet, wenn der Wasserspiegel im Pumpensumpf den voreingestellten Minimalwert erreicht oder der maximale Füllstand in den MBR-Reaktoren erreicht wird. Das über den Siebrechen mechanisch vorgereinigte Abwasser fließt in einen Verteilerkasten, der Mithilfe eines Schiebers das Abwasser im Wechsel auf die beiden Containereinheiten verteilt. Der Zulauf gelangt zunächst in die unbelüftete Denitrifikationszone.

In den Reaktoren finden die biologischen Reinigungsprozesse statt. Die Anlage wird mit einer vorgeschalteten Denitrifikation und einer nachfolgenden Nitrifikation betrieben. Der Sauerstoffbedarf für die aeroben biologischen Prozesse wird dabei über die unterhalb der Doppelstockmembranmodule angebrachten Belüfterelemente bereitgestellt.

1.3 Ziele und Inhalte des Forschungsvorhabens

Neben der wissenschaftlichen Begleitung der Inbetriebnahme der Anlage und der Optimierung der von A3 neu entwickelten Membranmodule bestand in diesem Forschungsvorhaben das Ziel, weitere allgemeine Erkenntnisse zu Bemessung und Betrieb von Membranbioreaktoren zu gewinnen. Die zweistraßig ausgeführte Bauweise der Anlage bietet dazu ideale Voraussetzungen. Durch den Einsatz einer aufwändigen Messtechnik, die in einer hohen Messdichte die Zu- und Ablaufkonzentrationen beider Straßen des MBR überwacht, war eine detaillierte Betrachtung des Anlagenverhaltens unter verschiedenen Betriebsbedingungen möglich. So konnten weitere Erkenntnisse zum Verhalten von MBR unter Stoßbelastungen oder anderen kritischen Betriebsbedingungen gesammelt werden, was den bisherigen Kenntnisstand zu oben beschriebener HRT Problematik erweiterte.

Ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchungen befasste sich mit der Bedeutung der Schlamm-eigenschaften - hier insbesondere der Schlammfiltrierbarkeit - beim Betrieb eines MBR. Zunächst wurde ein neues Messverfahren entwickelt, mit dem zukünftig dieser Parameter schnell und zuverlässig vom Anlagenpersonal vor Ort gemessen werden kann. Dann erfolgte eine Validierung der Methode über einen Zeitraum von 2 Jahren, bei der saisonale Schwankungen und betriebliche Einflussgrößen auf die Schlammfiltrierbarkeit dokumentiert werden konnten. Zuletzt folgte eine Messreihe zur Verbesserung der Schlamm-eigenschaften mittels simultaner Polymerzugabe in den Belebtschlamm.

Parallel zu den oben beschriebenen Untersuchungen wurden Messungen zum Rückhalt von endokrin wirksamen Stoffen und anderer Spurenstoffe in Anhängigkeit von den Prozessbedingungen der MBR-Anlage und im Vergleich zur konventionellen Verfahrenstechnik durchgeführt.

1.4 Allgemeine Leistungsdaten des MBR

1.4.1 Zulaufsituation

Die Abwasserzusammensetzung im Zulauf der Kläranlage Xanten-Vynen ist ausschließlich kommunal geprägt, wie aus den dargestellten Daten aus Tabelle 1-1 hervorgeht. Bei Ansatz einer einwohnerspezifischen CSB-Tagesfracht von 120 g besitzt der MBR demnach eine Anschlussgröße von 1.425 E.

Tabelle 1-1: Abwassermenge und –zusammensetzung im Zulauf zum MBR der Kläranlage Xanten-Vynen (qualifizierte Stichproben zwischen 01.01.2006 und 30.01.2009)

	Volume	pH	CSB		P _{ges}		NH ₄ -N	
	n		mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
	m ³ /d	-	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
Mittelwert	301	8	418	115	8,17	0,064	43,55	0,342
Median	279	8,0	422	107	8,40	0,065	45,20	0,357
Max	860	8,6	1209	619	19,00	0,136	102,00	0,808
Min	13	6,7	43,6	-	0,71	-	0,71	-
Anzahl	961	727	267	264	267	267	267	267
85-Perzentil	474	8,2	551	171	10,70	0,085	57,22	0,461

Die Abwassertemperaturen unterlagen starken saisonalen Schwankungen. Im Sommer wurden Werte über 20°C gemessen, im Winter dagegen zeitweilig auch Temperaturen unter 5°C.

1.4.2 Ablaufsituation

Bei Betrachtung der im MBR täglich behandelten Abwassermengen wird eine annähernd identische hydraulische Belastung beider Straßen deutlich, wobei während Trockenwetter Straße 1 geringfügig mehr Abwasser behandelte als Straße 2. Das 90-Perzentil je Straße beträgt rund 260 m³/d, was recht genau der Hälfte des Gesamtzuflusses zum MBR entspricht (vgl. Tabelle 1-1).

Die CSB-Ablaufkonzentrationen waren in beiden Straßen vergleichbar, erwartungsgemäß gut und lagen im Mittel bei rund 17 mg/l. 90% aller Messwerte lagen unter 30 mg/l. Im normalen Betrieb wird im Zulauf zur Kläranlage und somit auch zum MBR ein Phosphat-Fällmittel zudosiert (Natriumaluminat). Während der Versuchsreihen zur Verbesserung der Schlammfiltrierbarkeit mittels Polymerzugabe wurde diese Dosierung jedoch eingestellt, um Wechselwirkungen mit dem neu eingesetzten Polymer zu verhindern. Daher lagen im Betrachtungszeitraum die P-Ablaufwerte etwas höher als durch die Fällmitteldosierung möglich gewesen wäre. Das 90-Perzentil betrug 2 bis 2,5 mg/l. Im Mittel lagen die P-Konzentrationen in beiden Straßen unter 0,2 mg/l. Hinsichtlich der Ammonium-Ablaufkonzentrationen wurden leichte Unterschiede zwischen beiden Straßen erkennbar. Straße 1 erzielte über den Betrachtungszeitraum etwas bessere NH₄-N-Ablaufkonzentrationen. Das 85-Perzentil von Straße 2 (0,92 mg/l) liegt rund doppelt so hoch, wie das von Straße 1 (0,48 mg/l). Ein ähnlicher Zusammenhang wurde bei Betrachtung der Nitrat- und Nitrit-Ablaufkonzentrationen deutlich. Die Ursachen hierfür liegen in der unterschiedlichen Betriebsweise beider Straßen im Rahmen

des Forschungsvorhabens begründet. Berücksichtigt man nur die Zeiten, in denen beide Straßen unter vergleichbaren Bedingungen betrieben wurden, so liegen auch die Ablaufkonzentrationen in vergleichbaren Größenordnungen.

1.4.3 Ermittlung der membranspezifischen Leistungsparameter

Prinzipiell wurde bereits nach der Inbetriebnahme der Anlage im Jahre 2005 der maximal zu erreichende hydraulische Durchsatz von 40 m³/h während Regenwetter erreicht. Bei der Auswertung der online aufgezeichneten Daten nach Juli 2007 wurde kein übermäßiger Anstieg der Transmembrandrücke während Zeiten hydraulischer Maximallast beobachtet.

Während des gesamten Untersuchungszeitraums, in dem Messdaten zum Leistungszustand der Membranen vorliegen (November 2007 bis Dezember 2009) bewegten sich die Permeabilitäten unter hydraulischer Volllast zwischen 100 bis 550 l/(m²*h*bar).

2 Ergebnisse der Untersuchungen

2.1 Allgemein übertragbare Erkenntnisse

Auf Basis der in diesem Vorhaben getätigten Untersuchungen und der Erkenntnisse im parallel durchgeführten Forschungsvorhaben auf der Kläranlage Eitorf konnten einige allgemein übertragbare Erkenntnisse für den Betrieb kommunaler Membranbioreaktoren gewonnen werden. Diese beziehen sich im Wesentlichen auf den Betrieb der Membranfiltration (Bedeutung der Schlammigenschaften Verbesserung der Schlammfiltrierbarkeit durch Polymerdosierung) und das Anlagenverhalten bei Stickstoff-Stoßbelastungen, aus dem sich zukünftige Bemessungskriterien für kommunale MBR ableiten lassen.

2.1.1 Die Bedeutung der Schlammfiltrierbarkeit in MBR

Bei konventionellen Anlagen, bei denen die Phasenseparation des Schlamm-Wasser-Gemisches vom gereinigten Abwasser mittels Sedimentation im Nachklärbecken erfolgt, sind die Absetzeigenschaften des Schlammes von entscheidender Bedeutung für die Funktion des Verfahrens. Beim Betrieb eines Membranbioreaktors sind diese Absetzeigenschaften von untergeordnetem Einfluss. Vielmehr spielt die Filtrierbarkeit des Schlammes eine entscheidende Rolle. Ein schlecht filtrierbarer Schlamm führt zu einem erhöhten Energiebedarf bei der Filtration durch höhere erforderliche Transmembrandrücke bei gleichem spezifischem Fluss.

Zusätzlich gehen schlecht filtrierbare Schlämme häufig auch mit einem stärkeren Fouling der Membranen einher.

Die Filtrationseigenschaften des Belebtschlammes in Membranbioreaktoren werden wesentlich von den Betriebs- und Zulaufbedingungen beeinflusst. In diesem Zusammenhang werden von verschiedenen Autoren jedoch widersprüchliche Erkenntnisse genannt. Dennoch scheint klar, dass besonders negative Einflüsse von starken Schwankungen der Schlammbelastung oder der Abwassertemperatur ausgehen können. Erfahrungen am MBR Eitorf zeigten beispielsweise nach kurzzeitige Einbrüche der Abwassertemperaturen (z.B. in Folge von Niederschlagsereignissen in Winter und Frühjahr) einen starken Anstieg der Transmembrandrücke, die sich auch nach Anstieg der Temperaturen nicht wieder auf das alte Niveau erholten. Neben dem Anstieg der Viskosität des Belebtschlamm-Wassergemisches bei niedrigeren Temperaturen ist durch die kurzfristige Veränderung der Umweltbedingungen von einer vermehrten Produktion von extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) der Mikroorganismen auszugehen, die als maßgebliche Foulingbildner gelten. Die Kombination von erhöhter Viskosität und vermehrter EPS-Produktion führen zu einem nachhaltigen Anstieg der Transmembrandrücke. Im ungünstigsten Fall werden bei einer hohen hydraulischen Belastung der Anlage die maximalen zulässigen Grenzdrücke erreicht, womit dann der maximale hydraulische Durchsatz nicht mehr möglich ist.

2.1.2 Messung der Schlammfiltrierbarkeit

Für den Betreiber eines MBR ist es nicht oder nur bedingt möglich, die Umweltbedingungen, die zu schlechten Schlammeigenschaften führen, zu beeinflussen. Dennoch ist es hilfreich, den Parameter „Schlammfiltrierbarkeit“ regelmäßig zu überwachen, damit im laufenden Betrieb Zusammenhänge zwischen den Schlammeigenschaften und der Entwicklung der Transmembrandrücke hergestellt werden können. Die bislang eingesetzten Methoden zur Überwachung der Schlammeigenschaften sind allerdings entweder extrem aufwändig und/oder kostenintensiv (spezialisierte Messzellen, kapillare Fließzeit CST) oder unzureichend belastbar (einfacher Filtertest oder Schlammindex). Daher wurde im Rahmen des vorliegenden Vorhabens eine neue Messmethode unter dem Namen „Schlammfiltrationsindex SFI“ entwickelt, die von den Anlagenbetreibern vor Ort einfach und kostengünstig durchzuführen ist, die aber dennoch belastbare Ergebnisse zur Beurteilung der Schlammfiltrierbarkeit liefert. Zur Ermittlung des SFI wird in einer offenen Rührzelle mit einer auf 20°C temperierten Schlammprobe von 500 ml die

Filtrationszeit Δt eines Teilvolumens der Probe (150 ml) durch ein handelsübliches Filterpapier bestimmt. Δt bezogen auf den Trockenrückstand des Schlammes definiert dann den SFI.

Ein Vergleich des SFI mit den gelösten extrazellulären Substanzen (EPS) im Schlamm-Wasser-Gemisch hat eine gute Korrelation gezeigt. Es kann also angenommen werden, dass über den Parameter SFI gleichzeitig die als maßgebliche Foulingbildner postulierten EPS abgebildet werden können. Bei der Langzeitbetrachtung der Filtrationseigenschaften des Schlammes im MBR Xanten-Vynen anhand des SFI wurde deutlich, dass der SFI signifikant mit der Abwassertemperatur korreliert. Ebenso konnte ein Zusammenhang zwischen Schlammbelastung und Schlammfiltrierbarkeit aufgezeigt werden.

Damit steht nun den Betreibern von Membranbioreaktoren eine Kenngröße zur Verfügung, mit der der für einen stabilen Anlagenbetrieb wichtige Parameter „Schlammfiltrierbarkeit“ kostengünstig und belastbar zu dokumentieren ist. Sollte sich letztendlich dieses neue Verfahren - oder ein anderes - durchsetzen und flächendeckend auf allen Anlagen eingesetzt werden, wäre erstmals ein Vergleich der Filtrierbarkeit von Schlämmen verschiedener Anlagen direkt möglich. Somit könnten wertvolle wissenschaftliche Erkenntnisse zur optimalen Betriebsstrategie eines MBR mit dem Ziel einer positiven Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften des belebten Schlammes zur Maximierung des Parameters „Filtrierbarkeit“ gewonnen werden. Gleichzeitig böte ein allgemein anerkannter Filtrationskennwert den Anlagenbetreibern ein Instrument, mit dem sie die Erfolge betrieblicher Maßnahmen zur Beeinflussung der Schlammfiltrierbarkeit besser beurteilen könnten.

2.1.3 Verbesserung der Schlammfiltrierbarkeit durch Polymereinsatz

Wenn ein Einbruch der Schlammfiltrierbarkeit zu einem unkontrollierbaren Anstieg der Transmembrandrücke beim Betrieb der Membranstufe führt, so können zur Verbesserung der Schlammeigenschaften verschiedene Konditionierungsmittel eingesetzt werden. Die Funktionsweise solcher Produkte entspricht prinzipiell der von Flockungs(hilfs)mitteln, wobei neben der Bildung von Makroflocken zusätzlich die Einbindung von kolloidal gelösten Stoffen, die zu einem Fouling der Membranen führen können, angestrebt wird. Dies verbessert zum einen die Filtrationseigenschaften des Schlammes, was sich direkt in geringeren Transmembrandrücken während hoher hydraulischer Belastung widerspiegelt. Zum anderen wird durch die Einbindung gelöster Stoffe (u. A. der EPS) das Langzeitfouling der Membranen reduziert, womit ggf. Reinigungsintervalle verlängert werden können.

Wird beim Betrieb eines MBR unter oben beschriebenen ungünstigen Betriebsbedingungen regelmäßig (z.B. in jedem Winter bei niedrigen Abwassertemperaturen) ein starker Anstieg der Transmembrandrücke bei hoher hydraulischer Belastung beobachtet, die sich auch durch eine Reinigung der Membranstufe nicht wesentlich verbessern lassen, dann kann der Einsatz eines filtrationsverbessernden Polymers ein Lösungsansatz sein. Üblicherweise beobachtet man vor Auftreten der Betriebsprobleme einen deutlichen Anstieg des Schlammfiltrationsindex (SFI). Daher ist zur Entscheidungsfindung grundsätzlich eine kontinuierliche (z.B. wöchentlich) Messung des SFI zu empfehlen. Steigen die Werte im Winter bzw. Frühjahr deutlich über 80 s/%TR, so ist dies ein Zeichen für einen verschlechterten Schlammzustand.

2.1.4 Verhalten kommunaler MBR bei Stickstoff-Stoßbelastungen

Sowohl im Rahmen des hier beschriebenen Forschungsvorhabens auf der Kläranlage Xanten-Vynen als auch beim zeitgleich bearbeiteten Forschungsprojekt am MBR der Kläranlage Eitorf wurde ein erhöhtes Auftreten von Ammonium-Konzentrationsspitzen bei hydraulischen Aufenthaltszeiten bereits unter 10 Stunden beobachtet. Demnach besitzt dieser Parameter eine Relevanz, die bei der Weiterentwicklung bestehender Bemessungsempfehlungen für kommunale MBR berücksichtigt werden sollte. Jedoch besteht hier noch ein weitergehender Forschungsbedarf, z.B. inwieweit sich die jeweilige Anschlussgröße und Anlagenkonfiguration (z.B. mit/ohne Vorklärung) auf diese Problematik auswirken. Im Rahmen des aktuell am ISA behandelten Vorhabens unter dem Titel „Prozessoptimierung von Membranbioreaktoren in der kommunalen Abwasserbehandlung (PrOM)“ wird diese Thematik weiter verfolgt.

2.1.5 Energiebedarf von kommunalen MBR

Die Auswertung der spezifischen Energieverbrauchsdaten des MBR Xanten-Vynen hat gezeigt, dass i.d.R. mehr als 1 kWh/m³ zur Reinigung des Abwassers eingesetzt werden musste und die spezifischen Energieverbräuche konventioneller Anlagen damit nicht erreicht werden. Kritisch sind insbesondere bei Trockenwetter niedrige Anlagendurchsätze von rund 100 m³/d. Hier steigt der spezifische Energieverbrauch auf Werte zwischen 2-3 kWh/m³ an. Dieser Effekt ist auch von anderen MBR-Anlagen bekannt. Anlagen mit vergleichbaren Plattenmodulsystemen erzielen unter günstigen Bedingungen (Regenwetter) einen spezifischen Energieverbrauch um 0,8 kWh/m³, der unter ungünstigen Bedingungen (Trockenwetter) auf Werte über 2 kWh/m³ ansteigen kann. Hauptenergieverbraucher sind bei allen MBR-Anlagen die Verdichter für die Cross-Flow-Belüftung, die für einen stabilen Filtrationsbetrieb unabdingbar ist.

Bislang können folgende Ansätze zur Reduzierung des spezifischen Energiebedarfs kommunaler MBR formuliert werden:

- **Betrieb der Membranstufe ausschließlich unter maximalem Fluss** - So wird die effektive Laufzeit der Membranstufe und damit der Cross-Flow-Belüftung reduziert, womit die sonst ungünstigen spezifischen Energieverbräuche bei Trockenwetter in den energetisch günstigeren Bereich verschoben werden. Ggf. ist hierzu die **Implementierung eines Puffervolumens** (vorgeschaltetes Ausgleichsbecken oder Belebungsbecken mit höheren Spiegelschwankungen) erforderlich, damit bei Trockenwetter für einen gewissen Zeitraum Zulaufvolumen gepuffert werden kann und so die Schalttakte zwischen Betrieb und Pause nicht zu kurz werden.
- **Optimierung der Modulkonstruktion**; z.B. Aufstockung der Modulhöhe von 2-Stock auf 3-Stock Betrieb. So kann der spezifische Belüftungsbedarf reduziert werden, da mit der gleichen Cross-Flow Luftmenge 50% mehr Membranfläche belüftet werden kann.
- **Entwicklung neuer Membranmaterialien mit höheren spezifischen Flüssen**; steigt der maximale spezifische Fluss eines Membransystems, dann reduziert sich damit die erforderliche Membranfläche und damit auch der absolute Energiebedarf für die Cross-Flow-Belüftung.