Optimierung der biologischen Reinigungsstufe

Am Beispiel der Kläranlage Markt Schwarzenfeld wird aufgezeigt, wie stark regelungstechnische Maßnahmen die Abbauprozesse in Klärwerken beeinflussen können und wie erfolgreich die Verrechnung der Abwasserabgabe mit den Investitionsaufwendungen sein kann.

Das Objekt Die technischen Daten der Kläranlage

Bemessung nach:	
BSB N P	14.000 EW 20.000 EW 25.000 EW
Qt	3.500 m³/d
Qm	10.000 m³/d
Belebungsbecken	8.100 m³
Nachklärung	2 x 1.800 m³

Das Abwasser im Zulauf zur Kläranlage in Markt Schwarzenfeld erweist sich als echte Herausforderungen für die Aufbereitung. Ein biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB), der etwa 14.000 Einwohnerwerten (EW) entspricht, trifft auf eine Stickstoff-Fracht von rund 20.000 EW. Hinzu kommt noch eine Phosphorbelastung von etwa 25.000 EW. Verantwortlich für diese ungleichmäßige Zusammensetzung ist das vorbehandelte Abwasser aus einer Molkerei. Diese Vorbehandlungsstufe entlässt relativ wenig BSB, dafür aber mehr als 50 Prozent der gesamten Stickstoff-Fracht im Kläranlagenzulauf. Positiver Nebeneffekt: Da es sich um warmes Wasser handelt, liegen die Wassertemperaturen in der Belebung immer über 11 Grad Celsius (**Abbildung 1**).

Abbildung 1 Belebungsbecken in Markt Schwarzenfeld. Warmes, aber schwieriges Abwasser.

Autor: Manfred Beck
ELO Consult GmbH • Kochstraße 23 • 93077 Bad Abbach • Telefon (0 94 05) 95 55-20 • manfred.beck@elo-consult.de • www.elo-consult.de

Nach der mechanischen Reinigung auf der Kläranlage gelangt das Abwasser infolge ungünstiger Strömungsverhältnisse im Verteilerbauwerk in einem Verhältnis von 70:30 in die jeweils vorgeschaltete Denitrifikationsstufe der zweistraßigen Anlage. Zudem verhindern geringe Verweilzeiten bei gleichzeitig niedrigen BSB-Werten eine ausreichende Denitrifikationsleistung. Im folgenden belüfteten Teil schließlich sorgt eine einzige Sauerstoff-Leitung (O_2) für eine gleichmäßige Versorgung der beiden ungleichmäßig beschickten Straßen – mit Unterschieden von bis zu 5 mg/l O_2. Die Folge: Ein Gesamt-Stickstoff-Wert von 12-18 mg/l N im Ablauf und ein spezifischer Energieverbrauch von 0,40 kWh/m³ Abwasser.

Anlagenoptimierung durch Umbau im Verteiler

Die Abwasserzusammensetzung konnte natürlich nicht beeinflusst werden, aber durch eine einfache Umbaumaßnahme im Verteilerbauwerk wird das Abwasser jetzt gleichmäßig auf die beiden Straßen verteilt. Der Wechsel von vorgeschalteter Denitrifikation zu intermittierendem Betrieb erzeugt wesentlich größere Denitrifikations-Kapazitäten und ermöglicht in langen unbelüfteten Phasen trotz C-Mangels einen wirkungsvollen Stickstoffabbau. Getrennte Sauerstoffleitungen und zwei Ringkolbenventile

Leistungsdaten: Parameter	vorher	nachher
N_{ges} (mg/l)	12-18	<5
CSB (mg/l)	50	20-30
P_{ges} (mg/l)	2	1
Energieverbrauch (kWh/m³)	0,40	0,28

Sinnvolle Investition
Die Leistungsdaten belegen im Vergleich eine beeindruckende Bilanz

Abbildung 2 Betriebsleiter Thomas Hutz kontrolliert die beiden Ringkolbenventile regelmäßig.

(**Abbildung 2**) erlauben einem Fuzzy-Regler (intelligentes, selbstlernendes Regelungssystem) die belastungsabhängige Sauerstoffversorgung. Mitverantwortlich für alle diese Veränderungen ist die ELO Consult GmbH.

Keine Regelung ohne ProzessMesstechnik

In beiden Straßen messen Sonden den Sauerstoffgehalt. Im Auslauf der Belebung werden Ammonium und Nitrat kontinuierlich bestimmt. (**Abbildung 3**, Anlagenschema). Nur mit den Messwerten dieser Geräte als direkte Rückkoppelung kann eine Regelung effektiv arbeiten.

Erfolgsgeheimnis Fuzzy-Regler

Die Ganglinien vom 27. und 28.06.2007 in **Abbildung 3** zeigen sehr anschaulich die Unterschiede zu Zeit- und 2-Punkt-Regelungen. Eine reine Zeitsteuerung kennt nur feste Ein- und Ausschaltzeiten, völlig unabhängig von der aktuellen Belastungssituation. Die 2-Punkt-Regelung schaltet bei Überschreitung eines oberen Grenzwertes für Ammonium zu und bei Unterschreitung eines unteren Grenzwertes wieder ab (umgekehrt beim Parameter Nitrat). Diese Grenzwerte sind fest, unabhängig von der tatsächlichen Belastung der Anlage und damit selten die idealen Schaltpunkte. Ein Fuzzy-Regler berücksichtigt neben dem absoluten Messwert auch den Konzentrationszuwachs pro Zeiteinheit (Anstiegsverhalten der Ganglinie). Dieser Regler schaltete in den späten Abendstunden des 27.06. (**Abbildung 3**) die Belüftung für beide Straßen komplett ab. Die Ammonium-Konzentration stieg, aber sehr langsam. Der Nitratgehalt lag bei sehr geringen 2 mg/l NO_3-N. Energiesparend nutzt der Fuzzy-Regler jetzt die maximale Ausschaltzeit und belüftet erst am nächsten Tag ab ca. 0,8 mg/l NH_4-N alternierend. Die alternierende Fahrweise verhindert Belastungsspitzen und damit eine Bestrafung über die Stromrechnung.

>>

Abbildung 3
In jeder Straße wird der Sauerstoffgehalt separat bestimmt, Ammonium und Nitrat gemeinsam im Ablauf der Biologie (**Schema**).
Basierend auf diesen Messwerten erarbeitet der Fuzzy-Regler die wirtschaftlichste Belüftungsstrategie (**Diagramm**).

Fazit: Finanzierung durch Stickstoffreduzierung

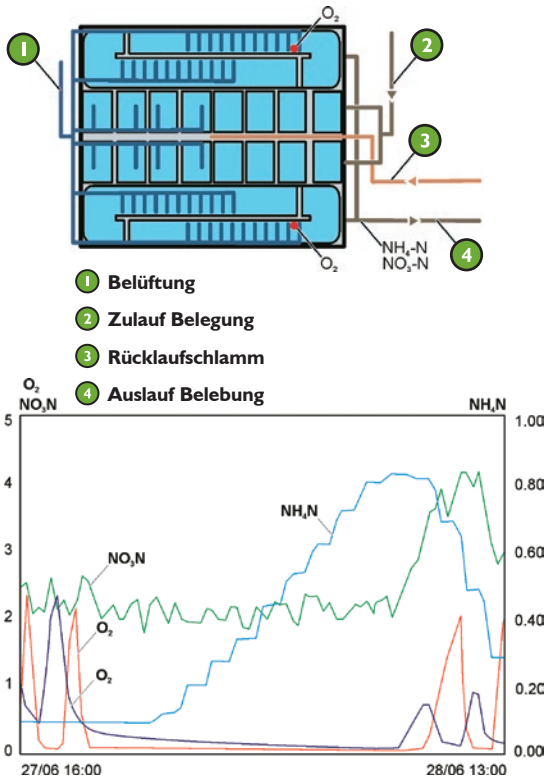
30 Prozent geringere Energiekosten (von 0,40 kWh/m³ auf 0,28 kWh/ m³ Abwasser), im Ablauf weniger als 5 mg/l N und ein CSB unter 30 mg/l sind eindrucksvolle Zahlen, die die Leistungsfähigkeit dieses Regelungssystems überaus deutlich zum Ausdruck bringen. Die Zusammenarbeit zwischen der Kläranlage Markt Schwarzenfeld und der ELO Consult GmbH macht sich somit nachhaltig bezahlt. Dabei gab es diese Anlagenoptimierung sogar zum Nulltarif, wie die Auflistung der Finanzierung zeigt (**Abbildung 4**). Die erfolgreiche Stickstoffreduzierung um mehr als 20 Prozent führte zu einer Rückerstattung an Abwasserabgabe, mit der rund 85 Prozent der Investitionskosten abgedeckt waren. Nebeneffekt dieser Optimierungsmaßnahme: Die verbesserte biologische Phosphorelimination führte zu einer Reduzierung des Pges und des CSB um jeweils 50 Prozent. ■

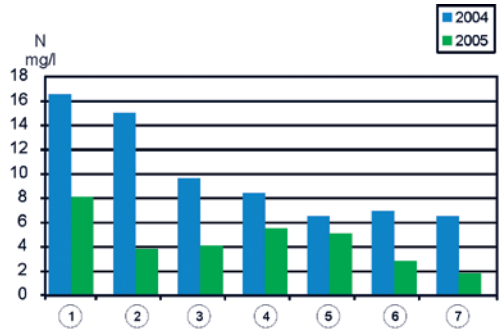
Abbildung 4 Optimierung zum Nulltarif dank Rückerstattung der Abwasserabgabe

Finanzierung	
Investition	**-120.158 €**
Rückerstattung 2001*	9.806 €
Rückerstattung 2002*	40.388 €
Rückerstattung 2003*	28.676 €
Rückerstattung 2004*	23.368 €
Zwischenbilanz	**-17.920 €**
Energieeinsparung jährlich	ca. 14.600 €
Minderung Abwasserabgabe	23.450 €

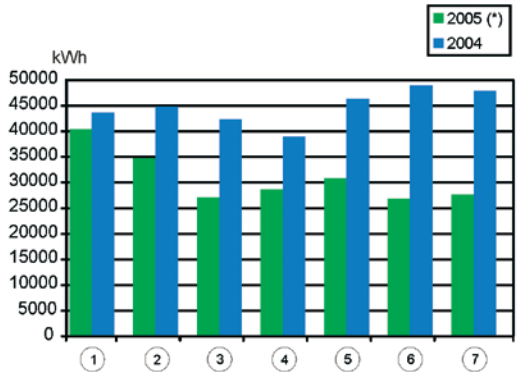
*durch Stickstoffreduzierung um mehr als 20 Prozent

Zweistraßige Belebung mit Prozess-Messtechnik





Deutlicher Rückgang der Stickstoff-Fracht in den ersten sieben Monaten der Jahre 2004/2005 **(oben)**.
Zeitgleich konnte der Stromverbrauch erheblich gesenkt werden (*). Rechnerisch basierend auf der Abwassermenge 2004 **(unten)**.



Autor: Manfred Beck
ELO Consult GmbH • Kochstraße 23 • 93077 Bad Abbach • Telefon (0 94 05) 95 55-20 • manfred.beck@elo-consult.de • www.elo-consult.de