

# **Performance keramischer Nanofiltrationsmembranen zur Aufreinigung komplexer Zuckergemische in Abhängigkeit von molekularen und operativen Einflussfaktoren**

K. Hofmann<sup>1</sup>, S. Burkhardt<sup>1</sup>, T. Kleinschmidt<sup>1</sup>, C. Hamel<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Anhalt, Köthen, Deutschland

<sup>2</sup> Otto von Guericke Universität, Magdeburg, Deutschland

## **Motivation**

In der Milchindustrie sind Membranfiltrationsverfahren nicht mehr wegzudenken, wobei insbesondere die Mikro- und Ultrafiltration beispielsweise zur Keimreduzierung sowie selektiven Auftrennung und Anreicherung verschiedener Proteinfractionen eine wichtige Rolle spielen. Mit den steigenden Anforderungen an geschlossene Stoffkreisläufe und einer Erweiterung der Wertschöpfungskette zur Verbesserung der Nachhaltigkeit, gewinnt die Nanofiltration immer mehr an Bedeutung. Aufgrund ihrer deutlich niedrigeren Ausschlussgrenze ist sie in der Lage, auch multivalente Ionen und Zuckerstrukturen zurückzuhalten. Speziell keramische Nanofiltrationsmembranen erweitern infolge ihrer besseren Stabilität und höheren Fluxes im Vergleich zu Polymermembranen das potenzielle Anwendungsfeld der Nanofiltration [1].

Gleichzeitig steht die gewinnbringende und wertsteigernde Weiterverarbeitung von Lactose, die in großen Mengen in Form von Molke als Nebenprodukt der Käseherstellung anfällt, gegenwärtig im Fokus der Bemühungen der Lebensmittelindustrie, wobei insbesondere die enzymatische Transformation in prebiotische Galacto-Oligosaccharide (GOS) einen vielversprechenden Weg aufzeigt [2]. Voraussetzung für einen kosteneffektiven Gesamtprozess sind hierbei aufgereinigte und aufkonzentrierte Eingangs-/Ausgangsströme, die mit Hilfe der Nanofiltration gestaltet werden könnten und Gegenstand dieses Beitrags sind.

## **Ansatz**

Zunächst wurden orientierende Versuche an einer Pilot-NF-Anlage mit einer keramischen Einkanalrohrmembran (MWCO 200 g/mol vom Partner IKTS) durchgeführt, um deren Eignung zur Aufkonzentrierung von Lactose und/oder Abtrennung verschiedener Zuckerfraktionen zu untersuchen. Neben einem industriell hergestellten GOS-Gemisch wurden im Sinne der Systematik zunächst Modelllösungen, die entweder aus Lactose oder einem Gemisch aus Glucose und/oder Galactose sowie Lactose bestanden, verwendet, um im cross-flow den Einfluss des Transmembrandruckes (TMP), der Überströmgeschwindigkeit, der Temperatur sowie der Zuckerkonzentration auf den

Permeatflux, die Deckschichtbildung sowie das Rückhaltevermögen der einzelnen Zuckerfraktionen zu untersuchen.

## Ergebnisse

Im untersuchten TMP-Bereich von 0,5 bis 3,5 MPa (Abb. 1 und 2) zeigt sich bei allen Zuckerlösungen mit steigendem TMP zunächst ein linearer Permeatfluxanstieg, wobei oberhalb von 2 MPa erste Grenzfluxphänomene auftreten, vermutlich bedingt durch eine irreversible Deckschichtbildung. Ab wann und unter welchen Bedingungen sich diese Deckschicht aufbaut, wurde in weiterführenden Untersuchungen betrachtet, da [3, 4] berichten, keinerlei Fouling beobachtet zu haben. Während der Lactose-Rückhalt bei der Filtration des Mono-Disaccharid-Gemischs mit steigendem TMP annähernd konstant bleibt, vergrößert sich der Rückhaltekoefizient der Monosaccharide um ca. 9 %. Im komplexen GOS-Gemisch mit Polymerisationsgraden von 3 bis 6 (DP3 – DP6, Abb. 1) kommt es zu zunehmenden Wechselwirkungseffekten.

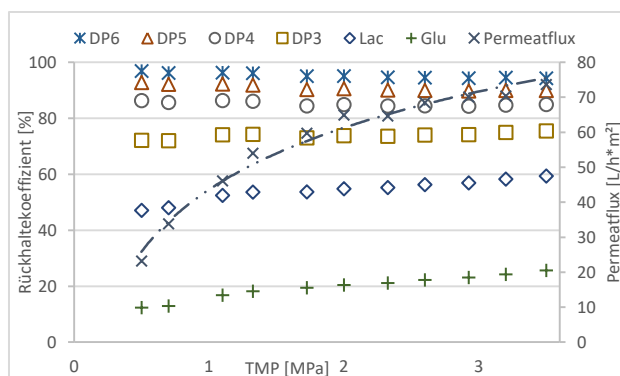


Abbildung 1: Rückhaltekoefizienten der einzelnen Zuckerfraktionen eines GOS-Gemischs (c-Gesamt ca. 40 g/L) sowie Flux in Abhängigkeit vom TMP

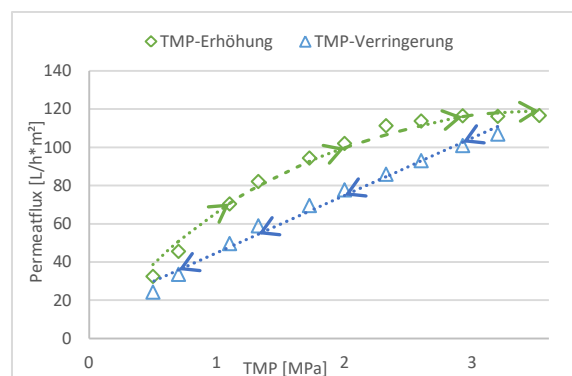


Abbildung 2: Permeatflux eines Mono-Disaccharid-Gemischs (c-Gesamt ca. 47 g/L) nach schrittweiser Erhöhung bzw. Erniedrigung des TMP

Der Gehalt an Lactose in der Feedlösung beeinflusst ebenfalls Permeatflux und Rückhaltevermögen. Untersuchungen mit 25, 50 und 100 g/L Ausgangskonzentration ergaben, dass höhere Anfangslactosegehalte zu einem geringeren initialen Permeatflux wie auch verringertem Lactose-Rückhaltekoefizient führten, wobei sich der Flux im Zuge einer Aufkonzentrierung kontinuierlich verringert, während sich die Lactose-Retention mit zunehmendem Aufkonzentrierungsgrad verbessert.

## Literatur

- [1] I. Voigt, H. Richter, M. Weyd, K. Milew, R. Haseneder, C. Günther, V. Prehn, Treatment of Oily and Salty Mining Water by Ceramic Nanofiltration Membranes, *Chemie Ingenieur Technik* 91 (2019) 1454–1459.
- [2] M.G. Gänzle, G. Haase, P. Jelen, Lactose: Crystallization, hydrolysis and value-added derivatives, *International Dairy Journal* 18 (2008) 685–694.
- [3] B. Cuartas-Uribe, M.I. Alcaina-Miranda, E. Soriano-Costa, J.A. Mendoza-Roca, M.I. Iborra-Clar, J. Lora-García, A study of the separation of lactose from whey ultrafiltration permeate using nanofiltration, *Desalination* 241 (2009) 244–255.

- [4] A.K. Goulas, P.G. Kapasakalidis, H.R. Sinclair, R.A. Rastall, A.S. Grandison, Purification of oligosaccharides by nanofiltration, *Journal of Membrane Science* 209 (2002) 321–335.