



Ultrafiltration

Seit Beginn der Siebzigerjahre werden Membranverfahren technisch erfolgreich um- und eingesetzt. Membranverfahren dienen vorwiegend der Abtrennung fein verteilter Stoffe aus Flüssigkeiten.

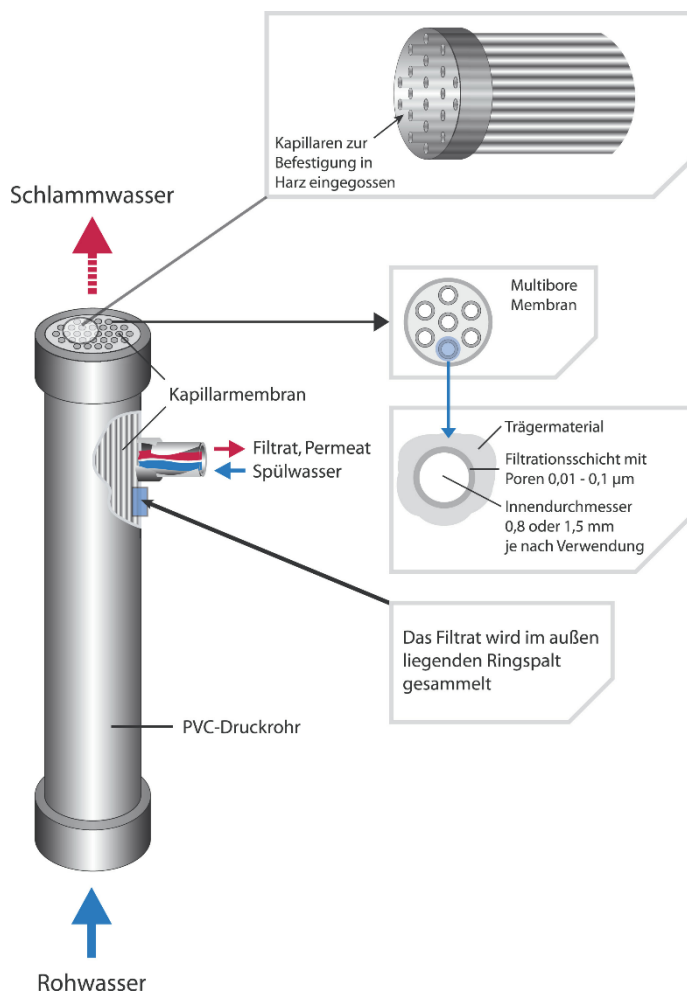
Die Technologie der Ultrafiltration ist inzwischen ebenfalls etabliert und es wurden verschiedene Varianten entwickelt eine Ultrafiltrationsanlage aufzubauen. Durch diese Entwicklungen ist es mittlerweile möglich, die Aufbereitung an verschiedenste Anwendungsfälle und Bedürfnisse anzupassen.

Grundlagen

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen den Membranverfahren: Umkehrosmose (UO), Nanofiltration (NF), Ultrafiltration (UF) und Mikrofiltration (MF)

Die einzelne Einheit zur Aufnahme einer Membran wird als Modul bezeichnet. Folgende Anforderungen müssen bei der Modulauslegung neben der Aufnahme der Membranen auch berücksichtigt werden:

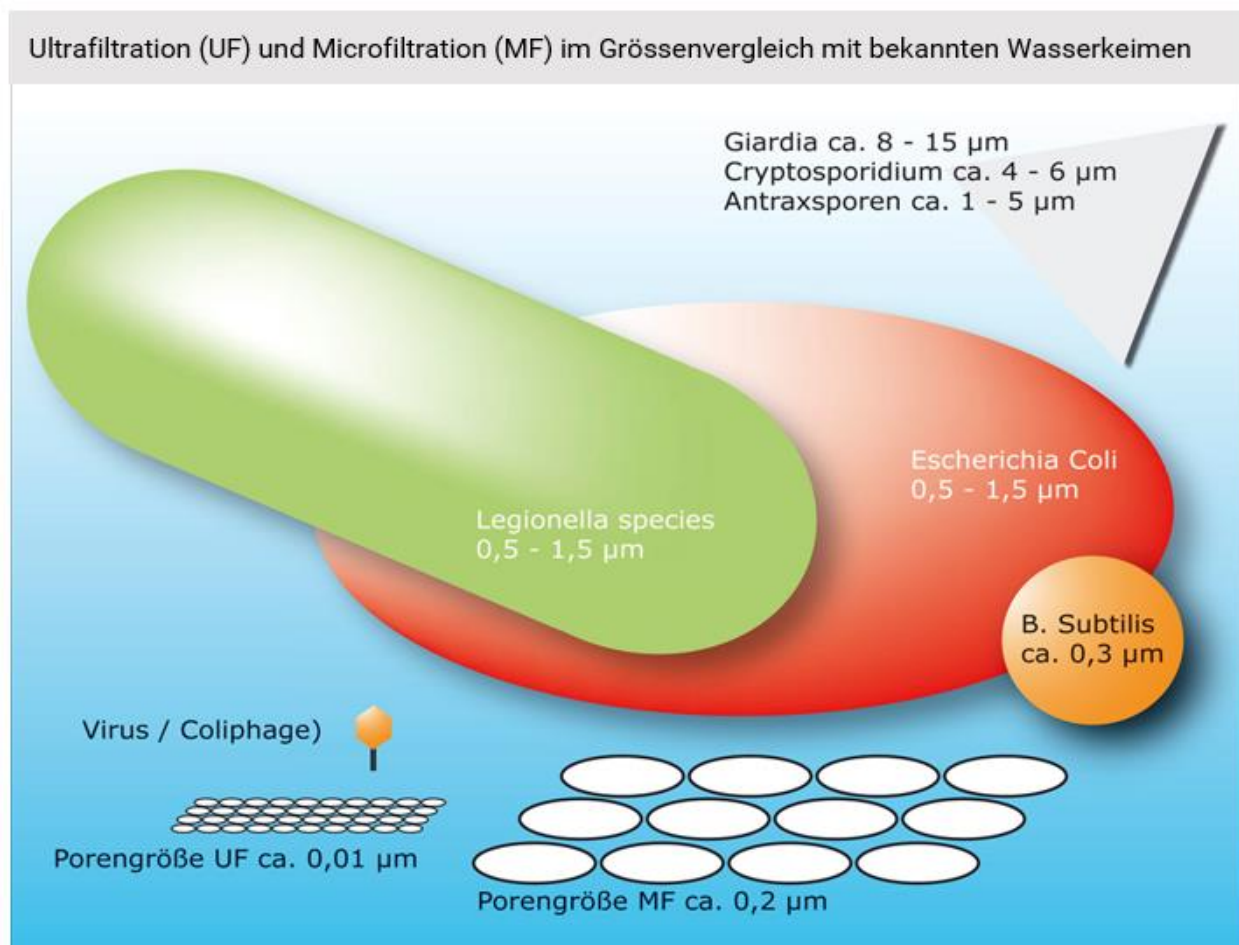
Die Ultrafiltration wird zur Abtrennung von Partikeln mit Durchmessern zwischen 0,05 und 0,01 μm eingesetzt. Das aufzubereitende Wasser wird durch das Membranmodul geleitet. Das Wasser passiert die Membran, während unerwünschte Wasserinhaltsstoffe an der Membranoberfläche zurück gehalten werden. Die Trennwirkung beruht im Wesentlichen auf Siebeffekten. Die typische Anwendung der Ultrafiltration ist der Rückhalt von kolloidal gelösten Stoffen und Makromolekülen. Aufgrund der äusserst sicheren Rückhaltung von Mikroorganismen, wie Viren, Bakterien und Parasiten, ist dieses Verfahren insbesondere hervorragend zur Trinkwasseraufbereitung geeignet.





Im Druckrohr befinden sich Kapillarröhrchen, welche an ihren Enden in einem Harz vergossen sind und dadurch in den Rohren befestigt sind. Das Filtrat wird entweder durch ein zentrales Sammelrohr oder durch Anschlüsse im Mantel abgeführt. Das Rohwasser strömt klassischerweise stirnseitig ins Modul ein.

Die Grössenverhältnisse zwischen den Keimen und den Membranporen werden durch die folgende Abbildung dargestellt:



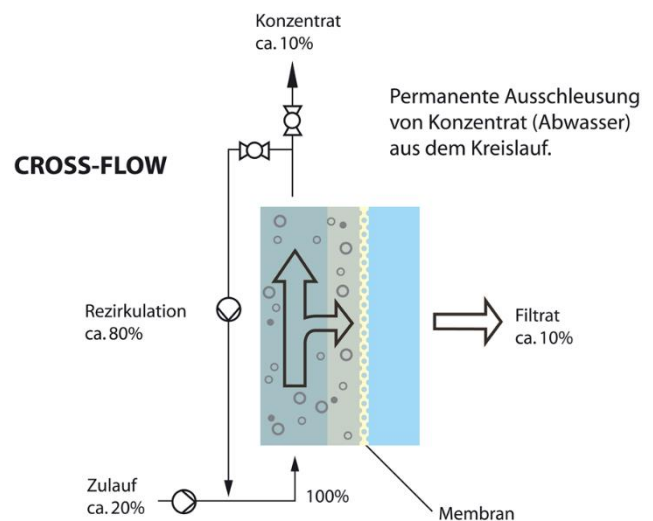
Weder Bakterien noch Viren können die Membrane passieren, das Filtrat ist keimfrei.



Beim dynamischen Betrieb, **Crossflow**, auch Querstrom- / Tangentialfiltration genannt, wird eine membranparallele Anströmung erzeugt, wie nebenstehende Abbildung zeigt.

Die Rezirkulation dient zur Reduktion der Deckschichtbildung auf der Membran. Durch die Überströmgeschwindigkeit kann die Deckschichtbildung beeinflusst werden. Eine regelmässige Spülung ist erforderlich.

Der Crossflow-Betrieb wird vor allem bei hohen Feststoff-Konzentrationen und bei der Nanofiltration sowie Umkehrosmose angewendet.

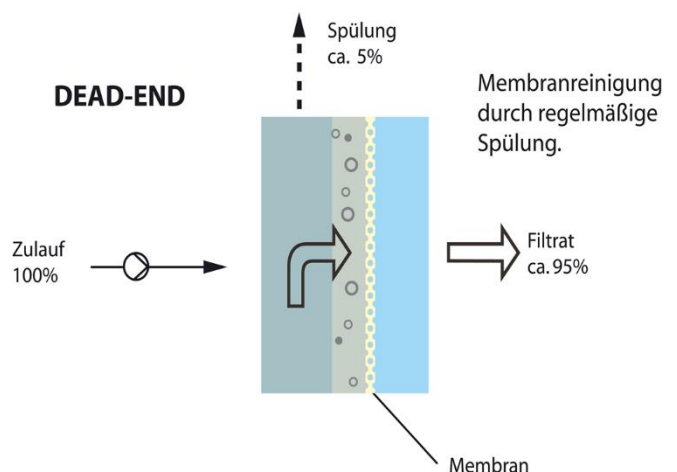


Beim statischen Betrieb – oder auch **Dead-End**-Betrieb genannt – wird auf eine Rezirkulation des Wassers verzichtet.

Das gesamte Zulaufwasser wird, ähnlich wie bei einem Kaffeefilter, frontal durch die Membran geführt. Sämtliche zurückgehaltene Partikel lagern sich auf der Membran ab und bilden eine anwachsende Deckschicht, siehe nebenstehende Abbildung.

Der mit der Deckschicht anwachsende Strömungswiderstand bedingt eine Abnahme des Filtratflusses, die durch Erhöhung des Drucks kompensiert werden kann.

Der Filtratfluss wird in der Wasser-aufbereitung konstant gehalten. Um den Druckanstieg zu begrenzen, wird das Modul periodisch gespült. Zur Aufbereitung von Trinkwasser ist bei der Ultrafiltration der Dead-End-Betrieb das gängige Verfahren.

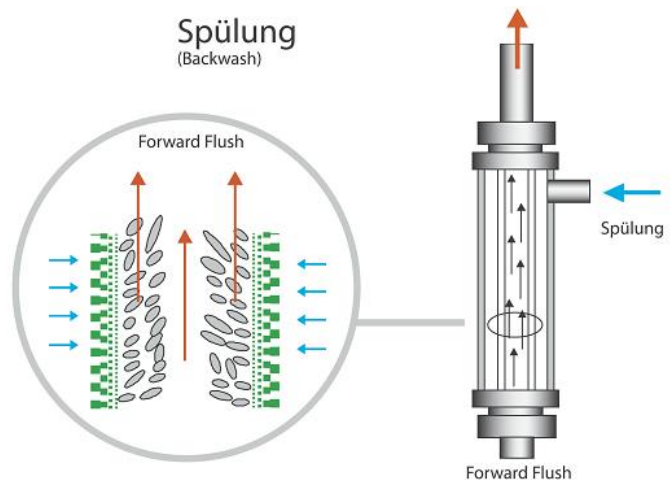




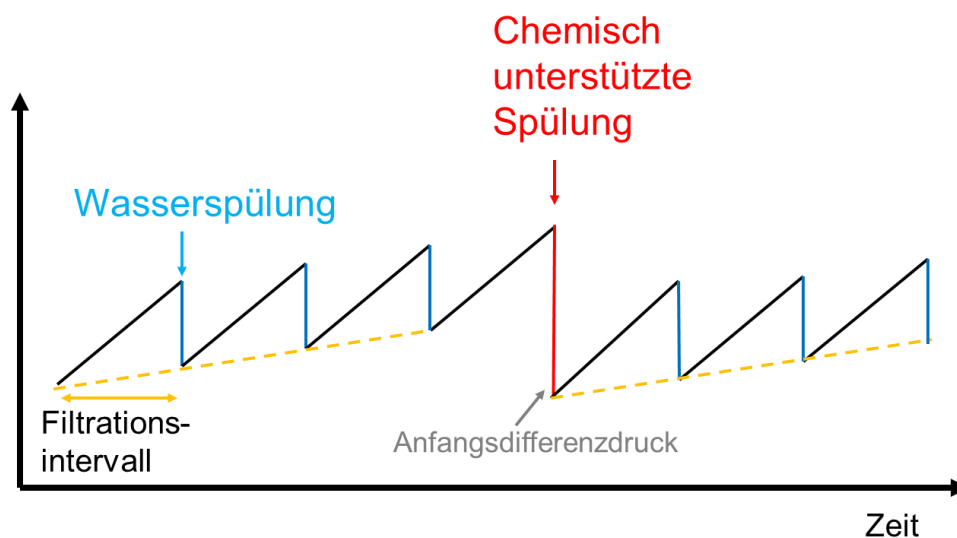
Spülung

Mit laufender Filterstandzeit bildet sich eine Deckschicht. Um diese abzubauen, erfolgt eine regelmässige Spülung. Dazu wird die Membran in umgekehrter Richtung durchströmt und der Schmutz ausgespült.

Das für die Spülung benötigte Filtrat wird entweder in einem Spülwasserspeicher bereitgestellt oder von parallel arbeitenden Filtereinheiten zur Verfügung gestellt.



Der gesamte Vorgang der Spülung dauert etwa 30 bis 80 Sekunden und kann sogenannt strassenweise erfolgen, während andere Modulstrassen im Filtrationsbetrieb verbleiben. Die Notwendigkeit einer Spülung ergibt sich aus der Überwachung der Druckdifferenz. Überschreitet dieser Druck den Vorgabewert, erfolgt die Spülung. Meist wird die zeitgesteuerte Spülung priorisiert und der Spülabstand über die Anlagensteuerung vorgegeben. Graphisch stellen sich die Vorgänge der Filtration und die der Spülung wie folgt dar:



Neben den Wasserspülungen erfolgen im Bedarfsfall ergänzende, automatisierte chemische Spülungen, bei denen dem Wasser zusätzlich Reinigungs- und Desinfektionsmittel zugesetzt werden. Durch eine erhöhte Konzentration an Desinfektionsmitteln wird der Bildung von Bio-Fouling (organische Ablagerungen auf der Membran) entgegengewirkt.



Ultrafiltration im Vergleich

Konventionelle Filtration	Ultrafiltration
Kein garantierter Keimrückhalt	Keimfreies Wasser
Filterverkeimung möglich	Filterverkeimung unmöglich
Grosse Kanalleitung oder Spülabwasserspeicher	Kleine Kanalleitung
Filtrat mit ca. 150 Patrikeln/ml	Filtrat mit ca. 1 Patrikeln/ml
Durchbruch bei Überlast, Schmutz im Filtrat	Konstante Filtratqualität, Anlage bleibt bei Überlast stehen
Raumhöhe 2.5 bis 5.0 m	Raumhöhe ca. 2.0 m
Grosse Einbringöffnung erforderlich	Türbreite von 80 cm ausreichend

UV-Desinfektion	Ultrafiltration
Keine 100%-ige Entkeimung (Barriere)	Gesicherte Keimfreiheit im Filtrat
Legionellen in Amöben werden nicht abgetötet, keine Effizienz bei Parasiten (Cryptosporidien)	Vollständiger Rückhalt aller Parasiten
Totalausfall der Entkeimung möglich, alle Keime werden unbehandelt durchgelassen	Auch bei Anlagenstillstand werden keine Keime durchgelassen
Sehr schlechte bis gar keine Entkeimung bei Trübung/Transmission (Verschmutzung)	Entfernt Trübungen vollständig, keinerlei Beeinträchtigung der Entkeimung durch die Trübung
Verbleib der abgetöteten Keime (Leichen) im System, welche als Nährstoff für nachfolgende Mikroorganismen dienen können	Vollständige Entnahme der Keime aus dem Wasser
lediglich Schädigung der Keim-DNS (Regeneration möglich)	Vollständige Entnahme der Keime, das Verteilsystem bleibt unbeeinflusst