

Förderschwerpunkt Energieeffiziente Abwasseranlagen

Erftverband Bergheim „Energetische Optimierung der Membrankläranlage am Beispiel des Gruppenklärwerks Nordkanal“

Reduzierung des Energieverbrauchs einer Membrankläranlage durch Optimierung der Steuerungstechnik und der Betriebsführung

VORHABENBESCHREIBUNG

Beschreibung der Anlage

Bei der Membran-Bioreaktor-Anlage (MBR) Nordkanal handelt es sich um eine kommunale Membranbelebungsanlage mit einer Ausbaugröße von 80.000 Einwohnerwerten. Die Anschlussgröße der Anlage liegt derzeit bei etwa 90 %.

Im Gruppenklärwerk (GKW) Nordkanal werden die Abwässer der Stadt Kaarst und einiger Ortsteile der Städte Korschenbroich und Neuss gereinigt. Das geklärte Abwasser fließt dem Nordkanal zu, einem künstlichen Gewässer mit geringer Wasserführung und Fließgeschwindigkeit. Aufgrund der unmittelbaren Nähe zu einem Badegewässer im Unterwasser der Kläranlage ist eine verschärfte Überwachung in Bezug auf hygienisch relevante Parameter vorgeschrieben.

Darstellung der Ausgangssituation

Das GKW Nordkanal wurde 2004 an einem neuen Standort gebaut. Die Überleitung vom alten zum neuen Standort erfolgt über zwei Druckrohleitungen. Die Rechenanlage ist zweistraßig ausgeführt mit einem Notumlauf. Der Sand- und Fettfang ist ebenfalls zweistraßig ausgeführt. Im Anschluss an den Ablauf des Sand- und Fettfanges wird das Abwasser im Hauptstrom über eine zweistraßige Feinsiebanlage mit Maschenweite von 1,5 mm geführt. Im Nebenstrom

wurde ein Notsieb mit der Spaltweite von 1,0 mm installiert. Das mechanisch gereinigte Abwasser wird im Verteilerbauwerk auf vier Belebungsstraßen aufgeteilt.

Die Belebung wurde mit einem Gesamtvolumen von 9.200 m³ vierstraßig gebaut. Die biologische Behandlung besteht aus der vorgeschalteten Denitrifikation, der nachgeschalteten Nitrifikation mit integrierter Membranfiltration und einer zwischengeschalteten Variozone.

Die Schlammrezirkulation und Schlammabzug erfolgt je Straße, damit verfügt das GKW Nordkanal über vier parallel angeordnete separate MBR-Anlagen. An den Längswänden jedes Membran-Bioreaktors sind zwei Membranstraßen mit 24 Modulen je Straße und einer Gesamtfilterfläche von 84.000 m² installiert.

Die Anlage wird seit 12 Jahren mit den ursprünglichen Membrankassetten erfolgreich betrieben. Inzwischen wurde eine von acht Membranstraßen im Mai 2014 zu Testzwecken ausgetauscht.

Darstellung der Problemlage

Kläranlagen nach dem Membranbelebungsverfahren erzielen Abwässer von höchster Reinigungsqualität und bewirken sogar eine deutliche Reduzierung der

im Abwasser vorliegenden pathogenen Keime. Jedoch stand diesem positiven Aspekt ein etwa doppelt so hoher Energiebedarf gegenüber, wie er heute beim Einsatz von konventionellen Kläranlagen üblich ist. Membranbelebungsanlagen werden auf die maximale Zulaufwassermenge ausgelegt und infolgedessen bei Trockenwetter besonders unwirtschaftlich betrieben.

Der Erftverband ist daher durchgehend seit Inbetriebnahme der Membrananlage Nordkanal bestrebt,

die Kläranlage verfahrenstechnisch zu verbessern, um den durch die Membrantechnologie bedingten erhöhten Energieverbrauch zu reduzieren. Der durchschnittliche spezifische Energieverbrauch der gesamten Membranbelebungsanlage Nordkanal lag in den letzten Betriebsjahren im Bereich zwischen 0,9 und 1,0 kWh/m³.

Die mit dem Förderprojekt geplanten Maßnahmen sollten eine Reduzierung des Energieverbrauchs von mindestens 20 % bewirken.

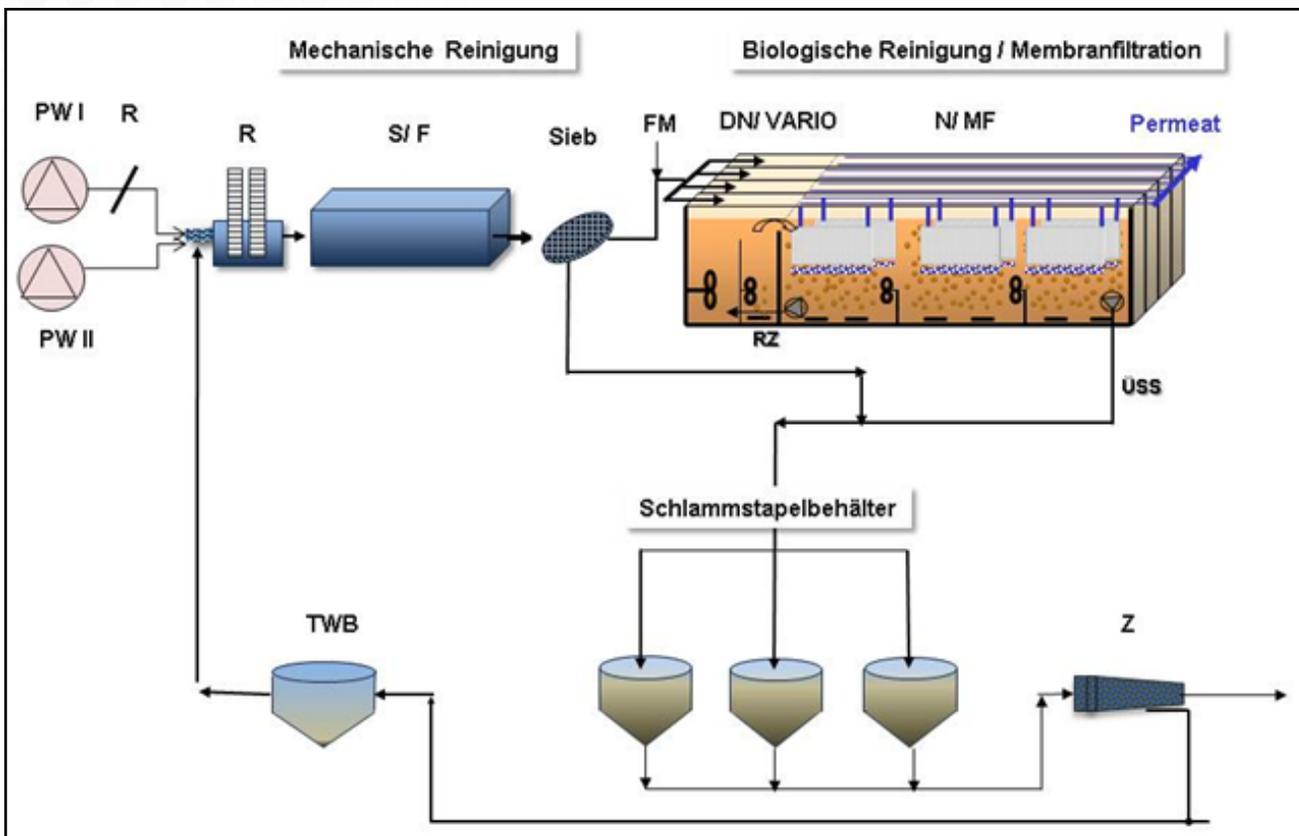


Abb. 1: Verfahrensschema des MBR Nordkanal vor der Maßnahme | Quelle: Erftverband Bergheim

ZIELSETZUNG

Darstellung der geplanten Maßnahmen

Zur energetischen Optimierung wurden folgende Maßnahmen geplant:

- Umstellung der Belüftungsregelung für die Nitrifikationsbecken
- Änderung der Taktung der Cross-Flow-Belüftung auf 30/10
- Optimierung der Überschussschlammernahme und der Schlammwässerung
- Nachrüsten von Frequenzumformern bei den Rührwerken in der Belebungsstufe
- Ergänzung von Armaturen in der Permeatleitung
- Austausch der Gebläse für die Nitrifikationsbelüftung/Cross-Flow-Belüftung

- Ersatz des Gebläses im Sand- und Fettfang

Die geplanten Optimierungsmaßnahmen wurden in einer an die Situation auf der Kläranlage angepassten Form vollständig umgesetzt:

- Austausch der Gebläse für die Nitrifikationsbecken
- Nachrüsten der Rührwerke in der Belebungsstufe und Gebläse für die Cross-Flow Belüftung mit Frequenzumformern
- Nachrüstung der Frequenzumformer mit aktiven elektronischen Filtern zur Netzstabilisierung
- Nachrüstung des Sand- und Fettfanggebläses mit einem Frequenzumformer
- Änderung der Taktung der Air-Cycling-Regelung

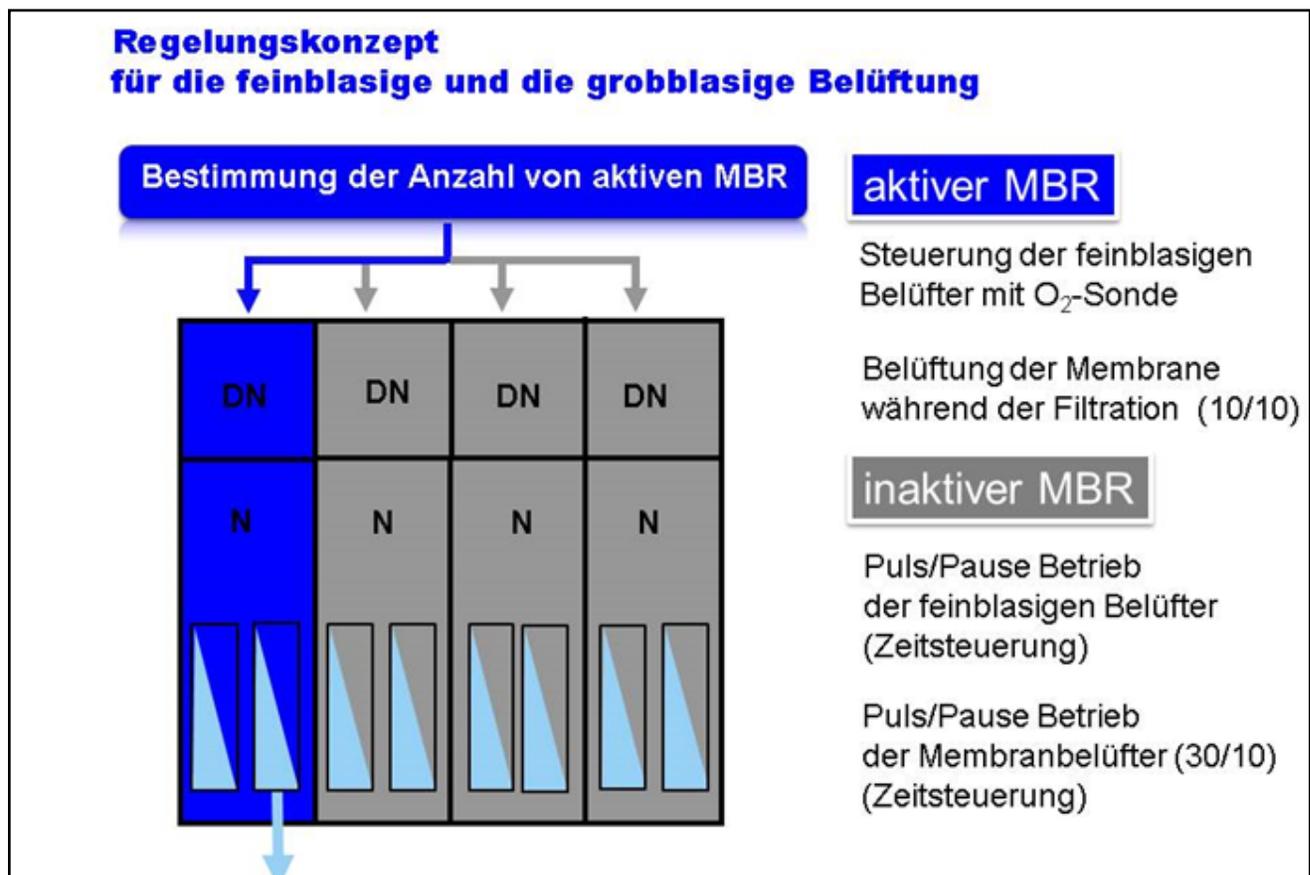


Abb. 2: MBR Nordkanal nach der Maßnahme | Quelle: Erftverband Bergheim

inklusive Austausch und Nachrüstung der Absperrklappen mit einem Pneumatik-Antrieb

- Umstellung der feinblasigen Belüftungsregelung
- Optimierung der Schlammwässerung und des Schlammmanagements

Darstellung der angestrebten Umweltentlastung

Das im Antrag vom 2011 formulierte Ziel in Bezug auf den Energieverbrauch von 4.359.930 kWh/a bei einer Abwassermenge von 5,5 Mio. m³/a wurde auf der Membrananlage Nordkanal im Erfolgskontrolljahr mit 3.200.000 kWh/a bei der Abwassermenge von 4,9 Mio. m³/a erheblich unterschritten. Durch die auf der Membrananlage installierte PV-Anlage mit einer Stromproduktion von ca. 200.000 kWh/a wurde der externe Strombezug auf ca. 3 GWh im Zeitraum von 1. Oktober 2014 bis 1. Oktober 2015 verringert.

Das im Antrag vom 2011 formulierte Ziel in Bezug auf den spezifischen Stromverbrauch von 1 kWh/m³ bei der Abwassermenge von 5,5 Mio. m³/a wurde auf der Membrananlage Nordkanal im **Erfolgskontrolljahr weitgehend mit 0,65 kWh/m³** bei der Abwassermenge von 4,9 Mio. m³/a unterschritten. **Der tatsächliche Strombezug unter Berücksichtigung der Stromproduktion der Photovoltaik PV-Anlage lag in diesem Zeitraum bei 0,60 kWh/m³.**

Der Vergleichswert der CO₂-Emission für das Jahr 2011 und dem Zeitraum Oktober 2014 bis Oktober 2015 liegt bei 1.354 Tonnen CO₂ (3.183 CO₂ t/a – 1.829 CO₂ t/a). Dies entspricht einer prozentualen Senkung von etwa 43 %.

ERGEBNISSE

Vorhabensumsetzung

Vor Beginn des Projektes hat der Erftverband die Fertigstellung eines neuen Steuerungsprogramms auf der Membrananlage Nordkanal als Eigenleistung beauftragt. Die Installation des Programms sollte in den ersten Monaten 2011 erfolgen.

Verzögerungen bei der Ausführung der Arbeiten führten zur unplanmäßigen Verschiebung der für 2012 geplanten Maßnahmen. Zur Kompensation dieser Verzögerungen in Bezug auf den gesamten zeitlichen Projektablauf wurden die Vorhaben vorzeitig umgesetzt, die nicht direkt vom Steuerungssystem abhängig waren. In der ersten Projektphase wurden mehrfach Messungen und Tests zur Verifizierung der Wirtschaftlichkeit der beantragten Maßnahmen und der Zielvorgaben durchgeführt. Die Verifizierung erfolgte immer auf dem Kenntnissstand der aktuellen Projektphase und führte so zum Teil zu Abweichungen von den ursprünglichen Annahmen.

Anpassungen der technischen Verfahren im Projekt- ablauf

Der Abwasserstrom im Zulauf zur Membranbelüftung wurde nach der ursprünglichen Planung in einem

Verteilerbauwerk auf das gesamte Belebungsvolumen verteilt. Jedes der vier Becken erhielt somit permanent 25 % des Gesamtzulaufes. Im Rahmen der betrieblichen Optimierungen wurde mit dem Ziel, die Laufzeiten der Membranfiltration zu reduzieren, im Zulaufbereich zu den vier Belebungsbecken jeweils ein Teleskoprohr installiert. Damit ist die Möglichkeit geschaffen worden, abhängig von hydraulischen oder stofflichen Frachten im Zulauf Reaktorvolumen zu aktivieren oder außer Betrieb zu nehmen.

Während der Phasen mit geringer Belastung (Trockenwetter/Nachtzufluss) ist nur ein Becken aktiv. Ein alternierender Wechsel der Becken bzw. die Aktivierung von weiterem Volumen erfolgt nach den Kriterien Zeit, Fracht, Wassermenge und Ablaufqualität automatisch. Nicht aktiviertes Beckenvolumen wird während der Standby-Phase (nicht sauerstoffgeführt) intermittierend belüftet.

Durch die Optimierungsmaßnahmen an den Membranstraßen und den Filtrationsprozessen (Filtrationszeit 900 s, Flux von 30-40 l/(m²*h) netto) wurde die Betriebszeit der Gebläse für die Membranbelüftung deutlich reduziert. Als Folge des geringeren Sauer-

stoff- und Energieeintrages der Gebläse für die Membranbelüftung sind die Betriebszeiten der Gebläse für die Nitrifikation gestiegen. Diese Steigerung der Betriebsstunden führte dazu, dass sich die Nitrifikationsgebläse zu den Energiehauptverbrauchern auf der Membrananlage Nordkanal entwickelten. Der Austausch der Drehkolbengebläse für das Nitrifikationsbecken gegen effizientere Verdichter konnte wegen der höheren Einblastiefe im Vergleich zu dem Gebläse für die Membranbelüftung als wesentlich effektiver eingestuft werden. Bei dem Austausch der fünf Nitrifikationsgebläse war mit einer Reduktion des Energieverbrauchs von bis zu 10 % zu rechnen. Mit einem spezifischen Belabungsvolumen von 115 Litern pro Einwohnerwert können unter Mischwasserbedingungen bei einer hydraulischen Verweil-

zeit von weniger als fünf Stunden die wasserrechtlichen Anforderungen derzeit problemlos eingehalten werden.

Ein verbleibendes Optimierungspotential zur zusätzlichen energetischen Ertüchtigung der Membranbelubungsanlage ist die weitere Absenkung des Trockensubstanzgehalts bei dem vorhandenen System. Zurzeit wird bei konstant hoher Reinigungsleistung die Anlage mit einem Feststoffgehalt von 7 bis 8 g/l im Belubungsbecken betrieben.

Im Rahmen des anstehenden Umbaus der Membrankläranlage zur Kläranlage mit getrennter Schlammstabilisierung werden zukünftig weitere deutliche Einsparungen bei dem Energieverbrauch erwartet.

VORHER - NACHHER

Anlage/ Anlagenteil	Parameter	Vorher	Ziel	Nachher
Kläranlage insgesamt	Kläranlage Gesamtverbrauch (kW/a)	5.506.000	4.359.930	3.213.998
	spez. Gesamtenergieverbrauch (kWh/EW*a)	69	55	40
	Stromproduktion der PV-Anlage (kWh/a)	-	-	137.440
	Verbrauch unter Berücksichtigung der PV-Anlage (kW/a)	-	-	3.076.558
	Verbrauch unter Berücksichtigung der PV-Anlage (kWh/EW*a)	-	-	38
	CO ₂ -Ausstoß (t/a)	3.188	2.524	1.829
	CSB Ablaufkonzentration (mg/l)	< 30	keine Verschlechterung	< 25
	N-Ablaufkonzentration (mg/l)	< 10	keine Verschlechterung	< 10

Anlage/ Anlagenteil	Parameter	Vorher	Ziel	Nachher
Kläranlage insgesamt	P-Ablaufkonzentration (mg/l)	< 0,8	keine Verschlechterung	< 0,8
	Mikrobiologische Parameter gemäß Badegewässerverordnung	deutlich unterschritten	deutlich unterschritten	deutlich unterschritten
Membrananlage (Membranbelüftung; Permeatpumpen)	Gesamtverbrauch (kW/a)	2.251.605	1370.247	1.068.808
	spez. Energieverbrauch (kWh/m ³)	0,420	0,336	0,217
	spez. Energieverbrauch (kWh/EW*a)	27	21,6	13
Membranbelüftung/ Nitrifikation	Energieverbrauch (%)	100	70	70
	spez. Energieverbrauch (kWh/EW*a)	26,7	24	24

Tabelle 1: Vorher-Nachher-Vergleich

PROJEKTLAUFZEIT

Investitionsvorhaben: 27. September 2011 - 30. April 2014

anschließendes Messprogramm: 1. Mai 2014 - 1. Oktober 2015

WEITERE INFORMATIONEN

Kontakt

Erftverband Bergheim
 Dr.-Ing. Kinga Drensla
 Dipl.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Andreas Janot
 02271-881274
 kinga.drensla@erftverband.de
 andreas.janot@erftverband.de

Herausgeber

Umweltbundesamt
 Projektmanagement: Frau Karin Puder
 0340-2103-3067
 pmi@uba.de
 Fachbegleitung: Frau Christine Galander
 030-8903-4112
 christine.galander@uba.de

www.umweltinnovationen-in-abwasseranlagen.de

© Copyright Umweltbundesamt 2016