

Zusammenfassung der Master-Thesis:

**„Biologische Teilstrombehandlung zur Steigerung der  
Energieeffizienz“**

vorgelegt von

Matthäus Schallenberg, M. Sc.

**Ausgangssituation:**

Ausgangspunkt für die Erstellung der Master-Thesis ist der im Juni 2011 vom Lippeverband eingereichte Entwurf zum Umbau und zur Sanierung der Schlammbehandlung und Faulgasverwertung, sowie die im Jahr 2013 eingereichte Ergänzung.

Der erste Entwurf sah vor, die Schlammbehandlung der Kläranlage Lüdinghausen an den Stand der Technik anzupassen und eine zeitgemäße Faulgasverwertung durch Integration eines BHKW zu erreichen. Die Ergänzung sieht darüber hinaus einen Umbau der Verfahrenstechnik vor, der zwei wesentliche Aspekte der lokalen Gegebenheiten berücksichtigt.

Zum einen verfügt die Kläranlage Lüdinghausen seit der letzten Erweiterung im Jahre 1990 über ungenutzte Bausubstanzen, wozu eine zweifache Belebungskaskade sowie ein horizontal durchströmtes Nachklärbecken gehören. Zum anderen liegt für den Betrieb eine besonders günstige Abwassersituation vor, die durch den Anschluss an Betriebe der Lebensmittelindustrie einen hohen Gehalt an Kohlenstoff bei gleichzeitig geringem Stickstoffgehalt aufweist. Vor diesem Hintergrund sieht der Ergänzungsantrag vor, die Kläranlage Lüdinghausen in eine Anlage mit zwei biologischen Stufen umzubauen.

## Zielsetzung:

Das Ziel aller Einzelmaßnahmen ist es, zumindest zeitweise einen energieautarken Betrieb auf der Kläranlage Lüdinghausen zu erreichen, ohne diesen mit einer Verschlechterung der Ablaufqualität zu erkaufen. Dabei mussten insbesondere Fragestellungen behandelt werden, die sich mit der Renovation der Verfahrenstechnik und der Sanierung der Faulung auf der Kläranlage Lüdinghausen auseinander gesetzt haben.

## Vorgehensweise:

In erster Linie wurde geprüft, inwieweit sich die vorhandene Bausubstanz für die Integration in das zweistufige Verfahrensschema eignet. Hierfür wurden zunächst die Vorgänge zweistufiger Systeme analysiert, um daraus Erkenntnisse über die entsprechenden Abbaupfade beider biologischer Stufen für den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB), den Gesamtstickstoff ( $N_{ges}$ ) und -phosphor ( $P_{ges}$ ) zu gewinnen. Diese wurden im Nachgang für die Erstellung der Massenbilanzen und der stationären *Sankey*-Diagramme genutzt, wodurch ein Vergleich beider Systeme ermöglicht wurde.

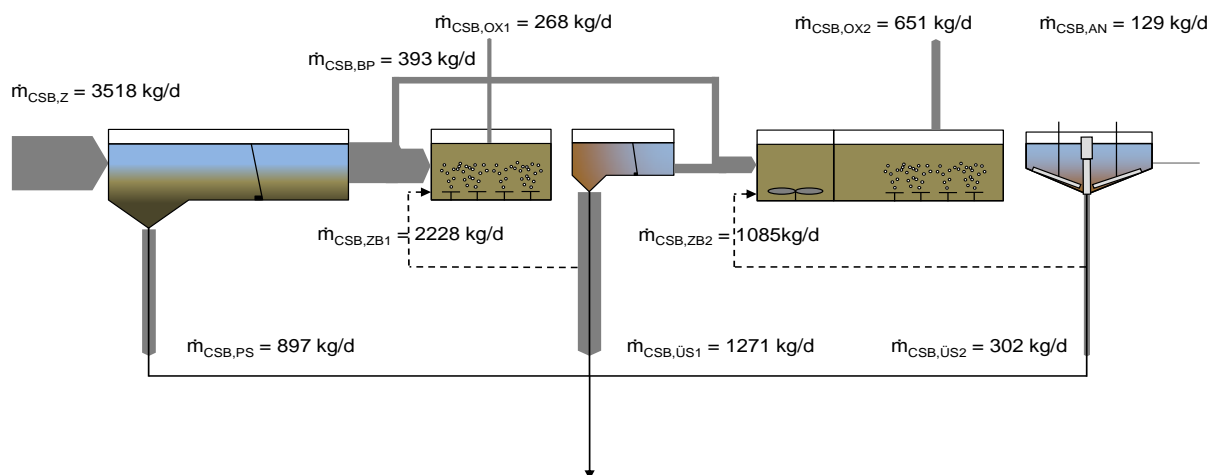


Abbildung 1: *Sankey*-Diagramm für CSB-Massenbilanz in zweistufiger Anlage

Die Bemessung und Bilanzierung zweistufiger Anlagen wurden dadurch erschwert, dass Fragestellungen zu zweistufigen Belebungsanlagen in der Fachliteratur zuweilen unterschiedlich beantwortet werden und teilweise im Widerspruch zu einander stehen. Daher wurde eine Auswertung verschiedener zweistufiger

Verfahren untereinander vorgenommen und in einen allgemeingültigen Konsens überführt, was den Ausgangspunkt für die Bemessung und Bilanzierung ausmachte. In diesem Zusammenhang wurde ebenso geprüft, inwieweit sich das Merkblatt ATV-DVWK-A 131 für die Bemessung von zweistufigen Anlagen eignet. Trotz der Restriktionen, die insbesondere an das geringe Schlammalter  $t_{TS}$  von weit unter vier Tagen und an die hohe Schlammbelastung  $B_{TS} > 0,3 \text{ kg BSB}_5/\text{kg TS} \cdot \text{d}$  geknüpft sind, wurden mittels Simulationen Ergebnisse hervorgebracht, die sich durch eine Plausibilitätskontrolle anhand vorhandener Betriebsergebnisse anderer zweistufiger Anlagen verifizieren lassen.

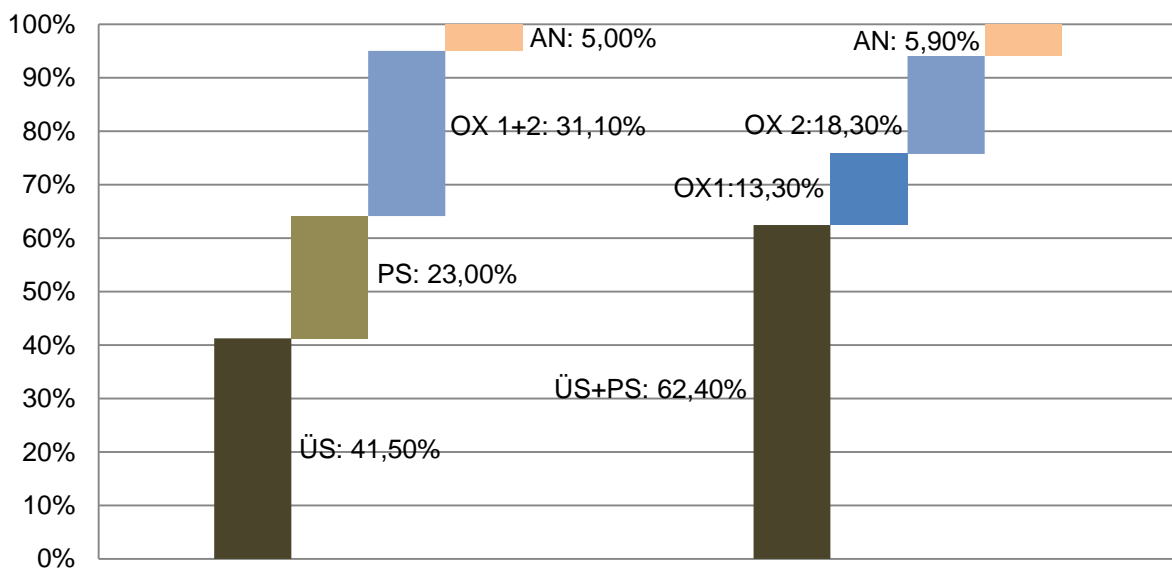


Abbildung 2: Links: CSB-Elimination in zweistufiger Anlage nach Bilanzierung mit ATV-DVWK-A 131  
Rechts: CSB-Elimination auf Grundlage von Messergebnissen der HKW Wien

Da die Ablaufqualität zweistufiger Belebungsanlagen hinsichtlich weitgehender Stickstoffelimination oft in der Kritik steht, war zu prüfen, ob das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis in der zweiten Stufe für eine weitgehende Stickstoffelimination ausreichend ist. Hierfür war es insbesondere erforderlich, den CSB in seine Bestandteile aus gelösten (S) und ungelösten (X) mit den jeweiligen abbaubaren und inerten Fraktionen zu zerlegen und die Erkenntnisse über die Abbaupfade auf die einzelnen CSB-Fractionen anzuwenden, um den Zulauf in die biologische Hauptstufe beziffern zu können.

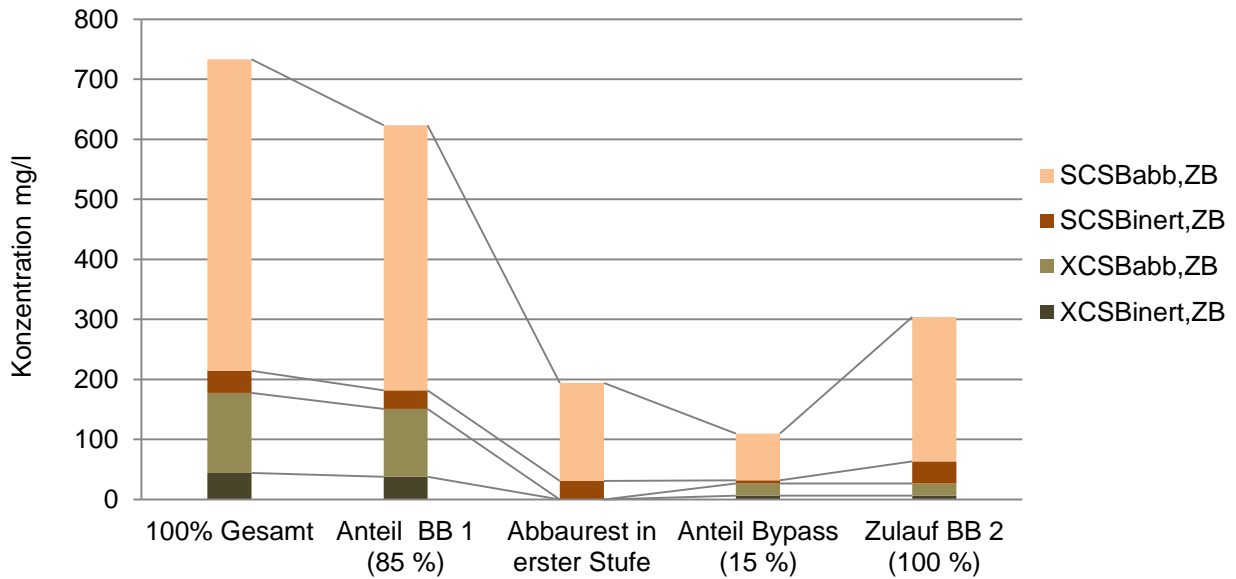


Abbildung 3: CSB-Fractionen als 85 %-Perzentil im Zulauf zur zweiten Belebungsstufe

Die Gegenüberstellung der Massenbilanzierungen der einstufigen und zweistufigen Modellanlage ließ Schlussfolgerungen auf das Energieeinsparpotenzial sowie der Steigerung der Energieproduktion zu. Insbesondere nachdem herausgestellt werden konnte, dass ein linearer Zusammenhang zwischen dem CSB-Zulauf zum Faulturm und der Biogasproduktion vorliegt, sodass von einer relativ genauen Abbildung der zu erwartenden Gasmenge auszugehen ist. Zusätzlich wurden Simulationen anhand der Gasertragskurven nach *Kapp* für eine Mindestproduktionsmenge durchgeführt, die den für das Fazit maßgebenden Biogasanfall abbildet.

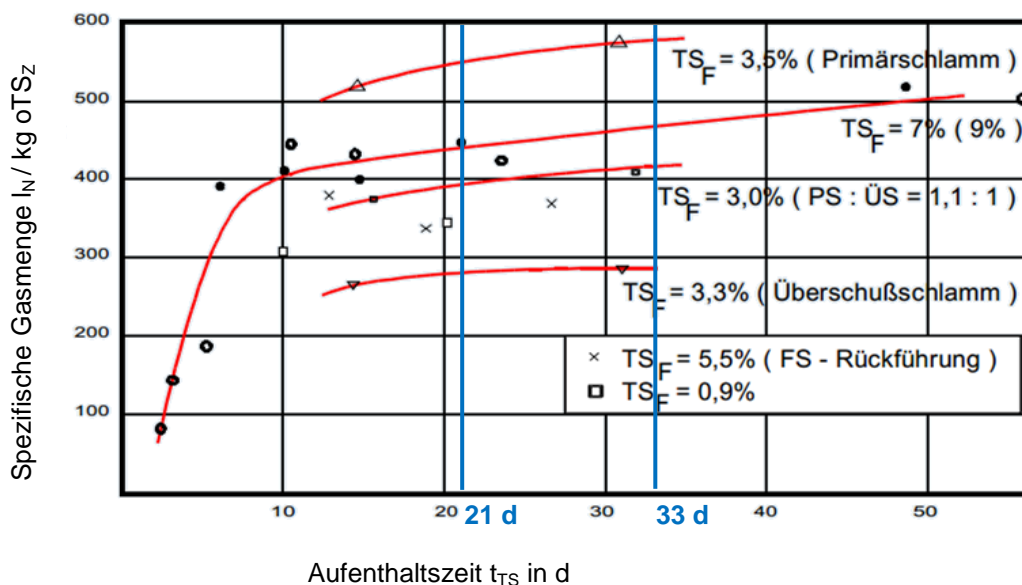


Abbildung 4: Spezifischer Gasanfall in Abhängigkeit von Aufenthaltszeit und Schlamm

## **Fazit:**

Nach Gegenüberstellung aller gesammelten Daten und Simulationsergebnisse bleibt festzuhalten, dass für den stationären Zustand eine Deckung von rund 89 % des Eigenenergiebedarfs möglich ist. Da der Nachweis jedoch auf Grundlage des minimalen Biogasanfalls geführt wurde und es sich bei dem System der Kläranlage um ein dynamisches System mit wechselnden Zulaufbedingungen handelt, kann durchaus von einem zeitweise energieautarken Betrieb durch den Umbau in ein zweistufiges System ausgegangen werden.

Hinsichtlich der Ablaufqualität wird davon ausgegangen, dass aufgrund des größeren CSB-Umsatzes bessere Ablaufqualitäten erreicht werden. Die höhere Schlammproduktion in der biologischen Vorstufe führt darüber hinaus zu einer höheren Inkorporation von Stickstoff und Phosphor in den Belebtschlamm, was sich insgesamt positiv auf  $N_{ges}$  und  $P_{ges}$  auswirkt. Die Ablaufqualität für  $N_{ges}$  bleibt den Berechnungen zufolge im zweistufigen Betrieb gleichwertig, da die zweite biologische Stufe ausreichend Bausubstanz für eine weitgehende Stickstoffelimination bietet. Mit Blick auf  $P_{ges}$  muss eine gleichbleibende Ablaufqualität jedoch zusätzlich erkaufte werden. Den Berechnungen zufolge verdoppelt sich die zu fällende Menge Phosphor, was mit einer Verdopplung des Fällmittelbedarfs und den damit verbundenen Kosten einhergeht.

Werden die Betriebskosten einer konventionellen einstufigen Anlage mit denen der zweistufigen Modellanlage verglichen, so stellt sich zudem nur ein geringerer wirtschaftlicher Vorteil heraus, als es die hohe Deckung des Eigenenergiebedarfs vermuten ließe. Hohe Investitionskosten und die damit einhergehenden langen Amortisationszeiten machen den Umbau für den Betreiber mittelfristig unattraktiv. Auf langfristige Sicht sollten jedoch die immer weiter steigenden Strompreise und die Versorgungssicherheit durch die selbst erzeugte Elektrizität die Hauptargumente für den Umbau in ein zweistufiges System ausmachen.