

**Jahresbericht 2005, 2. Dezember 2005**

# Projekt

## Messprogramm energetisch optimierter biologischer Reinigungsstufen auf ARA

Autor und Koautoren	Beat Kobel, Stefan Kempf
beauftragte Institution	Ryser Ingenieure AG
Adresse	Engestrasse 9, 3000 Bern 26
Telefon, E-mail, Internetadresse	031 560 03 03, <a href="mailto:stefan.kempf@rysering.ch">stefan.kempf@rysering.ch</a> , <a href="http://www.rysering.ch">www.rysering.ch</a>
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	100673 / 151077
Dauer des Projekts	19. Juli 2004 bis 30. November 2006

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Kerngrössen (Energieverbrauch der biologischen Reinigungsstufen und die Frachten des biochemischen Sauerstoffbedarfes BSB<sub>5</sub> bzw. Ammonium NH<sub>4</sub>-N) wurden im Jahr 2005 für die beiden Verfahren Wirbelbett und Festbett zuverlässig erfasst.

Die Reinigungsleistungen beider Verfahren sind miteinander vergleichbar. Der spezifische Energieverbrauch der Verfahren liegt bezogen auf den Einwohnerwert EW erwartungsgemäss höher als der Richtwert für herkömmliche Belebungsverfahren. Der spezifische Energieverbrauch des Wirbelbettverfahrens liegt höher als jener des Festbettverfahrens, wobei letzteres im Jahr 2005 bereits wesentlich energetisch optimiert werden konnte.

Die Voraussetzungen für eine Aufnahme der ARA Wädenswil als Vertreter eines Membranverfahrens ins Messprogramm sind gegeben. Wir schlagen vor, die Messungen auf der ARA Wädenswil durchzuführen. Die Inbetriebnahme der neuen Membrananlage erfolgt im Dezember 2005. Ab Frühjahr 2006 werden aussagekräftige Daten von der ARA verfügbar sein.

Die Arbeiten im Jahr 2006 umfassen die weitere Erfassung der Daten, die Verfeinerung der Auswertung und das Ausarbeiten von Energieoptimierungsmassnahmen sowie das Erstellen des Schlussberichtes.

Wir beantragen eine Fristerstreckung für den Schlussbericht von 30. April auf 30. November, damit für den Schlussbericht zuverlässige Daten der ARA Wädenswil von mindestens 6 Monaten vorliegen und verwendet und allenfalls erste Resultate von Energieoptimierungen aufgezeigt werden können.

## Projektziele

Die Gebläse zur Belüftung der biologischen Reinigungsstufe sind die grössten Stromverbraucher auf Kläranlagen. Sie verbrauchen alleine etwa gleich viel Strom wie alle Schulen in der Schweiz. Optimierungsmöglichkeiten liegen bei der Regelung/Steuerung der Gebläse, bei der Wahl der Belüftungssysteme und – mit weit grösserem Einfluss – bei der Wahl des Verfahrens. Bei Sanierungen von bestehenden biologischen Reinigungsstufen kommen heute das herkömmliche und weit verbreitete Belebtschlammverfahren aber auch neuere Verfahren wie Wirbelbett-, Festbett- oder Membranverfahren in Frage.

In den nächsten Jahren müssen viele Kläranlagen ihre biologischen Reinigungsstufen sanieren. Über den Energieverbrauch der neueren Verfahren liegen noch wenige Beurteilungen vor. Das Projekt „Messprogramm energetisch optimierter Belebungsverfahren auf ARA“ will anhand von konkreten Messungen auf Kläranlagen Grundlagen erarbeiten, damit die verschiedenen biologischen Reinigungsstufen auch bezogen auf den Energieverbrauch bewertet werden können.

Ziel ist, dass bei zukünftigen Sanierungen von Kläranlagen die Wahl des biologischen Reinigungsverfahrens auch bezüglich Energieverbrauch erfolgen kann. Damit ist eine weitere Voraussetzung geschaffen, Kläranlagen energetisch zu optimieren und den Gesamtenergieverbrauch der Kläranlagen langfristig zu reduzieren.

Die Arbeiten im Projektjahr 2004 umfassten:

- kurze Analyse der Verfahren
- Auswahl geeigneter ARA für Messprogramm und Beschrieb deren Verfahren
- Vorschlag der Messkonzepte und Messprogramme
- Messprogramm installieren und Start der Messungen

Die Arbeiten im Projektjahr 2005 umfassten:

- Registrieren der Messwerte
- Auswerten der Messwerte
- Auswahl geeigneter ARA mit Membranverfahren für Messprogramm und Beschrieb des Verfahrens
- Vorschlag der Messkonzepte und Messprogramme für ARA mit Membranverfahren

## Durchgeführte Arbeiten

### Konzept

Die Vergleichsgrösse zwischen den drei verschiedenen Belebungsverfahren basiert im Wesentlichen auf dem Verhältnis zwischen Reinigungsleistung der biologischen Reinigungsstufe und dessen Energieverbrauch.

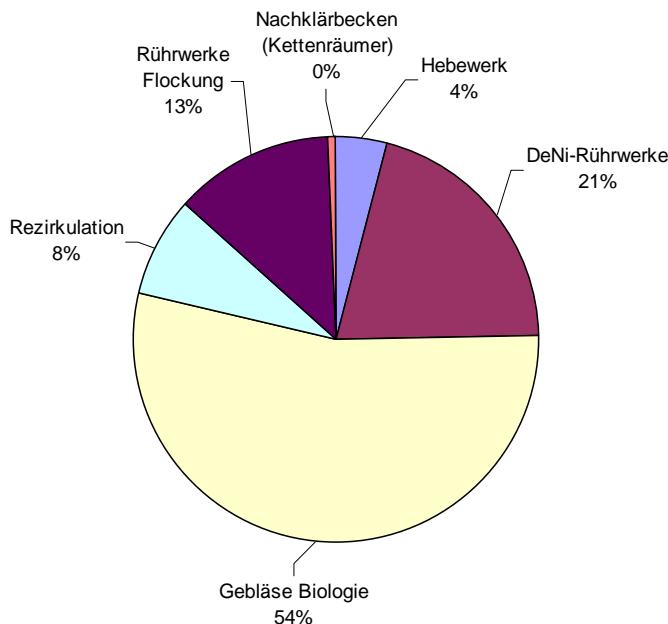
Der Energieverbrauch der biologischen Reinigungsstufe wird im Wesentlichen durch den erforderlichen Sauerstoffeintrag bestimmt. Repräsentativ für die Reinigungsleistung sind deshalb jene Schmutzfrachten, deren Abbau Sauerstoff benötigen. Diese Schmutzfrachten werden durch den biochemischen Sauerstoffbedarf BSB<sub>5</sub> und das Ammonium NH<sub>4</sub>-N abgebildet.

Die Messung des Energieverbrauches umfasst jene Aggregate, die am biologischen Reinigungsprozess beteiligt sind. Dies betrifft jene der biologischen Reinigungsstufe und jene der Abscheidung und Entwässerung des biologischen Schlammes. Rohwasserpumpen oder Hebwerke zwischen Vorklärung und Belebung werden ebenfalls berücksichtigt, wobei in der Detailauswertung die Vergleiche zwischen den verschiedenen Reinigungsverfahren in zwei Varianten, d.h. mit bzw. ohne Berücksichtigung der Rohwasserpumpen, erfolgen wird.

### Daten Wirbelbettverfahren (ARA Wohlen)

Seit März dieses Jahres werden die Belastungs- (Frachten) und Energiedaten (Verbrauch) der ARA Wohlen erfasst. Aus dem Zu- und Ablauf der biologischen Reinigungsstufe werden zweimal wöchentlich die Konzentrationen der Schmutzstoffe ermittelt. Die Energiedaten werden wöchentlich registriert.

Dominanter Energieverbraucher mit 54 % des Energieverbrauches der biologischen Reinigungsstufe sind die 3 Gebläse der Biologie.



Verteilung des Energieverbrauches der biologischen Reinigungsstufe des Wirbelbettverfahrens

Deren Anteil kann zuverlässig über die Differenz des gemessenen Gesamtverbrauches der Gebläse und dem ermittelten Energieverbrauch der übrigen Gebläse, deren Verbrauchsanteil nur 7 % beträgt, berechnet werden.

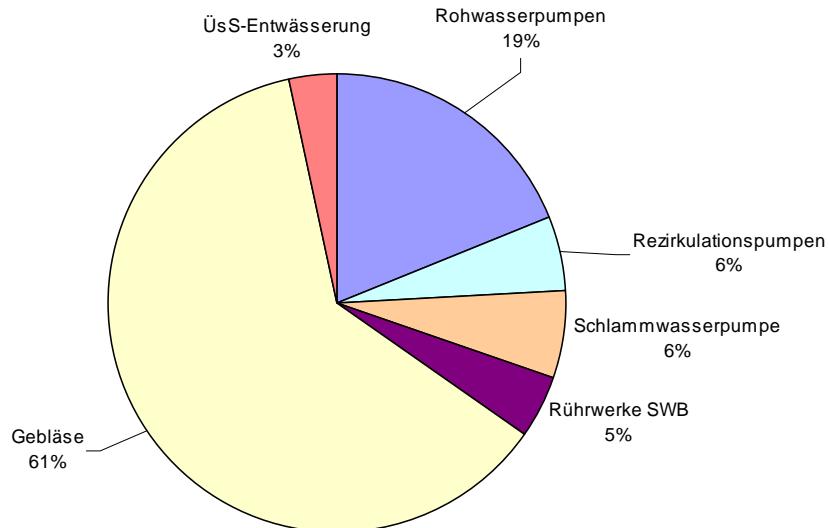
Die Berechnung des Energieverbrauches der DeNi-Rührwerke, deren Anteil an der biologischen Reinigungsstufe 21 % beträgt, erfolgt ebenfalls über Betriebsstunden, Stromaufnahme, Cos(phi) und die Spannung. Die Leistungsaufnahme der DeNi-Rührwerke ist fest bzw. nicht FU-gesteuert. Dasselbe gilt für die Rührwerke der Flockung. Die Rezirkulationspumpen sind FU-gesteuert und laufen in 90 % der Betriebszeit auf voller Leistung.

#### Daten Festbettverfahren (ARA Lyss)

Von der ARA Lyss liegen die Konzentrationen der Schmutzstoffe von 2 ½ Jahren vor. Sie werden ein- bis zweimal wöchentlich aus Probenahmen aus dem Zulauf und dem Ablauf der biologischen Reinigungsstufe erhoben.

Der Energieverbrauch der elektrischen Aggregate wird täglich erhoben. Der Gesamtverbrauch der biologischen Reinigungsstufe ist verlässlich bekannt. Die Daten des Detailverbrauches weisen Lücken auf und sind weiter zu verbessern. Detailaussagen konnten erst nach einer aufwändigen Aufarbeitung gemacht werden.

Bemerkenswert sind die Optimierungsmassnahmen des biologischen Reinigungsprozesses, die im Laufe des Jahres 2005 durchgeführt wurden. Ausgelöst wurden sie, weil die Garantiebedingungen des Lieferanten nicht eingehalten werden konnten. Es konnten ab August 2005 Energieeinsparungen von 20 % realisiert werden. Im Jahr 2006 sind nochmals Verbesserungen zu erwarten. Für den energetischen Vergleich werden die Energiezahlen ab August 2005 verwendet.



Verteilung des Energieverbrauches der biologischen Reinigungsstufe des Festbettverfahrens

Dominanter Energieverbraucher mit 61 % des Energieverbrauches der biologischen Reinigungsstufe sind die 8 Kompressoren der Gebläsestation.

## Erreichte Ergebnisse

Nachfolgend in tabellarischer Form die Resultate der Erstauswertung:

	<b>Wirbelbett</b> (ARA Wohlen) Durchschnitt (März bis November 2005)	<b>Festbett</b> (ARA Lyss) Durchschnitt (August bis November 2005)
Abwassermenge in Biologie pro Tag	5'764 m <sup>3</sup> /d	13'053 m <sup>3</sup> /d
aktueller EW BSB <sub>5</sub>	27'500 EW BSB <sub>5</sub>	48'750 EW BSB <sub>5</sub>
BSB <sub>5</sub> Zulauf pro Tag	1'652 kg/d	2'926 kg/d
BSB <sub>5</sub> Ablauf pro Tag	49 kg/d	130 kg/d
NH <sub>4</sub> -N Zulauf pro Tag	223 kg/d	643 kg/d
NH <sub>4</sub> -N Ablauf pro Tag	7.5 kg/d	14 kg/d
Energieverbrauch Biologie pro Tag inkl. Rohwasserpumpen bzw. Hebwerke	4'046 kWh/d	5'326 kWh/d
spez. Energieverbrauch Belebung ebb*	54 kWh/EW pro Jahr	40 kWh/EW pro Jahr

\* Richtwert Handbuch Energie in Kläranlagen, September 1999 → 25 kWh/EW

Die durchschnittliche Abwassermenge liegt bei der ARA Lyss rund zweimal höher als bei der ARA Wohlen. Die Konzentrationen der Kerngrößen BSB<sub>5</sub> und NH<sub>4</sub>-N sind vergleichbar.

Die Reinigungsleistung der ARA Wohlen (Wirbelbett) liegt beim BSB<sub>5</sub> und NH<sub>4</sub>-N bei 97 %. Bei der ARA Lyss (Festbett) liegen sie bei 96 % und 98 %. Die Reinigungsleistungen sind also bei beiden Verfahren vergleichbar.

Im Vergleich zu einer biologischen Reinigungsstufe mit konventionellen Belüftungsbecken beträgt der spezifische Energieverbrauch des Wirbelbettes in Wohlen pro aktuellem Einwohnerwert BSB<sub>5</sub> (aktueller EW BSB<sub>5</sub> = 27'500) 54 kWh/EW pro Jahr, also rund doppelt so viel, wie der Richtwert von 25 kWh/EW Jahr (Handbuch Energie in Kläranlagen, September 1999). Das Festbett der ARA Lyss liegt mit einem spezifischen Energieverbrauch von 40 kWh/EW pro Jahr um Faktor 1.6 höher als der Richtwert.

Aus der vorliegenden Erstauswertung lassen sich folgende Tendenzen ableiten:

- Die beiden untersuchten Verfahren Wirbelbett und Festbett weisen im Bezug zum Einwohnerwert tendenziell einen höheren Energieverbrauch als herkömmliche Belebungsverfahren (Richtwert) auf.
- Das Wirbelbettverfahren weist im Bezug zum Festbettverfahren einen höheren spezifischen Energieverbrauch auf. Allerdings gilt zu beachten, dass das Festbettverfahren in der ARA Lyss bereits intensiv energetisch optimiert wurde, was beim Wirbelbettverfahren in der ARA Wohlen noch nicht der Fall ist.

## Auswahl ARA mit Membranverfahren

Zur Wahl stehen die ARA Uerikon und die ARA Wädenswil. Beide Anlagen werden im Winter 2005/2006 in Betrieb genommen.

Die ARA Wädenswil (44'000 Einwohnergleichwerte) scheint aufgrund der Abwassermengen vergleichbar mit den ARA Wohlen und Lyss. Zudem wird im Endzustand in der ARA Wädenswil nebst dem Membranverfahren ein Teil des Abwassers nach wie vor mit einem konventionellen Belebungsverfahren gereinigt, was ein direkter Vergleich zwischen altem und neuem Verfahren zulässt.

Eine Begehung vor Ort hat ergeben, dass die Ausgangslage für die Messung der Energieverbräuche und der Schmutzstofffrachten gut ist und mit vertretbaren Anpassungen ergänzt werden kann. Vertreter der ARA heissen die Aufnahme ihrer Anlage in das Messprogramm grundsätzlich gut.

Unter dieser Voraussetzung schlagen wir vor, Messungen für das Membranverfahren auf der ARA Wädenswil durchzuführen.

## Bewertung 2005 und Ausblick 2006

Die Datenlage der ARA Wohlen ist detailliert und zuverlässig und bilden auch die einzelnen Energieverbraucher ab. Eine Detailauswertung ist somit möglich.

Obwohl der gesamte Energieverbrauch der biologischen Reinigungsstufe der ARA Lyss zuverlässig vorliegt, weisen einzelne Komponenten Lücken und Unsicherheiten auf. Deshalb muss bei der Detailerhebung oder -auswertung mit höherem Aufwand gerechnet werden.

Die anhand einer Erstauswertung vorliegenden Ergebnisse scheinen plausibel und bewegen sich im Rahmen der Erwartungen.

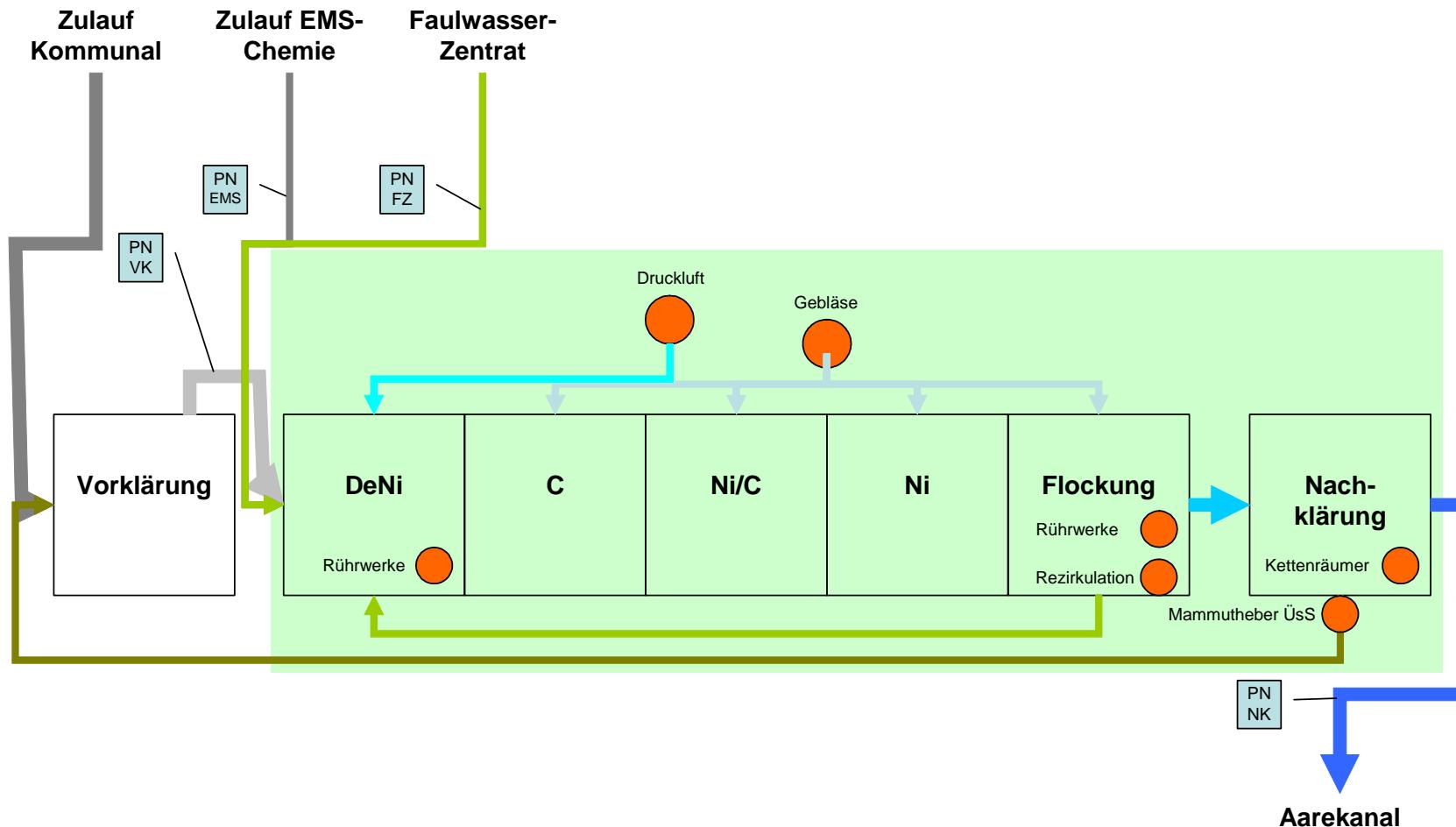
Das weitere Vorgehen sieht die laufende Registrierung der Daten 2006 und eine Verfeinerung der Auswertung vor. Die Detailauswertungen sollen den Vergleich der einzelnen Komponenten der biologischen Reinigungsstufe zwischen den verschiedenen Verfahren ermöglichen und Hinweise auf ein mögliches Optimierungspotenzial der betrachteten Anlagen geben.

Herausforderung wird sein, die bereits erfolgten Energieoptimierungen am Festbett der ARA Lyss auf das Wirbelbett der ARA Wohlen zu übertragen.

Für die ARA Wädenswil wird ein Messkonzept erarbeitet, das die erforderlichen Schmutzstofffrachten und Energieverbräuche erfasst. Es wird angenommen, dass das neue Membranverfahren auf der ARA Wädenswil nach der Inbetriebnahme im Dezember 2005 ab Frühjahr 2006 stabil betrieben werden kann und zuverlässige Werte liefert, so dass ab Frühjahr 2006 die Messwerte verwendet werden können. Es ist anzunehmen, dass auch der Betrieb der Membrananlage energetisch optimiert werden kann, was erfahrungsgemäss eine langwierige Angelegenheit ist.

Wir beantragen eine Fristerstreckung für den Schlussbericht von 30. April auf 30. November, damit für den Schlussbericht zuverlässige Daten der ARA Wädenswil von mindestens 6 Monaten vorliegen und verwendet und allenfalls erste Resultate von Energieoptimierungen aufgezeigt werden können.

## Schema Wirbelbett (ARA Wohlen)



## Schema Festbett (ARA Lyss)

