

Trink- und Reinstwassergewinnung mittels Transmembrandestillation

15756 N

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde eine Versuchsanlage aufgebaut, mit der das Prinzip der Transmembrandestillation (TMD) experimentell untersucht werden kann. Durch den Einsatz einer automatisierten Mess- und Regelungstechnik kann die Anlage im 24-Stunden-Betrieb gefahren werden. Es wurde ein Kapillarmembranmodul sowie ein Flachmembranmodul mit verschiedenen Membrantypen untersucht, die insgesamt für 1,5 Jahre im Einsatz waren. Dabei wurden Betriebsparameter wie die Temperatur an den Moduleingängen, die Strömungsgeschwindigkeit, sowie der Druck in der Membran (Vakuumbetrieb) variiert. Außerdem wurden Versuche bei steigenden Salzgehalten der Salzlösung durchgeführt. Die Versuchszeit für jeden Betriebsfall betrug die in der Regel mehr als 24 Stunden und in Einzelfällen sogar mehrere Wochen.

Erwartungsgemäß zeigte sich, dass der Prozess am meisten durch die eingestellte Temperaturdifferenz beeinflusst wird. Der Permeatfluss nimmt exponentiell mit der Temperaturdifferenz zu. Der maximal gemessene Permeatfluss betrug $88 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{h})$ bei einer Konzentrattemperatur von $90 \text{ }^\circ\text{C}$ und einer Destillattemperatur von $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Die Messung beweist, dass durch die TMD Flüsse erzeugt werden können, die in der Größenordnung der Umkehrosmose, als konkurrierendes Membranverfahren bei der Meerwasserentsalzung, liegen.

Weitere Versuche haben gezeigt, dass auch durch eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit der Permeatfluss gesteigert werden kann. Jedoch ist dieser Einfluss weniger stark ausgeprägt als durch die Temperatur. Bei den Untersuchungen zum Vakuumbetrieb wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem man dünnwandige Membrane, die beidseitig in direktem Kontakt mit dem Konzentrat und dem Destillat stehen, entgasen kann. Dabei wird der Destillatstrom vor dem Membranmodul der TMD entgast. Der Einfluss auf den Permeatfluss, der insgesamt nur sehr gering ist, nimmt mit steigender Strömungsgeschwindigkeit und steigender Temperaturdifferenz durch die Membran zu. Weitere Versuche haben gezeigt, dass mit steigendem Salzgehalt auf der Konzentratseite der Permeatfluss abnimmt, da die Erniedrigung der Dampfdrücke zu einem geringeren Dampfdruckgefälle durch die Membran führt. Bei einem Salzgehalt von 17 % wurde der Permeatfluss im Vergleich zum salzlosen Wasser etwa um die Hälfte reduziert. Ein Salzgehalt von 3,5 % (Meerwasser) hat keinen Einfluss auf den Prozess.

Durch eine Modellierung wurde der Prozess der TMD physikalisch beschrieben. Die Vergleiche der gemessenen und berechneten Daten zeigen, dass die Modellierung unabhängig von den Betriebsbedingungen, dem Modultyp und dem Membrantyp die Prozesse sehr gut wiedergibt. Die maximale Abweichung der berechneten Werte beträgt $\pm 10 \%$.

Auf Basis dieser Modellierung wurde eine Kostenrechnung für eine Anlage mit einer Kapazität von $200 \text{ m}^3/\text{d}$ durchgeführt. Bei der Anlage wird durch den Einsatz eines zusätzlichen Wärmetauschers eine Wärmerückgewinnung berücksichtigt. Diese kann nur bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten genutzt werden. Dabei könnten zwar Energiekosten gespart werden, jedoch steigen die Investitionskosten. Durch den geringeren Permeatfluss wird nämlich eine größere Membranfläche notwendig. Die niedrigsten Kosten entstehen bei einer Variation der Strömungsgeschwindigkeit. Für den Fall, dass der komplette Wärmebedarf durch eine Nutzung von Abwärmern (z.B. von Dieselmotoren auf Schiffen, Kraftwerke, Industrie) gedeckt werden kann, können die Kosten mit $0,40 \text{ €/m}^3$ abgeschätzt werden. Bei einer Berücksichtigung der Energiekosten, die mit 2 Cent/kWh bewertet wurden, steigen die minimalen Kosten auf etwa $5,50 \text{ €/m}^3$. Trotz Wärmerückgewinnung ist im Kostenoptimum der Energiebedarf noch so hoch, dass die Energiekosten in etwa 50 % der Gesamtkosten ausmachen.

Des Weiteren wurde eine besondere Modulgestaltung bei Kapillarmembranen untersucht. Numerische Strömungssimulationen haben gezeigt, dass bei einer paarweisen Verdrillung der Membranen der verbesserte Wärme- und Stoffaustausch zu einer Erhöhung des Permeatflusses führen kann. Es wurden Steigerungen von ungefähr 30 % erreicht.

Zudem wurde ein Konzept für die effektive Nutzung von solarer Wärme bei der Transmembrandestillation ausgearbeitet

Bearbeitet wurde das Forschungsthema vom 09/08 bis 10/10 an der **Technischen Universität Kaiserslautern, Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik** (Gottlieb-Daimler-Straße, 67663 Kaiserslautern, Tel.: 0631/205-2121) unter der Leitung von Prof. Dr. S. Ripperger (Leiter der Forschungsstelle Prof. Dr. S. Ripperger).

[-> TIB](#)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben Nr. 15756 N der Forschungsvereinigung DECHEMA, Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.