

Betriebsoptimierung von Kläranlagen durch den Regelbaustein RBS 15

von Jürgen Augustin, Günter Müller-Czygan und Falk Göbel

Umweltschutz und betriebliche Wirtschaftlichkeit verlangen heutzutage Verfahrensabläufe in Kläranlagen mit hohen Anforderungen an die Reinigungsleistung, Prozessstabilität und Betriebssicherheit. Durch den Einsatz moderner Regelungs-, Steuerungs- und Überwachungsmethoden zur Automatisierung von Verfahrensabläufen kann dieses Ziel erreicht werden. Bei Kläranlagen bis ca. 20.000 EW werden derzeit häufig noch einfache Steuerungsstrategien verwendet, die unflexibel auf Belastungsschwankungen im Zulauf reagieren. Mittlerweile gibt es technische Lösungen, um eine Betriebsflexibilisierung ohne erhebliche Investitionsaufwendungen zu realisieren. Dadurch erfolgt gleichzeitig eine Optimierung der Nährstoffelimination, die eine wirtschaftlichen Prozessführung ermöglicht.

Die bisherigen Regelkonzepte in diesen Anlagengrößen basieren vorwiegend auf einfachen, fest eingestellten bzw. zeitgesteuerten Vorgängen. Die tatsächlichen Verfahrensprozesse werden nur ungenau abgebildet. Sicherheitszuschläge z. B. in der Belüftungsleistung führen zu teilweise unnötigen Energiekosten, die mit Hilfe moderner Regelungs-, Steuerungs- und Überwachungsmethoden vermieden werden. Aufwendige und damit teure Online-Analysegeräte, wie sie bislang vorwiegend in großen Kläranlagen eingesetzt werden, sind nicht erforderlich. Es ist heute möglich, durch softwareseitige Lösungen den Verfahrensprozess an Hand einiger einfach zu messender Parameter digital abzubilden und durch spezielle Algorithmen und Berechnungsmethoden den aktuellen Prozesszustand annähernd genau zu ermitteln, z. B. mit Hilfe des O₂- und Redoxwertes. Der RBS 15 der HST-WKS Hydro-Systemtechnik ist eine Softwarelösung, die auf Basis des O₂- und Redoxwertes eine dynamische Prozessführung von Kläranlagen erlaubt.

Funktion des RBS 15

Der Regelbaustein dient der Steuerung von Prozessen im Belebungsbecken. Er erkennt den Wendepunkt zwischen der Nitrifikationsphase und der Denitrifikationsphase unter Einbeziehung der Prozessgrößen Gelöstsauerstoff und Redoxspannung. Für die Nitrifikationsphase stellt der RBS 15 mehrere Gebläseansteuerungen zur Verfügung. So kann neben einer stetigen PID-Regelung auch eine Zweipunktregelung mit und ohne Frequenzvorgabe gewählt werden. Als Standardsteuerung ist eine feste Zeitsteuerung hinterlegt, die bei Ausfall einer Prozessgröße die Phasenschaltung des Gebläses übernimmt.

Die reine Zeitsteuerung kann alternativ manuell gewählt werden (z. B. bei geplanten Wartungsarbeiten einer Messsonde). Die Denitrifikation ist der einzige bekannte biologische Prozess, durch den organische oder anorganische Stickstoffverbindungen zu Stickstoffgas zersetzt und letztlich wieder in den Stickstoffkreislauf der Atmosphäre zurückgeführt werden können. Mit Beginn der Denitrifikationsphase kommt es zum Absinken des Redoxpotenzials. Zum einen durch den permanenten Zulauf von Abwasser und zum anderen durch die einsetzende Denitrifikation, bei der mit dem Nitrat ein oxidiertes Stoff entfernt wird. Aus Untersuchungen ist bekannt, dass am Ende der anoxischen Phase (Nitratkonzentration = 0) der Verlauf des Redoxpotentials einen charakteristischen Knick aufweist. Der RBS 15 erkennt mit Hilfe spezieller Algorithmen genau diesen Knick.

Nitrifikationsabschaltung

Bei Anlagen, die die Anforderungen bezüglich N-Elimination erfüllen sollen (Schlammalter > 12d), kann angenommen werden, dass der Kohlenstoffabbau durch Mikroorganismen im belüfteten Becken kaum tageseitlichen Schwankungen unterliegt. Die Änderung des Sauerstoffbedarfs wird im Wesentlichen durch die Nitrifikation bestimmt. Die Auswertung des Sauerstoffbedarfs durch den RBS 15 kann somit zur Optimierung der Nitrifikationsphase genutzt werden. Ist die Umwandlung von Ammoniumstickstoff in Nitratstickstoff vollzogen, ist die Nitrifikationsphase beendet. Der Sauerstoffbedarf der Mikroorganismen wird minimal. Eine weitere Ausdehnung der Nitrifikationsphase ist unökonomisch (Energieverschwendung) und führt weiterhin zur aeroben Veratmung von Kohlenstoff, der für die Denitrifikation dringend

benötigt wird. Unter Beachtung der eingesetzten Maschinen- und Automatisierungstechnik sowie der vorgewählten Art des Sauerstoffreglers sind die Varianten

- Grenzwerterkennung bei stetiger Sauerstoffregelung
- Abschaltung über die Auswertung der Sauerstoffzehrung nach Belüftungsausschaltung
- Abschaltung über die Auswertung des Sauerstoffbedarfs bei konstanter Belüftungsleistung und
- Konstante Steuerung mit fester Zeit zur Beendigung der Nitrifikationsphase möglich.

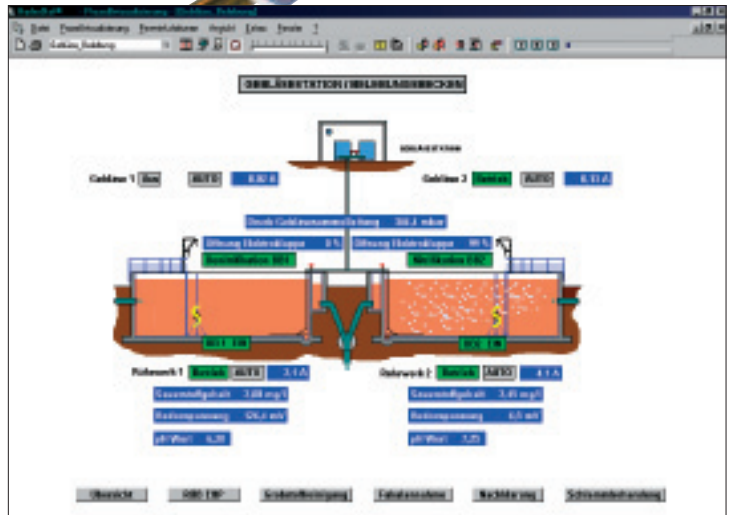
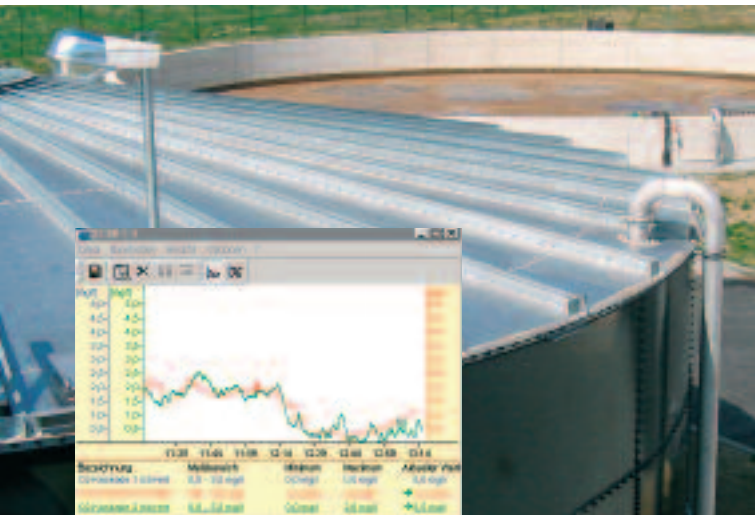
Denitrifikationsabschaltung

Unabhängig von der gewählten Nitrifikationsbetriebsart kann die Beendigung der Denitrifikation mittels Redoxknickererkennung bzw. mittels fester Zeitdauer erfolgen. Die Beendigung der Denitrifikationsphase erfolgt bei Ausfall der Redoxmessung über eine einstellbare Maximalzeit. Einstellbar sind die Varianten

- Denitrifikationsabschaltung nach Redoxknicke und
- Denitrifikationsabschaltung nach fester Zeit.

Flexibler Einsatz des RBS 15

Mit dem RBS 15 steht ein Regelbaustein zur Verfügung, der unabhängig vom klärtechnischen Verfahren (Belebtschlammstabilisierung oder SBR-Verfahren) in die vorhandene Steuerung einer Kläranlage eingesetzt werden kann. Der Einsatz des RBS 15 eignet sich sowohl bei neu zu bauenden Kläranlagen als auch zur Nachrüstung in bestehenden Kläranlagen. Dank seiner offenen Softwarearchitektur kann der RBS 15 im Prinzip mit allen gängigen SPS-Systemen verknüpft werden.



Steuerungstechnische Umsetzung

Sauerstoffregelung

Die Steuerung des RBS 15 realisiert die optimale Sauerstoffversorgung der Belebung während der Nitrifikationsphase. Die Art der Sauerstoffregelung wird an die realisierte Maschinen- und Automatisierungstechnik angepasst (z. B. an Gebläsestaffelschaltung, zentrale Gebläsestation und Luftaufteilung auf mehrere Belebungsbecken mittels Regelklappen u. s. w.). Grundlegend bestehen folgende Möglichkeiten der Sauerstoffregelung (hier am Beispiel der Belüftung eines Belebungsbeckens mit einem FU-geregelten Gebläse):

Betriebsart: Stetige Sauerstoffregelung mittels PID-Regler

Während der gesamten Nitrifikationsphase wird mittels PID-Regler der Gelöstsauerstoffgehalt im Belebungsbecken konstant gehalten. Hierzu wird die Frequenz des aktiven Gebläses verändert. Steigt der Sauerstoffgehalt trotz Minimalfrequenz, schaltet das Gebläse bei Erreichen des oberen, einstellbaren Sauerstoffgrenzwertes ab und schaltet erst wieder mit Unterschreitung eines zweiten Grenzwertes zu. Mit fortgeschrittener Nitrifikationsphase sinkt der Sauerstoffbedarf der Belebung.

Betriebsart: Sauerstoffregelung mittels Zweipunkt-Regler

Im Gegensatz zur ersten Betriebsart arbeitet das Gebläse mit einer konstant eingestellten Frequenz. Bei Vorwahl dieser Betriebsweise ist ein variabler Sauerstoffeintrag nicht möglich. Bei Erreichen des oberen, einstellbaren Grenzwertes des Gelöstsauerstoffgehaltes wird das Gebläse abgeschaltet. Mit Unterschreitung des unteren, einstellbaren Grenzwertes des Gelöstsauerstoffgehaltes schaltet das Gebläse wieder zu. Mit fortgeschrittener Nitrifikationsphase sinkt der Sauerstoffbedarf der Belebung.

Betriebsart: Konstante Steuerung

Das Gebläse arbeitet im Dauerbetrieb mit konstant eingestellter Frequenz. Diese Betriebsart wird automatisch gewählt, wenn die Sauerstoffmessung ausfällt.

Glossar:

- Nitrifikation: Umwandlung von Ammonium zu Nitrat
- Denitrifikation: Umwandlung von Nitrat zu freiem Stickstoff (gasförmig)
- PID-Regler: Proportional-Integrator-Differenziator-Regler
- Redoxpotenzial: Maß für die Fähigkeit von Ionen, Elektronen abzugeben

Charakteristika und Vorteile

- integrierbar in vorhandene SPS-Systeme, dadurch Wegfall der üblicherweise erforderlichen separaten Steuereinheit
- standardisierte Bedienoberfläche im PLS HydroDat® enthalten
- frachtabhängige und damit zeitlich optimierte Regelung der Nitrifikationsphase durch Auswertung der Sauerstoffzehrung
- frachtabhängige und damit zeitlich optimierte Regelung der Denitrifikationsphase durch Auswertung des Anstiegs der Redoxspannung
- Verhinderung von anaeroben Milieuzuständen durch zu lange Denitrifikationszeiten, damit Verhinderung einer ungewollten Phosphorrücklösung sowie Einsparung von Fällmittel
- durch die Phasenoptimierung von Nitrifikation und Denitrifikation Gewährleistung stabil niedriger Stickstoffablaufwerte, damit Reduzierung der Nährstoffbelastung des Vorfluters und Reduzierung der Abwasserabgabe
- Einsparung von Betriebskosten (Energieeinsparung, Reduzierung der Wartungs- und Betriebsmittelkosten durch Entfall von bestehenden NO3-N und NH4-N Onlinemessungen)
- Reduzierung des Betreiberaufwandes bei der Anlagenparametrierung (die Anpassung der Schaltzeiten von Nitrifikations- und Denitrifikationsphase z. B. bei wochenzeitlich bzw. jahreszeitlich veränderter Zulaufsituation durch den Betreiber entfällt)
- kompatibel mit dem Prozessleitsystem HydroDat®, Fernwirsksystem TeleMatic und Betriebsführungssystem KANiO®
- als Soft- und Hardwarebaustein bei Neubauten und als Nachrüstung bei Rekonstruktionen und Ertüchtigungen einsetzbar