

MEMBRANVERFAHREN ALS VIERTE REINIGUNGSSTUFE AN KLÄRANLAGEN: ENTWICKLUNG EINER MOBILEN TESTANLAGE

Thomas Senfter^{*a}, Lisa Götschhofer^a, Manuel Berger^a, Tobias Kofler^a, Christian Mayerl^a, Sandro Holzer^a, Stephan Kahl^a und Martin Pillei^a

^a *Department of Environmental, Process and Energy Engineering, MCI-The Entrepreneurial School, Innsbruck, Austria*

** Corresponding Author: Thomas Senfter, thomas.senfter@mci.edu*

Abstract. Jede Österreicherin und jeder Österreicher verbraucht im Durchschnitt 140 Liter Wasser pro Tag. Ein Großteil dieser Wassermenge muss nach der Nutzung in einer der knapp 2.000 Kläranlagen des Landes gereinigt werden.

Ein Problemfeld, das aktuell auf politischer, technischer und medialer Ebene diskutiert wird, sind die im Reinwasser von Kläranlagen enthaltenen Mikroschadstoffe. Diese sind im Wesentlichen Arzneimittelrückstände und Mikroplastik, die im Kläranlagenprozess nicht abgeschieden werden können. Folglich besteht der Bedarf nach einem in Kläranlagen integrierten Prozessschritt, um die Mikroschadstoffe zu entfernen. Die Bezeichnung für diesen Verfahrensschritt ist die „vierte Reinigungsstufe“, welche allerdings in Österreich noch nicht flächendeckend umgesetzt ist. Der Grund hierfür liegt unter anderem darin, dass geeignete Technologien entweder aufwändig oder noch nicht ausreichend erprobt sind.

Zur Erprobung von Membranverfahren als mögliche Lösung für die „vierte Reinigungsstufe“ wurde in der gegenständlichen Arbeit eine mobile Testanlage entwickelt. Diese ermöglicht es im industriellen Maßstab, Membranverfahren vor Ort an Kläranlage zu evaluieren und somit Auslegungsgrundlagen und Betriebserfahrungen im Praxisbetrieb abzuleiten. Diese so gewonnenen Informationen sollen die zeitnahe, flächendeckende Umsetzung der „vierten Reinigungsstufe“ unterstützen.

Keywords: Abwasserreinigung, Membranverfahren, Mikroschadstoffe, Mikroplastik

1 EINLEITUNG

Der österreichische Pro-Kopf-Wasserverbrauch liegt bei 140 Litern am Tag [1]. Der Großteil dieser Wassermenge muss an einer der 1.869 Kläranlagen des Landes aufgereinigt werden, um wieder in die Gewässer eingeleitet werden zu können [2]. Das Abwasser wird typischerweise an Kläranlagen über einen Rechen (Abtrennung von Partikeln >4 mm), einen Sandfang und über das Vorklär-, Belüftungs- und Nachklärbecken geleitet.

Die nähere Betrachtung der für österreichische Kläranlagen typischen Reinigungsstufen zeigt, dass keine dieser Stufen eine Abtrennung von Kleinstpartikel (z.B. Spurenstoffe oder Mikroplastik) gewährleisten kann. Die Untersuchungen des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus zu Arzneimittelwirkstoffen und Hormonen in Fließgewässern im Rahmen eines Sondermessprogramms [3] zeigen ein ernüchterndes Bild: In allen 40 beprobten Fließgewässern konnten beträchtliche Mengen an Arzneimittelwirkstoffen (z.B. Schmerzmittel Diclofenac oder Antiepileptikum Gabapentin) nachgewiesen werden. Eine wesentliche Erkenntnis dieser Studie ist, dass bei einem erhöhten Anteil von Abwasser im Fließgewässer dort auch der Anteil von Arzneimittelwirkstoffen erhöht ist. Daraus schließen die Autorinnen und Autoren, dass die nachgewiesenen Arzneimittelwirkstoffe vorwiegend auf die Einleitung kommunaler Abwässer zurückzuführen sind. Der aktuelle Stand der Technik bei Kläranlagen weist daher Mängel in der Mikroschadstoffabscheidung auf.

Des Weiteren steht aktuell das Themenfeld Mikroplastik stark im medialen Umweltfokus. Wird die Situation unter dem Gesichtspunkt von Kläranlagen beleuchtet, so zeigt sich hier ein wenig erfreuliches Bild: Im Abwasser befindet sich eine beträchtliche Menge an Mikroplastik. Der Ursprung liegt hierbei z.B. in ausgespülten Kosmetikprodukten oder in ausgewaschenen Kunststoff-Fasern aus Waschmaschinenabläufen [4]. Nicht abgeschiedene Kleinstpartikel, die sich im abfließenden Reinwasser von Kläranlagen befinden, gelangen in die Gewässer und haben negative Auswirkungen auf das Ökosystem und auf die Menschen.

Für den Umgang mit diesen Kleinstpartikeln fällt in den letzten Jahren vermehrt der Begriff „vierten Reinigungsstufe“, wobei sich die Fachwelt einig ist, dass dieser Prozessschritt zukünftig flächendeckend umgesetzt wird. Uneinigkeit besteht hingegen in den Vorstellungen, welches technische Verfahren letztlich das wirtschaftlichste und sinnvollste ist [5]. Die verhaltene Stimmung gegenüber der „vierten Reinigungsstufe“ ist nicht nur auf die zu erwartenden erhöhten Kosten, sondern insbesondere auch auf einen Mangel an Forschungsergebnissen in diesem Bereich zurückzuführen [6].

Es besteht folglich ein Mangel an Forschungsergebnissen und Apparaten, welcher letztlich dafür verantwortlich ist, dass die „vierte Reinigungsstufe“ in Österreich noch nicht umgesetzt ist.

2 METHODIK

Zur Evaluierung von Membranverfahren als mögliche technische Lösung für die "vierte Reinigungsstufe" wird eine mobile Testanlage im industriellen Maßstab entwickelt. Die Methodik besteht aus der Entwicklung der Testanlage, deren Inbetriebnahme und Erhebung erster Messdaten. Zukünftig sollen mit dieser Anlage Versuche vor Ort durchgeführt werden.

Hinsichtlich einer maximalen Flexibilität wird die geplante Testanlage in eine Pumpen- und Membraneinheit unterteilt, welche für einen Volumenstrom von 25 m³/h und einen Druck von 7 bar dimensioniert werden.

Die Pumpeneinheit (s. Abbildung 1) ist mit einem magnetisch induktiven Durchflusssensor ausgestattet. Die Steuerung, Regelung und Überwachung der Prozessparameter erfolgt über eine zentrale Steuereinheit (Siemens S7-1200).

Für die Pumpeneinheit wird eine Spiralgehäusepumpe in Prozessbauweise der Fa. KSB mit einer maximalen Leistungsaufnahme von 15kW verwendet. Die Membraneinheit ist mit zwei 3"-Rohrmembranen ausgestattet, die modular in Serie oder parallelgeschaltet werden können. Ein wesentliches Kennzeichen der verwendeten 3"-Rohrmembranen ist, dass die Dimensionierung dem industriellen Maßstab entspricht und die Erkenntnisse aus den Versuchen direkt (ohne Probleme mit dem Scale-up) auf die jeweilige Anwendung umgelegt werden können. Abbildung 1 zeigt die Serienschaltung von 2 Stück Rohrmembranen mit den vorgesehenen Erweiterungsmöglichkeit für zusätzliche 8 Stück Membranmodule als Rack.



Abbildung 1. Membraneinheit (links) und Pumpeneinheit (rechts)

Nach der Inbetriebnahme der Anlage werden erste Tests durchgeführt, um allgemeine Betriebsparameter zu ermitteln. Ziel dieser Versuche ist es, einerseits den Permeatfluss in Abhängigkeit des Durchflusses und der transmembranen Druckdifferenz zu beschreiben und andererseits, die Anlage sowohl im Cross-Flow- als auch im Dead-End-Betrieb zu betreiben.

3 ERSTE ERGEBNISSE

Der transmembrane Druck geht aus der Differenz der beiden Drucksensoren hervor. Die Diagramme in Abbildung 2 und 3 veranschaulichen die gemessenen Daten. Hier zeigte sich, dass bereits bei einem Volumenstrom von 11 m³/h ein transmembraner Druck von knapp 2 bar herrscht. Auf Basis der vorhandenen Messdaten und aufgrund der Tatsache, dass sich der Druckverlust quadratisch zum Volumenstrom verhält, ist eine quadratische Funktion anzunehmen. Durch die numerische Berechnung der Koeffizienten konnte eine Kurve ermittelt werden, die den Druck bis zu einem Volumenstrom von 25 m³/h zeigt.

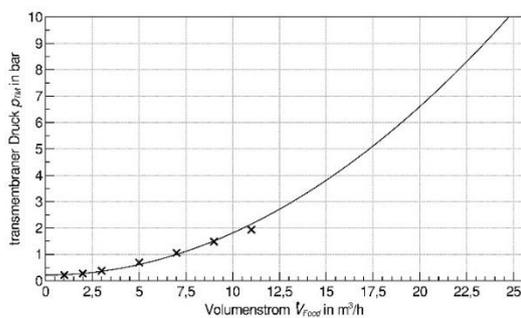


Abbildung 2. Transmembraner Druck

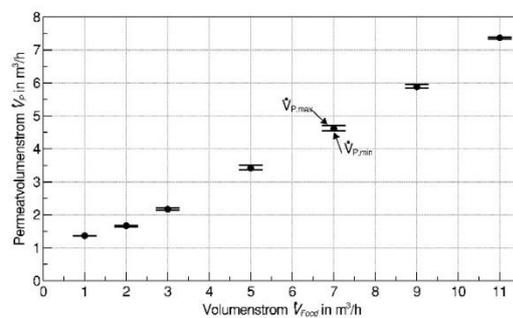


Abbildung 3. Permeatvolumenstrom in Abhängigkeit vom Feedvolumenstrom im Cross-Flow-Betrieb

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN, AUSBLICK UND BESONDERHEIT

Die Inbetriebnahme und Ergebnisse mit der Membrananlage sind als erster von mehreren Schritten zur Erprobung von Membranverfahren in der Abwasserreinigung anzusehen. Zukünftig werden mit der hier entwickelten Testanlage die entsprechenden Untersuchungen vor Ort bei Kläranlagenbetreibern durchgeführt.

Das FFH Forschungsforum erscheint den Autoren als geeignete Plattform, um abseits von höchster wissenschaftlicher Qualität auch das eigene Wesen als Bildungseinrichtung hervorzuheben. Die in diesem Beitrag dargestellten Informationen sollen die Vielseitigkeit der von den FH-Studierenden im Rahmen der Abschlussarbeit geforderten Kompetenzen verdeutlichen. Diese sind:

- Verfahrensentwicklung inkl. Fließbildern, Basic Engineering, Schnittstellendefinition
- Konstruktion einer Testanlage mit mehreren Iterations-/Optimierungsschleifen
- Komponentenauswahl (Pumpen, Sensorik, Fittings, ...)
- Ableitung von Fertigungszeichnungen
- Energietechnische Planung (Versorgung)

- EMSR-Planung, Verdrahtung und Programmierung
- Umsetzung des Anlagenbaus gemäß den eigenen Fertigungszeichnungen
- Inbetriebnahme der Anlage inkl. Beseitigung von Fehlern an der Anlage
- Test der Anlage und Ableitung eines ersten Leistungskennfeldes (transmembraner Druck und Flux)
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Letztlich geht es bei der Positionierung des Fachhochschulwesens auch darum, am Arbeitsmarkt gefragte Persönlichkeiten zu entwickeln. Mit der Kombination der oben dargestellten Kompetenzfelder der Studierenden ist das wohl gelungen.

5 DANKSAGUNG

Diese Forschungsarbeit wurde aus Mitteln des Landes Tirol (Tiroler Wissenschaftsfonds, Projekt „Mobile Membran - Mobran“, GLZ: 0404/2585) im Rahmen der Abschlussarbeit von Lisa Götschhofer umgesetzt.

6 LITERATUR

[1] Statista, „Täglicher Pro-Kopf-Trinkwasserverbrauch in ausgewählten Ländern im Jahr 2015“, Veröffentlicht im April 2018, Abfragedatum: 12.01.2022.

[2] Statista, „Anzahl der Kläranlagen in Österreich in ausgewählten Jahren von 1995 bis 2018“, Veröffentlicht im September 2020, Abfragedatum: 12.01.2022.

[3] Hartmann, C., Clara, M., Scharf, S., Denner, M., „Arzneimittelrückstände in der Umwelt“, Umweltbundesamt, 2016.

[4] Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., Janssen, C.R., „Microplastic pollution in deep-sea sediments“, Environmental Pollution, 182, 495-499, 2013.

[5] Zekin, Ö., „Vierte Reinigungsstufe in kommunalen Abwasserreinigungsanlagen – Möglichkeiten, Bemessung, Kosten, Betriebserfahrung“, Masterarbeit, TU Universität Graz, 2016.

[6] Civity Management Consultants, „Kosten und verursachungsgerechte Finanzierung einer vierten Reinigungsstufe in Kläranlagen“, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2018.