

## **Klimaschutzteilkonzept für den Bereich klimafreundliche Abwasserentsorgung der Verbandskläranlage Eisenach des Trink- und Abwasserverbandes Eisenach-Erbstromtal (TAVEE)**

*Studie zur Energie- und Betriebsoptimierung der Kläranlage Eisenach OT Stedtfeld*

**Gefördert durch eine Zuwendung aus dem Sondervermögen „Energie- und Klimafonds“, Einzelplan 60, Kapitel 6092, Titel 68605, Haushaltsjahr 2013**

**Förderkennzeichen: 03KS5706**

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit



NATIONALE  
**KLIMASCHUTZ**  
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages**

[www.bmu-klimaschutzinitiative.de](http://www.bmu-klimaschutzinitiative.de)

[www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen](http://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen)

Am 03.07.2013 erhielt der TAV den Zuwendungsbescheid für die oben genannte Maßnahme. Vom September 2014 bis August 2014 wurde durch das Ingenieurbüro Lopp aus Weimar die Studie erarbeitet. Gemeinsam mit dem Ingenieurbüro Lopp haben die Mitarbeiter des TAV die erforderlichen Daten zur Erstellung der Studie zusammengetragen.

## **Die Idee der Energie und Betriebsoptimierung der Kläranlage**

Der Betrieb von Kläranlagen ist eine der energieintensivsten Bereiche in den Kommunen.

Der Trink- und Abwasserverband hat ein Ingenieurbüro damit beauftragt, eine Studie zur Energie- und Betriebsoptimierung der Kläranlage Eisenach vorzunehmen. Ziel dieser Studie ist es, sinnvoll Energie zu sparen und dadurch kostengünstiger das Abwasser zu reinigen. Dieses Ziel verlangt eine gesamtheitliche Betrachtung der Kläranlage mit Fokus auf Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit. Die Studie soll darüber hinaus dem TAV als Ausgangspunkt für Sanierungsmaßnahmen, der inzwischen über 20 Jahre alten Maschinenteknik, dienen.

Die Studie gliedert sich in zwei Teile:

- Maschinentechnische Optimierung mit dem Ziel, Handlungsempfehlungen abzuleiten, die den aktuellen Energieverbrauch dem Energiebedarf nach heutigen Bemessungsregeln anpassen
- Verfahrenstechnische Optimierung mit dem Ziel, optimierte Betriebsweisen zu ermitteln, die den Energieverbrauch senken und die Effizienz der Kläranlage steigern.

## Beschreibung der Anlage

Die Kläranlage Eisenach-Stedtfeld wurde 1993 in Betrieb genommen. Gegenwärtig ist die Anlage für 95.000 EW ausgelegt und wird simultan aerob stabilisierend betrieben. Die Platzverhältnisse und die Anordnung der Anlagenteile ermöglichen die Erweiterung um eine vierte Belebungsstraße inklusive Nachklärung. Zusätzlich ist die Einbindung von Bio-P-Becken, vorgeschalteten Nitrifikationsbecken und Vorklärbecken (zur Umstellung auf anaerobe Schlammbehandlung) vorbereitet.

Mittels Zulaufpumpwerk, bestehend aus einer Trockenwetter- und zwei Regenwetterförderschnecken wird das Rohabwasser in ein zweistraßiges Rechenhaus zur Grobstoffabscheidung befördert. Es schließt sich ein zweistraßiger belüfteter Langsandfang an. Über Haupt- und Nebenverteiler folgt eine Aufteilung in aktuell drei parallele Reinigungsstrecken bestehend aus je einem Belebungsbecken und einem Nachklärbecken. Die als Umlaufbecken realisierten Belebungsbecken fassen jeweils rund 8.400 m<sup>3</sup>. Der Trockensubstanzgehalt wird zwischen 3,8 bis 4,5 g/l gefahren. Der Sauerstoffeintrag wird durch vier Mammutrotoren pro Becken realisiert. Zur Durchmischung sind je vier Tauchmotorrührwerke installiert. Nach dem Sandfang und im Ablauf der Belebung zur Nachklärung ist eine Fällmitteldosierung zur Phosphat-Fällung installiert. Der abgezogene Schlamm der Nachklärung wird über ein Rücklaufschlammumpwerk, ausgestattet mit drei Förderschnecken, zum Belebungsbecken zurückgeführt. Hier erfolgt auch das Abziehen des Überschussschlammes. Der Schlammindex beträgt im Mittel 100 ml/l. Das Einleitbauwerk in den Vorfluter ist gleichzeitig durch ein Hochwasserpumpwerk gegen Hochwasser gesichert. Die Schlammmentwässerung erfolgt zunächst über statische Eindicker. Anschließend wird mittels Zentrifuge und Zugabe von polymerem Flockungsmittel ein Trockensubstanzgehalt von ca. 22 bis 24 % erreicht. Betrieb. Die Verwertung des entwässerten Schlammes findet derzeit allein landbaulich statt.

## Energieanalyse

Als grobes Instrument der energetischen Bestandsaufnahme gilt der Energiecheck gemäß DWA-A 216 [2]. Dabei wird der Gesamtenergieverbrauch untersucht und mit Kläranlagen gleicher Größenklasse verglichen.

Die Belastung im Zulauf zur Kläranlage Eisenach, ohne Berücksichtigung der internen Rückbelastungen, beträgt durchschnittlich 68.350 EW. Es resultiert somit die Größenklasse 4. Der elektrische Jahresenergieverbrauch wurde für das Jahr 2012 beträgt 2.681.720 kWh / a. **Der einwohnerspezifische Energieverbrauch errechnet sich zu 39,2 kWh / (E\*a).** Etwa 63 % der Kläranlagen der Größenklasse 4 unterschreiten aktuell den einwohnerspezifischen Wert von 39,2 kWh / (E\*a). Die Kläranlage liegt somit elektroenergetisch im Mittelfeld, hat aber durchaus Optimierungspotenzial. **Für das Jahr 2013 betrug der Energiepreis 16,7 c/kWh netto bzw. 19,873 c/kWh brutto.**

## Optimierungspotential

In der vorliegenden Studie werden maschinentechnische und verfahrenstechnische Maßnahmen benannt, um eine Energiebedarfsreduzierung von bis zu ca. 477.051 kWh/a herbeizuführen. Unter Umsetzung einer Faulungsstufe können zusätzlich bis zu ca. 1.560.768 kWh/a eingespart werden. In Summe entspricht dies bis zu 2.037.819 kWh/a. Bezogen auf die Anlagenbelastung von 68.350 EW im Zulauf zur Kläranlage ohne interne Rückbelastungen ergibt sich der einwohnerspezifische Energieverbrauch von 32,25 kWh/ (E\*a) ohne Faulungsstufe. Mit Faulungsstufe von können bis zu 9,42 kWh/ (E\*a) erreicht werden. Dieser Wert stellt hier eine rechnerische Obergrenze unter optimalen Rahmenbedingungen dar.

Unter zusätzlicher Umsetzung einer Faulung wäre die Kläranlage Eisenach unter den 5% der energieeffizientesten Kläranlagen zu finden (Stand 2013).

Hierbei ist zu beachten, dass aktuell in erhöhtem Maße Energieoptimierungen auf Kläranlagen durchgeführt werden. Deshalb wird es in den nächsten Jahren einen zahlenmäßigen Anstieg von hoch effizienten Anlagen geben. Die Platzierung unter den besten 5 % ist deshalb nur temporär.

## **Die Studie zur Energie- und Betriebsoptimierung der Kläranlage Eisenach OT Stedtfeld**

Im Folgenden erhalten Sie eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse der Studie. Es ist selbstverständlich möglich die gesamte Studie einzusehen. Bitte vereinbaren Sie dazu einen Termin beim TAV. Ansprechpartnerin ist Frau Nagel, Tel.: 036928/961-422.

### Empfehlungen für den Austausch von Maschinenteknik

#### *Zulaufpumpwerk*

Das Zulaufpumpwerk besteht aus 3 Schneckenrotpumpen. Davon ist eine als Trockenwetterschnecke mit einer maximalen Fördermenge von 666 l/s im Dauerbetrieb. Die anderen Schnecken dienen als Regenwetterschnecken und können jeweils maximal 896 l/s fördern.

Empfehlung: Aus den Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass Schneckenpumpwerke im Gesamtenergieverbrauch gleichwertig mit Kreiselpumpen sind. Vor allem im Zulauf von Kläranlagen überwiegen hier zusätzlich betriebstechnische und wartungstechnische Vorteile der Schnecken. Es wird empfohlen das Zulaufpumpwerk wie bestehend weiter zu betreiben. Ein Motortausch ist aus planerischer Sicht nicht empfehlenswert. Der Tausch der Trockenwetterschnecke gegen eine Neue mit angepasster Förderleistung ist aus energetischer und monetärer Sicht zu empfehlen. Bei Ausführung ist hier die Gesamtförderleistung mit dem maximal zu erwartenden Regenwetterzufluss abzustimmen.

Bei der aktuellen Trockenwetterschnecke wurde für den betrachteten Zeitraum 586 kWh/d Energiebedarf ermittelt. Es kann bei 5,4 m Förderhöhe auch eine kleinere Trockenwetterschnecke mit 431 l/s Förderleistung und 1,4 m Durchmesser eingebaut werden. Der tägliche Energiebedarf gem. der betrachteten Ganmlinien kann hierbei auf ca. 520 kWh/d reduziert werden. **Dies entspricht einer Einsparung von 24.090 kWh/a.** Die Tatsache, dass durch die Schneckenerneuerung, zumindest in den ersten 5 Jahren, ein verminderter Rückfluss im Spaltmaß zu erwarten ist, begünstigt zusätzlich das Einsparpotenzial.

#### *Rücklaufschlammumpwerk*

Im Tagesverlauf werden Spitzenfördermengen von 300 bis 400 l/s regelmäßig erreicht. Mit 779 l/s ist eine einzelne Förderschnecke vergleichsweise groß dimensioniert. Bei einer aktuellen Rücklaufschlammumpwerk wurden durchschnittlich 302 kWh/d Tagesenergiebedarf ermittelt. Bei 2,6 m Förderhöhe auch eine kleinere Trockenwetterschnecke mit 431 l/s Förderleistung und 1,4 m Durchmesser eingebaut werden. Der tägliche Energiebedarf kann hier auf ca. 253 kWh/d reduziert werden. Dies entspricht einer Reduzierung von 16,2 %. **Dies entspricht einer Einsparung von 13.867 kWh/a und folglich 2.755 €/a brutto.** Ein Schneckentausch kann mit ca. 40.000 € brutto angesetzt werden. Die Amortisationszeit würde bei 0% Energiepreissteigerung 15 Jahre und bei 5% Energiepreissteigerung ca. 11 Jahre betragen.

Empfehlung: Es wird empfohlen unter energetischen Gesichtspunkten eine Rücklaufschlammschnecke auszutauschen.

### *Schlammmentwässerung*

Durch den TAV wurden Wirkleistungsmessungen an der bestehenden Zentrifuge durchgeführt. Es konnte ein spezifischer Stromverbrauch von 2,33 kWh/m<sup>3</sup> Schlamm ermittelt werden. Neue Zentrifugen haben aktuell Verbrauchswerte von 1 bis 1,6 kWh/m<sup>3</sup>. Auch nach Aussagen des Herstellers können durch neue Zentrifugen bis zu 50% Energie eingespart werden. In der hier vorliegenden Rechnung werden 30% als sicher zu erreichende Verbesserung angesetzt. **Die Jahresentwässerungsmenge beträgt gem. übergebenen Daten ca. 47.000 m<sup>3</sup>. Dies entspricht einem Energieaufwand von ca. 109.510 kWh/a. Die angenommene energetische Einsparung entspricht somit 32.853 kWh/a und gleichsam 5.486 €/a netto (6.528 € a brutto). Dagegen sprechen Investitionskosten von ca. 500.000 €.**

Empfehlung: Der Weiterbetrieb der abbeschriebenen Bestandszentrifugen und die Erneuerung der Zentrifugen sind bezüglich des Nutzwertes nicht gleichwertig. Der Weiterbetrieb des Bestandes birgt unvorhergesehene und vor allem unschätzbare Reparaturkosten. Im Sinne der Energieeinsparung und Betriebssicherheit sollten die Zentrifugen, sobald möglich, erneuert werden. Die Auswahl der neuen Aggregate sollte in jedem Fall mittels Entwässerungsversuchen vor Ort erfolgen. Vor allem bei einer möglichen Förderung ist der Austausch der Zentrifugen aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht, zeitlich vorzuziehen. Denkbar ist auch der Austausch von nur einer Zentrifuge und der Beibehaltung eines Bestandsaggregates als Reserve (Kostenentwicklung gem. Variante mit 50% Förderung). Sollte dann noch eine Förderung möglich sein so ergeben sich Amortisationszeiten zwischen 5 und 8 Jahren. Das ist in jedem Fall zu empfehlen.

### *Außenbeleuchtung*

Aus wirtschaftlicher Sicht wird nicht empfohlen, die Außenbeleuchtung auf LED-Technik umzurüsten. Die Amortisationszeit beträgt in etwa die Lebensdauer der Leuchtmittel. Es wird aber empfohlen bei defekt der Bestandsleuchten sukzessiv auf LED-Technik umzurüsten.

## Empfehlungen für Verfahrens- und Regelungstechnische Optimierungen

### *Sandfang*

Es wird empfohlen die vorhandene Zulaufmessung softwareseitig mit den Frequenzumrichtern der Sandfangebläse zu koppeln. Bei geschätzten Kosten für die Umstellung der SPS von ca. 7.000 € brutto würde sich die Maßnahme monetär binnen ca. 3 Jahren amortisieren.

### *Belebungsstufe*

Es wird empfohlen die Zulaufverteilung sowie die Mess- und Regeleinrichtungen zur Gleichverteilung des Zulaufes und zur optimalen Messwerterfassung zu sanieren. Im Belebungsbecken 1 ein Leitschild zu montieren. Die Belüftung und Umwälzung, durch das Testen alternativer Betriebsweisen, im Betrieb zu optimieren.

### *Rücklaufschlammumpwerk*

- 1) Optimierung der hydraulischen Gegebenheiten
- 2) Automatische Steuerung der RS-Fördermenge

## *Verfahrensumstellung auf Faulung*

Als grobe Ersteinschätzung lässt sich sagen, dass bei den errechneten betrieblichen Einsparungen von ca. 291.533 € im Jahr und Investitionskosten von 7,33 Mio bis 8,47 Mio € Amortisationszeiten (bei 0% Energiepreissteigerung und ohne Diskontierungen) von 21 bis 24 Jahren resultieren. Hierbei sind die erforderlichen maschinentechnischen Reinvestitionen noch nicht mit eingerechnet. Die hohen Investitionskosten zu Nachrüstung einer Faulungsstufe verursachen ein hohes investives Risiko. Die Entwicklung von Preissteigerung und Realzins wirkt hier maßgebend auf die Amortisationszeit. Diese ist selbst unter guten Rahmenbedingungen bei der Basisvariante nicht unter 44 Jahren und bei der baukostenoptimierten Variante nicht unter 38 Jahren zu erwarten.

Unter Voraussetzung einer Förderung ist die Amortisation innerhalb der Nutzungsdauer auch in ungünstigen Kombinationen von Preissteigerung und Realzinssatz innerhalb von 36 Jahren absehbar. Nur im Fall einer Förderung ist die Investition in eine Faulungsstufe empfehlenswert.



---

Für Rückfragen im Zusammenhang mit dem Konzept zur Energie und Betriebsoptimierung der Kläranlage steht Ihnen der zuständige Bearbeiter gern zur Verfügung:

<b>Bearbeiter</b>	<b>Durchwahl</b>
Frau Nagel	...422

---

Trink- und AbwasserVerband Eisenach Erbstromtal  
Am Frankenstein 1  
99817 Eisenach

: 03 69 28 / 961 - 0  
: 03 69 28 / 961 - 444  
info@: info@tavee.de