

Online-UV/VIS-Spektroskopie zur Echtzeitsteuerung von Kanal und Kläranlage



Noch nicht zur Veröffentlichung freigegeben!

Am Gruppenklärwerk des Abwasserverbandes Obere Iller (AOI) ist im Rahmen eines Forschungsvorhabens des BMBF die Echtzeitsteuerung und -optimierung der Kläranlage mit Einbindung einer frachtabhängigen Kanalbewirtschaftung geplant. Für die Online-Simulation, Optimierung und Steuerung der biologischen Prozesse sind kontinuierliche und aussagekräftige Informationen über die Wasserinhaltsstoffe notwendig, welche durch die Online-UV/VIS-Spektroskopie gewonnen werden können. Parallel durchgeführte Laboruntersuchungen ermöglichen einen Vergleich zu abwassertypischen Messparametern. Auch die Einsatzfähigkeit des optischen Messsystems in stark verschmutzten Medien wird betrachtet.

Zielsetzung

Diese Zielsetzung erfordert kontinuierliche und hochwertige Informationen über die aktuelle qualitative und quantitative Belastungssituation an signifikanten Stellen im Kläranlagenprozess und im Kanal.

Gerade die Kohlenstofffrachten im Rohabwasser stellen eine wesentliche Information für die Online-Simulation, Optimierung und Steuerung der biologischen Prozesse dar.

Für die Abwassercharakterisierung wurde nach einem geeigneten Online-

Analysensystem gesucht, welches aussagekräftige Informationen über die Abwasserinhaltsstoffe liefert.

Im Hinblick auf den Echtzeiteinsatz muss darüber hinaus die kontinuierliche, schnelle und stetige Verfügbarkeit der Messsignale sichergestellt sein.

Auch stellen die Einsatzgebiete „Rohabwasser“ und „Kanal“ besondere Anforderungen an die Messeinrichtung:

- Eignung für hochverschmutzte Medien
- großer Messbereich
- geringer Wartungsaufwand (Zuverlässigkeit, Langzeitstabilität, leichte Kalibriermöglichkeit)

- kompakte Bauweise, einfache Installation
- Ex-Schutz (wichtig für Kanaleinsatz!)
Besonders interessant ist unter Berücksichtigung der oben genannten Anforderungen der Einsatz von SAK- bzw. UV/VIS-Sonden.

Im Rahmen der Untersuchungen soll geprüft werden, inwieweit optische Messsonden in diesem Medium einsetzbar sind und ob Zusammenhänge zu abwassertypischen Messparametern (CSB, BSB, $\text{NO}_3\text{-N}$, u.a.) bestehen.

UV/VIS-Spektroskopie

Viele Wasserinhaltsstoffe sind aufgrund ihrer chemischen Struktur in der Lage, UV-Strahlung zu absorbieren. Sogenannte chromophore Gruppen (C-Doppelbindungen, Mesomerie, Heteroatome) sind für diesen Effekt verantwortlich und in vielen organischen Stoffen enthalten.

Entstanden aus der UV-Absorptionsanalyse von Trink- und Oberflächenwasser findet die „Messung des Spektralen Absorptionskoeffizienten SAK zur Bestimmung der organischen Belastung eines Gewässers“ (DIN 38404) auch in der kommunalen Abwasserreinigung ihre Anwendung. Schon Anfang der 80er Jahre wurde vor allem von der TU Wien der Einsatz dieser Methode untersucht



Dipl.-Ing. Simone Nusch,
iaks – Ingenieurbüro für
Abfluss-, Kläranlagen-,
Steuerung GmbH,
Hindelanger Straße 35
87527 Sonthofen/Allgäu
E-Mail: iaks_gmbh@t-online.de

und auf Grund guter Korrelationen zum CSB für die Beurteilung der organischen Verschmutzung herangezogen.

Besonders in den letzten Jahren haben sich UV-Sonden zur Ablaufüberwachung von Kläranlagen etabliert und sind als Stand der Technik zu bezeichnen.

Da der SAK sämtliche Stoffe erfasst, die bei 254nm optisch aktiv sind, handelt es sich um einen Summenparameter, der stark von der Zusammensetzung des Abwassers abhängt. Die Aussagekraft des SAK (z.B. Korrelation zu CSB) ist somit nicht automatisch auf andere Messstellen innerhalb einer Anlage oder sogar andere Kläranlagen übertragbar.

Mit Hilfe der UV/VIS-Spektroskopie lassen sich universellere Messungen durchführen, die im Bereich von 200–700nm wesentlich differenziertere Informationen über die Art der Abwasserinhaltsstoffe und deren Menge beinhalten.

So kann die Messung der UV-Absorption bei einer anderen Wellenlänge bzw. die Messung über einen bestimmten Wellenlängenbereich sinnvoll sein, da nicht alle relevanten Substanzen ihr Absorptionsmaximum bei 254nm haben.

Die gezielte Auswahl von spezifischen Wellenlängen und die Berücksichtigung von Sekundärinformationen aus dem Ge-

samtspektrum ermöglichen beispielsweise die simultane und selektive Bestimmung von Nitrat-, Trübungs- und organischen Kohlenstoffgehalten nicht nur qualitativ sondern auch quantitativ. Auch die Identifizierung von Einzelstoffen wie z.B. Benzol ist möglich.

Das Online-UV/VIS-Spektrometer vereinigt somit die Vorteile einer Online-Sonde mit denen eines vollwertigen Spektrometers.

Vorteile einer Online-Sonde sind:

- Messung im Medium
- keine Probenahme
- keine Probenvorbereitung
- keine Chemikalien
- geringer Wartungsaufwand (Personal, Material)

Zusätzliche Vorteile eines UV/VIS-Spektrometers sind:

- qualitative
- quantitative und
- stoffspezifische Informationen.

Messanordnung

Als Untersuchungsort wurde auf der Kläranlage des Abwasserverbandes Obere Iller AOI die Messstelle „nach dem Rechen“ ausgewählt, da hier lediglich grobe Feststoffe durch einen Stabrechen (10mm) entfernt werden und die Verhältnisse denen im Kanal relativ nahe kommen.

Die hier erfassten gelösten und partikulär gebundenen Abwasserinhaltsstoffe können somit als typisches Rohabwasser der untersuchten Kläranlage betrachtet werden.

Neben den generell am Prozessleitsystem aufgezeichneten Größen (Q_{Zul} , pH, T, BSB-M3 als 1h-Mittelwerte) wurden eine SAK-Sonde sowie eine UV/VIS-Spektrometer-Sonde parallel installiert.

Daneben wurden Stichproben entnommen, diese homogenisiert bzw. filtriert und hinsichtlich CSB untersucht sowie die jeweiligen Spektren im Labor aufgezeichnet.

Auch liegen CSB- und AFS-Messungen von 2h-Mischproben mit den zugehörigen Spektren der selben Messstelle vor.

Ergebnisse

Korrelation CSB/SAK - nach dem Rechen

In Abbildung 1 ist der homogenisierte CSB der Absorption der homogenisierten Probe sowie dem Signal der nicht trübungs-kompensierten UV/VIS-Sonde bei 254nm gegenübergestellt.

Beide Geraden zeigen eine gute Korrelation, auch an einer Messstelle, die stark feststoffbelastet ist. Sie verlaufen nahezu parallel und unterscheiden sich lediglich um einen konstanten Faktor (Blindwert).

Labor Spektrum – UV/VIS-Spektrum

In Abbildung 2 ist das im Labor aufgezeichnete Spektrum des Rohabwassers (Stichprobe) vom 18.09.2000 zum zeitgleich aufgenommenen Online-Spektrum dargestellt.

Das Online-Spektrum weist im Bereich 240-250nm eine Unstetigkeit auf, die gerätetechnisch bedingt ist und durch Systemkonfigurationen ausgeglichen werden kann.

Der Kurvenverlauf beider Spektren ist sehr ähnlich und unterscheidet sich lediglich im Blindwert. Mit der Derivativspektroskopie (Abb. 3) lässt sich der störende Untergrund unterdrücken und die spezifischen Absorptionen stärker hervorheben.

Auch hier zeigen Labor- und Sondenpektrum die gleiche Charakteristik. Dabei verläuft die Steigung des Sondenpektrums (Abb. 3) zum Teil steiler, was auf eine höhere Selektivität und Leistungsfähigkeit der UV/VIS-Sonde hinweist.

Der Bereich 250nm bis 350nm kann für das Rohabwasser im Kläranlagenzulauf des AOI als charakteristisch angesehen werden.

Abweichungen von dieser Spektrenform lassen Rückschlüsse auf eine Veränderung der Wasserzusammensetzung zu. Durch die kontinuierliche Aufzeich-

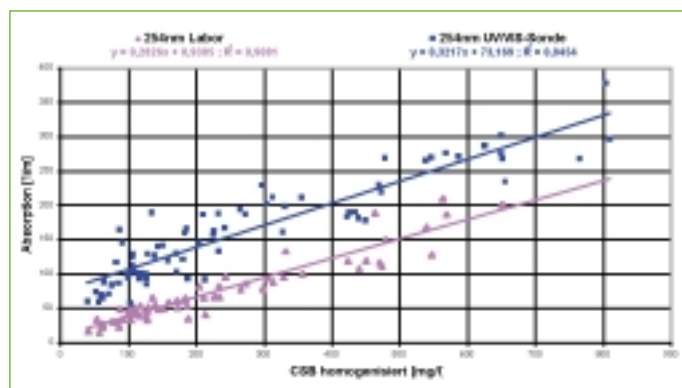


Abb. 1: Korrelation zwischen CSB_{hom} und Absorption, Messstelle „nach dem Rechen“

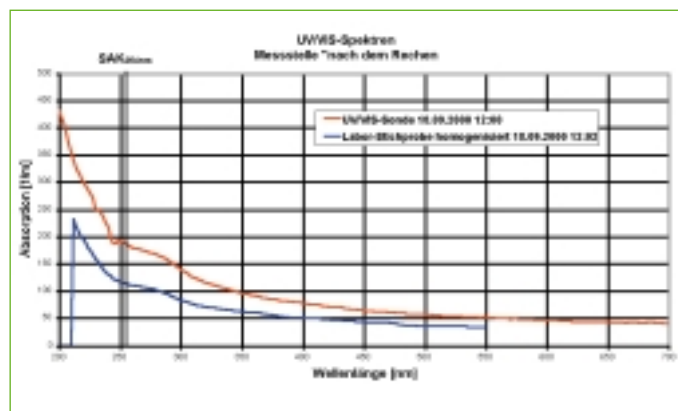


Abb. 2: Abwasserspektren, Messstelle "nach dem Rechen"

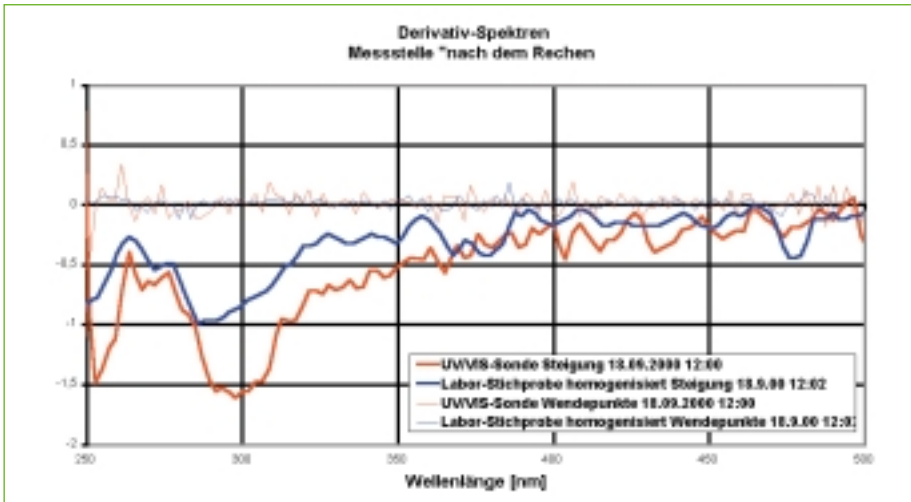


Abb. 3: Derivativspektren, Messstelle „nach dem Rechen“

nung der Spektren können so Störungen oder unkontrollierte Einleitungen, gerade im Kanalsystem, sehr schnell erkannt und darauf reagiert werden. Die frühzeitige Kenntnis über Menge und Art der Wasserinhaltsstoffe ermöglicht den effektiven Einsatz der Betriebsmittel und verhindert die Beeinträchtigung der biologischen Reinigungsleistung.

Korrelation Trübung – AFS

Der Vergleich der aus dem Online-Spektrum ermittelten Trübungsäquivalente mit den im Labor bestimmten Abfiltrierbaren Stoffen zeigt eine gute Übereinstimmung (Abb. 4). Die Streuung ist auf den Vergleich von 2h-Mischproben mit Online-Mittelwerten zurückzuführen, ein Stichprobenvergleich würde diese reduzieren.

Somit ist auch eine stabile Trübungsbestimmung bei hochverschmutzten Medien mit stark unterschiedlichen Feststoffgehalten und Fettanteilen möglich.

Betriebserfahrung

Das Rohabwasser auf der Verbandskläranlage des AOI wird seit Mitte September

mit einer SAK-Sonde sowie einem UV/VIS-Spektrometer online und im Medium selbst überwacht.

An der Messstelle „nach dem Rechen“ sind noch Grobstoffe und Fett enthalten, so dass sich Verzopfungen und Ablagerungen auf dem optischen Fenster bilden können und die Messanordnung regelmäßig mechanisch gereinigt werden muss.

Die Reinigung des optischen Fensters erfolgt automatisch, lediglich die Intensität musste den Umgebungsbedingungen angepasst werden.

Bei zu geringer Reinigungsintensität kann auf der Optik ein Biofilm aufwachsen, der auch Wasserinhaltsstoffe adsorbieren und anreichern und somit eine erhöhte Konzentration vortäuschen kann.

Die Betrachtung der Ganglinien der SAK-Sonde sowie der Informationen der UV/VIS-Sonde zeigen übereinstimmend einen regelmäßig auftretenden Peak, der gleichzeitig mit einem Trübungs- und BSB-Anstieg sowie einer pH-Wert-Beeinträchtigung verbunden ist.

Durch die gezielte Untersuchung des Online-Spektrums konnte die Ver-

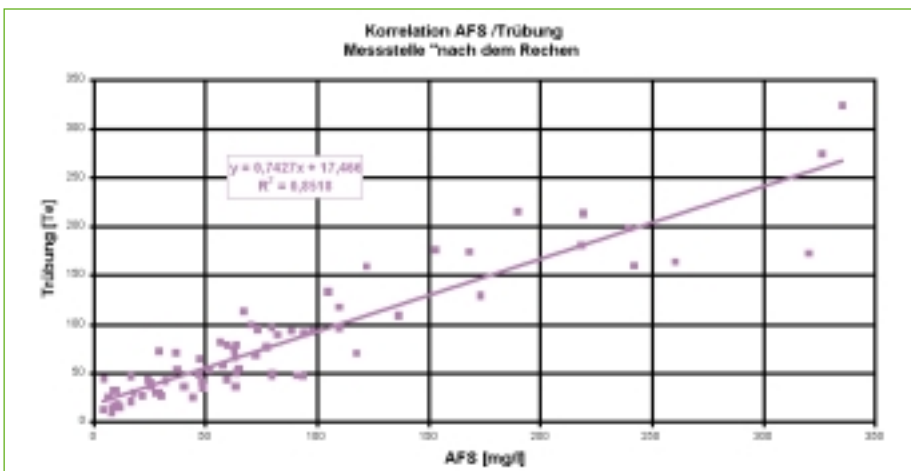


Abb. 4: Korrelation AFS/Trübung, Messstelle „nach dem Rechen“

schmutzung durch einen Indirekteinleiter ausgeschlossen werden, es wurde dagegen ein betriebsinterner Strom als Ursache identifiziert.

Ausblick

Im Rahmen einer frachtabhängigen Echtzeitsteuerung von Kanal und Kläranlage sind an die Mess- und Analyseneinrichtungen besondere Anforderungen gestellt. Als Ergebnis bleibt festzuhalten:

- Grundsätzlich ist die Befestigung der im Medium messenden Sonden zu modifizieren, um den mechanischen Reinigungsaufwand (gerade im Kanal) zu minimieren.
- Der Vergleich mit Laboranalysen bestätigt den guten Zusammenhang zwischen abwassertypischen Messparametern und optischen Informationen wie dem SAK auch an der stark feststoffbelasteten Messstelle „nach dem Rechen“.
- Mit dem eingesetzten Online-Spektrometer werden neue Steuerungs- und Optimierungsmöglichkeiten eröffnet, da dieses neben den prinzipiellen Vorteilen eines Sondensystems qualitativ und quantitativ hochwertige Informationen bereitstellt.
- Es stehen gleichzeitig und kontinuierlich Trübungs-, CSB-, NO₃-N-, SAK-Informationen und vollständige Spektren im Bereich von 200–700nm zur Verfügung.
- Die Trübungsermittlung ist von typischen Störeinflüssen wie Fettablagerungen und „Erblindung“ der Optik unabhängig und zeigt eine gute Korrelation zu den AFS.
- Durch die kontinuierliche Aufzeichnung der Spektren können so Einzel- bzw. Störstoffe identifiziert oder auch Veränderungen der biologischen Reinigungsleistung sehr schnell erkannt und darauf reagiert werden.
- Die aufgezeichneten Online-Spektren sind mit den Labordaten vergleichbar, d.h. die UV/VIS-Sonde liefert kontinuierlich hochwertige Signale.
- Die Einsatzfähigkeit für den Kanal ist durch die Teststellung im Rohabwasser weitgehend nachgewiesen. Eine separate Untersuchungsreihe soll insbesondere den Nachweis zur Betriebsstabilität untermauern. Eine eigene Messstelle im Kanal wird im Anschluss an diese Untersuchungen eingerichtet.
- Im Vergleich zu einfachen SAK-Sonden bietet das UV/VIS-Spektrometer wesentlich mehr Informationen bei ähnlichen Investitionskosten.