Universität der Bundeswehr München

Institut für Wasserwesen

Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik

Mitteilungen

Heft 105 / 2010

Charakterisierung von Rohwässern bezüglich ihrer Eignung für die Aufbereitung mit Membranverfahren

gefördert durch:

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Univ.-Prof. Dr.-Ing. F.W. Günthert

Dr.-Ing., Dipl.-Chem. S. Krause

Dipl.-Ing., Dipl.-Umweltwiss. A. Obermayer

München 2010

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar

Mitteilungen / Institut für Wasserwesen; Heft 105

Herausgeber:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Disse
Wasserwirtschaft und Ressourcenschutz
Univ.-Prof. Dr.-Ing. F. Wolfgang Günthert
Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Malcherek
Hydromechanik und Wasserbau

Institut für Wasserwesen
Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg
Tel: +49 (0)89/6004-3491
Fax: +49 (0)89/6004-3858
http://www.unibw.de/ifw/swa

Satz: Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München
85577 Neubiberg

Copyright: Shaker Verlag, Aachen 2010
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany

ISBN 978-3-8322-9243-0

Shaker Verlag GmbH * Postfach 101818 * 52018 Aachen
Telefon : 02407 / 9596-0 * Telefax 02407 / 9596-9
Internet: www.shaker.de * E-Mail: info@shaker.de

Vorwort des Bayerischen Landesamtes für Umwelt

Die Sicherung von sauberen und natürlichen Grundwasservorkommen zur Versorgung der Bürgerinnen und Bürger mit einwandfreiem Trinkwasser stellt ein hohes Ziel der bayerischen Wasserwirtschaft dar. Mehr als die Hälfte des bayerischen Trinkwassers stammt aus Grundwasser, das von Natur aus geschützt und von so hoher Qualität ist, dass es vor einer Verteilung als Trinkwasser nicht aufbereitet werden muss. Diese natürlichen Gegebenheiten sind jedoch nicht überall in Bayern zu finden. In manchen Gegenden, vor allem in Nordbayern, im Bayerischen Wald sowie in den Karstgebieten der Fränkischen Alb und der Alpen sind die Filtrationseigenschaften der Böden und Gesteine teilweise unzureichend. Das Grundwasser ist hier von Natur aus weniger geschützt. Für solche Fälle hat das damalige Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft bereits 1998 in Zusammenarbeit mit der Universität der Bundeswehr München ein Forschungsvorhaben zur Untersuchung der Ultrafiltration durchgeführt.

Die Ultrafiltration hat sich seitdem als selektive und sichere Möglichkeit zur Partikelentfernung innerhalb der Trinkwasseraufbereitung etabliert. Allein in Bayern wurden nach Abschluss des Forschungsvorhabens seit 2001 bereits ca. 70 Ultrafiltrationsanlagen errichtet. Die Zuverlässigkeit, die sichere Handhabung sowie überschaubare Investitions- und Betriebskosten ermöglichen den Einsatz auch bei kleinen und kleinsten Wasserversorgungsunternehmen. Selbst in Einzelwasserversorgungs-Anlagen findet die Ultrafiltration vermehrt Verwendung.

Sowohl bei der Planung von Ultrafiltrationsanlagen als auch im Betrieb müssen jedoch die jeweiligen Rohwasserqualitäten besonders berücksichtigt werden, da diese Membranfouling verursachen können. Teilweise waren hierfür aufwändige Pilotversuche nötig. Deshalb war es Ziel des vom Bayerischen Landesamt für Umwelt geförderten Vorhabens, mit einfachen Mitteln eine Prognose des Einflusses der unterschiedlichen Rohwasserqualitäten zu erhalten. Der vorliegende Bericht gibt den Ingenieurbüros eine Hilfestellung für eine auf die jeweilige Rohwasserqualität abgestimmte Planung und ermöglicht den Wasserversorgungsunternehmen einen angepassten Betrieb von Ultrafiltrationsanlagen.

Prof. Dr.-Ing. Albert Göttle
Präsident des Bayerischen Landesamtes für Umwelt

München, Mai 2010

Vorwort

Im Jahr 2001 wurden die Ergebnisse des dreijährigen Forschungsvorhabens „Ultrafiltration“ des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft und der Universität der Bundeswehr München im Heft 76 unserer Schriftenreihe vorgestellt. Im selben Jahr ging auch die erste bayerische Ultrafiltrationsanlage in Betrieb. Seither wurden zahlreiche weitere Anlagen errichtet und in Betrieb genommen. Nur in wenigen Fällen schloss die Planung der Anlage Pilotversuche ein, da die damit verbundenen Kosten im Verhältnis zur Anlagengröße zu hoch gewesen wären. Inzwischen sind Ultrafiltrationsanlagen zur Trinkwasseraufbereitung in ganz Bayern in Betrieb und es werden Wässer aus fast allen wichtigen Grundwasserleitern Bayerns erfolgreich aufbereitet. Der Einfluss der Rohwasserbeschaffenheit auf das Betriebsverhalten der Membranen kann auf der Basis dieser Erfahrungen abgeschätzt werden. Dennoch bleibt bei der Planung von Ultrafiltrationsanlagen ohne vorherigen Pilotversuch eine gewisse Unsicherheit bezüglich möglicher Membranverblockungen bestehen.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde ein Weg aufgezeigt, wie diese Planungsunsicherheit verringert werden kann. Der Grundgedanke der im Projekt entwickelten Methodik ist die Korrelation des beobachteten Betriebsverhaltens großtechnischer Anlagen mit verschiedenen chemisch-physikalischen Parametern sowie mit speziellen Tests, die im Labor und vor Ort durchgeführt wurden. Dadurch wurde eine Möglichkeit geschaffen, ein Rohwasser auf der Basis statistischer Verfahren einem Schwierigkeitsgrad bezüglicher der Aufbereitung mittels Ultrafiltration zuzuordnen. Bei den ausgewählten chemisch-physikalischen Analysen und Testverfahren wurde auf erprobte und etablierte Methoden zurückgegriffen, die jedoch in gewissen Bereichen weiterentwickelt und angepasst wurden. Der Zeitpunkt der Probenahme wurde bei den untersuchten Referenzanlagen so gewählt, dass Wasserqualitäten mit einem signifikanten Einfluss auf das Membranverhalten erfasst werden konnten. Durch die Untersuchung eines Rohwassers mit den gleichen Methoden kann nun eine Prognose des zu erwartenden Membranverhaltens erfolgen.

Durch die Anwendung der im vorliegenden Bericht vorgestellten Methodik, ist es möglich, die Sicherheit der Planung von Ultrafiltrationsanlagen zu erhöhen. Die für die Untersuchungen anfallenden Kosten sind niedriger als die von Pilotversuchen, wodurch die Anwendung auch für kleine Anlage wirtschaftlich ist. Kommende Untersuchungen werden zur Verbreiterung der verwendeten Datenbasis führen und damit die Aussagefähigkeit des Verfahrens verbessern.

Wir hoffen, dass die vorliegenden Untersuchungen von der Praxis wieder so positiv wie unsere bisherigen Arbeiten aufgenommen werden.

Dem Bayerischen Landesamt für Umwelt sei an dieser Stelle nochmals ganz herzlich für die Finanzierung und fachliche Unterstützung der Projekte gedankt.

München, Mai 2010 Univ.-Prof. Dr.-Ing. F.W. Günthert

INHALTSVERZEICHNIS

1 Zusammenfassung 5

2 Aufgabenstellung 7

3 Grundlagen der Anlagenauswahl und Anlagenzuordnung 9

3.1 Verbreitung von Ultrafiltrationsanlagen in Bayern 9

3.2 Kriterien der Anlagenauswahl 10

3.3 (Hydro-)Geologische Rahmenparameter 10

3.3.1 Hydrogeologische Räume Bayerns 10

3.3.2 Darstellung der Wasserqualität im PIPER-Diagramm 13

3.3.3 Geologie 15

3.3.4 Hydrologischer Atlas Deutschlands (HAD) 15

3.4 Festlegung der Zuordnung der Anlagen und Auswahl der zu untersuchenden Anlagen 16

3.5 Referenzanlagen für ergänzende Untersuchungen 16

4 Untersuchungsmethoden 18

4.1 Analyse des Betriebsverhaltens der UF-Anlagen 18

4.2 Probenahmen und Versuchsdurchführung 19

4.2.1 Probenahmen 19

4.2.2 Standardanalysen 20

4.2.3 Partikelmessungen 20

4.2.4 Charakterisierung der organischen Wasserinhaltsstoffe 21

4.2.4.1 Auftrennung organischer Bestandteile über XAD-Harz 21

4.2.4.2 Huminstoffcharakterisierung mittels LC-OCD-Analysen 23

4.2.5 Silt Density Index (SDI) 26

4.2.6 Modified Fouling Index mit UF-Membranen (MFI-UF) 31

5 Beschreibung der ausgewählten Anlagen 34
5.1 Anlage 1 34
5.1.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 34
5.1.2 Wassercharakteristik 34
5.1.3 Anlage 35
5.1.4 Membranverhalten 35
5.2 Anlage 2 37
5.2.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 37
5.2.2 Wassercharakteristik 37
5.2.3 Anlage 38
5.2.4 Membranverhalten 38
5.3 Anlage 3 40
5.3.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 40
5.3.2 Wassercharakteristik 40
5.3.3 Anlage 41
5.3.4 Membranverhalten 41
5.4 Anlage 4 43
5.4.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 43
5.4.2 Wassercharakteristik 43
5.4.3 Anlage 44
5.4.4 Membranverhalten 44
5.5 Anlage 5 46
5.5.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 46
5.5.2 Wassercharakteristik 46
5.5.3 Anlage 47
5.5.4 Membranverhalten 47
5.6 Anlage 6 49
5.6.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 49

5.6.2 Wassercharakteristik 49
5.6.3 Anlage 50
5.6.4 Membranverhalten 50
5.7 Anlage 7 52
5.7.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 52
5.7.2 Wassercharakteristik 52
5.7.3 Anlage 53
5.7.4 Membranverhalten 53
5.8 Anlage 8 55
5.8.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 55
5.8.2 Wassercharakteristik 55
5.8.3 Anlage 56
5.8.4 Membranverhalten 56
5.9 Anlage 9 58
5.9.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 58
5.9.2 Wassercharakteristik 58
5.9.3 Anlage 59
5.9.4 Membranverhalten 59
5.10 Anlage 10 61
5.10.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 61
5.10.2 Wassercharakteristik 61
5.10.3 Anlage 62
5.10.4 Membranverhalten 62
5.11 Anlage 11 64
5.11.1 Lage und Hydrogeologische Zuordnung 64
5.11.2 Wassercharakteristik 64
5.11.3 Anlage 65
5.11.4 Membranverhalten 65

6 Ergebnisse 67

6.1 Auftrennung organischer Bestandteile über XAD-Harz 67

6.2 Huminstoffcharakterisierung mittels LC-OCD-Analysen 68

6.3 Korrelation von XAD-Verfahren und LC-OCD-Analytik 70

6.4 Silt Density Index (SDI) 72

6.5 Modified Fouling Index (MFI-UF) 77

6.6 Partikelmessungen 78

7 Statistische Auswertung 80

7.1 Korrelation der Parameter 80

7.1.1 Partikuläre Inhaltsstoffe und Fouling-Indizes 80

7.1.2 Organische Inhaltsstoffe und Fouling-Indizes 85

7.1.3 Hydrogeologischer Zuordnung und Rohwassercharakteristik 87

7.2 Korrelation von Betriebsdaten und Laboruntersuchungen 90

8 Schlussfolgerungen und Ausblick 99

8.1 Schlussfolgerungen für Untersuchungsmethoden 99

8.2 Schlussfolgerungen aus Probenahmen, Anlagenbetrieb und hydrogeologische Anlagenzuordnung 100

8.3 Schlussfolgerungen aus der Anlagenkategorisierung 101

8.4 Ausblick / Forschungsbedarf 102

9 Literaturverzeichnis und Quellennachweis 104

10 Abbildungsverzeichnis 107

11 Tabellenverzeichnis 109

12 Abkürzungsverzeichnis 110