

# Interaktive energetische Optimierung einer Abwasserbehandlungsanlage mittels eines Lastprofils

## Förderprojekt „Energieoptimierung der Kläranlage Blümeltal“ im Umweltinnovationsprogramm

Andrea Roskosch (Berlin), Michael Maas (Pirmasens) und Norbert Meyer (Nattenheim)

### Zusammenfassung

Die Kläranlage Blümeltal (Pirmasens, Rheinland-Pfalz) wurde mit dem Ziel optimiert, die Energie, Betriebs- und Schlamm Entsorgungskosten zu minimieren, ohne die Reinigungsleistung der Kläranlage zu beeinträchtigen. Die Anforderungen, die sich aus einem Förderprogramm ergaben, waren hoch gesteckt. Durch eine abgestimmte Modernisierung der Verfahrens-, Mess- und Regelungstechnik, mit einem intelligenten Lastmanagement als Kern der Optimierungsmaßnahme, ist es gelungen die hoch gesteckten Einsparziele noch deutlich zu übertreffen und gleichzeitig die Reinigungsleistung auf niedrigem Niveau zu stabilisieren.

Schlagwörter: Abwasserreinigung, kommunal, Energieverbrauch, Energieanalyse, Lastmanagement, Optimierung, Verfahrenstechnik, MSR-Technik, Kosten

DOI: 10.3242/kae2015.09.003

### Abstract

**Interactive Energetic Optimisation of a Wastewater Treatment System Using a Load Profile Funded Project “Energy Optimisation of the Blümeltal Wastewater Treatment Plant” in the Environment Innovation Programme**

The Blümeltal wastewater treatment plant (Pirmasens, Rheinland-Pfalz) has been optimised with the objective of minimising the energy, operation and sludge disposal costs, without impacting the treatment performance of the wastewater treatment plant. The requirements, which stem from a funded project, were ambitious. Through an agreed modernisation of the process, measurement and control technology, using an intelligent load management as nucleus of the optimisation measure, it was succeeded in significantly outdoing the highly set savings targets and, at the same time, in stabilizing the treatment performance at a lower level.

Key words: wastewater treatment, municipal, energy consumption, energy analysis, load management, optimisation, process technology, measuring and control technology, costs

## 1 Einleitung

Die Abwasserreinigung ist für ca. 20 % des Energiebedarfs einer Kommune [1] verantwortlich. Damit ist sie auch deren größter Energieverbraucher vor Schulen, Krankenhäusern und anderen kommunalen Einrichtungen. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich der Energiebedarf von Abwasseranlagen im Betrieb bis zu 20 % senken lässt. Darüber hinaus kann eine Verdoppelung bis Vervierfachung der Eigenenergieerzeugung erreicht werden. Dies führt dazu, dass moderne Abwasserbehandlungsanlagen einen nachhaltigen Beitrag zum stofflichen Ressourcenschutz leisten und zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen [1].

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) zusammen mit der KfW-Bankengruppe und dem Umweltbundesamt (UBA) im Jahr 2011 den Förderschwerpunkt „Energieeffi-

ziente Abwasseranlagen“ im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms (UIP) ausgelobt [2]. Eines der in diesem Rahmen geförderten Projekte ist die „Energieoptimierung der Kläranlage Blümeltal“ in Pirmasens. Kern des Projekts ist die interaktive energetische Optimierung der Abwasserbehandlungsanlage mittels eines intelligenten Lastenmanagements.

## 2 Energieoptimierung der Kläranlage Blümeltal

### 2.1 Ausgangssituation

Die Kläranlage Blümeltal in Pirmasens ist eine mechanisch-biologisch reinigende Abwasserbehandlungsanlage mit einer Ausbaugröße von 62 000 Einwohnerwerten, deren derzeitige Ist-Belastung allerdings bei nur noch 45 000 Einwohnerwerten

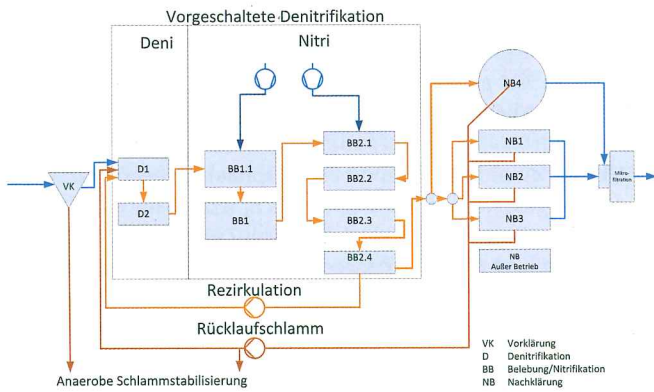


Abb. 1: Biologische Stufe der Kläranlage Blümeltal vor der Optimierung

liegt. Blümeltal ist ein Beispiel für eine über Jahrzehnte gewachsene Anlage, deren Beckenanordnungen, Geometrien und Verfahrensführungen sich aus stufenweise durchgeführten Erweiterungen und der Lage im Gelände ergeben haben.

Als Ausgangssituation der Fördermaßnahme lag im Oktober 2011 eine Abwasserbehandlungsanlage mit biologischer Stufe als vorgeschaltete Denitrifikation vor. Diese bestand aus zwei Denitrifikationsbecken, fünf unterschiedlich großen, in Reihe durchflossenen Belebungsbecken und einem nicht genutzten Nachklärbecken (Abbildung 1). Teile der Nitrifikationsstufe wurden bereits intermittierend betrieben.

Die beiden Denitrifikationsbecken waren lediglich mit Umwälzaggregate ausgestattet. Im ersten Belebungsbecken war eine Druckluftmembranbelüftung installiert, deren Elemente in aushebbaren Blöcken zusammengefasst waren. Aufgrund dieser kompakten Anordnung sorgten zusätzliche Rührwerke für eine ausreichende Durchmischung. In den nachfolgenden vier Belebungsbecken waren ebenfalls Membranbelüfter installiert, hier jedoch gleichmäßig im Becken verteilt. Aus dem letzten Becken wurde nitrathaltiges Abwasser vor die Denitrifikationsbecken rezirkuliert.

Die Schlammbehandlung war bereits vor der laufenden Fördermaßnahme optimiert worden. Zur Verbesserung der stofflichen und energetischen Verwertung der Biomasse wurde eine Thermodruckhydrolyse der anaeroben Behandlungsstufe vorgeschaltet. Auf diese Weise konnte die Biogasausbeute erheblich gesteigert werden.

## 2.2 Projektziele

Ziel der Fördermaßnahme war und ist die energetische Optimierung der Kläranlage Blümeltal. Dabei werden im Gesamtkonzept die verschiedenen Stoffströme der Kläranlage ganzheitlich betrachtet und die Verfahrenstechnik so gestaltet, dass eine bestmögliche Reinigungsleistung bei minimiertem Betriebs- und Energieaufwand erreicht werden kann.

Der Kern der Innovation besteht aus dem anlagenübergreifenden Gedanken, das Lastprofil der biologischen Reinigungsstufe als interaktiven Koordinator für den nachfolgenden Betrieb der verschiedenen Anlagenkomponenten zu verwenden. Alle Stufen der Abwasserbehandlungsanlage und ihre Wechselwirkungen werden in das Gesamtkonzept einbezogen. Zur Erreichung der Ziele wird das Mess-, Steuer-, und Regelkonzept mit der übergeordneten Lastprofilerkennung verknüpft und kann so zur Optimierung der Prozesse fracht- und nährstoffop-



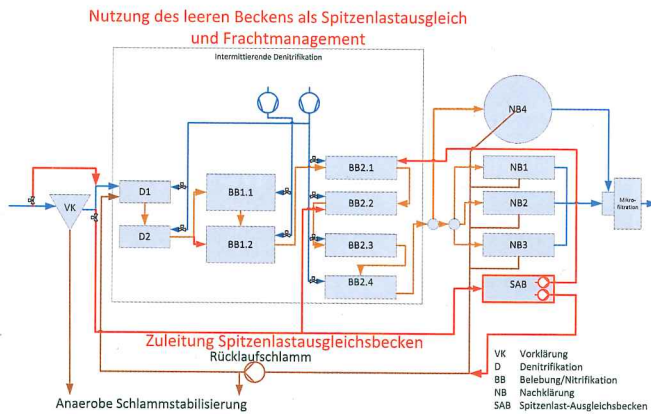


Abb. 2: Biologische Stufe der Kläranlage Blümelstal nach Umbau

timierend eingreifen. Auf diese Weise kann interaktiv auf die Abläufe der Abwasserbehandlungsanlage eingewirkt werden, und die einzelnen Stoffumwandlungsprozesse sind ideal aufeinander abstimbar. Mit der Einführung des neuen Konzepts wird die Stoffstromtransparenz wesentlich erhöht, zu jeder Zeit kann beantwortet werden, an welchem Ort wie viele Ressourcen verbraucht werden. Außerdem erhalten die Mitarbeiter ein Instrument an die Hand, das ihnen eine dauerhaft effiziente Betriebsführung ermöglicht.

Im Einzelnen sollen folgende Ziele durch die Optimierung der Abwasserbehandlungsanlage erreicht werden:

- hohe Energieeffizienz: Energieeinsparung und Vergleichmäßigung der elektrischen Leistungsanforderung
- hohe Ressourceneffizienz: biologische Phosphatelimination und Einsparung von Fällmitteln
- Prozessstabilität: Zulaufbewirtschaftung, dynamische Reaktion des Belebungssystems auf wechselnde hydraulische Situationen und Frachten, sprich Lastsituationen
- bestmögliche Reinigungsleistung und Gewässerentlastung: Senkung und Vergleichmäßigung der Ablaufkonzentrationen
- minimierter Betriebsaufwand

Ausgehend von einem aktuellen spezifischen Energieverbrauch der Biologie von 30 kWh je Einwohner und Jahr ist es übergreifendes Ziel des Projekts, mit den Maßnahmen einen Wert von 10 kWh je Einwohner und Jahr zu erreichen.

### 2.3 Vorgehen

Die baulichen Maßnahmen auf der Kläranlage Blümelstal, die im Oktober 2011 begonnen hatten, sind seit Anfang 2014 abgeschlossen. Aktuell läuft eine zweijährige Optimierungs- und Messphase mittels welcher der Erfolg der Fördermaßnahme verifiziert werden soll. Die Umsetzung der Fördermaßnahme erfolgte in verschiedenen Modulen, die im Folgenden dargestellt und erläutert werden.

#### Modul 1: baulich-technische Maßnahmen

Basis des Optimierungskonzepts war die durchgängige Umstellung der Abwasserbehandlungsanlage auf Pfropfenströmung mit Frachtausgleich über den Fließweg sowie eine intermittierende Denitrifikation (Abbildung 2). Hierfür waren eine Reihe baulich-technischer Maßnahmen notwendig.

Vier der insgesamt acht Becken wurden für eine neue flächige Druckluft-Membranbelüftung mit Plattenbelüftern ausgestattet. Die vier anderen Becken waren bereits flächig mit Plattenbelüftern belegt und mussten daher nicht umgebaut werden.

Um im Zulauf auftretende Frachtspitzen abzufangen, wurde das stillgelegte Nachklärbecken als Spitzenlastausgleichsbecken in das Konzept eingebunden. Der Zulauf und der Inhalt des Spitzenlastausgleichsbeckens können nun an verschiedenen Stellen zugeleitet werden. Das führt zu einem Frachtausgleich über den Fließweg.

Um die Gebläse mit kühler Frischluft zu versorgen, wurde die Luftansaugung aus dem Gebläseraum nach außen verlegt. Auf Frachtspitzen kann durch eine Zwischenspeicherung im Spitzenlastausgleichsbecken reagiert werden. Ungünstige Nährstoffverhältnisse werden durch eine automatisierte Umfahrung der Vorklärung ausgeglichen.

Die Denitrifikation wurde auf einen durchgehend intermittierenden Betrieb eingestellt. Belüftung und Umwälzung erfolgt durch eine flächige Belüftung mit Membranbelüftern. Zusätzliche Trennwände in den Becken D1, D2, BB1.1, BB1.2 und BB2.4 (Abbildung 2) legen eine klar definierte Durchströmung und Unterteilung der Becken fest. Die Rezirkulation konnte stillgelegt und rückgebaut werden.

#### Modul 2: Steuer- und Regelungstechnik

Die Umbauten auf der Kläranlage Blümelstal schaffen die Voraussetzung für eine sehr hohe Flexibilität im Betrieb der biologischen Stufe. Nun konnte das Herzstück des Fördervorhabens, das komplexe Steuer- und Regelmodul, eingerichtet werden. Durch einen gesteuerten Lufteintrag, eine flexible Frachtverteilung auf die einzelnen Becken sowie einen gezielten Einsatz von Rührwerken und Speichervolumina für Schmutzfrachten und belebten Schlamm kann die biologische Stufe auf die verschiedensten Belastungssituationen gezielt reagieren. Gleichzeitig ist ein energetisch optimierter Betrieb der Anlage möglich.

#### Modul 3: Lasteinstufung

Basis des Regelmoduls ist die Lasteinstufung (Sauerstoffsollwertbildung). Anhand der Ammonium- und Nitratkonzentrationen in den Belebungsbecken wird die Lastsituation der biologischen Stufe festgelegt. Insgesamt können sechs verschiedene Lastzustände von „schwach belastet“ bis zu „sehr hoch belastet“ unterschieden werden. Abhängig von der aktuellen Lasteinstufung wird die biologische Stufe hinsichtlich der Sauerstoffversorgung unterschiedlich betrieben.

Die Intensität der Sauerstoffversorgung nimmt mit steigender Last zu. Es werden schrittweise die Sauerstoffsollwerte angehoben und die belüfteten Anteile am Gesamtvolumen erhöht. Jedem einzelnen Becken werden Zykluszeiten belüftet/unbelüftet zugewiesen. Lastabhängig können einzelne Becken auch unbelüftet oder dauerbelüftet sein. Während bei mittlerer Last (Standardmodus) die Becken im Wechsel belüftet werden, werden bei niedriger Last einzelne Becken zusätzlich intermittierend gefahren, wohingegen bei hoher Belastung in beiden Zyklen durchgängig belüftet wird.

Bei schwacher Last wird das Spitzenlastausgleichsbecken entleert, bei hoher Last wird ein Anteil des Zulaufs in das Speicherbecken umgeleitet. Bei hoher Last wird außerdem ein



Teil des Zulaufs in die hinteren Becken geleitet, um auch hier ein für die Denitrifikation günstiges Nährstoffverhältnis einzustellen.

Ist ausreichend Kapazität vorhanden, wird in den ersten Becken durch anaerobe Zustände die Phosphatrücklösung herbeigeführt. Bei hoher Last werden diese Becken in die Belüftung mit einbezogen.

Trotz der neuen flächigen Belüftung wurden nicht alle Rührwerke demontiert. Auf diese Weise kann bei schwächelnder Denitrifikation die Durchmischung mithilfe der Rührwerke intensiviert und den Denitrifikanten auch noch der letzte Kohlenstoffrest zugänglich gemacht werden.

Modul 4: Energiemanagement

Der Lasteinstufung bzw. Sauerstoff-Sollwertbildung ist eine Energieüberwachung überlagert. In allen Laststufen wird automatisch die Leistungsanforderung der Gebläse ausgewertet und geht zusätzlich in die Sauerstoff-Sollwertbildung ein. Das heißt, wenn bei hoher Last erkannt wird, dass die Leistungsanforderung der Gebläse zu hoch ist, wird die Sollwertanhebung ausgebremst, indem ein Minderungsfaktor in die Sollwertbildung einfließt. Umgekehrt wird der Sauerstoffsollwert bei niedriger Last angehoben, wenn die Leistungsanforderung der Gebläse zu gering ist. Dadurch wird verhindert, dass die Biologie bei langen Schwachlastphasen durch zu niedrige Sauerstoffeinträge geschwächt wird. Zu lange Schwachlastphasen wären darüber hinaus nachteilig für die Schlamm Eigenschaften.

Modul 5: Biomasserückhalt

Bei flächiger Belüftung mit Umwälzung durch Belüftungsstöße zeigt sich ein interessanter Effekt, der auf der Kläranlage Blümental genutzt wird, um bei hohem Zulauf ausreichend Biomasse zur Verfügung zu stellen. Während in der belüfteten Phase und bei Belüftungsstößen im gesamten Becken ein Schlamm-Wasser-Gemisch gebildet wird, bildet sich während der unbelüfteten Phase sehr schnell ein klarer Film („Klarwasserzone“) an der Oberfläche. Befindet sich in Becken (oder unterteilten Zonen) der Ablauf im oberen Bereich, kann ein bedeutender Anteil der Biomasse gezielt in den Becken zurückgehalten werden, wenn lediglich die „Klarwasserzone“ mit nur geringer Trockensubstanzkonzentration über die Überfallkante abläuft. Hohe Trockensubstanzkonzentration hingegen laufen ab, während die Becken belüftet werden.

Die ersten beiden Becken der biologischen Stufe der Kläranlage Blümental sind nur mit wenigen Belüftern belegt. Die Belegungsdichte liegt weit unter den empfohlenen 20 %. Hier wird während der Schwachlastphasen viel Biomasse zwischengelagert. Das geschieht zum Beispiel während der Nachtphasen bei geringem Zulauf. Steigt jedoch die hydraulische Belastung an, wird diese zwischengelagerte Biomasse aus den ersten Becken in die nachfolgenden Stufen transportiert und erhöht so die zur Verfügung stehende Biomasse, ohne dass ein erhöhter Rücklaufschlammstrom erforderlich wäre.

Modul 6: Prozessüberwachung

Von großer Bedeutung für eine Optimierungsmaßnahme ist die ständige Überprüfung, ob alle Ziele auch im Betrieb dauerhaft



Einsatz von Tuchfiltern zur Abtrennung von Pulveraktivkohle in Lahr

Die Erweiterung der Kläranlage Lahr, zur Elimination von Spurenstoffen, ist seit Juli 2015 in Betrieb. Der Abwasserverband vertraut auf Mecana Polstofffilter als Schlussfiltration.



Mecana Umwelttechnik GmbH www.optifibermedia.com  
 CH-8864 Reichenburg | T +41 55 464 12 00 | www.mecana.ch | info@mecana.ch

25 Jahre

FDL400  
Flow Data Logger

Durchfluss-Messsystem für die Anwendung in Wasser und Abwasser. FDL400 wurde entwickelt, um Durchflüsse im ungeklärten Abwasser, Industrieabwasser und Regenwasser zu messen, zu überwachen und aufzuzeichnen.

Der Flow Data Logger FDL400 ist besonders geeignet für die Durchflussmessung in teil- und vollgefüllten, offenen und geschlossenen Kanälen.

In Verbindung mit dem kombinierten Durchflussmesssensor DSM 2420 können Fließgeschwindigkeiten bis zu 4 m / s bei Füllhöhen bis maximal 5 m gemessen werden.

Der Flow Data Logger ist sehr einfach zu bedienen. Alle Parameter sind in einem Menü als „Funktion“ änderbar. Daten werden auf einer versenkbaren SD-Karte gespeichert. Die Speicherkapazität reicht für Jahre.



Dömges Detectronic UG  
 Hainzhöhe Weg 8  
 83707 Bad Wiessee

www.doemgesdetectronic.de



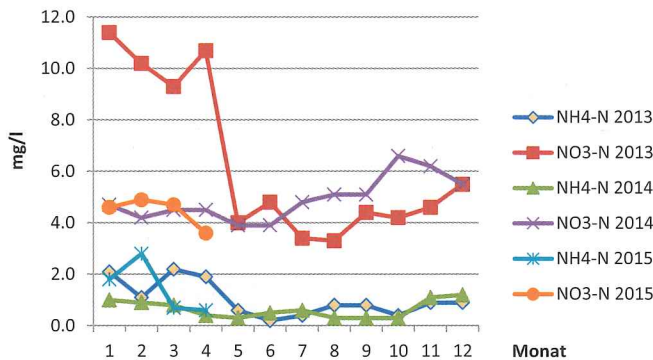


Abb. 3: Konzentrationen an Ammonium- ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) und Nitratstickstoff ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) in 24-h-Mischproben im Ablauf der Kläranlage Blümeltal

eingehalten werden können. Oftmals werden Optimierungsmaßnahmen mit gutem Erfolg durchgeführt, indem sie zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme nach Abschluss der Arbeiten einen deutlichen Rückgang des Energiebedarfs zeigen. Im weiteren Betrieb der Anlage kann sich dies aufgrund sich ändernder Bedingungen wieder anders gestalten. Wichtige Prozessparameter werden daher auf der Kläranlage Blümeltal im laufenden Betrieb automatisch ermittelt und auf einfachem Wege visualisiert.

### 3 Ergebnisse

Erste Mess- und Analyseergebnisse unter optimiertem Anlagenbetrieb zeigen, dass die umgesetzten Konzepte der Fördermaßnahme zum angestrebten Ergebnis führen. Durch die genaue Lastanpassung auf Grundlage der sechs Laststufen, die Energieüberwachung und die weiteren verfahrenstechnischen Maßnahmen ist der Energieverbrauch der biologischen Stufe auf unter 10 kWh pro Einwohner und Jahr gesunken. Das vom Innovationsprogramm des BMUB vorgegebene Optimierungsziel von 18 kWh pro Einwohner und Jahr ist damit deutlich übertroffen worden.

Die vermehrte biologische Phosphatelimination wird durch eine gezielte Phosphorrücklösung in den ersten beiden Becken intensiviert. In den nachfolgenden durchgängig anoxisch und aerob betriebenen Becken stellen sich die Bedingungen für die vermehrte Phosphataufnahme und anschließende Fällung des restlichen Phosphors ein. Der Fällmittelverbrauch konnte dadurch und aufgrund geänderter Dosierstellen um 50 % reduziert werden.

Die Aufteilung des Wasserweges in viele Kammern und die damit angenäherte Pfropfenströmung führen zu einem Gradienten der Schlammbelastung. Im Einlaufbereich steht zunächst die gesamte Fracht zur Verfügung. Folglich sind die Schlammbelastung und damit auch die Abbaugeschwindigkeit sehr hoch.

Abbildung 3 zeigt, dass bereits im ersten Jahr eine Verbesserung der Ablaufwerte erkennbar ist. Wichtig ist, dass alle Verbesserungen im Zusammenspiel keine negativen Einflüsse auf einen der für die Abwasserreinigung wichtigen Parameter haben. Die bisherigen Messergebnisse zeigen, dass durch die Fördermaßnahmen neben der angestrebten Energieeinsparung auch stabil niedrigere Ablaufwerte erreicht werden. Der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) liegt unter 25 mg/l, der Phosphatwert unter 0,5 mg/l. Die Ablaufwerte für Nitrat sind sichtlich

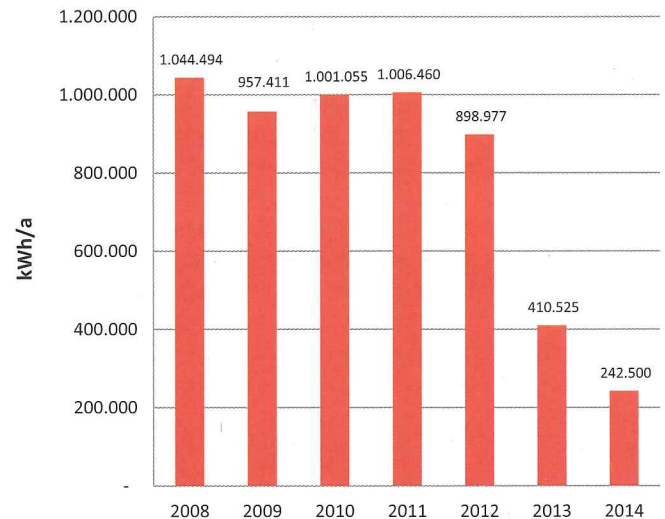


Abb. 4: Stromverbrauch der Kläranlage Blümeltal laut Abrechnungen

gesunken und haben sich nach dem Übergang in den geregelten Betrieb auf einem niedrigeren Niveau stabilisiert. Der Ammonium-Ablaufwert war auch schon vor der Optimierung sehr niedrig.

Die durch die Fördermaßnahmen erzielten Energieeinsparungen können bereits durch einen sinkenden Stromverbrauch (Abbildung 4) belegt werden. Die Ergebnisse einer umfassenden Energieanalyse [3] stehen noch aus. Eine Übersicht über die Strombilanz der Kläranlage Blümeltal wird in Abbildung 5 gegeben.

Weitere Ergebnisse der energetischen und stofflichen Parameter werden nach Abschluss der zweijährigen Optimierungs- und Messphase erwartet, die voraussichtlich am 31. Dezember 2015 beendet wird.

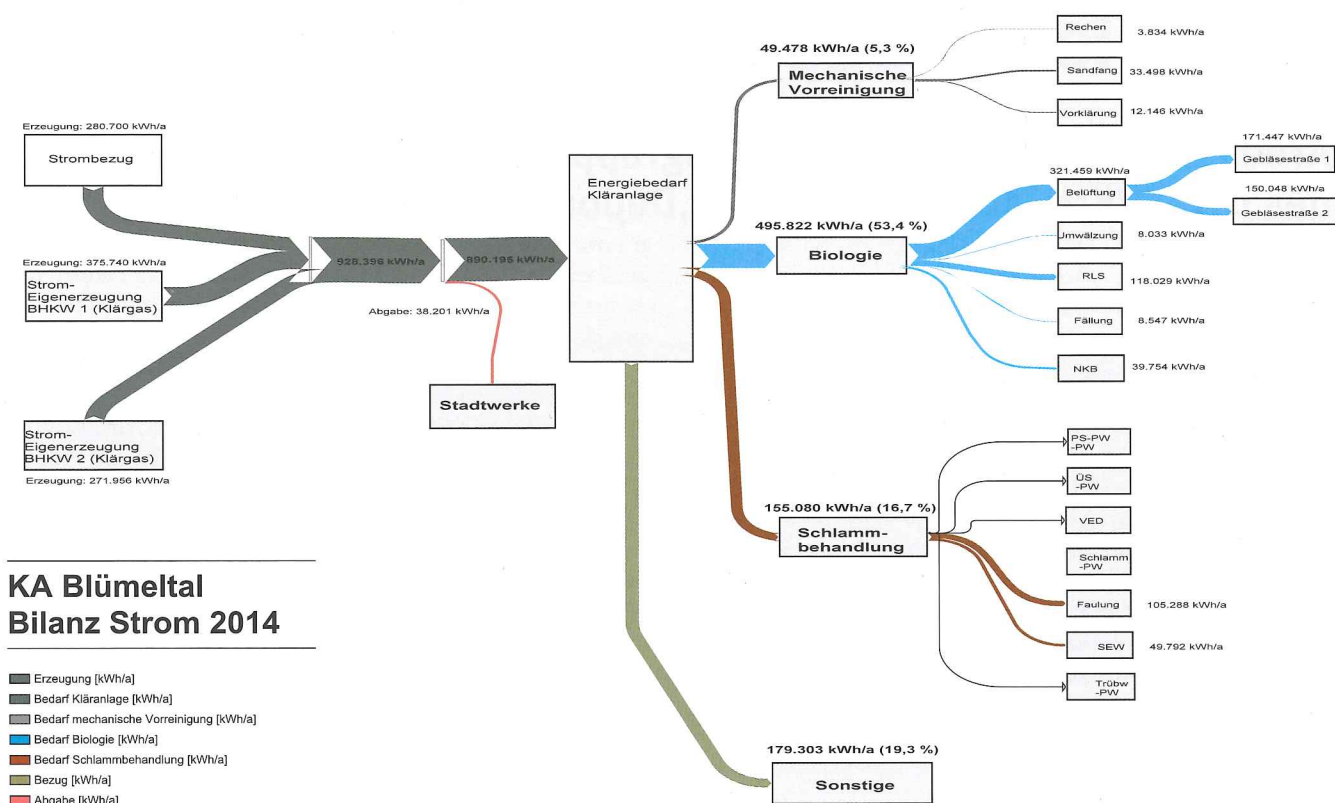
### 4 Fazit

Die Optimierung der Kläranlage Blümeltal war vor allem eine verfahrenstechnische Aufgabe, die natürlich sehr gute Grundlagenkenntnis aller auf der Abwasserbehandlungsanlage ablaufenden Vorgänge von der biologischen Phosphatelimination über die Nitrifikation/Denitrifikation bis zu den Schlammigenschaften vorausgesetzt hat.

Das Förderprojekt lässt sich in folgende drei Maßnahmenbereiche gliedern:

- Die biologische Stufe der Kläranlage wurde so umgebaut, dass alle Freiheitsgrade vorhanden sind, um den Prozess flexibel zu gestalten.
- Eine durchdachte messtechnische Ausrüstung und viele Eingriffsmöglichkeiten bilden den Grundstock für eine anspruchsvolle Regelungstechnik.
- Eine ausgeklügelte Steuer- und Regelungssoftware reagiert sehr differenziert auf die Last- und Nährstoffsituation und den Zustand der Biologie.

Bei der Umsetzung des Fördervorhabens ist die vorhandene, gewachsene Struktur der Anlage genutzt worden, um gezielt die verschiedenen biologischen und chemischen Vorgänge optimieren zu können.



## KA Blümelstal Bilanz Strom 2014

Abb. 5: Stromfluss und Übersicht über die Strombilanz der Kläranlage Blümelstal im Jahr 2014

Außerdem werden alle im Betrieb erhaltenen Messwerte und Analysendaten permanent so aufbereitet, dass eine laufende Kontrolle der Reinigungsleistung und der energetischen Situation mit geringem Aufwand anhand aussagekräftiger Parameter möglich ist. Dies ermöglicht ein schnelles und konsequentes Eingreifen.

Die Optimierung der Kläranlage Blümelstal zeigt, dass mit genauer Kenntnis der Kläranlage unter Anwendung anspruchsvoller verfahrenstechnischer Konzepte erhebliche Einsparpotenziale, nicht nur im Energieverbrauch, sondern auch im Betriebsmittelverbrauch und der Schlammproduktion umgesetzt werden können. Große Teile des Konzepts sind mit gezielter Modifikation auf andere Anlagen übertragbar. Der Erfolg der Fördermaßnahme hat bereits den Betreiber der Kläranlage Felsalbe (38 000 EW) dazu veranlasst, ebenfalls auf diesen Betrieb umzustellen.

Der Erfolg der hier beschriebenen Fördermaßnahme auf der Kläranlage Blümelstal zeigt, dass eine Abwasserreinigungsanlage auch ohne Annahme von Co-Substraten energetisch optimiert betrieben werden kann und so ein wesentlicher Beitrag zur Reduzierung des Energieverbrauchs und des Kohlendioxid-Ausstoßes geleistet wird.

### Literatur

- [1] K. Fricke: *Hintergrund – Energieeffizienz Kommunaler Kläranlagen*, Umweltbundesamt, 2009
- [2] Umweltinnovationsprogramm (UIP), Förderschwerpunkt Energieeffiziente Abwasseranlagen (EAA): [www.umweltinnovationsprogramm.de/foerderschwerpunkte/energieeffiziente-abwasseranlagen](http://www.umweltinnovationsprogramm.de/foerderschwerpunkte/energieeffiziente-abwasseranlagen)
- [3] Arbeitsblatt DWA-A 216: *Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen* (Entwurf), Hennef, 2013

### Autoren

Dr. Andrea Roskosch  
 Umweltbundesamt, FG III 2.5  
 Schichauweg 58, 12307 Berlin

E-Mail: [andrea.roskosch@uba.de](mailto:andrea.roskosch@uba.de)

Dipl.-Ing. Michael Maas  
 Stadt Pirmasens  
 Schützenstraße 16, 66953 Pirmasens

E-Mail: [michaelmaas@pirmasens.de](mailto:michaelmaas@pirmasens.de)

Dipl.-Ing. Norbert Meyer  
 BITControl GmbH  
 Auf dem Sauerfeld 20, 54636 Nattenheim

E-Mail: [norbert.meyer@bitcontrol.info](mailto:norbert.meyer@bitcontrol.info)



**An- und Verkauf: Lagertanks**  
 Edelstahl, Stahl (beschichtet), Polyester, ab 5 m<sup>3</sup>  
 Für: (Lösch)wasser, AHL, Gülle, Molke, Schlempe usw.

[www.scholten-tanks.de](http://www.scholten-tanks.de)  
 Tel: 05924- 255 485 Fax:05924- 255 832