

Zuverlässige Datenerfassung

Multiparameter-Messung Online im Zulauf

DI **Andreas WEINGARTNER**; DI **Franz HOFSTÄDTER**

Die kontinuierliche Überwachung der Abwasserqualität im Zulauf der Kläranlage ermöglicht die dynamische Steuerung und Simulation des Klärprozesses.

Der Nutzen einer kontinuierlichen und umfassenden Erfassung der Abwasserqualität des Zulaufs einer Kläranlage steht für die Betreiber von Kläranlagen außer Frage: Nur die zeitnahe Kenntnis der Abwasserzusammensetzung erlaubt eine sowohl verfahrenstechnisch als auch ökonomisch optimierte Betriebsführung, die eine kurze Reaktionszeit auf die sich rasch ändernde Qualität des zu reinigenden Abwassers sicherstellt. Da eine umfassende Online-Messung der Abwasserqualität noch vor wenigen Jahren den zeitintensiven Betrieb von komplexen und teuren Messstationen erforderte, verzichteten bisher viele Kläranlagen weitgehend auf eine kontinuierliche Er-

fassung der Zulaufqualität. Mit einer neuen Generation von kompakten Messstationen, die ausschließlich auf tauchfähigen Messgeräten basieren, gibt es nun eine kostengünstige und wartungsarme Alternative zu den bekannten Messeinrichtungen, welche im Wesentlichen miniaturisierten Labors entsprechen.

Messung im Kläranlagenzulauf

Die umfassende kontinuierliche Messung des einer Kläranlage zugeleiteten Abwasserstroms enthält sowohl Parameter, die zur Quantifizierung der Schmutzfracht und Nährstoffe erforderlich sind (z.B. Chemischer Sauerstoffbedarf, Ammonium oder abfiltrierbare Stoffe) als auch Indikator-Parameter, die auf das potenzielle Vorhandensein von mikrobiell schädli-



INSTALLATION: ammo::lyser™ und spectro::lyser™ im Zulauf der Kläranlage Bild 2

KLÄRANLAGE VILLACH:

Erfassung der Abwasserqualität im Zulauf

Bild 1



chen Substanzen hinweisen (z. B. UV-spektrale Auffälligkeit, extremer pH-Wert oder elektrische Leitfähigkeit, starke Färbung usw.).

Neben Industriebetrieben, die bei Störfällen nicht nur ihre betrieblichen Abwässer, sondern auch ihre Rohstoffe, Betriebsmittel oder Produkte in die Kanalisation leiten müssen, stellen auch Unfälle im Einzugsgebiet eine nicht zu unterschätzende Quelle für das Auftreten toxischer Substanzen dar. Da jede Abwasserzusammensetzung, die den Belebtschlamm schädigen oder seine Aktivität nachhaltig mindern kann, zu einer Einschränkung oder gar einem Totalausfall der biologischen Abwasserreinigung führen kann, sollte auf eine lückenlose und umfassende Überwachung der Qualität des Kläranlagenzulaufs auch aus Gründen der Betriebssicherheit nicht verzichtet werden.

Eine betriebssichere und wartungsarme kontinuierliche Messung in unbehandeltem Abwasser oder gar in der Kanalisation stellt eine messtechnische Herausforderung dar, die von den neuen Messstationen erfolgreich gemeistert wird. Das Rohabwasser im Kanal, und auch das vorgeklärte Abwasser im Zulauf zur biologischen Stufe einer Kläranlage sind durch starke Trübung und das Vorhandensein von Partikeln und Fetten geprägt. Das bedeutet, dass sowohl Messgeräte als auch Systeme zur Probenvorbereitung schnell und auch stark verschmutzen und entsprechend häufig gereinigt werden müssen. Daher sollte bei allen Messstationen,

selbst zur Messung gelöster Inhaltstoffe wie Ammonium oder Nitrat, eine mechanische Filtration grundsätzlich vermieden werden und es sollten ausschließlich tauchfähige, selbst reinigende, werkskalibrierte und robuste Sonden eingesetzt werden, die auch in derartigen Anwendungen einen geringen Wartungsaufwand gewährleisten können.

Quantifizierung der Schmutzfracht

Die Quantifizierung der Schmutzfracht in Echtzeit ist nicht nur eine Voraussetzung für alle Kläranlagenbetreiber, die

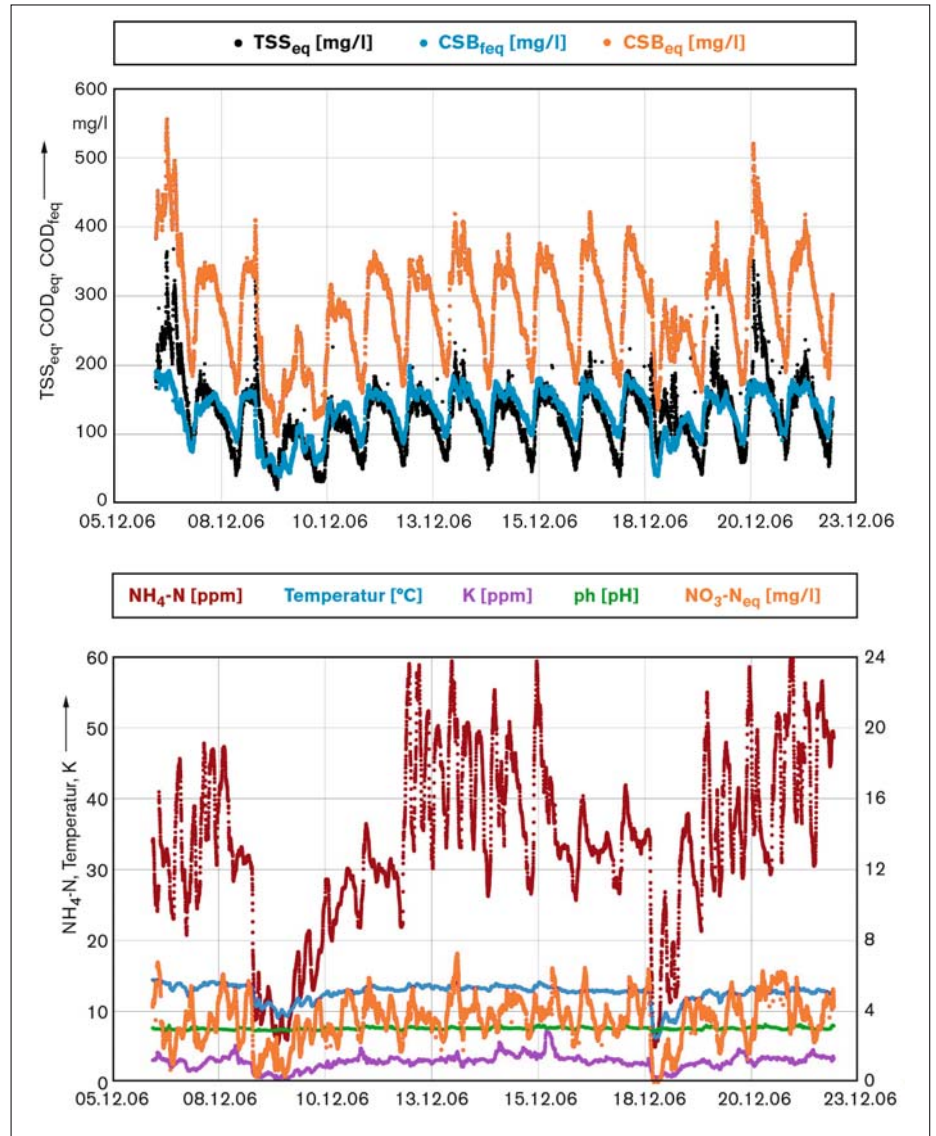
den Prozess der Abwasserreinigung durch steuer- und regeltechnische Maßnahmen energietechnisch optimieren wollen, sondern auch eine essentielle Grundlage zur Auslegung von neuen Kläranlagen oder die Dimensionierung von notwendigen Erweiterungen (z. B. Stickstoffentfernung) unter Zuhilfenahme einer dynamischen Simulation. Beide Ziele stellen höchste Anforderungen an die Resultate der Messung – eine hohe Verfügbarkeit und zeitliche Auflösung sowie eine abgesicherte Qualität der Resultate sind gefordert. Da die kompakten s::can Messstationen außer der Versorgung mit Strom und



Druckluft keinerlei Betriebsmittel (wie z. B. Chemikalien) verbrauchen, kann die zeitliche Auflösung verdichtet werden, ohne dass sich dies in steigenden Kosten niederschlägt. Die effektive automatische Reinigung mittels Druckluft, die selbsttätige spektrale Kompensation der meisten Querempfindlichkeiten (von der Mediumtemperatur bis hin zur Partikelkonzentration werden unterschiedlichste potenzielle Störgrößen bei jeder einzelnen Messung kompensiert) und die eigenständige Diagnose potenzieller instrumenteller Störungen der Messgeräte sorgen für Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erfassten Messwerte.

Eine s::can Messstation wurde im Dezember 2006 zur Erhebung von Eingangsdaten für die dynamische Simulation der Kläranlage Villach verwendet. Die dynamische Simulation hatte folgende Ziele:

- I Erkennen von Potenzialen zur verfahrenstechnischen und energetischen Optimierung des Anlagenbetriebs
- I Überprüfung und Absicherung der gesamten betriebseigenen Labor- und Onlinemessungen



ZEITLICHER VERLAUF:

Die Parameter CSB_{eq} , CSB_{feq} (filtriert), AFS_{eq} , NO_3-N (spectro::lyser™) sowie NO_3-N , pH, Kalium und Temperatur (ammo::lyser™) zur Belebung der Kläranlage Villach werden im Zulauf gemessen.

Bild 3

- I Charakterisierung des Abwasserzulaufes zur Beurteilung der Auswirkung von Indirekteinleitern auf die Schlammeigenschaften
- I Optimierung und Parametrierung vorhandener und im Zuge der anstehenden elektrotechnischen Erneuerung zu verbessernder Steuerungs- und Regelungsstrategien.

Das beauftragte, auf Kläranlagenoptimierung spezialisierte Ingenieurbüro Dr. Stefan Haider, H₂Office, bedient sich zur Kalibrierung der Simulationsmodelle in der Regel mehrwöchiger Messkampagnen unter Zuhilfenahme von Onlinemessungen im Zu- und Ablauf der biologischen Stufe. Während im Ablauf vor allem Ammonium und Nitrat gemessen werden, werden im Zulauf CSB und Ammonium benötigt. Die Qualität der Simulationsergebnisse hängt dabei wesentlich von der Güte der Eingangsdaten

ab. Die Sonden der Firma s::can wurden von H₂Office bereits mehrfach erfolgreich für die dynamische Simulation eingesetzt. Neben der Genauigkeit der Messdaten ist auch die Durchgängigkeit der gemessenen Ganglinien über die gesamte Messkampagne entscheidend, da Messwertausfälle ein aufwendiges Nachbearbeiten von Daten bedeuten.

Resultate im Zulauf der KA Villach

Die in ihrer Genauigkeit sowohl mittels klassischer Methoden (Stichprobenentnahme und Laboranalyse) als auch mittels Resultaten der dynamischen Simulation abgesicherten Ergebnisse der Messstation bilden die Veränderungen der Abwasserzusammensetzung des Kläranlagenzulaufs in Villach zeitlich detailliert und qualitativ umfassend ab (Bild 3). Die Parameter AFS, CSB und CSBf, die

die organische Anlagenbelastung durch häusliche und gewerblich-industrielle Verschmutzungen quantifizieren sollen, weisen erwartungsgemäß einen ausgeprägten Tagesgang mit Belastungsspitzen in den Nachmittagsstunden auf (vgl. Bild 3). Diese periodischen Veränderungen der Konzentration an organischer Verschmutzung und Feststoffen im Tagesverlauf sind aber in ihrem Umfang keineswegs täglich identisch, sondern vielmehr schwanken die festgestellten morgendlichen Belastungsminima zwischen etwa 100 und etwa 200 mg/l CSB, während die täglichen Maxima zwischen etwa 250 und etwa 550 mg/l CSB liegen. Dies liegt natürlich auch an Mischwasserereignissen, die im Simulationsmodell sinnvollerweise miterfasst werden. Die großen Schwankungen unterstreichen die Notwendigkeit mehrwöchiger Messkampagnen, die ohne Onlinemess-technik nur mit konventionellen 2-Stunden-Tagesgangmessungen des Betriebslabors nicht durchführbar wären.

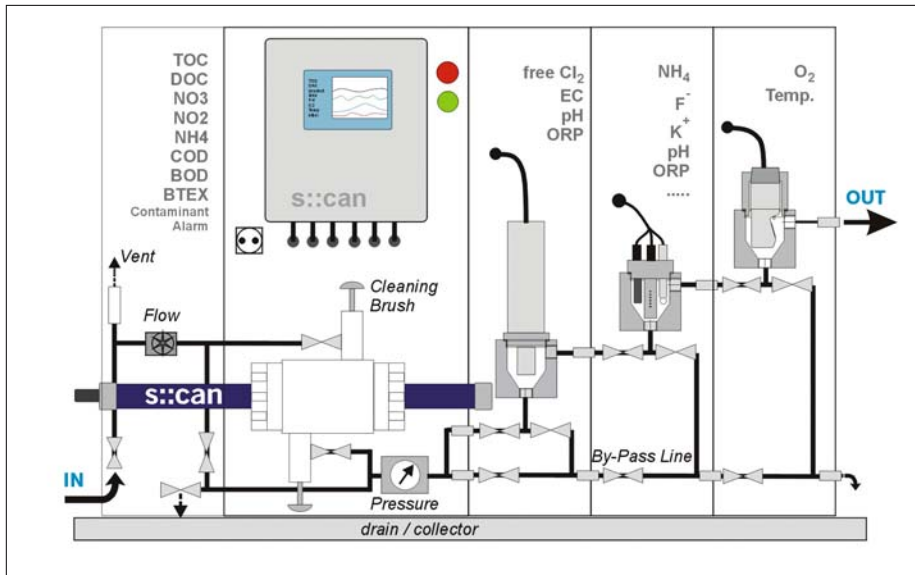
Aus der Berücksichtigung derartiger Belastungsschwankungen mittels dynamischer Simulation können gänzlich andere Schlussfolgerungen für die Betriebs-

führung einer Kläranlage resultieren als aus einem statischen Modell basierend auf Laborresultaten von Tagesmischproben, die lediglich eine durchschnittliche Kläranlagenbelastung quantifizieren können. Eine genaue Kenntnis des zeitlichen Verlaufes von CSB- und N-Konzentration bzw. Fracht ist auch eine wesentliche Grundlage für die Auslegung und den optimalen Betrieb der Denitrifikationsstufe.

Neben der vor allem von der Belastung mit organischen Substanzen abhängigen Dimensionierung der Kapazität der biologischen Reinigungsstufe muss die zeitliche Variation und Fraktionierung der täglichen Belastung auch bei vielen Planungen berücksichtigt werden: Eine Erweiterung der Kläranlage (z. B. Stickstoff- oder Phosphorentfernung), eine verfahrenstechnische Änderung der Steuerungs- und Regelungsstrategie oder eine elektrotechnische Erneuerung der Automatisierung benötigt eine dynamische Betrachtungsweise des komplexen Systems Kläranlage, um mögliche Einsparungs- und Optimierungspotenziale vorausschauend zu erkennen und effizient zu nutzen. Nur auf diese

Weise können in der Planungsphase (mittels dynamischer Prozesssimulation) oder im Betrieb (mittels dynamischer Prozesssteuerung) eine verbesserte Reinigungsleistung, geringere Abwasserabgaben, eine höhere Prozessstabilität sowie Einsparungen beim Energie- und Fällmittelverbrauch realisiert werden.

Bei Betrachtung der anderen kontinuierlich erfassten Parameter (pH, Temperatur, Kalium, Nitrat und Ammonium) sind keine derartig ausgeprägten Tagesgänge zu erkennen (vgl. Bild 3): Die Stickstoffparameter verhalten sich aufgrund der Rückbelastung aus der Schlammwässerung, die an der Messstelle miterfasst wurde, wesentlich dynamischer als alle anderen Parameter und ihre Konzentration variiert darüber hinaus häufiger und zu anderen Zeitpunkten als sich die Parameter CSB_{eq} , CSB_{feq} und AFS_{eq} (vgl. Bild 3) verändern. Die Ammoniumbelastung kommt als Dimensionierungsgröße der biologischen Abwasserreinigung zur Anwendung, um neben dem Abbau der organischen Schmutzfracht auch eine Stickstoffentfernung (Nitrifikation und Denitrifikation) sicherzustellen.



KOMPAKTE S::CAN MESSSTATION:
Kontinuierliche Messung der Abwasserqualität

Bild 4

Wird anstatt von O_2 in der Belebung NH_4 als Regelungsgröße bei der Nitrifikation/Denitrifikation verwendet, können auf einigen publizierten Anlagen erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden im Vergleich zur einfachen Sauerstoffregelung, da ja der Sauerstoffwert nur ein Hilfswert ist, NH_4 aber der Zielwert, und damit genau auf die gesetzliche Vorgabe hin geregelt werden kann. Zuverlässige, wartungsarme und preiswerte online-Sensoren wie der s::can ammo::lyser™ oder vergleichbare ISE-Sensoren anderer Hersteller die kürzlich auf den Markt gekommen sind, können aufgrund der resultierende Einsparungen innerhalb weniger Monate rentabel sein. Besonderes Augenmerk sollte bei der Rentabilitätsrechnung auf die laufenden Kosten gelegt werden, da z. B. bei Geräten, die nur den Austausch des kompletten Sensorkopfes mit allen Elektroden erlauben, böse Überraschungen in der Jahresabrechnung vorprogrammiert sind und die Rentabilität in Frage stellen. Mit dem Hersteller sollte daher möglichst die Übernahme einer mehrjährigen Kostengarantie vertraglich vereinbart werden.

Prozesse wie die biologische Phosphat- oder Stickstoffentfernung werden nicht nur stark von den zeitlichen Konzentrationsänderungen der zugeführten Verschmutzung beeinflusst, sondern zusätzlich noch von deren Zusammensetzung. Da die s::can Spektrometersonde Werkskalibrationen für die Parameter CSB_{eq} und CSB_{feq} bzw. CSB_{eq} und BSB_{eq} anbietet, kann die zeitliche Veränderung der Abbaubarkeit der organischen Belastung bei der Prozesssteuerung oder Prozesssimulation ohne viel Kalibrationsaufwand berücksichtigt werden. Für die

Steuerung oder Modellierung der Stickstoffentfernung ist die bestmögliche Kenntnis der Stickstoffkonzentration im Zulauf von Vorteil, um auf Frachtstöße rascher und wirkungsvoller reagieren zu können – neben der Ammoniumkonzentration können die Messstationen auch die Nitrat- und Nitritkonzentration (mittels der Spektrometersonde spectro::lyser™) kontinuierlich messen.

Durch die Anwendung der Methode der „Deltaspektrometrie“ können die Spektrometersonden zudem auch kleinste Veränderungen im Absorptionsspektrum in Echtzeit detektieren. Damit können auch geringste Abweichungen der Wasserqualität vom „Normalzustand“ messstellenspezifisch registriert werden. Diese Möglichkeit wird insbesondere im Rohabwasser genutzt, um das Auftreten von unbekanntem aber potenziell toxischen Ereignissen zu detektieren.

Zusammenfassung und Ausblick

Seit kurzer Zeit sind Messtationen zur zuverlässigen kontinuierlichen Überwachung der Wasserqualität verfügbar, welche aufgrund der modularen Bauweise individuell auf die Parameteranforderungen der Kunden angepasst werden können. Damit sind sogar im ungeklärten Abwasser Resultate von hoher Datenqualität erzielbar. Möglich wird dies auf der mechanischen Seite v. a. durch Verzicht auf jegliche bewegten Bauteile im Kontakt mit dem Wasser und die Verwendung eines geeigneten Reinigungssystems mittels Druckluft. Mit Hilfe der so erhobenen zuverlässigen Messdaten lässt sich nun die Kalibration eines Simulationsmodells auch über längere

Vergleichszeiträume hinweg durchführen. Ein auf diese Weise kalibriertes Modell wird derzeit für die Optimierung der Kläranlage Villach und die Untersuchung betriebs- und kostenrelevanter Fragestellungen erfolgreich eingesetzt werden.

Mehrere führende Ingenieurbüros in den USA und in Australien/Neuseeland setzen bereits regelmäßig diese Kombination von s::can online-Messtechnik mit Simulationsmodellen für die Kläranlagenoptimierung ein; die neuesten Ansätze in Neuseeland kombinieren s::can online-Messtechnik mit Echtzeit-Simulationsmodellen, wodurch der Betreiber der Kläranlage in Echtzeit auf Abweichungen sofort reagieren und Betriebsoptionen testen kann, ohne an den Reglern der Anlage zu drehen.

LITERATUR

- /1/ Bornemann C.; Bernard M.; Rieger L.; Lorenz U.; Weingartner A.; Hofstädter F.: Einsatz einer online UV/VIS-Spektrometersonde im Abwasser. Im Proceedings vom 5. Dresdner Sensor Symposium, Dezember 10-12, 2001, Dresden, Deutschland
- /2/ Fleischmann N.; Langergraber G.; Weingartner A.; Hofstädter F.; Nusch S.; Maurer P.: On-line and in-situ measurement of turbidity and COD in wastewater using UV/VIS spectrometry. Im Proceedings vom 2. IWA World Water Congress (paper no. B1375), Oktober 15-19, 2001, Berlin, Deutschland
- /3/ Dynamische Simulation von kommunalen Kläranlagen, VDI Tagung Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, Dr. Stefan Haider, Nov. 2007
- /4/ Winkler, S.; Rieger, L.; Thomann, M.; Siegrist, H.; Bornemann, C.; Fleischmann, N.: In-Line Monitoring of COD and COD-fractionation: Improving Dynamic Simulation Data Quality. Im Proceedings vom 3. IWA World Water Congress (paper no. e21604a), 7-12 April, 2002, Melbourne, Australien
- /5/ van den Broeke, J.; Brandt, A.; Hofstädter, F.; Weingartner, A.: Monitoring of Organic Micro Contaminants in Drinking Water using a Submersible UV/Vis Spectrophotometer. In Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Security of Water Supply Systems: From Source to Tap, Murter, Croatia, 27-31. Mai 2005, Pollert, J.; Dedus, B. (Eds.), Springer Verlag, Dordrecht, 2006, p. 19-29
- /6/ Langergraber, G.; Weingartner, A.; Fleischmann, N. (2004): Time resolved delta spectrometry: a method to define alarm parameters from spectral data. In Water Science and Technology, 50 (11), p. 13-20

KONTAKT

s::can Messtechnik GmbH
DI Franz HOFSTÄDTER
DI Andreas WEINGARTNER
 Brigittagasse 22-24 · A-1200 Wien
 Tel.: +43 1 219 73 93 · Fax: +43 1 219 73 93 - 12
 E-Mail: sales@s-can.at
www.s-can.at