



Abwasserzweckverband Bode-Wipper  
Kehmstedter Weg 44  
99752 Bleicherode

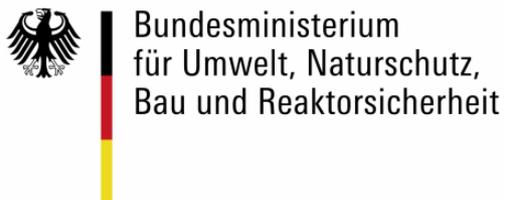
---

# Abwasserbehandlungsanlage WIPPERAUE KSI: Klimaschutzteilkonzept für klimafreundliche Abwasserbehandlung

---

## Schlussbericht

vom September 2014



Ingenieurbüro Stockleben GmbH  
Adolf-Galland-Weg 1  
37154 Northeim





ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## Inhalt

<b>1. Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangslage und Zielsetzung	1
1.2 Methodik	2
<b>2. Beschreibung des Istzustandes</b>	<b>3</b>
2.1 Beschreibung des angewandten Verfahrens auf der Abwasser-behandlungsanlage Wipperaue	3
2.2 Stoff- und Energieströme der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue	5
2.3 Beschreibung der einzelnen Teilabschnitte	6
<b>3. Energie – und CO<sub>2</sub> – Bilanz</b>	<b>10</b>
3.1 Jahresenergie- und Stoffverbrauch	10
3.2 CO <sub>2</sub> - Äquivalente	10
3.3 CO <sub>2</sub> - Emissionen	11
3.3 CO <sub>2</sub> - Bilanz	12
3.4 Energieverbrauch der Belebungsstufe	13
3.5 Energieverbrauch der Zulaufpumpwerk	21
3.6 Energieverbrauch der Schlamm entwässerung	24
<b>4. Potenzialanalyse</b>	<b>29</b>
4.1 Potenzialanalyse Energieeffizienz Belebungsstufe	29
4.2 Potenzialanalyse Energieeffizienz Zulaufpumpwerk	31
4.3 Potenzialanalyse Energieeffizienz Schlamm entwässerung	32
<b>5. Maßnahmen</b>	<b>33</b>
5.1 Maßnahmenarten	33
5.2 Durchgeführte Maßnahmen	35
5.3 Sofortmaßnahmen	39
5.4 Kurzfristige Maßnahmen	39
5.5 Zusammenstellung der Maßnahmen	56
<b>6. Zusammenfassung der durchgeführten Akteursbeteiligung</b>	<b>58</b>
<b>7. Controlling - Konzept</b>	<b>58</b>
7.1 Erfassung zukünftiger Energieverbräuche und Abbildung der CO <sub>2</sub> – Emmisionen	58
7.2 Überprüfung erreichter Klimaschutzziele	59
<b>8. Vorschläge zur Umsetzung der Öffentlichkeitsarbeit</b>	<b>60</b>
<b>9. Zusammenfassung</b>	<b>60</b>



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verfahrensabschritte der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue	4
Abbildung 2: Eintrags- und Austragsströme der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue	5
Abbildung 3: Diagramm CO <sub>2</sub> - Bilanz	12
Abbildung 4: Leistungskennlinie Gebläse	14
Abbildung 5: Verbrauchganglinie Gebläse Trockenwettertag: 15.06.2014; Sonntag; leicht bewölkt;	15
Abbildung 6: Verbrauchganglinie Gebläse Regenwettertag: 25.06.2014; Mittwoch; bedeckt; Regen;	16
Abbildung 7: Energieverbrauchsanteil Belebungsstufe	19
Abbildung 8: Energieverbrauchsanteil Komponenten Belebung	20
Abbildung 9: Energieverbrauchsanteil Zulaufpumpwerk	23
Abbildung 10: Energieverbrauchsanteil Schlammwässerung	28
Abbildung 11: Maßnahmenbezogene Einsparpotenziale	59

# 1. Einführung

## 1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Klimaschutz ist nicht nur eine wesentliche Aufgabe für den wirtschaftlichen Bereich sondern auch für den kommunalen Sektor. Den im kommunalen Sektor sind viele Tätigkeitsfelder angesiedelt, die einen erheblich zur CO<sub>2</sub>-Emission beitragen. Der Bereich Abwasserbehandlung ist dabei einer der größten Energieverbraucher.

Die heutigen kommunalen Träger behandeln und entsorgen derzeitig unter massiver CO<sub>2</sub> - Emission anfallende Abwässer und Abfälle, die ein enormes CO<sub>2</sub> - neutrales Eigenenergiepotenzial besitzen.

Unter Einsatz neuester Technologien verknüpft mit effizienter Anlagentechnik ist es heutzutage möglich, den CO<sub>2</sub> - Ausstoß in diesem Segment unter Beibehaltung der derzeitigen Kosten- und Gebührenstruktur erheblich zu reduzieren.

Die Zielsetzung des Projektes ist eine konsequente Herabsetzung der Treibhausgasemissionen. Unter dem beengten Raum der Finanzierbarkeit und der steigenden Tendenz der Energie- und Stoffpreise soll dabei eine tragbare und in Einzelschritten vollziehbare Lösung herausgearbeitet werden.

Die Abwasserbehandlungsanlage Wipperraue soll dabei zukünftig eine Vorreiterrolle in der Region übernehmen, in der bezahlbare CO<sub>2</sub> – neutrale Abwasserbehandlung angestrebt wird.

Die Abwasserbehandlungsanlage Wipperraue behandelt das Abwasser von über 35.000 Einwohnerggleichwerten. Hierfür werden ein elektrischer Energieverbrauch von über 660.000 kWh/a und ein Thermischer von über 81.000 kWh/a aufgewendet.

Neben den genannten Emissionen ist ein jährlicher Zuwachs der Energiekosten zu verzeichnen, der letztendlich unter Beibehaltung der Verfahrenstechnik eine mittelfristige Gebührenerhöhung zur Folge haben könnte.

Um diesen Szenario zu begegnen, hat sich der Abwasserzweckverband Bode-Wipper neben der Errichtung einer anaeroben Verfahrensstufe entschieden, ein Klimaschutzteilschutzkonzept für klimafreundliche Abwasserbehandlung erarbeiten zu lassen. Das Konzept soll eine Entscheidungsgrundlage schaffen, um zielgerichtet weitere Maßnahmen auf den Weg zu bringen, mit denen die Emissionen im Zusammenhang mit Energieverbrauchssenkungen gemindert werden können.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 1.2 Methodik

### *Datenerfassung*

Zunächst sind alle notwendigen Grundlagen für die Ausarbeitung relevanter Maßnahmen zu erfassen und auszuwerten. Es wird bewusst nur auf die schon in der Literatur bekannten Sektoren einer Abwasserbehandlungsanlage eingegangen, die nachweislich einen hohen Energieverbrauch aufweisen und für eine Optimierung prädestiniert sind. Kleinere Effekte werden nur in den Lösungsvorschlägen aufgelistet, da diese letztendlich nur in einem geringen Maße zur Energieverbrauchssenkung beitragen.

Hierbei werden folgende Daten der Abwasserbehandlungsanlage Wippéraue ausgewertet und verwendet bzw. Messungen vor Ort durchgeführt:

- Verwendung der Monatsberichte der Abwasserbehandlungsanlage Wippéraue  
2013 und Juni 2014
- Verwendung der Frequenzgangtageskennlinie der Gebläse vom 15. und 24.06.2014
- Zulaufpumpwerk: Messung der Stromaufnahme im Trockenwetterfall bei unterschiedlichen Pegelständen im Vorlageschacht des Pumpwerkes
- Gebläsestation: Messung der Stromaufnahme bei definierter Frequenzganglinie
- Rührwerke: Messung der Stromaufnahme
- Rücklaufschlammumpwerk: Messung der Stromaufnahme

### *Datenauswertung Aufnahme des Ist - Zustandes*

Aufgrund der Datenlage werden die Energieverbrauchskennzahlen für die einzelnen Verfahrenssegmente der Abwasserbehandlungsanlage fest- und dargestellt.

### *Potenzialanalyse*

Das Potenzial für die Energie- und Treibhausgasemissionseinsparung in den einzelnen Verfahrenssegmenten der Abwasserbehandlungsanlage wird erarbeitet und dargestellt.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### *Maßnahmenkatalog*

Hier werden Schritte aufgezeigt, die zu einer wesentlichen Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen führen. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf regenerative Energieerzeugung auf der einen und Energieeffizienz auf der anderen Seite gelegt. In der Rangfolge werden durchgeführte, in Bearbeitung befindliche, kurzfristig, mittelfristig und langfristig durchführbare Maßnahmen aufgezeigt, die das genannte Maßnahmenziel, CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren, erfüllen und wirtschaftlich umsetzbar sind. Dabei wird das wesentliche Ziel einer Abwasserbehandlungsanlage, die Reinigungsleistung, beachtet und berücksichtigt.

### *Konzept für die energetische Nachverfolgung umgesetzter Maßnahmen*

Hier werden Vorschläge unterbreitet, wie weit der Erfolg von Maßnahmen seitens des Betreibers der Abwasserbehandlungsanlage ohne überdurchschnittlichen personellen Einsatz beurteilt werden kann.

## **2. Beschreibung des Istzustandes**

### **2.1 Beschreibung des angewandten Verfahrens auf der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue**

Das der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue zufließende Abwasser wird dem Verfahren – **Aerobe Schlammstabilisation einschließlich Phosphatelimination** - unterzogen. Das resultierende Klarwasser wird nach der Behandlungsstufe dem Gewässer Wipper zugeführt.

Potenziale der im Abwasser enthaltenen Rohstoffe werden bei diesem Verfahren nicht genutzt. Die Schmutzfrachten werden unter großen Energieaufwand behandelt. Darüber hinaus übt das Verfahren eine erhebliche Schlammproduktion infolge der täglichen Zuwachsrates des Belebtschlammes aus. Dieser Schlamm wird unter Energieaufwand entwässert und entsorgt. Die anfallenden Tonnagen sorgen für einen externen transportbedingten CO<sub>2</sub>-Anfall.

In jedem Teilabschnitt des oben genannten Verfahrens sorgen elektrische Antriebe dafür, das Behandlungsziel zu erreichen.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Die im Hauptstrom der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue befindlichen Teilabschnitte sind Zulaufpumpwerk mit nachgegliederter mechanischer Reinigungsstufe (1), Misch- und Ausgleichsbecken (2), Belebungsstufe mit vorgeschalteter Anaerobstufe (3), Nachklärung mit Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk und Schönungsteich mit Ablaufbauwerk (4). Für die Schlammbehandlung im Nebenstrom sind folgende Teilabschnitte auf der Abwasserbehandlungsanlage installiert: Schlammzwichenspeicher (5), Schlammmentwässerung (6) und Schlamm lager (7). Die Teilabschnitte sind auf den nachfolgend miniaturisierten Lageplan gekennzeichnet.



Abbildung 1: Verfahrensabschritte der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 2.2 Stoff- und Energieströme der Abwasserbehandlungsanlage Wipperrae

Die Abwasserbehandlungsanlage Wipperrae behandelt das Abwasser ohne Nutzung regenerativer Energie bzw. energiearmer Behandlungsstufen. Um das Reinigungsziel zu erreichen, werden Reststoffe abgeschieden und biologisch stabiler Schlamm produziert. Der stabilisierte Schlamm wird durch Dritte in einer Kompostierung weiterverarbeitet.

Im nachfolgenden Schema sind die wesentlichen Eintrags- und Austragsströme aufgezeigt:

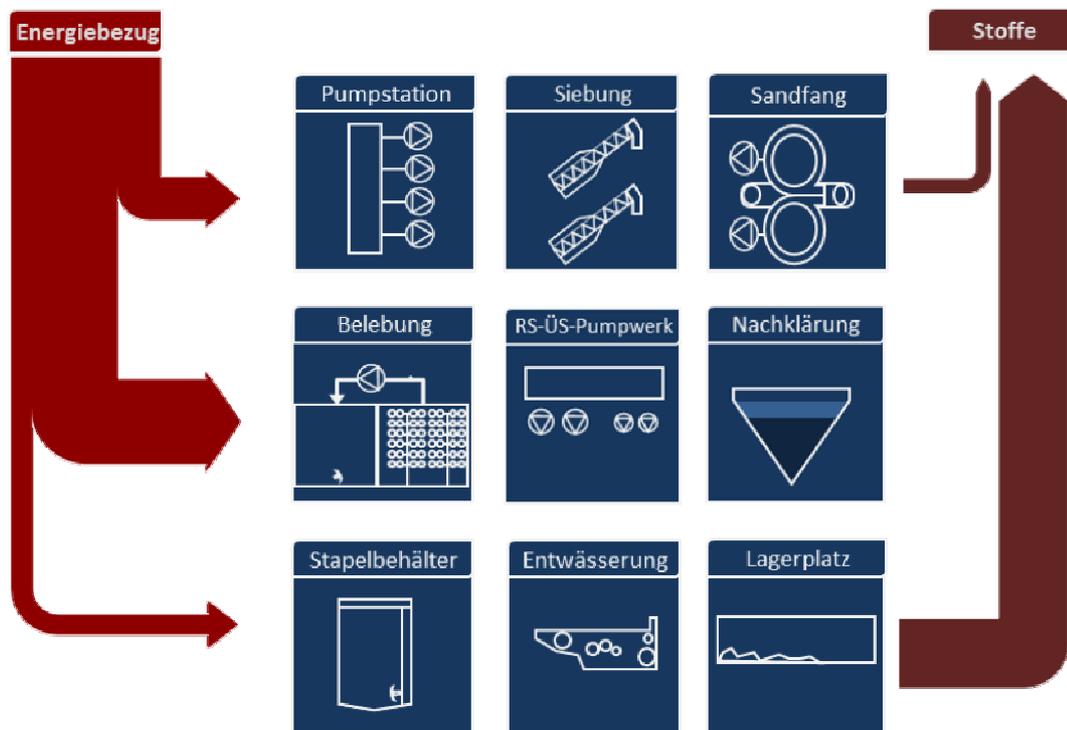


Abbildung 2: Eintrags- und Austragsströme der Abwasserbehandlungsanlage Wipperrae



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 2.3 Beschreibung der einzelnen Teilabschnitte

Energetischer Aufwand, Hilfsstoffeinträge sowie Stoffausträge sind an den entsprechenden Textpassagen mit folgenden Symbolen einschließlich Stoffbezogener Kenngrößen gekennzeichnet.

-  elektrische Energie
-  thermische Energie
-  Brauchwasser (BW)
-  Hilfsstoffe (FeCl<sub>3</sub>, Kalk, Flockungshilfsstoffe(FHM))
-  Rechen – und Sandfanggut (RSG)
-  entwässerter Schlamm

### *Zulaufpumpwerk mit anschließender mechanischer Reinigung*

Aus dem Einzugsgebiet der Abwasserbehandlungsanlage wird das Abwasser über Freigefälleleitungen und Druckleitungen dem Vorlageschacht des Zulaufpumpwerkes zugeführt. Das Pumpwerk hebt das Abwasser auf das notwendige Niveau, so dass dieses im Freigefälle die weiteren verfahrenstechnischen Stufen passieren kann. 

Dabei durchströmt das Abwasser zunächst zwei parallel geschaltete Recheneinheiten, die eine Abtrennung grobstoffiger Inhaltsstoffe vollziehen. Die abgetrennten Stoffe werden gewaschen, gepresst und in einem Container abgeführt und bei Bedarf entsorgt.   

Nach der Rechenstation durchfließt das Abwasser einen Doppelrundsandfang. Der Sandfang scheidet dabei feine sedimentierende Feinbestandteile ab, die den nachgegliederten Verfahrnsablauf infolge ihrer gravitativen und verschleißerhöhenden Eigenschaften empfindlich stören können. Das Sedimentgemisch wird mittels Pumpen einem Separator zugeführt. Dieser vollzieht die Trennung zwischen flüssiger und fester Phase. Das Feststoffgemisch wird ausgetragen und in einen Container zugeführt. Die Stoffentsorgung wird ebenfalls wie beim Rechengut vollzogen.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### *Biologisch Behandlungsstufe*

Der feststoffbefreite und schmutzfrachtbeladene Wasserstrom fließt dem Anaerobbecken zu. Gleichfalls wird dieses mit Rücklaufschlamm, der aus dem Nachklärbecken über Pumpen dem Anaerobbecken zugeführt wird, beaufschlagt. Beide hydraulischen Massen werden im Anaerobbecken vermischt. Die im Rücklaufschlamm befindlichen Belebtschlammflocken unterziehen sich einem phosphatbasierten Stoffkreislauf, da im Anaerobbecken Sauerstoffarmut herrscht. Hierbei werden die biologisch gebundenen Phosphordepots freigesetzt. Der eingemischte Frischabwasserstrom unterstützt diesen Stoffkreislauf.

Für die Durchmischung und Schwebekhaltung der Schlammpartikel sind Rühraggregate notwendig. Im Anaerobbecken der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue sind zwei Rührwerke installiert.



Um den geforderten Abwassereinleitgrenzwert für Phosphor insgesamt einzuhalten wird bei Bedarf ein Fällungsmittel zudosiert. ,   $\text{FeCl}_3$

Anschließend wird der hydraulische Schlammstrom den beiden Belebungsbecken zugeführt.

Der Belebtschlamm wird in diesen Becken intermittierend mit Luft versorgt. Dabei nehmen die Mikroorganismen den Sauerstoff auf, nitrifizieren den Schadstoff Ammonium zu Nitrat und bauen gleichzeitig Kohlenstoff ab. In der belüftungsfreien Zeit wird das Nitrat abgebaut und die Phosphatdepots der Mikroorganismen durch Aufnahme des im Schlamm befindlichen freien Phosphates wieder aufgefüllt.

Die beiden Prozessphasen erfordern eine gut durchmischte Schlamm suspension. Die hierfür notwendige Durchmischung wird in der belüfteten Phase über die aufsteigenden Luftblasen der Druckbelüftung und in der nicht belüfteten Phase über Rührwerke vollzogen.

Die notwendigen Antriebe für den Betrieb der Belebungsbecken sind Gebläse für die Luftversorgung und Rührwerke für die Durchmischung. 



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Anschließend wird der Schlamm in zwei Nachklärbecken einer Phasentrennung unterzogen. Das Nachklärbecken funktioniert rein statisch, es sind keine Antriebe an den Becken installiert. An der Oberfläche des Nachklärbeckens bildet sich ein Klarwasserbereich. Über Ablaufkanten fließt das Klarwasser über einen Schönungsteich dem Gewässer Wipper zu.

Der sich absetzende Schlamm im Nachklärbecken wird mittels Pumpen abgezogen. Infolge des Stoffwechselprozesses wächst die Schlammmasse im System an. Um die Schlammmasse im System konstant zu halten, wird der Schlammzuwachs gesondert mittels Pumpe der nachgegliederten Behandlungsstufe Schlammbehandlung überführt. Der überwiegende Schlammstrom wird zum Anaerobbecken zurückgeführt (Rücklaufschlammstrom).

Die notwendigen Antriebe für den Betrieb der Nachklärstufe sind Rücklauf- und Überschussschlammumpen. ↘<sub>e</sub>

### ***Schlammbehandlung***

Die täglich anfallende Überschussschlammmenge wird zunächst in Schlammstapelbehältern zwischengelagert, dabei wird durch die einsetzende Schwerkrafttrennung der Suspension weiteres Trübwasser abgeschieden, so dass der Eindickungsgrad des Schlammes weiter erhöht wird.

Anschließend wird der eingedickte Schlamm einer Entwässerungseinheit zugeführt. Der entwässerte Schlamm wird in einem überdachten Schlamm lager zwischengelagert. In regelmäßigen Abständen wird der Schlamm entsorgt.

Das sich in den Schlammstapelbehältern bildende und das aus der Entwässerung stammende Trübwasser wird über Pumpen der Belebungsstufe zugeführt.

Für den Bereich der Schlammstapelbehälter sind Rührwerke notwendig, um den eingedickten Schlamm zu homogenisieren.

Für die Entwässerung sind Hilfsstoffaufbereitungs- und Zuführungsanlagen, Schlamm beschickungspumpen, Pressanlagen und Trübwasserpumpen notwendig.

↘<sub>e</sub>, ↘<sub>BW</sub>, ↘<sub>FHM</sub>, ↘<sub>Kalk</sub>, ↗ Schlamm



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### ***Nebenanlagen Misch- und Ausgleichsbecken***

Das oben beschriebende System ist hydraulisch limitiert. Darüber hinaus anfallende hydraulische Zulaufmengen werden zunächst in einem Fracht- und Ausgleichsbecken zwischengelagert und bei hydraulischer Niedrigbelastung der Anlage dem Prozess zudosiert.

Hierfür sind Pumpen und Reinigungs- und Mischaggerate für die Becken notwendig. ↘<sub>e</sub>

### ***Nebenanlagen Heizung, Druckluft, Brauchwasser und Notstrom***

Für die nicht in den Becken installierten Aggregate sind eigens hierfür Maschinen- und Betriebsgebäude errichtet worden. Die Gebäude werden beheizt. Die hierfür notwendige Heizenergie wird mittels eines geeigneten Heizkessels mit Heizversorgungssystem übernommen.

Für die oben genannten Prozesse sind weiterhin eine Druckluft- und Brauchwasserbereitstellung notwendig. Dies wird über geeignete Aggregate realisiert.

↘<sub>th</sub>, ↘<sub>e</sub>



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 3. Energie – und CO<sub>2</sub> – Bilanz

### 3.1 Jahresenergie- und Stoffverbrauch

Für den Zeitraum 2013 wurde für die Behandlung des Abwassers auf der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue ein Energieverbrauch in von 660.000 kWh erforderlich. Aufgrund neuer in Bau befindlichen Industriean-siedlungen bzw. Produktionsbetriebe in der die Kapazitäten erhöht werden, resultieren höhere Zulaufmengen. Hieraus werden wesentliche Erhöhungen des Energiebedarfes erwartet.

Thermisch werden für die Beheizung der Betriebsräume 80.600 kWh auf-gewendet.

Der Hilfsstoff Eisen - III - Chlorid wird für die Phosphatfällung benötigt. Die Jahresmenge für das Jahr 2013 betrug 25 t.

Der Hilfsstoff Kalk wird für die Konditionierung des entwässernden Schlammes verwendet. Die Jahreseinsatzmenge für das Jahr 2013 betrug 102 t.

### 3.2 CO<sub>2</sub>- Äquivalente

Für die Herleitung der CO<sub>2</sub> – Emissionen aus den Energie – und Stoff-verbräuchen werden die Angaben des Energielieferanten der Abwasserbe-handlungsanlage Wipperaue bzw. aus der Datenbank PROBAS des Um-weltbundesamtes genutzt.

Energiebezug: elektrische Energie – CO<sub>2</sub> – Emission: 315 g/kWh<sup>1</sup>

Energiebezug: thermische Energie  
Energieträger Heizöl– CO<sub>2</sub> – Emission: 3,09 kg CO<sub>2</sub>/ l  
Heizwert: 10 kWh / l

Stoffeinsatz: Kalk – Der Emissionswert für CO<sub>2</sub> ist in der PROBAS – Daten-bank des Umweltbundesamtes hinterlegt und beträgt inklusive Herstel-lungsvorkette 0,573 kg Co<sub>2</sub> / kg CaOH.

Stoffeinsatz: FeCl<sub>3</sub> – Für diesen Stoff sind keine Daten hinsichtlich Emis-sionen in der PROBAS – Datenbank hinterlegt. Geht man jedoch von den Grundstoffen für die Herstellung von Eisen und Chlor aus, kann zumindest ein Ansatz von 1,041 kg CO<sub>2</sub>/kg FeCL<sub>3</sub> angenommen werden.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



1 Daten aus Energieträgermix Versorger EnBW 2012 Produkt Normalstrom

Für den Flockungshilfsstoff liegen keine geeigneten Daten vor. Da die Einsatzmasse relativ gering zu den anderen Emittenten ist, wird auf eine Angabe der Emission verzichtet.

### 3.3 CO<sub>2</sub>- Emissionen

Kriterien:

Die CO<sub>2</sub> – Emissionen beschränken sich ausschließlich auf den ablaufenden internen Verfahrensprozess der Abwasserbehandlungsanlage Wipperraue.

#### *Energiebezug*

Die Abwasserbehandlungsanlage Wipperraue wendet ca. 660.00 kWh / a für die Behandlung und Reinigung des zufließenden Abwassers auf. Demnach wird CO<sub>2</sub> in einer Höhe wie folgt emittiert:

$$660.000 \text{ kWh/a} \times 0,315 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 207.900 \text{ kg CO}_2/\text{a.}$$

#### *Heizenergie*

Die Abwasserbehandlungsanlage Wipperraue wendet ca. 80.600 kWh / a für die Beheizung der Betriebsgebäude auf. Demnach wird CO<sub>2</sub> in einer Höhe wie folgt emittiert:

$$80.600 \text{ kWh/a} / 10 \text{ kWh} / \text{l} \times 3,09 \text{ kg CO}_2/\text{l} = 24.905 \text{ kg CO}_2/\text{a.}$$

#### *Stoffeinsatz: Kalk*

Für die Konditionierung des entwässernden Schlammes werden jährlich 102 t Kalk zudosiert. Demnach wird CO<sub>2</sub> in einer Höhe wie folgt emittiert:

$$102 \text{ t Kalk /a} \times 573 \text{ kg CO}_2/\text{t Kalk} = 58.446 \text{ kg CO}_2/\text{a.}$$

#### *Stoffeinsatz: FeCl<sub>3</sub>*

Für die Fällung des Phosphates werden jährlich 25 t Eisen III – Chlorid dem Belebtschlamm zudosiert. Demnach wird CO<sub>2</sub> in einer Höhe wie folgt emittiert:

$$25 \text{ t FeCl}_3/\text{a} \times 104 \text{ kg CO}_2/\text{t FeCl}_3 = 2.600 \text{ kg CO}_2/\text{a.}$$



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### 3.3 CO<sub>2</sub>- Bilanz

Da es keine CO<sub>2</sub> – mindernde Elemente im Verfahrensprozess beteiligt sind, ist nachfolgend die Gliederung der CO<sub>2</sub> – emittierenden Komponenten grafisch dargestellt:

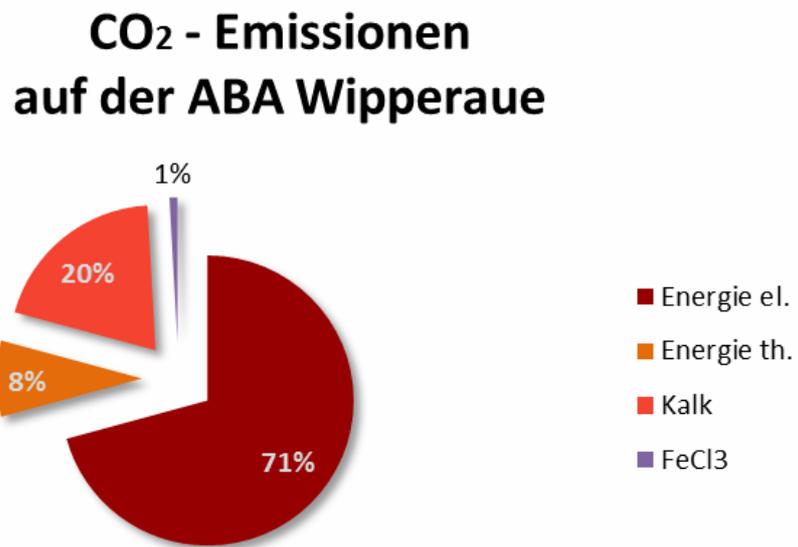


Abbildung 3: Diagramm CO<sub>2</sub> - Bilanz

Die Grafik lässt den Schluss zu, dass ein wesentliches Potenzial im Bereich des elektrischen Energieverbrauches vorherrscht. Hiernach folgen die Stoffkosten für Kalk und Heizenergie.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### 3.4 Energieverbrauch der Belebungsstufe

Der Energieverbrauch der Belebungsstufe wird von folgenden Aggregaten bestimmt:

Anaerobbecken:	2 Stück Rührwerke
Belebungsbecken:	9 Stück Rührwerke 4 Stück Gebläse
Rücklaufschlammumpwerk:	3 Rücklaufschlammumpen

#### **Schaltgeometrie der Aggregate**

##### *Anaerobbecken:*

Im Anaerobbecken ist eine permanente Durchmischung sicherzustellen. Die installierten Rührwerke sind im Dauerbetrieb geschaltet – Laufzeit: 24 h/d.

##### *Belebungsbecken:*

Es sind zwei parallele Belebungsbecken vorhanden. Pro Becken sind zwei Gebläse zugeordnet. Bei Belüftungsbedarf wird ein Gebläse auf Vollast hochgefahren bis der eingestellte Sauerstoffeintragswert erreicht ist. Anschließend wird der Sauerstoffeintragswertbereich gehalten. Der Belüftungszyklus ist zeitgesteuert. Das zweite Gebläse wird nur in Betrieb gesetzt, falls der geforderte Sollwert des Sauerstoffs in einem bestimmten Zeitintervall nicht erreicht wird.

Die Belüftung der beiden Belebungsbecken ist gegeneinander verriegelt, um den Energiespitzenlastwert gering zu halten.

In den Belebungsbecken sind insgesamt 9 Rührwerke installiert. Die Rührwerke sind im Dauerbetrieb. Laufzeit: 24 h/d.

##### *Rücklaufschlammumpwerk:*

Im Trockenwetterfall ist eine Rücklaufschlammpumpe im Betrieb. Der Durchsatz ist über das Prozessleitsystem vorgegeben. Bei Überschreiten eines Zuflussgrenzwertes im Zulaufpumpwerk (Regenwetterfall) wird eine zweite Rücklaufschlammpumpe in Betrieb gesetzt.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### *Energieverbrauch der Gebläseeinheiten*

Grundlage für die Ermittlung der mittleren Energieaufnahme der Gebläse bilden zum einen die durchgeführten frequenzabhängigen Aufnahmeleistungsmessungen an den Gebläsen und die Frequenztagessganglinien der Gebläse, die am Prozessleitsystem aufgezeichnet wurden.

#### *Leistungskennlinie der Gebläse*

Die Grunddaten der Gebläse sind der vorliegenden Betriebsanleitung entnommen worden.

Belebungsbecken 1 und 2:

Gebläse 1 bis 4:	Fabrikat:	RKR
	Typ:	K81 R
	Motorgröße:	250 M
	Nennleistung:	55 kW
	Cos phi:	0,89
	Kupplungsleistung:	25,0 bis 45,8 kW
	Ansaugvolumenstrom:	990 – 2220 m <sup>3</sup> /h
	Differenzdruck:	600 mbar

Je Gebläse ist ein Frequenzumformer zugeordnet. Bei der Leistungsmessung wurde über einen der vier Frequenzumformer ein Frequenzspektrum von 20 bis 50 Hz gefahren. Dabei wurde der Aufnahme Strom mittels Messgerät registriert. Aus dem vorliegenden Datenbestand konnte folgende Kennlinie ermittelt werden:

### **Leistungskennlinie**

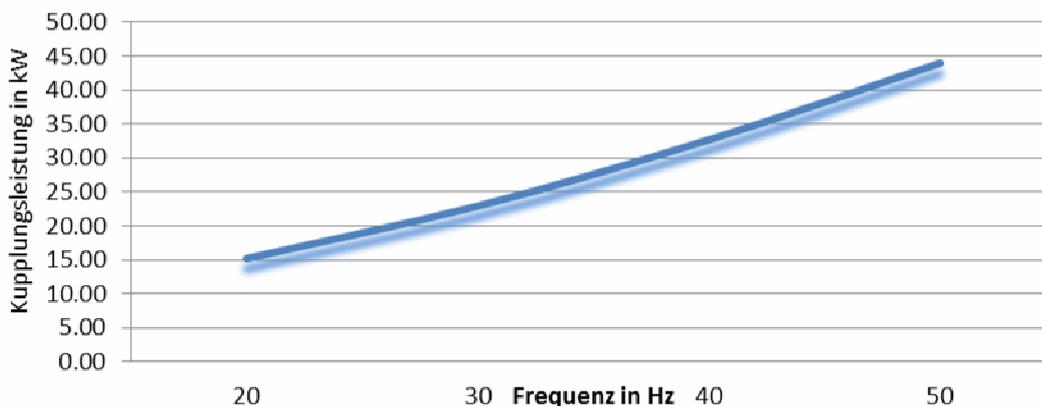


Abbildung 4: Leistungskennlinie Gebläse



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### Verbrauchstagesganglinie der Gebläse

Zur weiteren Energieverbrauchsanalyse wurden die Frequenzganglinien der Gebläse eines Trockenwetter- und eines Regenwettertages ausgewertet. Hierbei wurde die durchschnittliche Frequenz jedes Gebläses im Viertelstundentakt verwendet. In Verbindung mit obiger Kennlinie bilden sich folgende Verbrauchganglinien heraus.

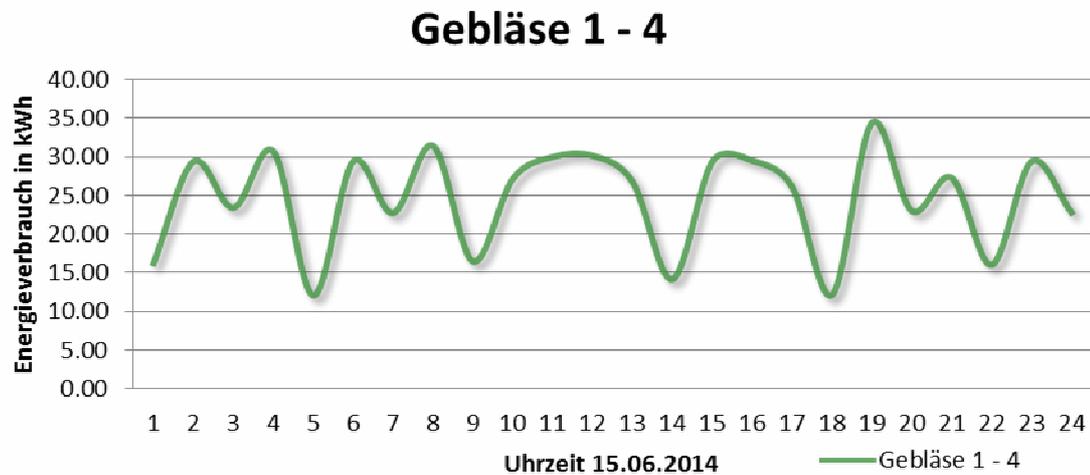


Abbildung 5: Verbrauchganglinie Gebläse Trockenwettertag: 15.06.2014; Sonntag; leicht bewölkt;

Die Gebläse 1 – 4 verbrauchten somit 591 kWh für einen Wochenendtag mit einer Schmutzfrachtbelastung von 1.600 kg BSB<sub>5</sub>/d.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## Gebläse 1 - 4

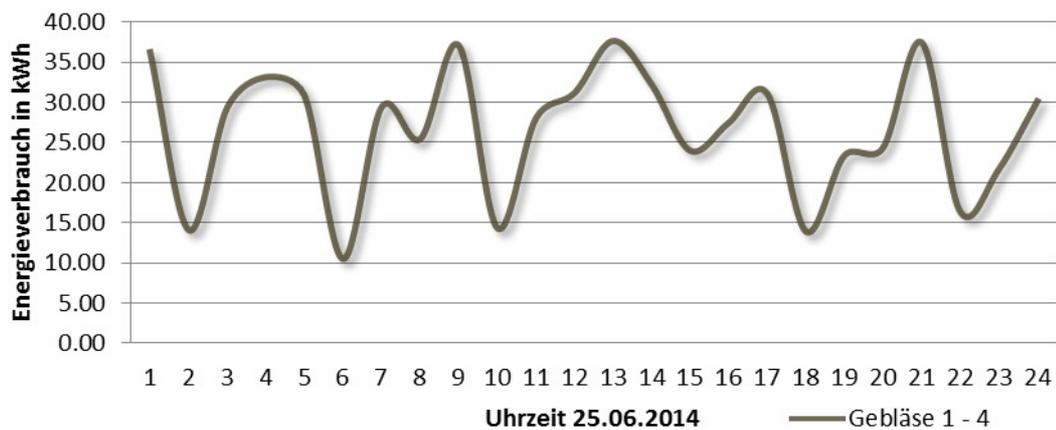


Abbildung 6: Verbrauchsganglinie Gebläse Regenwettertag: 25.06.2014; Mittwoch; bedeckt; Regen;

Die Gebläse 1 – 4 verbrauchten somit 640 kWh für einen Wochentag mit einer Schmutzfrachtbelastung von 2.550 kg BSB<sub>5</sub>/d.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### *Energieverbrauch der Rührwerke im Belebungsbecken*

Die Rührwerke sind im Dauerbetrieb geschaltet, um sedimentationsbedingte Ablagerungen in nicht durchmischten Teilbereichen zu verhindern.

In den Belebungsbecken sind insgesamt 9 Rührwerke installiert.

Die Grunddaten der Rührwerke sind der vorliegenden Betriebsanleitung entnommen worden.

Belebungsbecken 1 und 2:

Rührwerke 6 Stück:	Fabrikat:	Flygt
	Typ:	SR 4410.011
	Nennleistung:	2 kW
	Cos phi:	0,85
Rührwerke 2 Stück::	Fabrikat:	Flygt
	Typ:	SR 4410.011-1461
	Nennleistung:	2,3 kW
	Cos phi:	0,85
Rührwerke 1 Stück:	Fabrikat:	Flygt
	Typ:	SR 4410.011
	Nennleistung:	0,9 kW
	Cos phi:	0,69

Der Aufnahmestrom wurde an allen Rührwerksabgängen in den zugehörigen Schaltschränken abgegriffen. Die Auswertung der Daten kommt zu einem Ergebnis, dass ein Energieverbrauch von insgesamt **380 kWh/d** durch die Umwälzung zu verzeichnen ist.

### *Energieverbrauch der Rührwerke im Anaerobbecken*

Die Rührwerke sind im Dauerbetrieb geschaltet, um eine Mindestgeschwindigkeit der Hydraulik über Beckensohle von 0,2 m/s zu erreichen.

Rührwerke 2 Stück:	Fabrikat:	Flygt
	Typ:	SR 4410
	Nennleistung:	0,9 kW
	Cos phi:	0,65

In den Anaerobbecken sind insgesamt 2 Rührwerke installiert.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Der Aufnahmestrom wurde an allen Rührwerksabgängen in den zugehörigen Schaltschränken abgegriffen. Die Auswertung der Daten kommt zu einem Ergebnis, dass ein Energieverbrauch von insgesamt **40 kWh/d** durch die Umwälzung zu verzeichnen ist.

### *Energieverbrauch der Rücklaufschlammförderung*

Das Rücklaufverhältnis ist bereits seit dem Jahre 2008 auf den empfohlenen Bereich zwischen 0,7 und 1 eingeregelt. Daher liegt in diesem Bereich kein wesentliches Energieeinsparpotenzial in der Hydraulik vor.

Die Leistungsmessung ist mit in den Verbrauch der Belebungsstufe eingeflossen. Die Mindestfördermenge liegt bei 300 m<sup>3</sup>/h und wird auf den Gesamtzufluss über Frequenzumformer abgestimmt.

Je nach Trocken- oder Regenwetter kann der Energieverbrauch der Rücklaufschlammförderung zwischen 6 bis 18 kWh liegen.

Insgesamt wurden im Jahr 2013 2.300.000 m<sup>3</sup> als Rücklaufschlamm gefördert, dies entspricht einen elektrischen Aufwand von ca. 46.000 kWh/a bzw. **126 kWh/d**.

Da im Durchschnitt eine Mindestmenge gefördert werden muss, kann eine große Pumpe durch eine kleinere mit Hocheffizienzantrieb ersetzt werden.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### *Durchschnittlicher Energieverbrauch der Belebungsstufe*

Der Energieverbrauch durch die Gebläseeinheiten ist stark abhängig von der Zulaufschicht. Im Einzugsbereich der Abwasserbehandlungsanlage leitet ein Recyclingbetrieb eine hohe Schmutzfracht ein. Diese kann stark variieren. Aufgrund der vorliegenden Daten wird ein durchschnittlicher Energieverbrauch der Belebungsstufe von rd. 63% zum Gesamtenergieverbrauch festgestellt.

## Energieverbrauchsanteil Belebungsstufe

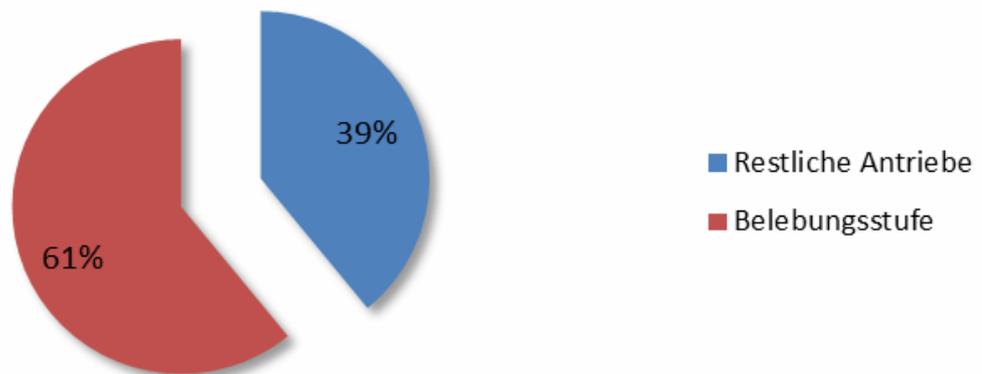


Abbildung 7: Energieverbrauchsanteil Belebungsstufe



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### *Durchschnittlicher Energieverbrauch der Belebungsstufe - Einzelelemente*

Der wesentliche Energieverbrauch in der Belebungsstufe wird auf der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue durch die Gebläse und Rührwerke bestimmt.

## Energieverbrauchsanteil Komponenten Belebung

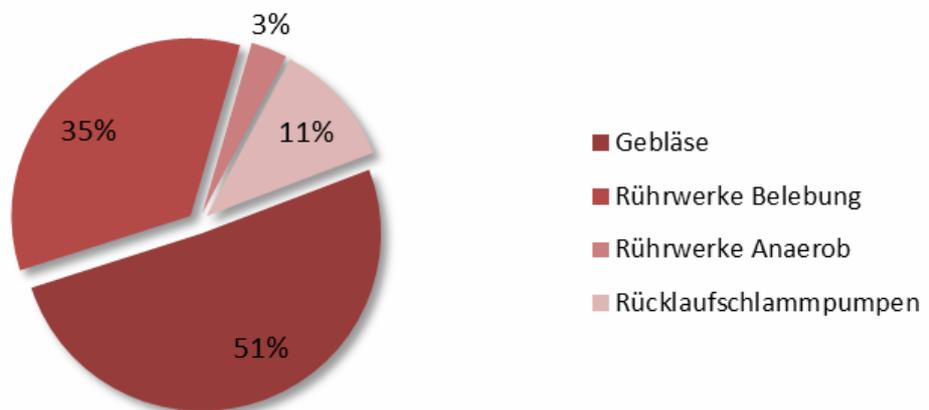


Abbildung 8: Energieverbrauchsanteil Komponenten Belebung

Aufgrund der Datenlage würden somit folgende Jahresverbräuche für die einzelnen Komponenten vorliegen.

Gebälse:	203.000 kWh/a
Rührwerke Belebung:	139.000 kWh/a
Rücklaufschlammumpen:	46.000 kWh/a
Rührwerke Anaerobbecken:	14.000 kWh/a
Gesamtverbrauch:	~402.000 kWh/a
	bzw. 1.100 kWh/d



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### 3.5 Energieverbrauch der Zulaufpumpwerk

Das Zulaufpumpwerk hat eine durchschnittliche Förderhöhe von 10 m.  
Die jährliche Schmutzwassermenge betrug für das

Jahr 2013                      1.933.000 m<sup>3</sup>.

Durch die Leistungsmessung wurde festgestellt das bei einer Fördermenge von 150 m<sup>3</sup>/h eine Leistungsaufnahme von 12,23 kW.

Der Energieverbrauch des Pumpwerkes wird von folgenden Aggregaten bestimmt:

Pumpwerk:                                      4 Stück Kanalradpumpen in Trockenaufstellung

#### ***Schaltgeometrie der Aggregate***

*Pumpwerk:*

Das Antriebsverhalten der Pumpen wird über eine Höhenstandsmessung im Vorlaufschacht des Pumpwerkes bestimmt. Dabei wird durch das Pumpwerk versucht einen konstanten Vorlaufwasserstand im Vorlaufschacht zu halten. Dieser ist zurzeit in der Steuerung mit dem Wert 0,8 m eingestellt. Somit liegt am Einlauf der Pumpen ein Vordruck von 0,8 mWs an.

Falls dieser Wert durch eine Pumpe aufgrund erhöhten Zulaufes nicht mehr reguliert werden kann, wird eine zweite Pumpe in Betrieb gesetzt. Der maximale Zulauf ist dabei auf 1.000 m<sup>3</sup>/h begrenzt.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### *Leistungsdaten der Pumpen*

Die Grunddaten der Pumpen sind der vorliegenden Betriebsanleitung entnommen worden.

Pumpe 1,2:	Fabrikat:	KSB
	Typ:	KRPEA 200 - 400
	Förderleistung:	150 l/s bei 8,5 m
	Nennleistung:	30 kW
	Cos phi:	0,85
Pumpe 3:	Fabrikat:	KSB
	Typ:	SEWATEC E 200 - 400
	Förderleistung:	153,9 l/s bei 8,95 m
	Nennleistung:	34,5 kW
	Cos phi:	0,84
Pumpe 4:	Fabrikat:	KSB
	Typ:	KRPEA 200 - 400
	Förderleistung:	150 l/s bei 8 m
	Nennleistung:	34,5 kW
	Cos phi:	0,85

### *Leistungsmessung der Pumpen*

Den Pumpen sind Frequenzumformer zugeordnet. Bei der Leistungsmessung wurde über einen der Frequenzumformer die Frequenz und Strom bei der eingestellten Wasservorlage von 0,8 m abgegriffen. Das Fördervolumen betrug dabei 150 m<sup>3</sup>/h mit einer Frequenz von 29,2 Hz und Aufnahmeleistung von 21,1 A.

Die ermittelte Leistungsaufnahme betrug dabei 12,23 kW.

Der Trockenwetterzufluss liegt bei durchschnittlich 3.957 m<sup>3</sup>/d.

Die Anzahl der Trockenwettertage im Jahr 2013 betrug 133 Tage.

An diesen Tagen greift die Grundsteuerung der Pumpen mit der Wasservorlage von 0,8 m. Demnach wurden für die Pumparbeit an diesen Tagen insgesamt 42.909 kWh aufgewendet.

An den restlichen Regenwettertagen, 232 Tage, wurde eine Abwassermenge von 1.410.717 m<sup>3</sup> gefördert. Unter der Annahme, dass eine Pumpe unter Vollast gefahren ist, sind durchschnittlich 6080 m<sup>3</sup>/d an den betreffenden Regenwettertagen gefördert worden. Bei einer Förderleistung von 540 m<sup>3</sup>/h ergibt sich demnach eine durchschnittliche tägliche Vollastzeit von 11,26 h.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Beim Betrieb einer Pumpe wurde unter Vollast eine Stromaufnahme von durchschnittlich 50,5 A festgestellt. Dies entspricht einer Leistungsaufnahme von 29,72 kW. Aus den festgestellten Werten ergibt sich ein Energieverbrauch an den Regenwettertagen von insgesamt 77.638 kWh.

Für das Zulaufpumpwerk wird somit ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 120.547 kWh/a aufgewendet.

Der Energieverbrauch zum Gesamtverbrauch stellt sich somit wie folgt dar:

### Energieverbrauchsanteil Belebungsstufe und Zulaufpumpwerk

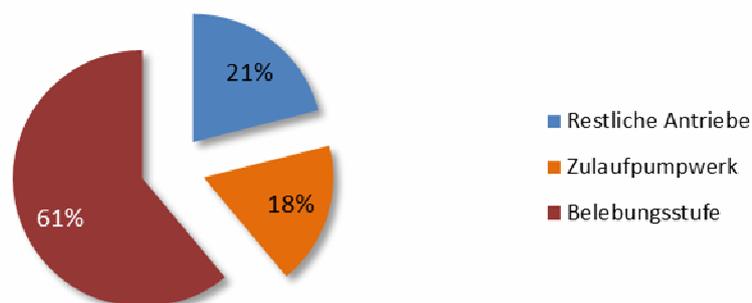


Abbildung 9: Energieverbrauchsanteil Zulaufpumpwerk



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### 3.6 Energieverbrauch der Schlamm entwässerung

Die Schlamm entwässerung hat die Aufgabe eine jährliche Nassschlammmenge von ca. 20.135 m<sup>3</sup> zu entwässern.

Durch die Leistungsmessung wurde festgestellt, dass bei einer Durchsatzmenge von ca. 10 m<sup>3</sup>/h eine Leistungsaufnahme von durchschnittlich 12,5 kW zu verzeichnen ist. Dabei werden intervallmäßig der Flockungsmittelansatz, Druckerhaltung des Hydraulikaggregates und Vor- und Nachlauf der Einheiten je Pressgang berücksichtigt. Die vor/bzw. nachgelagerten Einheiten wie Überschussschlammförderung und Trübwasserförderung werden an dieser nicht Berücksichtigt. Die Leistungsaufnahmen sind in der Rubrik restliche Antriebe der Abwasserbehandlungsanlage Bad Dürrenberg aufgeführt.

Der Energieverbrauch der Schlamm entwässerung wird von folgenden Aggregaten bestimmt:

Schlammstapelbehälter:	1 Stück Rührwerk
Flockungsmittelstation:	1 Stück Exzentrerschneckenpumpe
Brauchwasserstation:	1 Stück Brunnenpumpe
Schlamm entwässerung:	1 Stück Exzentrerschneckenpumpe
	1 Stück Siebandpresse
	Hauptantrieb
	1 Stück Doppelwellenmischer
	1 Stück Kalkförderschnecke
	1 Stück Antrieb
	Kratzkettenförderer

#### **Schaltgeometrie der Aggregate**

*Schlamm entwässerung:*

Anfahrvorgang:

Im Anfahrvorgang werden zunächst die Spülwasserversorgung und das Rührwerk im Schlammstapelbehälter in Betrieb gesetzt. Hiernach startet der Bandantrieb. Nach erfolgter Betriebsmeldung kann der eigentliche Pressvorgang erfolgen.

Pressvorgang:

Während des Pressvorganges sind oben genannte Antriebe aktiv.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Beendigung des Pressvorganges:

Zunächst werden die Beschickungspumpe und Flockungshilfsmittelpumpe abgeschaltet. Hiernach werden die Bandpresse und die nachgelagerten Einheiten mit einer festgesetzten Nachlaufzeit abgeschaltet. Zuletzt wird die Spülwasserversorgung außer Betrieb gesetzt.

#### *Leistungsdaten der Schlammwässerungsaggregate*

Die Grunddaten der Aggregate sind der vorliegenden Betriebsanleitung entnommen worden.

Rührwerk:	Fabrikat:	Landia bzw. Flygt
	Nennleistung:	5,5 kW
	Cos phi:	0,65

Flockungsmittel- pumpe:	Fabrikat:	Seepex
	Typ:	BN 2 – 6L
	Förderleistung:	500 – 4000 l/h
	Nennleistung:	1,1 kW

Brunnenpumpe:	Fabrikat:	KSB
	Typ:	UPA
	Förderleistung:	21 m <sup>3</sup> /h bei 62 m
	Nennleistung:	5 kW
	Cos phi:	0,77

Siebbandpresse Exzentrerschnecken- pumpe:	Fabrikat:	Seepex
	Typ:	BN 35 – 6L
	Förderleistung:	15 – 35 m <sup>3</sup> /h
	Nennleistung:	7,5 kW

Hauptantrieb:	Fabrikat:	Bellmer
	Nennleistung:	5,5 kW

Doppelwellenmischer:	Fabrikat:	Puratek
	Nennleistung:	5,5 kW
	Förderleistung:	6 m <sup>3</sup> /h

Kalkförderschnecke:	:Fabrikat:	Puratek
	Nennleistung:	1,5 kW
	Förderleistung:	1,5 m <sup>3</sup> /h



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Kratzkettenförderer:	Fabrikat:	HAAS
	Nennleistung:	1,1 kW
	Förderleistung:	10 m <sup>3</sup> /h

Insgesamt kommt eine Nennleistung von 32,7 kW zum Ansatz.

### *Leistungsmessung der Schlammmentwässerung*

Schlammdurchsatzbedingte Antriebe, wie Exzentrerschneckenpumpe und Hauptantrieb der Siebbandpresse sind mit einem Frequenzumformer versehen.

Bei Volllastbetrieb der Presse wurden folgende Werte an den Leistungsabgängen zu den Antrieben gemessen:

Rührwerk:	Fabrikat:	Landia bzw. Flygt 11,5 A
Flockungsmittel- pumpe:	Fabrikat:	Seepex 0,6 A
Brunnenpumpe:	Fabrikat:	KSB 6 A
Siebbandpresse Exzentrerschnecken-: pumpe:	Fabrikat:	Seepex 1,3 A
Hauptantrieb:	Fabrikat:	Bellmer 0,9 A
Hydraulikaggregat, druckbestimmend laufend:		1,3 A
Doppelwellenmischer:	Fabrikat:	Puratek 1,4 A
Kalkförderschnecke:	Fabrikat:	Puratek 0,1 A
Kratzkettenförderer:	Fabrikat:	HAAS 1,7 A



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Insgesamt wurde bei den dauernd in Betrieb befindlichen Aggregaten ein Leistungsbedarf von 11,9 kW festgestellt. Hinzu kommen 0,76 kW für das Hydraulikaggregat und ca. 0,5 kWh für einen Flockungsmittelansatz. Werden für eine Tagespressung eine Laufzeit von 8 h unterstellt, so würde sich ein Tagesleistungsaufnahme wie folgt darstellen:

Anfahren:

In Betrieb gesetzte Anlagen:

Rührwerk, Brauchwasser, Siebandpresse; Hydraulikaggregat;

Betriebszeit: 5 min

Leistungsaufnahme: 0,8 kWh

Volllastbetrieb:

In Betrieb gesetzte Anlagen:

Alle beteiligten Aggregate, davon Hydraulikaggregat 50% der Betriebszeit;

Betriebszeit: 8 h

Leistungsaufnahme: 98,1 kW

Pressvorgang beenden:

In Betrieb gesetzte Anlagen:

Brauchwasser, Siebandpresse; Hydraulikaggregat;

Nachgelagerte Aggregate ohne Kalkförderschnecke

Betriebszeit: 10 min

Leistungsaufnahme: 1,1 kWh

Hinzu kommt noch der Flockungsmittelansatz in Höhe von ca. 0,5 kWh.

Somit ergibt sich eine Leistungsaufnahme für ein Tagespressgang in Höhe von

100,5 kWh bei einem Schlammumsatz von 80 m<sup>3</sup>.

Somit kann von einem Leistungsaufwand von **0,8 kWh/m<sup>3</sup>** Frischschlamm ausgegangen werden.

Für die Schlammwässerung wird somit ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 16.000 kWh/a aufgewendet.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Der Energieverbrauch zum Gesamtverbrauch stellt sich somit wie folgt dar:

## Energieverbrauchsanteil Belebung/ Zulaufpumpwerk und Schlammentwässerung

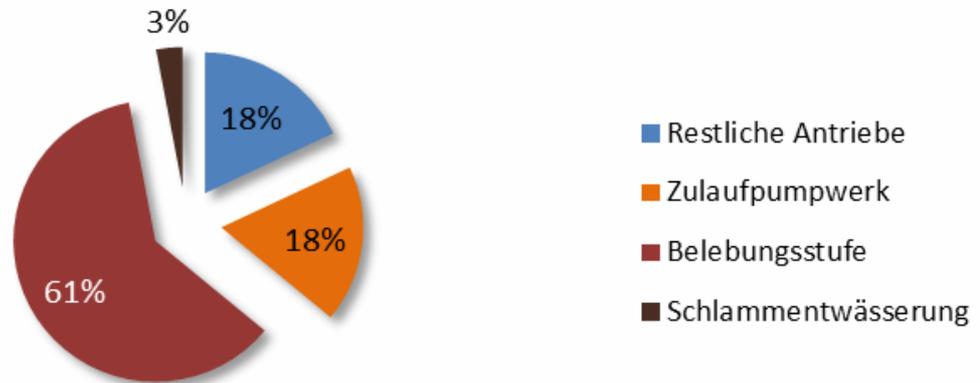


Abbildung 10: Energieverbrauchsanteil Schlammentwässerung



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 4. Potenzialanalyse

### 4.1 Potenzialanalyse Energieeffizienz Belebungsstufe

Das **größte Einsparpotenzial** liegt aufgrund der **Ist – Datenauswertung** im Bereich der **Belebungsstufe**, die mit **rd. 61%**, **~ 402.000 kWh**, am Gesamtenergieverbrauch der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue beteiligt ist.

#### *Umwälz- und Belüftungstechnologie:*

In der Belebung ist ein effektiver Stoffwechselprozess der Mikroorganismen von der größtmöglichen Oberfläche der Schlammflocken, die schwebend in der wässrigen Phase Zugang zu Nährstoffen erhalten, abhängig. Dies wird außerhalb der Belüftungszeiten nach herkömmlicher Auffassung über eine Durchmischung mittels Rührwerke vollzogen. Während der Erweiterung des Anschlussgrades der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue wurden diverse Umbauten an den Belebungsbeckeneinbauten vorgenommen. Während dieser Eingriffe, wurden im Bereich der Beckenabläufe große Schlammteppiche entdeckt. Als Ergebnis mehrerer Beratungen wurde beschlossen, an dieser Stelle die Belüftung zu entfernen und ein weiteres Rührwerk zu installieren und die Durchmischung mittels Rührwerke auch während der Belüftungszeiten aktiv zu lassen. Eine Strömungsuntersuchung mittels einer 3-D-Simulation wurde zum damaligen Zeitpunkt noch nicht durchgeführt. Bei einer nachträglichen Untersuchung bei einem turnusmäßigen Belüfterwechsel wurde an der besagten Stelle kein Schlammteppich mehr entdeckt. Die beschlossenen Punkte haben offenbar das damals festgestellte Phänomen mit Inkaufnahme erhöhter Energieaufnahme beseitigt.

Durch die Rührwerke werden Querströmungen erzeugt, dabei sollen Schub- und Zugkomponenten horizontal auftriebsfördernd auf die Schlammflocken einwirken.

Da die umgebende wässrige Phase mit beschleunigt wird, existiert keine Relativgeschwindigkeit zwischen Schlammflocke und umgebender Phase und somit kein von außen generierter Auftrieb der Schlammflocke selbst, so dass diese innerhalb der wässrigen Phase zum Absinken bei einem linearen Strömungsvektor neigt. Auftriebsfördernd sind dabei die gegenseitigen Behinderungen der Schlammflocken zueinander und die nichtlinearen Komponenten der Strömung. Der visuelle Eindruck der Gesamtströmung an der Oberfläche der Belebungsbecken bestätigt diesen Effekt.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Stellt sich nun die Frage, ob die Schwebekörper mit wesentlich geringerem Aufwand generiert werden kann und sollten die auftriebsfördernden Faktoren der Flocken als potenzierender Faktor zur eingesetzten Technologie genutzt werden?

Offensichtlich werden auf verschiedenen anderen Abwasserbehandlungsanlagen hinsichtlich dieser Fragestellung neue Wege wie z.B. Mainz, Zeulenroda etc. gegangen.

Zum Beispiel wurde durch Umstellung der Belüftungs- und Umwälztechnologie der Belebungsbecken auf der Abwasserbehandlungsanlage Zeulenroda mit einem Anschlussgrad von 20.000 EW eine Energieverbrauchseinsparung von durchschnittlich 200.000 kWh/a erreicht. Dabei wurden alle Umwälzeinrichtungen im Belebungsbecken entfernt und die Belegungsrate der Belüfter (komplett neu) am Beckenboden so erhöht, dass eine vollflächige Belüftung vorliegt. Während der Denitrifikationsphase bildet sich innerhalb von 10 min eine Klarwasserphase im Becken von ca. 20 cm. Nach dieser Zeitspanne wird der Beckeninhalte durch eine kurze Schwallbelüftung wieder homogenisiert. Zum Zeitpunkt der Umrüstung gab es noch keine Hybridgebläse auf dem Markt. Daher wurden herkömmliche Gebläse eingesetzt. Diesen Einsparungseffekt kann man nicht 1:1 auf andere Abwasserbehandlungsanlagen übertragen, da die Abwasserbehandlungsanlage mit einem energieaufwendigen System zuvor in Betrieb war.

Absetzungserscheinungen wurden bei den diversen vorgenommenen Kontrollen nicht festgestellt. Die Reinigungsleistung bleibt in der Denitrifikationsphase erhalten.

Würde man dieses Konzept auf den Betrieb der Belebungsbecken der Abwasserbehandlungsanlage Wipperraue spezifisch anwenden, käme ein wesentliches Energieeinsparpotenzial zum Tragen.

In der vom Abwasserzweckverband Bode-Wipper veranlassten **Machbarkeitsstudie „Installation einer Hochlastfaulung auf dem Gelände der der Abwasserbehandlungsanlage Wipperraue“** mit Bearbeitungsstand 19.12.2013 auf Seite 17 wurde auf Grundlage der derzeit installierten Belüftungstechnologie eine grobe Energiebilanz aufgestellt, die den Effekt der Frachtminimierung innerhalb der aeroben Stufe aufzeigt.

Dabei wurde eine Energieeinsparung von 200 kWh/d für die Belebungen angenommen. Dieser ist Abhängig von der eingesetzten Faulturmtechnologie.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Bei Einsatz der zuvor beschriebenen Belüftungs- und Umwälztechnologie würde darüber hinaus der eingesetzte Aufwand der derzeit in Betrieb befindlichen Rührwerke wegfallen. Bei Berücksichtigung des notwendigen Energiebedarfes für die Schwallbelüftung würde eine weitere Energieeinsparung von mindestens **100.000 kWh/a** möglich sein.

#### *Gebälsetechnologie:*

Durch Einsatz neuester Hybridgebläse kann der Wirkungsgrad dieser Einheiten erheblich verbessert werden. Der energetische Aufwand kann durchschnittlich um mindestens 5 – 7% gesenkt werden. Hieraus kann eine weitere Energieeinsparung in Höhe von weiteren **6.000 – 10.000 kWh/a** generiert werden.

#### *Antriebstechnologie Rücklaufschlammförderung:*

Da im Durchschnitt eine Mindestmenge gefördert werden muss, kann eine große Rücklaufschlammförderpumpe durch eine kleinere mit Hocheffizianztrieb ersetzt werden. Die beiden großen Pumpen sind bereits seit den 1991 in Betrieb und liegen über dem nominellen Nutzungszeitraum von durchschnittlich 20 Jahren.

Durch Einsatz einer solchen hocheffizienten Rücklaufschlammförderpumpe könnte ein energetisches Einsparpotenzial von ca. 10 % (**4.600 kWh/a**) für diesen Bereich zum tragen kommen. Dies bedeutet, dass von den insgesamt durchschnittlich aufgewendeten 46.000 kWh / a nur noch 41.400 kWh/a nötig wären.

## **4.2 Potenzialanalyse Energieeffizienz Zulaufpumpwerk**

#### *Anhebung des Vorlaufniveaus:*

Der Bereich des Zulaufpumpwerkes ist mit einem Gesamtenergieverbrauch in Höhe von 18%, ~ 119.000 kWh/a, am Gesamtenergiebedarf der Abwasserbehandlungsanlage Wipperrau beteiligt. Vorwiegend arbeitet eine Zulaufpumpe im Dauerbetrieb.

Die Steuerung ist darauf ausgelegt, dass ein Vorlaufniveau von 0,8 mWs gehalten wird. Dabei wird im Trockenwetterfall bei einer Förderleistung von ca. 200 m<sup>3</sup>/h eine Kupplungsleistung von 12,23 kW ermittelt.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Bei einem Testlauf, das Vorlaufniveau auf 0,9 mWs anzuheben, wurde eine Aufnahmeleistung von 10,1 kW verzeichnet, dies entspricht einer Leistungseinsparung von 17%. Bei Anhebung des Vorlaufniveaus um 10 cm können somit rund **20.000 kWh/a** eingespart werden.

#### *Antriebstechnologie Vorrangpumpe:*

Da im Zulaufpumpwerk ebenfalls vorrangig Dauerläufereinheiten in Betrieb sind. Kann an dieser Stelle ebenfalls ein Einsatz eines hocheffizienten Motors sinnvoll sein. Dabei können ca. 8% der aufgewendeten Energie eingespart werden.

Bei Einbeziehung des vorgenannten Potentials kann eine weitere Einsparung von ca. **7.000 kWh/a** erreicht werden.

### **4.3 Potenzialanalyse Energieeffizienz Schlammwässerung**

Aufgrund der durchgeführten Analyse der Energieaufnahme im Bereich der Schlammwässerung bleibt festzustellen, dass die Siebbandanlage energetisch effizient arbeitet. Ein Energieeinsparpotenzial liegt in diesem Bereich nicht vor.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 5. Maßnahmen

### 5.1 Maßnahmenarten

Um eine strategisch sinnvolle Umsetzung von Maßnahmen zu vollziehen, sollten diese anhand der Durchführbarkeit in Abhängigkeit der Finanzierung gegliedert sein und zwar in Durchgeführte Maßnahmen (D), Sofortmaßnahmen (S), Kurzfristige Maßnahmen (K) und Abhängige Maßnahmen (A).

#### *Definition Maßnahmenart:*

Maßnahmenart	Definition	Ausführungszeitraum
<b>D</b> urchgeführte Maßnahmen	Sind Maßnahmen, die außerhalb dieser Studie veranlasst wurden bzw. sich in der Planungsphase oder in Abhängigkeit von Fördermittelbereitstellungen befinden. Eine energetische Bewertung dieser Maßnahmen sollte jedoch in der Gesamtbetrachtung berücksichtigt werden, da vielfach eine energetische bzw. stoffliche Abhängigkeit zu anderen Maßnahmen besteht.	
<b>S</b> ofortmaßnahmen	Sind minimalinvestiv und können unter Berücksichtigung der Reinigungsanforderungen und der verfahrenstechnischen Gegebenheiten schnell umgesetzt werden.	max. 2 Jahre
<b>K</b> urzfristige Maßnahmen	Sind generell wirtschaftlich und bedürfen einer planerischen Umsetzung und Prüfung, da diese auch zu verfahrenstechnische Auswirkungen führen können.	2 – 5 Jahre
<b>A</b> bhängige Maßnahmen	sind an viele Randbedingungen gebunden – wie z.B. effizientes Ersatzaggregat wird nach Ablauf der Nutzungsdauer des zu ersetzenden Aggregates installiert.	1 – 10 Jahre



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



***Rahmenparameter für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Maßnahmen:***

Für die entsprechenden Maßnahmen ist eine wirtschaftliche Abwägung der Umsetzbarkeit zu vollziehen. Hierbei sind grundlegende Randparameter einheitlich zu benennen.

Folgende Randparameter sind in den Betrachtungen berücksichtigt worden.

Zur Berechnung herangezogene Ausbaugröße  
der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue: 36.000 EW

Andere Parameter sind spezifisch auf die Maßnahme in den einzelnen Punkten genannt.

Die nachfolgend unterbreiteten Vorschläge unterliegen Abschätzungen und sind vor Umsetzung dezitiert im Rahmen des Leitungsbildes der Leistungsphase 2 durch den zu beauftragenden Planer zu untersetzen.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 5.2 Durchgeführte Maßnahmen

**D 01:** *Installation einer Hochlastfaulung auf dem Gelände der Abwasserbehandlungsanlage Wipperraue*

Status 08/2014:

Machbarkeitsstudie abgeschlossen;  
Grundlage sind Gasertragsversuche von generiertem Primärschlamm aus dem Zulaufstrom;  
Wettbewerbsverfahren für die weitere Planung ist veranlasst

Aufgrund der kurzfristig zu erwartenden industriebedingten Zulauffrachtsteigerungen wurde die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zu diesem Maßnahmenteil aus dem Konzeptumfang ausgenommen, um die Realisierung unverzüglich umsetzen zu können.

Die Umsetzung dieser Maßnahme hat folgende energetische- und stoffliche Auswirkungen unter der Voraussetzung einer effizienten Faulturmtechnologie:

Nutzung des regenerativen Energiegehaltes des Abwassers:

Mittlere jährliche elektrische Energieerzeugung: ca. 525.000 kWh

Vollständige Kompensation des thermischen Energieverbrauches für die Beheizung der Betriebsgebäude.

Infolge des Frachtentzugs in der Vorklärungsstufe – geringerer Belüftungsbedarf in der Belebung.

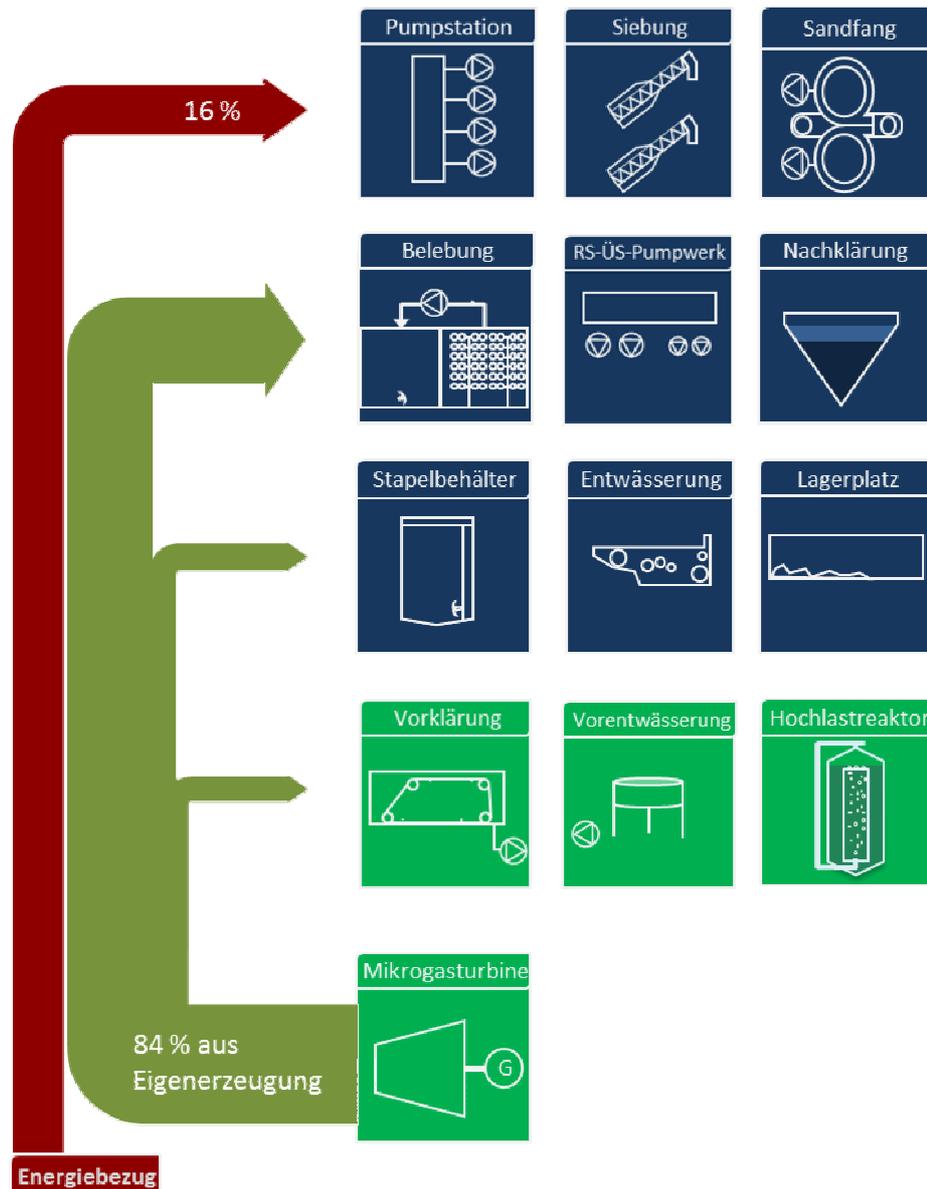
Infolge des Abbaus organischer Substanz in der Faulung – Verringerung der zu entwässernden Schlammmenge – folglich Energiereduzierung und Minderung der Kalkkonditionierung.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Nach Errichtung und Inbetriebnahme der Hochlastfaulung wird sich folgende Hauptenergiebilanz ergeben:



Durch diese Maßnahme wird ein voraussichtlicher Energiebedarf seitens der installierten Aggregate in Höhe von 630.000 kWh/a erwartet. Dieser soll überwiegend durch die Eigenstromproduktion kompensiert werden.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Im Verbrauchssektor würde sich die Energiebilanz bei einem Verbrauch von 630.000 kWh/a wie folgt verteilen:

## Energieverbrauchsanteil Belebung/ Zulaufpumpwerk / Schlammwässerung und Hochlastfaulung



Gegenstand der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung war die Errichtung einer effizienten Faulturmtechnologie neuester Generation – welche vom Fraunhofer Institut IGB; Stuttgart entwickelt worden und auf mehreren Abwasserbehandlungsanlagen im Bundesgebiet erfolgreich im Einsatz ist. Die Wirtschaftlichkeit dieser Technologie ist ohne Finanzierungsbeihilfe durch Fördermittel gegeben und zeichnet sich durch Elemente aus, die geringe Wartungskosten und Reinvestitionskostenrisiken im dauernden Betrieb aufzeigen. Sollten sich durch die weiteren Planungsergebnisse andere konventionelle Verfahren durchsetzen, sollten die erhöhten Eigenverbrauchskennziffern durch den Betrieb der Faulturmstufe hinsichtlich der Gesamtenergiebilanz verifiziert werden.

Unter der Annahme der bevorstehenden Anschlussgraderhöhung infolge der neuen Industrieansiedlung bzw. Industriekapazitätserweiterung soll sich der Ausbaugrad von 36.000 EW auf 46.000 EW erhöhen. Hierbei wird sich die hydraulische Belastung unmerklich erhöhen, so dass an dieser Stelle zumindest der gleiche Energieverbrauch wie bisher anliegen wird.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Die frachtrelevanten Energieverbrauchswerte werden aufgrund des Frachtzuwachses merklich ansteigen, so dass die Energiebilanz zum Zeitpunkt der Anschlussgraderhöhung verifiziert werden sollte. Die Änderung der Verbrauchswerte kann jedoch nicht vom Verfasser dieses Konzeptes vorausgesagt werden, da die Parameter in der derzeitigen Planungsphase durch Dritte eingeschätzt werden und noch nicht bekannt sind.

Um eine sichere Aussage zu den weiteren Maßnahmen treffen zu können, werden nur die zum Bezugsjahr 2013 bekannten Daten einhergehend mit der in der Machbarkeitsstudie favorisierten Lösung herangezogen.

Eine wirtschaftliche Bewertung wurde bereits in der Machbarkeitsstudie wiedergegeben. Die Randfaktoren werden sich jedoch durch die Planungsergebnisse des zur Planung herangezogenen Dritten ändern, daher wird an dieser Stelle nicht weiter auf die wirtschaftlichen Faktoren dieser Maßnahme eingegangen.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### 5.3 Sofortmaßnahmen

**S 01:** *Umstellung des Vorlaufniveaus im Zulaufschacht des Zulaufpumpwerkes*

Das Vorlaufniveau auf 0,9 mWs im Zulaufschacht des Hauptpumpwerkes kann ohne investive Maßnahmen vorgenommen werden. Somit würde sich der Gesamtenergieverbrauch nach der erfolgreichen Installation einer effizienten Faulung im Mittel auf 610.000 kWh/a reduzieren.

### 5.4 Kurzfristige Maßnahmen

**K 01:** *Umstellung auf eine Flächenbelüftung einschl. Erzeugung einer Pfropfenströmung des in der Zukunft im Betrieb verbleibenden Belebungsbeckens*

Durch die bereits oben genannte Maßnahme verringert sich zum einen die Zulauffracht zum Belebungsraum und zum anderen wird die hydraulische durchschnittliche Verweilzeit des Belebtschlammes verfahrenstechnisch auf 13 Tage reduziert.

Aufgrund dieser Rahmenparameter verringert sich der notwendige Belebungsraum, so dass von den zwei vorhandenen Belebungsbecken nur eins für die zukünftige Behandlung des zufließenden Abwassers notwendig sein wird.

Auch die bevorstehende Anschlussgraderhöhung infolge der Industrieansiedlung bzw. Industriekapazitätserweiterung ändert nichts an dieser Systematik. Es wird lediglich das Schlammalter herabgesetzt.

Wie bereits in der Energieanalyse verzeichnet, werden derzeit im Durchschnitt 1.100 kWh/d für die Belebungsstufe aufgewendet. Bei Einsatz der in der Machbarkeitsstudie verwendeten Systemtechnik verringert sich der Energieverbrauch im Bereich der Belebung auf 900 kWh/d.

Die bereits mehrfach bundesweit eingesetzte neue Technologie beruht auf folgenden Merkmalen:

- Verzicht auf Rührwerkstechnik im Belebungsraum
- Vollflächiger Belegungsgrad des Belebungsbeckens mit Membranflächenbelüftern (ungeeignet sind Rohrbelüfter)
- Kürzere Intervallzeiten der Deni- und Nitrifikationsphase
- Kurzzeitige Schwallbelüftungsschübe in Taktung während des Denitrifikationszeitraumes
- Erzeugung einer gerichteten Pfropfenströmung zwischen Zulauf und Ablauf im Belebungsbecken
-



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### *Systemgrenze für Investitionskostenschätzung und Energiespektrum*

#### Belebungsbeckenraum

- Zulaufrohr bis Ablaufkante des Beckens

#### *Notwendige Maßnahmen:*

Die im Belebungsbecken befindliche Belüftungsanordnung ist zu ändern, dass eine vollflächige Belüftung entsteht.

Im Becken II sind derzeit 940 Tellerbelüfter installiert. Bei dem vor 2010 durchgeführten Wechsel der Belüfterelemente wurden keine Schlammablagerungen im Zentrum des Belebungsbeckens festgestellt. Die bisherige Anordnung der Rührwerke hat eine an der Außenwand des Belebungsbeckens gerichtete Strömung erzeugt. Hierbei sind die Strömungsgeschwindigkeiten im Zentrum des Beckens sehr gering, so dass hier am ehesten mit Schlammablagerungen zu rechnen ist. Offensichtlich reicht der erzeugte Vertikalströmungsvektor während der Belüftung aus, um eventuell abgesetzte Schlammflocken wieder in Schwebelage zu bringen. Aufgrund dieser Beobachtungen ist davon auszugehen, dass die Belegungsdichte der Belüfter in diesem Bereich ausreicht.

Um eine gleichmäßige Vertikalkomponente der Strömung komplett über den gesamten Beckenraum zu vollziehen, sind die Rührwerke zu demontieren und an den Freiflächen am Beckenboden weitere Belüfter zu installieren. Demnach sind 188 Belüfter einschl. Querbalken und Anschluss an die Hauptverteiler umzusetzen.

Um eine gerichtete Pfropfenströmung zwischen Zu- und Ablauf zu erreichen, ist an den Beckenenden jeweils an der Beckenwand über den gesamten Wandbereich eine Zu- und Ablaufeinrichtung zu installieren.

Hinweis: Falls der punktuelle Zu- und Ablauf beibehalten wird, ist mit punktuellen Schlammabsetzungen in diesen Bereichen zu rechnen.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



*Kosten:*

Rahmenbedingungen:

Es wird davon ausgegangen, dass das Belebungsbecken I bauseitig in Betrieb genommen wurde und das Belebungsbecken II für die Installation entleert und gereinigt ist.

Für die Anpassungsarbeiten der Belüftungsgitter, Demontage der Rührwerke und Anbau des Zulauf- und Ablaufeinrichtung wird ein Kostenansatz in Höhe von

150.000,- € brutto einschl. Nebenkosten veranschlagt.

*Wirtschaftlichkeitsabschätzung:*

Die Wirtschaftlichkeitsabschätzung wird auf der Basis der KVR – Leitlinien der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) durchgeführt, um einen hinreichenden Anhaltspunkt für die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme zu erreichen.

Durchschnittliche Nutzungsdauer für neu installierte Belüfter: 15 Jahre  
Durchschnittliche Nutzungsdauer für Rührwerke: 15 Jahre

Betrachtungszeitraum: 20 Jahre

Hinweis:

Es wird bei der Betrachtung vorausgesetzt, dass die Rührwerke im Neuzustand vorliegen.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Umsetzung der Maßnahme:

**Variante 1: Umbaumaßnahmen finden nicht statt.**

Laufende Kosten für den Energiebedarf von: 900 kWh/d

Energiepreis: Ansatz aus der durchgeführten Machbarkeitsstudie

Preisbasis Rechnungsunterlagen Energieversorger 2012: 17,4 ct/kWh

Aktuelle allgemeine Preisanpassung Bundesgebiet 2015: 22 ct/kWh

Preisanpassung Energie über die Laufzeit: 3,5%/a

Umsatzsteuer im Vergleichszeitraum: 19%

Reinvestition für Rührwerke Nutzungsdauer 15 Jahre pro Stück 15.000 € brutto zum Zeitpunkt der Reinvestition.

Laufende Kosten Energie:

$$900 \text{ kWh/d} \times 365 \text{ d} = 328.500 \text{ kWh/ a}$$

$$\text{LK} = 328.500 \text{ kWh/a} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 72.270 \text{ €} / a_{(2015)}$$

Reinvestition der Rührwerke zum Reinvestitionszeitpunkt 15 Jahre zu Bezugszeitpunkt 2015

$$\text{IKR} = 4 \times 15.000 \text{ €} = 60.000 \text{ €}$$

Berücksichtigung der Kostensteigerung für laufende Kosten über Faktor:  $\text{DFAKR}(3,5;20) = 14,2124$

Berücksichtigung Reinvestition Faktor  $\text{DFAKE}(3;15) = 0,64186$



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## Variante 2: Umbaumaßnahmen finden statt.

Investitionskosten : IK = 150.000 €

Laufende Kosten Energie:

626 kWh/d x 365 d = 228.500 kWh/ a

LK = 228.500 kWh/a \* 0,22 €/kWh = 50.270 € / a<sub>(2015)</sub>

Reinvestition der Belüfter zum Reinvestitionszeitpunkt  
15 Jahre zu Bezugszeitpunkt 2015

IKR = 21.850 €

Berücksichtigung der Kostensteigerung für  
laufende Kosten über Faktor: DFAKR(3,5;20) = 14,2124

Berücksichtigung Reinvestition Faktor DFAKE(3;15) = 0,64186

Projektkostenbarwert Variante 1:

LK <sub>1</sub> =	72.270 € x 14,2124 =	1.027.130 €
IKR =	60.000 € x 0,62317 =	38.511 €

**PKBW 1: 1.065.641 €**

Projektkostenbarwert Variante 2:

IK <sub>2</sub> =	150.000 €
LK <sub>2</sub> =	50.270 € x 14,2124 = 714.457 €
IKR <sub>2</sub> =	21.850 € x 0,62317 = 13.616 €

**PKBW 2: 878.073 €**

**Der Vergleich beider Projektkostenbarwerte weist eindeutig den Vorteil der Variante 2 : Umsetzung der Maßnahme : Installation einer Pfropfenstrom – Belüftungstechnik in dem zukünftig allein betriebenen Belebungsbecken auf.**



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPERAUE



### *Umsetzungsempfehlung:*

Die aus dem EEG 2014 § 61 resultierende Eigenstromverbrauchsumlage spielt bei der Umsetzungsdringlichkeit von Maßnahmen eine wesentliche Rolle, die einen erheblichen Beitrag zur generellen Stromverbrauchssenkung leistet.

Vor dem Szenario, dass bei Einsatz einer effizienten Faulung und dem jetzigen Anschlussgrad der produzierte Strom von durchschnittlich 525.000 kWh /a für die Verbraucher auf der ABA Wipperaue genutzt werden soll und keine generelle autarke Fahrweise der Abwasserbehandlungsanlage möglich ist, muss mit einer jährlich anteiligen EEG-Umlage (anfänglich 30% von 6,24 ct/kWh entspricht ca. 12.000 € brutto/a) bis zu 100 % EEG - Umlage (ca. 5 ct/kWh entspricht ca. 31.000 €/a) im Betrachtungszeitraum kalkuliert werden. Das Szenario mit 100% kann durchaus greifen, da die Umlageparameter bereits im Jahr 2017 gemäß Gesetz einer erneuten Überprüfung unterworfen werden.

Aus dieser Situation heraus, sollte im Zuge des verfahrenstechnischen Umbaus der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue, diese Maßnahme mit umgesetzt werden.

Dabei wird folgende Bilanz unter Einbeziehung der Maßnahme **S01** erreicht:

Eigenstromerzeugung im Mittel:	525.000 kWh/a
Eigenstrombedarf im Mittel:	510.000 kWh/a

Um eine genügende Sicherheit für eine autarke Fahrweise der Abwasserbehandlungsanlage zu haben, sollte die Stromerzeugung im Tagesdurchschnitt 10% über dem Tagesbedarf liegen. Eventuell auftretende Versorgungseingänge sollten dann durch geeignetes intelligentes Betriebsmanagement erzielt werden.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



### ***K 02: Umstellung auf effiziente Gebläsetechnologie***

Der jährliche Energieaufwand für die Gebläse liegt bei 203.000 kWh /a.  
Durch die Installation einer Faulturmtechnologie sinkt dieser auf ca.  
130.000 kWh / a.

Durch Einsatz neuer Hybridgebläse kann dieser um ca. 7.000 bis  
9.000 kWh/ a nochmals gesenkt werden.

*Kosten:*

Rahmenbedingungen:

Es wird davon ausgegangen, dass die Gebläse bereits Ihre Nutzdauer-  
grenze erreicht haben, die Instandhaltungskosten den normalen Rahmen  
bereits überschreiten und daher für diesen Bereich reinvestiert werden  
muss.

Die derzeitigen Mehrkosten gegenüber einem Standardgebläse liegen der-  
zeit in dieser Leistungsklasse bei durchschnittlich 5.000 €/Gebläse. Bei  
Neuausrüstung für das in Zukunft befindliche Belebungsbecken sind von  
den vier vorhandenen Gebläsen zwei Stück zu ersetzen. Bei der Wirtschaft-  
lichkeitsabschätzung wird nur der relevante Mehrpreis betrachtet.

*Wirtschaftlichkeitsabschätzung:*

Durchschnittliche Nutzungsdauer für neu Gebläse: 20 Jahre  
Betrachtungszeitraum: 30 Jahre



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Umsetzung der Maßnahme:

**Variante 1: Umbaumaßnahmen finden nicht statt.**

Laufende Kosten für den Energiebedarf von 356 kWh/d.

Sonstige Parameter wie unter K01.

Reinvestition der Gebläse als Standardgebläse.

Investitionskostenniveau:

$$IK_1 = 0 \text{ €}$$

Laufende Kosten Energie:

$$356 \text{ kWh/d} \times 365 \text{ d} = 130.000 \text{ kWh/a}$$

$$LK = 130.000 \text{ kWh/a} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 28.600 \text{ € / a}_{(2015)}$$

Reinvestitionskostenniveau = Investitionskostenniveau

$$IKR = 0 \text{ €}$$

$$\text{Berücksichtigung der Kostensteigerung für laufende Kosten über Faktor: DFAKR}(3,5;30) = 18,3920$$

$$\text{Berücksichtigung Reinvestition Faktor DFAKE}(3;20) = 0,55368$$



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## Variante 2: Umbaumaßnahmen finden statt.

Investitionskosten :

IK = Investitionskostenniveau Variante 1 + Mehrkosten Hybridvariante  
Mehrkosten Hybridvariante 5.000 €

Laufende Kosten Energie:

331 kWh/d x 365 d = 120.800 kWh/ a  
LK = 120.800 kWh/a \* 0,22 €/kWh = 26.576 € / a<sub>(2015)</sub>

Reinvestition der Gebläse zum Reinvestitionszeitpunkt  
20 Jahre zu Bezugszeitpunkt 2015

IKR = Reinvestitionskostenniveau Variante 1 + Mehrkosten Hybridvariante  
Mehrkosten Hybridvariante 9.000 € zum Reinvestitionszeitpunkt

Berücksichtigung der Kostensteigerung für  
laufende Kosten über Faktor: DFAKR(3,5;30) = 18,3920

Berücksichtigung Reinvestition Faktor DFAKE(3;20) = 0,55368



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Projektkostenbarwert Variante 1:

$$LK_1 = 28.600 \text{ €} \times 18,3920 = 526.011 \text{ €}$$

**PKBW 1: 526.011 €**

Projektkostenbarwert Variante 2:

$$IK_2 = 5.000 \text{ €}$$

$$LK_2 = 26.576 \text{ €} \times 18,3920 = 487.111 \text{ €}$$

$$IKR_2 = 9.100 \text{ €} \times 0,55368 = 5.038 \text{ €}$$

**PKBW 2: 497.149 €**

**Der Vergleich der beiden Projektkostenbarwerte weist eindeutig den Vorteil der Variante 2: Umsetzung der Maßnahme : Installation Gebläse neuester Generation (Hybridgebläse) auf.**

*Umsetzungsempfehlung:*

Im Rahmen der Umsetzungsempfehlung im Punkt K01 sollte die Maßnahme zeitnah mit der Maßnahme K01 umgesetzt werden.

Der Gesamtenergiebedarf sinkt somit auf ~ 501.000 kWh/a.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



**K 03: Ersatz einer großen Rücklaufschlammpumpe durch eine hydraulisch abgestimmte Hocheffizienzpumpe**

Der jährliche Energieaufwand für die Rücklaufschlammförderung liegt bei 46.000 kWh /a.

Durch Einsatz einer Hocheffizienzpumpe kann dieser um ca. 4.600 kWh/ a nochmals gesenkt werden.

*Kosten:*

Rahmenbedingungen:

Es wird davon ausgegangen, dass die zu ersetzende Pumpe bereits Ihre Nutzdauergrenze erreicht hat.

Die derzeitigen Mehrkosten gegenüber einer Standardpumpe liegt derzeit in dieser Leistungsklasse bei durchschnittlich 4.000 €/Pumpe. Bei der Wirtschaftlichkeitsabschätzung wird nur der relevante Mehrpreis betrachtet.

*Wirtschaftlichkeitsabschätzung:*

Durchschnittliche Nutzungsdauer für die neu Pumpe:	20 Jahre
Betrachtungszeitraum:	30 Jahre

Umsetzung der Maßnahme:

**Variante 1: Umbaumaßnahmen finden nicht statt.**

Laufende Kosten für den Energiebedarf von 126 kWh/d.

Sonstige Parameter wie unter K01.

Reinvestition der Pumpe als Standardpumpe.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Investitionskostenniveau:

$$IK_1 = 0 \text{ €}$$

Laufende Kosten Energie:

$$126 \text{ kWh/d} \times 365 \text{ d} = 45.990 \text{ kWh/a}$$

$$LK = 45.990 \text{ kWh/a} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 10.118 \text{ € / a}_{(2015)}$$

Reinvestitionskostenniveau = Investitionskostenniveau

$$IKR = 0 \text{ €}$$

Berücksichtigung der Kostensteigerung für  
laufende Kosten über Faktor:  $DFAKR(3,5;30) = 18,3920$

Berücksichtigung Reinvestition Faktor  $DFAKE(3;20) = 0,55368$

### **Variante 2: Umbaumaßnahmen finden statt.**

Investitionskosten :

IK = Investitionskostenniveau Variante 1 + Mehrkosten Effizienzvariante  
Mehrkosten Effizienzvariante 4.000 €

Laufende Kosten Energie:

$$113 \text{ kWh/d} \times 365 \text{ d} = 41.245 \text{ kWh/a}$$

$$LK = 41.245 \text{ kWh/a} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 9.074 \text{ € / a}_{(2015)}$$

Reinvestition der Pumpe zum Reinvestitionszeitpunkt  
20 Jahre zu Bezugszeitpunkt 2015

IKR = Reinvestitionskostenniveau Variante 1 + Mehrkosten Effizienzvariante  
Mehrkosten Hybridvariante 7.224 € zum Reinvestitionszeitpunkt

Berücksichtigung der Kostensteigerung für  
laufende Kosten über Faktor:  $DFAKR(3,5;30) = 18,3920$

Berücksichtigung Reinvestition Faktor  $DFAKE(3;20) = 0,55368$



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Projektkostenbarwert Variante 1:

$$LK_1 = 10.118 \text{ €} \times 18,3920 = 186.090 \text{ €}$$

**PKBW 1: 186.090 €**

Projektkostenbarwert Variante 2:

$$IK_2 = 4.000 \text{ €}$$

$$LK_2 = 9.074 \text{ €} \times 18,3920 = 166.889 \text{ €}$$

$$IKR_2 = 7.224 \text{ €} \times 0,55368 = 4.000 \text{ €}$$

**PKBW 2: 174.889 €**

**Der Vergleich der beiden Projektkostenbarwerte weist eindeutig den Vorteil der Variante 2 : Umsetzung der Maßnahme : Installation einer hydraulisch abgestimmten Hocheffizienzpumpe im Rücklaufschlamm-pumpwerk auf.**

*Umsetzungsempfehlung:*

Im Rahmen der Umsetzungsempfehlung im Punkt K01 sollte die Maßnahme zeitnah mit der Maßnahme K01 und K02 umgesetzt werden.

Der Gesamtenergiebedarf sinkt somit auf ~ 496.000 kWh/a.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



**K 04: effizienter Ersatzantrieb für eine Zulaufpumpe im Zulaufpumpwerk**

Der jährliche Energieaufwand für das Zulaufpumpwerk liegt bei 119.000 kWh /a.

Bei Ersatz eines Antriebes durch einen effizienten Antrieb neuester Generation können durchschnittlich **7.000 kWh/a** an Energieverbrauch des Pumpwerkes eingespart werden.

*Kosten:*

Rahmenbedingungen:

Die Ersatzkosten für einen Antrieb beinhalten den Austausch des Motors einschl. zugehörigen Frequenzumformers. Derzeit liegen die Kosten in dieser Leistungsklasse bei durchschnittlich 9.000 €/Pumpe.

*Wirtschaftlichkeitsabschätzung:*

Durchschnittliche Nutzungsdauer für den Antrieb: 20 Jahre  
Betrachtungszeitraum: 30 Jahre



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Umsetzung der Maßnahme:

**Variante 1: Umbaumaßnahmen finden nicht statt.**

Laufende Kosten für den Energiebedarf von 240 kWh/d.  
Dauerlauf der Pumpe mit 200 m<sup>3</sup>/h.

Sonstige Parameter wie unter K01.

Reinvestition des Standardantriebes.

Investitionskostenniveau:

$$IK_1 = 0 \text{ €}$$

Laufende Kosten Energie:

$$240 \text{ kWh/d} \times 365 \text{ d} = 87.600 \text{ kWh/ a}$$

$$LK = 87.600 \text{ kWh/a} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 19.272 \text{ € / a}_{(2015)}$$

Reinvestitionskostenniveau = Investitionskostenniveau

$$IKR = 0 \text{ €}$$

$$\text{Berücksichtigung der Kostensteigerung für laufende Kosten über Faktor: DFAKR}(3,5;30) = 18,3920$$

$$\text{Berücksichtigung Reinvestition Faktor DFAKE}(3;20) = 0,55368$$



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## Variante 2: Umbaumaßnahmen finden statt.

Investitionskosten :

IK = Investitionskostenniveau Variante 1 + Mehrkosten Effizienzvariante  
Mehrkosten Effizienzvariante 9.000 €

Laufende Kosten Energie:

$221 \text{ kWh/d} \times 365 \text{ d} = 80.665 \text{ kWh/a}$

$LK = 80.665 \text{ kWh/a} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 17.746 \text{ € / a}_{(2015)}$

Reinvestition der Pumpe zum Reinvestitionszeitpunkt  
20 Jahre zu Bezugszeitpunkt 2015

IKR = Reinvestitionskostenniveau Variante 1 + Mehrkosten Effizienzvariante

Mehrkosten Hybridvariante 16.254 € zum Reinvestitionszeitpunkt

Berücksichtigung der Kostensteigerung für  
laufende Kosten über Faktor:  $DFAKR(3,5;30) = 18,3920$

Berücksichtigung Reinvestition Faktor  $DFAKE(3;20) = 0,55368$



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



Projektkostenbarwert Variante 1:

$$LK_1 = 19.272 \text{ €} \times 18,3920 = 354.450 \text{ €}$$

**PKBW 1: 354.450 €**

Projektkostenbarwert Variante 2:

$$IK_2 = 9.000 \text{ €}$$

$$LK_2 = 17.746 \text{ €} \times 18,3920 = 326.384 \text{ €}$$

$$IKR_2 = 16.254 \text{ €} \times 0,55368 = 9.000 \text{ €}$$

**PKBW 2: 344.384 €**

**Der Vergleich der beiden Projektkostenbarwerte weist eindeutig den Vorteil der Variante 2 : Umsetzung der Maßnahme : effizienter Ersatzantrieb für eine Zulaufpumpe im Zulaufpumpwerk auf.**

*Umsetzungsempfehlung:*

Im Rahmen der Umsetzungsempfehlung im Punkt K01 sollte die Maßnahme zeitnah mit der Maßnahme K01 bis K03 umgesetzt werden.

Der Gesamtenergiebedarf sinkt somit auf ~ 489.000 kWh/a.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 5.5 Zusammenstellung der Maßnahmen

<b>D 01</b>	<b><i>Installation einer Hochlastfaulung auf dem Gelände der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue</i></b>
Energieeinsparung auf der Verbraucherseite:	30.000 kWh/a
Eigenstromproduktion:	~ 525.000 kWh/a
Investitionsbedarf:	3.000.000 €
Wirtschaftlichkeit:	gemäß dynamischer Einzelkostenvergleichsrechnung ab Inbetriebnahme sofort gegeben
Empfehlung:	Maßnahme ist zeitnah umzusetzen
<b>S 01</b>	<b><i>Umstellung des Vorlaufniveaus im Zulaufschacht des Zulaufpumpwerkes</i></b>
Energieeinsparung auf der Verbraucherseite:	20.000 kWh/a
Investitionsbedarf:	0 €
Wirtschaftlichkeit:	Mind. 4.000 €/a Basis: 22 ct /kWh
Empfehlung:	Maßnahme ist zeitnah umzusetzen
<b>K 01</b>	<b><i>Umstellung auf eine Flächenbelüftung einschl. Erzeugung einer Pfropfenströmung in dem in der Zukunft im Betrieb verbleibenden Belebungsbecken</i></b>
Energieeinsparung auf der Verbraucherseite:	100.000 kWh/a ~ 22.000 €/a Basis: 22ct /kWh
Investitionsbedarf:	150.000 €
Wirtschaftlichkeit:	Maßnahme ist wirtschaftlich; Detaillierte Prüfung in der planerischen Umsetzung notwendig
Empfehlung:	Maßnahme ist zeitnah in Abhängigkeit von D01 umzusetzen



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## K 02

### *Umstellung auf effiziente Gebläsetechnologie*

---

Energieeinsparung auf der Verbraucherseite:	9.200 kWh/a ~ 2.024 €/a Basis: 22ct /kWh
Investitionsbedarf:	Reinvestition von vorhandenen Gebläse bereits notwendig; Mehrkosten Hybridvariante 5.000 €
Wirtschaftlichkeit:	Maßnahme ist wirtschaftlich; Detaillierte Prüfung in der planerischen Umsetzung notwendig
Empfehlung:	Maßnahme ist zeitnah in Abhängigkeit von D01 und dessen Effizienzgrad umzusetzen

## K 03

### *Ersatz einer großen Rücklaufschlammpumpe durch eine hydraulisch abgestimmte Hocheffizienzpumpe*

---

Energieeinsparung auf der Verbraucherseite:	4.600 kWh/a ~ 1.012 €/a Basis: 22ct /kWh
Investitionsbedarf:	Reinvestition von vorhandener Pumpe bereits notwendig; Mehrkosten Effizienzvariante 4.000 €
Wirtschaftlichkeit:	Maßnahme ist wirtschaftlich; Detaillierte Prüfung in der planerischen Umsetzung notwendig
Empfehlung:	Maßnahme ist zeitnah in Abhängigkeit von D01 und dessen Effizienzgrad umzusetzen

## K 04

### *effizienter Ersatzantrieb für eine Zulaufpumpe im Zulaufpumpwerk*

---

Energieeinsparung auf der Verbraucherseite:	7.000 kWh/a ~ 1.540 €/a Basis: 22ct /kWh
Investitionsbedarf:	Mehrkosten Effizienzmotor mit FU 9.000 €
Wirtschaftlichkeit:	Maßnahme ist wirtschaftlich; Detaillierte Prüfung in der planerischen Umsetzung notwendig
Empfehlung:	Maßnahme ist zeitnah in Abhängigkeit von D01 und dessen Effizienzgrad umzusetzen



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 6. Zusammenfassung der durchgeführten Akteursbeteiligung

Die Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue ist dem Verfasser durch die weitreichend in der Vergangenheit liegenden Planungen hinreichend bekannt, so dass keine relevanten Erörterungen seitens des Betreibers notwendig waren.

Anlässlich der energetischen Bestandsaufnahme wurden mit dem Betriebspersonal Leistungsmessungen auf dem Gelände der Abwasserbehandlungsanlage durchgeführt. Mit dem zuständigen Betriebspersonal wurden frühzeitig erste Ideen für mögliche Maßnahmen und Betriebsverbesserungen entwickelt.

In der Umsetzungsphase des Klimaschutzteilkonzeptes fand ein regelmäßiger Austausch mit den entsprechenden Ansprechpartnern für die Verwaltung und Überwachung des Kläranlagenbetriebes statt. Auf Grundlage der vorgenommenen Feinanalyse wurden dem Betreiber der Abwasserbehandlungsanlage Wipperaue energiesparende Maßnahmen vorgestellt.

## 7. Controlling - Konzept

### 7.1 Erfassung zukünftiger Energieverbräuche und Abbildung der CO<sub>2</sub> – Emissionen

Bei der Umsetzung der zuvor angesprochenen Maßnahmen sollte möglichst darauf geachtet werden, dass die Stromaufnahmen über die zugehörigen Frequenzumformer geeignet in das Archivierungssystem des Prozessleitsystems abgelegt werden. Bei größeren Maßnahmen ist es zudem sinnvoll, eine Stromaufnahmemessung in der jeweiligen SPS-Unterstation zu integrieren. Mit diesen Voraussetzungen sind somit auch personelle Aufwendungen für die manuelle Erfassung der Energieverbräuche weitgehend minimiert.

Die aufgenommenen Energiedaten sollten in eine speziell hierfür angelegte Verbrauchermatrix eingepflegt werden. In diese Matrix sollten zudem verfahrensspezifische Kennwerte, die aus den Aufzeichnungen des Betriebstagebuches stammen, mit eingepflegt werden. Somit können frachtbezogene Lastwerte ermittelt und interpretiert werden. Mit den aufbereiteten Daten kann somit der Erfolg der aufgezeigten Maßnahmen nachgewiesen werden.



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 7.2 Überprüfung erreichter Klimaschutzziele

Wie unter Punkt 1 vermerkt, soll durch geeignete Maßnahmen eine weitere Senkung der CO<sub>2</sub> – Emissionen auf der Abwasserbehandlungsanlage Wipperraue erreicht werden. Dabei soll als Ziellösung der Energieverbrauch unter dem Niveau der Eigenstromerzeugungsmenge aus Faulgas gesenkt werden. Die Voraussetzungen aus der zu erwartenden Faulgasproduktion sind auf Grundlage der durchgeführten Gasertragsversuche durchaus positiv zu bewerten, da das spezifische Gasertragspotenzial des der Abwasserbehandlungsanlage Wipperraue zufließenden Abwassers sehr hoch ist.

Somit besteht die Chance, dass die Abwasserbehandlungsanlage elektrisch und energetisch autark betrieben werden kann. Die CO<sub>2</sub> – Emission der elektrischen Verbraucher besteht dann aus regenerativen Energieträgern, so dass eine CO<sub>2</sub> – Neutralität vorliegt.

Dies funktioniert nur unter Umsetzung der aufgezeigten Maßnahmen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die entsprechenden Energie- Einsparpotenziale maßnahmenbezogen auf.

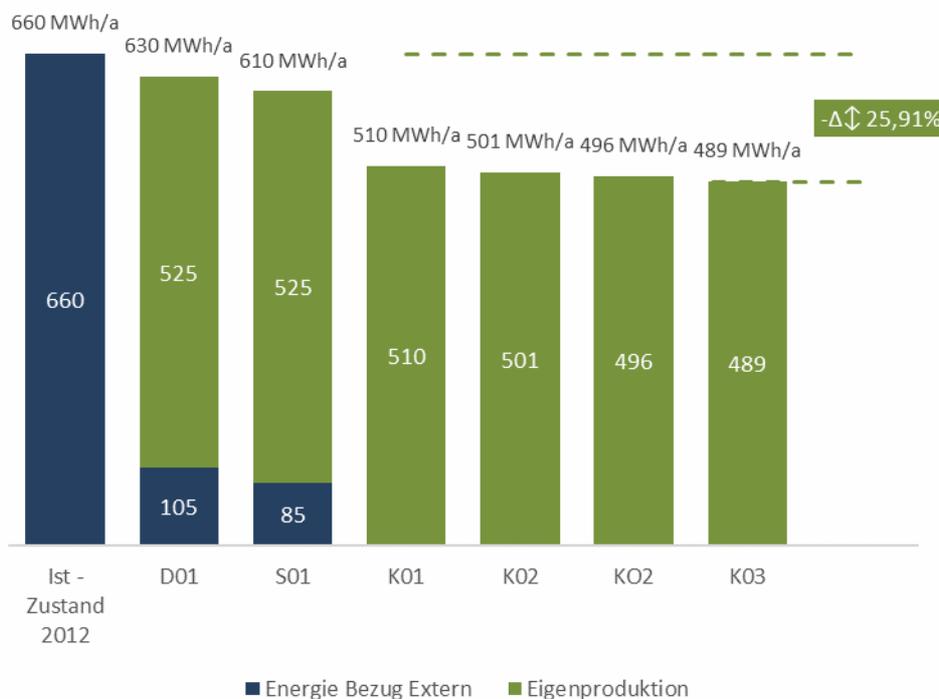


Abbildung 11: Maßnahmenbezogene Einsparpotenziale



ABWASSERZWECKVERBAND  
BODE - WIPPER



## 8. Vorschläge zur Umsetzung der Öffentlichkeitsarbeit

Für die Veröffentlichung der herausgearbeiteten Ergebnisse des Klimaschutzteilkonzeptes wird vorgeschlagen, die Medien und Möglichkeiten zu nutzen, die auch schon für die Veröffentlichung der Maßnahme D01 durch den Abwasserzweckverband Bode-Wipper genutzt worden sind.

Dies sind Bekanntmachungen in den regionalen Pressemedien und Einträge auf der Verbandswebseite des AWZV Bode-Wipper. Des Weiteren sollte eine Präsentation in Kurzform auf der Verbandwebseite im PDF der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden. Die Erfolgskontrolle bereits durchgeführter Maßnahmen sollte ebenfalls als Ergebnispräsentation verfügbar sein.

## 9. Zusammenfassung

Die im - KSI: Klimaschutzteilkonzept für klimafreundliche Abwasserbehandlung - herausgearbeiteten Vorschläge stellen eine herausragende Lösung für die zukünftige Betriebsweise mittelgroßer Abwasserbehandlungsanlagen dar.

Durch das Ineinandergreifen von Eigenstromerzeugung auf der einen und Energiesparmaßnahmen auf der anderen Seite kann - in Verbindung mit der derzeit erwartenden industriebedingten Zulaufwachststeigerung - eine autarke Betriebsweise der Abwasserbehandlungsanlage Wipperrau vollzogen und somit ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.

Aufgestellt:

Ingenieurbüro Stockleben GmbH  
Northeim, im September 2014