

Dr.-Ing. Th. Koch ¹, Dr.-Ing. V. Preuß ²

¹ koch.t@tu-cottbus.de
² volker.preuss@tu-cottbus.de

Lehrstuhl Wassertechnik & Siedlungswasserbau
Prof. Dr.-Ing. habil. Roland Koch
Lehrgebäude 4 A, Siemens-Halske-Ring 8, 03046 Cottbus

Telefon: 0355/69-4312
Telefax: 0355/69-3025

Problemstellung

Eine **Einleitung von Sumpfungswässern des Tagebaubetriebes im Lausitzer Revier direkt in die Vorflut** ist erst nach der Behandlung der Grubenwässer in **Grubenwasserreinigungsanlagen** (GWRA vgl. Abb. 1) statthaft. Durch Zugabe von Kalk können **pH-neutrale Verhältnisse und Eisenkonzentrationen kleiner 3 mg/L** gesichert werden. Die **Sulfatkonzentrationen** verbleiben aber in einem Bereich zwischen **200 und 2.000 mg/L**. Die Einleitung von Bergbauwässern aus dem aktiven Bergbau sowie aus den entstehenden Tageauseen der Lausitz verursacht insbesondere in der Spree eine signifikante Steigerung der Sulfatkonzentration.



Abb.: 1 Grubenwasserreinigungsanlagen des Lausitzer Braunkohlereviers

Material & Methoden

Das **Pre-Membranscreening** erfolgte in **2 Phasen**, wobei in **Phase 1** mit einer Leihanlage der Fa. OSMO Membrane Systems GmbH Typ Memcell gearbeitet wurde. Die Fortführung der Versuche in **Phase 2** (Projektbeginn) erfolgte in einer Laborscreeninganlage, die mit der Fa. SIMA-tec GmbH konzipiert wurde. Herzstück der Anlage ist die von SIMA-tec GmbH entwickelte, stapelbare Membrantestzelle (vgl. Abb. 2). Untersuchungen am Fachgebiet Dynamik und Betrieb technischer Anlagen (dbta) der TU-Berlin zeigen, dass im Hinblick auf die Übertragbarkeit der Screeningergebnisse (Hydraulik, Stofftransport) auf ein handelsübliches Wickelmodul (scale-up) im Vergleich zu anderen Testzellen die besten Ergebnisse erzielt werden konnten. In Abb. 2 sind die wesentlichen Elemente der Anlage dargestellt. Die Anlage verfügt über eine 84 cm² große Membranfläche. Die Druck-, Temperatur- und Strömungsverhältnisse können variiert werden. Bei allen Versuchen wurden Permeat und Retentat in die Vorlage zurückgeführt, um eine zeitliche Veränderung der Feedkonzentration zu vermeiden.

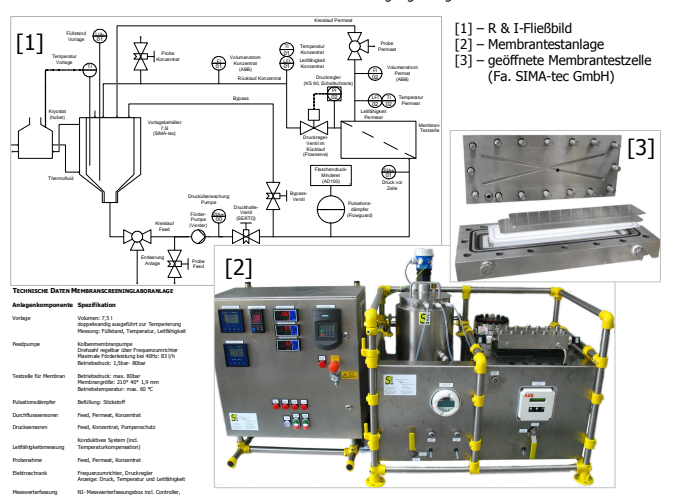


Abb.: 2 Experimentelle Anordnung der Membranscreeninguntersuchungen

Im **Pre-Membranscreening** wurden **neun Nano-filtrationsmembranen** (vgl. Tab. 1) eingesetzt. Im Ergebnis der Voruntersuchungen wurden **zwei Membranen** für weitere, **detaillierte Untersuchungen** ausgewählt, in denen der **Transmembrandruck** zwischen **10 und 30 bar** und die **Temperatur** zwischen **5 und 40 °C** variiert wurden. Für die Durchführung des Membranscreenings wurden Wasser verwendet, die noch keine Gips sättigung aufwiesen.

Tab. 1 Untersuchte Membranen

HERSTELLER	MEMBRAN
Dow Filmtec	NF 90
Dow Filmtec	NF 270
Sepro	NF 2
Sepro	NF 3
Sepro	NF 20
Trisep	TS 80
Desal	5 DK
Koch Membrane Systems	SR 2
Koch Membrane Systems	SR 3

Das Membranscreening wurde mit Prozesswasser der GWRA Lichterfeld durchgeführt. Für alle nachfolgenden Arbeiten kam Wasser der GWRA Tzschelln zum Einsatz. Um ähnliche Verhältnisse für das Membranscreenings zu erreichen, wurde das Wasser aus der GWR Tzschelln für die Fortführung der Screening-Tests verdünnt. Bei den Langzeitversuchen wurde das Originalwasser verwendet. Charakteristische Beschaffenheitsparameter zeigt Tab. 2.

Tab. 2 Charakt. Beschaffenheitsmerkmale verw. Rohwässer

PARAMETER	GWRA	GWRA	
		LICHTERFELD	TZSCHELLN
Elektr. Leitfähigkeit [µS/cm]		1.236	2.570
pH [-]		7,54	7,83
K _{Ca,3} [mmol/L]		0,65	2,94
Fe _{ges} [mg/L]		0,13	<0,1
Mn [mg/L]		<0,05	1,44
Ca [mg/L]		134,2	555,4
Mg [mg/L]		21,7	101,8
Cl [mg/L]		71,2	21,6
SO ₄ [mg/L]		570	1.943
TOC [mg/L]		6,9	9,3

Ergebnisse

→ Membranscreening (vgl. Abb. 3).

Der Sulfatrückhalt aller untersuchten Membranen variierten zwischen 95 - 99 %. Hinsichtlich der Filtratleistung wurden wesentliche Unterschiede ermittelt. Bei den Vorversuchen (Phase 1) erreichten die Membranen NF 270 und NF 90 von Dow filmtec die größten Filtratleistungen. Diese wurden beim nachfolgenden Test auf der Anlage LSta80 (Phase 2) als Referenz genutzt und mit den Membranen SR 2 und SR 3 von Koch verglichen. Für den Sulfatrückhalt wurden nur marginale Unterschiede zwischen 97 - 99 % ermittelt werden, jedoch erreichte die SR 2 einen deutlich höheren Flux als die NF 270.

Von den **9 untersuchten Membranen** haben sich die **SR 2 der Fa. Koch und die NF 270 der Fa. Dow filmtec** als am leistungsfähigsten zur Sulfatbereinigung erwiesen. → **Versuche zur Prozessoptimierung mit diesen beiden Membranen**

→ Versuche zur Prozessoptimierung (vgl. Abb. 4).

Es wurde keine signifikanten Änderungen des Sulfatrückhaltes bei Veränderung der Medientemperatur (mit Erhöhung der Temperatur und der damit einher gehenden Verringerung der Viskosität ist erwartungsgemäß eine Steigerung der Filtratleistung erzielt worden) erzielt. Variation des Transmembrandruckes von 10 auf 20 bar führt bei beiden Membranen zu einer Steigerung des Fluxes um mehr als 70 %. Bei einer Steigerung auf 30 bar schwächt sich die Zunahme der Filtratleistung bei der NF 270 deutlich ab und bei der SR 2 führt sie sogar zu einer Abnahme - Ursachen für dieses Verhalten werden in der Zunahme der Konzentrationsübersättigung auf der Membran bei Steigerung der Triebkraft gesehen, wodurch es vermutlich zu einer ersten Deckschichtbildung (Scaling) kommt (Trennschärfe bleibt konstant) Bei den beiden unteren Druckniveaus wie auch den untersuchten Temperaturniveaus erzielt die SR 2 die höheren Filtratleistungen. Bei 30 bar erreichen beide Membranen einen ähnlich großen Flux.

→ Langzeitversuche (vgl. Abb. 5).

Die Membranen SR 2 und die NF 270 zeigen eine deutliche Abnahme der sehr hohen Anfangsfiltratleistung. Für die SR 2 wurde nach ca. 120 Versuchsstunden eine stabile Filtratleistung um 95 L/(h*m²) erreicht. Der Rückhalt von Sulfat lag während der gesamten Versuchsdauer stabil um 95 % (bei Transmembrandruck 10 bar / T=20°C)

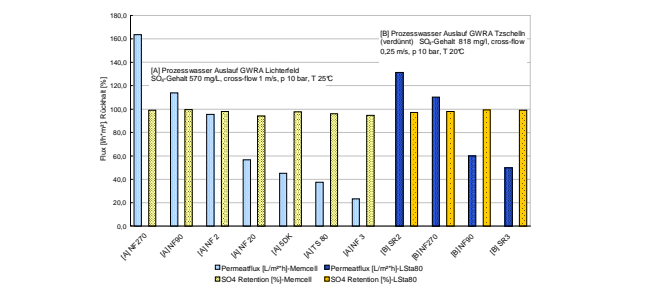


Abb.: 3 Vergleich von Permeatflux und Sulfatrückhalt der untersuchten Membranen

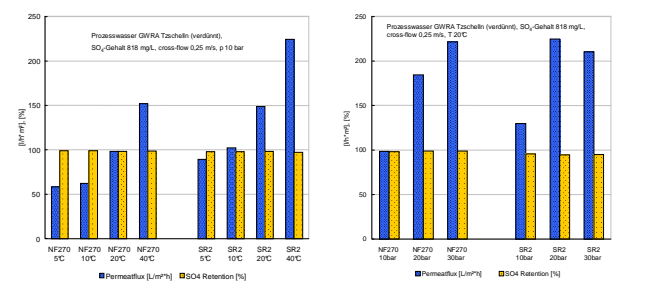


Abb.: 4 Permeatflux und Sulfatrückhalt Membranen NF 270 und SR2 - Variation Temperatur / Druck

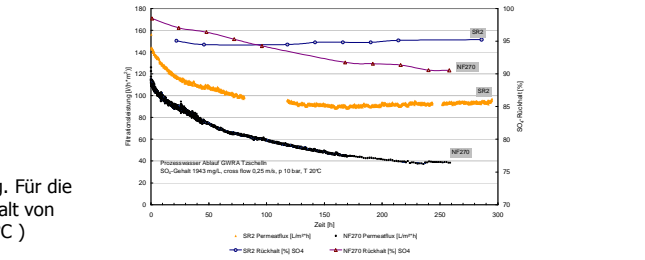


Abb.: 5 Vergleich Permeatflux u. Sulfatrückhalt Membranen NF 270 und SR2 über die Zeit