

Optimierung der Abbauprozesse in der SBR-Kläranlage in Glückstadt

DYNAMISCHE PROZESSSTEUERUNG MITTELS ISE-SENSOREN SENKT ENERGIEKOSTEN

Die SBR (Sequencing Batch Reactor*) Kläranlage in Glückstadt (Stadt bei Hamburg, Norddeutschland) setzt seit mehreren Jahren Messtechnik der Marke WTW von Xylem Analytics ein. Die zeitabhängige Prozesssteuerung wurde im Jahr 2008 mit dem VARiON®-Sensor (ionenselektive ISE-Messtechnik) getestet. Diese Untersuchung zeigte, ein erhebliches Energieeinsparpotenzial in der Belüftungssteuerung während des Nitrifikationsprozesses. Deshalb entschied sich die Stadtentwässerung Glückstadt (SEG), nach einer Testphase von ca. einem Jahr, für die Umstellung von einer einfachen Zeitsteuerung der SBR-Prozesse, auf eine dynamische Steuerung mit Ammonium (NH₄-N) als Regelparameter.



Abb. 1: Luftbild der Kläranlage Glückstadt

Abwasserreinigungsanlage Glückstadt:

Ein Überblick über die Anlage und das Verfahren

Auf dem Gelände der Kläranlage betrieb die SEG zunächst eine Belebungsanlage mit einer Anlagengröße von 36.000 Einwohnerwerten. Im Zuge der Anlagenmodernisierung erfolgte im Jahr 2004 der Umbau zu einer SBR-Anlage mit einer Kapazität von 20.000 Einwohnerwerten. Das Abwasser durchläuft zunächst Rechen und Sandfangsysteme und wird anschließend in einem Speicherbecken zwischengelagert. Zur weiteren Reinigung gelangt es abwechselnd in einen der beiden vorhandenen SBR-Reaktoren. Bevor das gereinigte Abwasser über eine Druckleitung in die Elbe geleitet wird, wird es in einem Vorfluter zwischengespeichert. Die Anlage hat keinen Faulturm. Zentrifugen entwässern den Überschussschlamm, der üblicherweise in der Landwirtschaft verwendet wird. Ein Überblick über die Kläranlage ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die beiden SBR-Reaktoren haben ein Gesamtvolumen von jeweils 4500 m³. Jeder Reaktor reinigt insgesamt 750 m³ Abwasser pro Reinigungszyklus. Für jeden Reaktor stehen zwei Gebläseeinheiten von 75 kW zur Verfügung. Die zeitlich fixierten einzelnen Phasen des SBR-Betriebs der Kläranlage Glückstadt, basieren auf mehrjährigen Erfahrungen (Tabelle 1).

SBR Phase	Prozess	Dauer	Aktive Komponenten
Phase 1	Befüllung 1 (500 m ³) und Denitrifikation	60 min	Pumpen / Rührwerk
Phase 2	Denitrifikation 1 / Bio-P	45 min	Rührwerk
Phase 3	Nitrifikation 1	110 min	Belüfter
Phase 4	Befüllung 2 (250 m ³) und Denitrifikation	30 min	Pumpen / Rührwerk
Phase 5	Denitrifikation 2	75 min	Rührwerk
Phase 6	Nitrifikation 2	120 min	Belüfter
Phase 7	Sedimentation	130 min	
Phase 8	Ablauf des Klarwassers (750 m ³) und Abzug des Überschussschlammes	40 min	Dekantieren / Pumpen
Phase 9	Pause		

*) Die Abkürzung SBR leitet sich von der englischen Bezeichnung Sequencing Batch Reactor ab, bei der das Abwasser chargenweise gereinigt wird. In SBR-Belüftungsanlagen werden im Allgemeinen bei jedem Reinigungszyklus folgende Phasen durchlaufen: Befüllung des Reaktors, Durchmischung (Denitrifikation => Abbau von Nitrat), Belüftung (Nitrifikation => Abbau von Ammonium), Sedimentation des Belebtschlammes und schließlich Dekantieren des gereinigten Abwassers als Reinwasser.



Tabelle 1: Zeitlich festgelegte Phasen des SBR-Betriebs mit einfacher O₂-Regelstrategie.

Der gesamte Reinigungszyklus pro Reaktor beträgt ca. zehn Stunden. Bei Bedarf, z.B. bei starkem Regen, könnten die festen Zeiten auch manuell angepasst werden. Die manuelle Betriebsführung erfordert jedoch die Anwesenheit von zusätzlichem, besonders erfahrener Betriebspersonal. Dies ist mit einem erheblichen organisatorischen Mehraufwand verbunden, insbesondere nachts und an Wochenenden. Die Reaktoren der Anlage sind mit einem IQ SENSOR NET System 2020 und einem optischen Sauerstoffsensor FDO® 700 IQ ausgestattet. Bis zur Einführung der dynamischen Regelung des SBR-Prozesses wurde ausschließlich die Sauerstoffmessung als Regelgröße mit Steuerung des Sauerstoffeintrags über die frequenzgeregelten Gebläseeinheiten verwendet, um die Sauerstoffkonzentration während der Nitrifikationsphasen konstant zu halten.

Erste Testmessungen mit VARiON®-Sensoren

Ziel der 2008 gestarteten Messkampagne war es, herauszufinden, ob die festen Zeiten der Nitrifikations- und Denitrifikationsphasen noch zur Anlage passen oder ob es Optimierungspotenzial in den einzelnen Phasen des Abbauprozesses gibt. Um die Ammonium- und Nitratwerte online messen zu können, wurde ein VARiON® 700 IQ ISE Kombisensor in den beiden Reaktoren installiert. Die Integration der Sensoren in das bestehende IQ SENSOR NET System und deren Inbetriebnahme war unkompliziert. Während der Versuchsphase wurden die Messwerte im integrierten Datenlogger des Terminal/Controllers MIQ/TC 2020 XT aufgezeichnet und per USB-Stick zur Datenanalyse in Excel auf den Computer übertragen. Anhand der aufgezeichneten Daten konnte schnell nachgewiesen werden, dass das Ammonium bereits nach etwa der Hälfte der Belüftungszeit der beiden Nitrifikationsphasen, vollständig abgebaut war (Abb. 2). Die einjährige Versuchsphase mit den ISE-Sensoren bestätigte dann, dass ein erhebliches Energieeinsparpotenzial beim Betrieb der SBR-Reaktoren besteht.

Prozessoptimierung

Für die dynamische Prozesssteuerung programmierte das zuständige Ingenieurbüro ein zusätzliches Steuerungsprogramm Namens "Energieoptimiert", das die Ammonium- und Nitratmesswerte in die bestehende SPS einbindet. Ammonium ist der steuerungsrelevante Parameter, der das Ende der Nitrifikationsphasen bestimmt. Für den ersten Nitrifikationsprozess (Phase 3) liegt der die Gebläse abschaltende Regelwert bei 1,3 mg/l NH₄-N und für den zweiten Nitrifikationsprozess (Phase 6) bei 0,7 mg/l NH₄-N. Nach dem Abschalten der Gebläse beginnt die nächste SBR-Phase. Der Abbau des verbleibenden Ammoniums ist während der Sedimentationsphase nahezu abgeschlossen (NH₄-N-Werte < 0,4 mg/l; siehe Abbildung 3).

Die neue dynamische Steuerung der Belüftungszeiten sorgt dafür, dass die Nitrifikation nur so lange wie nötig läuft und der angestrebte, sehr niedrige Ablaufwert sicher, aber ohne unnötigen Energieverbrauch erreicht wird (Abb. 3). Die genannten Regeleinstellungen beruhen auf vorhandenen Erfahrungswerten, sind aber im neuen Regelprogramm frei einstellbar. Dies gewährleistet auch in Zukunft eine einfache und unkomplizierte Optimierung des Abbauprozesses, ohne dass erneut in eine aufwendige Programmierung investiert werden muss. Die gleichzeitige Messung von Nitrat- und Ammoniumkonzentration ermöglicht jederzeit eine Plausibilitätskontrolle des Ammoniumabbaus (über das stöchiometrische Verhältnis von NO₃-N und NH₄-N) und dient als Kontrolle für die Ablaufgrenzwerte am Ende des kompletten Reinigungszyklus. Die Nitratmessung selbst wird jedoch nicht als steuerungsrelevanter Parameter verwendet. Das Zeitprogramm ist auch heute noch Bestandteil der Prozesssteuerung, wird aber überwiegend als Notprogramm eingesetzt, wenn z.B. Messfehler oder Unplausibilitäten auftreten. Das Prozessleitsystem schaltet auch automatisch auf zeitgesteuert um, wenn das "energieoptimierte" Programm die alten Festzeiten der Nitrifikationsphasen überschreitet. In der Folge konnte jede Nitrifikationsphase durch die Dynamisierung des Prozesses um bis zu einer Stunde verkürzt werden. Ausgehend von vier Nitrifikationsphasen pro Tag (bei einem Gesamtreinigungszyklus pro SBR-Reaktor von zwei Nitrifikationsphasen) ergibt sich eine Reduzierung der Laufzeit der Belüftungseinheiten von bis zu vier Stunden. Rechnet man diesen Wert auf ein Jahr hoch, können bis zu 1500 Betriebsstunden der Gebläseeinheiten eingespart werden. Dies senkt nicht nur die Energiekosten, sondern verringert auch den Verschleiß der Belüfteraggregate.

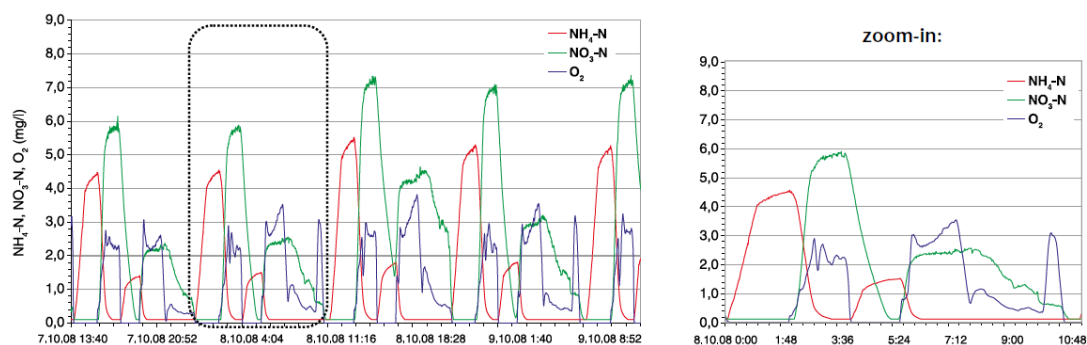


Abb. 2: Zeitabhängige Steuerung:

Deutlich zu sehen ist, dass der Abbau des Ammoniums (rot) bereits nach ca. der Hälfte der Belüftungszeit (blau) nahezu abgeschlossen ist.

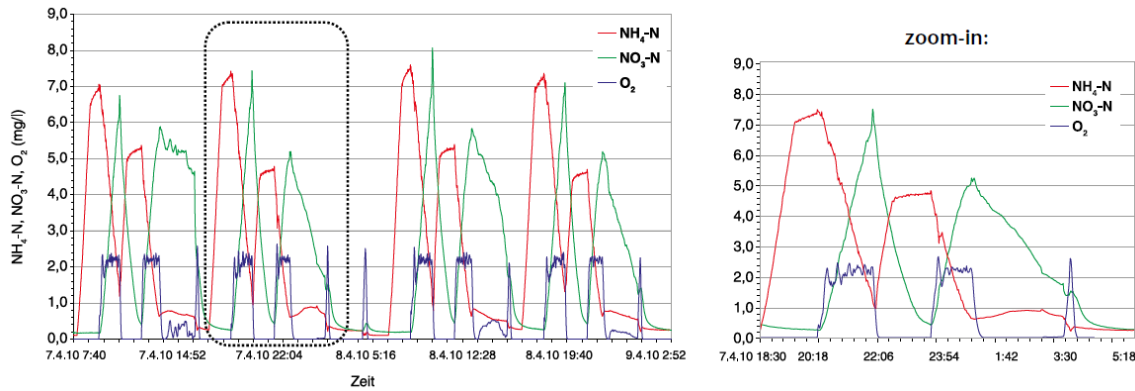


Abb. 3: Ammoniumbasierte Steuerung: Die neue dynamische Steuerung nach Ammonium stoppt die Gebläse, wenn das Ammonium einen bestimmten Wert erreicht.

Fazit

Die eingesetzte IQ SENSOR NET Messtechnik arbeitet mit minimalem Wartungsaufwand. Die zuverlässigen Messwerte ermöglichen eine kontinuierliche Steuerung des Reinigungsprozesses der Anlage und einen effizienten Energieeinsatz.

Das IQ SENSOR NET ermöglicht es, die Abwasserreinigung von SBR-Anlagen durch den Einsatz der bewährten Kombisensoren VARiON® 700 IQ und des optischen Sauerstoffsensors FDO® 700 IQ einfach und kostengünstig zu optimieren. Der gesamte Abbauprozess ist hinsichtlich der prozessrelevanten Parameter Ammonium, Nitrat und Sauerstoff transparent.

Die praktischen Vorteile sind:

- Eine sichere Anlagenführung durch hohe Transparenz bei gleichzeitiger Energieeinsparung
- Eine automatische Anpassung der dynamischen Steuerung an die ankommende Abwasserbelastung, manuelle Eingriffe werden dadurch weitestgehend überflüssig
- Verbesserte Betriebssicherheit und gesicherte Erreichung der Abflussgrenzwerte
- Entlastung des Betriebspersonals.



IQ Sensor Net System 2020 und VARiON®-Sensor im Einsatz auf der Kläranlage Glückstadt.

Haben Sie weitere Fragen?
Bitte wenden Sie sich an unser
Customer Care Center:

Xylem Analytics Germany Sales
GmbH & Co. KG, WTW
Am Achalaich 11
82362 Weilheim, Deutschland
Tel +49 881 1830
Fax +49 881 183-420
Info.WTW@xylem.com