

Reduktion des Biofoulings in Membranbioreaktoren durch Oberflächenmodifizierung der Membranen

Bachelorarbeit von Blaich, Theresa (April/2020)

Problemstellung & Zielsetzung

Die Kombination des Belebtschlammverfahrens mit der Membranfiltration als Membranbioreaktor (MBR) ist ein etabliertes Verfahren zur Abwasserbehandlung. Auch die Busse GmbH aus Leipzig verwendet diese Technik seit 20 Jahren im Bereich der dezentralen Abwasserbehandlung und der Kleinklärschlammtechnik. Das Membranbelebungsverfahren bietet einige Vorteile, wie z. B. das Erreichen einer hygienisch einwandfreien Ablaufqualität und die Möglichkeit zur Wiederverwendung als Brauchwasser. Der wesentliche Nachteil des Verfahrens ist jedoch das Membranfouling, welches im häuslichen und kommunalen Abwasserbereich vor allem durch Biofouling verursacht wird. Dieses verursacht den erhöhten Energiebedarf gegenüber dem konventionellen Verfahren und die damit erhöhten Kosten.

Bisherige Ansätze zur Foulingreduktion bedingen entweder den Einsatz toxischer Substanzen, können im Bereich der Abwasserbehandlung nicht angewendet werden oder weisen keine langfristige Stabilität auf. Daher hat das Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung Leipzig (IOM) ein einfaches Verfahren entwickelt, um Biofouling permanent zu reduzieren. Hierbei werden Hydrogele ohne den Einsatz toxischer Substanzen langfristig in der Membranoberfläche verankert, wodurch eine hydrophile und glatte Oberfläche hergestellt werden soll.

Das Ziel der Arbeit war es, die Auswirkungen dieser Oberflächenmodifizierung auf den Filtrationsbetrieb und die Reinigungsverfahren in einem mit realen Abwässern betriebenen MBR zu untersuchen. Innerhalb von drei Messphasen wurde der Reaktor mit unterschiedlichen Betriebsweisen und Belüftungseinstellungen betrieben und die Reduktion des Biofoulings, die Stabilität der Beschichtung und die Effektivität der mechanischen Reinigungen anhand der Permeabilität der Membranen beurteilt.

Material & Methoden

Für die Filtrationsversuche wurden Membranen aus Polyethersulfon mit einer nominalen Porengröße von $0,04 \mu\text{m}$ verwendet. Durch das IOM wurde die Oberflächenmodifizierung mit dem Hydrogel PEGDA mithilfe einer Elektronenbestrahlung durchgeführt. Aus den beschichteten Membranen und den unbeschichteten Membranen wurde jeweils ein Plattenmodul hergestellt, welches eine Packungsdichte von $120 \text{ m}^2/\text{m}^3$ aufweist.

Diese wurden als getauchte Module in den MBR eingebaut, welcher die Abwässer des Sozialtraktes der Busse GmbH behandelt. Die Anlage wird intermittierend betrieben, d.h., 90-minütige Belüftungspausen und 30-minütige Belüftungsphasen wechseln sich ab. Im regulären Betrieb wird der für die Filtration benötigte Druck durch den hydrostatischen Druck der Wassersäule über der Filtratsammelleiste erzeugt (gravity flow).

Während den Versuchen wurden der Durchfluss, der Transmembrandruck (TMP), die Füllstandshöhe und das Durchflussvolumen gemessen. Die Messungen wurden in drei Phasen gegliedert. In der ersten Messphase wurde der MBR im gravity flow betrieben und belüftete Filtrationspausen untersucht. In der zweiten Messphase wurde die Anlage mit konstantem Durchfluss betrieben und der TMP untersucht. In der dritten Messphase wurde der Betrieb wieder auf gravity flow umgestellt und Filtrationspausen, Rückspülungen und eine mechanische Reinigung untersucht.



Abbildung: Membranmodul

Ergebnisse

In Messphase 1 und 2 lag die Filtrationsleistung der Membran 1 deutlich über der Leistung der Membran 2. Jedoch wurde am Anfang der Messphase 3 eine falsche Positionierung der Module festgestellt, welche keine optimale Überströmung der Membranen mit Luft zuließ. Daher sind die Werte der Messphase 1 und 2 nicht miteinander vergleichbar. Nach der Korrektur der Positionierung lag bei der Betrachtung der Filtrationsleistung zum gleichen Messzeitpunkt die Leistung der Membran 2 über der Leistung der Membran 1. Um die ungleiche Belastung der Module in diesen Messphasen in die Auswertung mit einzubeziehen, wurde die Permeabilität auf das durchgesetzte Wasservolumen bezogen. Hierbei wird deutlich, dass die Messwerte beider Module einen ähnlichen Verlauf haben, die Permeabilität der Membran 2 aber noch immer größer als die Permeabilität der Membran 1 ist.

Weiterhin deutet der Verlauf der Messwerte auf keine Leistungssteigerung durch Filtrationspausen oder durch Rückspülungen hin.

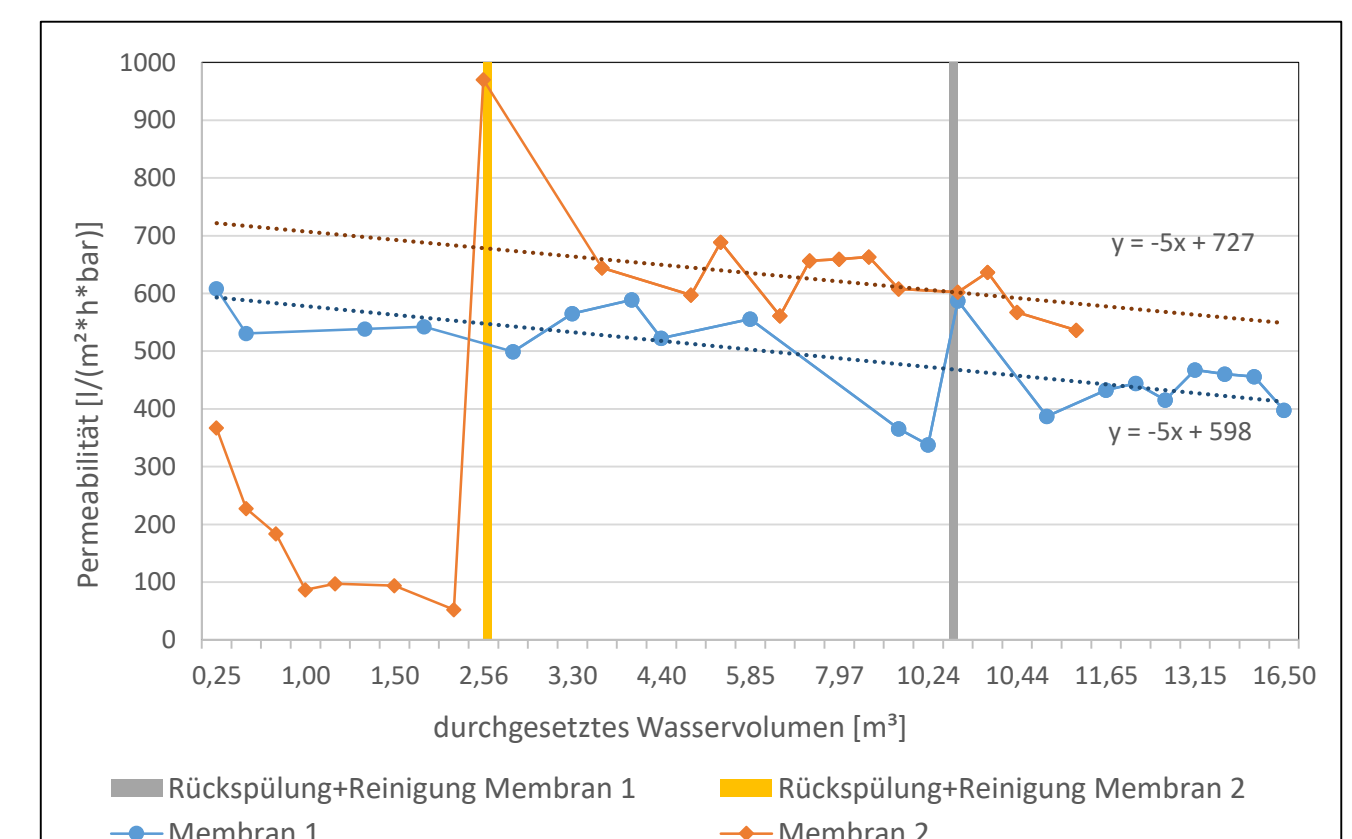


Abbildung: Permeabilität bezogen auf das durchgesetzte Wasservolumen

Vermerk: Detailliertere Angabe von Ergebnissen ist aufgrund einer vorliegenden Geheimhaltungsvereinbarung an dieser Stelle nicht möglich.

Zusammenfassung & Ausblick

Durch den Verlauf der Permeabilität wird ersichtlich, dass es deutliche Unterschiede zwischen den Filtrationsleistungen der beiden Membranen gibt. Durch den fehlerhaften Einbau der Module zu Beginn der Versuche liegt allerdings eine große Einschränkung bei der Beurteilung der Ergebnisse vor. So war der Versuchszeitraum stark verkürzt und ein Vergleich der Membranen nur beschränkt möglich. Um dies bei weiteren Versuchen zu ermöglichen, sollten die Module durch eine intensive Reinigung in den gleichen Zustand gebracht werden oder eine Wiederholung der Messungen mit neuen Modulen durchgeführt werden.

Um die Stabilität der Beschichtung mit größerer Sicherheit beurteilen zu können, müssen Untersuchungen im Labor durchgeführt werden.

Eine Steigerung der Filtrationsleistung durch Filtrationspausen und Rückspülungen konnte bei keiner der beiden Membranen beobachtet werden. Auch hier ist eine Weiterführung der Versuche sinnvoll, um z.B. Rückspülungen mit höheren Drücken durchzuführen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Oberflächenmodifizierung zu einem Unterschied der Filtrationsleistungen führt. Die Auswirkungen auf die Effektivität mechanischer Reinigungsprozesse sollte jedoch noch weiter untersucht werden.



Theresa Blaich, *10.05.1996
- Abitur in Mühlacker (2014)
- B.Sc. Hydrowissenschaften (2020)

Betreuer:

Dr.-Ing. Kristin Kerst
Dipl.-Ing. (FH) Carsten Belz

(Technische Universität Dresden)
(Busse GmbH)

Hochschullehrer: Prof. Dr.-Ing. André Lerch