

**Projekt 20190327 – AVA – 150**

# **Potenzialstudie für die Kläranlage Altstadt**



Mühlbachstraße 4 - 61273 Wehrheim  
Telefon: 06081 9873100 - Fax: 06081 9873099  
Mail: [info@ib-leonhard.de](mailto:info@ib-leonhard.de)

**2021**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbemerkung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Bestandsaufnahme</b> .....	<b>6</b>
2.1	Aufnahme der Bestandssituation der Kläranlage.....	6
2.1.1	Angeschlossene Einwohner und Zulaufbelastung .....	6
2.1.2	Lokale Rahmenbedingungen.....	7
2.1.3	Reinigungsanforderungen .....	9
2.1.4	Kurzdarstellung des derzeitigen Reinigungsverfahrens .....	10
2.1.5	Grad der Automatisierung der Anlagen .....	12
2.1.6	Sanierungsbedarf von Technik und Peripherie .....	12
2.1.7	Anfallende und entsorgte Schlammengen .....	13
2.1.8	Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen .....	14
2.2	Sensor-/Messtechnik und Kontrolle der Abwasserqualität .....	14
2.3	Personalsituation.....	15
2.4	Beabsichtigte Planungen.....	16
2.5	Analyse des Energieverbrauchs .....	16
2.5.1	Aufnahme aller wichtigen Energieverbraucher, geordnet nach Anlagenteilen .	16
2.5.2	Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten .....	18
2.5.3	Wärmebedarf auf der Anlage .....	19
2.6	Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz .....	20
2.7	Bewertung anhand energetischer Beurteilungskriterien.....	20
2.7.1	Energiecheck .....	20
2.7.2	Idealwertbestimmung nach DWA-A 216.....	22
<b>3</b>	<b>Potenzialanalyse</b> .....	<b>25</b>
3.1	Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienzpotenziale .....	25
3.2	Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen durch Digitalisierung und Energiemanagementsysteme .....	27
3.3	Definition von Einspar- und Versorgungszielen .....	27
3.4	Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele .....	28
<b>4</b>	<b>Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung</b> .....	<b>29</b>
4.1	Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen.....	29
4.2	Überblick der geplanten Änderungen .....	30

---

4.3	Detaillierte Beschreibung möglicher Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen, von Maßnahmen zur klimafreundlichen Betriebsoptimierung und zur effizienten und klimaschonenden Energieerzeugung .....	31
4.3.1	Optimierung Zulaufpumpwerk .....	32
4.3.2	Austausch der Gebläse des Sand- und Fettfangs .....	33
4.3.3	Erneuerung der Belüftung .....	33
4.3.4	Erneuerung des Rücklaufschlammumpwerkes .....	36
4.3.5	Faulung und Faulschlamm Entsorgung .....	36
4.3.6	PV-Anlage (optional mit Batteriespeicher) .....	39
4.3.7	Implementierung eines Energiemanagements.....	40
4.4	Zusammenfassung Maßnahmen nach Umsetzung der Energieeffizientpotenzialen	40
4.5	Prüfung der Sicherstellung der Mindestziele.....	42
4.5.1	Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme .....	42
4.5.2	Spezifischer jährlicher Strombedarf der gesamten Anlage (inkl. Lokal umgewandelter Energie) .....	42

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einwohnerwerte 2020 .....	7
Abbildung 2: Luftbild der Kläranlage Altenstadt .....	8
Abbildung 3: Entwässerungsgebiet der Kläranlage Altenstadt .....	9
Abbildung 4: Lageplan der Kläranlage Altenstadt .....	10
Abbildung 5: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2020) .....	19
Abbildung 6: Stromverbrauch der Kläranlage Altenstadt von 2016-2020 .....	29
Abbildung 7: Verfahrensschema Ausbau der Kläranlage Altenstadt .....	31
Abbildung 8: Nominale Grenzwerte für Standard-Wirkungsgrade nach DIN EN 60034-30 ...	32
Abbildung 9: Schema Luftverteilerregelung nach [DWA, 2016].....	35
Abbildung 10: Solar-Kataster Hessen.....	39

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittlere kommunale Abwasservolumenströme und Schmutzfrachten im Zulauf zur Kläranlage Altenstadt in 2020.....	6
Tabelle 2: Rohschlammvolumen .....	14
Tabelle 3: Zusammenstellung der wichtigsten Energieverbraucher .....	16
Tabelle 4: Zusammenstellung Stromverbräuche (Jahr 2020).....	18
Tabelle 5: Daten für den Energiecheck, 2020 .....	20
Tabelle 6: Kennwerte des Energiechecks und Einordnung nach DWA-A 216 (Stand 2015) .	21
Tabelle 7: Vergleich der Beurteilungskriterien mit den Ziel- und Toleranzwerten .....	21
Tabelle 8: Einsparpotenzial IST-Zustand .....	23
Tabelle 9: Ermittlung spezifischer Stromverbrauch der Kläranlage Altenstadt .....	29
Tabelle 10: Spezifischen Stromverbrauchs im DWA - Ländervergleich 2012.....	30
Tabelle 11: Energieeffizienzklassen .....	32
Tabelle 12: Mittlerer Jahreswärmebedarf der Faulung.....	38
Tabelle 13: Stromverbrauch nach Verfahrensgruppen Ausbauzustand .....	41
Tabelle 14: Zusammenstellung der Maßnahmen.....	41
Tabelle 15: Deckungsquote des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien.....	42

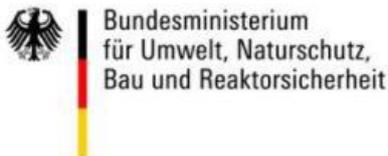
# 1 Vorbemerkung

Als Ziel wird in der Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld die Minderung von Treibhausgasemissionen formuliert. Durch investive Maßnahmen soll u. a. die Energieeffizienz von Abwasserbehandlungsanlagen deutlich gesteigert und durch lokale Erzeugung die Deckung des eigenen Energiebedarfs dieser Anlagen angehoben werden. Als Fördervoraussetzung investiver Maßnahmen wird deren Notwendigkeit hinsichtlich der Erreichung der im Folgenden genannten Ziele definiert, die im Rahmen einer Potenzialstudie zu erörtern sind. Es gelten folgende Mindestziele:

- Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme durch auf dem Grundstück umgewandelte Energie von mindestens 70 %
- spezifischer jährlicher Energiebedarf der gesamten Anlage (inkl. lokal umgewandelter Energie) von maximal 23 kWh/(EW·a)

Die Gliederung dieser Potenzialstudie bzw. deren inhaltliche Ausgestaltung basiert auf den konkreten Vorgaben gemäß Vorhabensbeschreibung für den Förderschwerpunkt 2.6.2 Potenzialstudie Abwasserbehandlungsanlage (PTJ, Version: 12/2019). Ergänzend wurden konkretisierende Vorgaben des Hinweisblatts für strategische Förderschwerpunkte (Stand: 7. März 2019) berücksichtigt.

GEFÖRDERT DURCH:



## 2 Bestandsaufnahme

### 2.1 Aufnahme der Bestandssituation der Kläranlage

#### 2.1.1 Angeschlossene Einwohner und Zulaufbelastung

Die Kläranlage Altenstadt betreibt seit dem Jahr 1982 eine mechanisch-biologische Kläranlage. Diese wurde im Jahr 2003 auf einen Stickstoffabbau mit einer Anlagengröße auf 25.000 EW ausgelegt. Sie ist nach Anhang 1 der AbwV der Größenklasse 4 zuzuordnen.

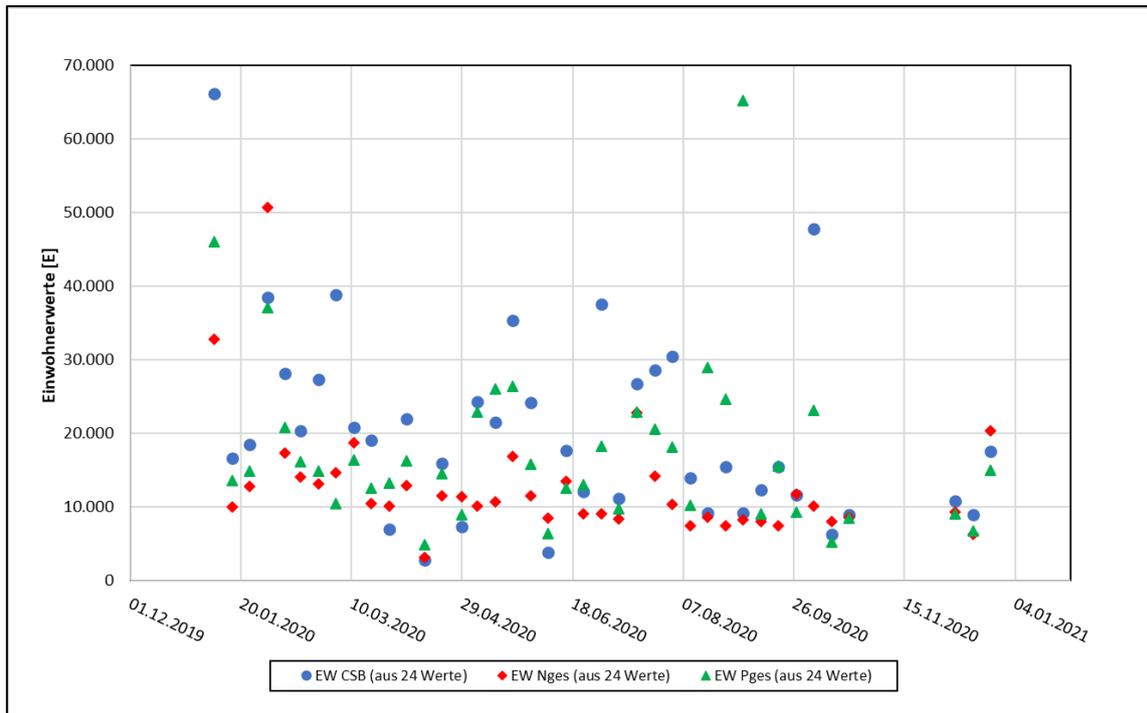
An die Kläranlage Altenstadt waren mit Stand vom 31.12.2019 rund 17.681 Einwohner angeschlossen.

Tabelle 1 enthält die mittleren Schmutzfrachten im kommunalen Abwasser im Zulauf zur Kläranlage Altenstadt in Betrachtungsjahr 2020. Die Berechnung der Frachten beruht auf 45 Konzentrationsanalysen von 24h-Mischproben für BSB<sub>5</sub>, CSB, N<sub>ges</sub> und P<sub>ges</sub>. Die Frachten werden zur Beurteilung der Einwohnerwerte herangezogen.

**Tabelle 1: Mittlere kommunale Abwasservolumenströme und Schmutzfrachten im Zulauf zur Kläranlage Altenstadt in 2020**

		Kommunales Abwasser 2020
Parameter	Einheit	Mittelwert
Q <sub>d</sub>	[m <sup>3</sup> /d]	6.590
B <sub>BSB<sub>5</sub>,Z</sub>	[kg/d]	736
EW <sub>60</sub>	[E]	12.271
B <sub>CSB,Z</sub>	[kg/d]	2.261
EW <sub>120</sub>	[E]	18.840
B <sub>N<sub>ges</sub>,Z</sub>	[kg/d]	131
EW <sub>11</sub>	[E]	11.872
B <sub>P<sub>ges</sub>,Z</sub>	[kg/d]	29
EW <sub>1,8</sub>	[E]	16.374

In folgender Abbildung sind die Einwohnerwerte, die sich aus den Tagesschmutzfrachten beziehen zusammengesellt.



**Abbildung 1: Einwohnerwerte 2020**

Die Einwohnerwerte bezogen auf den CSB im Zulauf zur Kläranlage liegen 25% über den Einwohnerwerte auf den BSB<sub>5</sub> bezogen. Die Einwohnerwerte bezogen auf die Stickstofffracht (N<sub>ges</sub>-Fracht) im Zulauf zur Kläranlage liegen rund 37% unter den Einwohnerwerten auf den CSB bezogen. Die Einwohnerwerte bezogen auf die P<sub>ges</sub>-Fracht im Zulauf zur Kläranlage liegen rund 13% unter den Einwohnerwerten auf den CSB bezogen.

Für die energetische Beurteilung der Kläranlage Altenstadt werden daher gemäß DWA-A 216 die mittleren Einwohnerwerte aus der Zulaufbelastung bezogen auf den CSB mit 18.840 E herangezogen.

## 2.1.2 Lokale Rahmenbedingungen

Die Kläranlage Altenstadt wurde 1979 in der Gemeinde Altenstadt am Fluss Nidder errichtet und hat ihren Klarwasserablauf in die Nidder. 2003 erfolgte eine Erweiterung und Komplettsanierung der Kläranlage. Die nächste Wohnbebauung ist die Ortschaft Oberau. Diese befindet sich ca. 160 m süd-östlich der Kläranlage. Ein Geruchsemissionsgutachten wurde vom TÜV Hessen zum Wasserrechtsbescheid vom 21.11.2003 erstellt.



**Abbildung 2: Luftbild der Kläranlage Altenstadt**

Die täglich anfallende Abwassermenge wird über den Zulaufsammler in einen Zulaufschacht geleitet und von dort über ein Schneckenhebewerk zum Rechengebäude befördert.

Es gibt zwei Entwässerungsgebiete, welche folgende Stadtteile umfassen.

Entwässerungsgebiet Sammler Nord:

- Heegheim
- Rodenbach
- Glauburg-Glauberg
- Enzheim
- Lindheim
- Altenstadt

Entwässerungsgebiet Sammler Süd:

- Himbach auf der Schlink
- Hainchen
- Rommelhausen
- Waldsiedlung
- Oberau



**Abbildung 3: Entwässerungsgebiet der Kläranlage Altenstadt**

Im Entwässerungsgebiet existieren zwei Pumpwerke. Das Abwasser von Glauberg, Heegheim und Teile von Enzheim werden zunächst in Enzheim gehoben und dann nochmals mit dem Abwasser vom Ortsteil Lindheim-Sonnenhang durch eine Druckleitung bis nach Lindheim gepumpt. Das restliche Abwasser fließt im freien Gefälle bis zur Kläranlage.

Der Auslauf der Regenüberlaufbecken erfolgt separat vom Klarwasserablauf in die Nidder. Das Gelände der Kläranlage Altenstadt liegt gemäß Hochwasserrisikokarte des Landes Hessen außerhalb jeglicher Überflutungsflächen.

### **2.1.3 Reinigungsanforderungen**

Die Kläranlage ist gemäß Anhang 1 der AbwV der Größenklasse 4 zugeordnet.

Folgende Überwachungswerte (Einleitbedingungen) sind gemäß der vorliegenden Planung aus dem Jahr 2003 gültig:

Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB <sub>5</sub> )	10 mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	45 mg/l
Ammoniumstickstoff (NH <sub>4</sub> -N)	5 mg/l
Stickstoff gesamt (ges. N <sub>anorg.</sub> )	18 mg/l
als Summe aus:	
Ammoniumstickstoff (NH <sub>4</sub> -N)	
Nitritstickstoff (NO <sub>2</sub> -N) und Nitratstickstoff (NO <sub>3</sub> -N)	
Phosphor (P <sub>ges</sub> )	0,7 mg/l
Abfiltrierbare Stoffe (AS)	0,4 ml/l

Die Bestimmungen gelten für Ammoniumstickstoff und Stickstoff, gesamt bei Abwassertemperaturen größer 12°C.

#### 2.1.4 Kurzdarstellung des derzeitigen Reinigungsverfahrens

In Abbildung 4 ist die Abwasserbehandlungsstufe der Kläranlage Altstadt vereinfacht dargestellt.

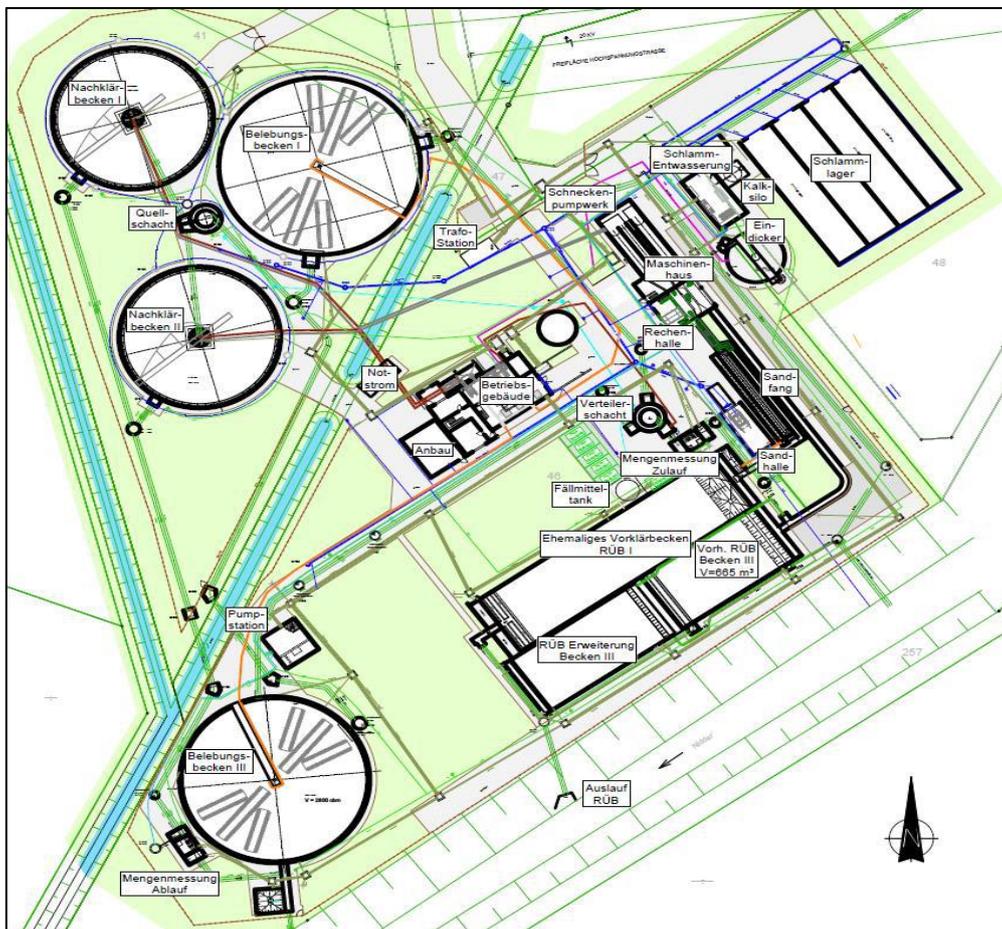


Abbildung 4: Lageplan der Kläranlage Altstadt

Die Betriebsweise / Prozessführung ist wie folgt:

#### Mechanische Stufe

- Einlaufpumpwerk vor dem Rechengebäude. Das Pumpwerk besteht aus drei Zulaufschnecken (1980) mit einer Förderleistung von 150 / 310 l/s.
- Rechenanlage (1994) bestehend aus einem Noggerat-Rechen mit 6 mm Spaltweite mit Waschpresse (2004) sowie einem Grobrechen mit 60 mm Spaltweite (1980) für das Regenwasser im Zulauf zu den RÜB.
- Sandfang belüftet (Gebläse DM3S aus 2005) mit Flotationsgerinne mit Notumlaufgerinne. Sandklassierer aus 2005.
- Zulaufmessung zur biologischen Stufe und MID-Schacht vor Verteilerbauwerk
- Drei RÜB mit 4 Strahlreiniger aus 2005

#### Biologische Stufe

- Quellschacht zur Aufteilung in die beiden Belebungsbecken
- Belebungsbecken I rund mit 33,90 m Durchmesser ergibt derzeit ein Gesamtnutzvolumen von 4.500 m<sup>3</sup>
- Belebungsbecken III rund mit 31,40 m Durchmesser ergibt derzeit ein Gesamtnutzvolumen von 2.800 m<sup>3</sup>
- Rücklaufschlammumpwerk bestehend aus vier KSB-Pumpen (je 22 kW – 296 m<sup>3</sup>/h) sowie Überschussschlammumpen (Je 3 kW) im KG Betriebsgebäude.
- Fünf Drehkolbengebläse je zwei für BBIII mit je 42,5 kW und drei Drehkolbengebläse mit je 37 kW für BBI
- Zwei Nachklärbecken als Rundbecken mit d = 27 m, ergibt ein Volumen von je 2.710 m<sup>3</sup>

#### Schlammbehandlung

- Eindicker mit einem Volumen von 250 m<sup>3</sup> und Krählwerk
- Zur Schlammentwässerung ist eine Zentrifuge (Hiller DP51 von 2012) angeordnet
- Polymerdosierstation Reiflock aus 2005 (2 x 3 kW)
- Nachgeschalteter Doppelwellenmischer zur Kalkzugabe (Kalksilo)
- Schlammager mit 4 x 400 m<sup>3</sup>

#### Sonstige Anlagenteile

- Betriebsgebäude zweistöckig als Mauerwerksbau mit Labor, Schaltwarte, Büro, Aufenthaltsraum, Sanitäranlagen, Niederspannungsraum sowie Werkstätten und einem Anbau
- Trafostation
- Kleines Gebäude (ehemals Pumpstation)
- Notstromgebäude
- Mengemessung mit Ablaufschacht (MID)

- Außenanlagen mit einem Zufahrtstor

Die chemische Phosphatelimination erfolgte in den Quellschacht.

### 2.1.5 Grad der Automatisierung der Anlagen

Auf der Kläranlage Altstadt sind digitale Zähler im Bereich der NSHV vorhanden.

Messpunkte sind:

- Einspeisung
- Zulaufgruppe
- Schlammwässerung
- Warte
- UV-Zulaufschacht, UV Sandklassierer, UV-Pumpenstation alt, UV-Ablaufschacht, UV-Betriebsgebäude EG, UV-Betriebsgebäude 1. OG und UV-Schlammagerplatz

### 2.1.6 Sanierungsbedarf von Technik und Peripherie

Auf der Kläranlage Altstadt ist aufgrund des Betriebsalters der Abwasserbehandlung sowie der aktuellen Belastungssituation eine Sanierung, Modernisierung und Ertüchtigung erforderlich. Dabei soll auch die energetische Situation (Stromverbrauch, Wärmeversorgung und Stromerzeugung) nachhaltig verbessert werden.

Folgende Sanierungen stehen an:

#### Zulaufpumpwerk:

Das bestehende Zulaufpumpwerk aus dem Jahr 1979 muss komplett erneuert werden. Hierbei müssen die drei Schnecken einschließlich Antrieb ausgetauscht werden. Die Motoren sollen in Zukunft über Frequenzumrichter gesteuert werden, somit wird ein gleichmäßiger Zulauf gewährleistet.

Alternativ können drei neue Rohrschnecken eingebaut werden. Dies hat den Vorteil, dass die Betonröge nicht erneuert werden müssen. Auch die Schaltanlage muss hierbei komplett erneuert werden.

#### Rechenanlage:

In Altstadt ist eine Rechenanlage im Abwasserstrom mit 6 mm Stababstand installiert. Diese stammt aus dem Jahr 1994. Bei einer Nutzungsdauer von 12 Jahren ist die vorhandene Anlage bereits seit 13 Jahren abgeschrieben.

Die Rechenanlage im Regenwasserstrom ist von 1980 und somit bereits seit 27 Jahren abgeschrieben. Hierbei handelt es sich um einen Grobrechen mit Stababstand > 20 mm.

Eine Rechengutwaschpresse mit Förderschnecke wurde im Jahr 2004 nachgerüstet.

Aufgrund der sehr hohen Alter sowie der großen Stababstände wird die Rechenanlage derzeit komplett zu erneuert.

#### Sand- und Fettfang:

Der vorhandene Sand- und Fettfang aus dem Jahr 1979 ist ausreichend für den „Normalzulauf“ dimensioniert. Aufgrund der hydraulischen Miseren und des hohen Alters sämtlicher Anlagenteile wird es als erforderlich angesehen, diesen komplett zu sanieren. Dies ist gesondert in weiteren Planungen wirtschaftlich zu betrachten.

Die Belüftung des Sandfanges wird von vorne nach hinten neu eingestellt. Die Stufung wird über ein Drittel Sandfanglänge mit 0,5 ( $\text{m}^3/\text{m}^3\text{h}$ ) und über zwei Drittel Sandfanglänge mit 0,05 ( $\text{m}^3/\text{m}^3\text{h}$ ) berechnet. Diese Vorgabe kann durch einen Strömungssimulation optimiert werden.

Auch die Schaltanlage muss hierbei komplett erneuert werden. Dies wird derzeit umgesetzt.

#### Biologischer Anlagenteil:

Die Biologie sowie die Nachklärung sind je nach zukünftiger Schlammstabilisierung auf dem Klärwerk Altstadt auszurichten. Die Gebläsestation sowie die Belüftung sind wirtschaftlich zu gestalten.

#### EMSR-Technik:

Die gesamte EMSR-Technik der Biologie ist sanierungsbedürftig.

### **2.1.7 Anfallende und entsorgte Schlammengen**

Der Klärschlamm wird mittels einer Zentrifuge, die sich vom Fabrikat Hiller DP51-422 seit 2012 in Betrieb befindet, entwässert (27 - 30 % TR). Das Filtrat wird gesammelt und in den Zulauf zur Vorklärung gegeben. Im Anschluss an die Zentrifuge ist ein Doppelwellenpaddelmischer angeordnet. Hier wird Kalk aus dem Kalksilo dem entwässerten Schlamm zugeführt. Das Schlamm-Kalk-Gemisch wird mittels einer Förderschnecke im Außenbereich abgeworfen und auf einen Schlamm lagerplatz (4 x 400  $\text{m}^2$  überdacht) zwischengelagert. Der Schlamm wurde in der Vergangenheit in der Landwirtschaft genutzt. Da dieser Weg in der nahen Zukunft nicht mehr zur Verfügung steht, muss die Schlamm entwässerung überdacht werden.

Tabelle 2: Rohschlammvolumen

	Abgabe Rohschlammanfall [m <sup>3</sup> /a]
2016	12.891
2017	11.198
2018	9.583
2019	7.631
2020	4.941

Dies ergibt für den Betrachtungszeitraum 2016-2020 eine Tagesfracht im Mittel vom 9.249 m<sup>3</sup>/d.

### 2.1.8 Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen

Derzeit ist keine eigene Energieerzeugung auf der Kläranlage Altenstadt vorhanden. Denkbar wäre, neben der Umstellung auf Faulung und einer Verwertung des Faulgases mit Stromerzeugung, eine PV-Anlage auf dem Dach des Schlammagerplatzes und bestehenden Gebäudes zu installieren.

## 2.2 Sensor-/Messtechnik und Kontrolle der Abwasserqualität

Auf der Kläranlage Altenstadt sind im Zu- und Ablauf automatische Probenehmer installiert.

Mindestens einmal pro Woche werden die Zulaufproben (24 h Mischprobe; durchflussproportional) analysiert und täglich die Ablaufproben.

Im Prozessleitsystem der Kläranlage werden folgende Parameter erfasst:

#### Firma WTW

- Zulauf
  - ✓ pH-Sonde incl. Temperatur
  - ✓ Leitfähigkeitssonde incl. Temperatur
- Belebungsbecken 1
  - ✓ Sauerstoffsonde
  - ✓ NH<sub>4</sub> Sonde
  - ✓ NO<sub>3</sub> Sonde
  - ✓ TS Sonde (ab Ende September 2021)
- Belebungsbecken 3
  - ✓ Sauerstoffsonde

- ✓ NH<sub>4</sub> Sonde
- ✓ NO<sub>3</sub> Sonde
- ✓ TS Sonde (ab Ende September 2021)
- Ablauf
  - ✓ pH-Sonde incl. Temperatur
  - ✓ Leitfähigkeitssonde incl. Temperatur
  - ✓ Sauerstoffsonde
  - ✓ Trübungssonde
- NKB 1 und NKB 2
  - ✓ Schlammspiegelmessung

#### Firma Nivus

- RÜB
  - ✓ Durchflussmessung

#### Firma Endress + Hauser

- Zulauf
  - ✓ Durchflussmessung
- Ablauf
  - ✓ Durchflussmessung
- NKB 1 UND NKB 2
  - ✓ Durchflussmessung Rücklaufschlamm
  - ✓ Durchflussmessung Überschussschlamm
- Belebungsbecken 1 und 3
  - ✓ Mengenummessung Luft jeweils

#### Firma VEGA

- Radarsonden zur Höhenstandsmessung in mehreren Bereichen der Kläranlage

## 2.3 Personalsituation

Die Kläranlage Altstadt ist lediglich mit sechs Personen besetzt, davon 1 Abwassermeister (Betriebsleiter), 1 Fachkraft für Abwassertechnik (Stellvertreter. Betriebsleiter), und vier Mitarbeiter.

Das Personal nimmt regelmäßig an Schulungsveranstaltungen sowie den Treffen der Kläranlagennachbarschaften teil. Durch kontinuierliche Weiterbildungen verfügt das Personal

über eine hohe Qualifikation.

## 2.4 Beabsichtigte Planungen

Zur energetischen Optimierung der Anlage sollen im Rahmen der Kommunalrichtlinie folgende Einzelmaßnahmen umgesetzt und entsprechende Fördergelder beantragt werden:

- Erneuerung der Belüftungseinrichtung sowie Verlegung der Gebläsestation
- Erneuerung von Pumpen und Motoren
- Implementierung eines Energiemanagementsystems
- Umstellung auf anaerobe Stabilisierung (Faulung)

## 2.5 Analyse des Energieverbrauchs

### 2.5.1 Aufnahme aller wichtigen Energieverbraucher, geordnet nach Anlagenteilen

In folgender Tabelle sind die wichtigsten Energieverbraucher mit ihren Kenndaten zusammengestellt.

**Tabelle 3: Zusammenstellung der wichtigsten Energieverbraucher**

Anlagenteil	Verbraucher	Nennleistung Motor (KW)
<b>Regenwasserbehandlung</b>	Stralreiniger 1	13,5
	Stralreiniger 2	13,5
	Stralreiniger 3	13,5
	Stralreiniger 4	13,5
<b>Zulaufpumpwerk</b>	Trockenwetterschnecke 1	18,5
	Trockenwetterschnecke 2	37
	Regenwetterschnecke	45
<b>Mechanische Vorreinigung</b>	RW Rechen	2
	Feinrechen	2
	Rechengutwaschpresse	2,2
	Rechengutförderschnecke	2,2
	Sandfanggebläse 1	3,5
	Sandfanggebläse 2	3,5
	Schieber	1
	Elektroheizung 1-8	2

<b>Belebung</b>	Gebläse 1	37
	Gebläse2	37
	Gebläse3	37
	Gebläse4	37
	Gebläse5	37
	Rührwerk 1-2	2,3
	Rührwerk 3-4	2,2
	RLS-Pumpe 1	22
	RLS-Pumpe 2	22
	RLS-Pumpe 3	22
	RLS-Pumpe 4	22
<b>Nachklärung</b>	NKB 1-Rinnenreinigung	0,75
	NKB 2-Rinnenreinigung	0,75
	NKB 1-Schwimmschlamm.	1,3
	NKB 2-Schwimmschlamm.	1,3
	NKB 1-Fahrtrieb Räumer	0,37
	NKB 2-Fahrtrieb Räumer	0,37
<b>Phosphatfällung</b>	Phosphatpumpe 1	0,024
	Phosphatpumpe 2	0,024
<b>Schlammbehandlung</b>	ÜSS-Pumpe 1	3
	ÜSS-Pumpe 2	3
	Heißluftgebläse	7
	Krählwerk	0,18
	Zentrifuge	15
	Doppelwellenmischer	3,5
	Beschickungspumpe 1	3
	Beschickungspumpe 2	3
	Polymerrührer Kompressor	1,1
	Polymerpumpe zum Ansatzbehälter	1
	Ansatzbehälterrührer	1,1
	Polymerpumpe von Anstazbehälter 1	0,75
	Polymerpumpe von Anstazbehälter 2	0,75
	Elektroheizung 1-3	2
	Kalk-System Gebläse	2,3
	Kalkschnecke	1,5
	Motor Silo	0,37
<b>Hochwasserpumpwerk</b>	Hochwasserpumpe 1	16,8
	Hochwasserpumpe 2	16,8

## 2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten

Der Gesamtstromverbrauch der Kläranlage Altenstadt lag im 2020 bei 1.169.664 kWh/a. Dies entspricht einem spezifischen Stromverbrauch von ca. 62 kWh/(EW·a).

Um einen Überblick über die Verteilung des Stromverbrauchs innerhalb der Kläranlage zu erhalten, wurde der folgende Weg beschritten:

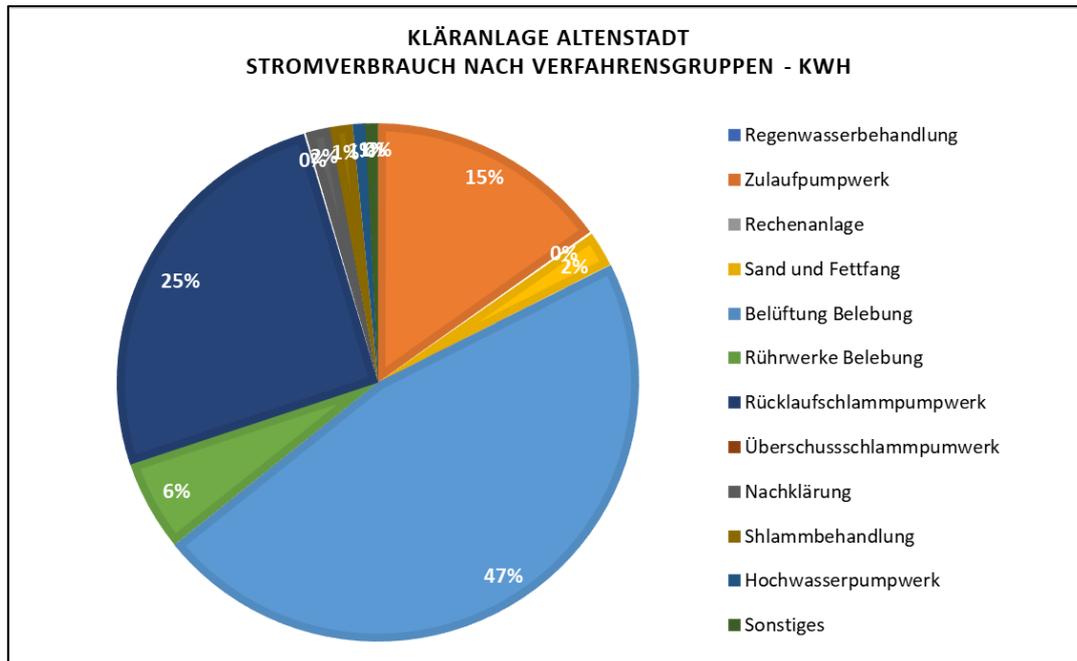
- In einer aufgestellten Aggregatenliste sind die wesentlichen Stromverbraucher der Kläranlage sowie ihre kontinuierlich dokumentierten Betriebsstunden erfasst. Darüber hinaus wurden für die wesentlichen Pumpen und Gebläse Plausibilitätskontrollen durchgeführt, deren Ergebnisse ebenfalls in die Aggregatenliste eingeflossen sind.

Der Verbrauch kann wie folgt auf die einzelnen Anlagenstufen aufgeteilt:

**Tabelle 4: Zusammenstellung Stromverbräuche (Jahr 2020)**

<b>Verbraucher</b>	<b>Stromverbrauch 2020 [kWh/a]</b>
Zulaufpumpwerk	176.558
Rechenanlage	2.500
Sand und Fettfang	25.754
Belüftung Belebung	546.013
Rührwerke Belebung	66.226
Rücklaufschlammumpwerk	298.563
Überschussschlammumpwerk	1.814
Nachklärung	18.026
Schlammwässerung	16.076
Regenwasserbehandlung	318
Hochwasserpumpwerk	9.307
Sonstiges	8.500
<b>Summe</b>	<b>1.169.655</b>

Die Aufteilung des Stromverbrauches auf die unterschiedlichen Verfahrensstufen ist in folgender Abbildung grafisch dargestellt.



**Abbildung 5: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2020)**

Größte Verbrauchergruppe mit einem Anteil von rund 80 % ist die Belebungsstufe (Belüftung, Umwälzung, Rücklaufschlammumpen, Nachklärung).

Größter Verbraucher ist hier die Gebläsestation mit einem Anteil von 47 %. Die weiteren Verbraucher der Gruppe „Belebung“ sind das RS-Pumpwerk mit einem Anteil von 25% und die vier Rührwerke mit einem Anteil von 6 %.

Die Verbrauchergruppe „Zulaufpumpwerk“ ist die zweitgrößte Verbrauchergruppe der Kläranlage Altenstadt mit einem Anteil von 15 %.

Eine Stromverbrauchsmenge von ca. 5% (ca. 64.200 kWh/a) verbleibt für die sonstigen Verbraucher und die nicht erfassten Verbraucher (Betriebsgebäude; Beheizung; Entlüftung; P-Fällung, Laufbahnheizung; Schlammindickung, ...)

### 2.5.3 Wärmebedarf auf der Anlage

Der Wärmebedarf der KA Altenstadt wird über einen Gas-Brennstoff gedeckt. Dieser verbrauchte im Jahr 2020 ca. 6.047 m<sup>3</sup> Gas.

Die Wärmeenergie kann über die verstromte Gasmenge, den Heizwert und den thermischen Wirkungsgrad abgeschätzt werden.

$$6.047 \text{ m}^3/\text{a} \times 10,1 \text{ kWh/m}^3 \times 70 \% = 42.752 \text{ kWh/a}$$

## 2.6 Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz

Für die Ermittlung der Treibhausgasbilanz werden folgende Ansätze verwendet:

- Erdgas: 0,202 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sup>1</sup>
- Strom: 537 g CO<sub>2</sub>/kWh<sup>2</sup>

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Kläranlage Altenstadt wird hauptsächlich durch den Stromverbrauch verursacht. Durch den Stromverbrauch werden rund 628 t CO<sub>2</sub>/a ausgestoßen.

Durch den Erdgasverbrauch werden etwa 8,6 t CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Dies macht ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von insgesamt 636,6 t pro Jahr.

## 2.7 Bewertung anhand energetischer Beurteilungskriterien

### 2.7.1 Energiecheck

Der Energiecheck nach DWA-A 216 liefert erste Auskünfte über den Energieverbrauch und die Energieerzeugung der Kläranlage Altenstadt. Er gibt anhand von Kennzahlen, die über Häufigkeitsverteilungen des DWA-Leistungsvergleichs eingeordnet werden können, Erkenntnisse über offenkundige Defizite der Anlage. Dabei werden jedoch keine quantitativen Aussagen getroffen und die Aussagekraft der Häufigkeitsverteilungen schwankt, je nachdem wie viele Kläranlagen zur Bestimmung berücksichtigt wurden.

Zur eigenen Positionsbestimmung wird gemäß DWA-A 216 die Durchführung eines jährlichen Energiechecks empfohlen. Die Ermittlung der folgenden Daten erfolgte anhand der Monatsberichte 2020.

**Tabelle 5: Daten für den Energiecheck, 2020**

Parameter	Formelzeichen	Einheit	Belastung 2020
Einwohner (mittlere Belastung gemäß CSB-Fracht)	E	EW <sub>120</sub>	18.840
Gesamtstromverbrauch	E <sub>ges</sub>	kWh/a	1.169.664
Gesamtverbrauch Belüftung	E <sub>Bel</sub>	kWh/a	546.013
Gesamtverbrauch Zulaufhebwerk	E <sub>PW, Zulauf</sub>	kWh/a	176.558
Gesamtverbrauch Rücklaufschlammumpwerk	E <sub>PW, RS</sub>	m <sup>3</sup> /a	298.563
Abwassermenge	Q <sub>PW</sub>	m <sup>3</sup> /a	2.332.809

<sup>1</sup> UBA, CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe Climate Change 27/2016

<sup>2</sup> UBA, zitiert in Berechnungsformular zu 2.13.3

**Tabelle 6: Kennwerte des Energiechecks und Einordnung nach DWA-A 216 (Stand 2015)**

Kennwert	Formelzeichen	Einheit	Belastung 2020	Median nach DWA-A 216	Beste 10 % nach DWA-A 216
Spezifischer Gesamtstromverbrauch	$e_{ges}$	kWh/EW*a	62	33,51	22
Spezifischer Stromverbrauch der Belüftung	$e_{Bel}$	kWh/EW*a	29	17	10
Spezifischer Stromverbrauch des Zulaufhebewerkes	$e_{PW,Zulauf}$	Wh/(m <sup>3</sup> ·m)	11,3	6,8	4,7
Spezifischer Stromverbrauch des Rücklaufschlammumpwerk	$e_{PW,RS}$	Wh/(m <sup>3</sup> ·m)	11,2		

In Tabelle 7 werden die Beurteilungskriterien mit den nach aufgestellten Ziel- und Toleranzwerten verglichen.

**Tabelle 7: Vergleich der Beurteilungskriterien mit den Ziel- und Toleranzwerten**

Parameter	Einheit	GK 3 bis 5		
		Zielwert	Toleranzwert	Istwert
gesamter spezifischer Energieverbrauch $e_{ges}$	kWh/(EW·a)	23	35	62
spezifischer Energieverbrauch der Belüftung $e_B$	kWh/(EW·a)	12	18	29
spezifischer Energieverbrauch des Zulaufhebewerkes $e_{PW,Zulauf}$	Wh/(m <sup>3</sup> ·m)	4	6	11,3
Spezifischer Stromverbrauch des Rücklaufschlammumpwerk $e_{PW,RS}$				11,2
Eigenversorgungsgrad-Elektrizität	[%]	70	60	0

Der Energieverbrauch der Kläranlage Altenstadt liegt im Jahr 2020 bei 62 kWh/(EW·a) und somit oberhalb des Toleranz- und Zielwertes. Nach der Definition des Ziel- und Toleranzwertes ist daher zu erwarten, dass Einsparpotenziale erschlossen werden können. Das Einsparpotenzial liegt bezogen auf den Zielwert bei rund 734.760 kWh/a (39 kWh/(EW·a)) und bezogen auf den Toleranzwert bei rund 508.680 kWh/a (27 kWh/(EW·a)).

Der Energieverbrauch der Belüftung liegt für das Jahr 2020 bei 29 kWh/(EW·a) und somit deutlich oberhalb des Zielwertes. Der Energieverbrauch des Zulaufhebewerkes liegt für das Jahr 2020 bei die 3 Schnecken = 11,3 kWh/ (1.000 m<sup>3</sup>·m) und damit oberhalb des Zielwertes.

Der Energieverbrauch des Rücklaufschlammumpwerks liegt für das Jahr 2020 bei den vier Pumpen = 11,2 kWh/ (1.000 m<sup>3</sup>·m) deutlich oberhalb des Zielwertes.

Der Eigenversorgungsgrad von mindestens 70 %, als auch der spezifische jährliche Energiebedarf von maximal 23 kWh/Einwohner werden derzeit mit 0 % bzw. 62 kWh/Einwohner nicht erreicht.

### **2.7.2 Idealwertbestimmung nach DWA-A 216**

Gemäß dem Arbeitsblatt DWA A-216 sind nachfolgend die spezifischen Stromverbräuche der Aggregate mit den anlagenspezifischen Idealwerten verglichen um Optimierungspotenziale abzubilden. Zur Berechnung der Idealwerte wurden Kennzahlen des Arbeitsblattes DWA A 216 sowie die aus dem Prozessleitsystem ausgelesenen Betriebsdauern sowie weitere anlagenspezifische Randbedingungen genutzt.

Dabei ist zu beachten, dass die anlagenspezifischen Idealwerte auf theoretischen Berechnungen basieren, die nicht alle örtlichen Randbedingungen der Anlage sowie deren Anforderungen berücksichtigen.

Tabelle 8: Einsparpotenzial IST-Zustand

	A	B	C	D	F=A-C
Verfahrensschritt	IST Stromverbrauch	IST spez. Stromverbrauch	Anlagenbezogener Idealwert	Idealwert spez. Stromverbrauch	Einsparpotenzial
	kWh/a	kWh/(E*a)	kWh/a	kWh/(E*a)	kWh/a
<b>Zulaufhebwerk</b>	<b>176.558</b>	<b>9,37</b>	<b>70.334</b>	<b>3,73</b>	<b>106.224</b>
<b>Mechanische Reinigung</b>	<b>28.254</b>	<b>1,50</b>	<b>16.654</b>	<b>0,88</b>	<b>11.600</b>
Rechen, inkl. Rechenwaschgutpresse	2.500	0,13	1.884	0,10	616
Sandfang und Fettfang	25.754	1,37	14.770	0,78	10.984
<b>Biologische Reinigung</b>	<b>928.828</b>	<b>49,30</b>	<b>646.082</b>	<b>34,29</b>	<b>282.746</b>
Biologie Belüftung/Gebläse	546.013	28,98	443.383	23,53	102.630
Biologie Umwälzung	66.226	3,52	66.226	3,52	-
Rücklaufschlammumpwerk	298.563	15,85	119.673	6,35	178.890
Nachklärung	18.026	0,96	16.800	0,89	1.226
<b>Schlammbehandlung</b>	<b>17.890</b>	<b>0,95</b>	<b>15.531</b>	<b>0,82</b>	<b>2.359</b>
Schlammwässerung	16.076	0,85	13717	0,73	2.359
ÜSS-Pumpwerk	1.814	0,10	1.814	0,10	-
<b>Hochwasserpumpwerk</b>	<b>9.307</b>	<b>0,49</b>	<b>9.307</b>	<b>0,49</b>	-
<b>Regenwasserbehandlung</b>	<b>318</b>	<b>0,02</b>	<b>318</b>	<b>0,02</b>	-
<b>Sonstiges</b>	<b>8.500</b>	<b>0,45</b>	<b>7.000</b>	<b>0,37</b>	<b>1.500</b>
<b>SUMME</b>	<b>1.169.655</b>	<b>62</b>	<b>765.227</b>	<b>40,6</b>	<b>404.428</b>

Nach erster Einschätzung gemäß Tabelle 8 wird ersichtlich, dass ein erhebliches Energieeinsparpotenzial im Rücklaufschlammumpwerk, Zulaufhebwerk und in der biologischen Anlage steckt. Daher beabsichtigen wir die Erneuerung der Pumpen, Motoren und der Belüftung auf der Kläranlage Altstadt zur Förderung von Klimaschutzinvestitionen zu beantragen.

Vergleicht man den ermittelten Gesamtstromverbrauch mit der bezogenen Strommenge des Jahres 2020, ergibt sich eine Differenz von rund 8.500 kWh/a. Diese Differenz beinhaltet den Stromverbrauch der sonstigen Verbraucher (Betriebsgebäude; Beheizung; Entlüftung...) und den Stromverbrauch der nicht erfassten Verbraucher (Polymeraufbereitungsstation, Förderband; FU-geregelte Aggregate, Eigenverluste der FU; u.a.) sowie messbedingte Ungenauigkeiten bei der Stromverbrauchserfassung in einer Größenordnung von etwa 2 - 8 %. Hier ist für die sonstigen Verbraucher und die nicht erfassten Verbraucher eine große energetische Optimierung notwendig ist.

---

Durch die Ertüchtigung der Kläranlage Altstadt, die geplante Umstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung mit einer geplanten Faulung ergeben sich weitere Einsparpotenziale, die in den folgenden Kapiteln näher erläutert werden. Mit der Verfahrensumstellung beabsichtigen wir auch den Förderantrag für die Anwendung innovativer, neuer Verfahren, neuer Verfahren der Abwasserreinigung zu beantragen.

## 3 Potenzialanalyse

Entsprechend den Abweichungen von berechneten tatsächlichen spezifischen Verbrauchswerten und Idealwerten können mögliche Potentiale zur Verbrauchsoptimierung aufgezeigt werden. Folgend werden ebenfalls Potentiale zur Optimierung der Eigenstromerzeugung sowie der sonstigen Reduktion von Treibhausgasemissionen untersucht.

### 3.1 Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienzpotenziale

Im Zuge der Bestandaufnahme, Bilanzierung und Überrechnung der Kläranlage Altstadt wurden die folgenden Energieeffizienzpotenziale identifiziert. Die Höhe der Einsparungen sowie die Investitionskosten der kurzfristigen Einsparungen, bei welchen wir die Beantragung einer Förderung beabsichtigen, sind in Kapitel 4 berechnet.

#### **Kurzfristige Potenziale**

Als kurzfristige Maßnahmen gelten Maßnahmen mit Amortisationszeiten bis 4 Jahre. Diese Maßnahmen sind mit geringen Investitionskosten verbunden und können im laufenden Betrieb umgesetzt werden.

##### Zulaufpumpwerk

Durch Erneuerung der Motoren des Zulaufpumpwerkes (Baujahr 1980) mit Blick auf das energetische Optimierungspotential und die Nutzungsdauer, kann durch den Einsatz energieeffizienter Aggregate der Stromverbrauch gesenkt werden. Ebenfalls sollte die Ansteuerung der Pumpen durch Frequenzumrichter erfolgen die eine bedarfsorientierte Regelung ermöglichen.

##### Belebung

Der Bau einer Vorklärung und die Umstellung von aerober simultaner Schlammstabilisierung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung im Faulbehälter bewirkt eine Verringerung des Sauerstoffbedarfs. Mit dem Einbau von effizienten Belüftern und dem Austausch der Gebläse kann der Energieverbrauch für die Belüftung minimiert werden.

##### Rücklaufschlammumpwerk

Durch Erneuerung der Pumpen des Rücklaufschlammumpwerks könnten die Einsparungspotentiale der beiden Pumpen genutzt werden. Für eine Erneuerung spricht ebenfalls das Alter der Pumpen sowie der Zustand. Bei der Erneuerung der Pumpen sollen gezielt energiesparende Motoren eingesetzt werden.

### EMSR-Technik

Die gesamte EMSR-Technik ist sanierungsbedürftig (Zulaufpumpwerk, Rechenanlage, Belebung) wird erneuert. Nur mit einer Erneuerung der Steuerung und Automatisierung der Aggregate kann ein stromsparender Betrieb sichergestellt werden.

### Sonstige Einsparmöglichkeiten

Weiteres Sparpotential bietet die Beleuchtung. In den weniger oft besuchten Räumen, wie in Kellern oder Maschinenräumen, helfen Bewegungsmelder und Zeitschaltuhren, dass die Beleuchtung nicht unnötig eingeschaltet bleibt umso Energie zu sparen. Eine weitere Möglichkeit Strom zu sparen ist das Austauschen der Beleuchtung gegen LED. Die Betriebsmitarbeiter können aktiv Strom sparen, indem sie energiesparend und umweltbewusst arbeiten, z. B. den Computer bei längerem Verlassen des Arbeitsplatzes ausschalten.

### **Mittelfristige Potentiale**

Anhand der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden Maßnahmen, die sich in mehr als vier und in weniger als 10 Jahren amortisieren, als mittelfristig eingestuft.

### Installation von Photovoltaikmodulen

Die Dachflächen auf der Kläranlage mit einer Größe von rund 500 m<sup>2</sup> können sehr gut für eine PV-Anlage genutzt werden. Im Mittel liefert eine Photovoltaikanlage in Deutschland etwa 900 kWh pro kW<sub>p</sub> im Jahr. Für ein kW<sub>p</sub> sind etwa 7 bis 8 Quadratmeter Modulfläche erforderlich, so dass eine PV-Anlage mit rund 92 kW<sub>p</sub> möglich ist. Zur Erhöhung des Anteils eigengenutzten Stromes kann zusätzlich (ggf. zu einem späteren Zeitpunkt) ein Batteriespeicher eingesetzt werden.

### **Langfristige Potentiale**

Als langfristige Maßnahmen werden Maßnahmen bezeichnet, die sich in mehr als zehn Jahren amortisieren.

### Sandfang

Nach Auswertung des Idealwertvergleichs ist beim Sandfang ein Einsparpotenzial vorhanden. Es ist das Augenmerk auf die Sandfanggebläse zu legen, da diese so groß sind und als Dauerläufer einen hohen Stromverbrauch aufweisen. Des Weiteren sind die sanierungsbedürftigen Luftleitungen (Stahlleitungen) zu erneuern. Hier sollte eine gestufte Belüftung umgesetzt werden, welche am Einlaufbereich verstärkt und in der weiteren Sandfanglänge verringert wird. Durch die Reduzierung des Luftvolumenstroms beim gestuften Lufteintrag kann eine Reduzierung der Energiekosten erreicht werden.

Der Fettabzug wird automatisiert, das Fett wird der Faulung zugeführt. Hierdurch wird sich die Klärgasausbeute und der Eigenversorgungsgrad erhöht.

Aufgrund der hydraulischen Mismischen und des hohen Alters sämtlicher Anlagenteile wird der Sand und Fettfang derzeit komplett zu erneuert.

### Vorklärung

Der Bau einer Vorklärung bewirkt eine Verbesserung der Ablaufwerte. Durch die Elimination in der Vorklärung verringert sich die Belastung der Belebung und der Sauerstoffbedarf sinkt.

### Schlammfäulung

Bei Umstellung der Belebung auf anaerobe Schlammstabilisierung wird Klärgas als eigener Energieträger erzeugt, das wiederum für die Eigenversorgung der Anlage mit Wärme und Strom genutzt werden kann. Allerdings verursacht der Betrieb des Faulraums auch einen zusätzlichen Strom- und Wärmebedarf.

### BHKW

Für die Verwertung des Klärgases sollte ein effizientes BHKW eingesetzt werden.

## **3.2 Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen durch Digitalisierung und Energiemanagementsysteme**

Durch Zertifizierung eines Energiemanagementsystems wird eine Auswerteroutine implementiert, die auch im Sinne einer Erfolgsbewertung umgesetzter Maßnahmen (s. Kap. 4.3) einen stundenaktuellen Einblick in zu definierende Prüfwerte ermöglicht. Durch ein solches Energiemanagementsystem wird durch Aufzeichnung der Energieströme die Identifikation energetischer Potentiale erleichtert und eine kontinuierliche Verbesserung der energetischen Nutzung ermöglicht.

Um eine gute Datengrundlage für das Energiemanagementsystem zu schaffen, sind weitere Messungen erforderlich. Zur Auswertung sollte eine geeignete Software beschafft werden. Die Erstzertifizierung kann durch einen fachkundigen Dienstleister erfolgen.

Die meisten größeren Stromverbraucher werden nahezu kontinuierlich betrieben und bieten kein Potenzial, um den Stromverbrauch zu flexibilisieren und dem Angebot anzupassen.

## **3.3 Definition von Einspar- und Versorgungszielen**

Durch die o. g. kurzfristigen Sanierungsmaßnahmen soll der einwohnerspezifische Stromverbrauchswert weiter reduziert werden. Damit einhergehend wird der energetische Deckungsgrad durch erneuerbare Energien gesteigert.

Konkret soll die Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen mindestens folgende Einspar- und Versorgungsziele erreichen:

- Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme durch auf dem Kläranlagengelände erzeugte Energie von mindestens **70 %**.

- Spezifischer jährlicher Strombedarf der gesamten Anlage (inkl. lokal umgewandelter Energie) von maximal **23 kWh/EW** bezogen auf die tatsächliche Belastung im Jahresmittel.

### **3.4 Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele**

Nach erster Betrachtung und Einschätzung der Energieeffizienzpotenziale planen wir für die Erneuerung von Pumpen und Motoren in Abwasseranlagen (2.13.3), die Anwendung innovativer, neuer Verfahren der Abwasserreinigung (2.13.5) und die Erneuerung der Belüftung in Abwasseranlagen (2.13.2) sowie Neubau Vorklärung und Umstellung auf Faulung (2.13.4) Fördermittel zu beantragen, welche in Kapitel 4 Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung näher erläutert werden.

## 4 Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung

### 4.1 Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen

Das Thema Energieverbrauch wurde bereits in den letzten Jahren integraler Bestandteil der Sanierungsmaßnahmen. Auf der Kläranlage Altstadt wurden in den letzten Jahren keine Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz durchgeführt, das zeigen sie ständig hohen Verbräuche der letzten Jahre (siehe folgende Abbildung).

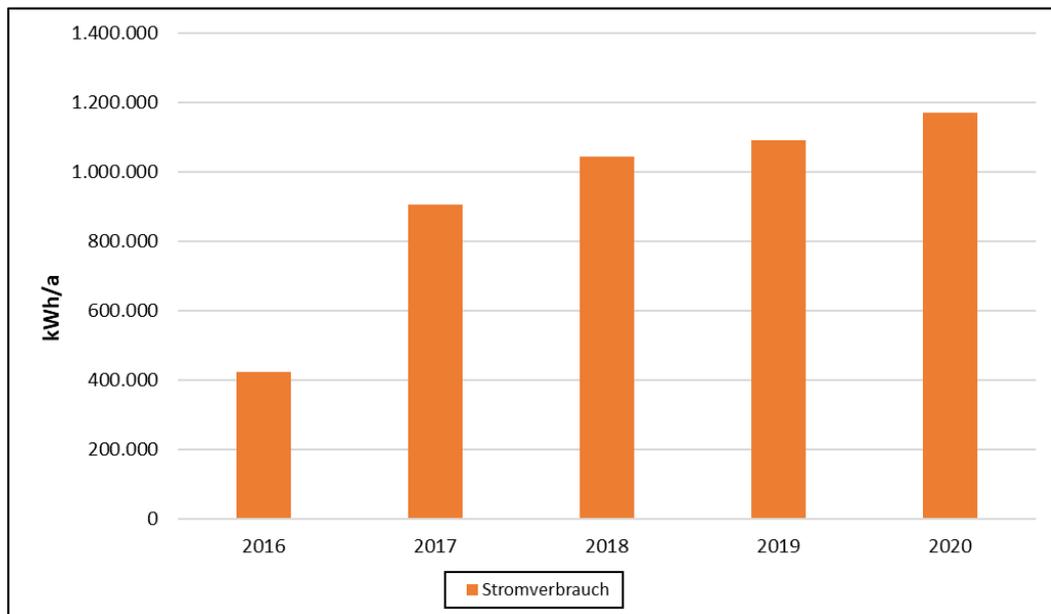


Abbildung 6: Stromverbrauch der Kläranlage Altstadt von 2016-2020

Tabelle 9: Ermittlung spezifischer Stromverbrauch der Kläranlage Altstadt

Jahr	Gesamter Stromverbrauch [kWh/a]	Einwohner- gleichwert [EW]*	Spez. Stromverbrauch [kWh/(EWxa)]
2016	423.298	17.942	23,6
2017	905.563	16.041	56,4
2018	1.043.005	23.825	43,8
2019	1.121.585	19.225	58,3
2020	1.169.644	18.840	62

\*EW: Mittlere Belastung in EW aus der mittleren CSB-Fracht von 120 g/(EW\*d).

Der Gesamtwert des spezifischen Stromverbrauchs im DWA - Ländervergleich 2012 beträgt 33,0 [kWh/(EW×a)].

**Tabelle 10: Spezifischen Stromverbrauchs im DWA - Ländervergleich 2012**

Betriebsjahr 2012	angeschl. EW	Stromverbrauch aller Kläranlagen	
	Mio. EW	Mio. kWh	kWh/ (EW-a)
<b>Größenklasse 1</b>	0,086	<b>5,3</b>	61,8
<b>Größenklasse 2</b>	0,701	<b>28,4</b>	40,5
<b>Größenklasse 3</b>	0,972	<b>34,3</b>	35,3
<b>Größenklasse 4</b>	7,645	<b>238,7</b>	31,2
<b>Größenklasse 5</b>	6,892	<b>231,5</b>	33,6
<b>alle Kläranlagen</b>	<b>16,296</b>	<b>538,2</b>	<b>33,0</b>

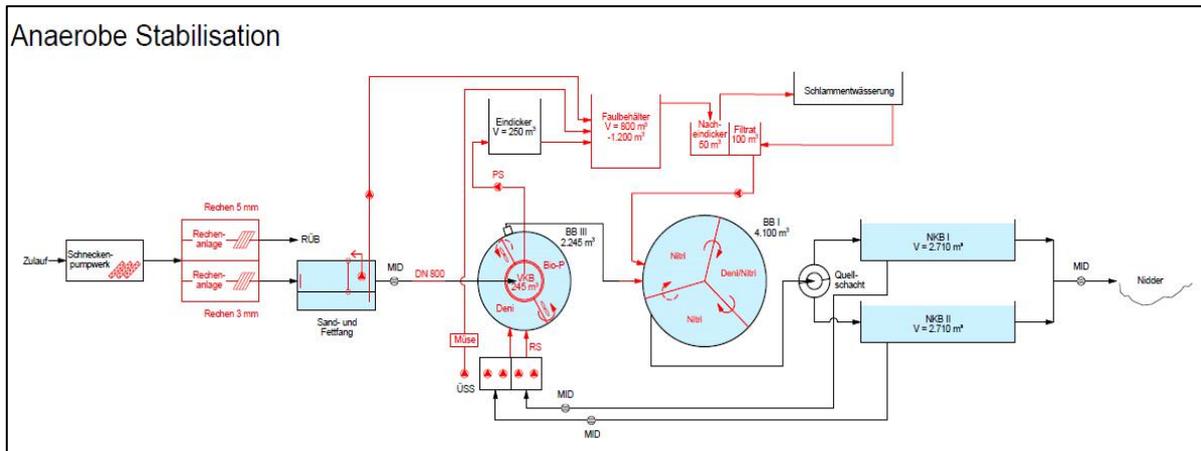
In der obigen Tabelle ist der jährliche Stromverbrauch in Kläranlage in Größenklassen angegeben. Hierbei steht für den spezifischen Stromverbrauch der Kläranlage der Größenklasse 4 in Höhe von 31,2 kWh/(EW \* a) zu buche.

Damit wird festgestellt, dass der spezifische Stromverbrauch auf dem Klärwerk Altstadt ab dem Jahr 2017 im Vergleich zum spezifischen Stromverbrauch der Kläranlage der Größenklasse 4 viel zu hoch ist.

Die genannten Maßnahmen wirkten sich positiv auf die Steigerung der Energieeffizienz aus. Dennoch müssen noch weitere Maßnahmen umgesetzt werden, um das Ziel von einem jährlichen spezifischen Energiebedarf von maximal 23 kWh/EW sowie einen Eigenversorgungsgrad von größer 70 % erreichen zu können.

## 4.2 Überblick der geplanten Änderungen

Die Kläranlage Altstadt soll auf eine Ausbaugröße von 32.800 EW (85%-Perzentilwert) erweitert und in diesem Zuge das Reinigungsverfahren von simultaner aerober Schlammstabilisierung auf Faulung umgestellt werden (siehe Abbildung 7).



**Abbildung 7: Verfahrensschema Ausbau der Kläranlage Altenstadt**

Die Erweiterung der Anlage und Umstellung sieht den Neubau einer Vorklärung, der Sanierung der bestehenden Belebungsbecken und den Bau einer eigenen Faulung mit Nutzung des Faulgases in einem BHKW vor.

Die Potenzialanalyse wird für die zukünftige Belastung der Kläranlage Altenstadt erstellt.

Für die Ermittlung der Einsparpotenziale bzw. des spezifischen Stromverbrauches werden folgende Randbedingungen festgelegt:

- Erhöhung der mittleren Schmutzfrachten und dementsprechend eine Erhöhung der Einwohnerwerte zur Ermittlung der spezifischen Verbrauchswerte auf **22.013 E** (mittlere Belastung).
- Umstellung von simultaner aerober Schlammstabilisierung auf Faulung.

### **4.3 Detaillierte Beschreibung möglicher Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen, von Maßnahmen zur klimafreundlichen Betriebsoptimierung und zur effizienten und klimaschonenden Energieerzeugung**

Die Beschreibung der Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen beinhaltet außer der Darstellung der Einsparpotenziale auch eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Dabei werden die berechneten Einsparpotenziale den Investitionskosten gegenübergestellt. Für die Berechnung wird ein einheitlicher Strompreis von 0,30 €/kWh angesetzt. Zusätzlich anfallende Betriebs- und Wartungskosten werden nicht berücksichtigt. Zu beachten ist, dass es sich bei den Investitionskosten nur um grobe Schätzungen handelt. Zur genaueren Angabe von Kosten ist eine ausführliche Planung notwendig.

### 4.3.1 Optimierung Zulaufpumpwerk

Grundsätzlich wurden bei den Motoren drei Effizienzklassen eff1, eff2 und eff3 unterschieden. In die Klasse eff3 vielen die konventionellen Motoren mit den üblichen Wirkungsgraden. Mit eff2 wurden die im Wirkungsgrad verbesserten Motoren und mit eff3 die hocheffizienten Motoren bezeichnet. Die Klassifizierung der Motoren änderte sich mit der im August 2009 erschienenen DIN EN 60034-30. Hierin werden ebenfalls drei Wirkungsgrad - Klassen unterschieden, wobei die Standard-Motoren der Klasse IE1 zugeordnet werden. Motoren mit hohem Wirkungsgrad gehören zur Klasse IE2 und Motoren mit Premium-Wirkungsgrad zur Klasse IE3. Eine Übersicht über die Effizienzklassen findet sich in Tabelle 11. Welche Motoren sinnvollerweise ausgetauscht werden sollen, kann im Rahmen einer Einzelanalyse ermittelt werden.

Tabelle 11: Energieeffizienzklassen

Bezeichnung	Effizienzklasse	
	Leistung	
	neu DIN EN 60034-30	alt CEMEP
Premium Effizienz	IE 3	
Hohe Effizienz	IE 2	Eff1
Standard Effizienz	IE 1	Eff2
unterhalb Standard Effizienz	---	Eff3

Abbildung 8 zeigt die nominalen Grenzwerte für Standard- Wirkungsgrade nach DIN EN 60034-30, die ein Motor mindestens erfüllen muss, um den jeweiligen Standard-Wirkungsgrad zu erreichen. Wie zu erkennen ist, steigt mit größerer Motorleistung der erforderliche Wirkungsgrad. Zudem wird der Unterschied des Wirkungsgrades geringer.

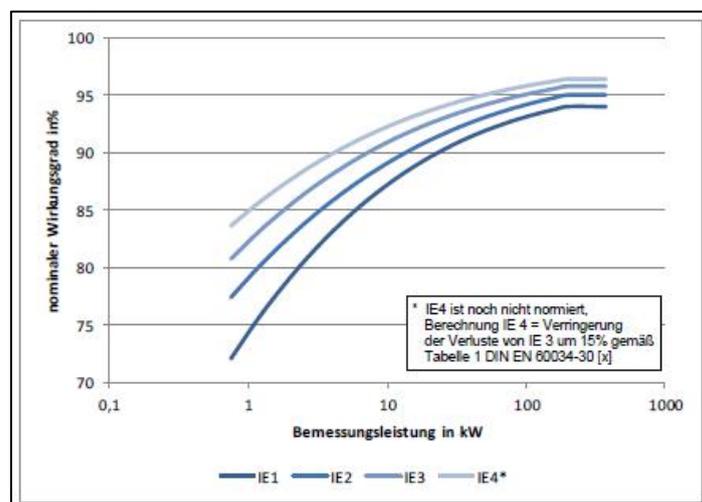


Abbildung 8: Nominale Grenzwerte für Standard-Wirkungsgrade nach DIN EN 60034-30

Die Erneuerung des Zulaufpumpwerks soll durch Austausch der bestehenden Pumpen und Motoren erfolgen. Es sollen gezielt Pumpen mit einem niedrigen Energieeffizienzindex und energieeffiziente Motoren vorgesehen werden. Des Weiteren ist die Steuerungstechnik zu erneuern.

Durch eine Erneuerung der Förderpumpe und Motoren kann entsprechend der Differenz aus Ist- und Idealwert eine Energieeinsparung von ca. 106.224 kWh/a erreicht werden. Unter Zugrundelegung eines Strompreises von ca. 0,30 €/kWh ergibt sich eine monetäre Einsparung von ca. 31.867 €/a. Durch den verringerten Strombedarf werden jährliche ca. 57 t CO<sub>2</sub>/a CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

#### **4.3.2 Austausch der Gebläse des Sand- und Fettfangs**

Der Sand- und Fettfang ist hydraulisch zu optimieren, die gesamte technische Ausrüstung (Räumer, Pumpen, Rohrleitungen, Gebläse, Belüfter etc.) muss optimiert und erneuert werden. Aufgrund der Sand - Recyclinganlage wird empfohlen, einen neu zu dimensionierendem Sand - und Fettfang zu errichten. Zudem soll das vorhandene Gebläse gegen kleinere Gebläse getauscht. Das Gebläse hat eine kleinere Motor- und Luftleistung und zudem Motor mit einer höheren Energieeffizienz von mindestens IE3.

Außerdem, wird die Belüftung des Sandfanges von vorne nach hinten neu eingestellt. Die Stufung wird über ein Drittel Sandfanglänge mit 0,5 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>h) und über zwei Drittel Sandfanglänge mit 0,05 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>h) berechnet. Diese Vorgabe kann durch einen Strömungssimulation optimiert werden.

Die durch diese Maßnahme zu erwartende Stromeinsparung pro Jahr beträgt 10.984 kWh bzw. 3.295 €/a. Dem entsprechend werden 5,9 t CO<sub>2</sub>/a CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

#### **4.3.3 Erneuerung der Belüftung**

Um das hohe Energieeinsparpotenzial im Bereich der Belüftung der Belebungsbecken zu nutzen, wird die Erneuerung der Belüfterelemente und der Austausch der Drehkolbengebläse vorgeschlagen.

##### Austausch der Belüfterelemente:

Im Rahmen der Erneuerung des Belüftungssystems kann als eine weitere Optimierungsmaßnahme ein Austausch der Belüfterelemente vorgesehen werden.

Derzeit werden auf der Kläranlage Altstadt Membranplattenbelüfter eingesetzt. Diese Belüfter haben eine Lebensdauer von ca. 20 a können bei gesteigerter Luftbeaufschlagung aber deutlich früher Verschleißerscheinungen aufweisen.

Der Eintrag des Sauerstoffs erfolgt dann nicht mehr optimal, was zu gesteigerten Laufzeiten der Gebläse führt. Erkennbar sind diese Verschleißerscheinungen an einem unregelmäßigen

Blasenbild an der Wasseroberfläche. In diesem Fall sollten die Belüfter entweder gereinigt oder ausgetauscht werden. Aufgrund des fortgeschrittenen Alters der Belüfterelemente von mehr als besteht die Möglichkeit, das Belüftungssystem gegen ein moderneres System zu ersetzen.

Derzeit am Markt angebotene Systeme führen nachweislich zu erheblichen Energieeinsparungen. Bei der Wahl eines geeigneten Systems sind zudem lange Standzeiten erreichbar. Aktuell werden immer häufiger Plattenbelüfter oder Streifenbelüfter eingesetzt, die einen höheren Sauerstoffeintrag sowie längere Standzeiten aufweisen.

Der Energieverbrauch für die Druckbelüftung des Belebungsbeckens beträgt gemäß Verbrauchermatrix ca. 546.013 kWh/a. Durch den Einsatz großformatiger Plattenbelüfter können bis zu 20 - 30 % Belüftungsenergie eingespart werden. Unter der Annahme einer Einsparung von 30 % entspräche dies ca. 163.804 kWh/a. Bei einem Strompreis von ca. 0,30 €/kWh ergibt sich eine Einsparung von ca. 49.141 € pro Jahr.

Durch den verringerten Strombedarf werden jährliche ca.88 t CO<sub>2</sub>/a CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

Die derzeit am Markt verfügbaren großformatigen Membranplattenbelüfter sind relativ kostenintensiv. Vorteilhaft ist die hohe Lebensdauer von ungefähr 20 Jahren. Ein weiterer Vorteil von Membranplattenbelüftern liegt darin, dass das vorhandene Luftzuführungssystem weitestgehend erhalten und weiterverwendet werden kann. Die Modernisierungskosten bleiben dadurch geringer.

#### Einsatz energieeffizienter Gebläse (Belebungsbecken)

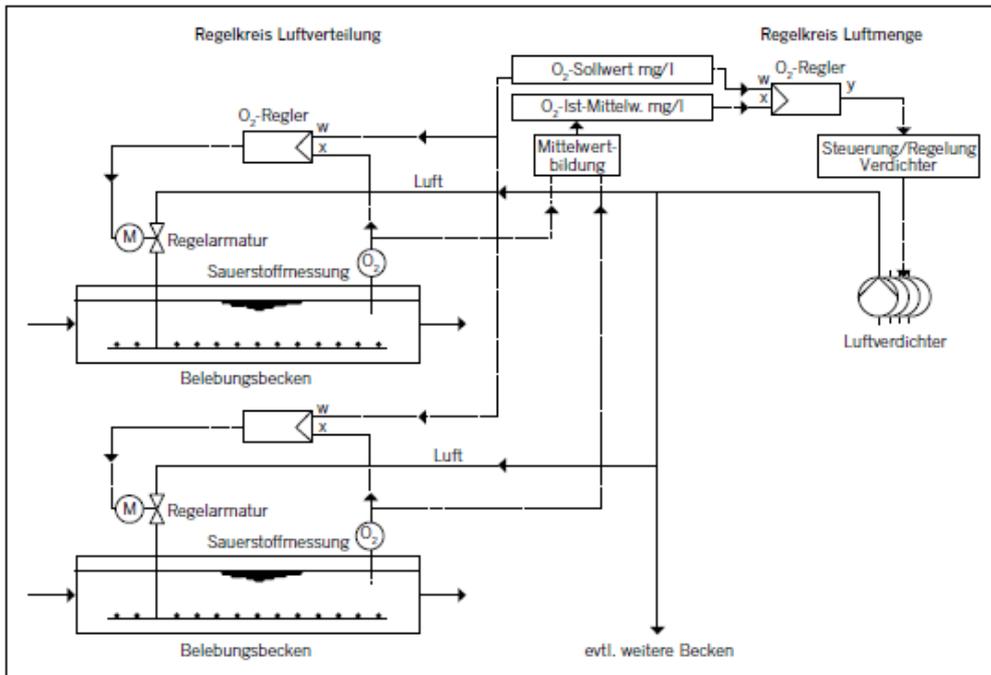
Die auf der Kläranlage Altenstadt verwendeten fünf Drehkolbengebläse zur Erzeugung der im Belebungsbecken benötigten Druckluft sind im Betriebsgebäude untergebracht und in Betrieb.

Um das volle energetische Potential auszuschöpfen, werden ebenfalls die bestehenden Gebläse durch FU-geregelte energieeffiziente Gebläse ersetzt. In Hinblick auf eine mögliche zukünftige Belastungssteigerung der Kläranlage Altenstadt, muss überprüft werden, ob ein kleineres Gebläse ausreicht um die Grundlast zu fahren.

Inzwischen werden auch am Markt befindliche, energieeffizientere Schraubenkompressoren eingesetzt. Diese Kompressoren haben einen nochmals niedrigeren Energieverbrauch und ermöglichen einen weiteren Regelbereich als Drehkolbengebläse. Bei gleichem Volumenstrom sind zudem geringere Motorleistungen ausreichend (Xylem Water Solutions, 2017).

Eine Optimierung der Gebläse Steuerung könnte einen energieoptimierteren Gebläsebetrieb garantieren. Die Regelung erfolgt über die Messung der Sauerstoffkonzentration in den Belebungsbecken und Luftmengenmessungen in den Rohrleitungssystemen.

Die Verteilregelung ist damit von der Druckhaltung in den Sammelleitungen entbunden. Basierend auf einem Sauerstoff-Mittelwert wird die Gesamtluftmenge der Gebläse eingeregelt und über Schieber entsprechend auf die Becken verteilt. Dadurch werden Totzeiten in der Regelung reduziert und bei optimaler Umsetzung Einsparungen der benötigten Luftmenge erzielt.



**Abbildung 9: Schema Luftverteilerregelung nach [DWA, 2016]**

### Einsatz neuer Rührwerke

Zur Umwälzung (Schlammflocke soll bei Belüftungspausen in Schwebelage gehalten werden) sind im Belebungsbecken 4 Rührwerke eingebaut. Zwei alte Rührwerke haben jeweils 2,3 kW elektrische Leistung und zwei neue (Jahr 2020) jeweils 2,2 kW.

Aufgrund des hohen Alters der zwei alten Rührwerke und der schlechten Energieeffizienz wird der Austausch gegen neue effizientere Aggregate empfohlen. Mit einem konsequent intermittierenden Rührwerksbetrieb und einer anteiligen Laufzeit der Rührwerke von 12 h/d könnte der Energieverbrauch reduziert werden. Zusätzliches Einsparpotenzial ist bei Rührwerken mit Frequenzumformer gegeben, da mit diesen die Propellerdrehzahl an die vorhandenen Gegebenheiten angepasst werden kann.

Die durch diese Maßnahme zu erwartende Stromeinsparung pro Jahr beträgt 34.690 kWh bzw. 10.407 €/a. Durch den verringerten Strombedarf werden jährliche ca. 18,6 t CO<sub>2</sub>/a CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

#### 4.3.4 Erneuerung des Rücklaufschlammumpwerkes

Der Rücklaufschlamm der Kläranlage Altenstadt wird aus der Nachklärung über vier FU-geregelte KSB-Pumpen mit einer maximalen Förderleistung von je  $296 \text{ m}^3/\text{h} = 82 \text{ l/s}$  in die Belebung gehoben. Diese kann mittels Frequenzumformer angepasst werden. Die Pumpen wurden im Jahr 2005 erneuert.

Im Zuge der Modernisierungsarbeiten soll das Rücklaufschlammumpwerk angepasst und die Pumpentechnik optimiert werden. Die Schaltanlagen inkl. Frequenzumrichter (FU) sollen ebenfalls erneuert werden.

Der Stromverbrauch des Rücklaufschlammumpwerks beträgt derzeit rund  $298.563 \text{ kWh/a}$ . Durch den Austausch die Pumpen durch optimal dimensionierte, die mit Frequenzumrichter ausgestattet sind und einen besseren Wirkungsgrad aufweisen, kann der Stromverbrauch unter Zugrundelegung der gleichen Betriebsstunden je Pumpe entsprechend der Idealwertberechnung auf ca.  $119.673 \text{ kWh/a}$  reduziert werden.

Diese Energieeinsparung von ca.  $178.890 \text{ kWh/a}$  entspricht bei einem Strompreis von ca.  $0,30 \text{ €/kWh}$  einer monetären Einsparung von ca.  $53.667 \text{ €}$  pro Jahr. Durch den verringerten Strombedarf werden jährliche ca.  $96 \text{ t CO}_2/\text{a}$   $\text{CO}_2$ -Emissionen eingespart.

#### 4.3.5 Faulung und Faulschlamm Entsorgung

In einer Faulungsanlage auf der Kläranlage Altenstadt werden die Schlämme der Anlage anaerob stabilisiert. Beim Faulprozess entsteht ein nutzbares Energiepotential in Form von Faulgas.

Die Vorteile der anaeroben Stabilisierung sind:

- Weitergehende Schlammstabilisierung → weniger Geruchsemissionen.
- Faulgasproduktion → Faulgas kann zur Beheizung der Betriebsräume und der Faulung eingesetzt werden; bei Verwertung in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) oder einer Mikrogasturbine kann elektrischer Strom und Wärme  $\text{CO}_2$ -neutral erzeugt werden.
- Durch Umwandlung von etwa 50 % der organischen Schlammbestandteile in energiereiches Faulgas wird die zu entsorgende Schlammmenge reduziert; als Nebeneffekt ist der ausgefautete Schlamm besser entwässerbar → Reduzierung der Schlamm Entsorgungs- und Entwässerungskosten.
- Kleineres biologisches Reaktorvolumen erforderlich, da der Schlamm – statt wie bisher aerob im Belebungsbecken - nun anaerob im Faulbehälter stabilisiert wird → Erhöhung der Kläranlagenkapazität.

Zur Abschätzung des Faulgasanfalls und der Eigenversorgung mit Strom durch eine Faulgasverstromung werden folgende Werte angesetzt:

- Stromerzeugung aus Faulgas:
  - Spezifische Gasproduktion:  $25 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{d})^3$
  - Methangehalt Faulgas: 62 %
  - Mittlerer Elektrischer Wirkungsgrad BHKW: 34%
  - Somit errechnet sich die einwohnerspezifische Stromproduktion zu  $19 \text{ kWh}/(\text{E} \cdot \text{a})^4$
  
- Schlammanfall:
  - Faulschlammmenge aus Primär- und Überschussschlamm verringert sich auf  $50 \text{ g}/(\text{E} \cdot \text{d})$  nach der Faulung
  - der TR des entwässerten Schlammes erhöht sich auf 26% aufgrund der besseren Entwässerbarkeit von ausgefaultem Schlamm
  - zu entsorgende Schlammmenge bei 22.013 E: 1.545 t/a
  - Im Vergleich zum IST-Zustand bei einer Belastung von 22.013 E verringert sich die zu entsorgende Schlammmenge um rund 289 t/a

Für den Betrieb der Faulung sind neue Aggregate (u.a. Beschickungspumpen, Heizschlammumwälzpumpen...) erforderlich, dadurch erhöht sich der spezifische Stromverbrauch um  $4 \text{ kWh}/(\text{E} \cdot \text{a})$ .

Durch den Betrieb der Faulung erhöht sich der Wärmebedarf der Anlage erheblich. Mit einer Rohschlammmenge von  $9.249^5 \text{ m}^3/\text{a}$ , einer mittleren Rohschlammtemperatur von  $12,5^\circ\text{C}^6$ , einer Faulturmtemperatur von  $37^\circ\text{C}$  und einem pauschalen Ansatz der Abstrahlverluste des Faulturmes von 10% bezogen auf den Wärmebedarf der Rohschlammwärmung errechnet sich der Wärmebedarf zu rund  $266.225 \text{ kWh}/\text{a}$  bzw.  $12 \text{ kWh}/(\text{E} \cdot \text{a})$ .

<sup>3</sup> Medianwert nach Häufigkeitsverteilung DWA-A 216

<sup>4</sup>  $25 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{d}) / 1000 \text{ l}/\text{m}^3 \cdot 365 \text{ d}/\text{a} \cdot 0,62 \cdot 9,97 \text{ kWh}/\text{m}^3 \cdot 0,34 = 19,0 \text{ kWh}/(\text{E} \cdot \text{a})$

<sup>5</sup>  $9.249 \text{ m}^3/\text{a}$  Schlammanfall in 2016-2020, der Schlammanfall in  $\text{m}^3/\text{a}$  wird künftig etwa gleichbleiben oder sinken, da höhere TS-Frachten durch maschinelle Voreindickung ausgeglichen werden.

<sup>6</sup> Entspricht der mittleren Abwassertemperatur

**Tabelle 12: Mittlerer Jahreswärmebedarf der Faulung**

	Einheit	Wert
Mittlere Schlammmenge	m <sup>3</sup> /d	25,3
	m <sup>3</sup> /a	9.249
Rohschlammtemperatur	°C	12,5
Faulbehältertemperatur	°C	37
Wärmekapazität Schlamm	kWh/(m <sup>3</sup> ·°C)	1,163
Wärmeenergiebedarf	kWh/d	721
Mittlerer Temperaturunterschied	°C	22,5
Wärmebedarf Schlammaufheizung	kWh/a	242.023
Transmissionsverluste	%	10
	kWh/a	24.202
Mittlerer Jahreswärmebedarf	kWh/a	266.225

Mit den genannten Umbaumaßnahmen kann der spezifische Faulgasanfall auf insgesamt 25 l/(E\*d) abgeschätzt werden. Dies ergibt eine Faulgaserzeugung von 550 m<sup>3</sup>/d und rund 200.869 m<sup>3</sup>/a. Damit würde sich die erzeugte elektrische Leistung auf rund 422.161 kWh/a erhöhen. Dies entspricht einer Kosteneinsparung bei Eigennutzung von 126.648 €/a.

Mit einer thermischen Leistung von rund 629.724<sup>7</sup> kWh/a kann künftig der gesamte Wärmebedarf der Kläranlage gedeckt werden.

Für den Betrieb der Faulung werden rund 88.052 kWh/a benötigt, so dass die Einsparung beim Stromeinkauf mit 334.109 kWh/a bzw. mit 102.233 €/a berechnet werden kann. Zu dieser Einsparung kommen noch die Reduzierung der Schlammentsorgungskosten in Höhe von 34.680 €/a bei 120 €/t Entsorgungskosten. Die jährliche Einsparung liegt somit bei rund 134.913 €/a.

In Kombination des Umbaus mit der Erneuerung der Belüftungselemente, der Gebläse und der Steuerung der Belüftung wird eine deutliche Reduzierung des spezifischen Stromverbrauches der Belüftung erreicht. Der zukünftige Stromverbrauch für die Belüftung wird mit 13,7<sup>8</sup> kWh/(E\*a) abgeschätzt. Die Einsparungen errechnen sich zu 336.799<sup>9</sup> kWh/a bzw. 101.040 €/a.

Durch den verringerten Strombedarf werden jährliche ca. 181 t CO<sub>2</sub>/a CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

<sup>7</sup> 200.869 m<sup>3</sup> Faulgas/a \* 6 kWh/m<sup>3</sup> \* 0,55 \* 0,95 = 629.724 kWh/a

<sup>8</sup> SOTR \* t / SAE / 22.013 = 62 \* 20.448 / 4,2 / 22.013 = 301.851 kWh/a / 22.013 = 13,7 kWh/(E\*a)

<sup>9</sup> Derzeitiger Stromverbrauch Belüftung: 29 kWh/(E\*a); zukünftig: 13,7 kWh/(E\*a), Einsparung: 15,3 kWh/(E\*a) \* 22.013 E = 336.799 kWh/a

#### 4.3.6 PV-Anlage (optional mit Batteriespeicher)

Um die Eigenstromdeckung auf der Kläranlage Altenstadt noch weiter zu steigern, ist die Installation von Photovoltaikanlagen sinnvoll.

Auf der Kläranlage Altenstadt gibt es derzeit und zukünftig einige Möglichkeiten die PV-Module zu platzieren. Anbieten wurden sich die vorhandenen Gebäude (Betriebsgebäude, Schlammager, Rechen Gebäude).



Abbildung 10: Solar-Kataster Hessen

Ließen sich auf den Dachflächen der Gebäude auf rund 494 m<sup>2</sup> (Gemäß Solarkataster Hessen) PV-Module mit einer Leistung von 0,163 kWp/m<sup>2</sup> installieren (80,9 kWp) bei einer Ertragsprognose von 995 kWh pro kWp im Jahr, können damit dann etwa im Jahresmittel 80.119<sup>10</sup> kWh/a erzeugt werden.

**(Bemerkung: Bei bestehenden Gebäuden ist die Statik zu prüfen!)**

Dieser Strom kann ohne Speicher nicht vollständig auf der Kläranlage genutzt werden, da bei sonnigem Trockenwetter kaum Spitzenlasten durch die Pumpwerke auftreten. Mit einem

---

<sup>10</sup> 494 m<sup>2</sup> \* 0,163 kWp/m<sup>2</sup> \* 995 kWh = 80.119 kWh/a

optional einzurichtenden Batteriespeicher von ca. 50-100 kWh könnte der Anteil selbst genutzten Stromes auf nahe 100 % erhöht werden.

Die Investitionskosten für ein Komplettsystem bei Befestigung direkt auf dem Dach, inkl. Module, Wechselrichter, Montagekosten, Planungskosten, inklusive Unterkonstruktion bzw. Aufständigung liegen bei ca. 77.446 € netto (Gemäß Solarkataster Hessen). Ein Batteriespeicher von 50 kWh würde weitere 75.000 € kosten (1.500 €/kWh). Beim Batteriespeicher empfiehlt sich eine spätere Nachrüstung, wenn zum einen die mobilisierbare Rückeinspeisung feststeht und zum anderen die Batteriepreise weiter gesunken sind.

Die durch diese Maßnahme zu erwartende Stromkosteneinsparung pro Jahr beträgt 24.035 €/a. Dem entsprechend werden durch gesenkten Fremdstrombezug Emissionen 43 t CO<sub>2</sub>/a CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

#### **4.3.7 Implementierung eines Energiemanagements**

Nach Kapitel 3.2 sollen erforderliche Maßnahmen zur Zertifizierung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 vorgesehen werden. Dadurch soll zukünftig die Identifizierung von energetischen Optimierungspotentialen und eine kontinuierliche Verbesserung durch die Anfertigung jährlicher Energieberichte vereinfacht werden.

Dafür sollten die von den übrigen Maßnahmen betroffenen Aggregat bei Erneuerung mit separaten Strommessungen ausgestattet werden. Ebenfalls sollen weitere Gasmengenmessungen installiert werden, um den Verbrauch der beiden Gasarten den Verbrauchern eindeutig zuweisen zu können und so die Leistung dieser beurteilen zu können.

Die Kosten zur Erstzertifizierung eines Energiemanagementsystems werden mit 20.000 € brutto abgeschätzt. Für zusätzliche Messtechnik und Software werden weitere 15.000 € brutto vorgesehen.

#### **4.4 Zusammenfassung Maßnahmen nach Umsetzung der Energieeffizientpotenzialen**

Bei Umsetzung aller Maßnahmen ergeben sich bei einer Belastung von 22.013 E die in folgender Tabelle zusammengestellten Stromverbräuche der verschiedenen Verfahrensgruppen.

**Tabelle 13: Stromverbrauch nach Verfahrensgruppen Ausbauzustand**

Verbraucher	Stromverbrauch Ausbauzustand [kWh/a]	Anteil am Gesamtverbrauch [%]
Zulaufpumpwerk	70.334	10,4
Rechen	1.884	0,3
Sandfang inkl. Belüftung	14.770	2,2
Belüftung Belebung	301.851	44,7
Rührwerke Belebung	31.536	4,7
Rücklaufschlamm-pumpwerk	119.673	17,7
Nachklärung	16.800	2,5
Schlammbehandlung	15.531	2,3
Hochwasserpumpwerk	9.307	1,4
Regenwasserbehandlung	318	0,0
Faulung	88.052	13,0
Sonstiges	5.000	0,7
<b>Summe</b>	<b>675.056</b>	<b>100</b>

Der Gesamtstromverbrauch der Kläranlage Altenstadt errechnet sich nach Abschluss der Energieeffizienzmaßnahmen zu 675.056 kWh/a. Damit wird der spezifische Energieverbrauch von max. 62 kWh/(E\*a) mit 30 kWh/(E\*a) erreicht.

In der folgenden Tabelle sind alle Maßnahmen im Überblick zusammengefasst.

**Tabelle 14: Zusammenstellung der Maßnahmen**

Nr.	Maßnahme	Strom-	Kosten-	Investitionen	Amortisa-
		einsparung	einsparung		tionszeit
		[kWh/a]	[€/a]	[€]	[Jahren]
K1	Erneuerung des Rücklaufschlamm-pumpwerkes	178.890	53.667	50.000	1
K2	Erneuerung der Belüftung der Biologie	336.799	101.040	200.000	2
K3	Erneuerung Zulaufpumpwerk	106.224	31.867	120.000	4
M1	Installation von Photovoltaikmodulen	80.119	24.035	152.446	6
M2	Rührwerke Biologie	34.690	10.407	80.000	8
L1	Umrüstung von aerober auf anaerobe Stabilisierung	334.109	134.913	1.600.000	12
L2	Austausch der Gebläse des Sand-und Fettfangs	10.984	3.295	50.000	15

## 4.5 Prüfung der Sicherstellung der Mindestziele

### 4.5.1 Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme

Nach Umsetzung der Maßnahmen werden die folgenden Deckungsquoten erreicht:

**Tabelle 15: Deckungsquote des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien**

	Strom			Wärme		
	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungsgrad	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungsgrad
2020	1.169.664	0	0 %	42.752	0	0 %
Nach Umsetzung der Maßnahmen	675.056	502.280	74 %	308.977	629.724	100 %

Der Deckungsgrad für Strom liegt bei 74% und für Wärme bei 100 %. Das Mindestziel der Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme durch auf dem Grundstück mittels erneuerbarer Energien-Anlagen erzeugter Energie von 70 % wird somit erreicht.

### 4.5.2 Spezifischer jährlicher Strombedarf der gesamten Anlage (inkl. Lokal umgewandelter Energie)

Nach Umsetzung der entwickelten Maßnahmen beträgt der jährliche Strombedarf 675.056 kWh/a, der spezifische Strombedarf liegt bei 30 kWh/EW\*a. Nicht alle anlagenspezifischen werden Idealwerte erreicht. Grundsätzlich ist dies auch nicht als unbedingt zu erreichendem Ziel zu sehen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die tatsächliche Einsparung unter Umständen geringer als theoretisch ermittelt ausfallen kann. Daher sollte die Abschätzung der Einsparungen ggf. abgemindert werden um bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen auf der sicheren Seite zu sein.

Bei der Phosphat-Fällung, der Betriebswasserstation, Hochwasserpumpwerk und anderen Pumpen (Filtratspeicher, Schlammvorlage...) besteht zusätzlich ein deutliches Energieeinsparpotenzial, das durch die unzureichende Stromverbrauchsaufzeichnung nicht in konkrete Maßnahmen umgesetzt werden konnte. Durch genauere Untersuchungen und Umsetzung weiterer möglicher Maßnahmen, wie Klärschlammverwertung im Verbund, kann der spezifische Stromverbrauch auf 23 kWh/a reduziert werden.

Gefertigt

Wehrheim, den 16. 09. 2021



.....  
Dipl.-Ing. Safa. Slama