

# Zusammenfassung

zum Projekt:

Verfahrensvergleich einer anaeroben  
Schlammstabilisierung für die  
KA Neumünster

Hannover, Januar 2008

## 1. Veranlassung

Für die Fragestellung der Möglichkeit zur Errichtung einer Faulungsanlage auf der Kläranlage Neumünster zur Vergärung bzw. Stabilisierung der anfallenden Schlammengen wurde das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Leibniz Universität Hannover (ISAH) beauftragt. Mit der EDV-Modellierung der biologischen Prozesse in den bestehenden Anlagenteilen der Kläranlage sowie der Implementierung einer Vergärungsanlage in das Simulationsmodell sollten die Auswirkungen auf den Kläranlagenbetrieb sowie Möglichkeiten der Steuerung und Optimierung aufgezeigt werden. Im Besonderen wurde die Kapazität der bestehenden Anlage betrachtet, die gelösten Nährstoffe (N- und P- Anteile) aufzunehmen und umzusetzen, die durch das Prozesswasser der Faulungs- und Schlammbehandlungsanlage der Abwasserbehandlung wieder zugeführt werden, was im Folgenden als Rückbelastung bezeichnet wird. Dazu wurden die Nährstoffkonzentrationen aus der möglichen Faulungsanlage modelltechnisch ermittelt. Darauf aufbauend wurden die Auswirkungen auf die Ablaufkonzentrationen der Kläranlage analysiert. Im weiteren Vorgehen sollte die Möglichkeit der Vergärung von Bioabfällen als Co-Vergärung in der betrachteten Faulungsanlage aufgezeigt werden.

## 2. Vorgehensweise

Zunächst wurden im Vorfeld der Modellierung drei verschiedene Belastungsfälle der Kläranlage aus Messdaten ausgewählt, die unterschiedliche Zulaufmengen und Abwassertemperaturen wiedergeben, um maximale und minimale Belastungsszenarien abzudecken. Zunächst wurde dann der IST-Zustand untersucht. Es wurde ermittelt, dass die mittlere Aufenthaltszeit des belebten Schlammes im System (=Schlammalter) der Kläranlage im Winter geringer ist (20-25 d) als im Sommer (>35 d). Daraufhin wurden drei Szenarien erstellt, die mittels der mathematischen Simulation mit den jeweils festgelegten Lastfällen berechnet wurden. Die Variante „0“ umfasst den Ist-Zustand der Kläranlage mit der bestehenden Schlammbehandlung. Die Variante „1“ beschreibt die Implementierung einer Faulungsanlage in das bestehende System. In der Variante „2“ wurde zusätzlich zur Faulungsanlage die Auswirkung eines verringerten Schlammalters betrachtet.

Aus einer vorangegangenen Studie des ISAH zur Kläranlage Neumünster wurde ein bestehendes Modell übernommen. Zunächst erfolgte eine Aktualisierung und Anpassung des Modells anhand der Messdaten. Für die modelltechnische Darstellung des Ist-Zustandes wurden weiterhin die noch nicht vorhandenen Anlagenteile der Schlammwässerung integriert, wobei angenommen wurde, dass der Schlamm auf einen Trockensubstanzgehalt von 35 % eingedickt wird. Das dabei anfallende Überstandswasser wird der unbelüfteten ersten Belebungsstufe der Kläranlage wieder zugeführt (Rückbelastung). Ausgehend vom gewählten maximalen Belastungsfall der Kläranlage im Winter, mit der größten anfallenden Schlammmenge, wurde eine Faulungsanlage vorab dimensioniert, um die maximalen Rückbelastungen für die Kläranlage daraus ermitteln zu können. Es wurde ein Reaktorvolumen von 5.000 m<sup>3</sup> angesetzt, in dem bei rund 35° Celsius über 15 bis 20 Tage die organische Masse des Klärschlammes in Gas umgesetzt wird. Der Faulbehälter wurde ins Modell übernommen

und entsprechend der üblichen Verfahrensordnung zwischen die Schlammeindickung und –entwässerung platziert. Zur Modellierung der Prozesse im Faulbehälter musste ein zusätzliches Modell zur Abbildung der Faulungsprozesse in die Modellumgebung integriert werden. Hierfür war es notwendig geeignete Übergabeknoten zu definieren und in das Gesamtmodell einzubauen.

Mit dem angepassten Anlagenmodell wurden im Weiteren Vorgehen die beschriebenen Varianten mit den jeweiligen Belastungsfällen berechnet, wobei im Vergleich zum Ist-Zustand ermittelt wurde, welche Konzentrationsänderungen durch eine mögliche Faulungsanlage im Ablauf der Kläranlage entstehen können. Die Ergebnisse der Modellierung wurden durch eine Plausibilitätsprüfung verifiziert, wobei die organischen und anorganischen Feststoffe über den gesamten Prozessablauf bilanziert wurden. Dabei ist anzumerken, dass die Simulation auf Basis von Tagesmittelwerten durchgeführt wurde, so dass exakte Übereinstimmungen mit den kontinuierlichen Messwerten nicht erwartet werden kann. Für stationäre Berechnungen (Ziel dieser Untersuchung) auf Basis der Mittelwerte eignet sich das Modell jedoch sehr gut.

Durch den Abbau der Biomasse in der Faulung wird ein Teil der eingelagerten Stickstoff- und Phosphorfracht wieder in Lösung gebracht und gelangt zurück in die biologische Reinigungsstufe der Kläranlage. Es wurde durch Modellrechnungen die Auswirkung dieser Rückbelastung auf die Ablaufwerte der Kläranlage ermittelt. Es wurden dabei die zurückgeführten Mengen an Ammonium und Phosphat berücksichtigt. Zudem wurden die zu erwartenden Gasmengen der Faulungsanlage berechnet.

Zur Bewertung einer Co-Vergärung von Bioabfällen in der Faulungsanlage musste beachtet werden, dass die Menge der anfallenden Bioabfälle sowie die strukturelle Zusammensetzung über das Jahr verteilt stark variiert. Dabei ändert sich die Zusammensetzung von Küchenabfällen, Strauchschnitt, Laub und Rasenschnitt, so dass eine Homogenisierung bzw. Zerkleinerung (< 10 mm des Substrates) zur Vermischung mit dem Klärschlamm vor der Vergärung erreicht werden muss. Es wurden Szenarien mit variierenden Bioabfallmengen (40t/d, 20t/d, 10t/d), die co-vergoren werden sollen, mit unterschiedlichen, abgeschätzten organischen Anteilen betrachtet. Für die Annahme der stofflichen Zusammensetzung und der Inhaltsstoffe wurden Angaben aus der Literatur verwendet.

### **3. Ergebnisse**

Die Auswertungen der Modellierung der Faulung ergaben eine mittlere Abbaurate der organischen Verbindungen im Klärschlamm von 56 %, wodurch sich mit der Betrachtung des Maximallastfalls und der Annahme eines idealen Faulreaktors die zu entsorgenden Schlammengen um durchschnittlich 40 % reduzieren. Dabei ergaben sich nach den verschiedenen Lastfällen zu erwartende Gasmengen von 2.800 bis 4.000 m<sup>3</sup>/d.

Die Modellierung mit der implementierten Faulungsanlage zeigt deutlich eine Auswirkung auf die Rückbelastung der Kläranlage durch eine erhöhte Ammonium-Stickstoff Fracht im Vergleich zum Ist-Zustand. Die Menge entspricht etwa 20 % der Zulauffracht der Faulung, wobei in der Variante „2“ mit einer Verringerung des Schlammalters nur geringe

Veränderungen zur Variante „1“ bestehen. Dabei zeigte sich, dass im Belastungsfall im Sommer und im Trockenwetterfall im Winter die Reinigungskapazität ausreicht, um die Rückbelastung von Ammonium-Stickstoff zu behandeln, die Kapazität zur Behandlung von Nitrat-Stickstoff jedoch limitiert ist, was zu höheren Ablaufwerten der Kläranlage von 6 bis 10 mg/l Nitrat-Stickstoff führt. Dies kann jedoch durch betriebliche Maßnahmen über regelungstechnische Anpassungen kompensiert werden.

Die Berechnung der Phosphat Rückbelastung zeigt, dass schon im Trockenwetterfall im Sommer die Konzentrationen im zurückgeführten Prozesswasser aus der Faulung über 100 mg/l ansteigen können. In der biologischen Reinigungsstufe der Kläranlage kann diese Rückbelastung durch Einspeicherung in der Biomasse (Biologische Phosphor Elimination) vollständig behandelt werden. Durch die hohen Konzentrationen kann es jedoch in den Rohrleitungen im Ablauf der Faulung zu Auskristallisierungen und Ablagerungen von MAP (Magnesium-Ammonium-Phosphat bzw. „Struvit“) kommen. Um eine Verkrustung der Rohrleitungen zu verhindern, wird empfohlen, die Ablaufwerte einer zukünftigen Faulungsanlage zu überwachen, um auf Auskristallisationen von MAP reagieren zu können.

Bei der Betrachtung der Behandlung der gesamten Menge an Bioabfall als Co-Vergärung wäre mit einer Vergärungsdauer von rund 20 Tagen ein zusätzliches Reaktorvolumen von rund 3.200 m<sup>3</sup> zum ermittelten Faulvolumen von 5.000 m<sup>3</sup> erforderlich. Bei einem Anfall von etwa 40 Tonnen Bioabfall pro Tag wäre eine Methangasausbeute von 2.400 m<sup>3</sup>/d theoretisch möglich, was einer Stromerzeugung von 9.562 kWh/d entspricht. Mit der Annahme der verringerten Abfallmengen (50 % und 25 %) reduziert sich das notwendige Volumen und die Gasausbeute entsprechend linear.

Für den Einsatz der Co-Vergärung sind nur unter optimistischen Ansätzen Kapazitäten in der modelltechnisch ideellen Faulung vorhanden. Dies setzt unter Anderem voraus, dass die Bioabfälle weitestgehend homogenisiert, zerkleinert und somit pumpfähig sind. Da die Struktur und die Zusammensetzung einen bedeutenden Einfluss auf die Stabilität der biologischen Faulprozesse und der Endprodukte haben, ergibt sich daraus ein erforderlicher Vorbehandlungsaufwand durch eine weitere Zerkleinerung sowie die Möglichkeit einer Zwischenspeicherung der unterschiedlich anfallenden Substratmengen.

Für eine großtechnische Umsetzung der Faulungsanlage wird eine schrittweise Anpassung des Schlammalters durch einen erhöhten Abzug der Schlammengen empfohlen, was dazu führt, dass die theoretische Aufenthaltszeit des Schlammes im System verringert wird. Dies würde zu einem höheren Gasertrag der Faulung führen, als auch zu einer Verringerung der benötigten Luftmenge in der belüfteten Reinigungsstufe der Kläranlage.