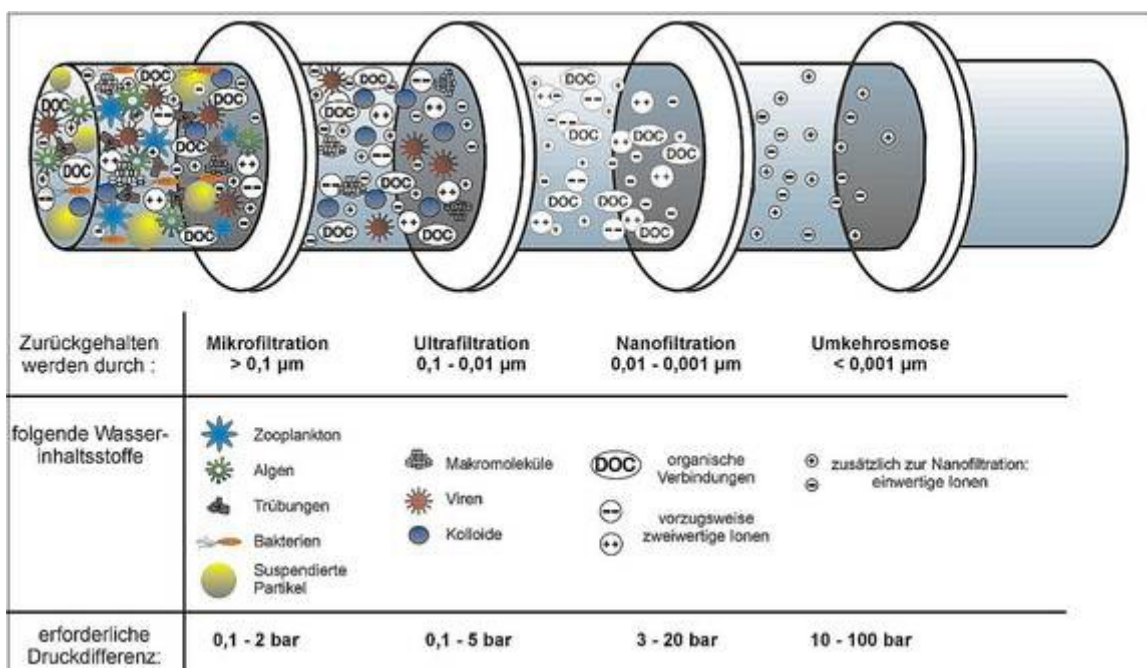


Membrantechnik in der Wasseraufbereitung

DVGW Technologie-Report Nr. 3/08

Die Membrantechnologie gewinnt zunehmend an Bedeutung für die Trinkwasseraufbereitung. Gestiegene hygienische Anforderungen erfordern in vielen Fällen eine filtrative Entfernung von Mikroorganismen aus dem Wasser. Hauptvorteile der Membrantechnologie sind die gute Energiebilanz und die nahezu vollständige Entfernung der Trübstoffe aus dem Rohwasser, unabhängig von dessen Trübstoffgehalt. Die Zugabe von Chemikalien ist in der Regel nicht nötig, da auch pathogene Keime und Viren zurückgehalten werden. Daneben können Membranen auch zur Entsalzung und Enthärtung von Trinkwasser eingesetzt werden. Der DVGW fördert mehrere Forschungsprojekte des [Technologiezentrums Wasser](#) (TZW) zur Ermittlung der Betriebseigenschaften und Anwendungsfelder von Membranfilterverfahren, insbesondere der Ultra- und der Nanofiltration.

Membranen kommen in der Wasseraufbereitung im Wesentlichen für zwei Aufgabenbereiche zum Einsatz: die Mikro- und Ultrafiltration wird für die Partikelentfernung verwendet, zur Enthärtung und Entsalzung von Grundwässern werden immer häufiger Nanofiltrations- und Umkehrosroseverfahren eingesetzt. Für diese Anwendung liegen inzwischen Praxiserfahrungen aus dem Betrieb mehrerer Anlagen vor. Aktuell wird im Rahmen eines DVGW-Forschungsprojektes eine Bestandsaufnahme zu den derzeit betriebenen Anlagen erstellt. Dabei werden auch die Entscheidungskriterien für den Einsatz verschiedener Membransysteme festgelegt.



Membranfilterverfahren, Druckbereiche und Porengrößen, Quelle: TZW

Neue Einsatzmöglichkeiten für Keramik

Membranen zur Wasserfiltration unterscheiden sich hinsichtlich der Porengröße. Je kleiner die Poren sind, umso größer muss die angelegte Druckdifferenz sein, um das Wasser durch die Membran zu pressen. Membranen für die Mikrofiltration (MF) bestehen aus organischem Material oder Keramik. Keramische Membran-Materialien sind robust, hoch temperaturbeständig und können in einem weiten pH-Bereich eingesetzt werden. Nachteile von Keramikmembranen sind die Sprödigkeit des Materials und die höheren Kosten. Bisher setzte man keramische Materialien bis zu Porengrößen von 0,1 µm ein. Viren und Pestizide, die kleiner als 0,1 µm sind, werden vor allem mit Ultrafiltrationsmodulen (UF) abgeschieden. Mit zusätzlich aufgebrachten Trennschichten aus Titan- oder Zirkoniumdioxid können neuerdings jedoch auch Keramikmembranen für diese Zwecke verwendet werden.



Nanofiltrationsanlage, Quelle: Zweckverband Wasserversorgungsgruppe Mühlbach, Bad Rappenau

Bei der Abscheidung noch kleinerer Partikel, wie beispielsweise bei der Enthärtung und Entsalzung, kommen Nanofiltration (NF) oder Umkehrosmose (UO) zum Einsatz. Diese Membranen sind keine porösen Materialien mit definierter Porenweite, sondern homogene Polymerschichten, die aufgrund ihrer Struktur bestimmte Inhaltsstoffe zurückhalten.

Nanofiltration oder Umkehrosmose

Eine strenge Abgrenzung zwischen NF und UO ist nicht möglich. Zwischen vergleichsweise dichteren NF-Membranen und offenen UO-Membranen (Niederdruckumkehrosmose) besteht ein fließender Übergang. Die Wahl der geeigneten Membran für ein bestimmtes Anwendungsgebiet hängt von der jeweiligen Aufgabenstellung ab. Entscheidungskriterium ist das Rückhaltevermögen der Membran für den zu entfernenden Wasserinhaltsstoff. Zur Entfernung von zweiwertigen Ionen (z. B. Härtebildner und Sulfat) werden meist NF-Membranen eingesetzt, die für einwertige Ionen ein geringeres Rückhaltevermögen aufweisen.

Solche Membranen weisen im Allgemeinen auch ein gutes Rückhaltevermögen für Huminstoffe auf. Zur Entfernung niedermolekularer gelöster organischer Wasserinhaltsstoffe sowie einwertiger Ionen sind eher UO-Membranen einzusetzen. Der Nachweis von Spurenstoffen in Grundwässern und Uferfiltraten und die Entwicklung geeigneter Verfahren zu deren Entfernung sind wichtige Themen für die Trinkwasserbereitstellung. Aktuelle Forschungen befassen sich mit verschiedenen Membranverfahren in Bezug auf ihre Einsatzmöglichkeiten für diese Aufgabenstellung.

Der Wirkungsgrad der Membranen beim Spurenstoffrückhalt ist abhängig vom eingesetzten Membrantyp und den Eigenschaften der Spurenstoffe. Für viele organische Spurenstoffe wird mit entsprechenden NF/UO-Membranen ein weitgehender Rückhalt erreicht. NF/UO-Membranen entfernen allerdings Einzelstoffe nicht selektiv, sondern prinzipiell alle Stoffe, die größer als die jeweilige Trenngrenze der Membran sind. Die Entfernung von Spurenstoffen ist daher immer auch mit einer Enthärtung und Entsalzung verbunden. Da das Permeat aus der Umkehrosmose praktisch frei von Mineralstoffen ist, muss es, um die Anforderungen der Trinkwasserverordnung zu erfüllen, stets nachbehandelt werden. Unter Umständen ist auch eine Vorbehandlung des Rohwassers durch weitere aufbereitungstechnische Maßnahmen erforderlich.

Fouling beherrschen

Probleme bei der Trinkwasseraufbereitung durch Membranfilterverfahren entstehen oft durch das sogenannte Fouling. Hierbei lagern sich Stoffe aus dem Rohwasser auf der Membranoberfläche und in den Membranporen ab. Durch diese Ablagerungen sinkt die Durchlässigkeit der Membran. Als Resultat erhöht sich der Druck, der für die Filtration aufgebracht werden muss, was sich auf die Energiekosten und den Spülwasserbedarf negativ auswirkt.



Umkehrosmose-Anlage, Quelle: Stadtwerke Bad Dürkheim

Ein weiteres Projekt des TZW, dessen Abschluss Ende 2008 vorgesehen ist, untersucht die Möglichkeiten zur Beherrschung des Foulings bei der Trinkwasseraufbereitung. Erste Ergebnisse zeigen, dass besonders organische Partikel die Permeabilität beeinflussen. Kleinere Partikel (25 nm) wirken sich dabei stärker negativ aus als größere Partikel (100-200 nm).

Probleme durch Krustenbildung

Neben dem Fouling kann, insbesondere bei NF- und UO-Verfahren, auch das sog. Scaling einen Rückgang der Permeabilität verursachen. Scaling entsteht durch eine Krustenbildung auf der Membran, die durch das Überschreiten der Sättigungskonzentration eines bestimmten Stoffs verursacht wird.

Üblicherweise wird zur Beherrschung von Scaling eine Konditionierung des Rohwassers durch Zugabe bestimmter Wirkstoffe, sog. Antiscalants, vorgenommen. Hierfür werden in vielen Anlagen phosphathaltige Polymerlösungen und neuerdings auch Polycarboxylate eingesetzt. Zugelassen sind nur die in der Trinkwasserverordnung § 11 gelisteten Aufbereitungsstoffe. Die verwendeten Substanzen reichern sich bei der Filtration mit den von den UO- oder NF-Membranen zurückgehaltenen Wasserinhaltsstoffen im Konzentrat an. Dieser Teilstrom in Höhe von ca. 20 Prozent der Zulaufwassermenge muss abgeleitet werden. Im günstigsten Fall erfolgt dies in einen Vorfluter, wobei die jeweils gültigen behördlichen Vorgaben zu beachten sind. An der Konzentratableitung scheitert die Umsetzung der Membranfiltration in der öffentlichen Trinkwasserversorgung in Deutschland jedoch häufig. Unter Umständen ist eine separate Behandlung des Konzentrates vor dessen Ableitung erforderlich. Hierzu besteht noch Forschungsbedarf.

Weiterführende Informationen:

Membranfiltrationsverfahren beruhen auf mechanisch-physikalischen Wirkmechanismen. Die Membran besteht aus einem feinporigen Material, das alle Wasserinhaltsstoffe oberhalb einer bestimmten Größe zurückhält und kleinere Teilchen ungehindert und ohne Beeinträchtigung durchlässt.

Der Membranaufbau ist je nach Einsatzgebiet unterschiedlich. Membranen werden als flache, gewickelte oder rohrförmige Elemente hergestellt und in unterschiedliche Modularten integriert. Sie können nach ihrer Struktur, nach dem Material oder ihrer Form eingeteilt werden:

Struktur:

homogen	↔	mikroporös
einheitliches Material	↔	Komposit
symmetrisch	↔	asymmetrisch

Material:

organisch	↔	anorganisch
Celluloseacetat, Polypropylen, Polyvinylidenfluor, Polyethersulfon, Polysulfon, etc.	↔	Keramik, Sintermetall

Form:

flach	↔	rohrförmig
Platten, Wickel	↔	Hohlfaser, Kapillare, Rohr

