

Membranbelegung mit einem getauchten Plattenmodul

Inhalt

- 1 Einleitung und Problemstellung
- 2 Versuchsaufbau
- 3 Ergebnisse und Diskussion
 - 3.1 Deckschichtkontrolle
 - 3.2 Flux und Permeabilität
 - 3.3 Ablaufqualität

Autoren:

Markus Röhricht
Fachhochschule Gießen-Friedberg
Wiesenstr. 14, D-35390 Gießen
Telefon: 0641-3092524
E-mail: markus.roehricht@tg.fh-giessen.de

Harald Happel
Fachhochschule Gießen-Friedberg
Wiesenstr. 14, D-35390 Gießen
Telefon: 0641-3092529
E-mail: harald.happel@tg.fh-giessen.de

Ulrich Weise
Weise Water Systems GmbH & CoKG
Steinbruchstr. 6b, D-35428 Langgöns
Telefon: 06447-886555
E-mail: kontakt@weise-water-systems.com

1 Einleitung und Problemstellung

Die Kombination aus einem Belebungsbecken mit einer Membranfiltration zur Abtrennung des belebten Schlammes wird als Membranbelebungsverfahren bezeichnet. Die Membranfiltration übernimmt anstelle der konventionellen Nachklärung (durch Sedimentation) die Abtrennung des belebten Schlammes. Der Einsatz von Membranen bietet gegenüber der klassischen Sedimentation folgende Vorteile:

- 100% Rückhaltung der Biomasse
- Einstellung hoher Biomassekonzentrationen im Reaktor
- Schwebstofffreier und keimarmer Ablauf
- keine Flockenbildung des Schlammes notwendig (keine Blähschlammproblematik)
- weitere Behandlungsschritte wie z.B. Umkehrosmose ohne Probleme durchführbar

Größtes Hindernis beim Einsatz der Membrantechnologie ist das Fouling, d. h. das Verstopfen der Membran durch Wasserinhaltsstoffe oder die Biomasse im Reaktor. Ziel der Arbeit ist es deshalb, durch geeignete Membranauswahl und Verfahrensoptimierung das Fouling zu minimieren und so den Einsatz der Membrantechnologie wirtschaftlich zu gestalten.

2 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Der Aufbau der Versuchsanlage ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. In einem 6 m³ Tank befindet sich Belebtschlamm mit einer Konzentration von ca. 12 g/l. Um den Schlammgehalt konstant zu halten, wird einmal pro Woche über eine Tauchpumpe etwas Schlamm abgelassen (nicht in Abb. 1 dargestellt). Über acht Tellerbelüfter (Biologie-Belüfter) wird der Sauerstoffgehalt auf ca. 2 mg/l konstant gehalten. Der Zulauf ist vorgeklärtes Abwasser des Klärwerkes Gießen (Rechen mit 25 mm Spaltweite, Sandfang und Vorklärbecken). Das Klärwerk Gießen ist für 200.000 Einwohnergleichwerte ausgelegt und behandelt überwiegend kommunales Abwasser der Stadt und des Landkreises Gießen. Die Membranmodule sind im Becken der Versuchsanlage eingetaucht und

werden ständig mit 40 m³/h belüftet (Modul-Belüfter). Die aufsteigenden Luftblasen erzeugen Scherkräfte auf der Membran und sorgen für Verwirbelung. Alle 10 Minuten wird die Saugpumpe für 1 Minute abgestellt, so dass Permeat in den Membranfilter zurückfließen kann (entgegen der Filtrationsrichtung). Das ständige Belüften und die Pausen verhindern weitgehend ein Verblocken der Membran. Eingebaut sind die Membranmodule in einem rechteckigen Edelstahlrack. Über eine Vakuumpumpe wird das Wasser durch die Membran filtriert. Der transmembrane Druck lag, außer in der 3-tägigen Anfahrphase, bei -0,1 bar.

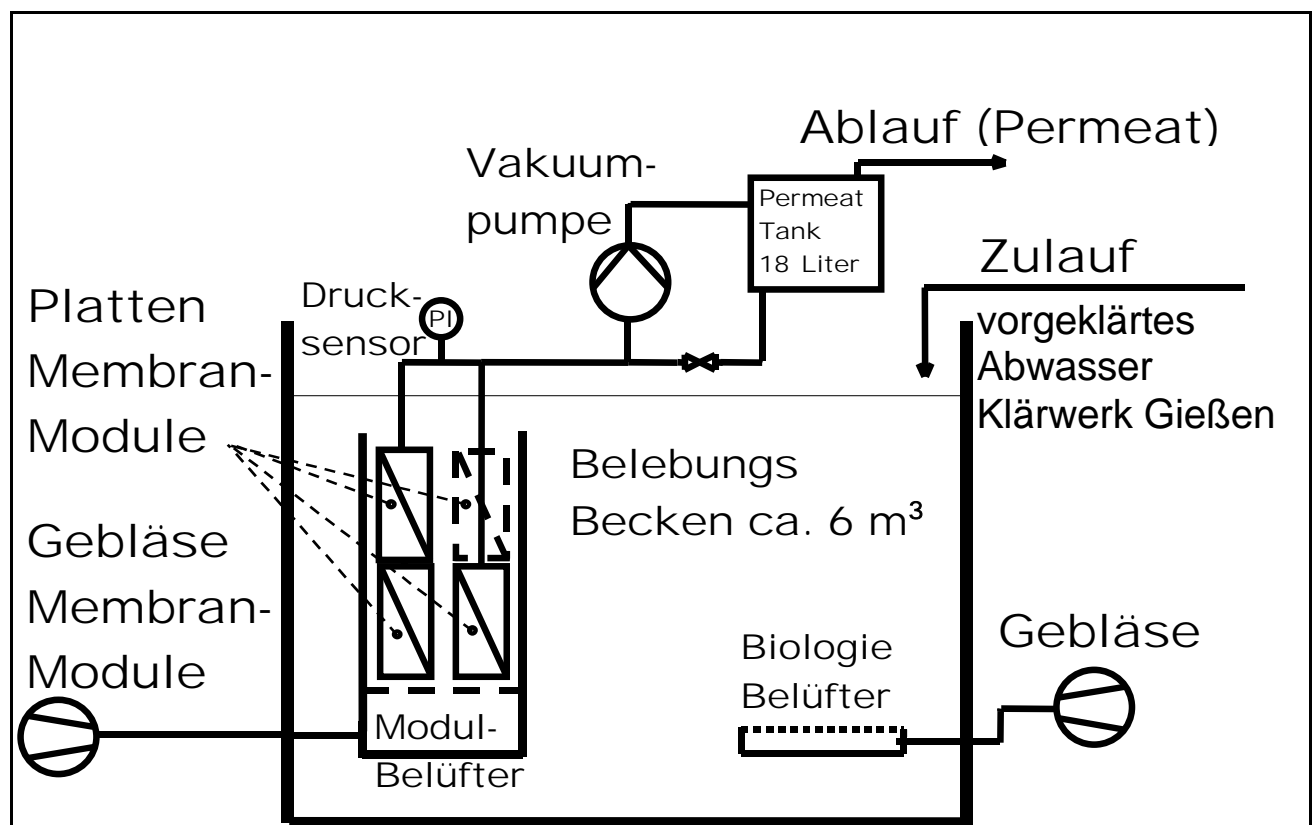


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Membranbelebungsreaktors

Bei den Filtermodulen handelt es sich um Plattenmodule der Firma Weise Water Systems, bestehend aus 24 parallelen Membranplatten, mit einer Gesamtfläche von 3,5 m² (pro Modul). Die verwendeten Membranen bestehen aus PES mit einem Cut Off von 150 kD bzw. PAN mit einem Cut Off von 250 kD. Diese Cut Offs entsprechen grob einer Porenweite von 0,05 µm. Der Abstand der Membranplatten zueinander beträgt 5,5 mm. Eingebaut sind von jedem der

beiden Membrantypen jeweils ein Modul alleine bzw. zwei Module übereinander (siehe Abb. 1).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Deckschichtkontrolle

Durch das ständige Belüften der Membranmodule werden Scherkräfte auf der Membran erzeugt, die ein Verstopfen weitgehend verhindern. Dieses, in der Literatur häufig als Air Flush bezeichnete Verfahren, ist inzwischen Standard bei der Deckschichtkontrolle von getauchten Membranmodulen. Darüber hinaus ist bekannt, dass durch Pausen eine Verbesserung der Deckschichtkontrolle erzielt wird.

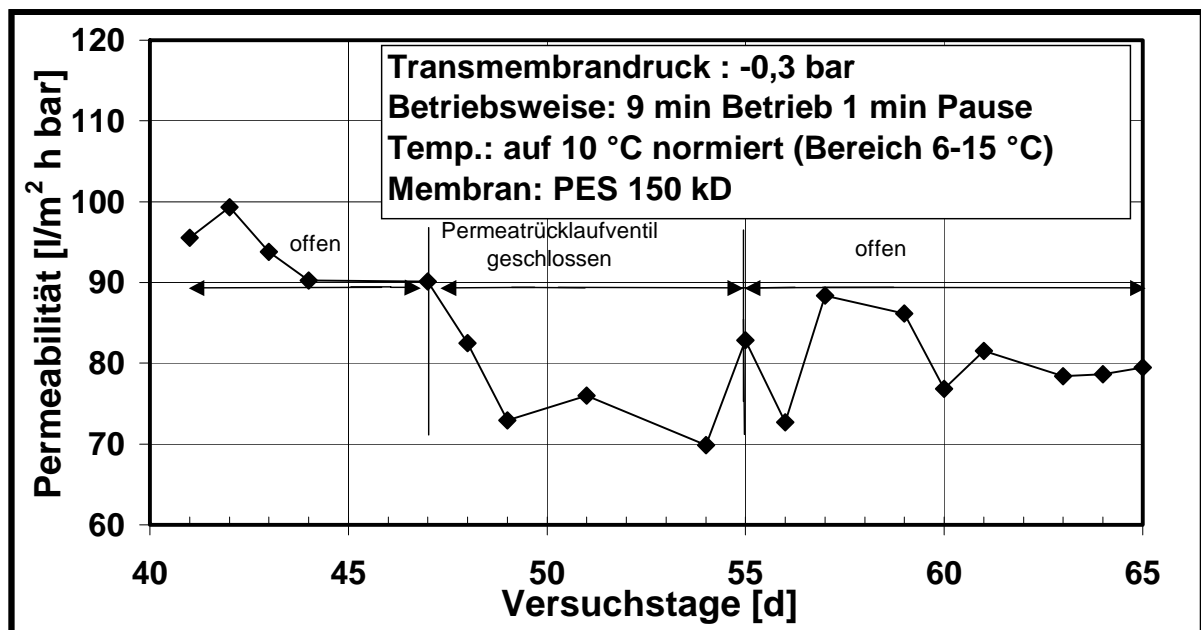


Abb. 2: Permeabilität bei offenem und geschlossenem Permeatrücklaufventil

Im Rahmen eines mehrmonatigen Vorversuches wurde deshalb u. a. der Einfluß des während einer Pause zurückfließenden Permeates untersucht. Bei einer Betriebsweise mit geschlossenem Permeatrücklaufventil kann kein Permeat aus dem Permeatbehälter zurückfließen. Ist dieses Ventil jedoch geöffnet, so fließen in der 1-minütigen Pause ca. 4 - 5 Liter Permeat in jede Moduleinheit zurück. Aufgrund der geringen Menge und der hohen Geschwindigkeit, mit der das

Permeat zurückfließt, ist davon auszugehen, dass hiervon nichts oder nur wenig durch die Membran fließt. Es handelt sich hier also nicht um eine Permeatrückspülung sondern lediglich um ein "Aufblähen" der Membrantaschen. Technisch ist eine Permeatrückspülung der Module mit einem Druck bis zu 0,1 bar möglich. Abbildung 2 zeigt den Rückgang des Fluxes durch das Schließen des Permeatrücklaufventiles. Nach Öffnen des Ventiles steigt der Flux wieder auf ein höheres Niveau an. Damit ist der positive Effekt durch das Aufblähen der Membrantaschen während der Pause belegt.

3.2 Flux und Permeabilität

In Abbildung 3 ist der Flux und die Permeabilität der jeweiligen Membran (PAN oder PES) bzw. Konfiguration (ein oder zwei Module übereinander) über der Zeit dargestellt. Der Flux bei der PES-Membran stabilisiert sich im Bereich von 30 l/m² h und bei der PAN-Membran im Bereich von 10 l/m² h. Ob das Übereinanderstapeln von 2 Modulen generell Nachteile bringt, konnte noch nicht abschließend geklärt werden. Im Falle der PAN Membran scheint ein Übereinanderstapeln sogar bessere Fluxwerte als für nur ein Element zu liefern.

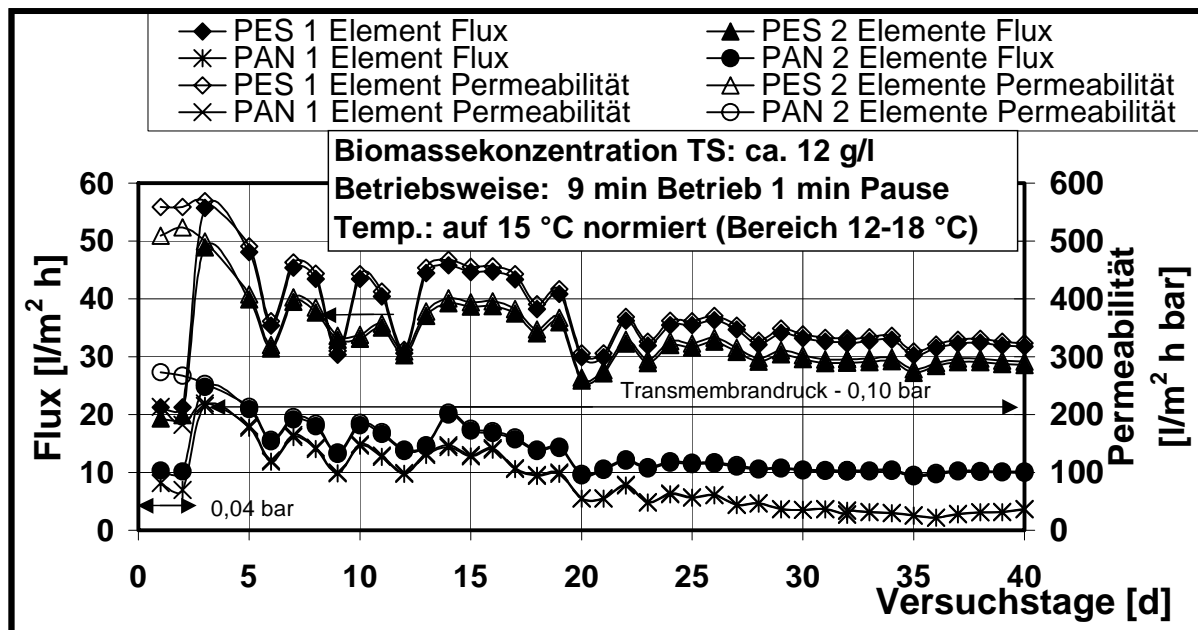


Abb. 3: Flux und Permeabilität über der Zeit für die im Membranbelebungsreaktor eingesetzten Membranmodule

Bei den dargestellten Flux-Werten handelt es sich um Bruttowerte. Bei der Auslegung einer Membranbelebungsanlage muss noch berücksichtigt werden, dass alle 10 Minuten eine Pause für 1 Minute erfolgt. Dadurch vergrößert sich die notwendige Membranfläche um 10 % gegenüber der aus den Flux-Werten berechneten Fläche.

Erwähnenswert ist die Tatsache, dass es bisher nicht zu Verzopfungen im Membranfilter kam. Die Spaltweite des Rechens der Kläranlage Gießen ist mit 25 mm sehr groß, so dass die Belastung im Belebungsbecken mit Haaren und anderen Fasern sehr hoch ist. Aufgrund von Problemen mit Verzopfungen bei Membranbelebungsanlagen empfiehlt der ATV-DVWK-Fachausschuß "Membranbelevungsverfahren" einen Feinrechen oder eine Siebanlage mit maximalen Spaltweiten von 3 mm als Vorbehandlungsmaßnahme. Ob auf diese weitgehende Vorreinigung beim Einsatz von Platten-Membranfiltern verzichtet werden kann, müssen die weiteren Ergebnisse zeigen.

3.3 Ablaufqualität

Die Ablauf- bzw. Permeatqualität ist für die Membranbelebungsanlage in Tabelle 1 dargestellt und mit den Werten der (konventionellen) Kläranlage Gießen und den Zulaufwerten (Ablauf Vorklärung) verglichen. Deutlich erkennbar ist die hohe hygienische Qualität des durch die Membranbiologie gereinigten Abwassers. Escherichia coli konnten im Versuchszeitraum nicht und Coliforme nur vereinzelt nachgewiesen werden. Die Gesamtkeimzahl lag meist unterhalb von 1000 KBE/ml (alter Trinkwassergrenzwert für Wasser auf Schiffen).

Der Abbau der Kohlenstoffverbindungen wurde über die Parameter CSB und BSB₅ erfasst. Hier sieht man nur eine geringe Verbesserung durch die Membranbelebungsanlage, da der Abbau der Kohlenstoffverbindungen ausschließlich durch die Biologie bewerkstelligt wird. Nicht abgebaute, gelöste organische Verbindungen gehen durch die Membran hindurch. Lediglich Kohlenstoffverbindungen, die an Partikel gebunden sind, können zurückgehalten werden. Aus diesem Grunde sind Ablaufwerte aus einer Membranbelebungsanlage häufig etwas niedriger als aus herkömmlichen Belebungsanlagen.

Tab. 1: Ablaufqualität der Membranbelebung im Vergleich mit der des Klärwerkes Gießen und den Zulaufwerten

Parameter	Zulauf (aus Vorklärbecken)	Ablauf Membranbelebung	Ablauf Klärwerk Gießen
Gesamtkeimzahl	300.000 KBE/ml	1 - 1.000 KBE/ml	10.000 KBE/ml
Coliforme	4.000.000 /100 ml	n. n.* - 100 /100 ml	30.000 /100 ml
Escherichia coli	2.000.000 /100 ml	n. n.*	20.000 /100 ml
CSB	250 - 400 mg/l	15 mg/l	18 mg/l
BSB ₅	150 - 200 mg/l	meist < 5 mg/l	meist < 5 mg/l

* n. n. = nicht nachweisbar

Danksagung

Dieses Projekt wird durch das AiF-Programm des BMBF, FKZ: 1705302 finanziell gefördert. Außerdem danken wir dem Klärwerk Gießen für die freundliche Unterstützung.