

# Membrantechnik für hygienisches Trinkwasser

## Ultrafiltration - Lösung mikrobiologischer Problemstellungen in der Trinkwasserhygiene

Dr.-Ing. Heinz Rötlich\*

Die Ultrafiltration wird für den Einsatz in Trinkwasser-Installationen im Gebäudetechnikbereich zunehmend interessant, da sie eine wirtschaftliche Alternative zu den chemischen oder thermischen Desinfektionsverfahren darstellt. Vor allem der hohe Wirkungsgrad bei der Entfernung von partikulären Inhaltsstoffen und Mikroorganismen und verfahrenstechnische Fortschritte haben der Ultrafiltration in jüngster Zeit einen beträchtlichen Zuwachs beschert.

Die Membrantechnik wird bereits seit vielen Jahren im Industrieabwasserbereich zur Abtrennung verschiedenartiger Stoffkomponenten und zur Aufbereitung von trübstoffhaltigen Wässern eingesetzt. Innerhalb der Membrantechnik wird zwischen Mikro-, Ultra- und Nanofiltration sowie der Umkehrosiose unterschieden.

Entsprechend der Aufgabenstellung (Trenngrenze) unterscheidet man die Membrantrennverfahren Mikrofiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration und Umkehrosiose.

Konventionelle Trennverfahren erreichen lediglich Trenngrenzen von ca. 10 µm bis maximal 1 µm, bei denen Viren, Bakterien, Legionellen und Schwermetalle ungehindert passieren. Nanofiltration und Umkehrosiose verhindern dies jedoch durch Trenngrenzen von 0,01 µm bis 0,001 µm.

### Gesetze und Regelwerke

Gesetzliche Grundlage für den Einsatz von Ultrafiltrationen zur Entfernung von Mikroorganismen ist die Trinkwasser-

serverordnung 2001 (TrinkwV 2001), wonach Wasser für den menschlichen Gebrauch freisein muss von Krankheitserregern (§1, Abs. 1). Im §5 sind die mikrobiologischen Anforderungen und im §7 die Indikatorparameter dargestellt. Weiterhin müssen die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden, deren Bedeutung in der TrinkwV 2001 wesentlich höher ist als zuvor. Die Ultrafiltration wird in der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren nach §11 der TrinkwV 2001 nicht als Desinfektionsverfahren aufgeführt. Im Teil Ic sind die Aufbereitungsstoffe und im Teil II die Desinfektionsverfahren genannt. In der Einleitung

der §11-Liste heißt es dazu: „Der Einsatz von Ionentauschern, Membranen und anderen Filtermaterialien (...) zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch kann auch weiterhin nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik und nachgewiesener Wirksamkeit erfolgen.“ Die Ultrafiltration ist ein Aufbereitungs-, aber kein Desinfektionsverfahren, obwohl durch die Entfernung der Mikroorganismen aufgrund der Porengröße natürlich eine Desinfektion stattfindet. In der DIN 2001, Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen (Teil 1: Kleinanlagen – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwas-

ser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen) vom Mai 2007 werden Vorzugsverfahren für die Aufbereitung von mikrobiell belastetem Rohwasser genannt. Danach ist eine Filtration und Desinfektion als Kombination einzusetzen. Vorzugsverfahren für die Filtration sind Ultra- und Mikrofiltration, und für die Desinfektion ist es die UV-Bestrahlung.

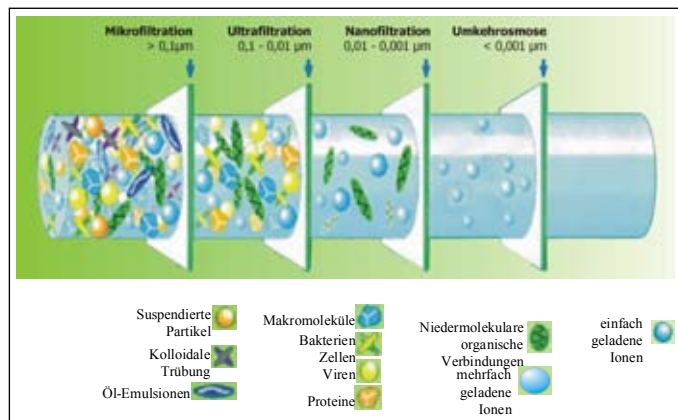
### Membranverfahren

Membranen sind flächige, teildurchlässige Strukturen, die zumindest für eine Komponente einer sie berührenden Flüssigkeit durchlässig, für andere dagegen undurchlässig sind. Man spricht in diesem Zusammenhang von Semipermeabilität.

In der Wasseraufbereitung werden synthetische Membranen eingesetzt, die zur Abtrennung von unerwünschten Wasserinhaltsstoffen wie Ionen, Moleküle oder auch Partikel eingesetzt werden. Bei druckgetriebenen Membranverfahren wird für den Transport des Mediums durch die Membran Druck auf die Flüssigkeit ausgeübt. Den hierbei entstehenden Hauptanteil der Flüssigkeit nennt man Filtrat (Permeat), den geringeren, die Verunreinigung enthaltenden Anteil Konzentrat (Retentat).

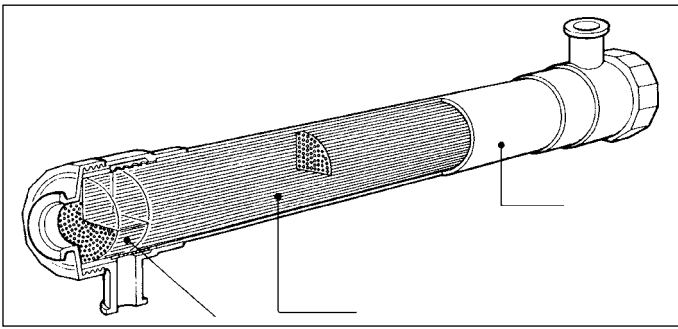
### Ultrafiltration

Bevorzugte Betriebsweise beim Einsatz der Ultrafiltration im Trinkwasserbereich ist die sogenannte „dead-end“-Filtration. Hierbei wird die Membran von dem zu filtrierenden Medium radial durchströmt. Alle zu filtrierenden Feststoff-Teilchen setzen sich auf der Membran ab, es bildet sich eine Deckschicht, die in zeitlichen Abständen durch Rückspülen der Membran entfernt wird. Das statisch diskontinuierliche Verfahren wird vorzugsweise bei Wässern mit geringen



■ Die verschiedenen Membranverfahren und ihre Desinfektionswirkung.

\*) Dr.-Ing. Heinz Rötlich, Grünbeck Wasseraufbereitung GmbH



■ Membranaufbau mit Druckrohr – Die Filtration erfolgt von außen nach innen.

Trübstoffgehalten, wie sie im Trinkwasser vorkommen, eingesetzt. Die Module stellen ein Zwei-End-Modul dar. Treten höhere Trübstoffgehalte auf, ist die „dead-end“-Filtration unwirtschaftlich. In solchen Fällen sollte eine „cross-flow“-Filtration eingesetzt werden. Bei einer Trenngrenze von 0,01 µm werden Bakterien, Pilze, Amöben und teilweise auch Viren herausfiltriert. Die Membran kann mit Roh- oder Reinwasser rückgespült werden.

#### Vor- und Nachteile der Ultrafiltration

Die Ultrafiltration wird immer häufiger als Alternative bzw. ergänzend zu Desinfektionsverfahren verwendet. Die Ursachen liegen in den Vorteilen dieser Technik:

- Komplette Entfernung von Partikeln, Kolloiden, Bakterien und Viren aus dem Wasser,
- Entfernung von Amöben,
- gleichbleibende Filtratqualität,
- Trübstoff-Entfernung,
- chemiefreies Verfahren,
- einsetzbar in kleineren und größeren Gebäuden,
- Behandlung des gesamten Volumenstroms,
- spezifisch geringer Energiebedarf.

Diesen Vorteilen stehen die folgenden Nachteile gegenüber:

- Verlust von filtriertem Rückspülwasser,

- Wirkung nur am Ort des Einbaus,
- keine Depotwirkung,
- das Filtrat muss sofort verwendet oder keimfrei gelagert werden,
- „Fouling“ (dauerhafte Verschmutzungen) der Membranen möglich,
- Verfahren nur bei geringem Feststoffanteil einsetzbar.

#### Hauptkomponenten der Ultrafiltration

Je nach Wasserqualität (außer der Entfernung von Trübstoffen) ist eine Voraufbereitung notwendig. Ein Feinfilter ist dabei obligatorisch. In Abhängigkeit von der Wasserhärte ist eine Enthärtungsanlage und bei Bedarf eine Enteisungs- oder Entmanganungsanlage notwendig. Kernstück der Anlage sind die Druckrohr-Module mit den UF-Membranen. Reinwasserbehälter, Schaltschrank und Druckerhöhungsanlage sind weitere Komponenten einer UF-Anlage.

#### Spülen und Reinigen der Membranen

Bei der „dead-end“-Filtration lagern sich die Stoffe als Deckschicht auf der Membran ab. Durch regelmäßige Spülintervalle wird die Deckschicht entfernt, und die ursprüngliche Leistung ist wieder vorhanden. Es kann jedoch auch ein sogenanntes „Fouling“ auftreten. Darunter versteht man eine dauerhafte und deutlich leistungsmindernde Verschmutzung

der Membranen. Die Folgen sind eine Porenverblockung und Porenverengung. Dieses Fouling kann durch organische Substanzen, Biofilme, Öle, Fette oder Silikate verursacht werden. Die Membran kann dann zum einen durch Spülung und zum anderen durch eine chemische Behandlung gereinigt werden. Je nach verursachendem „Foulant“ werden saure, alkalische, oxidierende/reduzierende Chemikalien oder Tenside bzw. Enzyme eingesetzt. Das Freispülen der Membranen ist wesentlich abhängig von der Art des eingesetzten Reinigers, der Reinigungszeit, der Temperatur und den hy-

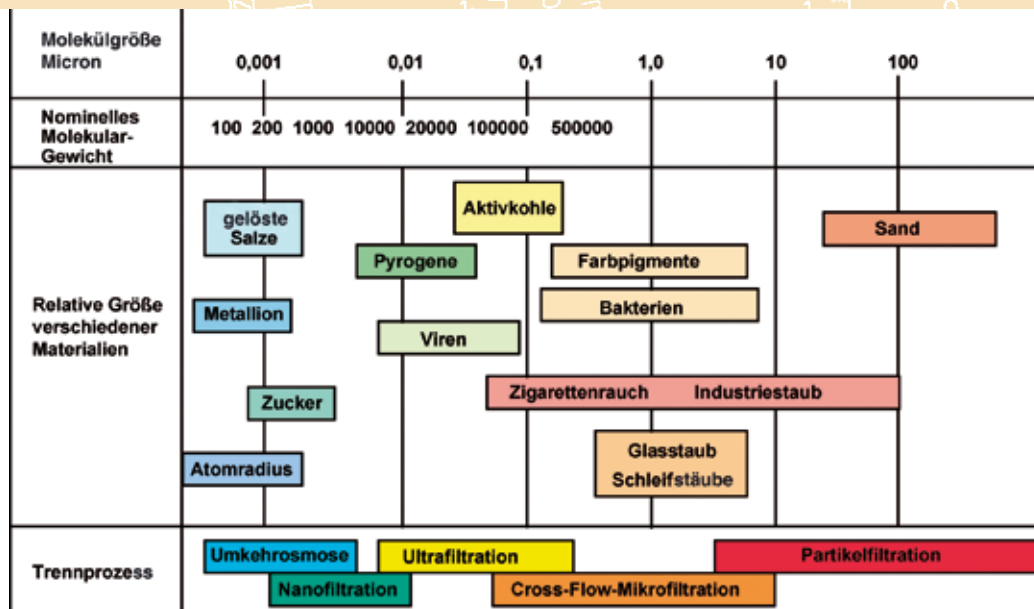
drodynamischen Verhältnissen in der Membran.

#### Einsatzgebiete der Ultrafiltration

Ultrafiltrationen können als Kleinanlage, als mobile Anlage und als kundenprojektierte Anlagen gebaut werden. Als Kleinanlage mit Filtratleistungen bis zu 1 m<sup>3</sup>/h werden diese in Ferienanlagen, Ausflugslokalen, Ein- und Mehrfamilienhäusern, in Berghütten und generell bei Eigenwasserversorgern eingesetzt. Die Ultrafiltration ist zwischenzeitlich auch eine bewährte Technik in mobilen Anlagen, die z. B. zur Trinkwasseraufbereitung in Katas-



■ Zur Qualitätsüberwachung der Ultrafiltrationsanlage ist vor und nach der Anlage je ein abflammbarer Probeentnahmhahn eingebaut. Spülintervalle zur Reinigung der Membranen sind über die Steuerung einstellbar.



■ Membranverfahren zur Aufbereitung von Trinkwasser können neben der Desinfektion (Ultrafiltration) auch zur Enthärtung und Teil-Entsälzung (Nanofiltration und Umkehrosiose) von Wässern eingesetzt werden.

tropfenfällen eingesetzt werden kann.

### Nanofiltration und Umkehrosiose

Als rein physikalisches Verfahren stellt die Nanofiltration eine echte Alternative zu Wasserenthärtern nach dem Prinzip des Ionenaustausches dar. Durch die Eigenschaft der Membrane, einwertige von mehrwertigen Ionen zu tren-

nen, wie zum Beispiel Härtebildner oder Sulfate, wird der Härtegrad des Wassers deutlich gesenkt. Darüber hinaus senkt dieses Wirkungsprinzip auch den Salzgehalt, reduziert Keime, Pestizide, Herbizide und Kohlenwasserstoffe erheblich.

Die Umkehrosiose ist das effektivste Verfahren der Membrantechnologie und hält nahezu alle Wasserin-

haltsstoffe zurück. Lediglich ein Restsalzgehalt unter 5% verbleibt im Wasser. Die Umkehrosiose findet hauptsächlich in der Herstellung von reinem Prozesswasser (H<sub>2</sub>O) für Industrie und Gewerbe seinen Einsatz. Im Privatbereich oder zur Herstellung von Trinkwasser wird jedoch in der Regel die Nanofiltration verwendet, da die Umkehrosiose dem Trinkwasser auch

wertvolle mineralische Bestandteile entzieht.

### Fazit

Die Ultrafiltration wird als „dead-end“-Filtration zur Aufbereitung und damit zur Entfernung von Mikroorganismen aus dem Trinkwasser in kleineren und größeren Gebäuden zunehmend eingesetzt. Hotels, Ferienanlagen, Berghütten, Eigenwasserversorger und auch mobile Anlagen sind die Haupteinsatzgebiete. Bei einer abgestimmten Aufbereitungstechnik und einem regelmäßigen Spülen und Reinigen können die UF-Anlagen vollautomatisch betrieben werden und garantieren eine komplette Entfernung von Trübstoffen und insbesondere pathogenen Mikroorganismen. ■

Bilder: Grünbeck Wasseraufbereitung GmbH, Höchstädt/Donau

@ Internetinformationen: [www.gruenbeck.de](http://www.gruenbeck.de)

## Nachgefragt

**IKZ-FACHPLANER:** In der DIN 2001-1 wird die Ultra- und Mikrofiltration in Kombination mit UV-Bestrahlung als Vorzugsverfahren genannt. Insbesondere von Bauernhöfen mit Eigenwasserversorgung wird gelegentlich über eine Rückverkeimung des Trinkwassernetzes über die Entnahmestellen berichtet. Ist dies nur mit einer Chlorung des Trinkwassers zu vermeiden?

**Dr. Heinz Rötlich:** Bevorzugtes Desinfektionsverfahren ist die UV-Bestrahlung, stattdessen kann aber auch eine Chlorung eingesetzt werden. Membran- und UV-Verfahren haben keine Depotwirkung. Treten Rückverkeimungen von der Entnahmestelle her aus,




Über die Planung und Handhabung von Wartungsarbeiten an Ultrafiltrations-Anlagen sprach die IKZ-FACHPLANER-Redaktion mit Dr.-Ing. Heinz Rötlich, Handlungsbevollmächtigter Hygiene/Gesundheitswirtschaft der Grünbeck Wasseraufbereitung GmbH

sollte Chlor oder Chlordioxid eingesetzt werden. Zu beachten sind die einzuhaltenden Grenzwerte der Trinkwasserverordnung und vor allem die Rohrleitungsmaterialien. Bei höheren Konzentrationen an Chemikalien, z. B. im Sanierungsfall, ist eine Rücksprache mit dem Rohr-Hersteller notwendig. Wichtig ist außerdem noch, dass das Minimierungsgebot beim Einsatz von Chemikalien beachtet wird und keine kontinuierliche Dauerdesinfektion erfolgt. Membrantechnik in Kombination mit UV kann dagegen kontinuierlich betrieben werden, ein wesentlicher Vorteil dieser Kombination.

**IKZ-FACHPLANER:** Kann das von Ihnen beschriebene Fouling verhindert werden,

bzw. welche Wartungsarbeiten und -intervalle sind notwendig, um die Membranen dauerhaft nutzen zu können?

**Dr. Heinz Rötlich:** Fouling kann grundsätzlich nicht verhindert werden, da es immer Inhaltsstoffe im Wasser gibt, die eine Membran verblocken können. Es erfolgt aber automatisch ein sogenanntes „forward-wash“, bei dem intervallmäßig die Membran mit Rohwasser gespült wird. Ein sogenanntes „back-wash“ erfolgt dann mit Reinwasser. Verringert sich die Membranleistung weiter, muss eine chemische Reinigung erfolgen. Die Intervalle der chemischen Reinigung sowie die eingesetzten Reinigungsmittel hängen von der Art und Menge



des Foulants ab, Zeitangaben können dazu nicht allgemein gemacht werden. Wichtig ist aber, dass durch Fouling die Membran nicht defekt ist, sondern lediglich die Leistung verringert wird. Eine komplette Filtration, d. h. Rückhalt von Mikroorganismen, erfolgt nach wie vor.

**IKZ-FACHPLANER:**

Wie wird eigentlich die Membranleistung überwacht? Können die von Ihnen genannten Arbeiten zur Reinigung der Membranen vom SHK-Handwerk ausgeführt werden, oder ist hierzu eine spezielle Qualifikation erforderlich?

**Dr. Heinz Rötlich:** Die Leistung einer Membran-Anlage wird über die Filtratleistung und den Anstieg der Druckdifferenz überwacht. Das erzeugte Filtratvolumen wird als Durchflussmessung mit einem Kontaktwasserzähler ermittelt. Der Rückgang der Filtratleistung wird über den Anstieg der Druckdifferenz überwacht und optisch angezeigt. Weiterhin gibt es eine potenzialfreie Sammelstörmeldung zur Weiterleitung. Die chemische Reinigung findet bei uns im Werk statt, weil wir hier die Ursachen der Verblockung bzw. des Leistungsrückgangs besser bewerten und die richtigen Reinigungsschemikalien aussuchen können. Die Membranen werden ausgebaut und eingeschickt und dem Kunden bzw. Handwerker nach erfolgter Reinigung wieder zum Einbau zurückgeschickt. Mit einer Ersatzmembran kann die Anlage in der Zwischenzeit weiterbetrieben werden. Eine Reinigung vor Ort wäre zu aufwendig. Alle anderen Arbeiten können jedoch nach entsprechender Schulung von SHK-Handwerkern durchgeführt werden. ■