

Ultrafiltration zur Abwasseraufbereitung für die Wiederverwendung

Wasser und auf Wasser basierende Flüssigkeiten sind ein wesentlicher Bestandteil des täglichen Lebens – ganz gleich, ob im privaten Bereich oder in der Industrie. Im Laufe der Zeit wurden immer wieder neue Techniken zur Wasseraufbereitung entwickelt, um die Qualität des gefilterten Wassers den menschlichen Ansprüchen anzupassen. Bei der Ultrafiltration (UF) handelt es sich um eine relativ neue Technologie, die auf High-Tech-Materialien basierende Membranen einsetzt und weltweit die Wasserbehandlung revolutioniert.

Technologie

Die UF zählt zu den niederdruckbetriebenen Membranverfahren und dient der vollständigen Elimination von Partikeln. Die patentierten Multibore® Membranen aus modifiziertem Polyethersulfon (mPES) besitzen 7 wabenartig angeordnete Kapillaren und die Filteroberfläche eine definierte Porengröße von 0,02 µm.

Mit dieser Porengröße hält die UF während der Filtration zuverlässig Partikel und Mikroorganismen wie Bakterien (> 9 log Entfernung) und sogar Viren (> 4 log Entfernung) auf der inneren Seite der Kapillaren zurück und lässt nur sauberes Wasser auf die Filtratseite durch. Mono- und multivalente Ionen sowie andere gelöste und anthropogene Spurenstoffe werden nicht zurückgehalten (siehe Abb. 1). Mit der Zeit bildet sich auf der Innenwand der Kapillaren eine Deckschicht aus den zurückgehaltenen Stoffen. Durch diese Deckschicht erhöht sich der Druck und somit der Energieaufwand, um sauberes Wasser auf die Filtratseite zu transportieren. Um diese Deckschicht zu entfernen, wird die Durchflussrichtung des

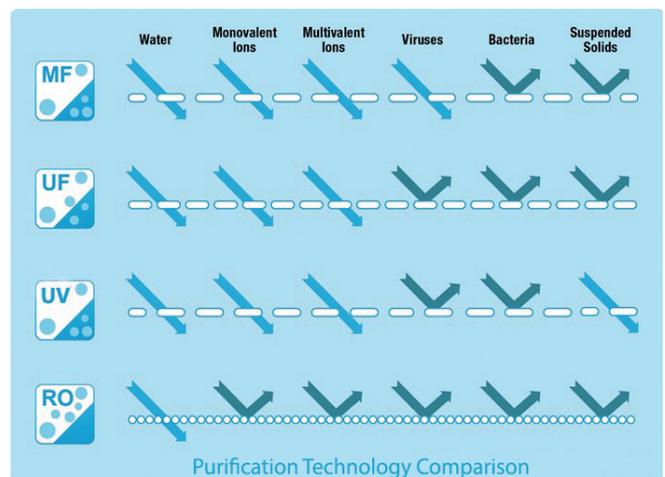


Abbildung 1: Trenngrenzen verschiedener Filtrationstechniken (Quelle: <https://www.bestrowaterpurifier.in/wp-content/uploads/2018/09/water-purification-technology-comparison.jpg> am 24.10.2018)

Wassers nach einer gewissen Filtrationszeit umgedreht: während bei der Filtration das Wasser von innen nach außen durch die Membran fließt (siehe Abb. 2), wird es bei der sogenannten Rückspülung von außen nach innen gepresst. Das Rückspülwasser mit den zurückgehaltenen Partikeln kann aufgefangen und entsorgt werden. Für besonders hartnäckige Verschmutzungen wird in bestimmten Zeitintervallen Lauge gefolgt von Säure zum Rückspülwasser hinzugefügt (bei einem sogenannten „CEB“ – Chemically Enhanced Backwash). Wenn alle Verschmutzungen entfernt sind, hat die Membran wieder eine 100%ige Filterleistung. So wird dauerhaft eine konstante Wassermenge bei einem im Mittel konstanten Druckniveau (Transmembrandruck) produziert.

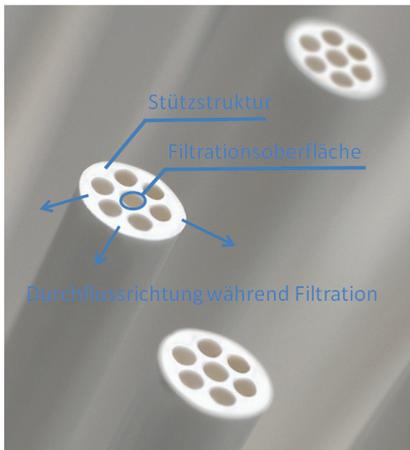


Abbildung 2: Darstellung der In-to-Out Filtration mit inge® Membranen

Voraufbereitung

Die Voraufbereitung des Zulaufwassers für die UF hängt vom Wassertyp und vor allem von dessen Qualität ab. Grundsätzlich sollte der UF ein Vorfilter mit der Größe 300 µm oder kleiner vorgeschaltet werden, um diese vor Beschädigungen durch große oder scharfe Partikel zu schützen. „Einfaches“ Wasser mit geringem Organik- und Partikelanteil (zum Beispiel Brunnenwasser) kann zum Teil ohne weitere Voraufbereitung mit der UF behandelt werden. Wird eine gewisse Trübstoff- und vor allem Organikpräsenz im Wasser erwartet (zum Beispiel in Oberflächen-, Meerwasser und im Kläranlagenablauf) wird ein weiterer Vorbehandlungsschritt empfohlen: die Inline-Flockung. Hier wird dem Zulaufwasser meist ein aluminium- oder eisenhaltiges Flockungsmittel zugesetzt. Aus der Zugabe resultiert eine porösere Deckschicht auf der Membranoberfläche. Diese lässt sich bei einer Rückspülung leichter entfernen als die kompaktere Deckschicht der Schmutzpartikel ohne Flockungsmittel.



Abbildung 3: inge®-Module in einer Großanlage

Vorteile der UF bei der Abwasser-aufbereitung zu Betriebswasser

Ein Vergleich mit anderen Filtrationstechnologien ist schwierig, da die UF mit ihrem zuverlässigen Virenrückhalt einzigartig ist. Nichtsdestotrotz ist eine alternative konventionelle Aufbereitungsmethode, mit der die UF oft verglichen wird, der Sandfilter. Hier überzeugt die UF nicht nur wegen des kleineren Flächenbedarfs, sondern auch wegen der Leistungsdaten. Um mit einem Sandfilter eine vergleichbar geringe Trübung zu erreichen, ist der Einsatz von Flockungsmitteln und gegebenenfalls von Flockungshilfsmitteln nötig. Es ist maximal eine Trübung von 0,1 NTU erreichbar. Die UF produziert Filtrat mit Trübungen deutlich unter 0.1 NTU (inge® < 0.03 NTU, siehe Abb. 4) – ohne den Einsatz von Chemie, unabhängig von der Qualität des Zulaufwassers. Somit zeigt sich bei der UF auch eine höhere Rückhaltung von Bakterien und Viren. Das ist nicht nur interessant, wenn das UF-Filtrat direkt verwendet werden soll, sondern auch, wenn es nachfolgende Aufbereitungsstufen gibt. Die UF eignet sich ideal als Voraufbereitung für eine Umkehrosmose durch den guten Rückhalt von Partikeln und Mikroorganismen, den niedrigen SDI15 (Silt Density Index)-Werten von < 3, und einer zu erwartenden Organikentfernung von mindestens 40 % in Kombination mit einem Flockungsmittel.

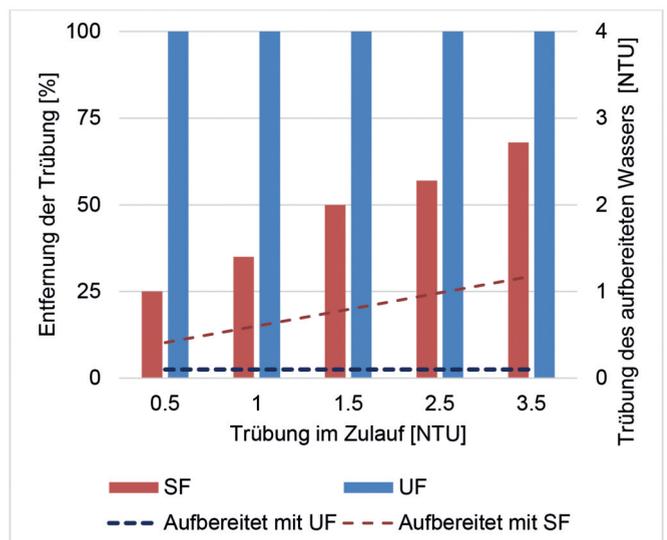


Abbildung 4: Abhängigkeit der Entfernung der Trübstoffe beim Sandfilter (SF) im Vergleich zur UF (Abbasi-garravand, Mulligan, & Laflamme, 2015)

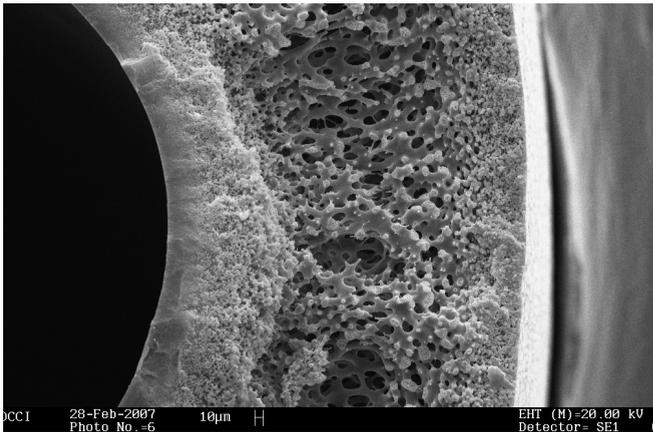


Abbildung 5: Querschnittsaufnahme mit einem Rasterelektronenmikroskop

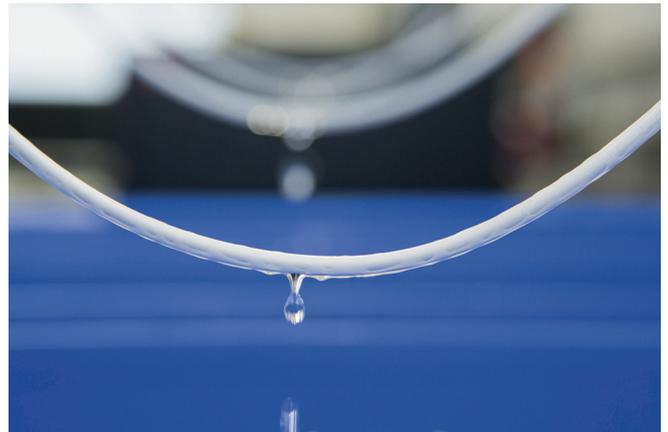


Abbildung 6: Qualitätscheck

Parameter	Einheit	Wert
Flux	L/(m ² h)	70
Filtrationszeit	Minuten	40
Rückspülzeit	Sekunden	45
Frequenz Chemische Reinigung (CEB)	1/d	1
Ausbeute	%	90 - 93

Tabelle 1: Typische UF-Auslegung für den Betrieb mit Kläranlagenablauf. Bei den chemischen Reinigungen wird standardmäßig zuerst eine Reinigung mit NaOH und einem pH Wert von 12, gefolgt von einer Reinigung mit Schwefel- oder Salzsäure (in MULTI-ReUse Schwefelsäure) bei einem pH Wert von 2,3 durchgeführt. Beide Chemikalien wirken jeweils ca. 15 Minuten ein.

Beispiele für die Betriebswasseraufbereitung mit inge® UF-Membrananlagen

Jamnagar, Indien: 456.000 m³/Tag

Eine der größten UF-Installationen in Indien: Das Prozesswasser für das Petrochemie Unternehmen wird aus Meerwasser gewonnen, das mit inge® Modulen und T-Rack® Systemen als Vorstufe gereinigt und dann mittels einer Umkehrosmose entsalzt wird.

Dalian, China: 36.000 m³/Tag

Die CNPC Dalian Petrochemical Company setzt auf die Wiederverwendung von kommunalem Abwasser aus der Sekundärstufe mittels Ultrafiltration und Umkehrosmose.

Fazit

Die Ultrafiltration (UF) hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten als die Methode der Wahl zur Rückhaltung von Trübstoffen und Mikroorganismen etabliert. Die UF liefert verlässlich eine konstant hohe Filtratqualität unabhängig von Qualitätsschwankungen im Zulaufwasser. Damit produziert die UF nicht einfach nur Wasser hochwertiger Qualität, sondern schützt auch nachfolgende Aufbereitungsstufen (z. B. Umkehrosmose) und trägt maßgeblich dazu bei, dass deren Leistungsdaten und Lebensdauer verbessert werden.

Literatur

Abbasi-Garravand, E., Mulligan, C. N., & Laflamme, C. B. (2015). Using Ultrafiltration and Sand Filters as Two Pretreatment Methods for Improvement of the Osmotic Power (Salinity Gradient Energy) Generation Process, (1570124407), 1–12

Autorin

Christina Starke, Anwendungstechnik, inge GmbH, Greifenberg

Kontakt: cstarke@inge.ag

Kurzbeschreibung Projekt MULTI-ReUse

Gereinigtes Abwasser ist ein wichtiger Teil des Wasserkreislaufs. Eine Einleitung in Flüsse ist aus Umweltsicht akzeptabel, aber für eine wirtschaftliche Nutzung ist das Wasser meistens ungeeignet. MULTI-ReUse schließt diese Lücke und eröffnet durch die Entwicklung und Anwendung neuer Verfahren weitere Anwendungsmöglichkeiten für Betriebswasser. Ziel des Projektes ist die Entwicklung, Demonstration und Bewertung eines modularen Aufbereitungssystems. Damit soll das Betriebswasser in unterschiedlichen Qualitäten und wechselnden Mengen zu konkurrenzfähigen Preisen angeboten werden.

Impressum

Die Erstellung und Veröffentlichung dieses Factsheets erfolgt im Rahmen des MULTI-ReUse Verbundvorhabens, gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 02WAV1403 innerhalb der Fördermaßnahme WavE.

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für
Wasserforschung gemeinnützige GmbH
Moritzstr. 26
45476 Mülheim an der Ruhr

Internet: <https://water-multi-reuse.org/>
E-Mail: info@iww-online.de

Presserechtlich verantwortlich:
Dr.-Ing. Wolf Merkel (Techn. Geschäftsführer)

November 2018

