

**Abwasserbehandlungsbetrieb  
Neustadt am Rübenberge**



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Kläranlagen Empede  
Basse  
Helstorf**

---

**Klimaschutzteilkonzept zur  
„Klimafreundlichen Abwasserbehandlung“**

**Energieautarke Abwasserbehandlung in  
Neustadt am Rübenberge – Vision oder Illusion?**

PDF-Version

August 2012

---



**PFI Planungsgemeinschaft GbR**  
Beratende Ingenieure

Dr.-Ing. R. Boll  
Dr.-Ing. R. Rohlfing  
Prof. Dr.-Ing. J. Müller-Schaper

Karl-Imhoff-Weg 4  
30165 Hannover  
Tel. (0511) 35851-0  
Fax (0511) 35851-43  
eMail info@pfi.de

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Zielsetzung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Aufnahme des IST-Zustandes.....</b>	<b>3</b>
2.1	Beschreibung der Verfahrenstechnik – KA Empede.....	3
2.1.1	Mechanische Reinigung.....	3
2.1.2	Biologische Reinigungsstufe .....	4
2.1.3	Schlammbehandlung .....	6
2.1.4	Gassystem und Gasverwertung.....	7
2.2	Beschreibung der Verfahrenstechnik – KA Basse .....	7
2.3	Beschreibung der Verfahrenstechnik – KA Helstorf.....	9
2.4	Zulaufbelastung .....	11
2.4.1	Das Einzugsgebiet des ABN Neustadt am Rübenberge .....	11
2.4.2	Zulaufbelastung und Schlamm Bilanz KA Empede .....	13
2.4.3	Zulaufbelastung und Schlamm Bilanz KA Basse.....	16
2.4.4	Zulaufbelastung und Schlamm Bilanz Helstorf .....	18
2.4.5	Festlegung der mittleren Kläranlagenbelastungen.....	19
<b>3</b>	<b>Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz.....</b>	<b>21</b>
3.1	Datenerhebung Elektroenergieverbrauch .....	21
3.2	Datenerhebung Wärmeenergie .....	23
3.3	CO <sub>2</sub> -Äquivalente.....	26
3.4	Kennzahlenvergleich .....	28
3.4.1	Gesamtbetrachtung .....	28
3.4.2	Biologische Reinigungsstufe .....	35
3.4.3	Wärmeenergie .....	40
3.5	Energetische Eigenversorgung.....	42
3.5.1	Klärgasanfall .....	42
3.5.2	Eigenversorgungsgrad Elektroenergie .....	44

---

3.5.3	Eigenversorgungsgrad Wärmeenergie .....	44
3.6	Energiecheck Ist-Zustand.....	45
<b>4</b>	<b>Potenzialanalyse .....</b>	<b>46</b>
4.1	Energieeffizienzpotenzial.....	46
4.2	Nutzung klimaneutraler Energieressourcen.....	48
4.2.1	Überblick.....	48
4.2.2	Solare Strahlungsenergie.....	49
4.2.3	Co-Vergärung flüssiger organischer Reststoffe .....	50
4.2.4	Windkraft.....	53
<b>5</b>	<b>Maßnahmen.....</b>	<b>54</b>
5.1	Überblick .....	54
5.2	Durchgeführte Maßnahmen (D).....	55
5.3	Sofortmaßnahmen (S) .....	57
5.3.1	S 1: Ausrüstung Sandfang mit einem FU.....	57
5.4	Kurzfristige Maßnahmen (K).....	58
5.4.1	K 1: Austausch Rührwerke Denitrifikation .....	58
5.4.2	K 2: Mittelfristige Erneuerung Gebläse KA Basse.....	60
5.5	Abhängige Maßnahmen (A) .....	62
5.5.1	A 1: Austausch Rücklaufschlamm pumpen.....	62
5.5.2	A 2: KA Empede: Regelung Rezirkulation .....	63
5.5.3	A 3: Umrüstung Druckbelüftung KA Empede .....	64
5.6	Zusammenstellung der Maßnahmen .....	66
<b>6</b>	<b>Zusammenfassende Darstellung der erfolgten Akteursbeteiligung.....</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>Controlling-Konzept .....</b>	<b>69</b>
7.1	Erfassung der zukünftigen Energieverbräuche und CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	69
7.2	Überprüfung erreichter Klimaschutzziele .....	72
<b>8</b>	<b>Vorschläge zur Umsetzung der Öffentlichkeitsarbeit.....</b>	<b>72</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>75</b>

<b>10</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>80</b>
-----------	------------------------	-----------

**Anhang**

## **1 Ausgangslage und Zielsetzung**

Das vom Rat der Stadt Neustadt a. Rbge. beschlossene Aktionsprogramm Klimaschutz und Siedlungsentwicklung Neustadt a. Rbge. (AKS) bildet auf der Grundlage der vorhandenen CO<sub>2</sub>-Bilanz eine wichtige Ausgangsbasis zur Umsetzung des Klimaschutzes auf kommunaler Ebene.

Das Projektziel ist in erster Linie die Senkung der Treibhausgasemissionen im Spannungsfeld geringer Spielräume bei den öffentlichen Haushalten auf der einen Seite und hoher Energiepreise auf der anderen Seite. Weitere Ziele sind, neben der Verbesserung der Lebensqualität, die Stärkung der lokalen Wirtschaft und die Sicherung von Arbeitsplätzen im lokalen Handwerk sowie in kleinen und mittelständischen Betrieben.

Bei konsequenter Umsetzung erscheint es möglich, mit dem AKS ein neues Aushängeschild für Neustadt a. Rbge. zu schaffen. Im AKS sollen insgesamt ca. 80 Maßnahmenvorschläge und insbesondere die Leitprojekte des Programms umgesetzt werden. Die Ergebnisse des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimafreundliche Abwasserbehandlung“ des Abwasserbehandlungsbetriebes Neustadt am Rübenberge - ABN – spielen hierbei eine sehr wichtige Rolle.

Der Abwasserbehandlungsbetrieb Neustadt am Rübenberge - ABN - behandelt das in seinem Einzugsgebiet anfallende Abwasser in den drei kommunalen Kläranlagen Empede, Basse und Helstorf.

Die Kläranlage Empede der Stadt Neustadt a. Rbge. wurde in mehreren Stufen ausgebaut und besitzt heute eine Ausbaugröße von 36.500 EW. Dort erfolgt die Reinigung des Schmutzwassers aus der Kernstadt sowie aus den Stadtteilen Bordenau, Empede, Poggenhagen und Suttorf.

In Basse steht eine Kläranlage mit einer Ausbaugröße von 15.000 EW. Sie verfügt über das größte Einzugsgebiet und reinigt die Abwässer der Stadtteile Averhoy, Basse, Bevensen, Borstel, Büren, Dudensen, Eilvese, Evensen, Hagen, Laderholz, Lutter, Mariensee, Metel, Nöpke, Otternhagen, Scharrel, Welze und Wulfelade.

Die dritte Kläranlage in Helstorf wurde Anfang der 1990'er Jahre für eine Ausbaugröße von 10.000 EW errichtet. Die Anlage erfasst die Abwässer der Stadtteile Amedorf, Brase/Dinstorf, Esperke, Helstorf, Luttmersen, Mandelsloh, Niedernstöcken, Stöckendrebber und Vesbeck.

Die jährlichen Kosten für den externen Strombezug belaufen sich für alle drei Kläranlagen z. Zt. Brutto auf rd. 209.500 € pro Jahr, was neben den Personalkosten und den Kosten für die Schlamm Entsorgung einen Großteil der Betriebskosten der Kläranlagen ausmacht. Angesichts stetig steigender Energiepreise spielt das Thema Energieeffizienz eine immer wichtigere Rolle. Deshalb werden im Rahmen der "Klimaschutzinitiative" des Bundesministeriums für Umweltschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sogenannte Klimaschutzteilkonzepte gefördert. Ein Schwerpunkt dieser Initiative liegt in der „Klimafreundlichen Abwasserbehandlung“.

Zur Energieoptimierung wurde die PFI Planungsgemeinschaft mit der Erstellung des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimafreundliche Abwasserbehandlung“ beauftragt. Ziel dieses Konzeptes ist es, eine Entscheidungsgrundlage und ein strategisches Planungsinstrument zu entwickeln, mit denen die Treibhausgasemissionen in erster Linie durch Senkung des Energieverbrauchs in der Abwasserreinigung dauerhaft vermindert werden können. Des Weiteren soll die Fragestellung geklärt werden, ob eine energieautarke Abwasserbehandlung beim ABN Neustadt a. Rbge. Vision oder Illusion bleibt; denn langfristig wird eine von Fremdenergie unabhängige Abwasserbehandlung angestrebt.

Trotz aller Bemühungen hinsichtlich Energieeffizienz stehen der zuverlässige und wirtschaftliche Betrieb und eine gesicherte gute Reinigungsleistung der Kläranlagen stets im Vordergrund.

Das „Klimaschutzteilkonzept zur klimafreundlichen Abwasserbehandlung“ wird hiermit vorgelegt.

## **2 Aufnahme des IST-Zustandes**

### **2.1 Beschreibung der Verfahrenstechnik – KA Empede**

#### **2.1.1 Mechanische Reinigung**

Aus dem Verbandsgebiet fließen der Kläranlage Empede über eine Druckrohrleitung vorwiegend kommunale Abwässer zu. Ohne Hebung durch weitere Pumpen auf der Anlage wird das Abwasser zunächst in der mechanische Reinigungsstufe von Grobstoffen befreit, welche im Wesentlichen aus einer Rechenanlage, dem Sand- und Fettfang sowie der Vorklärung besteht. Für die Annahme von Fäkalschlamm ist die Anlage mit einem entsprechenden Speicher ausgestattet. Dieser wird derzeit jedoch nicht betrieben und die Zugabe erfolgt direkt.

Die Rechenanlage setzt sich aus zwei automatisch geräumten Filterstufenrechen und der dazugehörigen Rechengutpresse zusammen. Das ankommende Abwasser läuft durch zwei nebeneinander liegende Rinnen, in denen sich jeweils ein Rechen befindet. Anfallendes Rechengut wird in einen innerhalb des Rechengebäudes aufgestellten Container abgeworfen.

Das von Grobstoffen gereinigte Abwasser fließt anschließend in Längsrichtung durch den belüfteten Sand- und Fettfang ( $V=78 \text{ m}^3$ ). Durch die von der Belüftung induzierte Umwälzströmung setzen sich am Beckenboden durchflussunabhängig mineralische Partikel ab. Die Gebläse des Sandfanges sind nicht mit einem Frequenzumrichter ausgestattet.

Die im Abwasser enthaltenen Fette werden an die Oberfläche aufgeschwemmt. Der mittels Räumer ausgetragene Sand wird einem Sandklassierer, der sich innerhalb des Rechengebäudes befindet, zugeführt und anschließend in einen Container gefördert. Fett- und Schwimmschlamm aus dem Sand- /Fettfang und der folgenden Vorklärung werden abgeschöpft und mittels Pumpe der Primärschlammleitung zugeführt.

Nach dem Sand- /Fettfang fließt das Abwasser durch eine offene Rinne dem Vorklärbecken zu. Die Vorklärung ist als Langbecken mit kontinuierlich betrieb-

benem Kettenräumer ausgeführt (Aufenthaltszeit 2 bis 2,5 Std.). Der am Beckenboden sedimentierte Primärschlamm wird geräumt und zusammen mit dem Fett- und Schwimmschlamm zur Schlammbehandlung gepumpt.

In der mechanischen Reinigungsstufe sowie in der ersten Stufe der Biologie erfolgt eine Abluftbehandlung. Mittels eines Sauggebläses wird aus dem Fett- und Sandfang, der Vorklärung und dem vorgeschalteten Denitrifikationsbecken (DENI-Becken) die geruchsbelastete Luft abgesaugt und einem Biofilter (Kompostfilter) zugeführt und gereinigt.

### 2.1.2 Biologische Reinigungsstufe

Die biologische Reinigungsstufe der KA Empede setzt sich im Wesentlichen aus vier Belebungsbecken, drei Nachklärbecken (NKB) und dem Rezirkulations,- und Rücklaufschlammumpwerk zusammen.

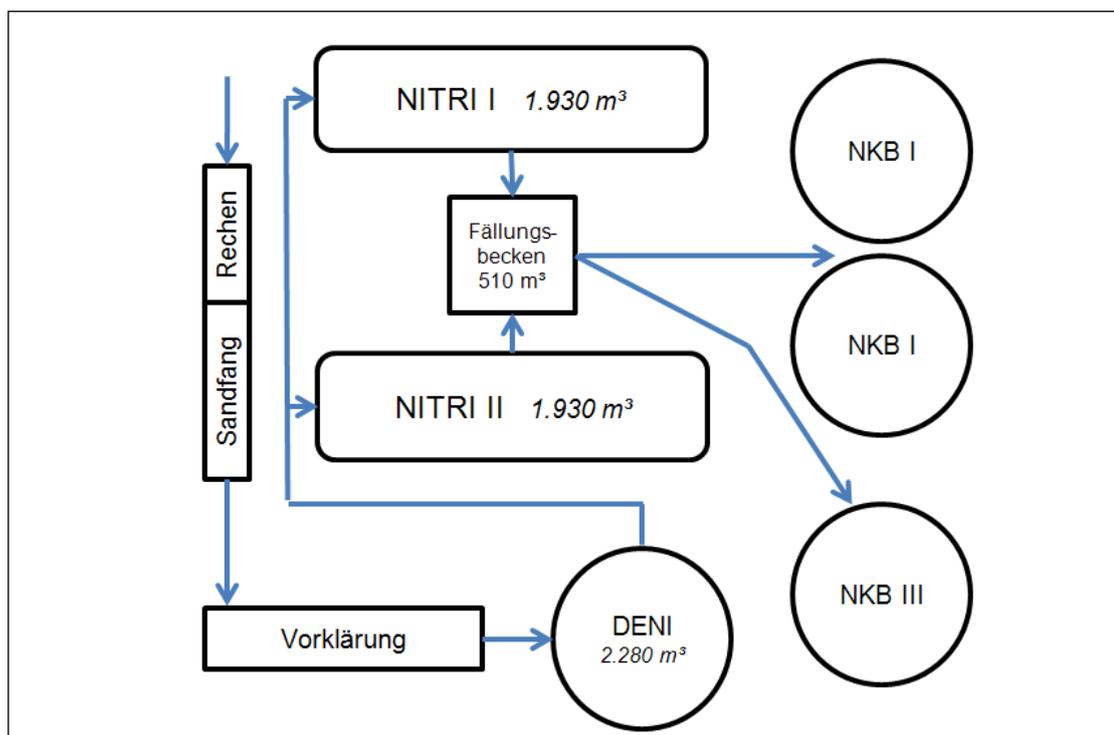


Abbildung 1: Übersichtsschema des Abwasserweges der KA Empede

Die Belebungsanlage besteht aus insgesamt einem runden DENI-Becken (2.280 m³) mit drei Kammern, zwei ovalen Nitrifikationsumlaufbecken (NITRI-Becken, jeweils 1.930 m³) und einem quadratischem Fällungsbecken (510 m.

Das runde DENI-Becken wird als anoxisch betriebenes vorgeschaltetes DENI-Becken (innerer Ring ehemals Bio-P-Becken) betrieben. Um den Belebtschlamm durch die nicht vorhandene Belüftung in Schwebelage zu halten, ist in einem inneren Kreis ein großflügeliges Rührwerk (Bj. 1992) und in den zwei äußeren Ringen jeweils ein kompakteres Rührwerk installiert. Dem Becken wird der gesamte Abwasserzulauf, der Rücklaufschlamm aus der Nachklärung und nitratreicher Ablauf der Nitrifikationsstufe über die Rezirkulation zugeführt.

Nach der vorgeschalteten Denitrifikation fließt das Abwasser im freien Gefälle in zwei Straßen den ovalen NITRI-Becken zu. Dort erfolgt der Sauerstoffeintrag über je vier Mammutrotoren an der Oberfläche mit einer Eintauchtiefe von rd. 15 bis 20 cm. Es sind keine nennenswerten Wasserschwankungen zu verzeichnen. Im mittleren Lastfall sind im Becken jeweils nur zwei der vier Rotoren im Einsatz. Dabei läuft ein Rotor durchgängig und der zweite wird nach online erfassten Ammoniumwerten im Fällungsbecken erfahrungsgemäß 6 bis 8 h pro Tag zugeschaltet.

Aus den Nitrifikationsbecken fließt das Abwasser-Belebtschlamm-Gemisch in das Fällungsbecken, welches eine nachträgliche Nitrifikation (Belüftung) ermöglicht. Zur Überführung des enthaltenen Phosphats in partikuläre Form, wird dem Abwasser Eisenchlorid (Eisen III als Fällmittel) zudosiert. Im Fällungsbecken wird der Sauerstoff durch Streifenbelüfter über Druckluft eingetragen, wobei die Druckluft über ein Drehkolbengebläse erzeugt wird. Die Belüftung sowie Dosierung des Fällmittels wird über eine Ammonium- bzw. Phosphatmesssonde bedarfsgerecht gesteuert.

Aus dem Fällungsbecken fließt das behandelte Abwasser in drei als Rundbecken ausgeführte Nachklärbecken. Über Überfallwehre erfolgt die Verteilung des gesamten Abwassers zu 50 % auf Becken I und II (je 1.200 m<sup>3</sup>) sowie zu 50% auf das in 2005 neu errichtete NKB III (1.900 m<sup>3</sup>). Die Nachklärbecken selbst sind als Rundbecken mit einem Sohlgefälle und einem am Boden laufenden Räumler ausgeführt. Der sedimentierte und geräumte Rücklaufschlamm wird über das Rücklauf- /Überschussschlammumpwerk in das vor-

geschaltete DENI-Becken zurückgeführt. Ein Teilstrom wird als Überschussschlamm zur mechanischen Eindickung (Siebbandeindicker) geleitet.

Das gereinigte Abwasser fließt anschließend über eine umlaufende Rinne aus den Nachklärbecken dem Ablaufmessschacht zu und von dort in die Leine.

### **2.1.3 Schlammbehandlung**

Die Schlammbehandlung besteht im Wesentlichen aus einer maschinellen Überschussschlammeindickung und einem Faulturm (2.007 m<sup>3</sup>). Außerdem ist die Kläranlage mit einer der neuen Zentrifuge (Bj. 2011) zur Faulschlammeindickung ggf. Schlammentwässerung ausgestattet. Mehrere Speicherbehälter dienen als Faulschlammvorlage, Schlammspeichersilo oder Zentralspeicher.

Der aus der Vorklärung abgezogene Primärschlamm (PS) wird mittels zwei redundant aufgestellten Exzentrerschneckenpumpen zusammen mit dem Fett- und dem Schwimmschlamm zur Schlammbehandlung gepumpt. Im Primärschlammumpwerk befindet sich eine dritte Exzentrerschneckenpumpe die den abgezogenen Primärschlamm bei Kohlenstoffmangel in den Zulauf der Vorklärung zurückführt.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit den Primärschlamm mittels Tankwagen ab zu saugen, außerdem kann externer Primärschlamm entgegengenommen werden. Der vorgeschaltete Schlammspeicher gewährleistet eine kontinuierliche Beschickung der Faulung.

Der in der Belebungsstufe anfallende Überschussschlamm (ÜS) wird diskontinuierlich in einem Siebbandeindicker auf einen TR Gehalt von 5 bis 6 % unter Zugabe von Flockungshilfsmittel eingedickt und anschließend dem Faulturm zugeführt. Die Durchmischung des Schlamms im Faulbehälter erfolgt durch einen externen Umwälzkreislauf, in dem sich ein Wärmetauscher zur Beheizung des Faulschlamms befindet. Der ausgefaulte Schlamm wird nach dem Verdrängungsprinzip aus der Spitze des Behälters gedrückt und in einen Faulschlammvorlagebehälter (600 m<sup>3</sup>) geleitet.

Anschließend wird der Faulschlamm mittels der Zentrifuge eingedickt. Der eingedickte Schlamm wird anschließend in ein ca. 2.400 m<sup>3</sup> großes und mit zwei Rührwerken ausgestattetes Schlammsilo gefördert. Von hier kann der stabilisierte Schlamm flüssig mittels Tankwagen in die Landwirtschaft abtransportiert werden. Auf eine Entwässerung des Faulschlammes wird derzeit verzichtet.

Das in der Schlammbehandlung anfallende Trübwasser wird über das Filtrat- und Schmutzwasserpumpwerk abgezogen, anschließend gespeichert und kontinuierlich in den Zulauf des Sandfangs zurückgeführt.

#### **2.1.4 Gassystem und Gasverwertung**

Das durch die mesophile anaerobe Schlammbehandlung entstehende Faulgas wird am Behälterkopf entnommen und durch Rohrleitungen über eine Schaumfalle und diverse Gaseinbauteile dem Gasspeicher (200 m<sup>3</sup>) zugeführt. Als Sicherheitseinrichtung steht eine Notgasfackel zur Verfügung.

Die Gasverwertung erfolgt hauptsächlich durch ein Blockheizkraftwerk, bestehend aus einem Modul mit 105 kW elektrischer bzw. 162 kW thermischer Leistung. Zur Abdeckung von Wärmebedarfsspitzen oder bei Ausfällen des BHKW steht eine Heizungsanlage mit einem Buderus Öl-Brennwert Heizkessel (263 – 428 kW) zur Verfügung. In der Regel wird bei größerer Wärmeunterdeckung im Winter der Heizkessel in Betrieb genommen.

Neben der Prozesswärme für die Schlammfäulung werden noch die Betriebsgebäude, das Rechengebäude sowie die Warmwasserbereitung mit Wärme versorgt.

## **2.2 Beschreibung der Verfahrenstechnik – KA Basse**

Der Kläranlage Basse fließen über eine Druckrohrleitung vorwiegend kommunale Abwässer zu. Die mechanische Reinigungsstufe der Kläranlage besteht aus einer Siebanlage und dem einstraßig belüfteten Sandfang (V=29 m<sup>3</sup>). Das Bio-P-Becken der KA Basse ist so konzipiert, dass ein Teil des Beckens als Vorklärung genutzt werden könnte. Der dort anfallende Primärschlamm könnte

anschließend zur Ausfäulung nach Empede transportiert werden. Aus betrieblichen Gründen wird die Vorklärung der KA Basse nicht mehr in ihrer ursprünglichen Funktion genutzt.

Grundsätzlich besteht die Rechenanlage aus einem automatisch geräumten Filterstufenrechen und einer Rechengutförderschnecke. Das anfallende Rechengut wird mittels der Rechengutförderschnecke ausgetragen und in einen Container abgeworfen. Das von Grobstoffen gereinigte Abwasser fließt anschließend dem am Rechengebäude befindlichen Sandfang zu. Der anfallende Sand wird in einem Container gesammelt. Die Drehzahl der Gebläse des Sandfanges kann eingestellt werden.

Die biologische Reinigung der Kläranlage besteht im Wesentlichen aus dem Bio-P-Becken, drei als Rundbecken ausgeführte Belebungsbecken und einem Nachklärbecken sowie dem Rücklaufschlammumpwerk.

Das mechanisch vorgereinigte Abwasser fließt zunächst in das als Rundbecken ausgeführte mit mehreren Kammern versehene Bio-P-Becken. Hier wird das Gemisch aus Rücklaufschlamm und frischem Abwasser anaerob gerührt wobei sowohl eine Versäuerung von organischem Substratkohlenstoff als auch eine Phosphat-Rücklösung stattfindet. Die drei Belebungsbecken sind als Rundbecken ausgeführt, wobei jedes Becken mit einem Rührwerk und einer Druckbelüftung ausgestattet ist

Es erfolgt eine zyklische Beckenverschaltung, bei der zwei der drei Becken alternierend beschickt werden. Die Beckenbeschickung und Beckenvertauschung wird durch einfache Schieberstellungen bewerkstelligt. Dabei dient das vorgeschaltete Anaerobbecken gleichzeitig als Verteiler. In der ersten Phase wird der Zulauf dem denitrifizierend zu betreibenden Becken zugeführt, während die beiden nachfolgenden Becken nitrifizieren. Sie werden nacheinander als Kaskade beschickt. In der zweiten Phase wird dann dasjenige Becken zuerst beschickt, das in der Reihenfolge als erstes belüftet wurde und daher einen hohen Nitrifikationsgrad aufweist. Es wird Denitrifikationsbecken, während der Ablauf in das Becken aus Phase 1, welches nun Nitrifikationsbecken wird, abfließt. Das dritte Becken in der Kaskade wird ebenfalls mit einer intermittie-

renden Druckbelüftung gefahren und ist sowohl in Phase 1 als auch in Phase 2 das letzte Becken, deren Ablauf der Nachklärung zufließt. Diesem Becken wird bei Bedarf ein nitrathaltiger Rezirkulationsstrom entnommen und in den Verteiler zurückgeführt. Jedes Becken ist mit einem unterschiedlichen Eintragssystem ausgestattet. Während in dem ersten Becken EPDM-Rohrbelüfter installiert sind, sind in dem zweiten Silikon Rohrbelüfter eingebaut. Das dritte Becken ist mit Streifen-Plattenbelüftern ausgestattet. Die Druckluftherzeugung erfolgt über Drehkolbengebläse

Nach der biologischen Reinigung fließt das Abwasser dem als Rundbecken ausgeführten Nachklärbecken zu. Hier trennt sich der Belebtschlamm durch Sedimentation von dem gereinigten Abwasser. An der Beckensohle wird er mittels Saugräumer abgezogen und als Rücklaufschlamm in das vorgeschaltete BioP-Becken zurückgeführt. Dem Rücklaufschlamm wird ein Teilstrom als Überschussschlamm entnommen. Der Überschussschlamm wird mittels Siebtrommel unter Zugabe von Flockungshilfsmitteln mechanisch eingedickt und anschließend in ein Schlammsilo gefördert. Von dort gelangt der Schlamm mittels Tankwagen in die Landwirtschaft.

Das gereinigte Abwasser fließt über eine umlaufende Rinne aus dem Nachklärbecken den Schönungsteichen zu und von dort in die Leine. Im Hochwasserfall, welcher selten eintritt, fördern drei Hochwasserpumpen das gereinigte Abwasser direkt in die Leine.

### **2.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik – KA Helstorf**

Der Kläranlage Helstorf fließen über eine Druckrohrleitung vorwiegend kommunale Abwässer zu. Die mechanische Reinigungsstufe der Kläranlage besteht aus einer Siebanlage und einem belüfteten Rundsandfang. Ein unterirdisches Vorklärbecken diente ursprünglich zur Entnahme des Primärschlammes, wurde aus betrieblichen Gründen jedoch außer Betrieb genommen.

Die Rechenanlage besteht aus zwei automatisch geräumten Rechen und der zugehörigen Rechengutpresse. Das anfallende Rechengut wird mittels Förderschnecken in die obere Etage des Rechengebäudes befördert und in einen

Container abgeworfen. Im belüfteten Rundsandfang werden mineralische Partikel entfernt. Der anfallende Sand wird zunächst einem Sandklassierer zugeführt und anschließend in einen Container abgeworfen.

Die biologische Reinigung der Kläranlage besteht im Wesentlichen aus dem Bio-P-Becken, drei als Rechteckbecken ausgeführten Belebungsbecken, einem Nachklärbecken sowie dem Rücklaufschlammumpwerk.

Das mechanisch vorgereinigte Abwasser wird mittels zweier Abwasserpumpen auf das Niveau der Belebungsanlage gehoben und fließt zunächst in das als Rechteckbecken ausgeführte Bio-P-Becken. Hier wird das Gemisch aus Rücklaufschlamm und frischem Abwasser anaerob gerührt, wobei sowohl die Versäuerung von organischem Substratkohlenstoff erfolgt als auch die Rücklösung des Phosphats der Bio-P-Bakterien.

In der folgenden Belebungsstufe wird das sogenannte „Tri-Cycle-Verfahren“ angewendet. Es handelt sich um ein Verfahren mit zyklischer Beckenverschaltung, bei dem die einzelnen Becken im Takt alternierend beschickt werden. Dabei dient das vorgeschaltete Anaerobbecken gleichzeitig als Verteiler. Diese Anordnung führt zu einer flexiblen Aufteilung des Gesamtvolumens in Nitrifikations- und Denitrifikationsvolumen und dazu, dass nur voll nitrifiziertes, sauerstoffreiches Abwasser die Belebungsanlage verlässt.

Im Zyklus 1 wird der Zulauf dem denitrifizierend zu betreibenden Becken zugeführt, während die nachfolgenden beiden Becken nitrifizieren. Sie werden nacheinander als Kaskade beschickt. Im Zyklus 2 wird dann dasjenige Becken beschickt, das am längsten belüftet war und daher den höchsten Nitrifikationsgrad und die höchste Nitratkonzentration aufweist (Umschaltung zum DENI-Becken). Durch die Beckenvertauschung und alternierende Beschickung kann durch die grundsätzliche vorgeschaltete Denitrifikation auf eine Rezirkulation von nitrathaltigem Abwasser verzichtet werden. Die Beckenbeschickung und Beckenvertauschung wird durch einfache Schieberstellungen gewährleistet. Die Luft für den Sauerstoffeintrag erfolgt an der Beckensohle über Tellerbelüfter.

Aus der Belebungsanlage fließt das Abwasser in den Verteilerschacht. In diesen Schacht erfolgt die Dosierung des Fällungsmittels (Fe III). Damit, je nach Beckenschaltung, biologisch gereinigtes Abwasser der Nachklärung zufließen kann, ist jedes Becken mit einem eigenen Ablauf an den Verteiler angeschlossen.

Im einzigen Nachklärbecken wird der Belebtschlamm vom gereinigten Abwasser getrennt und als Rücklaufschlamm in das Phosphateliminationsbecken zurückgeführt. Dem Rücklaufschlamm wird ein Teilstrom ebenfalls als Überschussschlamm entnommen. Der Überschussschlamm wird mittels Siebtrommel, unter Zugabe von Flockungshilfsmitteln, mechanisch eingedickt und anschließend in ein Schlammsilo gefördert. Von dort gelangt der Schlamm mittels Tankwagen in die Landwirtschaft.

Trübwasser aus dem Schlammsilo sowie anfallendes Schmutzwasser werden über das Schmutzwasserpumpwerk abgezogen und in den Zulauf, vor der Rechenanlage, eingeleitet.

## **2.4 Zulaufbelastung**

### **2.4.1 Das Einzugsgebiet des ABN Neustadt am Rübenberge**

Für die Ermittlung der Kläranlagenbelastung werden die im Labor analytisch untersuchten Schmutzparameter aus dem Zeitraum Dezember 2010 bis November 2011 herangezogen. In Absprache mit dem Kläranlagenbetreiber wird diese Zeitspanne als repräsentativ für den aktuellen Betrieb der Kläranlagen eingestuft. Es wird zusätzlich der Schlammanfall herangezogen, um die Zulaufbelastung auf Plausibilität überprüfen.

Die Kläranlagen Empede, Basse und Helstorf sind vollständig an eine Trennkanalesation angeschlossen und werden überwiegend mit kommunalem Abwasser beschickt. Ein Indirekteinleiter leitet jedoch hohe Schmutzfrachten an Phosphor und Stickstoff in den Zulauf der KA Empede ein. Die Schmutzwasserkanallänge ist mit 240 km gegenüber den 162 km Regenwasserkanal deutlich länger.

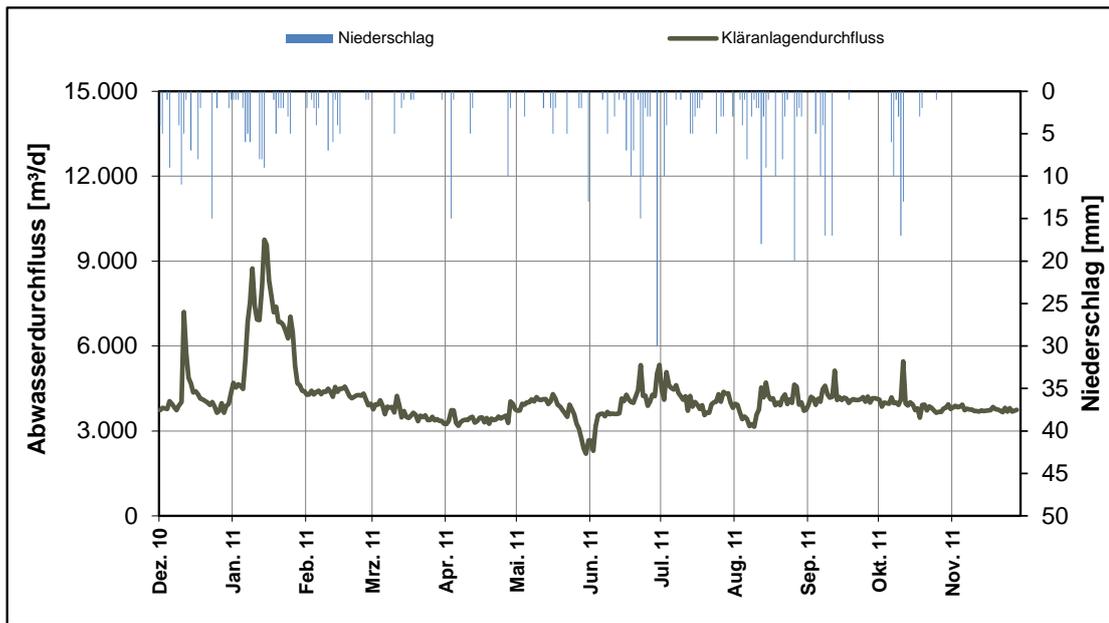


Abbildung 2: Abwasserdurchfluss der KA Empede im Vergleich zu den Niederschlägen

Durch die Trennkanalisation sind die Kläranlagen geringen hydraulischen Schwankungen ausgesetzt, die deutlich unter dem zweifachen Trockenwetterzufluss liegen.

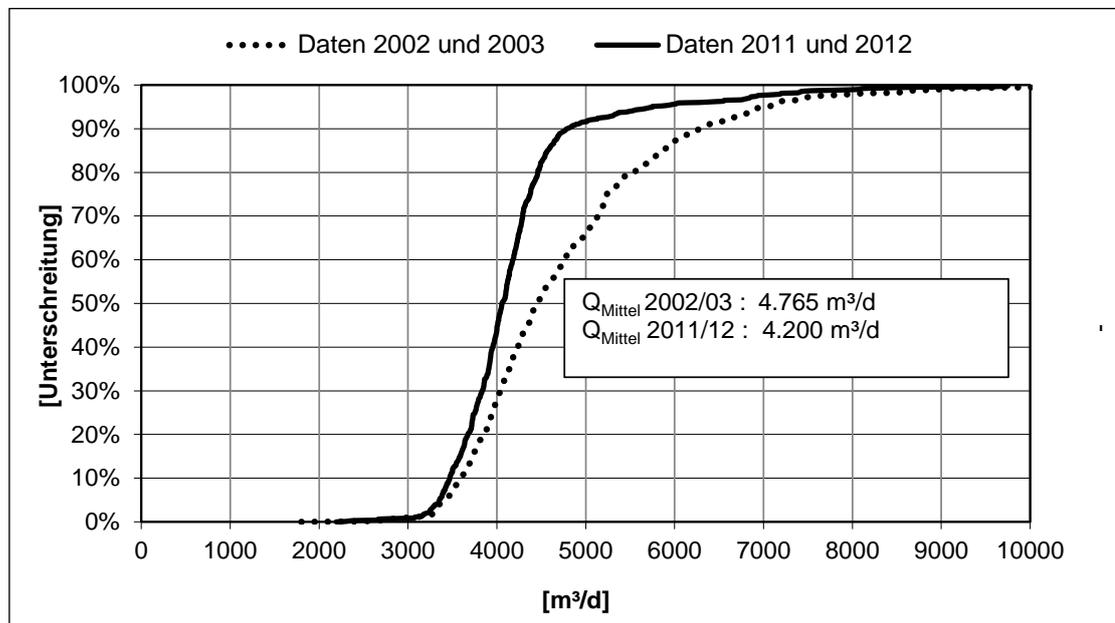


Abbildung 3: Vergleich der Häufigkeitsverteilung des Kläranlagen Durchflusses der KA Empede (2002/03 gegenüber 2011/12)

Dies ist exemplarisch anhand des Jahresgangs der täglichen Durchflussmenge der KA Empede in der Abbildung 2 dargestellt. Trotz teilweise hoher Niederschläge von bis zu 30 mm steigt der Abwasserwasserzufluss gegenüber

dem Tagesmittel von 4.140 m<sup>3</sup>/d selten über 5.000 m<sup>3</sup>/d. Die hohen Durchflussmengen im Januar 2011 sind in erster Linie auf Schmelzwasser durch den schneereichen kalten Dezember 2010 zurückzuführen. Auch der geringe spezifische Abwasseranfall von 100 bis 150 l/EW·d je nach Kläranlage bestätigt, dass der Anteil der Schmutzwassermenge an der gesamten Jahreswassermenge hoch sein muss (spez. Schmutzwasseranfall nach MURL: 140 l/EW·d; Regenwasser: 105 l/EW·d). Im Gegensatz zu der Entwurfsplanung des dritten Nachklärbeckens mit den Daten aus den Jahren 2002/03 ist der mittlere Abwasseranfall um rd. 550 m<sup>3</sup>/d gesunken. Insbesondere die hohen Tagesdurchflüsse von 4.500 bis 6.000 m<sup>3</sup>/d haben deutlich abgenommen (siehe Abbildung 3). Vermutlich ist dies auf Sanierungsmaßnahmen in den vergangenen Jahren im Kanalnetz zurückzuführen. So wurden beispielsweise seit 2005 im Einzugsgebiet der KA Empede rd. 19 km Kanal durch punktuelle Maßnahmen und Linersanierung hinsichtlich Fremdwasserreduzierung verbessert.

#### **2.4.2 Zulaufbelastung und Schlamm Bilanz KA Empede**

Die Probenahmestelle zur Messung der Zulaufkonzentrationen befindet sich im Ablauf des Sandfanges. Alle anlageninternen Prozesswässer beeinflussen damit die Probenahme. Die Probenahme erfolgt täglich als zeitproportionale 24 h-Mischprobe. Hierdurch werden im Vergleich mit einer mengenproportionalen Probenahme bei kurzen Regenereignissen möglicherweise erhöhte Zulauffrachten ermittelt. Daher wird zusätzlich eine Plausibilitätsprüfung anhand der Schlammfrachten durchgeführt.

Zur Ermittlung der Zulaufmengen werden die nach A 131 und M 368 üblichen spezifischen Kennwerte eingesetzt:

Tabelle 1: Spezifische Kennwerte Belastungsgrößen und Schlammfall

CSB	BSB <sub>5</sub>	N <sub>ges</sub>	P <sub>ges</sub>
120 g/(EW·d)	60 g/(EW·d)	11 g/(EW·d)	1,8 g/(EW·d)
PS	ÜS <sub>15d, m. VK</sub>		FS
45 g/(EW·d)	36 g/(EW·d)		47 g/(EW·d)

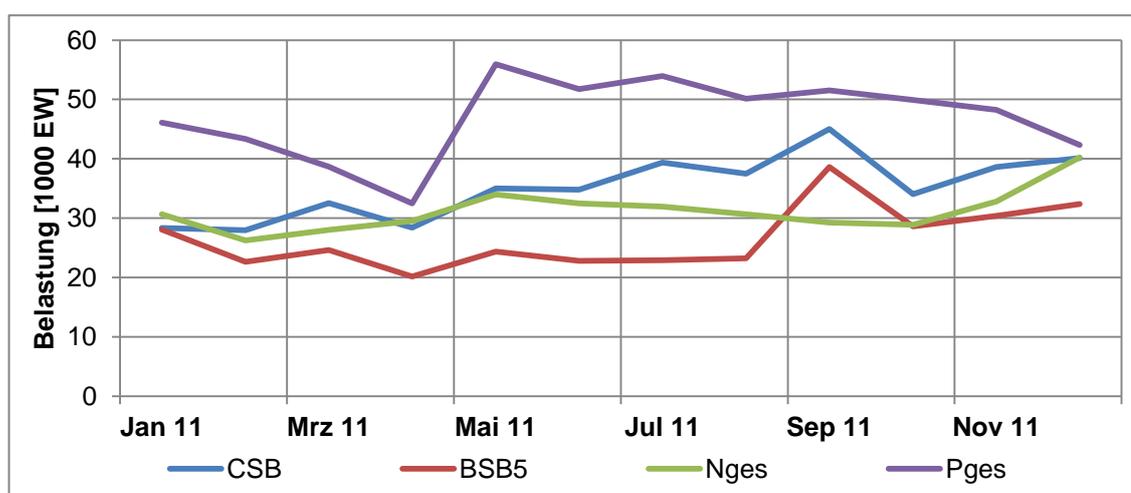


Abbildung 4: Jahresganglinie Kläranlagenbelastung monatliche Mittelwerte der KA Empede

Auf Grundlage dieser spez. Kennwerte ergeben sich die in der Abbildung 4 dargestellten Belastungen für die KA Empede im Jahresgang aus den monatlichen Mittelwerten. Die Auswertung der mittleren Zulaufdaten ergibt für die einzelnen Schmutzparameter eine Zulaufbelastung zwischen 26.600 bis 35.000 EW (siehe Tabelle 2). Der CSB ist deutlich höher als der BSB<sub>5</sub>, dieses ungünstige Verhältnis deutet auf eine tendenziell schlecht abbaubare

Tabelle 2: Mittlere Zulaufbelastung und Schlammfall der KA Empede

	CSB	BSB <sub>5</sub>	N <sub>ges</sub>	P <sub>ges</sub>
Jahresmittel	35.150 EW	26.600 EW	31.250 EW	47.000 EW
	PS	ÜS <sub>(unbehandelt)</sub>	ÜS <sub>(eingedickt)</sub>	FS
	31.000 EW	28.600 EW	25.000 EW	25.700 EW

Schmutzfracht im Abwasser hin. Der Schlammanfall liegt mit einwohnerspezifischen Werten von 25.000 bis 31.000 EW etwas niedriger. Wie aus dem Jahresgang hervorgeht, nimmt die Belastung im Verlaufe des Jahres tendenziell zu und das  $BSB_5/CSB$ -Verhältnis verbessert sich leicht. Dies könnte mit dem saisonalen Einfluss durch die Ernte in den Herbstmonaten im landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet zusammenhängen. Die Schwankungen sind jedoch nicht so stark, als dass sie die Betriebssicherheit der Kläranlage beeinträchtigen. Die Phosphorbelastung von theoretisch 47.000 EW stellt eine Ausnahmestellung durch den industriellen Indirekteinleiter dar. Diese wird auch bei der Betrachtung der Monatswerte deutlich. Es ist auffällig, dass bisweilen hohe Spitzenbelastungen auftreten, die bis zu 56.000 EW entsprechen. Die Stickstofffracht ist durch die Rückführung der prozessinternen Trübabwässer leicht erhöht. Der CSB liegt deutlich höher als die BSB-Belastung. Dies hat insbesondere eine Relevanz für die energetische Betrachtung nach MURL und A 216. Während das erstere Handbuch den  $BSB_5$  heranzieht, wird nach dem Arbeitsblatt der DWA der CSB als Referenzgröße herangezogen.

Um die Belastungsgrößen der Schmutzparameter auf Plausibilität zu überprüfen, werden die Schlammengen, welche messtechnisch erfasst und analysiert vorliegen, in die Festlegung des Einwohnerwertes als Plausibilitätsvergleich mit einbezogen.

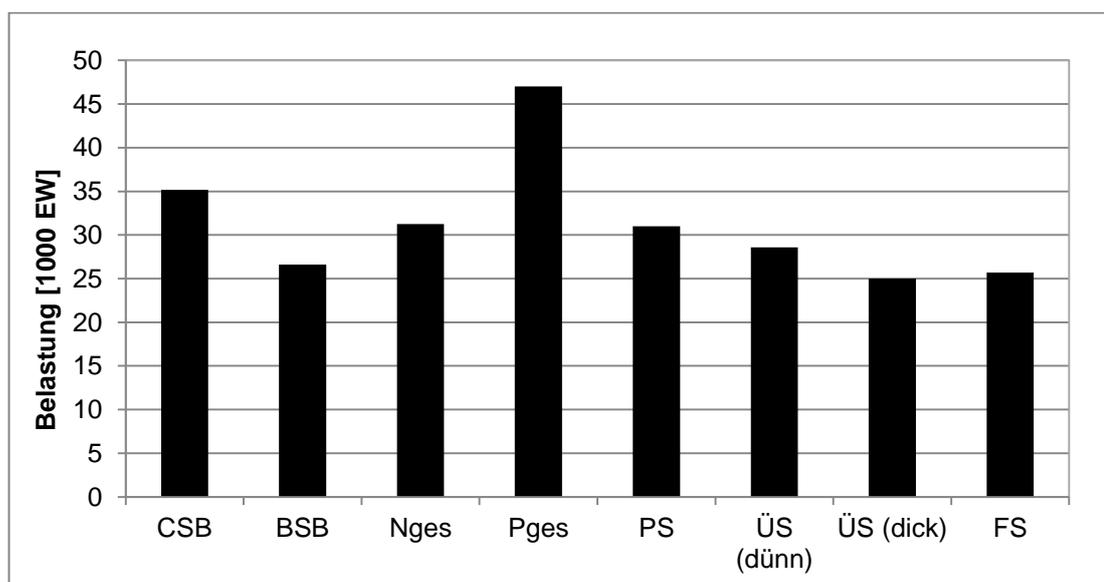


Abbildung 5: Belastungsgrößen nach Schmutzparametern im Vergleich zum Schlammanfall der KA Empede

Die gute Datengrundlage aus den Labormesswerten gibt Auskunft über die Schlammigenschaften des Primärschlammes, des Überschussschlammes und des Faulschlammes. Anhand der täglichen Mengen werden die üblichen spezifischen Anfallmengen nach dem Arbeitsblatt M 368 herangezogen (siehe Tabelle 1).

Die Auswertung der Schlammengen lässt auf eine etwas niedrigere mittlere Belastung, als anhand der analytisch erhobenen Schmutzparameter hervorgeht, rückschließen. Während die Schmutzparameter bei über 30.000 EW liegen, geht insbesondere aus dem Überschussschlammfall und dem Faulschlamm eine Belastungsgröße von 25.000 bis 28.000 EW hervor. Während der BSB<sub>5</sub> die Einwohnerbelastung im unteren Bereich des spezifischen Schlammfalls darstellt, liegen die CSB- und Stickstoffwerte leicht erhöht.

### 2.4.3 Zulaufbelastung und Schlamm Bilanz KA Basse

Die Probenahmestelle zur Messung der Zulaufkonzentrationen befindet sich unmittelbar im Zulauf der Kläranlage noch vor der Rechenanlage. Alle anlageninternen Prozesswässer werden hinter der Probenahmestelle eingeleitet, so dass eine Beeinflussung der Messergebnisse durch sogenannte Rückbelastungen ausgeschlossen werden kann. Die Probenahme erfolgt ausschließlich werktags als zeitproportionale 24 h-Mischprobe. Hierdurch werden im Vergleich mit einer mengenproportionalen Probenahme bei kurzen Regenerereignissen möglicherweise erhöhte Zulauffrachten ermittelt und ggf. geringere Wochenendbelastungen nicht erfasst. Daher wird zusätzlich eine Plausibilitätsprüfung anhand der Schlammfrachten durchgeführt.

**Tabelle 3: Mittlere Zulaufbelastung der KA Basse**

	<b>CSB</b>	<b>BSB<sub>5</sub></b>	<b>N<sub>ges</sub></b>	<b>P<sub>ges</sub></b>
<b>Mittelwert</b>	15.100 EW	11.750 EW	11.550 EW	11.800 EW

Auf Grundlage der üblichen spez. Kennwerte ergeben sich folgende Belastungen im Jahregang für den Betrachtungszeitraum:

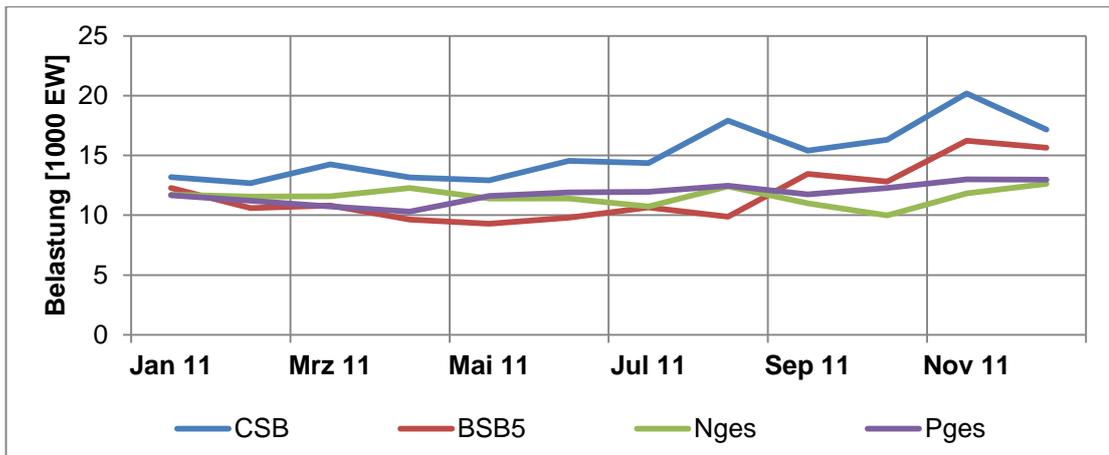


Abbildung 6: Jahresganglinie Kläranlagenbelastung monatliche Mittelwerte der KA Basse

Die Belastung der Kläranlage anhand mittlerer Zulaufdaten liegt außer beim CSB recht konstant zwischen 11.500 – 11.800 EW. Die CSB-Fracht liegt mit 15.100 EW deutlich darüber. Auch im Jahresgang ist eine ähnliche Konstanz zu erkennen. Im Jahresverlauf nimmt die Belastung ebenfalls leicht zu. Die Heranziehung des Überschussschlammanfalls (9.800 EW; 50 g/EW·d) deutet darauf hin, dass die Belastung der Anlage etwas geringer liegt (siehe Abbildung 7).

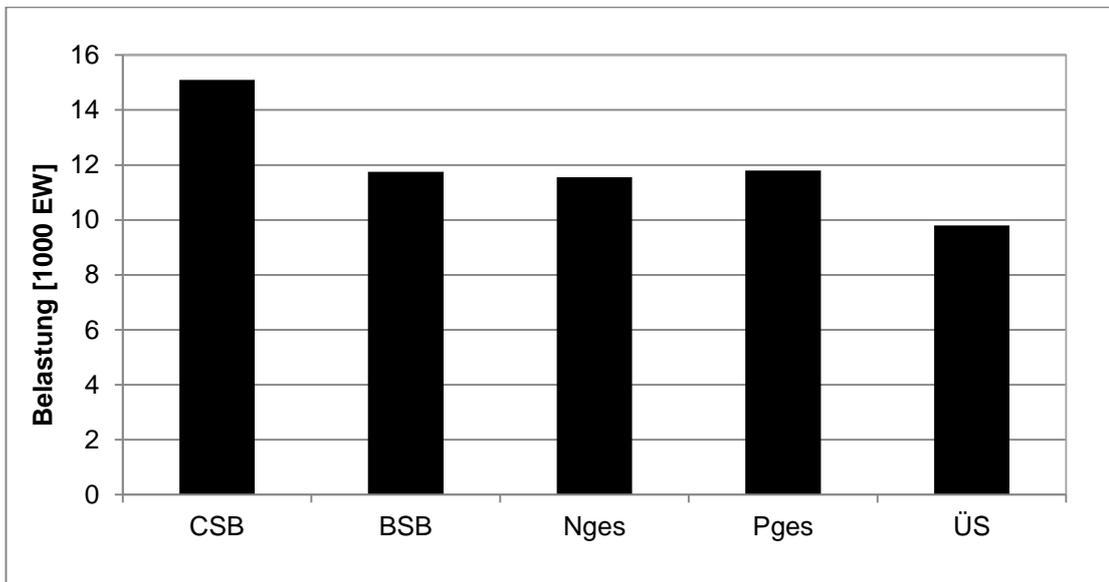


Abbildung 7: Belastungsgrößen und Schlammanfall der KA Basse

Im Mittel geben der BSB und der Gesamtstickstoff die Belastung der Anlage am besten wieder.

### 2.4.4 Zulaufbelastung und Schlamm Bilanz Helstorf

Die Probenahmestelle zur Messung der Zulaufkonzentrationen befindet sich unmittelbar im Ablauf des Sandfangs noch vor dem außer Betrieb gesetzten runden Vorklärbecken. Alle anlageninternen Prozesswässer werden hinter der Probenahmestelle eingeleitet, so dass eine Beeinflussung der Messergebnisse durch sogenannte Rückbelastungen ausgeschlossen werden kann. Die Probenahme erfolgt ebenfalls ausschließlich werktags als zeitproportionale 24 h-Mischprobe. Demgegenüber wird eine Plausibilitätsprüfung anhand der Schlammfrachten durchgeführt. Die Auswertung der mittleren Zulaufdaten in der Abbildung 8 ergibt für die einzelnen Parameter eine Zulaufbelastung zwischen 5.800 – 7.300 EW. Bei Betrachtung der Monatswerte erreicht der CSB eine Spitzenbelastung die einem Wert von bis zu 9.100 EW ergibt. Die hohe Belastung tritt in erster Linie zu Beginn des Jahres auf.

Tabelle 4: Mittlere Zulaufbelastung der KA Helstorf

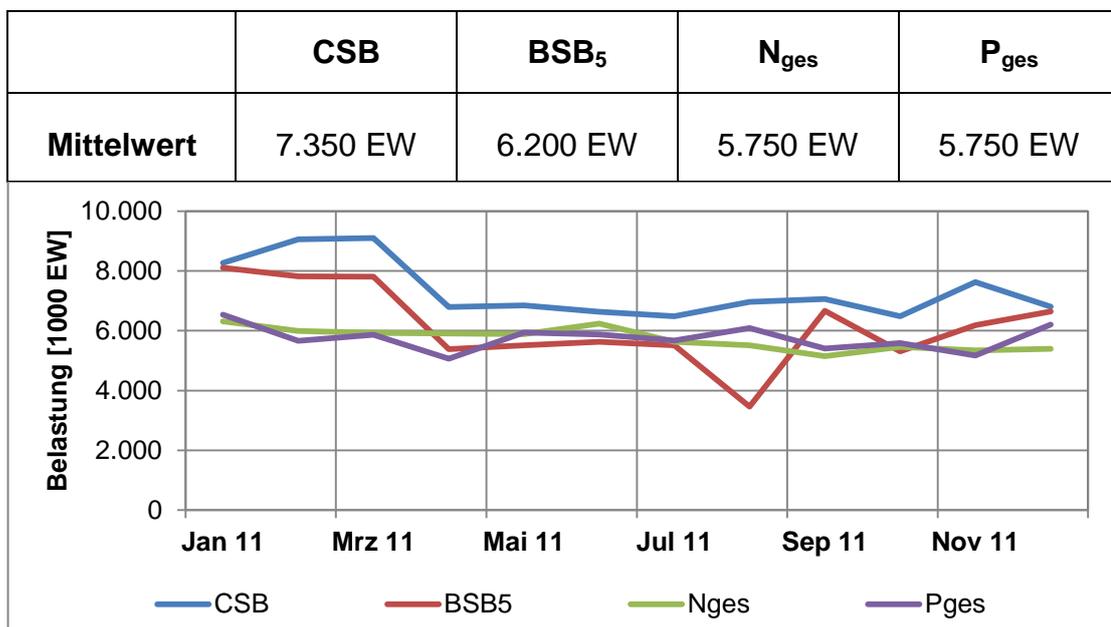


Abbildung 8: Jahresganglinie Kläranlagenbelastung monatliche Mittelwerte der KA Helstorf

Die Auswertung des ÜS lässt auf eine mittlere Belastung von 5.500 EW schließen. Dieser Einwohnerwert des Schlammanfalls entspricht den analytisch erhobenen Schmutzparametern wie BSB<sub>5</sub>, N<sub>ges</sub> und P<sub>ges</sub>.

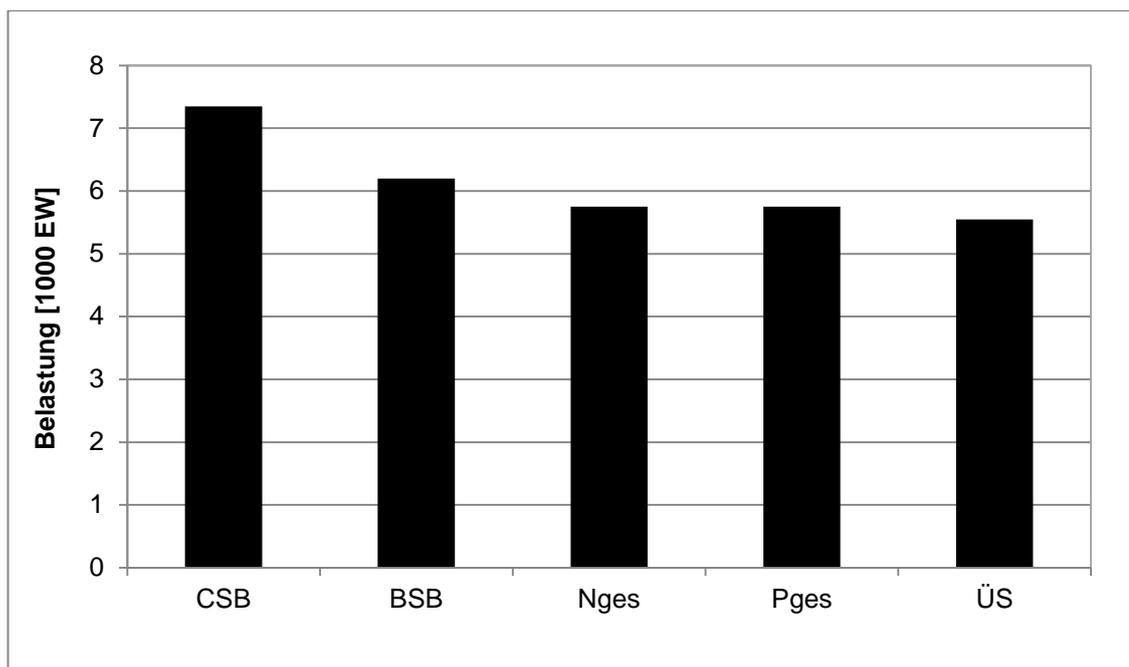


Abbildung 9: Belastungsgrößen und Schlammfall der KA Helstorf

Mit Ausnahme des CSB repräsentieren alle Parameter die Belastung hinreichend genau wieder.

#### 2.4.5 Festlegung der mittleren Kläranlagenbelastungen

Infolge der Auswertungen der Zulaufbelastungen und der Schlammbilanzen sind in der Tabelle 5 die festgelegten spezifischen Kläranlagenbelastungen Plausibilitätswerte (PW) der einzelnen Abwasserreinigungsanlagen des ABN Neustadt am Rbge. für die Bestimmung des spez. Energiebedarfes dargestellt.

Tabelle 5: Festlegung der Zulaufbelastung der drei Kläranlagen

	KA Empede	KA Basse	KA Helstorf
mittlere Kläranlagenbelastung	29.000 EW <sub>PW</sub>	12.000 EW <sub>PW</sub>	6.000 EW <sub>PW</sub>

Die Einstufung für die KA Empede wurde aufgrund der Schlamm Bilanz hinsichtlich der Schmutzparameter trotz des ungünstigen BSB<sub>5</sub>/CSB-Verhältnisses nach unten korrigiert. Der Phosphor wurde in der Mittelwertbildung außer Acht gelassen, da er für die energetische Betrachtung von gerin-

gerer Bedeutung ist und nicht die tatsächliche Einwohnerbelastung repräsentativ widerspiegelt. Bezüglich der Ausbaugröße von 36.500 EW stellen die 29.000  $EW_{PW}$  eine plausible mittlere Belastungsgröße dar, auch wenn die mittlere CSB- und Stickstoffbelastung höher liegt.

Die Festlegung für die KA Basse wurde aufgrund der geringeren Werte aus der Schlammbilanz hinsichtlich der Schmutzparameter leicht verringert. Bezüglich der Ausbaugröße von 15.000 EW stellen die 12.000  $EW_{PW}$  eine nachvollziehbare mittlere Belastungsgröße dar.

Der Belastungskennwert für die KA Helstorf lässt sich anhand vier von fünf eindeutiger Parameter auf 6.000  $EW_{PW}$  festlegen. Bezüglich der Ausbaugröße von 10.000 EW ist dies eine angemessene Referenzgröße.

### 3 Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz

#### 3.1 Datenerhebung Elektroenergieverbrauch

Als maßgebender Betrachtungszeitraum für die Datenerhebung der Elektroenergie wird die Zeitspanne zwischen Januar 2011 und Dezember 2011 festgelegt. Als Ausgangslage für die Ermittlung des Energieverbrauchs dient der Strom-Fremdbezug der Energieversorgungsunternehmen (EVU-Abrechnung) sowie die Eigenstromerzeugung durch das BHKW. Demnach ergibt sich ein Gesamtstromverbrauch für alle drei Anlagen von 1.607.000 kWh. Davon entfallen auf 1.085.500 kWh (614 t<sub>CO2</sub>/a; 644 t<sub>CO2</sub>/a regional) auf den EVU-Bezug. Bei einem Strombezugspreis von 19,3 Cent/kWh (brutto) entstehen Stromkosten von rund 209.500 € pro Jahr. Die Aufteilung der Energiekosten je Kläranlage ist in der Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 6: Strombezug und Kosten aller drei Kläranlagen in 2011

	KA Empede	KA Basse	KA Helstorf	Gesamt
<b>Bezug EVU [kWh]</b>	522.140	345.410	218.000	<b>1.085.550</b>
<b>Jährliche Kosten [€]</b>	100.773	66.664	42.074	<b>209.500</b>

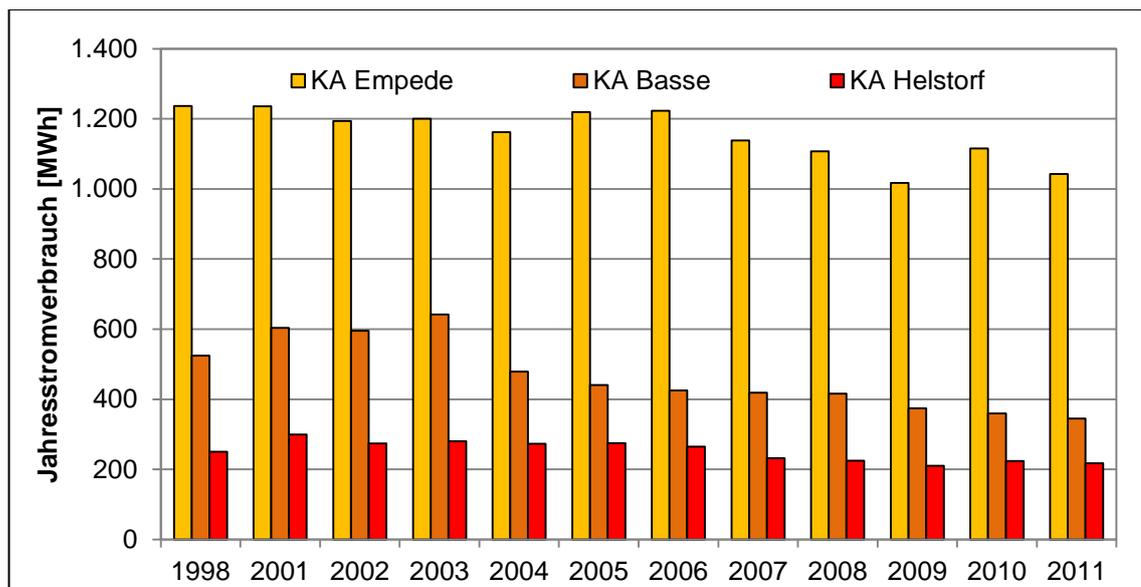


Abbildung 10: Jahresstrombezug aller drei Kläranlagen in den letzten 13 Jahren

Die Gegenüberstellung im Balkendiagramm in der Abbildung 10 zeigt, dass die Strombezüge für 2011 denen der vergangenen Jahre entsprechen. Ten-

denziell konnte der Gesamtbedarf in den vergangenen Jahren sukzessive reduziert werden.

Um den Stromverbrauch der einzelnen Verfahrensstufen darstellen zu können, sind alle wesentlichen Elektroverbraucher der Kläranlagen einzeln in den jeweiligen Verbraucherlisten aufgenommen und zusammengestellt. Die Gliederung der sechs Verfahrensstufen erfolgt in Anlehnung an das Energie-Handbuch des Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW (MURL) [2]:

1. Rohabwasserhebewerk
2. Mechanische Reinigungsstufe
3. Biologische Reinigungsstufe
4. Schlammbehandlung
5. Schlammentwässerung
6. Infrastruktur

In dieser Verbraucherliste wird mit Hilfe der maximalen mechanischen Wellenleistungen und den dazugehörigen Faktoren (Angaben Motortypenschild) die theoretisch aufgenommene elektrische Leistung ermittelt. Mit der folgenden Formel kann daraus die Leistungsaufnahme berechnet werden:

$$P = \frac{400 [V] \cdot \cos \varphi \cdot I [A] \cdot \sqrt{3}}{1000} [\text{kW}]$$

Ist einer der Faktoren nicht bekannt, dienen zur Festlegung/Berechnung die Motorbemessungsdaten aus dem „Moeller Schaltungshandbuch 02/08“ in dem die wichtigsten Kenndaten für Standardmotoren in Form einer Normtabelle zusammengefasst sind. Ist nur die mechanische Wellenleistung des Motors bekannt, wird mit dem jeweiligen elektrischen Wirkungsgrad die theoretisch maximal aufgenommene elektrische Leistung ermittelt.

Um die tatsächlich aufgenommene Leistung im Betrieb zu ermitteln, wird die theoretisch maximal aufgenommene Leistung mit einem entsprechenden Belastungsfaktor (0,25 – 0,85) multipliziert. Dieser Belastungsfaktor berücksich-

tigt unter anderem die Überdimensionierung des mechanischen Aggregats (auf theor. maximale Last ausgelegt). Die Belastung bei realen Betriebsbedingungen hingegen ist z.B. durch eine geringere Druckdifferenz niedriger. Bei mit Frequenzumrichtern (FU) betriebenen Aggregaten bildet der Belastungsfaktor die Leistungsaufnahme bei der im Mittel gefahren Frequenz ab.

Die zur Berechnung des Stromverbrauchs erforderlichen Laufzeiten der einzelnen Aggregate sind zum Teil im Prozessleitsystem (PLS) dokumentiert. Alle Laufzeiten die nicht im PLS hinterlegt sind, werden in Rücksprache mit dem Betriebspersonal abgeschätzt.

Weiterhin muss der Stromverbrauch der Infrastruktur in Abstimmung mit dem Betriebspersonal eingestuft werden, da keine Aufzeichnungen über deren Laufzeiten und Stromaufnahme vorliegen. Für das Betriebsgebäude sowie Umspann- und Wärmeverluste werden rund 1,5 % des Strom-Fremdbezugs angenommen.

**Tabelle 7: Vergleich Berechnungsansätze und Abweichungen**

	<b>KA Empede</b>	<b>Basse</b>	<b>Helstorf</b>
<b>Bezug EVU + Produktion BHKW</b>	1.042.440 kWh/a	345.413 kWh/a	217.920 kWh/a
<b>Verbraucherliste</b>	1.066.700 kWh/a	346.000 kWh/a	218.500 kWh/a
<b>Abweichung</b>	2,3 %	0,2 %	0,3 %

Anhand dieser Berechnungsansätze ergeben sich Elektroenergieverbräuche, die in der Tabelle 7 wiedergegeben sind. Diese entsprechen einer Abweichung von unter 3 % im Vergleich zu den Betriebsaufzeichnungen. Die Berechnungen des Stromverbrauchs in den Verbraucherlisten können damit als hinreichend genau angenommen werden.

### 3.2 Datenerhebung Wärmeenergie

Die detaillierte Ermittlung der Leistung des Wärmeenergiebedarfs wird im Rahmen dieser Studie für die KA Empede durchgeführt, da hier aufgrund der anaeroben Schlammstabilisierung durch die mesophile Faulung der höchste Wärmebedarf vorliegt. Auf der KA Empede wird der Primär- und Überschuss-

schlamm in einem Faulturm stabilisiert. Da große Mengen an Rohschlamm im Spitzenlastfall von 8 auf 37 °C aufgeheizt werden, ist der Wärmebedarf nicht unerheblich. Weiterer Wärmebedarf ergibt sich aus den Transmissionsverlusten des Faulturms und dem Heiz- und Warmwasserbedarf der Betriebsgebäude.

Der überwiegende Teil der erzeugten Wärme wird aus der Kraft-Wärme-Kopplung des BHKW bezogen. Außerdem werden in den Betriebsdaten die Klärgas- und Heizölmengen angegeben, die von den entsprechenden Aggregaten verbraucht werden. Somit kann die zur Verfügung stehende Wärmekapazität rechnerisch über den thermischen Wirkungsgrad des BHKW (53 %) näherungsweise ermittelt werden. Gleiches gilt für den Brennwertkessel bei einer Klärgasverbrennung mit einem Wirkungsgrad von 94 %. Das Klärgas mit einem Methananteil von 64 % besitzt einen mittleren Heizwert von 6,4 kWh/m<sup>3</sup>. Die Daten des vorhandenen Wärmeverbrauchs Zählers dienen zur Kalibrierung der gesamten Energiebilanzierung, welche auf nachfolgenden Annahmen basiert. Ebenfalls werden die Angaben und Berechnungen aus der DNC-Studie [5] ggf. mit berücksichtigt bzw. mit dem Ist-Zustand verglichen.

#### Wärmebedarf Rohschlamm:

Zur Berechnung der Rohschlammwärmung werden die aufgezeichneten Temperaturen des Abwassers im Belebungsbecken herangezogen und als Temperaturdifferenz zur Solltemperatur des Faulturms von 37°C gesetzt. Die spez. Wärmekapazität des Faulschlammes entspricht annäherungsweise der von Wasser und wird daher mit 1,16 kWh/(m<sup>3</sup>·K) angenommen. Unter Heranziehung der zu erwärmenden Schlammengen wird daraus der Wärmebedarf ermittelt.

### Transmissionsverluste Faulturm

Die Bestimmung der Transmissionsverluste erfolgt über die Temperaturdifferenz zwischen der aufgezeichneten Außentemperatur und der inneren Solltemperatur. Mit dieser Temperaturdifferenz, der Oberfläche des Faulturms von rund 1.340 m<sup>2</sup> und einem Wärmedurchgangskoeffizient von 0,4 W/(m<sup>2</sup>·ΔK) werden die Transmissionsverluste nach A 216 errechnet.

### Wärmebedarf Betriebsgebäude

Die zu beheizende Fläche der Betriebsgebäude wird insgesamt laut DNC-Studie [5] mit 1.367 m<sup>2</sup> angegeben. Hieraus resultiert eine maximale Heizleistung von 105 kW und zusätzlich 14 kW für den Warmwasserbedarf. Der Wärmebedarf ist mit 100 W/m<sup>2</sup> in dieser Studie sehr hoch angesetzt. Nach A 216[ 1] wird mit einem Bedarf von 60 bis 80 W/m<sup>2</sup> gerechnet. Der Wärmebedarf für die Beheizung der Betriebsgebäude wird deshalb mit 70 W/m<sup>2</sup> angepasst. Der Bedarf für Warmwasser wird mit 5.000 kWh/a angesetzt. In der Tabelle 8 sind die nach [5] überarbeiteten Wärmeleistungen für die Betriebsgebäude zusammengefasst.

**Tabelle 8: Übersicht des angepassten Wärmebedarfs der Betriebsgebäude der KA Empede nach [5] und A 216 [1]**

	[kW]
Betriebsgebäude neu	15
Rechengebäude	2
Fahrzeughalle	28
Betriebsgebäude alt	24
Treppenhaus Faulturm	3
<b>Gesamtwärmeleistung aller Betriebsgebäude</b>	<b>72</b>

### Zusammenfassung Gesamtwärmebedarf

In der Tabelle 9 ist der Gesamtwärmebedarf für die KA Empede zusammengefasst. Der Vergleich zeigt, dass bei erhöhtem Wärmebedarf an kalten Wintertagen eine theoretisch geschätzte Wärmeunterdeckung von bis zu 77 kW vorliegen könnte. Diese könnte vom Heizkessel, falls erforderlich, mit Heizöl kompensiert werden.

**Tabelle 9. Zusammenfassung des Gesamtwärmebedarfes**

	[kW]
<b>Faulung</b>	<b>103</b>
davon	
Rohschlammerwärmung	75
Transmissionsverluste	28
Beheizung der Betriebsgebäude	72
<b>Gesamtwärmebedarf</b>	<b>175</b>
<b>Mittlere Abwärme BHKW</b>	<b>98</b>
<b>Wärmeunterdeckung</b>	<b>77</b>
<b>Leistung Heizkessel</b>	<b>263 – 428 kW</b>

### 3.3 CO<sub>2</sub>-Äquivalente

In diesem Kapitel werden die für die Kläranlagen des ABN Neustadt a. Rbge. ermittelten Energieverbräuche bzw. der Einsatz von Energieträgern und die potenziellen Einsparungen hinsichtlich ihrer Klimawirksamkeit bewertet. Für die mit der Abwasserreinigung verbundenen Treibhausgasemissionen werden CO<sub>2</sub>-Bilanzen auf der Basis der Gutschriftenmethode aufgestellt. Die wesentlichen Klimarelevanten Emissionen (direkt bzw. indirekt über Stoff- und Energieinputströme) werden in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet und akkumuliert als Jahres-CO<sub>2</sub>-Emission angegeben.

Für die bezogene bzw. erzeugte elektrische Energie werden z.B. die spez. CO<sub>2</sub>-Emissionen (inkl. Vorketten) des durchschnittlichen deutschen Strommixes 2011 (UBA) angesetzt (566 g<sub>CO2</sub>/kWh). In der regionalen Betrachtung wird

laut der Stadtwerke hingegen ein CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 594 g<sub>CO2</sub>/kWh angegeben. Dieser Wert wird im Rahmen dieser Studie ebenfalls vergleichend aufgeführt. Für die fossilen Energieträger Heizöl, Erdgas und Flüssiggas werden die aktuellen Daten (Version 4.7) aus der vom Ökoinstitut gepflegten GEMIS-Datenbank (GEMIS = Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) angesetzt.

**Tabelle 10: Spez. CO<sub>2</sub>-Emissionen der drei Kläranlagen des ABN Neustadt a. Rbge.**

	CO <sub>2</sub> relevante Bezugsgröße	Spez. CO <sub>2</sub> -Faktor	Anmerkungen/Quelle
<b>Energiegrößen</b>			
Strombezug  <b>Emission</b>	1.085.500 kWh	566 g <sub>CO2</sub> /kWh  <b>614 t<sub>CO2</sub>/a</b>	Strommix Deutschland;  Schätzung UBA 2011
Heizöl  <b>Emission</b>	64.000 kWh	311 g <sub>CO2</sub> /kWh  <b>20 t<sub>CO2</sub>/a</b>	GEMIS, 10 kWh/l

Im Rahmen der Gutschriftenmethode wird die durch Energieeinsparmaßnahmen oder Eigenstromerzeugung aus regenerativen Quellen (z.B. Klärgasnutzung) substituierte Energie (Strom/Wärme) als „negative Emission“ bzw. CO<sub>2</sub>-Einsparung gewertet.

Für die Kläranlagen des ABN ergibt sich aus den zuvor genannten Kenngrößen eine jährliche Gesamtemission von 634 t<sub>CO2</sub> pro Jahr (665 t<sub>CO2</sub> regional). Diese Emissionen sind auf den Strombezug von 1.085.500 kWh/a und den Heizölverbrauch von 6.400 l/a zurückzuführen.

### 3.4 Kennzahlenvergleich

#### 3.4.1 Gesamtbetrachtung

Für den Kennzahlenvergleich in der Gesamtbetrachtung ist zunächst die Ermittlung von Richtwert und Idealwerten laut MURL-Handbuch [2] erforderlich. Für die Kläranlagen des ABN Neustadt a. Rbge. ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Reinigungsverfahren und Größenklassen unterschiedliche Richt- und Idealwerte, welche in der Tabelle 11 zusammengefasst sind. Die niedrigsten Ideal- und Richtwert sind für die KA Empede vorgegeben, da aufgrund der anaeroben Schlammbehandlung durch die Vorklärung weniger Schmutzfracht biologisch gereinigt werden muss und die Anlage aufgrund ihrer größten Ausbaugröße am effizientesten betrieben werden kann. Eine Unterscheidung zwischen den Eintragungssystemen des Sauerstoffs in das biologische Belebungsbecken wird in der Gesamtbetrachtung nach MURL-Handbuch [2] nicht vorgenommen. Eine weitergehende Differenzierung erfolgt jedoch im Kennzahlenvergleich der „biologische Reinigungsstufe“ in Abschnitt 3.4.2 nach MURL und DWA A 216.

**Tabelle 11: Richt- und Idealwerte der drei Kläranlagen des ABN nach MURL-Handbuch**

		Richtwert	Idealwert
		[kWh/(EW·a)]	[kWh/(EW·a)]
<b>KA Empede</b>	<b>e<sub>ges</sub></b> (Gesamtanlage)	<b>34</b>	<b>26</b>
	<b>e<sub>BB</sub></b> (Belebung)	<b>25</b>	<b>19</b>
<b>KA Basse</b>	<b>e<sub>ges</sub></b> (Gesamtanlage)	<b>40</b>	<b>31</b>
	<b>e<sub>BB</sub></b> (Belebung)	<b>31</b>	<b>24</b>
<b>KA Helstorf</b>	<b>Grundwert</b>	<b>46</b>	<b>35</b>
	Zuschlag Hebewerk	1,0	1,0
	<b>e<sub>ges</sub></b> (Gesamtanlage)	<b>47</b>	<b>36</b>
	<b>e<sub>BB</sub></b> (Belebung)	<b>36</b>	<b>28</b>

Obwohl die KA Basse die gleiche Größenklasse wie die KA Empede besitzt, sind die Richt- und Idealwerte durch die simultan aerob stabilisierende Betriebsweise der Belebung höher. Die nochmals höheren Richt- und Idealwerte der KA Helstorf ergeben sich durch die kleinere Größenklasse und dem Zuschlag für die Abwasserhebung.

Nachfolgend werden diese Richt- und Idealwerte im Rahmen des Kennzahlenvergleichs herangezogen. Die Gesamtbetrachtung der Kläranlagen erfolgt auf Grundlage des gemessenen Stromverbrauchs. Für den Kennwert der Belebung werden die entsprechenden Werte der Verbraucherliste entnommen.

### Beurteilung Gesamtverbrauch:

Der aktuelle spez. Energieverbrauch der Kläranlage Empede von 36,3 kWh/(EW<sub>PW</sub>·a) liegt oberhalb (6 %) des angegebenen Richtwertes. Der Idealwert wird um rd. 40 % überschritten (siehe Tabelle 12). Folglich ist in dieser Anlage ein geringes Potenzial für Optimierungen vorhanden, das bei mindestens 6 Prozent liegt.

**Tabelle 12: Bewertung der Stromverbräuche der drei Kläranlagen des ABN Neustadt a. Rbge. anhand des Plausibilitätswertes**

			KA gesamt	Belebung
KA Empede	Jahresenergieverbrauch	[kWh/a]	1.066.700	704.000
	<b>e<sub>ges</sub>, e<sub>BB</sub></b>	[kWh/(EW <sub>PW</sub> ·a)]	<b>36,8</b>	<b>23,2</b>
	Abweichung Richtwert	[-]	+6 %	-3 %
	Abweichung Idealwert	[-]	+40 %	+28 %
KA Basse	Jahresenergieverbrauch	[kWh/a]	345.000	275.650
	<b>e<sub>ges</sub>, e<sub>BB</sub></b>	[kWh/(EW <sub>PW</sub> ·a)]	<b>28,8</b>	<b>23,0</b>
	Abweichung Richtwert	[-]	-28 %	-26 %
	Abweichung Idealwert	[-]	-7 %	+1 %
KA Helstorf	Jahresenergieverbrauch	[kWh/a]	218.500	151.800
	<b>e<sub>ges</sub>, e<sub>BB</sub></b>	[kWh/(EW <sub>PW</sub> ·a)]	<b>36,4</b>	<b>25,3</b>
	Abweichung Richtwert	[-]	-23 %	-30 %
	Abweichung Idealwert	[-]	1 %	-10 %

Angesichts der Vielfalt der eingesetzten Verfahren und unterschiedlicher Randbedingungen ist der Idealwert in der Gesamtbetrachtung nicht als einzuhaltende Zielgröße zu verstehen. Ein Optimierungspotenzial von 40 Prozent lässt sich mit vertretbarem Aufwand aufgrund der bestehenden Oberflächenbelüftung nicht erreichen.

Die anderen beiden kleineren Anlagen weisen hingegen sehr gute spez. Vergleichswerte auf, die deutlich unter den Richtwerten liegen und mit geringe Abweichungen zum Idealwert aufweisen. Aufgrund dessen werden nachfolgend die KA Basse und Helstorf nicht vertieft betrachtet, sondern der Fokus eher auf die KA Empede gelegt.

Der Energieverbrauch der Belebung auf der KA Empede, zu welcher gemäß MURL-Handbuch insbesondere die Oberflächenbelüfter, die Rührwerke, sowie das Rücklaufschlammumpwerk und das Nachklärbecken zählen, beträgt 704.000 kWh/a und liegt mit einem spez. Verbrauch von 24,3 kWh/(EW<sub>PW</sub>-a) 3 % unter dem vorgegebenen Richtwert. Der Idealwert wird um 28 % überschritten. Unter Berücksichtigung der Oberflächenbelüftung als Sauerstoffeintragssystem ist dies trotzdem ein guter Wert.

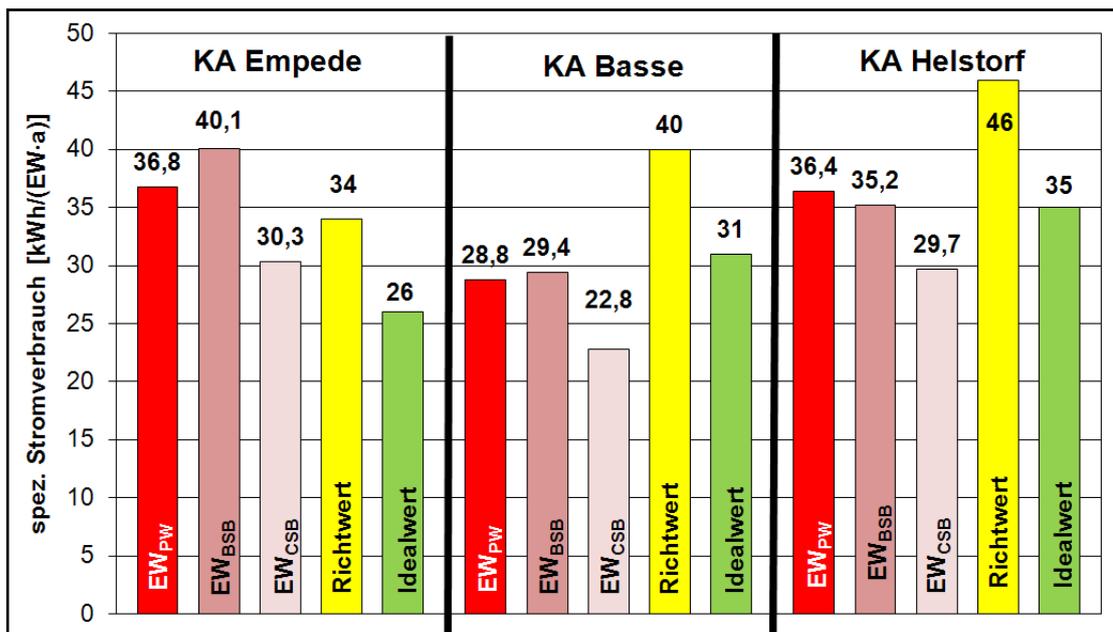


Abbildung 11: Kennzahlenvergleich spez. Gesamtverbrauch der Kläranlagen

In der Abbildung 11 sind die gemessenen Stromverbräuche auf Basis der verschiedenen Referenzwerte zusammenfassend dargestellt. Sie zeigt die Bedeutung der Auswahl einer möglichst sinnvollen Zahl für die energiebezogene Kläranlagenbelastung. Ein Bezug auf den Einwohnerwert nach MURL-Handbuch (BSB<sub>5</sub>) würde das Optimierungspotenzial insbesondere bei der KA Empede überschätzen. Bezüglich des Einwohnerwertes nach A 216 (CSB)

würden die Potenziale für Einsparungen hingegen in allen drei Anlagen unterschätzt.

Für den weiteren energetischen Kennzahlenvergleich werden die Plausibilitätswerte von 29.000, 12.000 und 6.000  $EW_{PW}$  herangezogen.

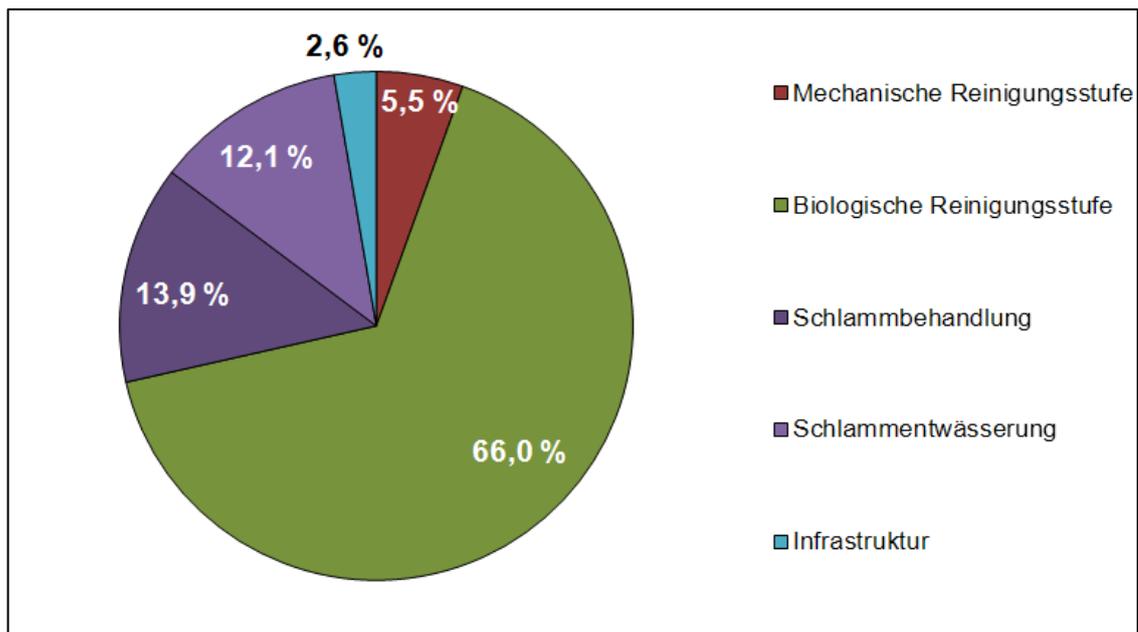
**Beurteilung:**

Der Stromverbrauch der Kläranlage Empede teilt sich folgendermaßen auf die sechs verschiedenen Verfahrensstufen auf:

**Tabelle 13: Aufteilung des Stromverbrauchs auf die Verbrauchergruppen**

KA Empede		Jahresstromverbrauch	Anteil	Spez. Verbrauch	Richtwert/ Idealwert	
		[kWh]	[%]	[kWh/(EW-a)]	[kWh/(EW-a)]	
1	<b>Mech. Reinigungsstufen</b>	58.400	5,5	2,0	0,8	0,7
2	<b>Biologische Reinigungsstufe</b>	704.000	66,0	24,3	25,0	19,0
3	<b>Schlammbehandlung (Voreindickung und Faulung)</b>	147.900	13,9	5,1	3,7*	3,0*
4	<b>Schlammmentwässerung</b>	128.600	12,1	4,4	3,3*	2,7*
5	<b>Infrastruktur</b>	27.800	2,6	1,0	1,2*	1,0*
<b>Summe</b>		<b>1.066.700</b>		<b>36,8</b>	<b>34,0</b>	<b>26,0</b>

\*angepasst an die Randbedingungen der KA Empede



**Abbildung 12: Verteilung des Stromverbrauchs auf die Verfahrensstufen**

Wie erwartet befinden sich die größten elektrischen Verbraucher in der biologischen Reinigungsstufe mit einem Anteil von zwei Dritteln des Gesamtverbrauchs. Weitere große Verbraucher sind der mechanischen Reinigungsstufe und der Schlammbehandlung und –entwässerung zu zuordnen.

Der spez. Verbrauch der Belebung von 24,3 kWh/(EW·a) liegt über dem Idealwert, der Richtwert wird jedoch bereits unterschritten. Die Aufteilung des Energiebedarfs wird in Abschnitt 3.4.2 detaillierter dargestellt.

Der Stromverbrauch der Schlammbehandlung einschließlich Faulung ist leicht erhöht. Ursprünglich ist bei der Auslegung des Faulturms die zusätzliche Annahme des Schlammes der umliegenden Kläranlagen Basse und Helstorf vorgesehen gewesen, deshalb steht ungenutzte Faulraumkapazität zur Verfügung und der Faulturm ist verhältnismäßig groß. Beim Energieverbrauch der Schlammmentwässerung sind die Vergleichswerte im MURL-Handbuch für die vorliegende Anlage nicht anwendbar, da der Faulschlamm nicht durchgehend entwässert wird. Bei der mechanischen Reinigungsstufe wird Einsparpotenzial bei insbesondere einem Aggregat gesehen. Dadurch, dass der Sandfang ein Gebläse besitzt, das nicht FU geregelt ist, fällt der spez. Verbrauchwert entsprechend hoch aus. Ein Einsparpotenzial liegt vor. Die Verbräuche für die Infrastruktur liegen im guten Bereich.

Die Aufteilung des Stromverbrauchs der KA Basse und Helstorf ist in der Tabelle 14 und in Abbildung 13 gegenübergestellt. Wie zu erwarten befinden sich die größten elektrischen Verbraucher in der biologischen Reinigungsstufe mit rd. drei Viertel des Gesamtverbrauchs. Trotz dieses hohen Anteils weisen die biologischen Stufen gute spez. Kennwerte auf, die sich am bzw. unter dem Idealwert orientieren. Eine Erklärung hierfür ist die bedarfsgerechte Belüftung anhand der vorliegenden Ammoniumfrachten, sowie ein gut ausgelegtes Belüftungssystem. Durch die alternierende Betriebsweise der Becken kann auf der KA Helstorf die energiezehrende Rezirkulation durch das Tri-Cycle-Verfahren eingespart werden. Einzig bei den 15 Jahre alten Tellerbelüftern in der KA Helstorf wird ein Einsparpotenzial gesehen. Deren Austausch ist im November 2012 vorgesehen.

Tabelle 14: Aufteilung des Stromverbrauchs auf die Verbrauchergruppen

		Jah- resstrom- verbrauch	Anteil	Spez. Verbrauch.	Idealwert	
		[kWh]	[%]	[kWh/(EW·a)]	[kWh/(EW·a)]	
KA Basse	1	Mech. Reinigungsstufe	13.600	3,9	1,1	0,8
	2	Biologische Reinigungsstufe	275.700	79,7	23,0	24,0
	3	Schlammbehandlung (Eindickung)	54.800	15,8	4,6	5,7*
	5	Infrastruktur	1.900	0,5	0,1	0,5
<b>Summe</b>			<b>346.000</b>		<b>28,8</b>	<b>31,0</b>
KA Helstorf	1	Abwasserhebwerk	33.100	15,1	5,5	3,0*
	2	Mech. Reinigungsstufe	11.200	5,1	1,9	1,0*
	3	Biologische Reinigungsstufe	151.800	69,5	25,3	28,0
	4	Schlammbehandlung (Eindickung)	14.600	6,7	2,4	3,0*
	5	Infrastruktur	7.800	3,6	1,3	1,0
<b>Summe</b>			<b>218.500</b>		<b>36,3</b>	<b>36,0</b>

\*angepasst an die Randbedingungen der der Kläranlagen

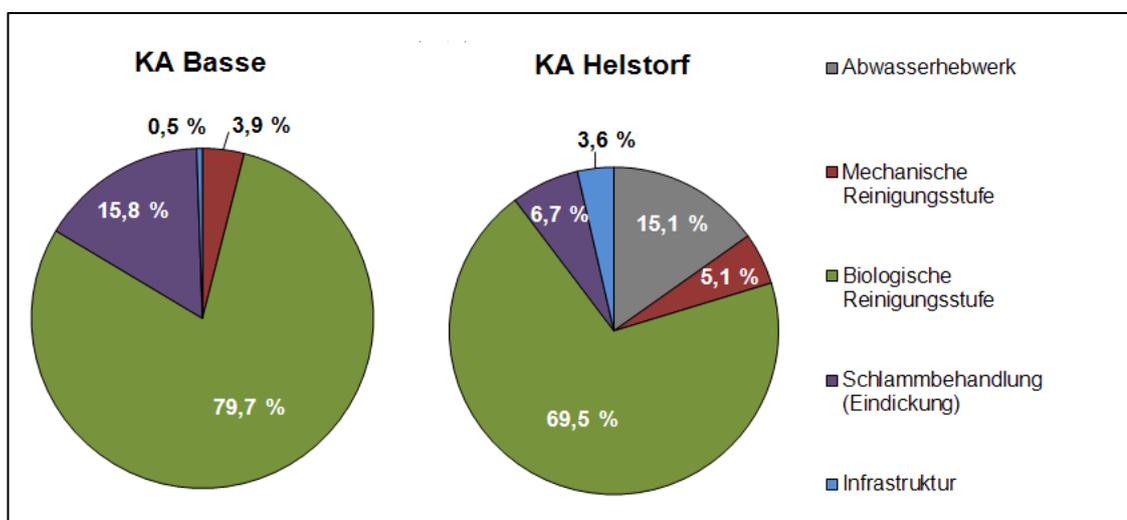


Abbildung 13: Verteilung des Stromverbrauchs der KA Basse und Helstorf

Aufgrund des insgesamt niedrigen Gesamtenergieverbrauchs der beiden Anlagen wird auf eine weitere Analyse in anderen Verfahrensstufen verzichtet, da das Einsparpotenzial insgesamt als gering eingeschätzt wird.

### 3.4.2 Biologische Reinigungsstufe

In der Tabelle 15 sind die einzelnen Verbrauchergruppen der biologischen Reinigungsstufe der KA Empede im Einzelnen aufgelistet.

Tabelle 15: Aufteilung des Stromverbrauchs der Verbrauchergruppen der Belebung

KA Empede	Jahresstromverbrauch	Anteil	Spez. Verbrauch.	Richtwert/ Idealwert	
	[kWh]	[%]	[kWh/(EW-a)]	[kWh/(EW-a)]	[kWh/(EW-a)]
1 <b>Belüftung</b>	435.800	61,9	15,0	18*	13,7
2 <b>Rührwerke</b>	131.900	18,7	4,5	4,5*	3,5*
3 <b>Rezirkulation</b>	54.200	7,7	1,9	1,2*	1,0*
4 <b>Rücklaufschlamm</b>	70.300	10,0	2,4	1,0*	0,6*
5 <b>Nachklärung</b>	11.300	1,6	0,4	0,3	0,2
6 <b>Dosierung etc.</b>	500	0,1	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>704.000</b>		<b>24,3</b>	<b>25,0</b>	<b>19,0</b>

\*angepasst an die Randbedingungen der KA Empede

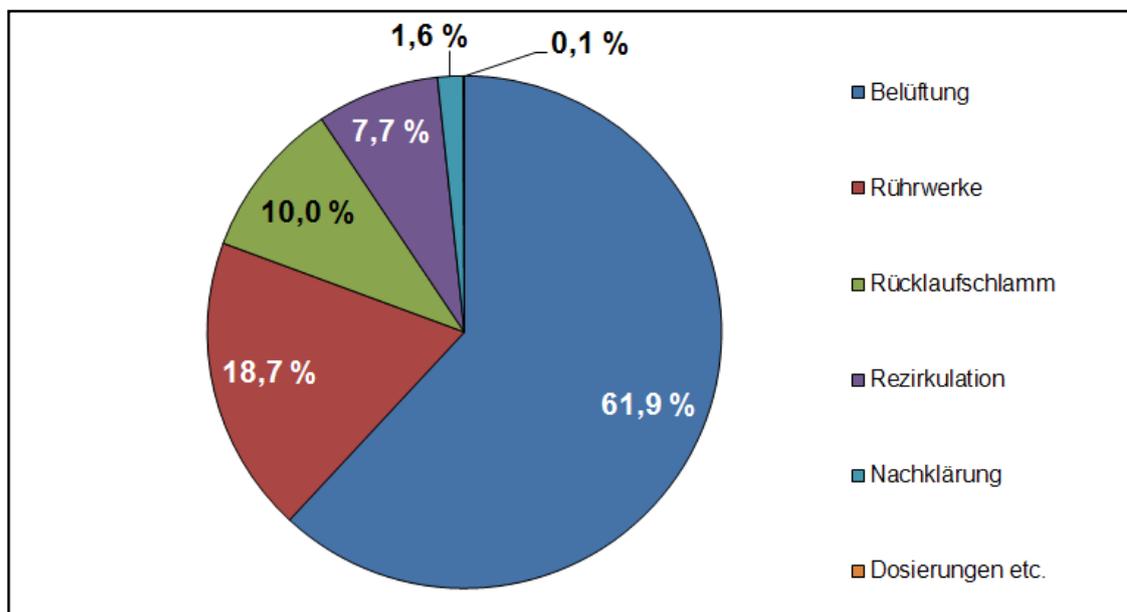


Abbildung 14: Verteilung des Energieverbrauchs der Belebung KA Empede

Über 60 % des Stromverbrauchs in der Belebung wird von den Oberflächenbelüftern für den Sauerstoffeintrag der Belebungsbecken verbraucht. Dieser Wert entspricht der Erfahrungsgröße von 50 bis 70 %. Zweitgrößter Verbraucher mit über 18 % stellen die Rührwerke für die Umwälzung des Belebungschlammes dar. Die Hebung des Rücklaufschlammes zurück in die Belebung verbraucht gut 10 % der Belebungsstufe. Der Betrieb der Nachklärung und der

Dosierstationen stellen im Vergleich einen geringen Verbraucher dar (siehe Abbildung 14).

Die Mammutrotoren für den Sauerstoffeintrag in die Belebung weisen nach MURL einen vergleichsweise etwas erhöhten spez. Stromverbrauch von 15 kWh/(EW·a) auf. Der MURL-Richtwert von 13,7 kWh/(EW·a) unterscheidet jedoch nicht differenziert zwischen Oberflächenbelüftern und Druckbelüftung. Für Oberflächenbelüfter sind 15 kWh/(EW·a) ein sehr guter Referenzwert wie der Vergleich in der Abbildung 15 aufzeigt (blaue Balken).

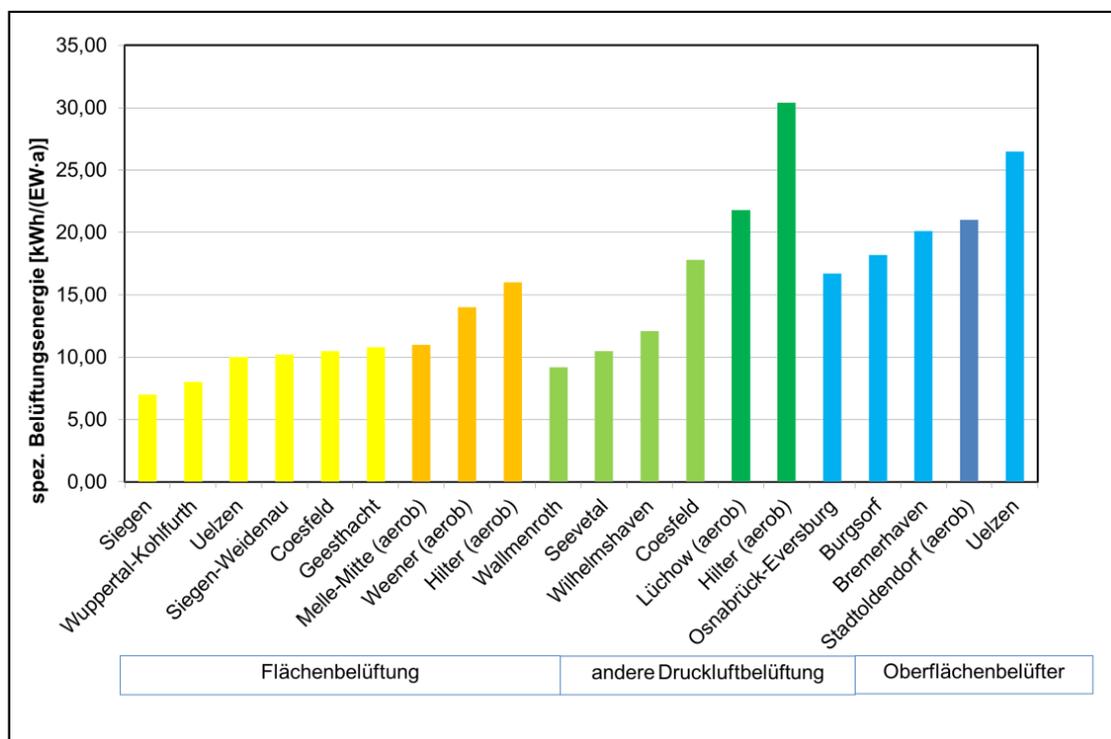


Abbildung 15: Ergebnisse des spez. Energieverbrauchs der Belüftung auf anderen Kläranlagen in Abhängigkeit des Belüftungssystems

Dieser vergleichsweise gute Wert ist mit der bedarfsgerechten Sauerstoffregulierung unter Berücksichtigung der Ammoniumwerte zu erklären. Der Wasserstand in den Belebungsbecken wird sehr konstant gehalten, so dass der Sauerstoffeintrag gleichmäßig effizient erfolgt. Außerdem wird ein Teil der Nitrifikation im Fällungsbecken über ein effizienteres Druckluftsystem durchgeführt. Dieser Kennzahlenvergleich belegt, dass bei der Belüftung als Hauptverbraucher nur weiteres Optimierungspotenzial durch Umstellung auf vollständige Druckbelüftung gegeben ist. Der mit Belebungs-Expert spez. gebildete Orien-

tierungswert nach A 216 [1] von 438.000 kWh/a bestätigt, dass die Belüftung gegenüber der derzeitig verbrauchten Energie von 435.300 kWh/a bereits unter diesem theoretischen Optimalwert betrieben wird.

Der Energiebedarf für die Rührwerke in den verschiedenen Becken der Belüftung mit 4,5 kWh/(EW·a) liegt deutlich über dem angepassten Idealwert (3,5 kWh/(EW·a)). Dieser hohe Energieeinsatz für die Umwälzung ist insbesondere auf das vorgeschaltete DENI-Becken zurückzuführen.

Außerdem ist ein Rührwerkseinsatz in den NITRI-Becken erforderlich. Da die Oberflächenbelüftung an die Frachtbeschickung angepasst sind, muss das erforderliche Mindestmaß für die Umwälzung durch die Rührwerke kompensiert werden. Dieser Anteil entspricht rd. 2 kWh/(EW·a). Prinzipiell müssten somit 17,0 kW/(EW·a) der „Belüftung“ zugeordnet werden. Aus energetischer Sicht ist diese Variante die Effizientere. Je 3.860 m<sup>3</sup> Nitrifikationsvolumen werden 6,4 kW Wirkleistung eingetragen. Dies entspricht einer spez. Leistung je NITRI-Volumen von 1,65 W/m<sup>3</sup>. Gemäß MURL-Handbuch und A 216 kommen moderne Umwälzsystem bei dieser Beckengröße von 1.930 m<sup>3</sup> mit einer Leistung von 1,5 bis 2 W/m<sup>3</sup> aus. Für die Nitrifikation wird diese Rührwerksleistung als gut eingestuft. Bei dem 2.280 m<sup>3</sup> großen Denitrifikationsbecken werden hingegen rd. 7,8 kW Wirkleistung eingetragen. Dies entspricht einer spez. Leistung je Denitrifikationsvolumen von 3,4 W/m<sup>3</sup>. Gemäß MURL-Handbuch und A 216 kommen neuere Umwälzsystem je nach Geometrie und Beckengröße mit einer volumenspezifischen Wirkleistung von 1,5 bis 3,5 W/m<sup>3</sup> aus. Diese Kenngröße lässt ein Einsparpotenzial vermuten, welches aufgrund der geometrischen komplexen Randbedingungen (ein Rundbecken, zwei Ringbecken) in Abschnitt 5.4.1 näher dargestellt wird.

Die Rezirkulationspumpe benötigt mit 1,9 kWh/(EW·a) im Vergleich zu dem angepassten spez. Idealwert von 1,0 kWh/(EW·a) (Hebung 1,7 m) deutlich mehr Energie als empfohlen. Bei einer mittleren Zulaufwassermenge zur Kläranlage von rd. 4.200 m<sup>3</sup>/d und einem konstantem Rezirkulationsstrom von 16.320 m<sup>3</sup>/d ergibt sich ein Rückführverhältnis im Mittel von etwa 3,9. Üblich sind Rückführverhältnisse von 3 bis 4. Laut Betreiber ist dieses Verhältnis je-

doch auf der Kläranlage Empede bei hoher Nitrifikationsleistung nicht ausreichend, um die Ablaufwerte bezüglich Nitrat gering zu halten. Dementsprechend wird nur ein direktes Einsparpotenzial bei den Rezirkulationspumpen gesehen, wenn eine nitratgesteuerte Rezirkulation in die Belebung implementiert wird. Das Einsparpotenzial könnte in den Niedriglastzeiten ausgenutzt werden, wenn an Stelle des konstanten Rezirkulationsstromes weniger nitrifiziertes Abwasser zurückgeführt werden müsste.

Der Bedarf für die Förderung des Rücklaufschlammes ist mit 2,4 kWh/(EW·a) gegenüber 0,6 kWh/(EW·a) laut MURL-Handbuch ebenfalls deutlich zu hoch. Vier großzügig dimensionierte Pumpen fördern den Rücklaufschlamm insgesamt ineffizient mit einem FU-geregelten RV von 1,2 in der niedrigsten FU-Stufe. Die Auslegung der Rücklaufschlammumpen basiert auf den hydraulischen Zuflussdaten aus den Jahren 2002/03. Seitdem haben die Abwassermengen abgenommen und gleichzeitig weist der Belebtschlamm niedrige Indexwerte auf, so dass aufgrund des geringeren Volumens des sich absetzenden Schlammes im Nachklärbecken weniger Schlamm zurückgeführt werden muss. Deshalb sollte langfristig die Regelung bzw. der Austausch der Rücklaufschlammumpen überprüft werden. Denn neben dem energetischen Mehrverbrauch stellt dieser Umstand auch betriebstechnisch durch die Rückführung von sauerstoffhaltigem Abwasser in die Denitrifikation ein Problem dar.

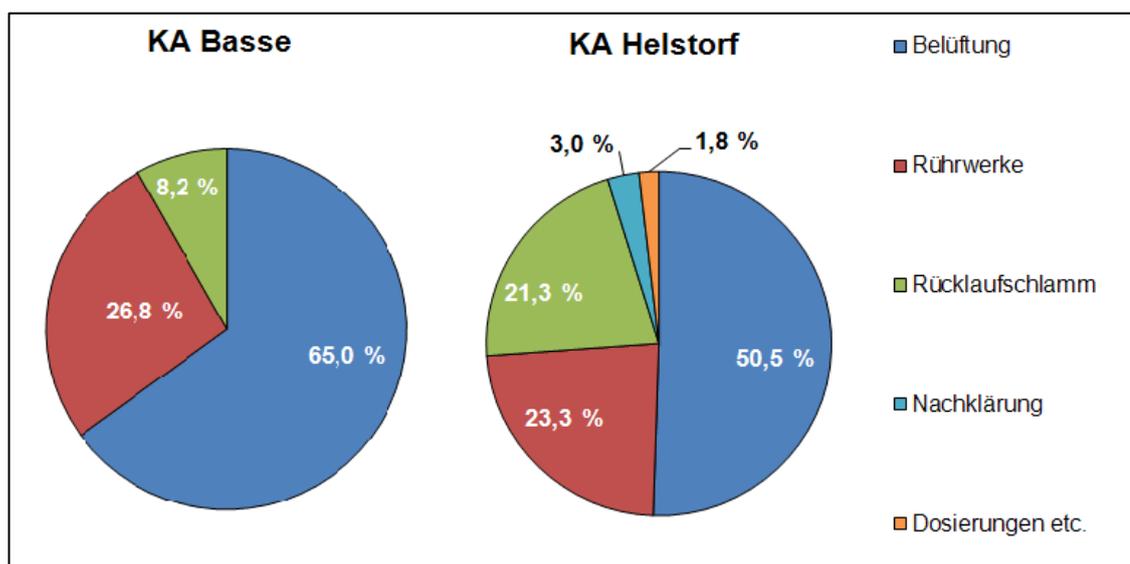
Der Energieverbrauch der Nachklärbecken ist etwas höher als der Vergleichswert im MURL-Handbuch. Dies liegt an dem dritten Nachklärbecken, welches in der Modellanlage nicht berücksichtigt ist. Aufgrund dieser Tatsache und des ohnehin geringen absoluten Verbrauchs ist bei den Nachklärbecken kein Optimierungspotenzial vorhanden.

In der Tabelle 16 sind die guten Verbrauchswerte der Belebung der KA Basse und Helstorf zusammengefasst. Die Abbildung 16 stellt die prozentuale Verteilung graphisch gegenüber.

**Tabelle 16: Aufteilung des Stromverbrauchs der Belebungsstufe KA Basse u. Helstorf**

		Jahresstromverbrauch	Anteil	Spez. Verbrauch	Richtwert/ Idealwert		
		[kWh]	[%]	[kWh/(EW·a)]	[kWh/(EW·a)]		
KA Basse	1	Belüftung	179.100	65,0	14,9	18*	12*
	2	Rührwerke	73.800	26,8	6,2	-	-
	3	Rücklaufschlamm	22.600	8,2	1,8	-	-
	Summe		<b>275.500</b>		<b>23,0</b>	<b>31</b>	<b>24</b>
KA Helstorf	1	Belüftung	76.700	50,5	12,8	18*	12*
	2	Rührwerke	35.400	23,3	5,9	-	-
	3	Rücklaufschlamm	32.400	21,3	5,4	-	-
	4	Nachklärung	4.500	3,0	0,8	-	-
	5	Dosierung etc.	2.800	1,8	0,5	-	-
	Summe		<b>151.800</b>		<b>25,3</b>	<b>36</b>	<b>28</b>

\* anlagenspezifischer Wert ermittelt nach A 216



**Abbildung 16: Verteilung Energieverbrauch der Belebung KA Basse und Helstorf**

Der relativ geringe Anteil der Belüftung legt offen, weshalb der Energiebedarf der beiden Kläranlagen auf so einem guten Niveau liegt. Auf eine tiefergehende Analyse wird deshalb verzichtet.

### 3.4.3 Wärmeenergie

In der Abbildung 17 ist die Verteilung des Wärmebedarfs in Bezug zur Außen- und Schlammtemperatur im Jahresgang dargestellt.

An kalten Wintertagen bei Spitzenwärmebedarf werden rund 2.500 bis 3.000 kWh/d an Wärme benötigt. Der Anteil steigt hier insbesondere bei der Beheizung der Betriebsgebäude wesentlich an. Jedoch liegen auch die saisonalen Schwankungen für die Faulung zwischen 800 bis 1.800 kWh/d.

Der gesamte Wärmebedarf von 726 MWh/a auf Basis der Wärmemengenermittlung ist in der Tabelle 17 dargestellt. Der größte Anteil mit rd. 78 % wird erwartungsgemäß der Faulung zugeordnet. Immerhin noch 158 MWh werden für die Beheizung der Betriebsgebäude benötigt (22 %). Demgegenüber wurden 64 MWh/a an Heizölenergie eingekauft, um in Spitzenlastzeiten die Wärmeunterdeckung zu kompensieren.

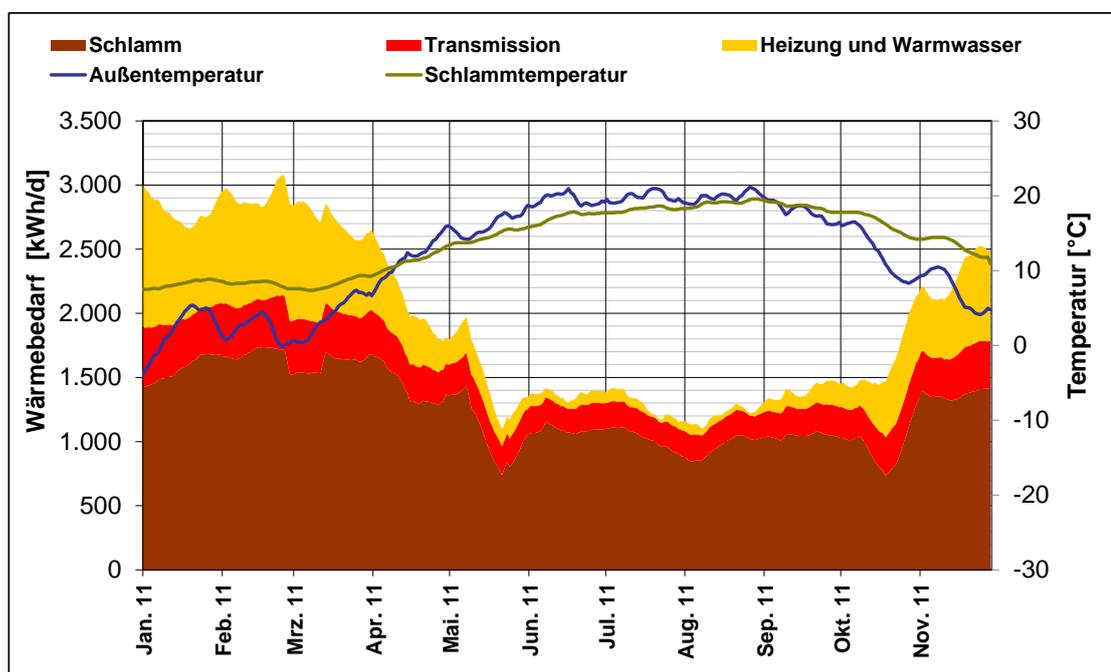


Abbildung 17: Verteilung des Wärmebedarfs im Jahresgang (gleitende 14-d-Mittelwerte)

Die Nutzung der Abwärme des BHKWs über das ganze Jahr erfolgte mit einem hohen Anteil zu über 80 %.

**Tabelle 17: Verbrauchte Wärme der KA Empede**

	Jahreswert	Anteil
	MWh	[-]
<b>Erzeugung und externer Bezug</b>		
Abwärme BHKW	800	92 %
Heizöl über Heizkessel	64	8 %
<b>Gesamt</b>	<b>864</b>	
<b>Ermittelter Verbrauch</b>		
Faulung <small>davon 460 MWh/a Schlamm 107 MWh/a Transmission</small>	567	78 %
Betriebsgebäude	158	22 %
<b>Gesamt</b>	<b>726</b>	83 % KWK-Nutzung

Für eine herkömmliche mesophile Schlammfaulung werden gemäß MURL-Handbuch etwa 45 bis 57 MJ/(EW·a) - entsprechend 12,5 bis 16 kWh/(EW·a) - an Wärmeenergie benötigt. Unter Heranziehung der Wärmeerhebung der KA Empede liegt der spez. Wärmebedarf mit rund 19,6 kWh/(EW·a) etwas über diesem Wert (siehe Abbildung 18).

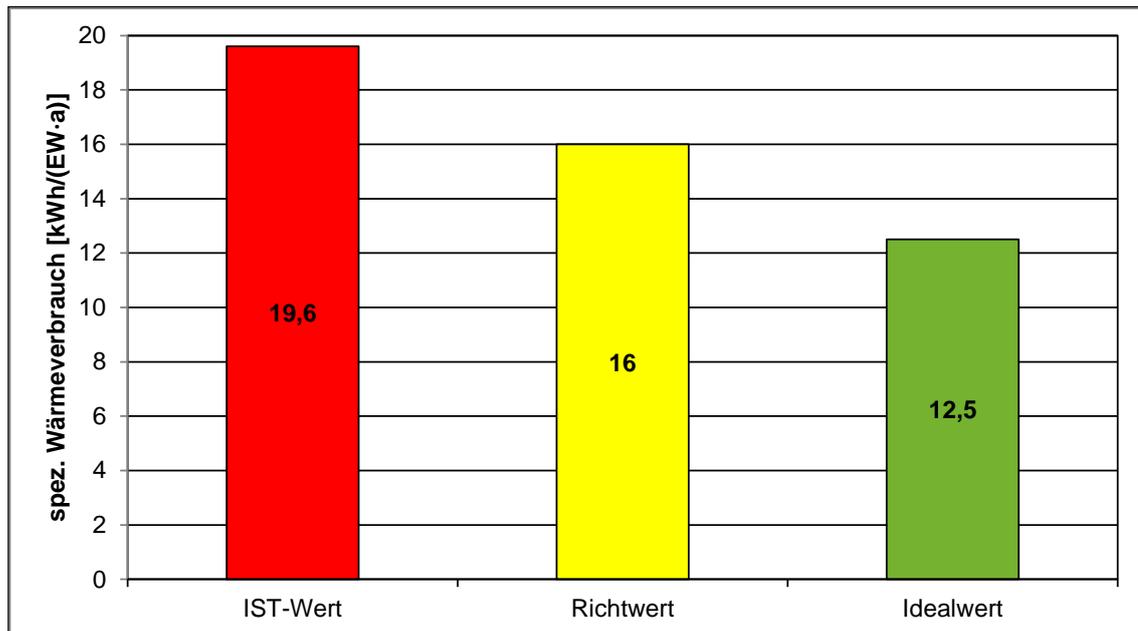


Abbildung 18: Bewertung des Wärmebedarfs der KA Empede

Ein großes Potenzial für Einsparungen wird demnach nicht gesehen. Denn der Rohschlamm besitzt bereits zufriedenstellende Eindickgrade, so dass nicht ein zu hoher Wasseranteil mit erwärmt werden muss. Eine zusätzliche Isolierung des Faulbehälters im Bestand ist sehr aufwändig und stellt sich i.d. Regel als nicht wirtschaftlich dar.

### 3.5 Energetische Eigenversorgung

#### 3.5.1 Klärgasanfall

Die Erfassung des Klärgasanfalls erfolgt an zwei verschiedenen Messstellen. Diese basieren auf verschiedenen Messprinzipien. Während die Anfallsmessung auf einer Blendenmessung basiert, misst die Verbrauchsmessung das Klärgas thermisch. Laut der ersten Messstelle an der Gasentnahme werden insgesamt durch die mesophile Schlammfäulung jährlich in etwa 310.000 m<sup>3</sup> (849 m<sup>3</sup>/d) Klärgas mit einem mittleren Methangehalt von rd. 64 % erzeugt. Dies entspricht einer spez. Gasproduktion von 29,3 Litern pro Einwohner am Tag. Dies ist ein sehr guter Ertragswert, welcher auf die Annahme von externen Fetten zurückzuführen ist (276 m<sup>3</sup>/a). Der reine Gasertrag aus der Abwasserreinigung beträgt rd. 27,3 l/(EW·d) (Annahmen für Fett: 8% TR; 90%<sub>org</sub>TR; 1.100l/<sub>org</sub>TR). Dies ist stets ein überdurchschnittlicher Ertragswert.

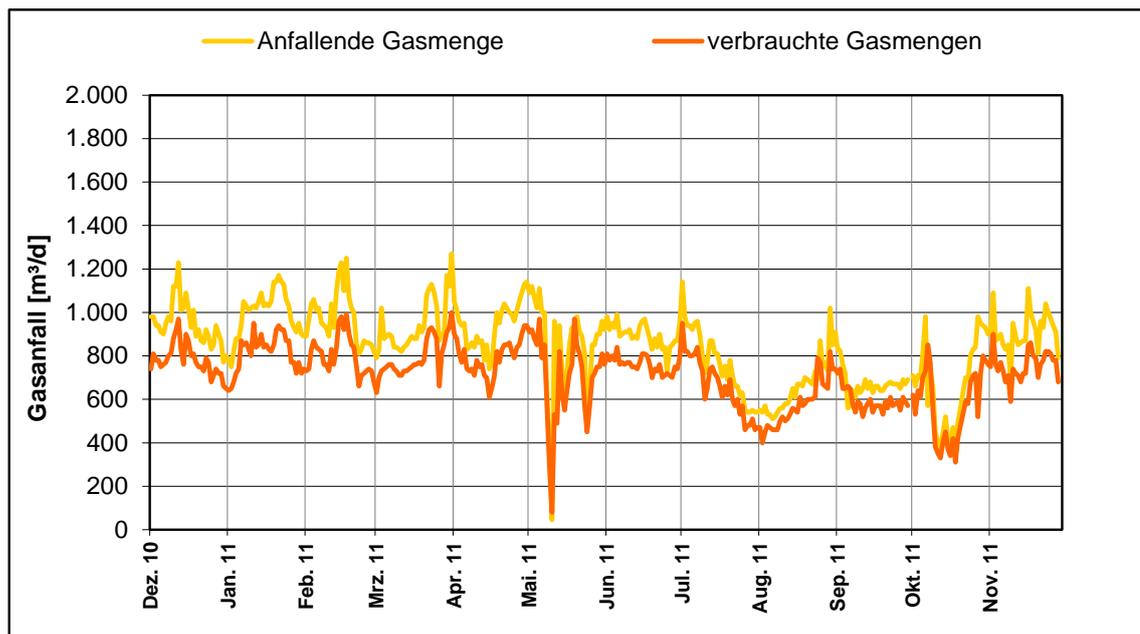


Abbildung 19: Klärgasanfall der KA Empede im Jahresgang

Bei Betrachtung der Klärgasproduktion im Jahresgang wird deutlich, dass die tägliche Klärgasmenge überwiegend zwischen 600 und 1.200 m<sup>3</sup>/d schwankt. In Ausnahmefällen liegt sie sogar noch geringer. Die Spitzen erhöhter Klärgasmengen sind auf die zugeführten Fette zurückzuführen. Die zweite Verbrauchsmessung vor dem BHKW zeigt nicht die gleiche Menge an, jedoch verhalten sich die schwankenden Tagesmengen im Jahresgang analog. Es kann von einer vollständigen Klärgasverwertung ausgegangen werden. Im Mittel liegt die Verbrauchsmessung um 135 m<sup>3</sup>/d niedriger (16 %). Aufgrund dieser Messabweichung und dem recht hohen Ertrag aus der ersten Messung wird von dem niedrigeren täglichen Gasanfall von 716 m<sup>3</sup>/d ausgegangen. In der Regel sind die Verbrauchsmessungen wesentlich ungenauer einzuschätzen, als die Verbrauchsmessungen. In der DNC-Studie [5] wurde der Klärgasertrag mit 867 m<sup>3</sup>/d in 2006/2007 gemessen und auf Basis der Schlamm Bilanz gerechnet. Dies entspricht rd. 150 m<sup>3</sup>/d (21 %) mehr Klärgas als derzeit anfällt. Der spez. Ertrag von 24,7 l/(EW·d) mit Fetten und 22,6 l/(EW·d) ohne Fette stellt einen durchschnittlichen Ertragswert dar. Die 22,6 l/(EW·d) stellen die Ausgangssituation für die Bemessungsgrundlage des Co-Vergärungskonzeptes dar.

### 3.5.2 Eigenversorgungsgrad Elektroenergie

Die Gasverwertung erfolgt seit einigen Jahren durch ein Blockheizkraftwerk, bestehend aus einem Modul mit 105 kW elektrischer und 162 kW thermischer Leistung. Dieses wird auf eine Leistungsstufe von 60 % gefahren (63 kW<sub>el</sub>; 98 kW<sub>therm</sub>). Mit rd. 8500 Betriebsstunden im Jahr ist der Gasmotor zu 96 % im Jahr in Betrieb. In diesem Zeitraum wurden 520.300 kWh an elektrischer Energie erzeugt (61,3 kW). Dies entspricht einem Eigenversorgungsgrad von rd.50 Prozent. Damit wird der Richtwert von 50 % erreicht. Unter Heranziehung eines Methangehaltes von 64 % und der mittleren Gasmenge aus der geringeren Gasmessung resultiert hieraus ein Wirkungsgrad von 31 %.

### 3.5.3 Eigenversorgungsgrad Wärmeenergie

Der Eigenversorgungsgrad mit Wärme ( $V_W$ ) beträgt auf der KA Empede 92 %.

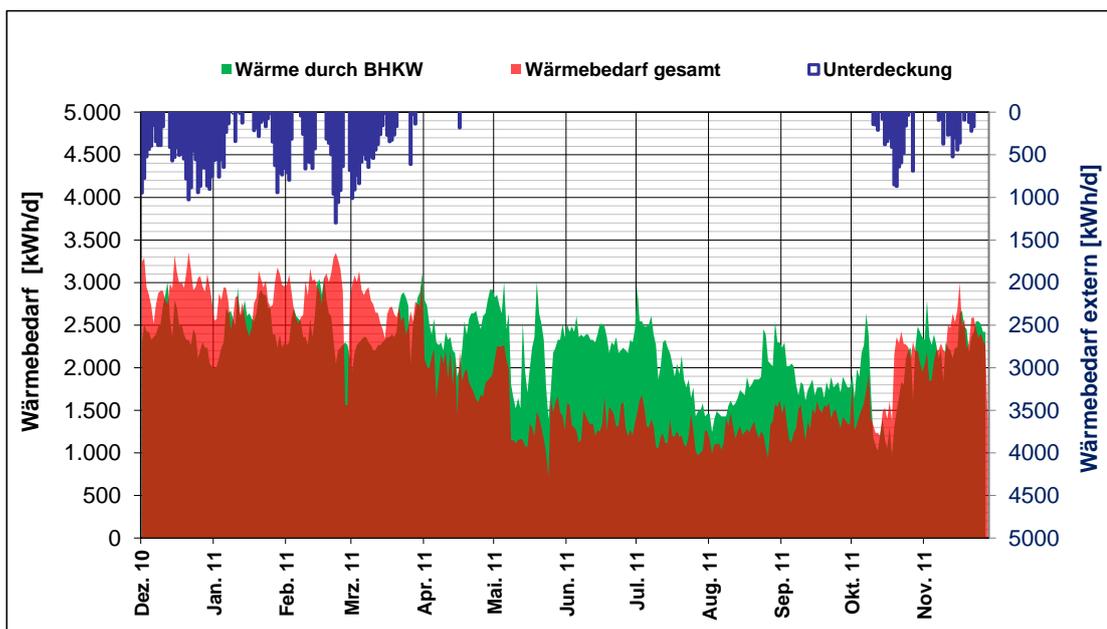


Abbildung 20: Gegenüberstellung der Abwärme des BHKWs und des Wärmebedarfs in Bezug zu den Wärmeunterdeckungen

Der Wärmebedarf wird somit zu einem Großteil über die Klärgasnutzung gedeckt. In den kalten Monaten von November bis März müssen ggf. bis zu 1000 kWh/d über den Brennwertkessel zu geheizt werden (siehe Abbildung 20). In etwa 60 MWh/a an Wärme werden über Heizöl zugeführt. Der im MURL-Handbuch vorgesehene Idealwert von 98 % wird nicht eingehalten. Die

Abweichung von 2 MWh/a des externen Bezugs in der Gesamtbilanz kann unter Berücksichtigung der zahlreichen Unsicherheitsfaktoren für die Kalibrierung als hinreichend genau angenommen werden.

### 3.6 Energiecheck Ist-Zustand

Abschließend sind die zuvor diskutierten Kennwerte für die Bewertung der Kläranlage im Ist-Zustand nach A 216 [1] in der Tabelle 18 zusammengefasst.

**Tabelle 18: Übersicht der sechs Kennwerte des Energiechecks**

Bezeichnung		Nach EW <sub>CSB</sub>	Nach EW <sub>PW</sub>	
		(A 216)	(Plausibilitätswert)	
<b>KA Empede</b>				
<b>e<sub>ges</sub></b>	Gesamter spez. Energieverbrauch	30,4	36,8	[kWh/(EW·a)]
<b>e<sub>B</sub></b>	spez. Energieverbrauch Belüftung	12,4	15	[kWh/(EW·a)]
<b>N</b>	Grad der gesamten Faulgasumwandlung	100		[-]
<b>e<sub>FG</sub></b>	Einwohnerspezifische Faulgasproduktion	20,4	24,7	[l <sub>N</sub> /EW·d]
<b>V<sub>e</sub></b>	Eigenversorgungsgrad Elektrizität	50 %		[-]
<b>e<sub>ext</sub></b>	Spez. externer Wärmebezug	1,8	2,2	[kWh/(EW·a)]
<b>KA Basse</b>				
<b>e<sub>ges</sub></b>	Gesamter spez. Energieverbrauch	23,5	28,8	[kWh/(EW·a)]
<b>e<sub>B</sub></b>	spez. Energieverbrauch Belüftung	12,2	14,9	[kWh/(EW·a)]
<b>KA Helstorf</b>				
<b>e<sub>ges</sub></b>	Gesamter spez. Energieverbrauch	28,9	36,4	[kWh/(EW·a)]
<b>e<sub>B</sub></b>	spez. Energieverbrauch Belüftung	10,2	12,8	[kWh/(EW·a)]

Diese Kennwerte dienen als Bezugsgröße für zukünftige Erfolgskontrollen im Rahmen durchzuführender Energiechecks (siehe auch Abschnitt 7.1).

## 4 Potenzialanalyse

### 4.1 Energieeffizienzpotenzial

Die Potenzialanalyse für Einsparmöglichkeiten fokussiert sich insbesondere auf die biologische Verfahrensstufe der KA Empede. Hier liegt, wie der Kennzahlenvergleich offenlegt, nach relativen (66%) und absoluten Werten (704.000 kWh/a) das größte Potenzial vor. Des Weiteren wird der belüftete Sandfang betrachtet.

Der Bedarf für die Förderung des Rücklaufschlammes ist wie im Kennzahlenvergleich angemerkt, deutlich zu hoch. Drei überdimensionierte Pumpen fördern den Rücklaufschlamm insgesamt ineffizient mit einer niedrigen Frequenz auf ein RV von rd. 1,2. Das Rücklaufschlamm-Verhältnis kann nach A 131 bei 0,75 bis 1 liegen. Anhand der gemessenen Fördermenge über eine Förderhöhe von 3 Metern ergibt sich ein Wirkungsgrad von lediglich 24 %. Nach dem nach A 216 gebildeten spez. Verbrauch dürfte der Bedarf nicht über 22.300 kWh/a liegen (statt 70.300 kWh). Hierdurch könnte ein erheblicher Anteil Pumpenergie von 48.000 kWh/a eingespart werden. Da die Auslegung der Rücklaufschlammumpen auf den hydraulischen Zuflussdaten aus den Jahren 2002/03 mit zusätzlichen Sicherheitsfaktoren basiert und die Abwassermengen seitdem deutlich abgenommen haben, ist ein niedrigeres Rückführverhältnis mit dem bestehenden System nicht möglich. Langfristig sollte deshalb die Auswechslung kleinerer Rücklaufschlammumpen erwogen werden. Die unregulierte Kreislaufschlammpumpe zur Rezirkulierung des nitrifizierten Abwassers sollte messregelungstechnisch angepasst werden. Hierdurch könnte die geförderte Menge um geschätzte 20 % gesenkt werden. Gleiches gilt für die Reduktion des Energiebedarfs. Der Energiebedarf für die Rührwerke in den verschiedenen Becken der Belebung mit 4,5 kWh/(EW·a) liegt deutlich über dem angepassten Idealwert (3,5 kWh/(EW·a)). Wie der Kennzahlenvergleich offenlegt, liegt hier das meiste Optimierungspotenzial im Denitrifikationsbecken vor. Auf 2.280 m<sup>3</sup> Beckenvolumen werden rd. 7,8 kW Wirkleistung bezogen. Dies entspricht einer spez. Leistung je Denitrifikationsvolumen von 3,4 W/m<sup>3</sup>. Je nach Geometrie und Beckengröße kann eine der Richtgröße von

1,5 bis 3,5 W/m<sup>3</sup> herangezogen werden. Diese recht breit angesetzte volumenspezifische Kenngröße lässt ein Einsparpotenzial vermuten, das aufgrund der geometrischen komplexen Randbedingungen (ein Rundbecken, zwei Ringbecken) in Abschnitt 5.4.1 näher dargestellt wird.

Durch den Wechsel von Oberflächen- zu Druckbelüftung und einer weiterhin bedarfsgerechten Belüftung kann aus energetischer Sicht der Bedarf für die Belüftung um bis zu 145.000 kWh/a gesenkt werden. (von 435.000 auf 290.000 kWh/a). Dies repräsentiert einen spez. Verbrauch von 10,0 kWh/(EW·a). Andere Energiestudien (siehe Abbildung 15) und der Orientierungswert nach A 216 legen offen, dass die Spanne 6 bis 10 kWh/(EW·a) eine realistische Zielgröße ist, wenn auf Druckbelüftung umgestellt wird. Der Referenzwert von 13,7 kWh/(EW·a) nach MURL würde ebenfalls deutlich unterschritten werden. Die Umrüstung auf Druckbelüftung stellt einen erheblichen Investitionsbedarf dar, aufgrund der bereits sehr betriebsoptimierten Oberflächenbelüftung könnte sich eine Umstellung des Belüftungsverfahrens als nicht wirtschaftlich darstellen.

Würden alle oben genannten Optimierungspotenziale vollständig ausgeschöpft werden, kann der Energiebedarf der Belebung von 704.000 kWh/a auf bis zu 471.000 kWh/a um rund ein Drittel reduziert werden. Dies entspräche einem spezifischen Energiebedarf von 16,2 kWh/(EW·a) für die ganze Belebungsstufe. Damit wäre der MURL-Idealwert von 19 kWh/(EW·a) unterschritten. Durch die Ausrüstung des Sandfanges mit einem Frequenzumrichter ließen sich mit 12.500 kWh/a weitere Einsparungen herbeiführen.

## **4.2 Nutzung klimaneutraler Energieressourcen**

### **4.2.1 Überblick**

Um den Strombezug aus dem öffentlichen Versorgungsnetz im Sinne des Klimaschutzes weiter zu reduzieren, bietet sich auf Kläranlagen auch die Nutzung klimaneutraler Energieressourcen an. Grundsätzlich kommen folgende Ressourcen in Frage:

- Solare Strahlungsenergie
- Wasserkraft
- Biogas aus organischen flüssigen Reststoffen
- Klärgas aus Primär- und Überschussschlamm
- Windkraft

Primär- und Überschussschlamm wird bei Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von über 36.500 EW in der Regel als Teil der Schlammbehandlung wie auch auf der KA Empede genutzt. Zusätzlich als Co-Vergärungskonzept können flüssige organische Reststoffe in der Schlammfäulung zur Steigerung des Gasertrags mitverwertet werden, wenn es die Kapazität des Faulturmes erlaubt und die Schlammbehandlung dadurch nicht beeinträchtigt wird.

Für das vorliegende Klimaschutzteilkonzept wird die Co-Vergärung organischer Reststoffe für die KA Empede näher betrachtet, das Nutzungspotenzial solarer Strahlungsenergie mittels Photovoltaikanlagen auf der KA Empede und Helstorf dargestellt und die genehmigungsrechtliche Situation für die Nutzung für Windkraft überprüft.

## 4.2.2 Solare Strahlungsenergie

Unabhängig von diesem vorliegenden Klimaschutzteilkonzept wurde in einer parallel durchgeführten Untersuchung die Machbarkeit für die Errichtung von Photovoltaikanlagen geprüft (MUTING [6]). Grundlage der Wirtschaftlichkeitsberechnung ist die Reduzierung des EVU-Bezugs durch die Erhöhung der Eigenstromerzeugung, da die EEG-Einspeisevergütungen mittlerweile unter den Strombezugskosten liegen. Eine Einspeisung ins EVU-Netz sollte aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten vermieden werden.

### KA Empede:

Im Ergebnis der Untersuchungen konnten für die Errichtung einer Photovoltaikanlage auf den Dachflächen der Betriebsgebäude keine sinnvollen Flächen festgestellt werden, da der Montageaufwand zu aufwändig ist. Ausreichend Platz für eine Freiflächenanlage (5.000 m<sup>2</sup>) süd-westlichen im betriebseigenen Kläranlagengelände ist vorhanden.

Durch die Errichtung einer Freiflächenanlage wird eine mögliche Energieerzeugung von ca. 145.000 kWh/a prognostiziert. Davon können laut Untersuchung rd. 80 % für den Eigenverbrauch (rd. 116.000 kWh/a) genutzt werden. Bezogen auf den derzeitigen EVU-Bezug entspricht dies einer Senkung um 22 %. Diese Erzeugung von klimaneutralem Strom führt zu Emissionsminderungen von 66 t<sub>CO2</sub>/a (69 t<sub>CO2</sub>/a regional). Durch lastabhängige Steuerung könnte der Eigenverbrauchsanteil ggf. noch gesteigert werden. Trotzdem stellt sich die Installation einer Photovoltaik-Freiflächenanlage mit Investitionen von rd. 276.200 € laut der Untersuchung bereits als wirtschaftlich dar.

### KA Helstorf:

Gemäß den Untersuchungen ist für die KA Helstorf ebenfalls die Aufstellung einer Freiflächenanlage (ca. 2.000 m<sup>2</sup>) westlich des Kläranlagengeländes möglich. Die gesamte Energieerzeugung wird mit ca. 106.800 kWh/a angegeben. Davon kann jedoch nur rund die Hälfte für den Eigenverbrauch genutzt werden (ca. 57.000 kWh/a). Dies entspricht einer Senkung des EVU-Bezugs

um etwa ein Viertel. Durch die Erzeugung von klimaneutralem Strom können die Emissionen um 32 t<sub>CO2</sub>/a (34 t<sub>CO2</sub>/a regional) gesenkt werden. Trotz des geringen Eigenbedarfes stellen sich die erforderlichen Investition von 208.400 € laut der Studie als wirtschaftlich dar.

#### **4.2.3 Co-Vergärung flüssiger organischer Reststoffe**

Die Untersuchung der Schlammbehandlung hat gezeigt, dass die Faulzeit für den Faulturm ( $V_{\text{ges}}$ : 2.007 m<sup>3</sup>) bei einer mittleren Rohschlammbeschickung von 52 m<sup>3</sup>/d bei rd. 38 Tagen liegt. Saisonal schwankt die Faulzeit zwischen 28 und 50 Tagen. Ursprünglich ist bei der Auslegung des Faulturms die zusätzliche Annahme des Schlammes der umliegenden Kläranlagen Basse und Helstorf vorgesehen gewesen, deshalb steht ungenutzte Faulraumkapazität zur Verfügung. Aufgrund der hohen hydraulischen Kapazität, wird die Bemessungsgröße „Aufenthaltszeit“ für die Co-Vergärung nicht die Obergrenze für die zu behandelnde Menge an Fettschlämmen darstellen.

Zur Steigerung der guten Gasproduktion soll untersucht werden, wie viel flüssige organische Reststoffe in Form von Fettschlämmen auf der Kläranlage Empede zukünftig angenommen werden könnten. Bisher wurden diskontinuierlich ca. 275 m<sup>3</sup>/a Fettschlämme angenommen. Da bisher keine technischen Einrichtungen für die Annahme, Behandlung und Zuführung dieser Co-Substrate vorhanden sind, müssen diese im Detail geplant werden. Hierfür ist eine einfache Annahmestation vorgesehen. Derzeit werden die Fettschlämme über die Primärschlammleitung in den Faulturm eingetragen. Dies führt zu erheblichen Betriebsproblemen durch hartnäckige Ablagerungen in den Leitungen.

Um die Wirtschaftlichkeit der Faulturmbeschickung stichhaltig bewerten zu können, muss die Verfügung der erforderlichen Abfallstoffe als Substrat über Jahre gesichert sein.

Als Grundlage für die Ermittlung der vorhandenen Kapazität für die Annahme von Fettschlämmen wird als obere Grenze eine Klärgassteigerung von 40 %

bezogen auf die kommunale Klärgaserzeugung (655 m<sup>3</sup>/d) angenommen (+ 265 m<sup>3</sup>/d).

Für die Fettschlämme wird mit einem Abbaugrad von 99 % und Gasertrag von 1.100 l/kg oTR ausgegangen. Der TR-Gehalt ist aufgrund der hydraulischen Überkapazität zunächst von geringerer Bedeutung. Für die Kennwerte der anaeroben Schlammbehandlung sind die Labordaten in den Betriebsaufzeichnungen maßgebend:

#### **Organische Belastung der Faulung ohne Co-Vergärung:**

oTR-Fracht Primär (80%)- und Überschussschlamm (65%): 1.550 kg oTR/d

Organische Raumbelastung Faulung: 0,77 kg oTR/(m<sup>3</sup>·d)

Prognostizierter Gasertrag (425 l/o<sub>TRzu</sub>): 655 m<sup>3</sup>/d

#### **Organische Belastung mit zusätzlicher Annahme von Fettschlämmen:**

maximaler zusätzlicher Gasertrag: 265 m<sup>3</sup>/d

Gasertrag Fettschlamm: 1.100 l/o<sub>TRzu</sub>

erforderliche oTR-Gesamtfracht: 240 kg oTR/d

organische Gesamtfracht Faulung: 1.790 kg oTR/d

organische Raumbelastung Faulung: 0,9 kg oTR/(m<sup>3</sup>·d)

nicht zu hoch: < 2,0 kg oTR/(m<sup>3</sup>·d)

Prognostizierter Gasertrag mit Co-Vergärung 920 m<sup>3</sup>/d

Anhand der vorliegenden Betrachtungen ist von einer geringfügigen Verringerung der hydraulischen Verweilzeit auszugehen, da Fettschlämme erfahrungsgemäß einen TR-Gehalt von 25 % aufweisen und einen hohen Abbaugrad und Gasertrag besitzen (Fettzugabe: 1 m<sup>3</sup>/d). Die organische Raumbelastung steigt von 0,77 kg oTR/(m<sup>3</sup>·d) auf 0,9 kg oTR/(m<sup>3</sup>·d) und liegt damit deutlich unter dem kritischen Wert von 2 kg oTR/(m<sup>3</sup>·d). Es ist davon auszu-

gehen, dass der stabile Faulturmbetrieb unter den genannten Bedingungen weiterhin gewährleistet werden kann. Die Klärgasproduktion kann gegenüber dem derzeitigen mittleren Klärgasanfall aus der Schmutzfracht des Abwassers von 655 m<sup>3</sup>/d auf bis zu 920 m<sup>3</sup>/d deutlich gesteigert werden. Abzüglich der derzeit angenommenen Fette beträgt die Steigerung rd. 200 m<sup>3</sup>/d. Hieraus könnte das bestehende BHKW ( $\eta=31\%$ ) rd. 145.000 kWh/a mehr an klimaneutralem Strom erzeugen (82 t<sub>CO2</sub>/a; 86 t<sub>CO2</sub>/a regional). Da die erzeugte Energiemenge nicht über dem Bedarf der Kläranlage liegen wird, werden die wirtschaftlichen Einsparungen durch den geringeren EVU-Bezug bei 28.400 €/a liegen. Eine Steigerung des Klärgasertrages um bis zu 60 % (225.000 kWh/a mehr an erneuerbarem Strom) scheint ebenfalls möglich, da weder die hydraulische und organische Belastung sowie die Kapazität des BHKWs, wie die zuvor aufgeführte Berechnung darlegt, ausgeschöpft sind.

#### Wirtschaftlichkeitsberechnung

In der Tabelle 19 sind die Kosten für die Anlagenteile zur Realisierung der Co-Vergärung der organischen Reststoffe aufgeführt.

**Tabelle 19: Zusammenstellung der brutto Kosten für eine Annahmestation**

Bautechnik	Maschinentechnik	EMSR-Technik	Gesamt
65.000	155.000	50.000	<b>270.000</b>
			<b>270.000</b>

Insgesamt wird für die technische Ausrüstung 270.000 € veranschlagt. Demgegenüber steht eine mögliche Investitionssumme von 330.000 € (Abschreibung 15 Jahre). Demnach liegt finanzieller Spielraum von rd. 60.000 € vor. Finanzielle und auch betriebliche Unsicherheiten, die im Rahmen dieser Studie nicht weiter vertieft werden können, ergeben sich aus den Kosten für die Beschaffung von Substrat, den Einfluss auf die Entwässerbarkeit des Faulschlammes und die landwirtschaftliche Entsorgung. Womöglich wird noch mehr Strom erzeugt, da das BHKW auf einer höheren Leistungsstufe betrieben werden könnte. Auch der Einfluss der Rückbelastung durch weitergehen-

de N-Frachten und Schaumbildung darf nicht außer Acht gelassen werden. Die genehmigungsrechtliche Situation muss je nach Substrat überprüft werden. Es wird empfohlen, eine weitergehende detaillierte Studie zur Wirtschaftlichkeit einer Co-Vergärung durchführen zu lassen. In einer solchen Studie können diese Aspekte genauer berücksichtigt werden.

#### **4.2.4 Windkraft**

Für die Wirtschaftlichkeitsprüfung der Windenergienutzung wird die Installation einer kleinstmöglichen am Markt verfügbaren 800 kW Windenergieanlage (WEA) betrachtet. Da in der Region Neustadt a. Rbge zahlreiche Windvorranggebiete ausgewiesen sind, muss der erzeugte Strom zu 50 Prozent auf der Kläranlage genutzt werden, um eine Genehmigung außerhalb der Windvorranggebiete zu erhalten. Grundlage hierfür stellt der absolute Jahresverbrauch des EVU-Bezugs dar.

Unter Berücksichtigung der Anlagenverfügbarkeit sowie der Umwandlungs- und Leitungsverluste resultiert vor der Einspeisung ins Kläranlagensystem oder ins öffentliche Netz ein geschätzter Stromertrag von rd. 1.328.900 kWh/a. Demgegenüber wird von der Kläranlage Empede laut Auswertung des Elektroenergieverbrauchs aus dem öffentlichen Stromnetz rd. 522.140 kWh/ bezogen. Die produzierte Strommenge kann theoretisch nur zu 39 % auf der Kläranlage genutzt werden. Damit ist die Grundvoraussetzung für die Genehmigung nicht erfüllt.

Allenfalls wäre der Einsatz von Kleinwindenergieanlagen (< 5 kW) genehmigungsfähig, deren Windertrag am Standort der Kläranlage aber als geringfügig und deren Errichtung damit als unwirtschaftlich angesehen werden muss.

## **5 Maßnahmen**

### **5.1 Überblick**

Im Folgenden werden verschiedene Maßnahmen zur weiteren Verbesserung der Energie- und Klimabilanz auf den Kläranlagen des ABN dargestellt. Dabei werden die Maßnahmen in vier Kategorien unterteilt: „Durchgeführte Maßnahmen“, „Sofortmaßnahmen“, „Kurzfristige Maßnahmen“ und „Abhängige Maßnahmen“. Durchgeführte Maßnahmen (D) sind bereits betriebsbedingt während der Ausarbeitung der Studie vollzogen worden oder in Planung und sind nicht auf Anraten dieses Klimaschutzteilkonzeptes veranlasst worden. Da sie in der energetischen Betrachtung noch nicht berücksichtigt werden konnten, ist eine Bewertung hinsichtlich Energieeinsparungen im Rahmen dieser Ausarbeitung sinnvoll. Sofortmaßnahmen (S) sind sehr rentabel, haben geringe Investitionen und können aufgrund der technischen und betrieblichen Randbedingungen und den Anforderungen an die Reinigungsqualität sofort realisiert werden. Der Realisierungshorizont liegt bei höchstens 2 Jahren. Kurzfristige Maßnahmen (K) sind insgesamt wirtschaftlich, sie sind aber mit entsprechenden Investitionen verknüpft und müssen deshalb zunächst in einer detaillierten Planung näher untersucht werden. Der Realisierungshorizont liegt bei 2 - 5 Jahren. Abhängige Maßnahmen (A) sind an bestimmte Bedingungen geknüpft. So ist es z.B. erst sinnvoll, einen hocheffizienten Motor nach dem altersbedingten Ersatz des bestehenden Motors, d.h. nach Ablauf der Nutzungsdauer einzusetzen. Abhängige Maßnahmen können vielfach erst mittel- oder langfristig realisiert werden. Der Realisierungshorizont liegt bei 1-10 Jahren. Zur Berechnung der Einsparpotenziale wird der Brutto-Strompreis von 19,3 ct./kWh (2010/2011) angesetzt.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einzelner Maßnahmen werden die Ansätze aus den Leitlinien zur Durchführung von dynamischer Kostenvergleichsrechnung (KVR-Leitlinien) herangezogen. Für zukunftsorientierte Vorschau-rechnungen wird ein nominaler Zinssatz von 4,5 % p.a. festgelegt. Für die Maschinen- und Elektrotechnik werden 12 bzw. 15 ggf. auch 20 Jahre angesetzt. Mit dem dazugehörigen Annuitätsfaktor kann die mögliche Investitionssumme

im Rahmen einer Investitionsrechnung auf Basis gleichbleibender regelmäßiger Energieeinsparungen ermittelt werden.

## 5.2 Durchgeführte Maßnahmen (D)

### 5.2.1 D 1: Austausch Belüfterelemente KA Basse

In den Belebungsbecken der KA Basse sind in den beiden Hauptbelebungsbecken (Einblastiefe 4 m) Rohrbelüfter unterschiedlichen Membranmaterials installiert. Während im Belebungsbecken I Silikonbelüfter mit einem Gegen- druck von 480 mbar betrieben werden, sind im Belebungsbecken II EPDM- Rohrbelüfter untergebracht. In den letzten drei Betriebsjahren wurde ein Druckanstieg von 380 auf 460 mbar beobachtet.

Anstelle der Rohrbelüfter ist der Austausch mit Streifen-Plattenbelüfter für das Jahr 2013 vorgesehen. Da der Austausch bei Vollendung dieser Studie noch nicht abgeschlossen ist, liegen keine Betriebsdaten vor. Deshalb werden die geschätzten Einsparungen anhand des folgenden Diagrammes ermittelt:

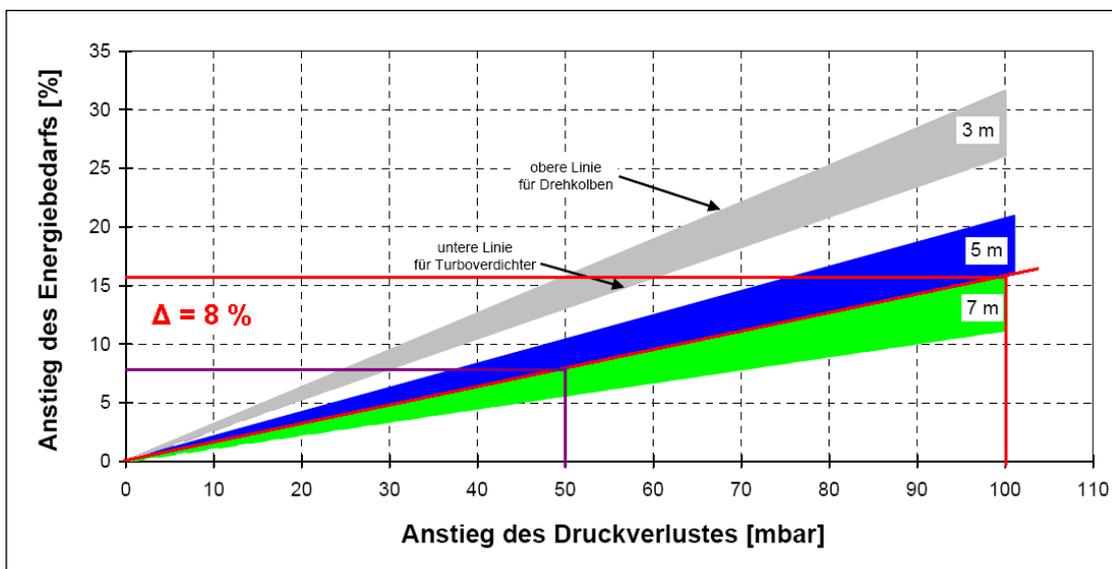


Abbildung 21: Ermittlung der Energieeinsparungen durch Minderung der Druckverluste von Eintragungssystemen in Abhängigkeit der Wassertiefe und Verdichtertyp (Wagner u. Looch [4]; bearbeitet)

Ausgehend von einer Verringerung des Belüfterdruckverlustes um 50 mbar wird von einer Reduktion des Energieverbrauchs der Belüftung von 8 % ausgegangen (siehe Abbildung 21). Folglich kann der jährliche Energiebedarf der

Belüftung von 179.100 auf 165.000 kWh/a um 14.000 kWh/a gesenkt werden. Dementsprechend werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen um rd. 8 t<sub>CO2</sub> pro Jahr reduziert (8,4 t<sub>CO2</sub>/a regional). Damit wäre der spez. Idealwert von 13,7 kWh/(EW-a) erreicht und jährlich 2.700 €/a eingespart.

### 5.2.2 D 2: Austausch Belüfterelemente KA Helstorf

Auch der Austausch der 15 Jahre alten Tellerbelüfter an der Beckensohle (4,5 m) der Belebungsbecken der KA Helstorf ist bereits durchgeführt. Während bei diesem Eintragungssystem altersbedingt keine Druckverluste aufgetreten sind, ist bei den Tellerbelüftern durch die Versprödung des Materials mit einem Anstieg der Blasengröße der eingetragenen Druckluft zu rechnen. Hier zeichnet sich ein Mehrverbrauch durch die schlechtere Effizienz des Sauerstoffeintrages ab.

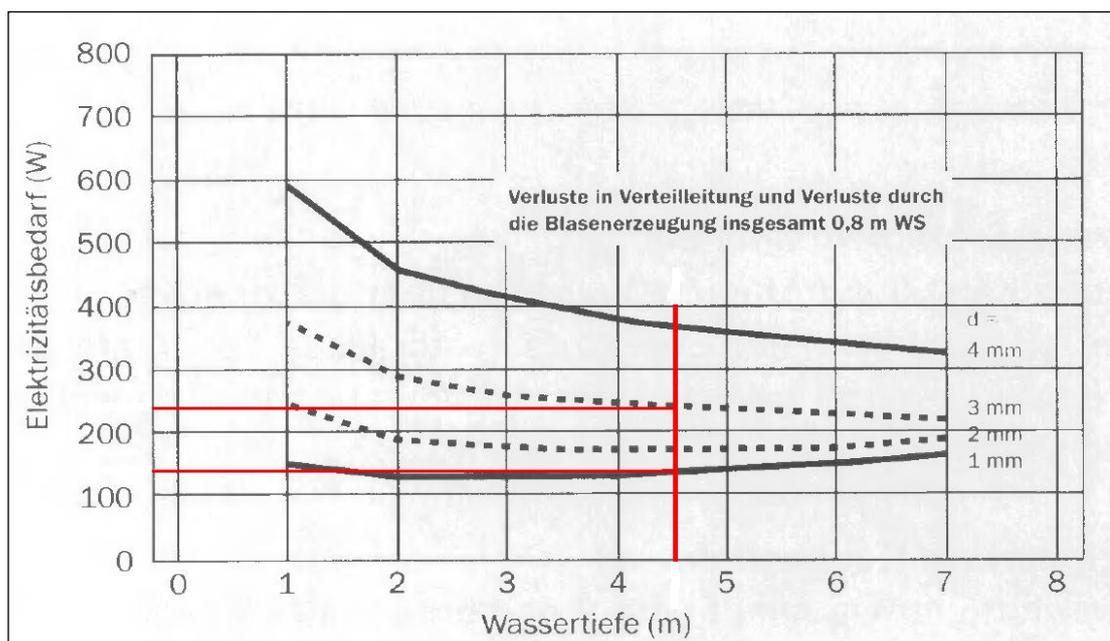


Abbildung 22: Erforderlicher spez. Leistungsbedarf für den Eintrag von 1 kgO<sub>2</sub> bei verschiedenen Blasengrößen und Beckentiefen (Energie in ARA [3]; angepasst für KA Helstorf)

Dieser Zusammenhang ist in der Abbildung 22 gegenübergestellt. Angenommen die Blasengröße kann durch den Austausch der Belüfterelemente von 3 mm auf 1 mm reduziert werden, so werden bei einer Beckentiefe von 4,5 m statt 240 W nur 140 W je Kilogramm Sauerstoff benötigt. Dies entspricht einer Reduktion von über 50 %. Da über die Blasengröße keine genauen Kenntnis-

se vorliegen, wird der energetische Effekt auf die Belüftungsenergie durch den Austausch der Belüfter mit 25 % abgeschätzt. Demnach kann der jährliche Energiebedarf der Belüftung von 76.700 kWh/a auf 57.500 um 19.000 kWh/a gesenkt werden. Folglich werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen um rd. 11 t<sub>CO2</sub> pro Jahr gesenkt (11,5 t<sub>CO2</sub>/a regional). Energetisch wäre der spez. Idealwert von 13,7 kWh/(EW·a) mit 9,6 kWh/(EW·a) deutlich unterschritten und jährlich 3.750 €/a eingespart. Inwiefern diese Einsparungen aufgrund der Unsicherheitsfaktoren eintreten, müsste in der Erfolgskontrolle dokumentiert werden.

### 5.3 Sofortmaßnahmen (S)

#### 5.3.1 S 1: Ausrüstung Sandfang mit einem FU

Die Sandfanggebläse weisen im Vergleich zu den Referenzwerten gemäß MURL-Handbuch einen deutlich erhöhten Stromverbrauch auf (41.600 kWh/a; 1,4 kWh/EW·a). Da die Gebläse des Sandfanges (V= 78 m<sup>3</sup>) nicht mit einem Frequenzumrichter ausgerüstet sind, beträgt der spez. Lufteintrag des Sandfanges 4,6 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>·h) (360 m<sup>3</sup>/h laut Datenblatt Gebläse).

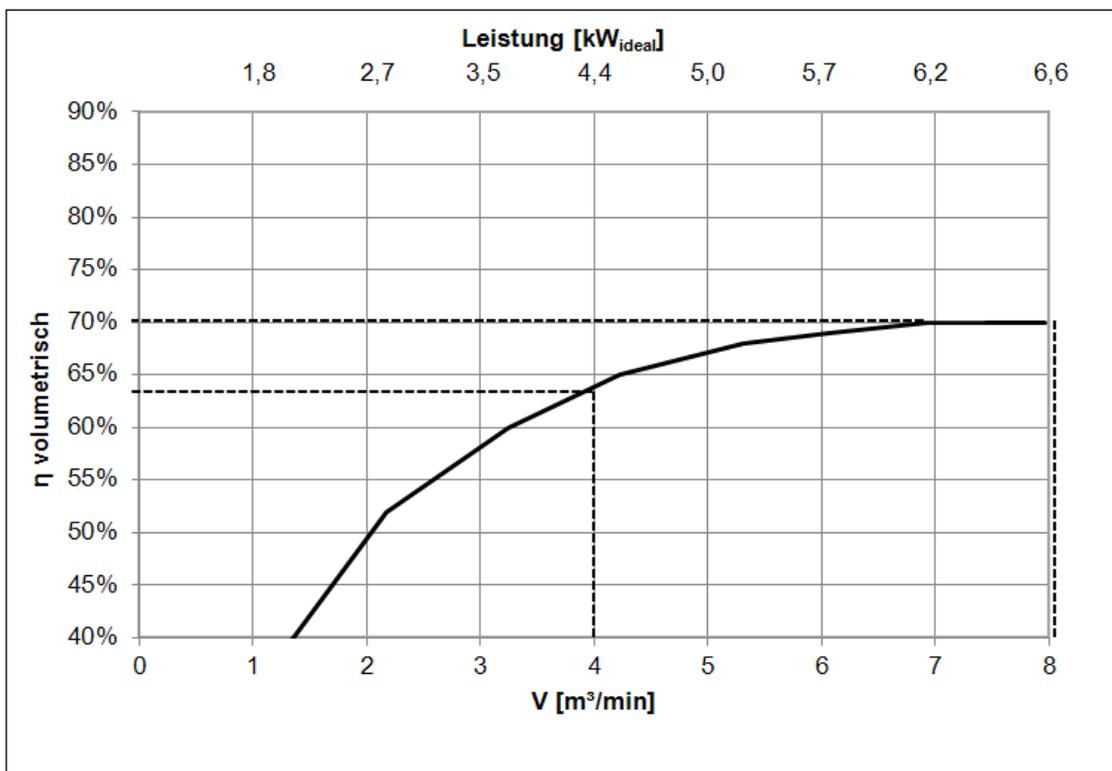


Abbildung 23: Leistungsbild Gebläse

Da ein spezifischer Lufteintrag von  $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^3\cdot\text{h}$  ausreicht, sollte überprüft werden, ob der Lufteintrag deutlich reduziert werden kann. Dazu wären die bestehenden Sandfanggebläse mit einem Frequenzumrichter auszurüsten, so dass der Lufteintrag eingestellt werden kann. Im Betrieb müsste erprobt werden, inwieweit der Lufteintrag tatsächlich reduziert werden kann. Der Lufteintrag kann solange reduziert werden, bis der organische Anteil im ausgetragenen Sand merklich ansteigt.

Anhand der Abbildung 23 ist das mögliche Einsparpotenzial illustriert. Die bezogene Wirkleistung kann um 30 % reduziert werden, während der volumetrische Wirkungsgrad um lediglich 7 % abnimmt. Bei einem derzeitigen Stromverbrauch der Gebläse von rd. 41.600 kWh/a, ist ein Einsparpotenzial von ca. 12.500 kWh/a vorhanden (2.400 €/a). Die  $\text{CO}_2$ -Emissionen können um rd. 7  $\text{t}_{\text{CO}_2}$  pro Jahr gesenkt (7,3  $\text{t}_{\text{CO}_2}/\text{a}$  regional) werden. Unter Berücksichtigung einer Abschreibungszeit von 15 Jahren und einem nominalem Zinssatz von 4,5 % ergibt sich daraus eine mögliche Brutto-Investitionssumme von 27.400 €. Demgegenüber stehen Investitionen von geschätzten 7.000 € brutto. Diese Maßnahme ist sowohl wirtschaftlich als auch energetisch zu empfehlen.

## **5.4 Kurzfristige Maßnahmen (K)**

### **5.4.1 K 1: Austausch Rührwerke Denitrifikation**

Wie der Kennzahlenvergleich und die Potenzialanalyse offenlegen, werden im vorgeschalteten DENI-Becken auf  $2.280 \text{ m}^3$  rd. 7,8 kW Wirkleistung eingetragen. Dies entspricht einer spez. Leistung von  $3,4 \text{ W}/\text{m}^3$ . Je nach Geometrie und Beckengröße kann eine der Richtgröße von 1,5 bis  $2,5 \text{ W}/\text{m}^3$  herangezogen werden A 216 [1]. Inwiefern dieses Potenzial im Bestand durch die spezielle runde Bauform des Beckens mit Trennwänden ausgeschöpft werden kann, ist schwer zu ermitteln (siehe Abbildung 24). Die energetisch ungünstige Bauform des Denitrifikationsbeckens ist der Stilllegung der biologischen Phosphorelimination geschuldet. Ein gesichertes Erschließen der Einsparpotenziale ließe sich durch die Entfernung der Trennwände erreichen. Dies ist durch die Abdeckung des Beckens bautechnisch sehr aufwändig zu realisieren und nicht wirtschaftlich.

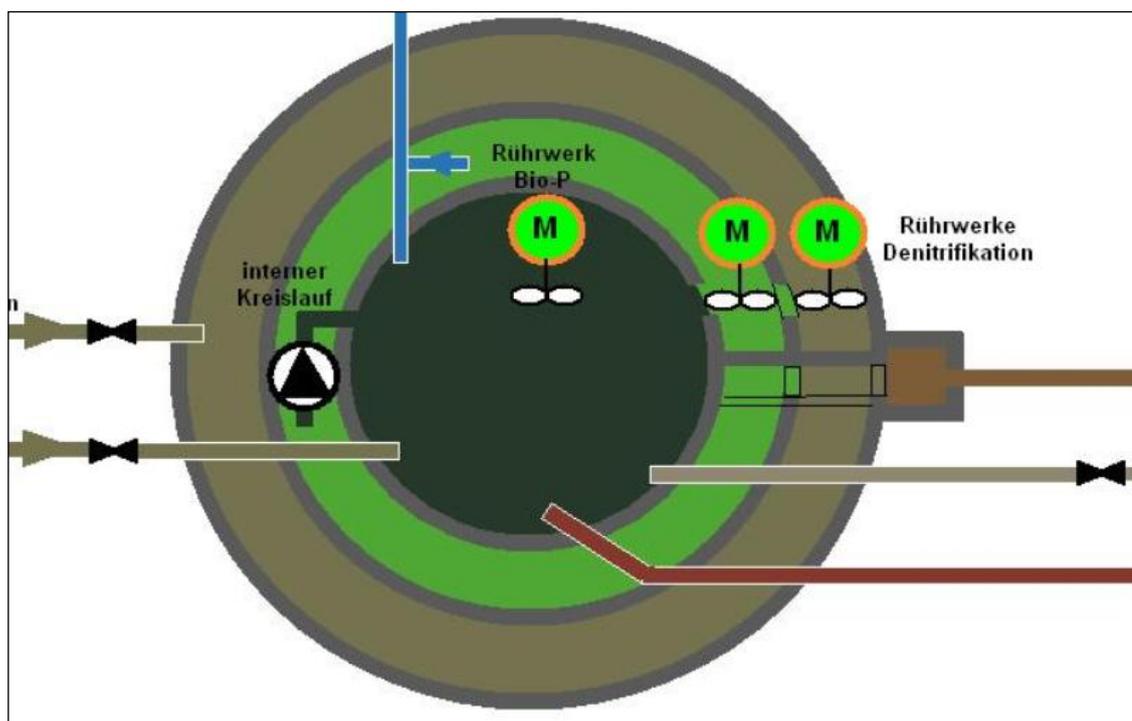


Abbildung 24: PLS-Ansicht der Rührwerke im Denitrifikationsbecken

Einen Ansatz zur Ermittlung des Einsparpotenzials bei Beibehaltung der Trennwände bietet die Gegenüberstellung in der Tabelle 20. Für das innenliegende großflügelige Rührwerk der Fa. Flygt (Bj. 1992) wird anhand der spez. Kenngröße von  $1,5 \text{ W/m}^3$  kein Optimierungspotenzial gesehen.

Tabelle 20: Daten der einzelnen Rührwerke im Denitrifikationsbecken

Bezeichnung	Leistung installiert	bezogene Wirkleistung	spez. Energie	Zielgröße A 216	Einsparpotenzial
	[kW]	[kW]	[W/m <sup>3</sup> ]	[W/m <sup>3</sup> ]	[kWh/a]
RW innen (V= 1.000 m <sup>3</sup> )	2,2	1,5	1,5	1,5	keines
RW mittel (V=360 m <sup>3</sup> )	5,50	3,6	10,2	2,5	20.000
RW außen (V=920 m <sup>3</sup> )	4,0	2,7	2,9	2,5	3.500
<b>Gesamt</b>		<b>7,8</b>	-	-	<b>23.500</b>

Ein Austausch würde sich durch das hohe Alter von 20 Jahren und der etwas besseren Effizienz (4 %) neuerer Motoren rechtfertigen. Die daraus resultierenden Einsparungen von geschätzten 600 kWh/a ergeben einen Kostenvorteil von 110 €/a. Wesentlich mehr Energie verbraucht das Rührwerk im mittleren Becken. Das schmale Ringbecken besitzt gegenüber dem kleinen Füllvolumen einen sehr hohen Wandflächenanteil, so dass ein großer Anteil der Energie durch die Oberflächenreibung verloren geht. Eine spez. Wirkleistung von 2,5 kW/m<sup>3</sup> müsste jedoch möglich sein. Mit einer prognostizierten Reduzierung der Energie von rd. 20.000 kWh/a können 3.850 €/a eingespart werden. Daraus resultiert eine mögliche Brutto-Investitionssumme von 57.000 €. Auch im äußeren Ringbecken sind die geometrischen Randbedingungen nicht optimal, so dass ein Einsparpotenzial von rd. 3.500 kWh/a gesehen wird. Aus den energetischen Einsparungen ergibt sich eine möglichen Brutto-Investitionssumme von 10.000 €.

Insgesamt ist aus allen Einsparungen eine mögliche Brutto-Investitionssumme von 69.000 € gegeben. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen könnten dadurch um rd. 13 t<sub>CO2</sub> pro Jahr gesenkt werden (13,6 t<sub>CO2</sub>/a regional).

Demgegenüber stehen Investitionen für Frequenzumrichter und neue Rührwerke von geschätzten 39.000 € brutto. Diese Maßnahme ist sowohl wirtschaftlich als auch energetisch zu empfehlen. Aufgrund der komplexen Geometrie der Becken, sollten die prognostizierten Einsparungen mit Testrührwerken verifiziert werden.

#### 5.4.2 K 2: Mittelfristige Erneuerung Gebläse KA Basse

Für den Sauerstoffeintrag in die Belebung stehen auf der KA Basse insgesamt vier Drehkolbengebläse für die Druckluftherzeugung zur Verfügung. Zwei Gma 12.6 (23 kW) und zwei Gma 10.2 Gebläse (13,5 kW). Davon werden beide Gma 12.6 dauerhaft bei nahezu Volllast betrieben. Laut Verbraucherliste beziehen die 34 Jahre alten Gebläse (Bj. 1978) rd. 179.100 kWh/a an Energie. Trotz der guten Ergebnisse des Kennzahlenvergleichs und des zuverlässigen Betriebes wird mittelfristig ein Austausch der Aggregate empfohlen.

In 34 Jahren Weiterentwicklung werden mittlerweile deutlich effizientere Aggregate zur Druckluftherzeugung angeboten. Neu auf dem Markt sind sogenannte Hybridverdichter (Fa. Aerzen) oder Schraubengebläse (Fa. Atlas Copco) sowie neue magnet- oder luftgelagerte Turboverdichter. Diese Aggregate unterscheiden sich stark in den Anschaffungskosten und der Effizienz. Die Turboverdichter kommen aufgrund des geringen Luftbedarfs für die Kläranlage Basse nicht in Frage. Die Schraubenverdichter sind erst ab Gegendrücken von über 600 mbar energetisch sinnvoll.

Vor dem Hintergrund einer mittlerweile 34-jährigen Laufzeit der Drehkolbengebläse werden für Gebläse der neueren Generation Energieeinsparung von 15 % angenommen. Somit ergibt sich folgendes Einsparpotenzial:

$$179.000 \text{ kWh/a} \cdot 0,15 = 26.850 \rightarrow \text{rd. } 26.500 \text{ kWh/a}$$

Mit dem Einsatz neuerer Aggregate zur Belüftung der Belebungsbecken kann der spez. Verbrauchswert auf bis zu 12,7 kWh/(EW·a) gesenkt werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen können um rd. 15 t<sub>CO2</sub> pro Jahr reduziert werden (15,7 t<sub>CO2</sub>/a regional). Pro Jahr werden rd. 5.100 €/a an Energiekosten eingespart. Aus den energetischen Einsparungen ergibt sich unter Berücksichtigung einer Abschreibungszeit von 20 Jahren und einem jährlichen nominalen Zinssatz von 4,5 Prozent eine mögliche Brutto-Investitionssumme von 75.000 €. Dieses Kapital reicht aus, um einen Austausch zweier Gebläse zu ermöglichen. Die Kosten für den Austausch der zwei dauerhaft laufenden Aggregate belaufen sich auf 60.000 € brutto. Das wirtschaftlich günstigste Aggregat sollte im Rahmen einer Ausschreibung ermittelt werden.

## 5.5 Abhängige Maßnahmen (A)

### 5.5.1 A 1: Austausch Rücklaufschlammumpfen

Der Bedarf für die Förderung des Rücklaufschlammes ist mit 2,4 kWh/(EW-a) gegenüber 0,6 kWh/(EW-a) laut MURL-Handbuch vierfach so hoch. Vier (davon i.d. Regel 2 gleichzeitig) großzügig dimensionierte Pumpen (5,5 bzw. 7,5 kW) fördern den Rücklaufschlamm ineffizient auf unterster Frequenzstufe mit einem mittleren Rückführverhältnis (RV) von 1,2. Je nach Zufluss variiert das RV durch die konstant geförderte Rücklaufschlammmenge zwischen 0,5 und 2,5 (siehe Abbildung 25).

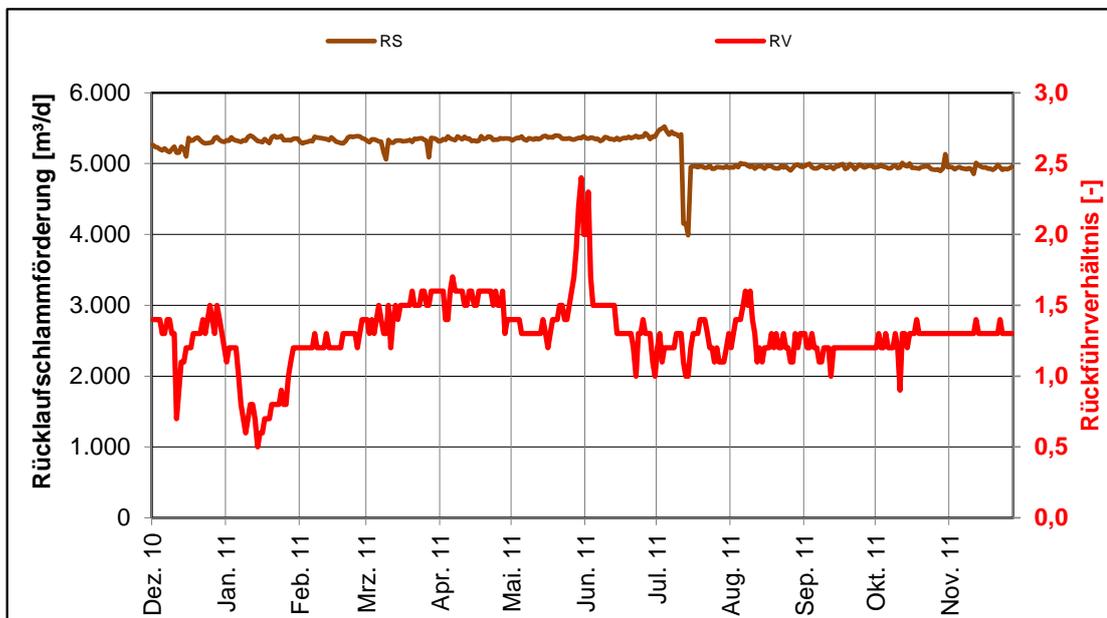


Abbildung 25: Rückführverhältnis des Rücklaufschlammes

Bezüglich der gesamten geförderten Menge über eine geschätzte Höhe von zwei Metern beträgt der Wirkungsgrad nur 24 %. Ein verbesserter Betrieb mit einem Wirkungsgrad von 57 % (A 216) sollte angestrebt werden.

Durch den Austausch der Rücklaufschlammumpfen müssten bestenfalls nur 22.000 kWh/a für die Hebung des Rücklaufschlammes aufgebracht werden (statt 70.000 kWh/a). Dies entspricht einer Senkung der bezogenen Energie um rd. 48.000 kWh/a. Wirtschaftlich resultiert hieraus ein Kostenvorteil von 9.250 €/a. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um rd. 37 t<sub>CO2</sub> pro Jahr gesenkt (38,8 t<sub>CO2</sub>/a regional).

Unter Berücksichtigung einer Abschreibungszeit von 20 Jahren und einem jährlichem Nominalzinssatz von 4,5 % ergibt sich daraus eine mögliche Brutto-Investitionssumme von 137.000 €. Demgegenüber stehen Investitionen von geschätzten 24.000 bis 32.000 € brutto. Dies ist davon abhängig, ob die Frequenzumrichter ebenfalls nachgerüstet werden müssten. Diese Maßnahme ist sowohl wirtschaftlich als auch energetisch zu empfehlen. Auch betriebstechnisch gesehen kann durch die Reduzierung der Schlammrückführung der Sauerstoffeintrag in die Denitrifikation vermieden werden. Allerdings ist die Maßnahme insbesondere von der hydraulischen Bemessung hinsichtlich der vier funktionellen Zonen des NKB abhängig. Diese müssen bei allen Zulaufbedingungen gegeben sein. Die derzeitige Bemessung liegt der hydraulischen Datenerhebung von 2002/03 aus dem Entwurf von 2004 zu Grunde ( $Q_{h,RW}=662 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Gemessen an der derzeitigen mittleren Durchflussmenge von  $175 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $4.200 \text{ m}^3/\text{d}$ ) ist dies eine 3,8 fache Kapazität. Wie die Untersuchungen der Zuflussmengen in Abschnitt 2.4.1 aufzeigen, ist dies insbesondere auf umfangreiche Kanalsanierungsmaßnahmen zurückzuführen.

### **5.5.2 A 2: KA Empede: Regelung Rezirkulation**

Wie aus der Potenzialanalyse hervorgeht, wird für die unregelte Rückförderung des nitrifizierten Abwassers (Rezirkulation) rund 54.100 kWh/a an Energie verbraucht. Die Regelung der Pumpenleistung soll in Abhängigkeit der Nitratkonzentration erfolgen. Diese wird im Ablauf der jeweiligen Nitrifikationszone von einer Nitratsonde erfasst und an die SPS übergeben. Eine Kopplung zu den Zulaufmengen wäre hilfreich, jedoch besitzt die Kläranlage nur eine Abflussmessung. Die Einsparungen durch eine bedarfsgerechte Regelung der Rezirkulation sind schwer zu ermitteln. Da während der Schwachlastzeiten bedeutend weniger Ammonium nitrifiziert wird, ist auch einer Rezirkulation des nitrifizierten Abwassers nicht erforderlich. Grundsätzlich kann von einer energetischen Einsparung von rd. 20 % ausgegangen werden (10.800 kWh/a). Hieraus kann ein jährlicher Kostenvorteil von 2.100 € entstehen. Dementsprechend werden die  $\text{CO}_2$ -Emissionen um rd. 6  $\text{t}_{\text{CO}_2}$  pro Jahr reduziert (6,3  $\text{t}_{\text{CO}_2}/\text{a}$  regional).

Unter Berücksichtigung einer Abschreibungszeit von 12 Jahren und einem jährlichem Nominalzinssatz von 4,5 % ergibt sich daraus eine mögliche Brutto-Investitionssumme von 21.000 €. Demgegenüber sind bereits Investitionen von geschätzten 24.000 € brutto für lediglich zwei Nitratmesssonden erforderlich. Weitere Investitionen für einen Frequenzumrichter, die EMSR-Technik und die Planungsleistung können mit den Einsparungen nicht gedeckt werden. Diese Maßnahme ist nur energetisch zu empfehlen, da sie sich aus wirtschaftlicher Sicht nicht rentiert.

Da laut Betreiber die Rezirkulation der biologischen Stufe auf der Kläranlage Empede bei hoher Nitrifikationsleistung nicht ausreichend ist, um die Ablaufwerte bezüglich Nitrat niedrig zu halten, könnte aus Sicht der verbesserten Abwassereinigung eine Erhöhung der Kapazität in Erwägung gezogen werden. Dabei wäre die Implementierung einer bedarfsgerechten Steuerung dieser Pumpe gleichermaßen sinnvoll.

### 5.5.3 A 3: Umrüstung Druckbelüftung KA Empede

Derzeit wird für den Sauerstoffeintrag in das Belebungsbecken mit Oberflächenbelüftern rd. 435.300 kWh/a verbraucht. Mit modernen vollflächigen Druckluftsystemen kann mit Einsparungen von 25 % - 50 % gerechnet werden. Da die Oberflächenbelüftung sehr effizient betrieben wird und die Belebungsbecken wegen der bestehenden Oberflächenbelüftung sehr flach sind, ist das Einsparpotenzial bei der KA Empede geringer. Die geringe Beckentiefe wirkt sich wegen der geringen Aufstiegsstrecke der Luftblasen und des geringen hydrostatischen Druck ungünstig auf den Sauerstofftrag aus. Deshalb wird von einer Einsparung von 33 % ausgegangen. Dies entspricht der Referenzgröße aus A 216 von 10 kWh/(EW·a). Daraus ergibt sich folgendes energetisches Einsparpotenzial:

145.000 kWh/a      (28.000 €/a)      82 t<sub>CO2</sub> /a (86 t<sub>CO2</sub>/a regional)

Bei Nominalverzinsung mit 4,5 % p.a. und 12-jähriger Nutzungsdauer entspricht dies einer möglichen Brutto-Investitionssumme von rd. 278.000 €.

Für einen energieeffizienten Sauerstoffeintrag sollten die Belüfter mit einer möglichst geringen Luftbeaufschlagung betrieben werden, d. h. die effektive Belüftungsfläche sollte ca. 20-25% des Nitrifikationsbereichs belegen. Bei 1.520 m<sup>2</sup> Grundfläche werden anstelle der Oberflächenbelüfter in Belebungsbecken I und II ca. 190 Plattenbelüfter je 2 m<sup>2</sup> Belüftungsfläche erforderlich. Dies ist aufgrund der flachen Becken eine besonders hohe Anzahl. Die maschinellen Kosten werden mit netto 1.400 € pro Platte inkl. Demontagen, Montagen und Anpassungsarbeiten an den Luftleitungen veranschlagt. Des Weiteren werden für die Neuanschaffung der Gebläse 150.000 € angesetzt.

Die Baunebenkosten für Ingenieurleistungen, Sonderfachleute, Bodengutachten und Prüfgebühren werden pauschal mit 19 % der Investitionen berechnet:

#### Zusammenstellung der Investitionen (brutto)

Bauarbeiten	30.000,- €
Maschinenteknik	416.000,- €
<u>Elektrotechnik</u>	<u>50.000,- €</u>
Zwischensumme	496.000,- €
<u>Baunebenkosten</u>	<u>95.000,- €</u>
Nettoendsumme	591.000,- €
<u>19 % Mehrwertsteuer</u>	<u>112.290,- €</u>
<b>Bruttoendsumme</b>	<b>703.290,00 €</b>
	<b>ca. 704.000,00 €</b>

Die Investitionen für die Umrüstung der Belüftung werden mit brutto rd. 704.000 € berechnet. Demgegenüber steht eine mögliche Investitionssumme aus den Einsparungen von nur 278.000 €. Somit wäre die Maßnahme nur energetisch jedoch nicht wirtschaftlich sinnvoll. Dies ist in erster Linie auf die Bauform der flachen Belebungsbecken zurückzuführen. Jedoch ist auch durch die bereits sehr effizient betriebene Oberflächenbelüftung das Einsparpotenzial geringer.

## 5.6 Zusammenstellung der Maßnahmen

Abschließend sind in der Tabelle 21 alle wirtschaftlichen Maßnahmen zusammenfassend aufgelistet.

Tabelle 21: Zusammenstellung der Maßnahmen

	Maßnahme	Einsparung			Jährliche Kapitalkosten	Investitionen	Abschreibungszeit (Amortisation)
		Elektrische Energie	CO <sub>2</sub> Emissionen (regional)	Jährliche Einsparungen			
		[kWh/a]	[tCO <sub>2</sub> /a]	[€/a]			
<b>Nutzung klimaneutraler Ressourcen</b>							
	Co-Vergärung KA Empede	145.000	82 (86)	28.000	22.600	270.000	15 (12)
	Photovoltaik KA Empede und Helstorf	173.000	98 (103)	33.400	32.600	484.600	20 (19,5)
<b>Maßnahmen</b>							
<b>D1</b>	Erneuerung Belüfter KA Basse	14.000	8 (8,4)	2.700	-	-	-
<b>D2</b>	Erneuerung Belüfter KA Helstorf	19.000	11 (11,5)	3.700	-	-	-
<b>S1</b>	FU Sandfang KA Empede	12.500	7 (7,3)	2.400	600	7.000	15 (4)
<b>K1</b>	Rührwerke DENI KA Empede	29.000	13 (13,6)	5.600	4.650	39.000	20 (17)
<b>K2</b>	Gebläse KA Basse	26.500	15 (15,7)	5.100	4.000	60.000	20 (16)
<b>A1</b>	Austausch RLS- Pumpen KA Empede	48.000	27 (28,3)	9.250	2.150	32.000	20 (5)
	<b>Gesamt D1 bis A1</b>	<b>149.000</b>	<b>84 (89)</b>	<b>29.750</b>	<b>11.400</b>	<b>138.000</b>	<b>-</b>

Bei Umsetzung aller Energieeinsparmaßnahmen können insgesamt rd. 149.000 kWh/a des Elektroenergieverbrauchs auf allen drei Kläranlagen reduziert werden. Dies entspricht ca. 9 % des bisherigen Verbrauchs. Aufgrund der insgesamt guten Energiebilanz der Kläranlagen ist dieser Anteil verhältnismäßig gering. Durch die Nutzung klimaneutraler Ressourcen wie organische Reststoffe und solare Sonneneinstrahlung kann der EVU-Bezug um bis zu 318.000 kWh/a reduziert werden. Die meisten Maßnahmen sind auf der KA Empede durchzuführen. Während auf den anderen beiden Kläranlagen bereits Maßnahmen durchgeführt worden bzw. vorgesehen sind, kämen für die KA Basse nur noch der Austausch der älteren Gebläse in Frage. Auf die spez. Vergleichswerte wirken sich die empfohlenen Maßnahmen wie folgt aus:

**Tabelle 22: Energienachweise (gemäß MURL-Handbuch und A 216)**

KA Empede						
	IST-Zustand	Nach Realisierung der Maßnahmen			Richtwert	Idealwert
		S	S + K	S + K + A		
		[kWh/EW·a]				
<b>e<sub>ges</sub></b>	36,8	36,4	35,4	33,8	34	26
<b>e<sub>BB</sub></b>	24,3	-	22,9	16,2	25	19
<b>e<sub>B</sub></b>	15,0	-	-	-	16*	10**
<b>V<sub>e</sub></b>	50 %	51 %	52 %	55 %	50%	67%
KA Basse						
		D	D+K	-		
<b>e<sub>ges</sub></b>	36,4	27,6	25,2	-	40	31
<b>e<sub>BB</sub></b>	23,0	21,8	19,4	-	31	24
<b>e<sub>B</sub></b>	14,9	13,7	11,3	-	18*	12*
KA Helstorf						
<b>e<sub>ges</sub></b>	36,4	33,2	-	-	46	35
<b>e<sub>BB</sub></b>	25,3	22,1	-	-	36	28
<b>e<sub>B</sub></b>	12,8	9,6	-	-	18*	12*

\* anlagenspezifischer Wert ermittelt nach A 216

\*\* nur bei Druckbelüftung

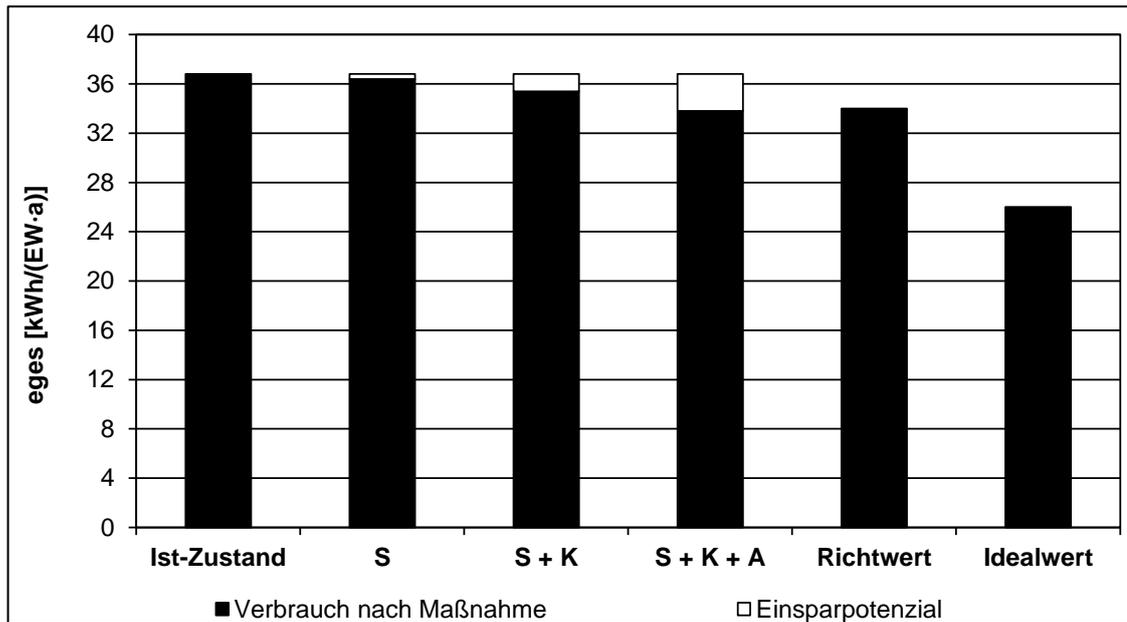


Abbildung 26: Bewertung der Maßnahmen je Klassifizierung (S, K, A)

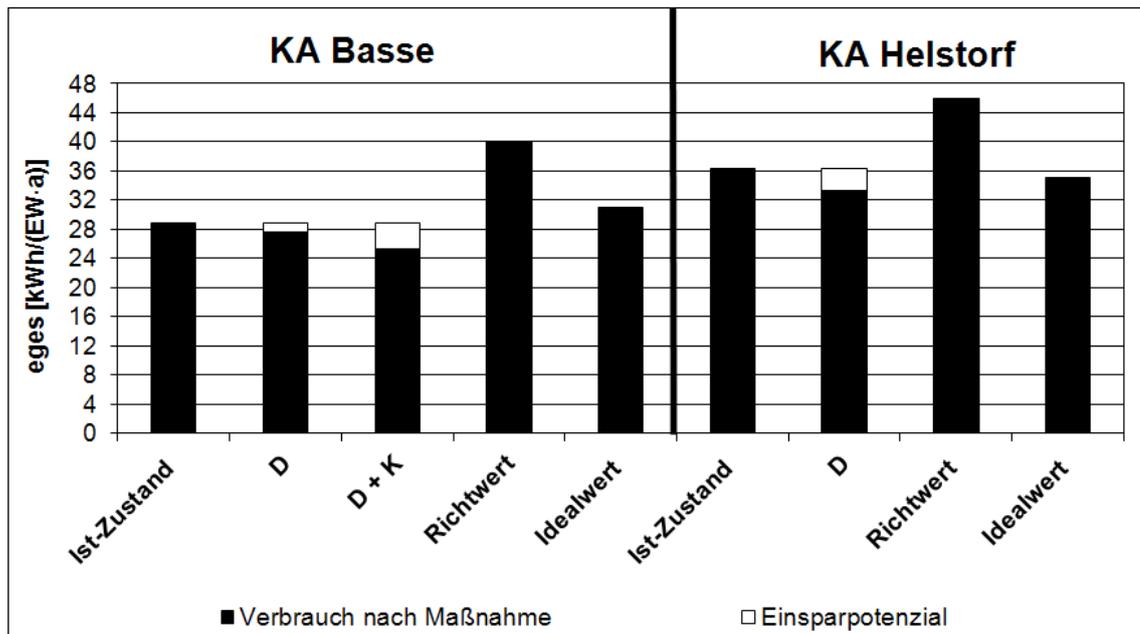


Abbildung 27: Bewertung der Maßnahmen je Klassifizierung (D, K)

Aus der Tabelle 22 und den Abbildungen 26 und 27 wird ersichtlich, dass die durchgeführten Maßnahmen und Sofortmaßnahmen einen geringen Einfluss auf den spezifischen Verbrauch haben. Dies liegt vor allem daran, dass insbesondere die beiden kleineren Anlagen bereits einen idealen Verbrauch aufweisen. Etwas deutlicher fallen die Einsparungen bei Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen aus. Der Richtwert der KA Empede kann dadurch erreicht werden. Der Idealwert lässt sich mit vertretbarem Aufwand nicht realisieren.

Eine energieautarke Abwasserbehandlung ohne die Nutzung externer klimaneutraler Energieressourcen bleibt dementsprechend eine Illusion.

## **6 Zusammenfassende Darstellung der erfolgten Akteursbeteiligung**

Anlässlich der Bestandsaufnahme hat eine Ortsbegehung auf der zu untersuchenden Anlage stattgefunden, anhand derer mit dem zuständigen Personal frühzeitig erste Ideen für mögliche Maßnahmen und Betriebsverbesserungen entwickelt wurden. Im Rahmen der Ausarbeitung des Klimaschutzteilkonzeptes und der Erstellung der energetischen Feinanalyse fand ein regelmäßiger Austausch mit den entsprechenden Ansprechpartnern für die Verwaltung und Überwachung des Kläranlagenbetriebes statt. Auf Basis der abgeschlossenen Energieanalyse wurden dem Kläranlagenbetreiber entwickelte Maßnahmen vorgestellt, weiterentwickelt und mögliche Hindernisse diskutiert.

## **7 Controlling-Konzept**

### **7.1 Erfassung der zukünftigen Energieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Das grundlegende Instrument für die Erfolgskontrolle der Energiesparmaßnahmen ist der sogenannte „Energiecheck“. Der Energiecheck umfasst die 6 wichtigsten energetischen Kenngrößen der Kläranlage (siehe Tabelle 23). Für die energetische Optimierung von Abwasserreinigungsanlagen ist die kontinuierliche Erfassung von energetischen Kenndaten notwendig. Durch Anwendung des Energiechecks wird eine schnelle und einfache Erfolgskontrolle der umgesetzten Maßnahmen gewährleistet sowie kontinuierliche Kontrolle des Energieverbrauchs ermöglicht. Es kann überprüft werden, ob eine umgesetzte Maßnahme zu der prognostizierten Energieeinsparung geführt hat. Insbesondere bei größeren Maßnahmen, die mit baulichen Veränderungen verbunden sind, bzw. die zu einem dauerhaft erhöhten betrieblichen Aufwand führen, kann es im Interesse eines wirtschaftlich handelnden Betriebes sein, die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme mit den aktuell ermittelten Einflussgrößen zu überprüfen. Des Weiteren wird der Arbeitsaufwand für zukünftige energetische Grob- und Feinanalysen erheblich vermindert.

**Tabelle 23: Übersicht der sechs Kennwerte des Energiechecks**

Bezeichnung		Nach EW <sub>CSB</sub>	Nach EW <sub>PW</sub>	
		(A 216)	(Plausibilitätswert)	
<b>KA Empede</b>				
<b>e<sub>ges</sub></b>	Gesamter spez. Energieverbrauch	30,4	36,8	[kWh/(EW·a)]
<b>e<sub>B</sub></b>	spez. Energieverbrauch Belüftung	12,4	15	[kWh/(EW·a)]
<b>N</b>	Grad der gesamten Faulgasumwandlung	100		[-]
<b>e<sub>FG</sub></b>	Einwohnerspezifische Faulgasproduktion	20,4	24,7	[I <sub>N</sub> /EW·d]
<b>V<sub>e</sub></b>	Eigenversorgungsgrad Elektrizität	48,7 %		[-]
<b>e<sub>ext</sub></b>	Spez. externer Wärmebezug	1,8	2,2	[kWh/(EW·a)]
<b>KA Basse</b>				
<b>e<sub>ges</sub></b>	Gesamter spez. Energieverbrauch	23,5	28,8	[kWh/(EW·a)]
<b>e<sub>B</sub></b>	spez. Energieverbrauch Belüftung	12,2	14,9	[kWh/(EW·a)]
<b>KA Helstorf</b>				
<b>e<sub>ges</sub></b>	Gesamter spez. Energieverbrauch	28,9	36,4	[kWh/(EW·a)]
<b>e<sub>B</sub></b>	spez. Energieverbrauch Belüftung	10,2	12,8	[kWh/(EW·a)]

Um den Energiecheck ausführen zu können und damit die Erfolgskontrolle zu gewährleisten, ist folgendes Controlling-Konzept anzuwenden:

- Gliederung der dokumentierten Verbräuche nach MURL Verbraucherliste
- Zeitplan für die Datenerfassung: Bildung von monatlichen Verbrauchswerten zur Ist-Analyse. Aufnahme der Daten über einen möglichst repräsentativen, nicht zu kurzen Vergleichszeitraum (Vorschlag: 12 Monate).
- Für die Vergleichbarkeit sind u.a. Faktoren wie die Zulaufbelastung, die klimatischen Randbedingungen und Betriebseinstellungen zu ermitteln.
- Datenerfassung zuverlässiger Fracht und Stoffströme für eine repräsentative Referenzgröße (daraus Bestimmung einer mittleren repräsentative Belastung in EW nach spezifischen Kennwerten gemäß DWA A-131, Leitparameter CSB)
- Der Vergleich aktueller Daten und Betriebszustände mit Zahlen aus zurückliegenden Jahren bzw. Ergebnissen der Energieanalyse

- Installation von Wirkenergiemessungen für Aggregate mit hoher Leistung (z.B. Belüftungsaggregate) bzw. repräsentative Bereiche der Abwasserreinigung (z.B. Orientierung an Gliederung nach MURL) und Einbindung von Energieverbrauchsmessungen in das Prozessleitsystem (PLS) der Kläranlage und die automatische Protokollierung
- Installation von Wärmemengenmessungen für relevante Bereiche (Erzeugung, Schlammwärmung, Gebäudebeheizung, Warmwasser, Notkühler)
- Bei Anlagen mit Druckbelüftung: Regelmäßige Überprüfung des Betriebsdrucks der Belüftung zur Feststellung von alterungsbedingten Energiemehrverbräuchen

Um den personellen Aufwand für das dargestellte Controlling möglichst gering zu halten, sollten die Messgrößen generell möglichst vollständig in das Prozessleitsystem eingebunden werden.

## 7.2 Überprüfung erreichter Klimaschutzziele

Das erstellte Klimaschutzteilkonzept „Klimafreundliche Abwasserbehandlung“ zielt darauf ab, den Klimaschutz und die Energieeinsparung in der kommunalen Abwasserreinigung und alle wasserrechtlichen und betriebsbedingten Anforderungen zu integrieren sowie konkrete Maßnahmen zur Erreichung der beschlossenen Klimaschutzziele zu benennen. Für die Kläranlagen des ABN Neustadt a. Rbge. wird nach Umsetzung aller Maßnahmen eine Reduzierung der Emissionen um 84 t<sub>CO2</sub> (89 t<sub>CO2</sub> regional) pro Jahr prognostiziert. Gegenüber den derzeitigen 614 t<sub>CO2</sub>/a (644 t<sub>CO2</sub>/a regional) entspricht dies einer Einsparung von rd. 14 %. Ein Überblick wird in nachfolgender Tabelle dargestellt:

**Tabelle 24: Einsparpotenzial von CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Energiesparmaßnahmen**

Bezeichnung	Emissionen	
	Einsparpotenzial bei Umsetzung aller Sofort- und kurzfristigen Maßnahmen (inkl. durchgeführter Maßnahmen)	54 (57 regional)
Einsparpotenzial bei Umsetzung <b>aller</b> Maßnahmen	84 (89 regional)	t <sub>CO2</sub> /a

Weitere jährliche Einsparungen von 109 t<sub>CO2</sub> (114 t<sub>CO2</sub> regional) wären durch Umsetzung nicht wirtschaftlicher Maßnahmen möglich. Durch die weitergehende Ausnutzung der Faulturnkapazität mit der Co-Vergärung von organischen Reststoffen und der Nutzung solarer Strahlungsenergie durch Photovoltaik-Freiflächenanlagen können durch Eigennutzung weitere 175 t<sub>CO2</sub>/a (189 t<sub>CO2</sub>/a regional) an Emissionen vermieden werden (siehe Tabelle 25).

**Tabelle 25: Einsparpotenzial von CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Nutzung klimaneutraler Ressourcen (regenerativer Energien)**

Bezeichnung	Emissionen	
	Co-Vergärung	82 (86 regional)
Solare Strahlungsenergie	93 (103 regional)	t <sub>CO2</sub> /a

Das vorgelegte Teilkonzept wird dazu beitragen, dass die von Deutschland eingegangenen internationalen Minderungsverpflichtungen im Klimaschutz (40% Minderung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020) erreicht werden können.

## 8 Vorschläge zur Umsetzung der Öffentlichkeitsarbeit

Um die erarbeiteten Ergebnisse des Klimaschutzteilkonzeptes der Bevölkerung bekannt zu machen, werden folgende Medien und Möglichkeiten vorgeschlagen, um die Öffentlichkeit an der Umsetzung und Realisierung der Maßnahmen teilnehmen zu lassen:

### Pressemitteilung oder Zeitungsinterviews

Pressemitteilungen oder Zeitungsinterviews sind eine zeitnahe Möglichkeit, um auf geplante Maßnahmen aufmerksam zu machen. Dabei können Verweise auf das Förderprogramm und Erläuterungen der geplanten Maßnahmen erwähnt werden. Bei der Darstellung konkreter Zahlen sollte auf die Allgemeinverständlichkeit geachtet werden.

### Präsentation im Internet

Des Weiteren sollte das Internet als weit verbreitete und leicht zugängliche Plattform genutzt werden, um die Öffentlichkeit über den Stand der umgesetzten Maßnahmen zu informieren. Eine Dokumentation der umgesetzten Maßnahmen sollte kontinuierlich auf der Homepage der Kommune oder der Kläranlage aktualisiert werden. Sinnvoll ist hier eine Visualisierung durch Illustrationen, Fließbilder und Zeichnungen.

### Veranstaltungen

Informationsveranstaltungen sollten genutzt werden, um Vorhaben und geplante Maßnahmen vorzustellen. Insbesondere können Tage der offenen Tür für diese Zwecke genutzt werden. Darüber hinaus sollten die an der Umsetzung der Maßnahmen beteiligten Partner mit eingebunden werden.

### Aushänge

An zentraler Stelle mit regelmäßigem Publikumsverkehr (Rathaus, Bücherei) kann das Vorhaben als „Ausstellung“ vorgestellt werden. Ein Text informiert über das grundsätzliche Vorhaben und die erreichten Verbesserungen. Als Basis kann hier der Text von der Pressemitteilung dienen.

### Öffentlicher Abschluss des Vorhabens

Ebenso wie der Beginn kann natürlich auch der Abschluss des Projekts bzw. die Umsetzung der geplanten Maßnahmen im Rahmen einer öffentlichen Veranstaltung gewürdigt werden. Dazu eignet sich insbesondere die Einweihung bzw. offizielle Inbetriebnahme der umgesetzten Maßnahme. Hier kann auf die gesamte Entwicklung zurückgeblickt werden oder es können „besondere“ Bau- bzw. Arbeitsphasen Erwähnung finden. Insgesamt ist eine abschließende Bilanz zu ziehen. Für eine anschauliche Präsentation der Ergebnisse ist es zu empfehlen, die gesamte Projektzeit kontinuierlich anhand von Fotos oder ähnlichem wie auch schon im Internet zu dokumentieren.

## 9 Zusammenfassung

Die von dem Abwasserbehandlungsbetrieb Neustadt am Rügenberge - ABN betriebenen Kläranlagen sind auf unterschiedlichen Ausbaugrößen von 36.500 EW (Empede), 15.000 EW (Basse) und 10.000 EW (Helstorf) ausgelegt. Die mittlere Belastung der Kläranlagen wurde im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimafreundliche Abwasserbehandlung“ auf Basis einer Plausibilitätsanalyse auf 29.000, 12.000 und 6.000 EW<sub>PW</sub> festgelegt.

Der Gesamtstromverbrauch aller Kläranlagen beläuft sich auf 1.606 MWh/a. (1.042; 345; 219 MWh/a). Daraus ergeben sich spez. Verbräuche von 36,8; 23,8 bzw. 36,4 kWh/(EW·a), welche insgesamt am Richtwert bzw. in Basse und Helstorf auch im Bereich des Idealwertes liegen. Es werden rd. 1.085,5 MWh/a vom EVU bezogen, 520,3 MWh werden über die Verstromung des Klärgases auf der KA Empede erzeugt. Somit beträgt der Eigenversorgungsgrad nur bezogen auf den Verbrauch der KA Empede 50 %, wodurch jährlich rd. 294 t<sub>CO2</sub> (309 t<sub>CO2</sub> regional) an Emissionen eingespart werden.

Die Kosten für den Strombezug betragen bei einem Strompreis von 19,3 ct./kWh (brutto) rd. 209.500 €/a. Hinzu kommen Kosten für den Einkauf von Heizöl für die zusätzliche Wärmeerzeugung in Höhe von ca. 5.600 €/a.

Anhand der Aggregatelisten wird der Gesamtstromverbrauch der Anlagen auf insgesamt fünf Verfahrensstufen aufgeteilt:

**Tabelle 26: Aufteilung des Stromverbrauchs auf der Kläranlage Empede**

KA Empede		Jahresstromverbrauch	Anteil	Spez. Verbrauch	Richtwert/ Idealwert	
		[kWh]	[%]	[kWh/(EW·a)]	[kWh/(EW·a)]	
1	<b>Mech. Reinigungsstufen</b>	58.400	5,5	2,0	0,8	0,7
2	<b>Biologische Reinigungsstufe</b>	704.000	66,0	24,3	25,0	19,0
3	<b>Schlammbehandlung (Voreindickung und Faulung)</b>	147.900	13,9	5,1	3,7*	3,0*
4	<b>Schlammentwässerung</b>	128.600	12,1	4,4	3,3*	2,7*
5	<b>Infrastruktur</b>	27.800	2,6	1,0	1,2*	1,0*
<b>Summe</b>		<b>1.066.700</b>		<b>36,8</b>	<b>34,0</b>	<b>26,0</b>

\*angepasst an die Randbedingungen der KA Empede

**Tabelle 27: Aufteilung des Stromverbrauchs der KA Basse und Helstorf**

		Jahresstromverbrauch	Anteil	Spez. Verbrauch.	
		[kWh]	[%]	[kWh/(EW·a)]	
<b>KA Basse</b>	1	<b>Mechanische Reinigungsstufe</b>	13.600	3,9	1,1
	2	<b>Biologische Reinigungsstufe</b>	275.700	79,7	23,0
	3	<b>Schlammbehandlung (Eindickung)</b>	54.800	15,8	4,6
	5	<b>Infrastruktur</b>	1.900	0,5	0,1
	<b>Summe</b>		<b>346.000</b>		<b>28,8</b>
<b>KA Helstorf</b>	1	<b>Abwasserhebewerk</b>	33.100	15,1	5,5
	2	<b>Mechanische Reinigungsstufe</b>	11.200	5,1	1,9
	3	<b>Biologische Reinigungsstufe</b>	151.800	69,5	25,3
	4	<b>Schlammbehandlung (Eindickung)</b>	14.600	6,7	2,4
	5	<b>Infrastruktur</b>	7.800	3,6	1,3
	<b>Summe</b>		<b>218.500</b>		<b>36,3</b>

Es zeigt sich, dass die biologische Reinigungsstufe den höchsten Stromverbrauch aller Verbraucherguppen aufweist. Dies liegt an dem hohen Energieverbrauch für den Sauerstoffeintrag in die Belebung. Einen vergleichsweise hohen Anteil am Stromverbrauch weist jedoch auch die Schlammbehandlung auf der KA Empede auf.

Trotz der insgesamt guten spezifischen Kennzahlen und bereits durchgeführter Maßnahmen werden zur weitergehenden Verringerung der Energieverbräuche und zur Optimierung einiger Verfahrensstufen diverse Maßnahmen vorgeschlagen. Diese werden in Sofortmaßnahmen (S), kurzfristige Maßnahmen (K) und abhängige Maßnahmen (A) unterteilt. Sie sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

**Tabelle 28: Zusammenfassung aller Maßnahmen**

<b>S 1</b>	Ausrüstung Gebläse Sandfang mit FU, KA Empede
Energieeinsparungen:	12.500 kWh/a
Investitionen:	7.000 €
Wirtschaftlichkeit:	Sofort gegeben, Einsparungen: 2.400 €/a
Empfehlung:	Maßnahme zeitnah umsetzen
<b>K 1</b>	Erneuerung Rührwerke DENI-Becken, KA Empede
Energieeinsparungen:	29.000 kWh/a
Investitionen:	39.000 €
Wirtschaftlichkeit:	Sofort gegeben, Einsparungen: 4.650 €/a
Empfehlung:	Maßnahme zeitnah umsetzen
<b>K 2</b>	Erneuerung der Gebläse KA Basse
Energieeinsparungen:	26.500 kWh/a
Investitionen:	60.000 €
Wirtschaftlichkeit:	Geringe Kostenvorteile (ca. 5.100 €/a) scheinen gegeben
Empfehlung:	Detailliertere Prüfung, mittelfristige Umsetzung
<b>A 1</b>	Austausch Rücklaufschlammumpen KA Empede
Energieeinsparungen:	48.000 kWh/a
Investitionen:	bis zu 32.000 €
Wirtschaftlichkeit:	Maßnahme ist wirtschaftlich
Empfehlung:	Langfristige Umsetzung nach detailliertere Prüfung der hydraulischen Zuflussmengen gegenüber der Auslegung von 2002/03
<b>A 2</b>	Regelung Rezirkulation KA Empede
Energieeinsparungen:	11.000 kWh/a
Investitionen:	> 24.600 €
Wirtschaftlichkeit:	<b>derzeit nicht wirtschaftlich</b>
Empfehlung:	Detailliertere Prüfung hinsichtlich der Nitratelimination aus abwassertechnischen Gesichtspunkten.
<b>A 3</b>	Umrüstung auf Druckbelüftung
Energieeinsparungen:	145.000 kWh/a
Investitionen:	705.000 €
Wirtschaftlichkeit:	<b>derzeit nicht wirtschaftlich</b>
Empfehlung:	Da die vorhandenen Oberflächenbelüfter optimal betrieben werden, ergibt sich eine geringe mögliche Investitionssumme aus den potenziellen energetischen Einsparungen. Da sich die Druckbelüftung aufgrund der geringen Tiefe der Becken nur mit hoher Auslegungsdichte umsetzen lässt, wird die Maßnahme nur langfristig empfohlen (Energiepreissteigerung; Erneuerung Oberflächenbelüftung erforderlich).

Wie in der Abbildungen 28 und 29 dargestellt, kann insgesamt durch die Umsetzung aller Maßnahmen (ohne Windkraft, Photovoltaik und Co-Vergärung) der Stromverbrauch um 9 % (rd. 149.000 kWh/a) auf spezifische Energiever-

bräuche von 33,8; 25,2 und 33,2 kWh/(EW·a)) verringert werden. Durch die während der Ausarbeitung der Studie bereits durchgeführten/geplanten Maßnahmen (D), ist der Stromverbrauch bereits um 33.300 kWh/a verringert worden. Der spezifische Verbrauch liegt demnach bei den beiden kleineren Anlagen noch weiter unter dem Idealwert.

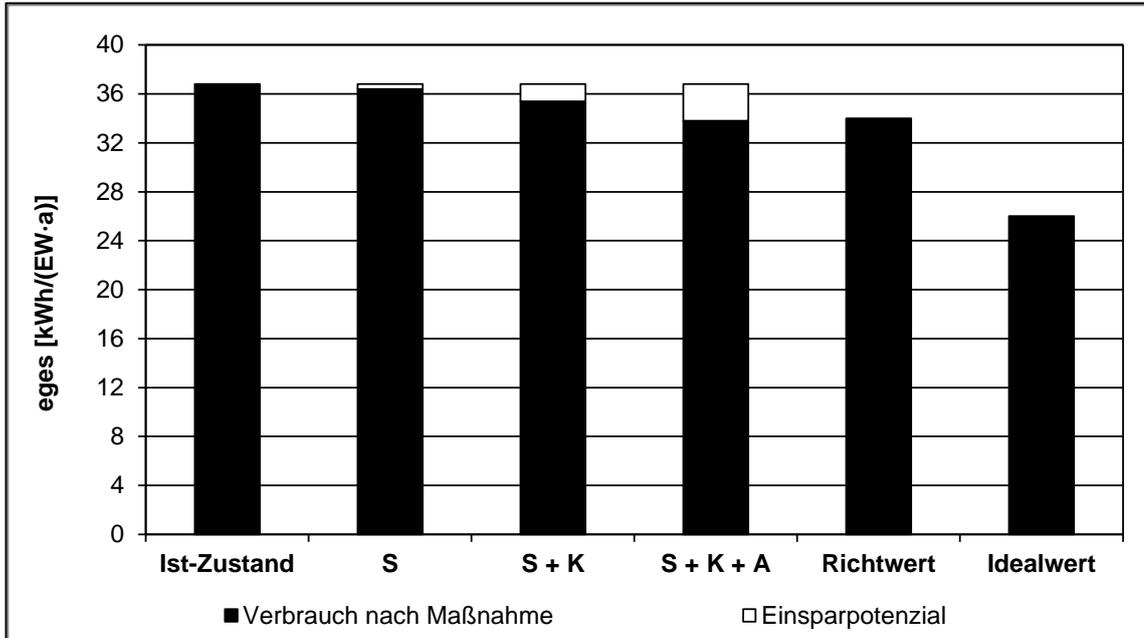


Abbildung 28: Bewertung der Maßnahmen je Klassifizierung (S, K, A)

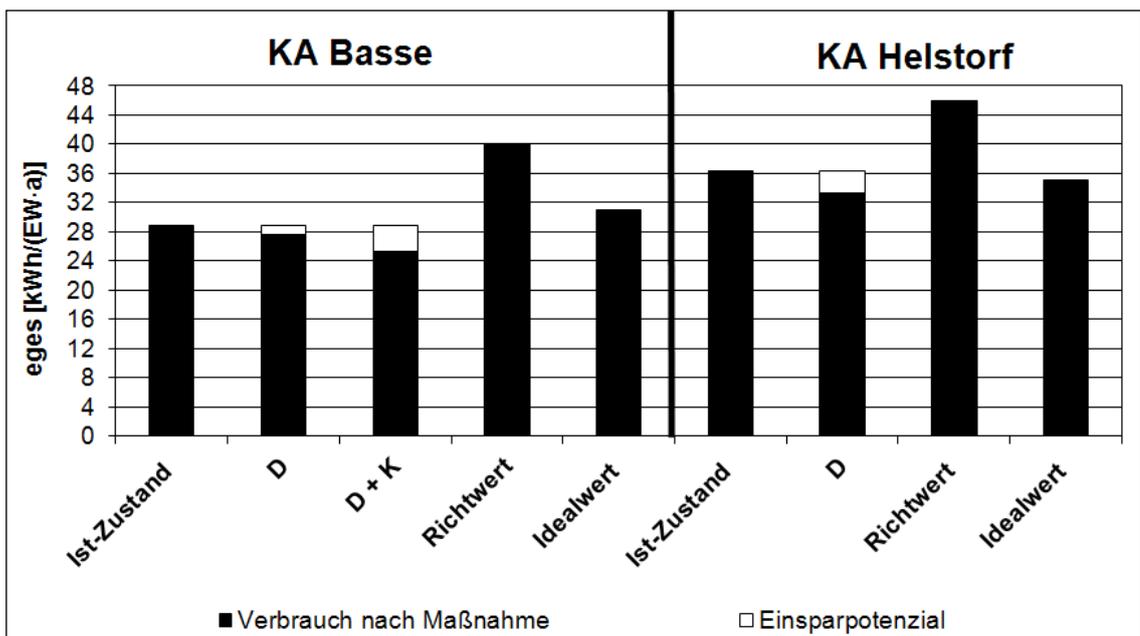


Abbildung 29: Bewertung der Maßnahmen je Klassifizierung (D, K)

Die aufgezeigten Energieeinsparpotenziale aller Maßnahmen bedeuten eine Verringerung des Strombezuges von 1.085.500 kWh/a auf 936.000 kWh/a. Dies entspricht einer CO<sub>2</sub>-Reduktion von rd. 615 t CO<sub>2</sub>/a auf 530 t CO<sub>2</sub>/a (556 t CO<sub>2</sub>/a regional).

Im Hinblick auf die Nutzung klimaneutraler Energieressourcen wurden die Co-Vergärung, die Windkraftnutzung und die solare Strahlungsenergie näher betrachtet. Die Installation einer Windkraftanlage ist genehmigungsrechtlich voraussichtlich nicht möglich. Durch die Mitvergärung von Co-Substraten in der Schlammfäulung kann die Faulgasproduktion gesteigert werden und so die Stromerzeugung um bis zu 145.000 kWh/a gesteigert werden. Dies entspricht einer CO<sub>2</sub>-Reduktion von rd. 82 t<sub>CO2</sub>/a (86 t<sub>CO2</sub>/a regional). Die Investitionen für die Annahmestation werden mit 270.000 € Brutto abgeschätzt. Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme hängt vornehmlich von den erzielbaren Substratkosten und weiteren betrieblichen Randbedingungen ab.

Durch die Errichtung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf der KA Empede und Helstorf könnte der Strombezug um insgesamt bis zu 173.000 kWh/a gesenkt werden (98 t<sub>CO2</sub>/a; 103 t<sub>CO2</sub>/a regional), so dass insgesamt ein nennenswerten Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden könnte.

Aufgestellt:

Hannover, im August 2012

(Malte Pahnke, M. Sc.)

(Oliver Hermanussen, Dipl.-Ing.)

(Prof. Dr.-Ing. Johannes Müller-Schaper)

## 10 Literatur

### [1] ATV DVWK-A 216 (Arbeitsentwurf):

Energieanalyse von Abwasseranlagen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., unveröffentlichter Arbeitsentwurf vom 28.10.2011, Hennef

### [2] Müller, E. A., Kobel, B., Künti, T., Pinnekamp, J., Seibert-Erling, G., Schaab, R., Böcker, K. (1999):

Handbuch Energie in Kläranlagen, MURL (Hrsg.), Düsseldorf

### [3] Müller, E. A., Kobel, B., Schmid, F., Levy, G. A., Kind, E., Moser, R., Roth, Y., Graf, E. (2008):

Handbuch Energie in ARA, Bundesamt für Energie (Hrsg.), Neuauflage von 1994, Zürich

### [4] Wagner, M., Loock, P. (2009):

Wissenschaftliche Erforschung der Ursachen der Belagsbildung auf Membrandruckluftbelüftungselementen in Abwasserreinigungsanlagen und Ableitung von Maßnahmen zur Behebung. Abschlussbericht für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), TU Darmstadt, Institut WAR, Darmstadt

### [5] Ingenieurbüro DNC (2008):

Untersuchungen zum wirtschaftlichen Betrieb eines Blockheizkraftwerkes auf der Kläranlage Empede. Studie (unveröffentlicht), Ingenieurbüro DNC, Hannover

### [6] Ingenieurbüro MUTING GmbH (2012):

Machbarkeitsanalysen zu Photovoltaik-Anlagen auf den Kläranlagen Empede und Helstorf. Studie (unveröffentlicht), Ingenieurbüro MUTING GmbH, Magdeburg

Anhang

Aggregatliste KA Empede

Bilanz-Nr.	Bezeichnung	Spannung [V]	Stromstärke [A]	Frequenz [Hz]	cos φ [-]	Motor-Typ	Schaltung	Laufzeit [h/d]	Leistung [kW]	Schaltung (FU) ja / nein	Belastungs-faktor	Pwirk [kW]	Energieverbrauch [kWh/a]
<b>1 Mechanische Reinigungsstufe</b>													<b>58.400 kWh/a</b>
	Waschpresse	400	4,4	50	0,68	Drehstrom	WendeSch	0,1	3,60	nein	0,80	1,66	48
	Rechenantrieb 1	400	2,6	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	1,9	1,10	nein	0,65	0,95	665
	Rechenantrieb 2	400	2,6	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	1,3	1,10	nein	0,65	0,95	436
	Kabeltrommelantrieb Sandfang	400	0,9	50	0,7	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	0,13	nein	0,60	0,25	2.218
	Gebälse 1 Sandfang	400	13,0	50	0,88	Drehstrom	Direktanlauf	12,0	7,50	nein	0,60	4,76	20.829
	Gebälse 2 Sandfang	400	13,0	50	0,88	Drehstrom	Direktanlauf	12,0	7,50	nein	0,60	4,76	20.829
	Pumpe 1 Fettleitung	400	5,0	50	0,81	x	Direktanlauf	0,2	2,20	nein	0,60	1,68	108
	Sandpumpe	400	5,0	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	1,7	2,20	nein	0,60	1,68	1.014
	Räumerantrieb Vorklärbecken	400	2,2	50	0,84	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	0,75	nein	0,65	0,83	7.290
	Zentralspumpe	230	3,2	50	0,78	Drehstrom	Direktanlauf	7,4	0,74	nein	0,50	0,50	1.343
	Brauchwasserpumpe	400	14,5	50	0,89	Drehstrom	FU	2,0	7,50	ja	0,55	4,92	3.590
	Räumer VK	400	15,1	50	0,82	Drehstrom	WendeSch	0,0	7,50	nein	0,60	5,15	19
<b>2 Biologische Reinigungsstufe</b>													<b>704.000 kWh/a</b>
	RLS-Pumpe 1 NKB 1+2	400	15,5	50	0,84	Drehstrom	FU	12,0	7,50	ja	0,50	4,51	19.755
	RLS-Pumpe 2 NKB 1+2	400	15,5	50	0,84	Drehstrom	FU	12,0	7,50	ja	0,50	4,51	19.755
	RLS-Pumpe 1 NKB 3	400	11,4	50	0,81	Drehstrom	FU	12,0	5,50	ja	0,55	3,52	15.412
	RLS-Pumpe 2 NKB 3	400	11,4	50	0,81	Drehstrom	FU	12,0	5,50	ja	0,55	3,52	15.412
	Kreislaufschlammpumpe Rezi.	400	21	50	0,85	Drehstrom	Stern-Dreieck	24	11	nein	0,50	6,18	54.167
	Belüftung Mischbecken	400	13,4	50	0,82	Drehstrom	FU	16,6	7,5	ja	0,55	4,19	25.369
	Rührwerk 1 Mischbecken	400	4,9	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	7,6	2,20	nein	0,55	1,52	4.204
	Rührwerk 1 BB 1	400	5,3	50	0,84	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	2,30	nein	0,55	1,70	14.861
	Rührwerk 2 BB 1	400	5,3	50	0,84	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	2,30	nein	0,55	1,70	14.861
	Rührwerk 1 BB 2	400	5,3	50	0,84	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	2,30	nein	0,55	1,70	14.861
	Rührwerk 2 BB 2	400	5,3	50	0,84	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	2,30	nein	0,55	1,70	14.861
	Rührer innen Denibecken	400	5,0	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	2,20	nein	0,55	1,54	13.519
	Rührer mitte Denibecken	400	11,5	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	5,50	nein	0,55	3,59	31.477
	Rührer außen Denibecken	400	8,5	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	4,00	nein	0,55	2,66	23.266
	Rotor 1 BB 1	400	60,0	50	0,83	Drehstrom	Stern-Dreieck	0,26	30,00	nein	0,50	17,25	1.637
	Rotor 2 BB 1	400	60,0	50	0,83	Drehstrom	Stern-Dreieck	7,75	30,00	nein	0,50	17,25	48.799
	Rotor 3 BB 1	400	60,0	50	0,83	Drehstrom	Stern-Dreieck	0,73	30,00	nein	0,50	17,25	4.597
	Rotor 4 BB 1	400	60,0	50	0,83	Drehstrom	Stern-Dreieck	23,85	30,00	nein	0,50	17,25	150.176
	Rotor 5 BB 2	400	60,0	50	0,83	Drehstrom	Stern-Dreieck	0,26	30,00	nein	0,50	17,25	1.637
	Rotor 6 BB 2	400	60,0	50	0,83	Drehstrom	Stern-Dreieck	7,75	30,00	nein	0,50	17,25	48.799
	Rotor 7 BB 2	400	60,0	50	0,83	Drehstrom	Stern-Dreieck	0,73	30,00	nein	0,50	17,25	4.597
	Rotor 8 BB 2	400	60,0	50	0,83	Drehstrom	Stern-Dreieck	23,85	30,00	nein	0,50	17,25	150.176
	Antriebsmotor NKB 1	400	1,7	50	0,67	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	0,37	nein	0,70	0,54	4.697
	Antriebsmotor NKB 2	400	1,7	50	0,67	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	0,37	nein	0,70	0,54	4.697
	Antriebsmotor NKB 3	400	0,8	50	0,77	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	0,25	nein	0,55	0,22	1.953
	Siebband	400	2,2	50	0,72	Drehstrom	DZ einstellbar	1,1	0,37	ja	0,75	0,80	323
	Pumpe Schwimmschlamm	400	3,6	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	0,3	1,50	nein	0,70	1,41	155
<b>3 Schlammbehandlung</b>													<b>147.900 kWh/a</b>
	USS Pumpe 1	400	12,0	50	0,85	Drehstrom	DZ einstellbar	2,8	5,50	nein / Vario	0,55	3,89	3.901
	USS Pumpe 2	400	12,0	50	0,85	Drehstrom	x	2,8	5,50	nein / Vario	0,55	3,89	3.901
	FM Pumpe Presse (Fasspumpe)	400	1,75	50	0,75	Drehstrom	DZ einstellbar	0,4	0,55	nein	0,65	0,59	86
	Dosierpumpe 1 FM-Station USS	400	1,45	50	0,79	Drehstrom	DZ einstellbar	5,5	0,55	nein	0,65	0,52	1.036
	Dosierpumpe 2 FM-Station USS	400	1,45	50	0,79	Drehstrom	DZ einstellbar	5,5	0,55	nein	0,65	0,52	1.036
	Rührwerktrieb 1 FM USS	400	2,6	50	0,79	Drehstrom	Direktanlauf	5,5	1,10	nein	0,60	0,87	1.740
	Rührwerktrieb 2 FM USS	400	2,6	50	0,79	Drehstrom	Direktanlauf	5,5	1,10	nein	0,60	0,87	1.740
	Dickschlammpumpe USS	400	11,4	50	0,81	Drehstrom	DZ einstellbar	1	5,5	ja	0,55	3,52	1.284
	Filterpumpe	400	6,15	50	0,85	Drehstrom	Direktanlauf	3	3	nein	0,60	2,17	2.379
	Bandantrieb Bellmer	400	2,1	50	0,79	Drehstrom	DZ einstellbar	5,5	0,75	nein	0,60	0,69	1.384
	Siebreinigungpumpe	400	11,1	50	0,85	Drehstrom	Direktanlauf	5	5,5	nein	0,50	3,27	5.965
	Primärschlammpumpe 1	400	7,0	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	0,3	3,00	nein	0,65	2,55	242
	Mazerator Primärschlammpumpe 1	400	12,0	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	0,3	5,50	nein	0,65	4,43	421
	Primärschlammpumpe 2	400	15,3	50	0,87	Drehstrom	Direktanlauf	2,7	7,50	nein	0,50	4,61	4.477
	Mazerator Primärschlammpumpe 2	400	12,0	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	2,7	5,50	nein	0,60	4,04	3.923
	Primärschlammpumpe 3	400	11,8	50	0,85	Drehstrom	Direktanlauf	0,12	5,5	nein	0,60	4,17	183
	Mazerator Primärschlammpumpe 3	400	12,0	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	0,12	5,50	nein	0,65	4,38	192
	Faulschlammpumpe von Schlammtrum 3	400	11,4	50	0,81	Drehstrom	DZ geregelt	1,7	5,50	ja	0,50	3,20	1.985
	Mazerator für Faulschlammpumpe	400	3,6	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	1,7	1,50	nein	0,70	1,43	888
	Trübwasserpumpe 1	400	7,1	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	0,1	3,10	nein	0,60	2,42	53
	Trübwasserpumpe 2	400	7,1	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	0,8	3,10	nein	0,60	2,42	689
	Heizschlammpumpe P1 FB	400	13,7	50	0,76	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	5,50	nein	0,50	3,61	31.596
	Heiz- / Umwälzschlammpumpe P2 FB	400	25,5	50	0,74	Drehstrom	Dahlander	3,0	10,50	nein	0,60	7,84	8.589
	Umwälzschlammpumpe P3 FB	400	23,0	50	0,78	Drehstrom	Stern-Dreieck	21,5	11,00	nein	0,50	6,21	48.769
	Schwimmschlammzerstörer	400	3,8	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	1,25	1,30	nein	0,70	1,49	681
	Pumpe 1 Umwälzung Heizung Wärmetauscher	400	4,1	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	12	1,60	nein	0,60	1,38	6.047
	Pumpe 2 Umwälzung Heizung Wärmetauscher	400	4,1	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	12	1,60	nein	0,60	1,38	6.047
	Druckerhöhung 1 Heizung Faulgas	400	3,0	50	0,79	Drehstrom	Direktanlauf	12,0	0,75	nein	0,60	0,99	4.315
	Druckerhöhung 2 Heizung Faulgas	400	3,0	50	0,79	Drehstrom	Direktanlauf	12,0	0,75	nein	0,60	0,99	4.315
<b>4 Schlammwässerung</b>													<b>128.600 kWh/a</b>
	Rührwerk 1 FM-Station Presse	400	1,2	50	0,72	Drehstrom	Direktanlauf	10	0,37	nein	0,60	0,36	1.311
	Rührwerk 2 FM-Station Presse	400	1,2	50	0,72	Drehstrom	Direktanlauf	10	0,37	nein	0,60	0,36	1.311
	Dosierpumpe FM-Station	400	1,45	50	0,79	Drehstrom	DZ einstellbar	10	0,55	nein	0,50	0,40	1.448
	Antriebsmotor Trommel	400	66	50	0,89	Drehstrom	DZ geregelt	10	37	ja	0,40	16,28	59.417
	Antriebsmotor Differenz	400	15	50	0,83	Drehstrom	DZ geregelt	10	7,5	ja	0,50	4,31	15.742
	Dickschlammpumpe	400	8,3	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	1,5	4	nein	0,70	3,26	1.785
	Filterwasserpumpe Presse	400	6,3	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	3	3	nein	0,65	2,33	2.547
	Presse Zulaufpumpe 1	400	11,4	50	0,81	Drehstrom	DZ geregelt	10	5,5	ja	0,55	3,52	12.843
	Presse Mazerator Zulauf	400	3,6	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	10	1,5	nein	0,60	1,21	4.424
	Rührwerk Schlammtrum 3	400	31	50	0,84	Drehstrom	Stern-Dreieck	7	15	nein	0,50	9,02	23.047
	Rührwerk 1 Schlammilo	400	31	50	0,84	Drehstrom	Stern-Dreieck	0,5	15	nein	0,55	9,92	11.811
	Rührwerk 2 Schlammilo	400	31	50	0,84	Drehstrom	Stern-Dreieck	0,5	15	nein	0,55	9,92	11.811
	Ablufpumpe	400	37,5	50	0,84	Drehstrom	Stern-Dreieck	0,25	18,5	nein	0,56	12,22	1.115
<b>6 Infrastruktur</b>													<b>28.200 kWh/a</b>
	Abluftgebälse Rechengebäude	400	1,2	50	0,68	Drehstrom	Direktanlauf	24,0	0,37	nein	0,55	0,30	2.656
	Brauchwasserpumpe	400	14,5	50	0,89	Drehstrom	FU	2,0	7,50	ja	0,55	4,92	3.590
	Pumpe Brenner Umwälzung Betriebsgebäude	230	0,43	50	0,79	1 Phasen	einstellbar	24	0,99	nein	0,80	0,11	948
	Schmutzwasserpumpe 1	400	15,5	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	1,3	7,5	nein	0,60	5,28	2.507
	Schmutzwass												

Aggregatliste KA Basse

Bezeichnung	Spannung [V]	Stromstärke [A]	Frequenz [Hz]	cos φ [-]	Motor-Typ	Schaltung	Laufzeit [h/d]	Leistung [kW]	Schaltung (FU) ja / nein	Belastungs-faktor	Pwirk [kW]	Energieverbrauch [kWh]
<b>1 Mechanische Reinigungsstufe</b>												
Rechenantrieb 2	400	3,60	50	0,80	Drehstrom	Direktanlauf	2,70	1,50	nein	0,75	1,50	13.600 kWh/a
Waschpresse	400	2,75	50	0,78	Drehstrom	Direktanlauf	2,70	1,10	nein	0,76	1,13	1.113
Brückenantrieb Sandfang	220	1,47	50	0,81	Drehstrom	WendeSchütz	0,50	0,25	nein	0,65	0,29	54
Kabeltrommelantrieb Sandfang	400	0,90	50	0,85	Drehstrom	Direktanlauf	24,00	0,13	nein	0,28	0,15	1.300
Sandfangpumpe	400	5,00	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	0,25	2,20	nein	0,76	2,13	195
Gebläse 5 Sandfang	400	2,80	50	0,81	Drehstrom	DZ einstellbar	12,00	1,10	ja	0,60	0,94	4.129
Gebläse 6 Sandfang	400	3,45	50	0,85	Drehstrom	DZ einstellbar	12,00	1,75	ja	0,60	1,22	5.339
<b>2 Biologische Reinigungsstufe</b>												
Bio-P Rührer 1	400	2,90	50	0,70	Drehstrom	Direktanlauf	24,00	1,30	nein	0,85	1,20	275.700 kWh/a
Bio-P Rührer 2	400	2,90	50	0,70	Drehstrom	Direktanlauf	24,00	1,30	nein	0,85	1,20	10.472
Bio-P Rührer 3	400	2,90	50	0,70	Drehstrom	Direktanlauf	24,00	1,30	nein	0,85	1,20	10.472
Bio-P Rührer 4	400	2,90	50	0,70	Drehstrom	Direktanlauf	24,00	1,30	nein	0,85	1,20	10.472
BB 1 Rührer	400	4,70	50	0,80	Drehstrom	Direktanlauf	16,00	2,00	nein	0,70	1,82	10.649
BB 2 Rührer	400	4,70	50	0,80	Drehstrom	Direktanlauf	16,00	2,00	nein	0,70	1,82	10.649
BB 3 Rührer	400	4,70	50	0,80	Drehstrom	Direktanlauf	16,00	2,00	nein	0,70	1,82	10.649
Siebband	400	2,20	50	0,72	Drehstrom	DZ einstellbar	0,30	0,37	ja	0,32	0,35	38
Pumpe Schwimmschlamm	400	3,60	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	0,02	1,50	nein	0,72	1,45	11
RLS Pumpe	400	6,50	50	0,80	Drehstrom	DZ einstellbar	23,50	3,10	ja	0,75	2,63	22.597
Gebläse 1	400	45,00	50	0,84	Drehstrom	Dahlander	18,10	23,00	nein	0,73	19,12	126.301
Gebläse 2	400	45,00	50	0,84	Drehstrom	Dahlander	3,05	23,00	nein	0,65	17,02	18.950
Gebläse 3	400	27,50	50	0,84	Drehstrom	Dahlander	0,80	13,50	nein	0,60	9,60	2.804
Gebläse 4	400	27,50	50	0,84	Drehstrom	Dahlander	8,30	13,50	nein	0,62	9,92	30.060
Luftschieber 1-3												1.100
<b>3 Schlammbehandlung (Eindickung)</b>												
USS Pumpe 1	400	22,00	50	0,85	Drehstrom		0,10	11,00	nein	0,83	10,75	392
USS Pumpe 2	400	9,30	50	0,73	Drehstrom	FU	4,90	4,00	ja	0,80	3,76	6.730
Dickschlammpumpe	400	9,20	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	1,50	4,00	nein	0,75	3,92	2.146
Abfuhrpumpe	400	15,00	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	0,05	7,50	nein	0,85	7,24	132
Schlammspeicher Rührer	400	27,50	50	0,84	Drehstrom	Stern-Dreieck	0,15	13,50	nein	0,78	12,48	683
Brauchwasserpumpe	400	9,30	50	0,85	Drehstrom	DZ geregelt	9,60	5,50	ja	0,85	4,66	16.312
Dosierpumpe FM-Station Presse	400	1,30	50	0,70	Drehstrom	direkt	0,25	0,37	nein	0,57	0,36	33
FM-Station Rührer	400	2,90	50	0,81	Drehstrom	direkt	3,50	1,10	nein	0,67	1,09	1.393
Reaktor Rührer	400	2,15	50	0,73	Drehstrom	direkt	4,90	0,75	nein	0,68	0,74	1.322
Siebtrommel Antrieb	400	5,00	50	0,99	Drehstrom	FU	4,90	2,20	ja	0,63	2,16	3.864
Spülwasserpumpe	400	8,20	50	0,88	Drehstrom	direkt	4,90	4,00	nein	0,79	3,95	7.064
NKB Räumr Antrieb	400	4,20	50	0,90	Drehstrom	direkt	24,00	1,80	nein	0,64	1,68	14.682
<b>5 Infrastruktur</b>												
Ablaufpumpe 1 bis 3	400	36,00	50	0,80	Drehstrom	Direktanlauf	0,01	5,50	nein	0,80	15,96	58
Betriebsgebäude				0,5 % vom Strombezug								1.730
Umspann und Wärmeverluste				0,03 % vom Strombezug								104
											<b>Summe</b>	<b>346.000 kWh/a</b>
											<b>EVU</b>	<b>345.410 kWh/a</b>
											<b>Abweichung</b>	<b>0,17 %</b>
											<b>6.000 EWI</b>	<b>57,7 kWh/(EWI·a)</b>

Aggregatliste KA Helstorf

Bezeichnung	Spannung [V]	Stromstärke [A]	Frequenz [Hz]	cos φ [-]	Motor-Typ	Schaltung	Laufzeit [h/d]	Leistung [kW]	Schaltung (FU) ja / nein	Belastungsfaktor	P <sub>wirk</sub> [kW]	Energieverbrauch [kWh]
<b>1 Abwasserhebewerk</b>												
Abwasserpumpe	400	8,70	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	11,80	4,00	nein	0,49	2,42	33.100 kWh/a
Rohwasserpumpe 1	400	9,50	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	11,50	4,70	nein	0,50	2,70	10.431
Rohwasserpumpe 2	400	9,50	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	11,50	4,70	nein	0,50	2,70	11.327
<b>2 Mechanische Reinigungsstufe</b>												
Rechenantrieb 1	400	3,60	50	0,85	Drehstrom	Wendeschütz	2,60	1,50	nein	0,56	1,19	11.200 kWh/a
Rechenantrieb 2	400	3,60	50	0,85	Drehstrom	Wendeschütz	4,10	1,50	nein	0,56	1,19	1.127
Gebläse 1 Sandfang	400	3,20	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	24,00	1,60	nein	0,52	0,93	1.777
Sandklassiererantrieb	400	3,45	50	0,85	Drehstrom	Direktanlauf	0,26	1,50	nein	0,55	1,12	8.180
<b>3 Biologische Reinigungsstufe</b>												
Eisen-III-Pumpen 1 + 2	230	x	50	x	DZ stellen über Poti an Pumpe		x	x	nein			151.800 kWh/a
RLS-Pumpe 1	400	8,80	50	0,81	Drehstrom	DZ geregelt	24,00	4,00	ja	0,50	2,47	1.000
Reservepumpe RLS	400	8,70	50	0,82	Drehstrom	DZ geregelt	11,90	4,00	ja	0,50	2,47	21.630
Bio-P Rührer Becken 1	400	3,50	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	24,00	1,50	nein	0,50	0,98	10.734
Bio-P Rührer Becken 2	400	3,50	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	24,00	1,50	nein	0,50	0,98	8.603
Gebläse 1	400	69,00	50	0,88	Drehstrom	DZ geregelt	16,30	37,00	ja	0,29	12,20	8.603
Schieber Gebläse 1	400	1,70	50	0,70	Drehstrom	Wendeschütz	8,00	0,37	nein	0,71	0,59	72.582
Schallhaubenbelüfter Gebläse 2	400	0,25	50	0,70	Drehstrom	Direktanlauf	16,30	0,06	nein	0,87	0,11	1.709
Gebläse 2	400	69,00	50	0,88	Drehstrom	Stern-Dreieck	0,10	37,00	nein	0,57	23,98	628
Schieber Gebläse 2	400	1,70	50	0,72	Drehstrom	Wendeschütz	0,10	0,37	nein	0,85	0,72	875
Gebläse 3	400	69,00	50	0,88	Drehstrom	Stern-Dreieck	0,10	37,00	nein	0,57	23,98	26
Schieber Gebläse 3	400	1,70	50	0,70	Drehstrom	Wendeschütz	0,10	0,37	nein	0,85	0,70	875
Rührwerk Becken 1	400	3,70	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	16,20	1,50	nein	0,50	1,04	26
Rührwerk Becken 2	400	3,70	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	16,00	1,50	nein	0,50	1,04	6.139
Rührwerk Becken 3	400	3,70	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	15,80	1,50	nein	0,50	1,04	6.063
Schieber (Anzahl 9)	400	15,30	50	0,72	Drehstrom	Wendeschütz	0,75	0,37	nein	0,85	6,49	5.987
Antriebsmotor NKB 1	400	1,65	50	0,75	Drehstrom	Direktanlauf	24,00	0,55	nein	0,60	0,51	1.776
<b>4 Schlammbehandlung</b>												
Fasspumpe	400	0,55	50	0,78	Drehstrom	Direktanlauf	0,25	0,18	nein	0,65	0,19	14.600 kWh/a
Rührer FM Ansatzbehälter	400	2,80	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	4,00	1,10	nein	0,51	0,80	18
FM Dosierpumpe	400	1,30	50	0,70	Drehstrom	Direktanlauf	5,50	0,37	nein	0,65	0,41	1.170
Reaktorantrieb Trommel	400	3,75	50	0,83	Drehstrom	Direktanlauf	5,80	1,50	nein	0,50	1,08	823
Pumpe eingedickter Schlamm	400	5,20	50	0,90	Drehstrom	Direktanlauf	0,75	2,20	nein	0,65	1,94	2.283
Spülwasserpumpe	400	8,10	50	0,90	Drehstrom	Direktanlauf	5,80	4,00	nein	0,41	2,07	532
Zulaufpumpe USS 1	400	8,10	50	0,85	Drehstrom	Direktanlauf	5,20	4,00	nein	0,47	2,24	4.384
Filterwasserpumpe	400	5,20	50	0,81	Drehstrom	Direktanlauf	2,00	2,20	nein	0,51	1,49	4.255
<b>5 Infrastruktur</b>												
Brauchwasserpumpe	400	11,40	50	0,82	Drehstrom	FU geregelt	6,10	5,50	ja	0,50	3,24	7.210
Rührer 1 Schlamm Speicher	400	11,50	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	0,20	5,50	nein	0,67	4,38	320
Rührer 2 Schlamm Speicher	400	11,50	50	0,82	Drehstrom	Direktanlauf	0,20	5,50	nein	0,67	4,38	320
											Summe	218.500 kWh/a
											EVU	217.920 kWh/a
											Abweichung	0,27 %
												36,4 kWh/(EW-a)