

# Energetische Optimierung des gekoppelten Systems

## Abwasserreinigung/Klärgasfaulung

### Einführung von Energieblöcken in die SIMBA-Simulation

*W. Lindenthal, F. Uhlenhut, S. Steinigeweg, A. Borchert, Hochschule Emden/Leer,  
Emder Institut für Umwelttechnik – EUTEC, Constantiaplatz 4, D-26723 Emden*

#### 1.0 Zusammenfassung

Es wurden exemplarisch die baulichen Gegebenheiten und die Ausstattung einer Kläranlage aufgenommen und die Verbrauchsdaten bestimmt.

Aus den ermittelten Werten wurde eine Simulation entwickelt, mit der der Ist-Zustand der Anlage sehr gut abgebildet werden konnte. Durch die Anwendung von Energie-Blöcken konnten auch der Energieverbrauch unterschiedlicher Anlagenteile und der Energiegewinn durch Faulung des Klärschlammes mit anschließender Umsetzung des entstandenen Klärgases in einem Blockheizkraftwerk bestimmt werden.

Es wurden erste Ansätze mit der Simulation der gekoppelten Systeme Abwasserreinigung und Klärschlamm-Faulung durchgeführt, um das Potenzial gerade dieser Kopplung zu ermitteln. Die Ergebnisse dienen dazu, erfolgreich weitere Projektarbeiten zu beantragen.

#### 1.1 Einleitung

Moderne kommunale Kläranlagen bestehen i.d.R. aus einem Belebtschlammverfahren zur Entfernung von Kohlenstoffverbindungen, Stickstoffverbindungen (insb. Ammonium und Nitrat) und Phosphat. Hierzu wird unter erheblichem Energieeinsatz Sauerstoff eingetragen. In der anschließenden anaeroben Schlammfaulung kann ein Teil des Belebtschlammes in Biogas umgesetzt werden.

Bisher werden die Betriebs- und Steuerungsparameter meist konstant gehalten, um die vorgegebenen Ablaufwerte sicher einzuhalten. Eine Reaktion auf schwankende Zulaufmengen wird bei kleineren kommunalen Kläranlagen meist nicht durchgeführt.

#### 1.2 Erste Ergebnisse

Der vorliegende Beitrag stellt ein verbessertes und erweitertes Konzept zur modellgestützten Prozessführung auf Basis validierter Simulationssoftware vor. Auf der Grundlage kontinuierlicher Erfassung der relevanten Abwasserparameter (Zulaufmenge, Gehalt an Nitrat, Ammonium, CSB) wird eine online-Simulation des Kläranlagenzustandes vor dem Hintergrund zu erwartender Belastungsgrößen durchgeführt. Hieraus lassen sich Steuerungsparameter für die Kläranlage (Belüftungsleistung, Belüftungsintervalle, Rezirkulationsrate etc.) ableiten und in Echtzeit umsetzen.

Die Simulation aus Stufe 1 wurde durch Energieblöcke erweitert, die durch Messungen mit einem Stromzangenamperemeter verifiziert wurden. Mit diesen Werten werden verschiedene Szenarien simuliert, um bei Einhaltung der Ablaufwerte die Gesamtanlage (Hauptklärwerk Emden) aus Abwasserklärung und Klärschlammfaulung auf ein energetisches Minimum steuern/regeln zu können. Weiterhin wurden Daten der Stadtwerke Emden (2010 und 2011/12) zum Energieverbrauch des HKW Emden und Daten von Aqualogic zur Steuerung und Regelung der Belebungsbecken ausgewertet und mit dem Modell abgeglichen.

Die Emdener Kläranlage besitzt als Besonderheit eine intermittierende Belüftung: zur Oxidation des Ammoniums wird Luftsaauerstoff eingetragen (Nitrifizierung, aerob), anschließend wird ohne Belüftung das Nitrat zu Stickstoff-Gas reduziert (Denitrifizierung, anoxisch). Das Belebungsbecken wird also in bestimmten Zeitintervallen belüftet und anschließend ohne Belüftung gerührt.

Das Modell wurde erstellt und die simulierten Werte mit den gemessenen Werten in Übereinstimmung gebracht. Anschließend wurden die sehr kurzen Lüftungsintervalle vergrößert und überprüft,

ob die Ablaufwerte so eingehalten werden konnten. Hierdurch konnten ca. 3% des Energieverbrauchs eingespart werden. Daraufhin wurde mit verschiedenen Kombinationen von Sauerstoffkonzentrationen in den beiden Belebungsbecken Simulationsrechnungen durchgeführt. Aus den Ergebnissen der Simulation wurden diejenigen Kombinationen ausgewählt, die akzeptable Ablaufwerte ergaben.

Bei den betrachteten Ablaufwerten handelt es sich um die Konzentrationen an Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), Gesamt-Stickstoff und Chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) im Abwasser, bei denen eine Einleitung in die Ems erlaubt ist. Werden die Werte überschritten, muss das Klärwerk Emden mit Sanktionen rechnen. Die Kombinationen mit den gewünschten Ablaufwerten wurden anschließend mit drei verschiedenen Temperaturen genauer hinsichtlich der Ablaufwerte, besonders aber des Energieverbrauchs, untersucht.

Es stellte sich heraus, dass bei 16 °C und 25 °C in den Belebungsbecken eine sehr effektive Nitrifizierung stattfindet. Daher kann die Sauerstoff-Konzentration sowohl in Belebungszone 1 als auch in Belebungszone 2 von 2 mg/L auf ca. 0,3 mg/L oder noch weniger reduziert werden. Dies bringt eine Energieersparnis von mindestens 30 % mit sich. In der Simulation wird der Sauerstoffgehalt in beiden Belebungszone weiter reduziert werden, um das zum Erreichen der gewünschten Ablaufwerte erforderliche Minimum zu ermitteln.

Bei 8 °C arbeiten die biologischen Systeme nicht mehr so aktiv. Daher müssen ab Temperaturen unter 8 °C die Überwachungswerte nicht mehr eingehalten werden. Es muss überlegt werden, welche Ammonium-Konzentration noch akzeptabel ist. Der Überwachungswert für Ammonium-N liegt bei 10 mg/L, das entspricht 12,16 mg/L  $\text{NH}_4^+$ , so dass ein angestrebter Wert von unter 7 mg/L vernünftig ist. Dies ist mit 1,8 mg/L  $\text{O}_2$ -Konzentration in Belebungszone 1 und 1,5 mg/L in Zone 2 zu realisieren. Hiermit kann eine Reduzierung des Energieaufwandes um 15,88 % erreicht werden.

### 1.3 Publikationen:

Lindenthal, W.; Uhlenhut, F.; Steinigeweg, S.; Borchert, A.; Das gekoppelte System Klär-/Biogasanlage, gwf-Wasser/Abwasser Juli/August 2013, S. 2 - 8

Lindenthal, W., Uhlenhut, F., Steinigeweg, S., Borchert, A., Energieeffizienter Betrieb von Kläranlagen, 20. SIMBA-Anwendertreffen, 29./30. Mai 2013, Leipzig

Lindenthal, W., Uhlenhut, F., Steinigeweg, S., Borchert, A., Optimierung des gekoppelten Systems Klär-/Biogasanlage. GIT Labor-Fachzeitschrift ,4/2012, S. 243 – 245, (2012).

W. Lindenthal, K. Wellbrock "Entwicklung eines Konzeptes zur Steigerung der Energieeffizienz und Betriebssicherheit sowie zur Optimierung des gekoppelten Systems Klär-/Biogasanlage – Einführung von Energieblöcken in die SIMBA-Simulation", 19. SIMBA-Anwendertreffen, 17./18. April 2012, Weimar

Lindenthal, W., Uhlenhut, F., Steinigeweg, S., Borchert, A., Wellbrock, K., Grottker, M. "Entwicklung eines Konzeptes zur Steigerung der Energieeffizienz und Betriebssicherheit sowie zur Optimierung des gekoppelten Systems Klär-/ Biogasanlage", 18. SIMBA-Anwendertreffen, 18. Mai 2011, Magdeburg

Lindenthal, W., Uhlenhut, F., Steinigeweg, S., Borchert, A. "Automatisierte Steuerung von Abwasserreinigungsanlagen – Ein Ausblick" 23. Fachtagung "Norddeutsche Tagung für Abwasserwirtschaft und Gewässerentwicklung", 11. Mai 2011, Lübeck