

# Durchführung und Auswertung von Untersuchungen zur membrangestützten Extraktion von Stickstoff aus wässrigen Medien

Bachelorarbeit von Shopova, Yana (09/2021)

## Problemstellung & Zielsetzung

Das Fraunhofer IKTS entwickelt und untersucht in Labormaßstab keramische Membranen, die als Membrankontaktoren für die Extraktion von Stickstoff aus wässrigen Medien dienen. Mit der Membranextraktion lässt sich Stickstoff in Form von Ammoniak in Schwefelsäure überführen und damit entsteht Ammonium-Sulfat-Lösung. Dieses Sekundärprodukt wird als flüssiger Düngemittel verwendet.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, relevante Transportprozesse und wesentliche Einflüsse von Betriebsparametern und Membraneigenschaften für die Membranextraktion von Stickstoff aus wässrigen Strömen zu untersuchen und zu diskutieren. Dies soll der Analyse und Ermittlung von Nutzungsgrundlagen dieses Prozesses, sowie einer Wahl geeigneter Membranen für die Stickstoffrückgewinnung aus wässrigen Medien dienen, die bei Vergärungstechnologien organischer Reststoffe anfallen.

## Methoden & Materialien

Für die Erforschung von verschiedenen Membranen unter variablen Bedingungen wurde eine Technikumsanlage ausgelegt. Die Feed- und Extraktionsmittel-Lösungen werden in zwei unabhängigen Kreisläufen geführt, wobei der einzige Interaktionspunkt zwischen den Medien die in dem Modul eingebaute Membran ist. Durch diese wird Stickstoff in Form vom Ammoniak aus der abgebenden Phase in die Aufnehmerphase überführt.

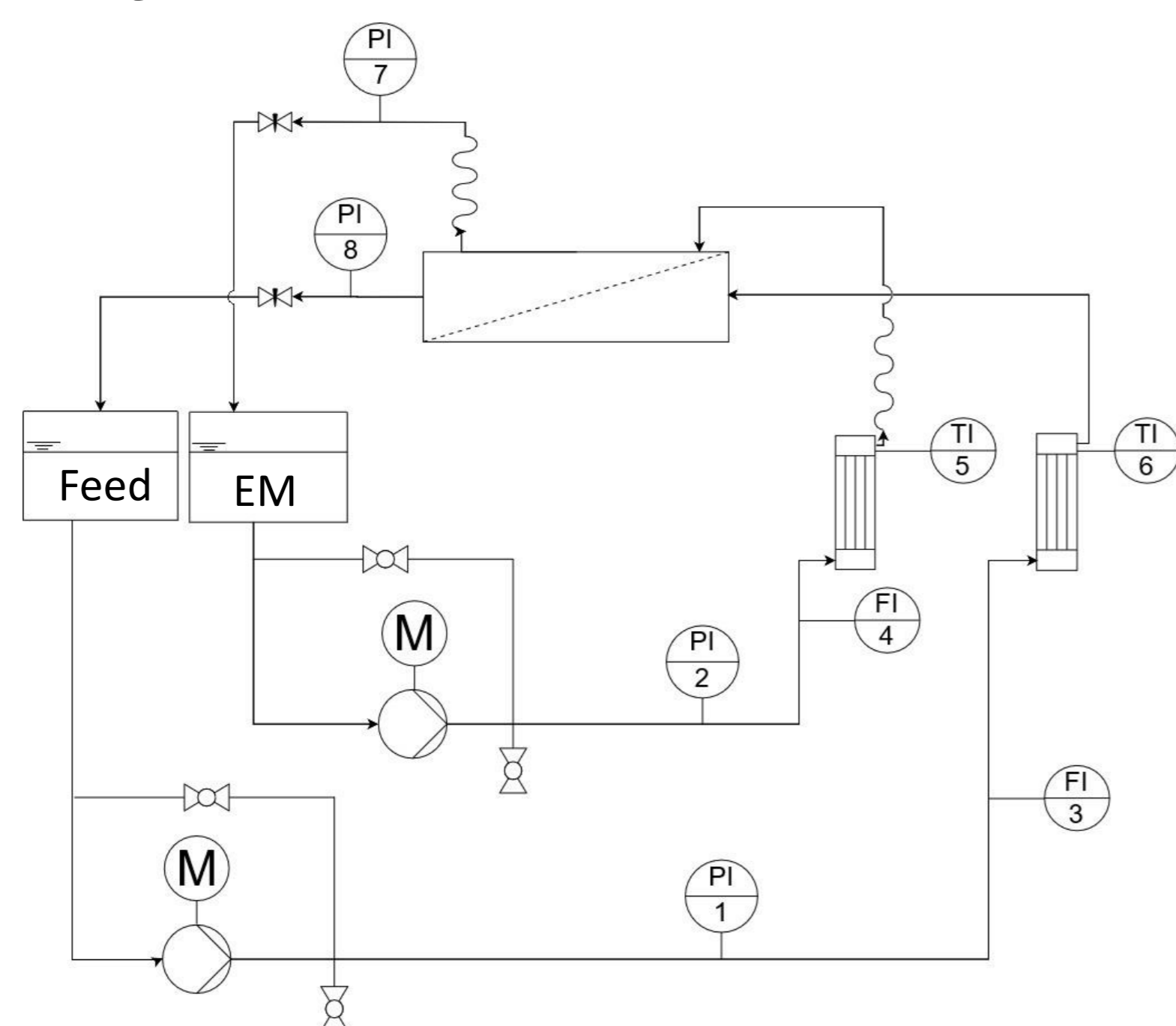


Abbildung 1: Fließschema der Technikumsanlage

## Membranen



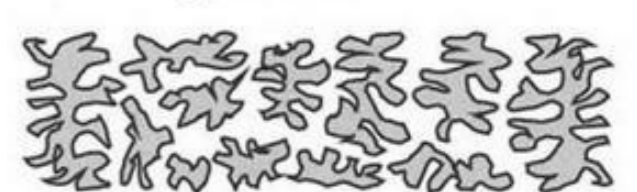
Tabelle 1: Übersicht der getesteten Membranen

Bezeichnung	Schichtenstruktur und Porenweite	Wandstärke [mm]	Membranaufbau
	Träger / Zwischenschicht / trennaktive Schicht		
1 EKR-D10/7-L500	800 nm / - / 200 nm	1,5	asym.
2 EKR-D10/7-L500	800 nm	1,5	sym.
3 EKR-D10/8-L500	540 nm	1	sym.
4 EKR-D10/8-L500	3,9 µm / 800 nm / 200 nm	1	asym.
5 7KR-D25-L500	3 µm / 1 µm / 200 nm	-	asym.
6 19KR-D25-L500	3 µm / 1 µm / 200 nm	-	asym.
7 Kapillarbündel	800 nm	0,6	sym.

asymmetrisch



symmetrisch



Melin und Rautenbach, 2007

Getestet wurden verschiedene Membranvarianten unterschiedlicher Geometrie, Wandstärke und Aufbaucharakteristiken. Einen Überblick ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

## Ergebnisse

Mehrkanalrohre haben sich als ungeeignet für die Stickstoffrückgewinnung mittels Membranextraktion bewiesen. Einkanalrohre haben einen besseren Ammoniak-Transfer als die Mehrkanalrohre geleistet, wiesen aber eine große geometrieinterne Varianz auf, was auf andere Eigenschaften größerer Relevanz hindeutet. Es konnte nachgewiesen werden, dass eine kleinere Wandstärke die Ammoniak-Extraktion begünstigt.

Es konnte beobachtet werden, dass der Ammoniak-Transfer für einen reinen Träger und für einen gleichen Träger mit einer trennaktiven Membranschicht sich nicht signifikant unterschieden hat. Ein symmetrisch aufgebautes Rohr ist in diesem Sinne auch ohne Beschichtung ausreichend für die Stickstoffextraktion. Weiterhin ließ sich vermuten, dass die Widerstände in dieser Stützschiicht maßgebend für den Extraktionsprozess sind. Beim konkreten Vergleich von Supporteigenschaften ließen sich nur bedingt zuverlässige Schlüsse ziehen. Lokale Defekte an der Membran oder des Supports werden als relevanter Faktor diskutiert.

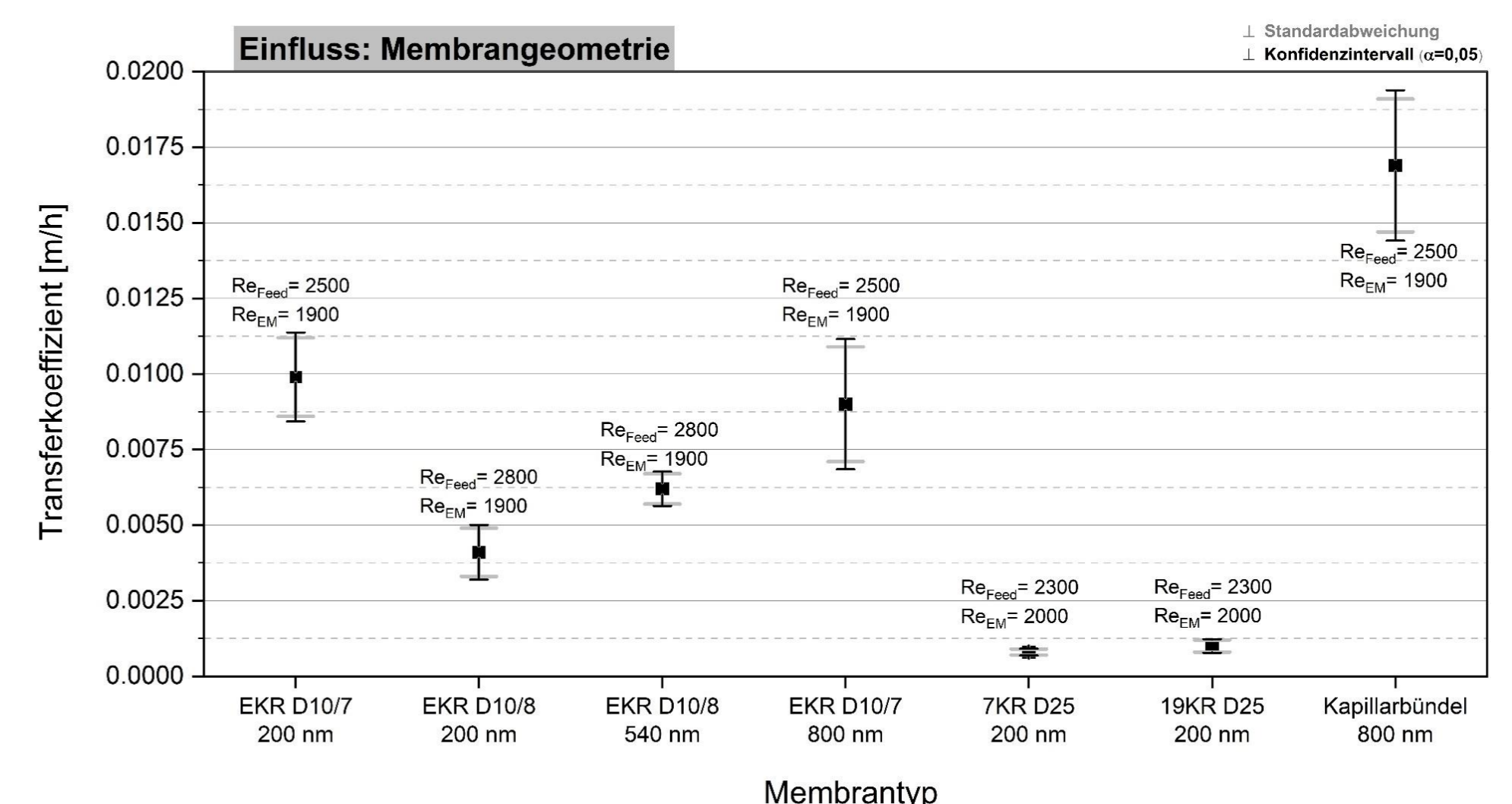


Abbildung 2: Ermittelte Transferkoeffizienten verschiedener Membranen

## Zusammenfassung & Ausblick

Im Allgemein weisen keramische Membranen im Schnitt niedrigere Transferkoeffizienten im Vergleich zu typischen Werten für Polymermembranen auf. Das liegt zum Teil auch an der sehr dünnen Membranstärken, die mit Polymermembranen realisierbar sind. Keramische Membranen weisen aber einige für den Prozess der Stickstoffextraktion aus wässrigen Strömen relevante Vorteile wie hohe chemische Stabilität und gute Temperatur- und Alterungsbeständigkeit. Diese sind in Abhängigkeit der Anwendungsziele und besonders bei langzeitiger Betriebsplanung ebenfalls zu betrachten. Die vorliegende Arbeit konnte Erkenntnisse liefern, die sich bei der Wahl geeigneter keramischen Membranen für die Stickstoffextraktion als nützlich erweisen können.

Sowohl vorherige als auch die aktuellen Versuche haben zuverlässige und nützliche Befunde für die Anwendung von Membranextraktion zur Stickstoffrückgewinnung aus bei Vergärung von organischen Stoffen entstandenen wässrigen Strömen ermittelt. Alle bisherigen Versuche wurden allerdings mit Modellwasser durchgeführt. Als Fragestellung weiterer Forschung bietet sich die Betrachtung von Eigenschaften realer Medien an. Versuche mit realen Medien als Feed könnten Informationen über weitere, hier nicht untersuchte Parameter wie zum Beispiel Trockensubstanz-Gehalt oder Salzgehalt liefern.



Yana Shopova, 18.01.1997  
- Abitur (2016)

Betreuer:

M.Sc. David Schödel  
M.Sc. Sarah Trepte

(Technische Universität Dresden)  
(Fraunhofer IKTS)

Hochschullehrer: Prof. Dr.-Ing. André Lerch