

Einsatz der Nanofiltration zur Entfernung von Desinfektionsnebenprodukten

Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Neue Verfahrenskombination von Ultra- und Nanofiltration zur Minimierung gelöster Desinfektionsnebenprodukte bei der Schwimmbeckenwasseraufbereitung“ (AZ-28707)

Dr.-Ing. Florencia Saravia^{*)}, Dr.-Ing. Di Peng^{**)}, Dr. Gudrun Abbt-Braun^{*)}, Dipl.-Min. Werner Sauershell^{***)}, Dipl.-Ing. (FH) Michael Reis^{****)} und Prof. Dr. Harald Horn^{*)}

Seit 2013 läuft ein gemeinschaftliches Forschungsvorhaben von der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut, Bereich Wasserchemie und Wassertechnologie, am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und der W.E.T. Wasser.Energie. Technologie GmbH in Kasendorf mit der Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU). Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse des DBU-Forschungsprojektes „Neue Verfahrenskombination von Ultra- und Nanofiltration zur Minimierung gelöster Desinfektionsnebenprodukte bei der Schwimmbe-

ckenwasseraufbereitung“ (AZ-28707) dargestellt.

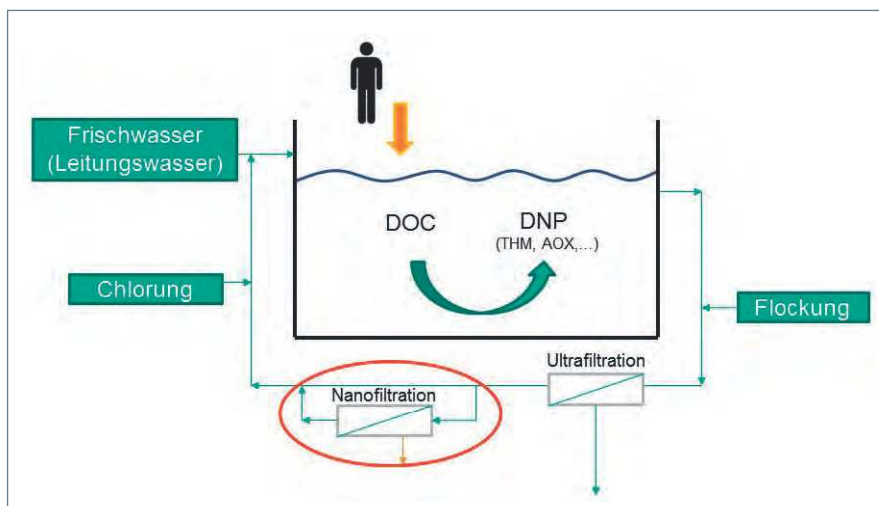
Zielsetzung und Bedeutung

Seit einigen Jahren werden durch den Einsatz der Ultrafiltration (UF) in der Schwimmbeckenwasseraufbereitung als Ersatz der Sandfiltration gute Ergebnisse erzielt (Hobby und Gimbel 2004; Hagen 2007; Barbot und Moulin 2008)^{1) 2) 3)}. Seit November 2012 ist das Verfahren als Teil 4 in die DIN 19643⁴⁾ aufgenommen und somit anerkannte Regel der Technik. UF-Membranen sind jedoch nicht in der Lage, gelöste Verbindungen aus dem Wasser zu entfer-

nen und können daher nur in Verbindung mit einer weiteren Verfahrensstufe zur Entfernung von organischen Stoffen mit geringer molarer Masse (z. B. Trihalogenmethane [THM]) eingesetzt werden.

Verschiedene Untersuchungen (z. B. Kimura et al. 2003; Glauner et al. 2005)^{5) 6)} beschreiben die Nanofiltration (NF) als geeignetes Verfahren zur Entfernung gelöster Desinfektionsnebenprodukte (DNP) bzw. ihrer Präkursoren in der Wasseraufbereitung. Nach Glauner et al. (2005)⁶⁾ sollte die Membran allerdings eine möglichst geringe Trenngrenze aufweisen, da sich insbesondere niedermolekulare Fraktionen der Belastungsstoffe im Schwimmbad als toxikologisch bedenklich erwiesen. NF verbindet die Vorteile eines hohen Rückhaltevermögens gelöster organischer Substanzen mit einem relativ geringen Entsalzungsgrad und einer vergleichsweise niedrigen benötigten transmembranen Druckdifferenz (ab 4 bar).

In dem von der DBU geförderten Projekt „Neue Verfahrenskombination von Ultra- und Nanofiltration zur Minimierung gelöster Desinfektionsnebenprodukte bei der Schwimmbeckenwasseraufbereitung“ wurde eine neue Verfahrenskombination zur Aufbereitung



■ Abbildung 1: Schema der Wasseraufbereitung (modifiziert nach Peng et al. 2016)

von Schwimmbeckenwasser untersucht. Die Kombination besteht aus UF mit NF in einem variablen, belastungsorientierten Teilstrom (siehe Abbildung 1). Ziel der Untersuchungen war einerseits, die hygienische Sicherheit und die Zufriedenheit der Badegäste zu erhöhen, und andererseits, die Effizienz des Systems bzgl. des Energie-, Wasser- und Chemikalienverbrauchs zu verbessern.

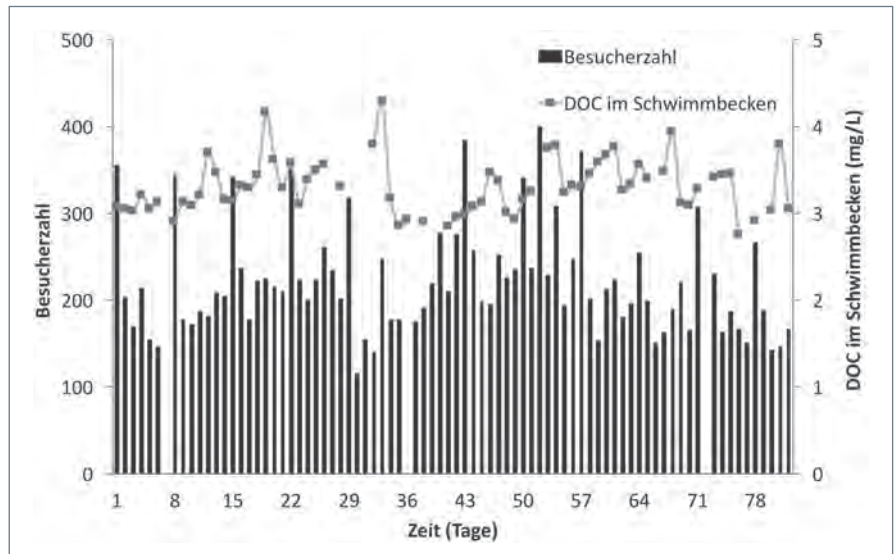
Das Projekt bestand aus zwei Projektphasen:

Phase 1

Die ersten Untersuchungen dienten der Auswahl der für die Schwimmbeckenwasseraufbereitung geeigneten NF-Membranen. Parallel dazu wurde der Zusammenhang zwischen Beckenwasserqualität und Besucheranzahl, Rohwasserqualität und Frischwasserverbrauch in einem ausgewählten Hallenbad intensiv untersucht. Anschließend wurde die Kombination der UF und NF zum ersten Mal im großtechnischen Maßstab (Aufbereitung des gesamten Wasserkreislaufes eines Hallenbades mit UF und ein Teilstrom mit NF) realisiert und mit der Aufbereitung ohne NF (UF mit Pulveraktivkohle [PAK]-Dosisierung) verglichen.

Phase 2

Der zweite Teil des Projektes beschäftigte sich mit der Analyse des Langzeitverhaltens der NF-Membranen, mit



■ Abbildung 2: Profil von Besucherzahl und DOC im Schwimmbecken über einen Zeitraum von drei Monaten

der Optimierung des Verfahrens bzgl. eines optimalen Teilstroms für die Aufbereitung, mit der Überwachung der Beckenwasserqualität (insbesondere der Konzentration der THM und der an Aktivkohle adsorbierbaren organisch gebundene Halogene [AOX]) und mit der wirtschaftlichen Betrachtung der Teilstromaufbereitung.

Schwimmbeckenwasseraufbereitung im ausgewählten Hallenbad

Die Versuche wurden in einem öffentlichen Bad durchgeführt. Das Hallenbad besteht aus einem Mehrzweck- (Schwimmerbecken) und einem Lehrschwimmbecken (Nichtschwimmerbecken) und hat ein Wasservolumen von

insg. 816,8 m³. Der gesamte Volumestrom im Aufbereitungssystem beträgt 135 m³/h (k-Faktor 1,0 m⁻³, Flux 200 L/m²h). Die Aufbereitung des Kreislaufwassers entspricht der in der DIN 19 643-4 beschriebenen Verfahrenskombinationen Flockung – Adsorption an PAK – Ultrafiltration – Chlorung⁴.

Wasserqualität mit der vorhandenen Aufbereitung („Ist-Zustand“)

Über einen Zeitraum von ca. sechs Monaten wurde in verschiedenen Zeitabständen die Wasserqualität hinsichtlich ausgewählter physikalisch-chemischer und mikrobiologischer Parameter untersucht. Ergänzend wurden in Zusammenarbeit mit dem Umweltbun-



- Wasserpflegetechnik
- Reinigung und Desinfektion
- Gefahrstoffschulungen

www.iba-aqua.com

IBA-Aqua-Pflege-Produkte GmbH · Bruchstücker 56-58 · 76661 Philippsburg · Tel. +49 7256 92308-0 · info@iba-aqua.com



- Dosiertechnik
- Wasserdesinfektion
- Wasseraufbereitung

www.iba-technikcenter.de

Die neue **IbaXvital** Wohlfühlserie

Saunaaufguss
Superior



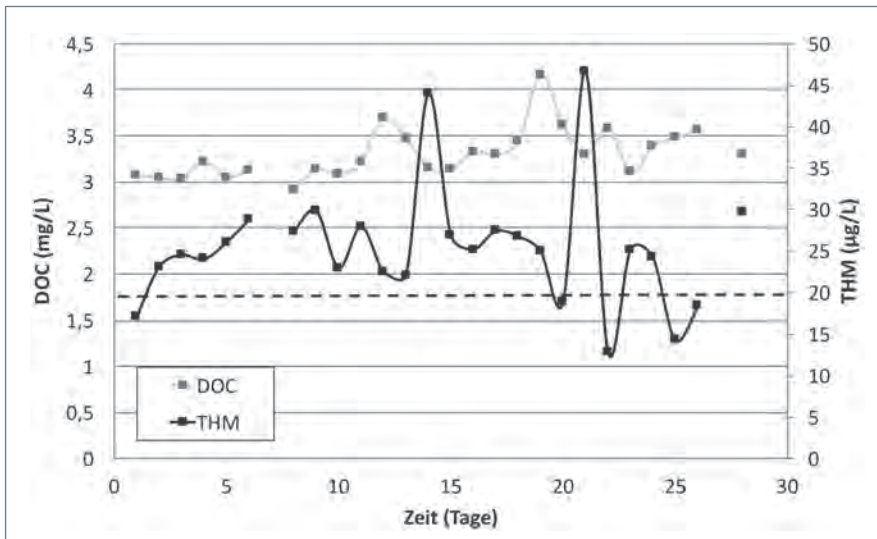
Neues im IBA TechnikCenter

DEPOLOX® Pool E 700 P

Verkauf, Service und Wartung von
Wallace & Tiernan Produkten und Anlagen.



Chloramin reduzieren



■ Abbildung 3: Monatsprofil der DOC- und THM-Konzentrationen im Schwimmbecken (Strichlinie: 20 µg/L THM, Richtwert für THM nach DIN 19 643-1⁸⁾) (modifiziert nach Peng et al. 2016)

desamt (UBA) und anderen Laboratorien weitere Parameter (Zyto- und Genotoxizität) untersucht („Ist-Zustand“). Es wurden Tages-, Wochen- und Monatsprofile erstellt, um den Zusammenhang zwischen Besucherbelastung, Aufbereitungsleistung und Wasserqualität zu erkennen. Die Aufbereitungsleistung wurde danach mit Hilfe von Massenbilanzen charakterisiert (Klüpfel et al. 2011)⁷⁾, um weitere Daten für die Dimensionierung der zu installierenden Anlage zu erhalten.

Informationen über den Betrieb des Hallenbades und Angaben zu Besucherzahlen wurden durch den Betreiber zur Verfügung gestellt. Die Anzahl der Badegäste lag im Allgemeinen bei ca. 200 Besuchern pro Tag. Am Freitag war die Anzahl der Badegäste wegen eines Vereinsschwimmens besonders hoch (ca. 350 Gäste/Tag). Abbildung 2 zeigt die Besucherzahlen des Hallenbads während der Herbstmonate des Jahres 2013 und die DOC-Konzentrationen (DOC: gelöster organischer Kohlenstoff) im Schwimmbecken.

Es ergibt sich über diesen langen Zeitraum keine Korrelation zwischen Besucherzahl und DOC im Beckenwasser.

Ein möglicher Grund für die fehlende Korrelation zwischen Besucherzahl und DOC-Konzentration wäre, dass die durch Badegäste eingetragenen Komponenten im Schwimmbeckenwasser noch von weiteren Faktoren abhängig sind. Beispiele hierfür wären: Alter der Besucher, Aufenthaltsdauer im Becken, Intensität der Aktivität (Schwimmer oder Nichtschwimmer, Leistungsschwimmer), Verwendung von Körperpflegeprodukten (z. B. Cremes, Kosmetika) und Verhalten vor dem Schwimmen (Duschen).

THM und AOX wurden als Indikatorparameter für die Bildung von DNP regelmäßig untersucht. Die THM-Konzentrationen waren im Beckenwasser teilweise höher als der Richtwert nach DIN 19 643-1⁸⁾ von 20 µg/L. Es wurde jedoch keine Anreicherung von THM-Verbindungen beobachtet. Dies kann aber auch durch die hohe Flüchtigkeit dieser Verbindungen erklärt werden.

Eine positive Korrelation zwischen DOC und THM mit Zeitverschiebung von ca. zwei Tagen ergibt sich aus dem Monatsprofil (siehe Abbildung 3). D. h., dass eine erhöhte THM-Konzentration ca. zwei Tage nach einer erhöhten Konzentration an DOC zu erwarten ist.

Mit dem Einsatz unserer Technik senken Sie gezielt Desinfektionsnebenprodukte.

BREMAG



Bremer Anlagen GmbH
Telefon 0421 408 98 22 0
E-Mail info@bremag.de
Web www.bremag.de



Ähnliche Beobachtungen wurden von Glauner et al. (2004)⁹⁾ bei einem Wochenprofil beschrieben. Aufgrund der zeitversetzten, ansteigenden THM-Konzentration kann man davon ausgehen, dass die THM-Bildung nicht unmittelbar direkt aus den eingetragenen Belastungsstoffen, sondern nach einer Reihe von Reaktionszwischenstufen abläuft (Glauner et al. [2006]¹⁰⁾).

Aufgrund der zeitlich verzögerten THM-Bildung im Vergleich zum Eintrag an organischen Stoffen (gemessen mit dem Parameter DOC) könnte eine unmittelbare Entfernung der Präkursoren in der Aufbereitung die Bildung der DNP minimieren. Dabei erweist sich die Filtration mit NF-Membranen als passendes Verfahren, da hier aufgrund der kleinen Trenngrenze der DOC-Rückhalt ca. 80 % beträgt.



■ Abbildung 4: Pilotanlage zur Nanofiltration; Foto: W.E.T., Kasendorf

NF-Membranauswahl

Die Untersuchungen mit den chlorbeständigen Membranen zeigten, dass die Membranen auch über einen längeren Zeitraum gute Rückhalteeigenschaften besitzen (DOC-Rückhalt > 80 %). Es wurde jedoch festgestellt, dass sie eine niedrigere Permeabilität im Vergleich zu nicht chlorbeständigen Membranen aufweisen. Der Einsatz chlorbeständiger Membranen wird dadurch sowohl den Energiebedarf der Aufbereitung als auch die Frischwasserzugabe erhöhen. Daher wurde aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen entschieden, den Einsatz von nicht-chlorbeständigen NF-Membranen unter Zugabe von Natriumbisulfit (Inaktivierung des Chlors vor der Membran) zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigten, dass die nicht-chlorbeständigen Membranen mindestens eine zweifach höhere Permeabilität bei besseren Rückhalteeigenschaften im Vergleich zu chlorbeständigen Membranen aufweisen.

Betrieb der NF-Anlage

Die NF-Anlage (siehe Abbildung 4) sollte jeden Tag in einem zeitlich begrenz-

ten Rahmen in Abhängigkeit der vermuteten Belastung betrieben werden. Dazu wurden für jeden Wochentag in der Steuerung Zeitfenster eingerichtet. Zum Betrieb wurden vor der NF-Membran Antiscalant, Natriumbisulfit und nach der NF-Membran Natriumbikarbonat zur Aufhärtung dosiert.

Aufgrund von Simulationsergebnissen wurden die Betriebszeiten der NF-Anlage mit einem Anteil an der Kreislaufumwälzleistung von weniger als 1 % eingestellt. Es wurde dabei angestrebt, dass die DOC-Konzentration im Beckenwasser nicht niedriger als die Konzentration im Füllwasser (Frischwasser aus dem Trinkwassernetz) wird.

Unmittelbar nach der Inbetriebnahme der Anlage wurden die Parameter DOC, AOX, THM, freies und gebundenes Chlor in regelmäßigen Zeitabständen (i. d. R. einmal am Tag) bestimmt. Ergänzend wurden die Hauptinhaltsstoffe (Kationen und Anionen) einmal pro Woche analysiert.

Ergebnisse der NF-Aufbereitung

Im untersuchten Hallenbad wird die Bildung von DNP nicht nur durch die Belastung von Badegästen, sondern auch durch die hohe DOC-Konzentration im Leitungswasser (Frischwasser für das Schwimmbad; DOC = 2,6 - 3,1 mg/L) beeinflusst.

Parameter	Anzahl Badegäste pro Tag	DOC		AOX		THM*		Frischwasserverbrauch m ³ /Tag
		MW	Max	MW	Max	MW	Max	
		mg/L		µg/L		µg/L		
UF+PAK	208	3,3	4,3	328	524	26	50	22,2
UF+NF	237	2,7	3,5	293	419	20	23	17,2

■ Tabelle 1: Maximale Werte und Mittelwerte ausgewählter Parameter zum Vergleich der Verfahren mit UF- und NF-Aufbereitung sowie mit UF und PAK

MW = Mittelwert THM* = berechnet als Chloroform

Die verwendete NF-Membran ist in der Lage, die DOC-Konzentration zu mehr als 80 % zu entfernen, und damit die Präkursoren der DNP zu verringern. Die Teilaufbereitung mit NF kann als erfolgreich betrachtet werden. Die Aufbereitung durch die Kombination von „UF+NF“ zeigt eine etwas bessere Verringerung der AOX-Konzentration und eine ca. 25%ige Reduzierung der THM-Konzentration im Vergleich zum Einsatz von „UF+PAK“. Darüber hinaus wurde beim Einsatz von „UF+NF“ 25 % weniger Frischwasser verbraucht (siehe Tabelle 1). Weiterhin wurde eine geringfügige Abnahme des gebundenen Chlors gemessen. Nach diesen Erkenntnissen wurde im untersuchten Hallenbad die Dosierung von PAK eingestellt und die Nanofiltration weiter betrieben.

Insgesamt kann eine Verringerung der organischen Fracht (aus den Einträgen über die Badegäste) festgestellt werden. Des Weiteren konnten die Schwankungen der DOC-, THM- und AOX-Konzentration durch den Einsatz der NF-Anlage nachweislich gemindert werden.

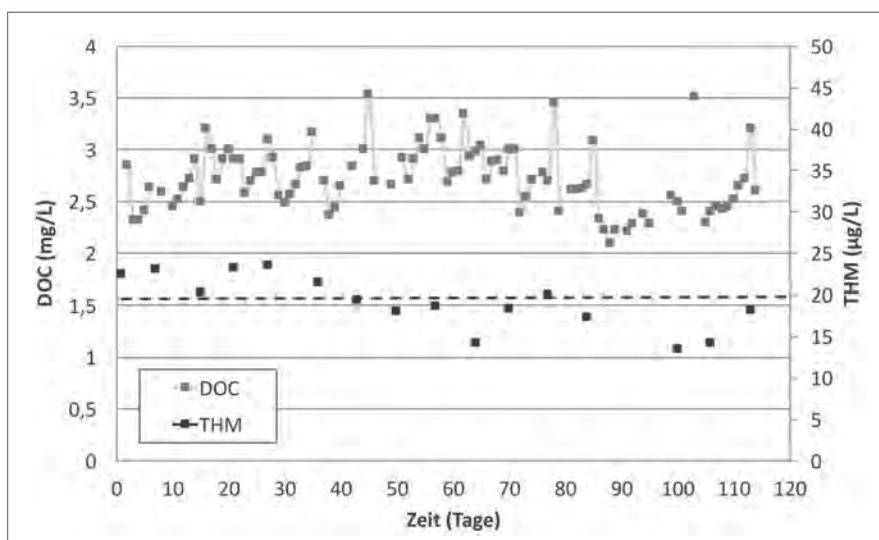
In Abbildung 5 sind die DOC- und die THM-Konzentrationen im Schwimmbecken dargestellt. Es ist zu beobach-

ten, dass die THM-Konzentrationen bis zum 37. Betriebstags knapp über dem Richtwert nach DIN 19 643⁸⁾ liegen. Im weiteren Betriebsverlauf kann der Richtwert eingehalten werden. Ein Großteil der Präkursoren der THM wird abfiltriert; deshalb kommt es zu keiner Anreicherung von THM im Schwimmbecken.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieses Projektes wurde der Einsatz der Nanofiltration für die Aufbereitung von Schwimmbeckenwasser untersucht. Die Ergebnisse zeigen:

- Es besteht kein direkter Zusammenhang zwischen Besucherzahl und DOC im Beckenwasser. Ein möglicher Grund für die fehlende Korrelation zwischen Besucherzahl und DOC-Konzentration wäre, dass das Verhalten der durch die Badegäste eingetragenen Komponenten im Schwimmbeckenwasser noch von weiteren Faktoren abhängig ist.
- Es gibt eine positive Korrelation zwischen dem eingetragenen DOC und der gebildeten THM mit einer Zeitverschiebung von ca. zwei Tagen. Das zeigt sich während der Messung des Monatsprofils. Aufgrund der zeitlich verzögerten



■ **Abbildung 5:** DOC- und THM-Konzentration im Schwimmbecken über die Zeit beim Betrieb mit dem UF+NF-Teilstromverfahren (Strichlinie: 20 µg/L THM, Richtwert für THM nach DIN 19 643-1⁸⁾)

Für Profis!

Lösungen für das öffentlich, kommunale und gewerbliche Schwimmbad - direkt vom Hersteller!

- ✓ **Technik**
- ✓ **Wellness**
- ✓ **Service**



dinotec GmbH
Water & Pool Technology
Tel.: 0800 40 48 555 (kostenlos)
Fax: +49(0)6109-6011-90
E-Mail: mail@dinotec.de
www.dinotec.de

Einfach bestes Wasser genießen!



Werden Sie Mitglied in der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen e.V.!

Ihre Vorteile als Mitglied:

- monatlicher kostenfreier Bezug der verbandseigenen Fachzeitschrift
- **AB** Archiv des Badewesens
- laufende Informationen über die Verbandsaktivitäten
- kostenlose Auskünfte und Sachhinweise
- Rabatt bei Beratungen und gutachtlichen Stellungnahmen der „Zentralen Bäderberatungsstelle“
- Rabatt bei Stellenanzeigen
- kostenloser Bezug der DGfDB-Richtlinien und DGfDB-Arbeitsunterlagen (Mitgliedsgruppen AI, AIII und CI mit 75% Rabatt), ausgenommen diejenigen, die zusammen mit dem Deutschen Sauna-Bund e.V. herausgegeben werden.
- Rabatt beim Besuch unserer Schulungen
- ermäßigter Eintritt beim Besuch des „Kongresses für das Badewesen“
- umfangreiche Informationen auf der verbandseigenen Internetseite www.baederportal.com: Artikeldatenbank mit über 15000 Artikeln (von 1906 bis heute), Urteilssammlungen, Verbandsmitteilungen sowie Informationen zu Themenbereichen wie Bäderbetrieb, Bäderbau und Technische Gebäudeausstattung

Sie interessieren sich für eine Mitgliedschaft?

Dann kontaktieren Sie Frau Susanne Reisner: Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e.V., Haumannplatz 4, 45130 Essen, Postfach 34 02 01, 45074 Essen, Telefon: 02 01 / 8 79 69-22, E-Mail: s.reisner@baederportal.com, Internet: www.baederportal.com

THM-Bildung im Vergleich zum Eintrag an organischen Stoffen kann eine unmittelbare Entfernung der Präkursoren in der Aufbereitung die Bildung von DNP minimieren. Dabei erweist sich die Nanofiltration als geeignetes Verfahren.

- Die chlorbeständigen Membranen zeigten eine deutlich niedrigere Permeabilität im Vergleich zu den oft verwendeten nicht-chlorbeständigen Polyamid-NF-Membranen. Somit ist der Einsatz von den derzeit verfügbaren chlorbeständigen Membranen wirtschaftlich nicht optimal.
- Die Ergebnisse der Aufbereitung des Schwimmbeckenwassers mit der Kombination von NF und UF zeigten, dass die DOC-Konzentration während des Betriebs im Bereich der DOC-Konzentration des Frischwassers liegt. Der DOC-Eintrag durch die Badegäste ist daher von überschaubarer Menge. Die AOX-Konzentration im Badewasser lag geringfügig unter dem Wert der Aufbereitung ohne NF.
- Durch die Behandlung mit UF+NF wurden die THM-Konzentrationen auf Werte unterhalb des Richtwertes (20 µg/L) verringert.

Weiterer Untersuchungsbedarf besteht vor allem im Langzeitverhalten der NF-Module und in der Prozessführung zur Minimierung von Fouling.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass das „UF+NF im Teilstrom“-Verfahren ein geeignetes wirtschaftliches Verfahren zur Verringerung von DNP ist und darüber hinaus gegenüber den derzeit eingesetzten Verfahren ökonomische und ökologische Vorteile aufweist.

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des vom DBU geförderten Forschungsprojektes „Neue Verfahrenskombination von Ultra- und Nanofiltration zur Mi-

nimierung gelöster Desinfektionsnebenprodukte bei der Schwimmbeckenwasseraufbereitung“ (AZ-28707) durchgeführt. Unser besonderer Dank gilt dem Hallenbadbetreiber für die Zusammenarbeit und die tatkräftige Unterstützung bei den Probenahmen. Weiterhin bedanken wir uns bei Dr. Tamar Grummt (UBA) für die Durchführung des Ames-Tests. Ebenso danken wir den Technikern aus dem Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie und der DVGW-Forschungsstelle, Bereich Wasserchemie und Wassertechnologie, für die zahlreichen Messungen und weitere Unterstützung: Axel Heidt, Elly Karle, Rafael Peschke, Ulrich Reichert, Reinhard Sembritzki und Matthias Weber.

Hinweise zu den Autoren

*) Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Engler-Bunte-Institut, Wasserchemie und Wassertechnologie, Karlsruhe

**) DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut, Bereich Wasserchemie und Wassertechnologie, Karlsruhe

***) W.E.T. Wasser.Energie.Technologie GmbH, Kasendorf

Literatur und Anmerkungen

- 1) Hobby, R., Gimbel, R.: Application of an ultrafiltration pilot plant for the treatment of swimming pool water. GWF, Wasser/Abwasser 145 (2014), 700 - 704
- 2) Hagen, K.: Membranverfahren in der Schwimmbeckenwasseraufbereitung. GWF, Wasser/Abwasser 148 (2007), 806 - 807
- 3) Barbot, E., Moulin, P.: Swimming pool water treatment by ultrafiltration-adsorption process. Journal of Membrane Science 314 (2008), 50 - 57
- 4) DIN 19643-4 - Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser - Teil 4: Verfahrenskombinationen mit Ultrafiltration, in: N.W.N.i.D.D.I.f. N. e.V. (Ed.), Beuth-Verlag, Berlin (2012)
- 5) Kimura, K., Amy, G., Drewes, J. E., Heberer, T., Kim, T.-U., Watanabe, Y.:

Rejection of organic micropollutants (disinfection by-products, endocrine disrupting compounds, and pharmaceutically active compounds) by NF/RO membranes. *Journal of Membrane Science* 227 (2003), 113 - 121

- 6) Glauner, T., Waldmann, P., Frimmel, F. H., Zwiener, C.: Swimming pool water – fractionation and genotoxicological characterization of organic constituents. *Water Research* 39 (2005), 4494 - 4502
- 7) Klüpfel, A. M., Glauner, T., Zwiener, C., Frimmel, F. H.: Nanofiltration for enhanced removal of disinfection by-product (DBP) precursors in swimming pool water – retention and water quality estimation. *Water Science & Technology* 63 (2011), 1716 - 1725
- 8) DIN 19643-1 – Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, in: N.W.N.i.D.D.I.f.N. e.V. (Ed.), Beuth-Verlag, Berlin (2012)

9) Glauner, T., Frimmel, F. H., Zwiener, C.: Schwimmbadwasser – wie gut muss es sein, und was kann man technisch tun. *GWf, Wasser/Abwasser* 145 (2004), 706 - 713

- 10) Glauner, T., Zwiener, C., Frimmel, F. H.: The role of natural organic matter as precursor of disinfection by-products in swimming pool water. In: Frimmel, F. H., Abbt-Braun, G. (Eds.), *Humic Substances – Linking Structure to Functions*. Proceedings of the 13th Meeting of the International Humic Substances Society, July 30 to August 4, 2006. Veröffentlichungen des Lehrstuhls für Wasserchemie und der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe (2006), 1065 - 1068

Weitere Publikationen

Die Ergebnisse des Projekts wurden u. a. in folgenden Zeitschriften und Schriftenreihen veröffentlicht:

■ Peng, D., Saravia, F., Abbt-Braun, G., Horn, H.: Application of nanofiltration in swimming pool water treatment to minimize the disinfection by-products. In: Thompson, K. C., Gillespie, S., Goslan, E. H. (Eds.). *Disinfection By-products in Drinking Water* (2015), 176 - 179, Royal Society of Chemistry, London

■ Peng, D., Saravia, F., Abbt-Braun, G., Horn, H.: Occurrence and simulation of trihalomethanes in swimming pool water: A simple prediction method based on DOC and mass balance. *Water Research* 88 (2016), 634 - 643

■ Peng, D.: Disinfection by-products and the application potential of nanofiltration in swimming pool water treatment. Dissertation. Schriftenreihe des Lehrstuhls für Wasserchemie und Wassertechnologie und der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), Karlsruhe, Bd. 70 (2016)

Pfeffer Filtertechnik
it's all about clean water.

Innovative biozidfreie Wasserbehandlung von Badewässern durch die MOL-Katalysator-technik



Spezielle Vollmetall-Katalysatoren reaktivieren die Wassermoleküle und sorgen dadurch für eine kraftvolle Bekämpfung und verlässliche Vorbeugung von Biofilmen.

Vorteile:

- Verminderung von Fouling und Scaling
- Verbesserte Wirkung von Desinfektionsmitteln
- Verminderung der Bildung von Desinfektionsnebenprodukten
- Verminderung des Differenzdruckes in Filtersystemen
- Erhöhung des Redoxpotentials
- Komplett biozidfrei, keine laufenden Betriebskosten

Pfeffer Filtertechnik • Große Gasse 10 • D - 73333 Gingen
Telefon +49 (0) 7162 94 93 96 • Telefax +49 (0) 7162 94 93 97
Skype: ulrich.pfefferfiltertechnik • pfeffer@pfeffer-filtertechnik.de
www.pfeffer-filtertechnik.de

NEU!

W.E.T. GmbH
WASSER • ENERGIE • TECHNOLOGIE

Nanofiltration in der Badewasseraufbereitung

Bisher wurden gebundenes Chlor und THM's meist durch Aktivkohle oder UV-Strahlung abgebaut. Weitere Parameter, wie Nitrat, Oxidierbarkeit, Chlorat und Bromat wurden durch Verdünnung eingehalten, wie auch der Chloridwert bei Edelstahlbecken.

Die moderne Wasseraufbereitung bietet für all diese Probleme eine Lösung – Nanofiltration!

Über 15 Jahre Erfahrung, über 250 Membran-Anlagen mit über 20.000 m³/h in Betrieb

W.E.T. Wasser.Energie.Technologie GmbH
Krumme Föhre 70 • D-95359 Kasendorf
info@wet-gmbh.com • www.wet-gmbh.com