

Zweistufige Ultrafiltration zur Trinkwasseraufbereitung – Kurzfassung



Zweistufige Ultrafiltration zur Trinkwasseraufbereitung – Kurzfassung

Wien, 2019

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus

Stubenring 1, 1010 Wien

Autorinnen und Autoren: R. Neunteufel, B.J. Schmidt, R. Perfler, E. Reitetschläger, S.

HamaSaid, M. Zunabovich-Pichler, R. Allabashi (Universität f. Bodenkultur Wien),

S. Jabornig (SFC Umwelttechnik GmbH) und R. Gadringer (Aqua-System GmbH)

Gesamtumsetzung: R. Neunteufel (Universität f. Bodenkultur Wien)

Fotonachweis Titelbild: R. Neunteufel

Druck:

Wien, 2019. Stand: 16. Jänner 2019

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundeskanzleramtes und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtssprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Förderung:

Das Forschungsprojekt wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus sowie durch das Land Niederösterreich gefördert. Die Abwicklung der Umweltförderung erfolgte durch die Kommunalkredit Public Consulting.

Inhalt

1 Problemstellung und Ziele.....	4
2 Lösungsansätze – UF2-Konzept	5
3 Versuchsdurchführung Überblick	7
4 Zusammenfassung der Ergebnisse	8
4.1 Betriebsparameter – Wirtschaftlichkeit und Alarmgrenzen	8
4.2 Challenge-Tests - Mikrobiologische Sicherheit und Spurenstoffrückhalt.....	8
4.3 Feldtest – Huminstoffrückhalt	9

1 Problemstellung und Ziele

Trinkwasser wird in Österreich fast ausschließlich aus Grund- oder Quellwasser gewonnen. Vielfach können diese Wasserressourcen ohne weitere konventionelle Aufbereitung als Trinkwasser genutzt werden, oftmals sogar gänzlich ohne Desinfektion. Gelegentlich auftretende Trübungen (Quellwasser) oder Belastungen durch Huminstoffe (Grundwasser) können aber in vielen Fällen vorhanden sein. Diese Beeinträchtigungen führen nicht zwingend zur Genussuntauglichkeit des Wassers, können aber Probleme im Leitungsnetz oder in Zusammenhang mit einer konventionellen Desinfektion (Chlor, Ozon oder UV) verursachen.

Dass die Membranfiltration prinzipiell in der Lage ist, auch mikrobiologische Verunreinigungen zurückzuhalten, gilt international als erwiesen. Da die Wasserinhaltsstoffe im Zuge der Membranfiltration nicht chemisch verändert werden, kommt es zu keiner Aufspaltung von Huminstoffen, die zusätzliche Substrate für Nachverkeimungen liefern. Auch Trübstoffe beeinträchtigen die Reinigungsleistung einer Membranfiltration nicht.

Dennoch werden in der Trinkwasseraufbereitung bislang keine Membranfiltrationsanlagen ohne nachgeschaltete Desinfektionsstufe realisiert, da Faserbrüche der Membranmodule zwar selten sind, aber nicht ausgeschlossen werden können.

Ziel des Forschungsprojektes ist der Nachweis der Anwendbarkeit einer zweistufigen Membrankonfiguration (Zweistufige Ultrafiltration - UF2) als alternatives Aufbereitungsverfahren, das eine hohe Sicherheit gegen unentdeckte Faserbrüche der Membranmodule aufweist und ohne nachgeschaltete Desinfektionsstufe betrieben werden kann.

2 Lösungsansätze – UF2-Konzept

Die Lösungsansätze beruhen auf zwei Überlegungen: Erstens das Konzept der Zweistufigkeit der Ultrafiltration (UF2), um eine hohe Sicherheit gegen unentdeckte Faserbrüche zu erreichen und zweitens die Möglichkeit mit einer modifizierten Ultrafiltrationsmembran als zweite Stufe eine Verbesserung der Reinigungsleistung hinsichtlich relevanter Inhaltsstoffe in der Trinkwasseraufbereitung zu erreichen.

Die Zweistufigkeit dient einerseits dem Schutz der zweiten, nachgeschalteten Ultrafiltrationsmembran und erfüllt andererseits durch die Anwendung automatisierter Integritätstests die Forderung nach hoher Sicherheit gegenüber eines unentdeckten Versagens des Filtersystems. Als Integritätstest wird ein direkter, diskontinuierlicher, dafür aber einfacher, kostengünstiger und hoch sensibler Integritätstest (DAF = Luftdiffusionstest) eingesetzt.

Damit können die Vorteile der rein mechanischen Art der Aufbereitung in mikrobiologischer Hinsicht genutzt werden. Desinfektionsnebenprodukte sind ausgeschlossen, da keinerlei reaktive Stoffe zugesetzt werden. Eine unsichere Desinfektion durch Trübstoffe ist ebenso ausgeschlossen, da diese durch die UF-Membran in hohem Maße zurückgehalten werden.

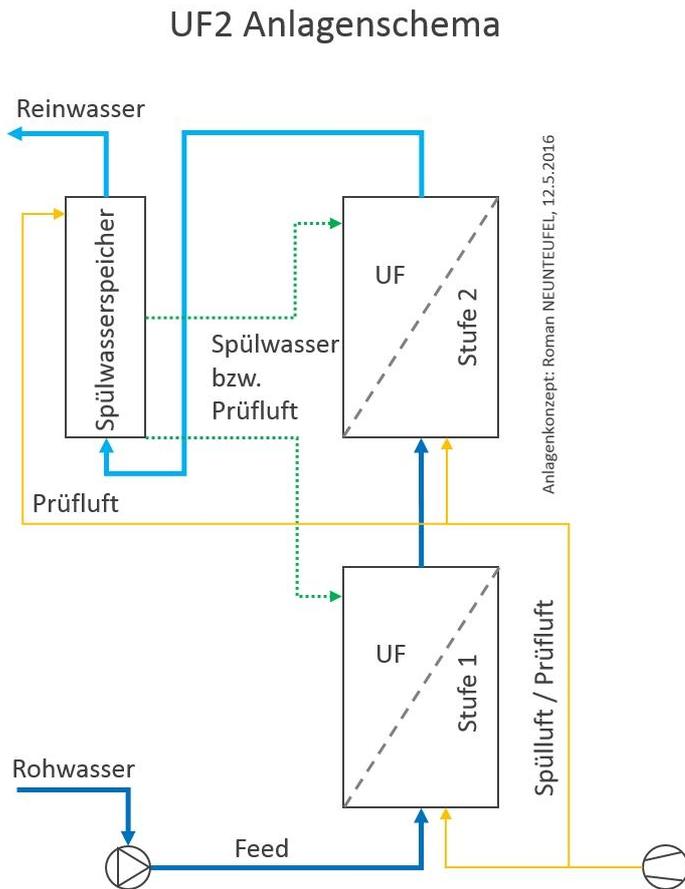
Durch die Modifizierung einer Hohlfaser-Ultrafiltrationsmembrane (als 2. Stufe der Anlage) wird eine kleinere nominale Porengröße angestrebt. Die Modifizierung wird dabei durch eine dauerhafte Beschichtung der Membranoberfläche oder durch eine Veränderung des Produktionsprozess der Hohlfasermembranen (Streckfaktor) erreicht. Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile. Im gegenständlichen Forschungsprojekt wurde die Modifizierung über die Veränderung des Streckfaktors im Produktionsprozess realisiert.

Abbildung 1 zeigt das Fließschema anhand eines vereinfachten Anlagenplanes. Das Rohwasser wird mit einer Feed-Pumpe (oder bei Quellzuläufen durch den Druck aus dem freien Gefälle) durch zwei hintereinanderliegende Ultrafiltrationsmembranen gefiltert. In einem Spülwasserspeicher wird die nötige Menge Reinwasser für Rückspülungen zwischengespeichert. Der Spülwasserspeicher ist dabei ständig von frischem Reinwasser durchflossen, um Stagnation zu vermeiden.

Die Rückspülungen erfolgen intervallmäßig oder zustandsorientiert. Permeatseitig wird Reinwasser aus dem Spülwasserspeicher rückwärts durch die Membran gedrückt und die Partikelablösung von der Membranoberfläche dadurch unterstützt. Das Reinwasser wird

direkt unter Ausnutzung der Prüfluft aus dem Spülwasserspeicher gedrückt. Eine zusätzliche Rückspülpumpe entfällt dadurch. Direkt im Anschluss an die Rückspülung wird mit der Prüfluft die Integrität des jeweiligen Moduls überprüft.

Abbildung 1: Vereinfachtes Schema der Versuchsanlage



3 Versuchsdurchführung Überblick

Die Versuchsdurchführung war in drei große Phasen gegliedert:

- 1) Testbetrieb zur Feststellung der Betriebsparameter inkl. Wirtschaftlichkeit (Betriebskosten) und Alarmgrenzen der Integritätstests.
- 2) Challenge-Tests zur Untersuchung des Bakterien- und Virenrückhalts (für den Virenrückhalt wurde stellvertretend der Rückhalt von MS2 Phagen untersucht), des Spurenstoffrückhalts und des Durchwachsens eines Biofilms (Pseudomonaden) in Langzeitversuchen.
- 3) Feldtest zur Untersuchung des Rückhaltes von Huminstoffen an einem Standort mit einer huminstoffhaltigen Wasserressource, da Huminstoffwässer im Labor nicht ausreichend identisch mit nativen Wässern und in benötigtem Umfang hergestellt werden können.

4 Zusammenfassung der Ergebnisse

4.1 Betriebsparameter – Wirtschaftlichkeit und Alarmgrenzen

Je nach Verschmutzungsgrad der Membranen ergeben sich unterschiedliche Druckverluste über die gesamte Anlage. Im Laufe der Untersuchungen wurden insgesamt Druckverluste zwischen 1,3 bar und 3,3 bar festgestellt. Bei höheren Druckverlusten würde sich die Anlage entsprechend der Steuerungsvorgaben automatisch reinigen bzw. abschalten. Bei einem Strompreis von € 0,18 pro kWh ergeben sich maximale Kosten von rund 14 Cent pro m³ Permeat. Der mittlere Kostenbereich für die Permeatproduktion liegt bei 0,4 kWh/m³ bzw. bei rund 7 Cent pro m³. Durch eine Optimierung der Feedpumpe im Realbetrieb erscheint eine Halbierung der Energiekosten auf 3,5 Cent pro m³ realistisch erreichbar. Die sonstigen Stromverbräuche der Anlage sind vernachlässigbar.

Die gesamten Kosten belaufen sich unter Berücksichtigung der laufenden Kosten (Energieverbrauch einer gut optimierten Pumpe) sowie den Investitions- und Reinvestitionskosten (Membranersatz) auf rund 0,35 € pro m³ bei einer Nutzungsdauer der Anlage von 10 Jahren und jährlichem Membranersatz. Bei entsprechend verlängerter Nutzungsdauer auf 20 Jahre und Membranersatz nur alle 2 Jahre sind auch Kosten von unter 20 Cent pro m³ leicht vorstellbar.

Zur Feststellung der Alarmgrenzen der Integritätstests wurden die Betriebsparameter der automatisierten Messung des Luftdiffusionswertes (DAF) über die Membran variiert. Als niedrigst möglicher Grenzwert für intakte Membranmodule der verwendeten Bauart wurden als Luftdiffusionswert 20 ml/min (Normmilliliter pro Minute) ermittelt. Laut Herstellerangabe genügt die Einhaltung eines DAF-Wertes von 60 ml/min als Nachweis für die Intaktheit der Membran.

4.2 Challenge-Tests - Mikrobiologische Sicherheit und Spurenstoffrückhalt

Die Membranfiltration bietet einen sehr guten Rückhalt hinsichtlich der untersuchten Mikroorganismen (E. Coli, Coliforme Bakterien, Enterokokken, Pseudomonas aeruginosa). Die geforderte Reduzierung um 4 log-Stufen kann von den Membranen erfüllt werden. Das zweistufige Konzept bietet eine sehr hohe Zuverlässigkeit gegenüber kurzfristig

auftretenden bakteriellen Verunreinigungen. Das Rückhaltevermögen bezüglich der MS2-Phagen betrug im Durchschnitt rund 80 % bei einer Bandbreite der einzelnen Permeate von 55 % bis 88 %.

Bezüglich der Langzeitstabilität gegenüber dem Durchwachsen eines Biofilms konnte für das „Worst Case Scenario“ – hohe Wassertemperatur über 25 °C und kontinuierliche Rekontamination des Rohwassers – kein klares Ergebnis festgestellt werden. Unter „Normalbedingungen“ und unter „Normalbedingungen mit erhöhter Nährstoffverfügbarkeit“ – Wassertemperatur 18 - 20 °C, kontinuierliche Rekontamination des Rohwassers und fallweiser Glucosedosierung zu Erhöhung der Nährstoffverfügbarkeit – konnte auch in großen Probevolumen (bis 5 Liter Permeat) und nach einer Versuchsdauer von bis zu 2 Monaten keine Kontamination der Permeate mit *Pseudomonas aeruginosa* nachgewiesen werden.

Für die untersuchten Spurenstoffe (Carbamazepin, Diclofenac, Simazin, Atrazin und Diuron) konnte kein signifikanter Rückhalt durch die Ultrafiltrationsmembranen (konventionelle Membran M1 sowie modifizierte Membran M2) gefunden werden. Es gibt aber tendenziell Hinweise für eine Verbesserung der Spurenstoffentfernung mittels zweistufiger Ultrafiltration, wenn dem Rohwasser Flockungsmittel zugesetzt werden. Durch große Messunsicherheiten bei den niedrigen Konzentrationen der Spurenstoffuntersuchungen sind die Aussagen zum Spurenstoffrückhalt mit äußerster Vorsicht zu interpretieren.

4.3 Feldtest – Huminstoffrückhalt

Der Huminstoffrückhalt wurde anhand der Parameter DOC, SAK, UV-VIS-Spektren und der Molmassen (Ermittlung mittels HPLC) untersucht. Die im untersuchten Huminstoffwasser vorwiegend vorliegenden Fulvinsäuren (niedermolekulare Huminstoffe) konnten mit der alleinigen Ultrafiltration nicht entfernt werden. Mit einer geringfügigen Flockungsmittelunterstützung konnten die relevanten Werte des Huminstoffwassers jedoch um beachtliche 75 % bis 80 % gesenkt werden.

Bezüglich des Rückhalts von Huminstoffen darf daher zusammenfassend erwartet werden, dass sich die zweistufige Membranfiltration mit optimierter Flockungsmittelunterstützung insbesondere für die Aufbereitung sogenannter Problemwässer eignet.

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus

Stubenring 1, 1010 Wien

[bmnt.gv.at](https://www.bmnt.gv.at)