

Verfahrensketten zur Aufbereitung von Kläranlagen- ablauf zu bedarfsgerechten Betriebswasserqualitäten

Am Standort Nordenham (Nord-Niedersachsen) wird unter realen Bedingungen eine Pilotanlage zur weitergehenden Aufbereitung von konventionell gereinigtem kommunalem Abwasser für eine Wiederverwendung betrieben. Im Zentrum der Untersuchungen stehen die Membranprozesse Ultrafiltration und Umkehrosmose, die modular mit den Verfahren Flockung, Pulverkohledosierung, Aktivkohlefiltration sowie Desinfektion zu unterschiedlichen Prozessketten kombiniert werden können. Ziel dabei ist die Produktion von definierten Wasserqualitäten für unterschiedliche Nutzungszwecke (Fit-for-Purpose).

Rohwasser für die Wasserwiederverwendung

Kommunales Abwasser, das einer Wiederverwendung zugeführt werden soll, muss zunächst die Aufbereitungsprozesse einer konventionellen Kläranlage durchlaufen. Dabei werden folgende Wasserinhaltsstoffe entfernt:

- ungelöste Stoffe (Fettabscheider, Sedimentation, Sandfiltration)
- ein Großteil der gelösten Nährstoffe, gemessen BSB, CSB oder DOC (biologische Stufe)
- Verbindungen von Stickstoff und Phosphat (biologische Stufe, Fällung)

Es verbleiben im Wasser:

- eine geringe Trübung und Färbung
- Mikroorganismen (u. a. Bakterien, Pilze, Viren)
- gelöste organische Stoffe (DOC), darunter Mikroverunreinigungen, die ein Schadpotenzial aufweisen können (Industrie- und Haushaltschemikalien, Arzneistoffe u. v. m.)
- gelöste Salze (Ionen)
- Restgehalte an gelösten Nährstoffen, Stickstoff- und Phosphatverbindungen

Für die Wiederverwendung von Kläranlagenablauf ist eine weitergehende Aufbereitung notwendig. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Betriebswasser-



Abbildung 1: MULTI-ReUse-Pilotanlage in Nordenham

qualitäten (vergl. Tab. 1), die mit der Pilotanlage erzeugt werden, und die dafür eingesetzten Verfahrenskombinationen beschrieben.

Betriebswasser Typ 1 Wasserqualität und Verwendung

Das Wasser ist frei an ungelösten Inhaltsstoffen und pathogenen Keimen, enthält aber noch viele gelöste Nährstoffe und organische Spurenstoffe. Das Wasser kann industriell für Waschprozesse (z. B. zur Straßen-

reinigung) oder für Kühlprozesse mit geringen Anforderungen (z. B. an die Konzentration gelöster Salze) eingesetzt werden. Der Nährstoffgehalt kann die Wasserspeicherung und -verteilung beeinträchtigen.

Aufbereitungstechnologie

Das zentrale Aufbereitungsverfahren ist die Ultrafiltration (UF) mit einer porösen Polymermembran (vergl. Abb. 1), bei der alle ungelösten Wasserinhaltsstoffe (Partikel, große Kolloide) entfernt werden, die größer sind als die Poren der Membran (mittlere Porengröße 0,00002 mm = 20 nm, Verfahrensparameter siehe Tab. 2). Darunter fallen auch Mikroorganismen bis zur Größe von Viren. Gelöste Stoffe, wie Nährstoffe, Salze und anthropogene Spurenstoffe, bleiben enthalten. Zur Vorbehandlung werden für einen optimalen Betrieb der UF ein Vorfilter und ein Flockungsprozess betrieben:

Das Siebgewebe des Vorfilters mit einer Maschenweite von 0,2 mm hält grobe Wasserinhaltsstoffe zurück, um die nachfolgende Ultrafiltrationsmembran vor Beschädigung zu schützen. Im Anschluss werden Eisen- oder Aluminiumsalze zugegeben, die im Wasser unlösliche Mikroflokkeln (Eisen-/Aluminiumhydroxide) ausbilden. Dies dient mehreren Zielen: Die Hydroxide lagern sich sowohl an Partikeln oder Kolloiden als auch an der angeströmten Membranoberfläche an. Einerseits erwirkt man so eine hohe Wasserdurchlässigkeit der Membran und ihrer während der Filtration anwachsenden Deckschicht. Andererseits werden direkter Kontakt und Haftung zwischen Partikeln und Membran weitgehend vermieden, was deren Entfernung bei der Rückspülung erleichtert. Mehr Details zur UF sind im Factsheet zur Ultrafiltration zu finden.

Eine nachgeschaltete Desinfektion mit UV-Licht gewährleistet die mikrobiologische Unbedenklichkeit des erzeugten Betriebswassers.

Tabelle 1: Mittlere Qualität des Rohwassers (Kläranlagenablauf) und der produzierten Betriebswässer

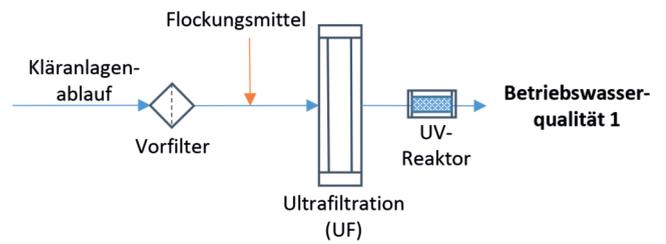


Abbildung 2: Prozesskette zur Produktion der Betriebswasserqualität 1

Betriebswasser Typ 2

Wasserqualität und Verwendung

Das Wasser ist frei an ungelösten Inhaltsstoffen und pathogenen Keimen. Die Konzentration an Nährstoffen ist im Vergleich zu Qualität 1 erheblich vermindert. Dies erhöht die mikrobiologische Stabilität des Wassers (geringere Aufkeimung bei Speicherung und Verteilung). Es enthält zudem deutlich weniger organische Spurenstoffe anthropogenen Ursprungs. Es kann für industrielle Wasch- oder Kühlprozesse mit höheren Qualitätsanforderungen, für urbane oder landwirtschaftliche Bewässerungszwecke oder zur Grundwasseranreicherung eingesetzt werden.

Aufbereitungstechnologie

Das Wasser durchläuft zunächst wie Betriebswasser 1 eine UF und wird danach zusätzlich in einem Aktivkohlefilter behandelt (vergl. Abb. 2). Dieser besteht

Parameter	Rohwasser	Betriebswasserqualität		
		1	2	3
pH-Wert	6,9	6,9	6,8	5,5
Leitfähigkeit [µS/cm]	1240	1240	1240	30
TOC [mg/l]	12	9	6,4	0,2
DOC [mg/l]	11	8,2	–	–
Trübung [FNU]	9,1	<0,1	0,1	0,1
Mangan [mg/l]	0,4	0,4	0,1	0,0
Eisen [mg/l]	0,6	0,0	0,0	0,0
KBE bei 22°C [KBE/ml]	7800–25200	0,001–8	–	2
KBE bei 36°C [KBE/ml]	2700–29500	0,001–5	–	9
CSB [mg/l]	39	27	19	<15
abfiltrierbare Stoffe [mg/l]	8	–	–	–

aus einer Schüttung granulierter Aktivkohle (GAK, Korndurchmesser 0,6 bis 2,4 mm), die eine sehr große innere Oberfläche aufweist und sich hervorragend zur Adsorption organischer Wasserinhaltsstoffe, wie z. B. auch Pharmaka und Pestizide, eignet. Darüber hinaus ist GAK auch Trägermaterial für Mikroorganismen und fördert somit eine weitergehende Entfernung von biologisch abbaubaren organischen Wasserinhaltsstoffen. Falls im Zulaufwasser Mangan enthalten ist, sollte der GAK ein Entmanganungsfilter (Sand) vorangestellt werden, um deren Schädigung durch Ablagerungen von Mangan zu verhindern. Dem Aktivkohlefilter wurde eine UV-Desinfektion nachgeschaltet, um mit dem Filtrat ausgetragene Keime zu inaktivieren und mehr Sicherheit zu erzielen. Mehr Details zur Aktivkohlefiltration sind im Factsheet zur Aktivkohlefiltration enthalten.

Betriebswasser Typ 3

Wasserqualität und Verwendung

Das Wasser ist frei an ungelösten Inhaltsstoffen und pathogenen Keimen. Durch die Prozesskette mit Umkehrosmose (UO) wird zudem der größtmögliche Anteil der im Wasser gelösten Ionen und Moleküle zurückgehalten. Im Vergleich zu den zwei anderen Wasserqualitäten werden ein Maximum an mikrobiologischer Stabilität und ein Minimum bei der Konzentration an Salzen und organischen Spurenstoffen erwirkt. Als ionenarmes Wasser kann es daher in einem breiten Spektrum als Prozesswasser eingesetzt werden, z. B. zur Herstellung von Reinstwasser oder auch als Mischwasser für Verdünnungszwecke. Die geringe Ionenkonzentration und die freie Kohlensäure führen jedoch auch dazu, dass das Wasser aggressiv bzw. korrosiv auf bestimmte metallische Werkstoffe wirkt, was bei der Wahl von Materialien für Wasserspeicherung und -verteilung zu berücksichtigen ist. Alternativ kann man das Wasser durch Pufferung und pH-Wert-Korrektur einstellen.

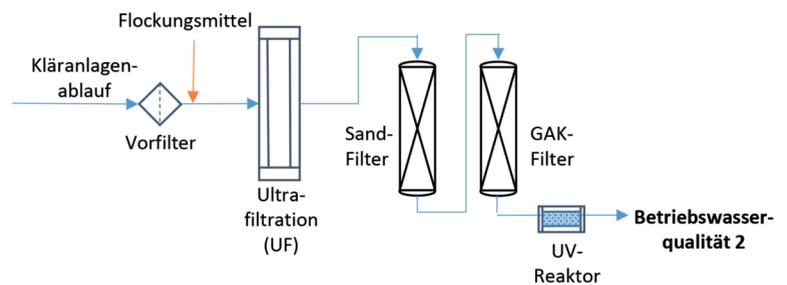


Abbildung 3: Prozesskette zur Produktion der Betriebswasserqualität 2

Aufbereitungstechnologie

Das zentrale Aufbereitungsverfahren ist die UO mittels einer Membran (vergl. Abb. 3 und Tab. 2), die als dicht bezeichnet wird, denn der mittlere Porendurchmesser beträgt ca. 0,0000005 mm (= 0,5 nm) und ist damit nur wenig größer als der eines Wassermoleküls. Demzufolge diffundiert das Wasser unter Druck durch die Membran. Ziel der UO ist der Rückhalt einwertiger Ionen (wie Natrium, Chlorid, Nitrat) oder zweiwertiger Ionen (wie Calcium, Magnesium, Sulfat) sowie gelöster organischer Wasserinhaltsstoffe (DOC) zu mehr als 99%. Darüber hinaus können auch niedermolekulare organische Spurenstoffe zurückgehalten werden, insbesondere wenn sie geladen (ionisch) vorliegen.

Zum Schutz der nicht spülbaren UO-Membranen und für deren maximale Funktionsfähigkeit ist die Kombination aus UF und Flockung (siehe Prozesse der Betriebswasser-Typ1-Aufbereitung) sowie die abgestimmte Zugabe von Antiscalants (zur Verhinderung der Salzfallung) eine optimale Vorbehandlung. Diese kann zudem dadurch intensiviert werden, dass vor Flockung und UF eine Dosierung von Pulveraktivkohle (PAK) erfolgt, um organische Stoffe durch Adsorption zu eliminieren und damit die Stabilität beider Membranprozesse (UF und UO) zu unterstützen. Der UO wurde zur Sicherheit eine UV-Desinfektion nachgeschaltet.

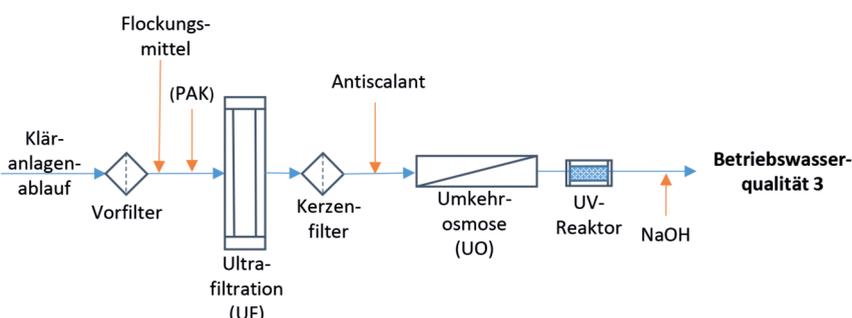


Abbildung 4: Prozesskette zur Produktion der Betriebswasserqualität 3

Tabelle 2: Wesentliche Parameter der Pilotanlagen-Prozesse UF und UO

Prozessparameter der Pilotanlage	UF	UO
Membranfläche je Modul [m ²]	80	7,9
Anzahl Module	1	3
Solldurchfluss [m ³ /h]	5,60	0,67
Flächenbelastung [l/(m ² h)]	70	20,0
Transmembrandruck Filtration [bar]	0,3–0,8	13,9
Transmembrandruck Rückspülung [bar]	0,5–1,5	
Flächenbelastung Rückspülung [l/(m ² h)]	230	
Ausbeute [%]	90–93	75
Salzrückhalt [%]	–	98
min. Flächenbelastung Filtration [l/(m ² h)]	40	
max. Flächenbelastung Filtration [l/(m ² h)]	140	
min. Flächenbelastung Rückspülung [l/(m ² h)]	200	
max. Flächenbelastung Rückspülung [l/(m ² h)]	333	

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.

Autor/innen

Anja Rohn, Anil Gaba, Dr. Andreas Nahrstedt;
IWW Zentrum Wasser, Bereich Wassertechnologie; Mülheim an der Ruhr

Kontakt: a.rohn@iww-online.de

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



GEFÖRDERT VOM