
Klimaschutz-Teilkonzept

Klimafreundliche Abwasserbehandlung für die Stadt Bad Gandersheim



Stand: September 2019

Antragsteller:

Stadt Bad Gandersheim

Markt 10

37581 Bad Gandersheim / Landkreis Northeim



Erstellt von:

Purena GmbH

**Halchtersche Str. 33
38304 Wolfenbüttel**



Ort/ Datum/ Unterschrift Bearbeiter

Wolfenbüttel, 20.09.2019

Thomas Meyer

i. A.

Paul Biallas



Inhalt

Inhalt	2
1. Beschreibung des Ist-Zustandes.....	4
1.1 Beschreibung der Kläranlage	4
1.2 Verfahrenstechnische Anlagenbewertung	5
1.2.1 Allgemein	5
1.2.2 Auswertung des Betriebstagebuches	5
1.2.3 Bewertung der Biologie nach DWA - A 131	8
1.2.4 Bewertung der Nachklärung	9
1.2.5 Bewertung der Schlammbehandlung.....	9
1.3 Zusammenfassung der Anlagenbewertung	10
2. Energie- und CO₂ – Bilanz.....	11
2.1 Ermittlung der CO ₂ – Emission aus Primärenergie	11
2.1.1 Ermittlung des gesamten Stromverbrauches	11
2.1.2 Erstellung einer Energie- und CO ₂ – Bilanz	11
2.1.3 Anlagenbewertung anhand spezifischer und energetischer Werte	14
3. Konzept PV-Anlage.....	17
3.1 Einsparungen und Kosten	17
4. Potenzialanalyse und mögliche Maßnahmen	18
4.1 Zulaufbereich	18
4.1.1 Optimierung des Abwasserspeicherbeckens	18
4.1.2 Optimierung des Störfallpumpwerkes	18
4.1.3 Optimierung des Zulaufpumpwerkes	19
4.2 Mechanische Vorreinigung	19
4.2.1 Optimierung Rechen, Rechengutpresse, Sandklassierer	19
4.2.2 Optimierung Sand- und Fettfang	19
4.3 Biologische Reinigung.....	20
4.3.1 Belüftung	20
4.3.2 Optimierung des Rücklaufschlammumpwerkes	21
4.4 Weitergehende Abwasserreinigung.....	22
4.4.1 Optimierung der Nachklärung 2.....	22
4.4.2 Optimierung der PO ₄ – P Fällung.....	22
4.5 Schlammbehandlung	22
4.5.1 Optimierungspotenziale der Schlammbehandlung	22
5. Einsparungen und Kosten	24
5.1 Energie- und CO ₂ -Einsparungen.....	24
5.2 Spezifischer Energiebedarf nach Umsetzung aller Maßnahmen	24
5.3 Investitionskostenbetrachtung der beschriebenen Maßnahmen	25
5.4 Jahreskostenbetrachtung der beschriebenen Maßnahmen.....	25
5.5 Priorisierung der entwickelten Maßnahmen	26



5.6	Zeitliche Anordnung der Maßnahmen	27
6.	Zusammenfassung	29
7.	Empfehlung und Ausblick.....	30
	Anlagen	31
I.	Anlage 1 – Übersichtsplan	31
II.	Anlage 2 – Istzustand Bewertung	31
III.	Anlage 3 – Aggregatliste	31
IV.	Anlage 4 – Energiebilanz der energetischen Maßnahmen.....	31
V.	Anlage 5 – Investitionskosten der energetischen Maßnahmen.....	31
VI.	Anlage 6 – Jahreskosten der energetischen Maßnahmen.....	31

1. Beschreibung des Ist-Zustandes

1.1 Beschreibung der Kläranlage

Die Kläranlage Bad Gandersheim ist für die Reinigung des Abwassers von 23.000 EGW ausgelegt und zurzeit – gemäß der CSB-Zulaufkraft – mit etwa 18.900 EGW belastet. Die mechanische Reinigungsstufe besteht aus einer Rechenanlage und einem belüfteten Langsandfang mit Fettfang. Zur Abpufferung von Starkregenereignissen ist ein Abwasserspeicherbecken vorhanden. Die biologische Reinigungsstufe kann in zwei parallel angeschlossenen Belebungsbecken erfolgen. Ein separates Becken zur biologischen Phosphatelimination ist nicht vorhanden. Es wird eine chemische P-Fällung mithilfe von Metallsalzen durchgeführt. Das gereinigte Abwasser fließt im Anschluss an die beiden Nachklärbecken in drei Schönungsteiche und nachfolgend in den Vorfluter (die Gande).

Der vorhandene Faulbehälter wird nicht zur anaeroben Schlammbehandlung sondern lediglich als Schlamm-speicher benutzt. Der abgezogene Überschussschlamm wird im Faulbehälter zwischengelagert bevor er mittels Kalkzugabe konditioniert und durch eine Kammerfilterpresse entwässert wird. Die Kalkzugabe dient dabei der Nachstabilisierung des Schlammes. Nach der Schlammbehandlung folgt der Abtransport zur landwirtschaftliche Verwertung.

Die Überwachungswerte werden an der Einleitstelle kontinuierlich eingehalten, wobei einzelne Parameter sogar deutlich unterschritten werden (vgl. Tab. 1-4).

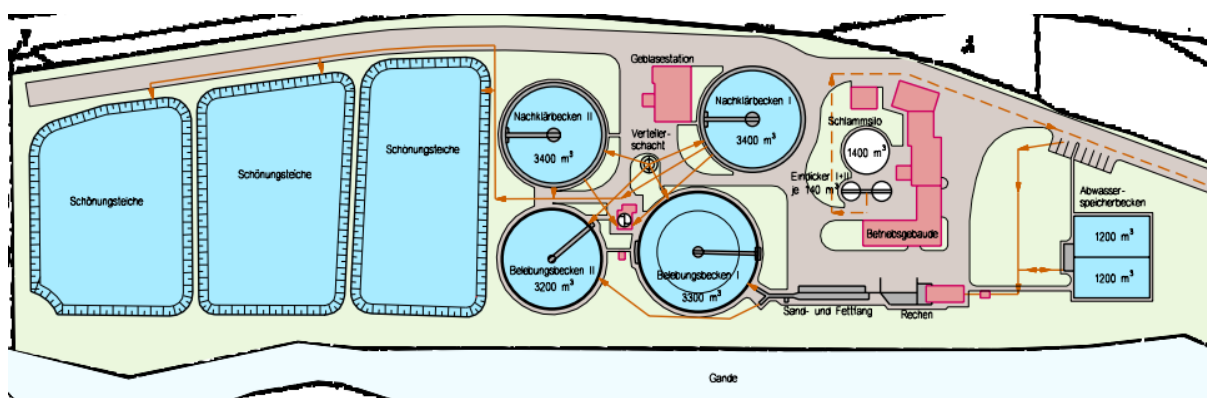


Abbildung 1-1: Lageplan Kläranlage Bad Gandersheim

Energieerzeugungsanlagen werden auf der Kläranlage Bad Gandersheim noch nicht betrieben. Es wird jedoch, zur teilweisen Deckung des Stromeigenbedarfs, beabsichtigt eine PV-Anlage auf den Dächern der Kläranlagen-Gebäude zu installieren (Kap. 3). Eine detaillierte Beschreibung des Ist-Zustandes der einzelnen Anlagenteile kann der Anlage 2 entnommen werden.



1.2 Verfahrenstechnische Anlagenbewertung

1.2.1 Allgemein

Im Rahmen des Konzeptes wurde die Kläranlage Bad Gandersheim mit dem Programm Belebungs-Expert gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 131 verfahrenstechnisch bewertet. Die Betriebsweise und Verfahrenstechnik soll dabei auf Verbesserungspotentiale geprüft werden. Durch Umstellungen oder Verbesserung der Verfahrenstechnik kann ggf. auch eine Optimierung des Energieverbrauches erzielt werden.

Die im nächsten Kapitel (1.2.2 Auswertung des Betriebstagebuches) beschriebenen Eingangsparameter wurden für die verfahrenstechnische Bewertung der Anlage verwendet.

1.2.2 Auswertung des Betriebstagebuches

Ausgewertet wurden die Konzentrationen und Zulaufe bei Trockenwetter (Wetterschlüssel 1) und für Regenwetter (alle Tage) auf der Grundlage des elektronischen Betriebstagebuches ACRON vom **01.01.2016 – 31.12.2018**. Die Daten resultieren aus der Analyse der homogenisierten Proben des 24 h-Probennehmers. Folgende Tabellen zeigen die Ergebnisse der Auswertung.

Zulaufwerte

Tabelle 1-1: Kläranlagen-Zulaufwerte

	Zulauf Regenwetter	Zulauf Trockenwetter	Bd _{BSB5}	Bd _{CSB}	Bd _{NH4-N}	Bd _{Pges}
Einheit	m ³ /d	m ³ /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Mittelwert	3.114,96	2.289,95	1.000,14	1.696,31	82,24	37,67
Median	2.918,00	2.203,00	975,48	1.605,28	81,56	32,76
85% - Perzentil	3.926,20	2.788,20	1.278,39	2.268,93	92,45	48,54
Anzahl der Datenpunkte	547	549	131	131	131	131

Das CSB/BSB₅ – Verhältnis liegt bei 1,77. CSB/BSB₅-Verhältnisse kleiner zwei gelten als leichtabbaubar und fordern ein geringeres Schlammalter bei der Verfahrensweise der aeroben Schlammstabilisierung.

Als Bemessungsgröße zur Auslegung und Bewertung der Kläranlage Bad Gandersheim wird das 85% - Perzentil der CSB – Zulaufkraft von 2.269 kg/d verwendet. Dies entspricht dem üblichen Bemessungslastfall, mit dem auch Belebungsanlagen in der Neuplanung ausgelegt werden.



Nachfolgend ist die CSB-Zulaufkraft über den Betrachtungszeitraum grafisch abgebildet die rote Linie gibt die CSB-Fracht an, unter der sich 85% aller erfassten Frachten befinden.

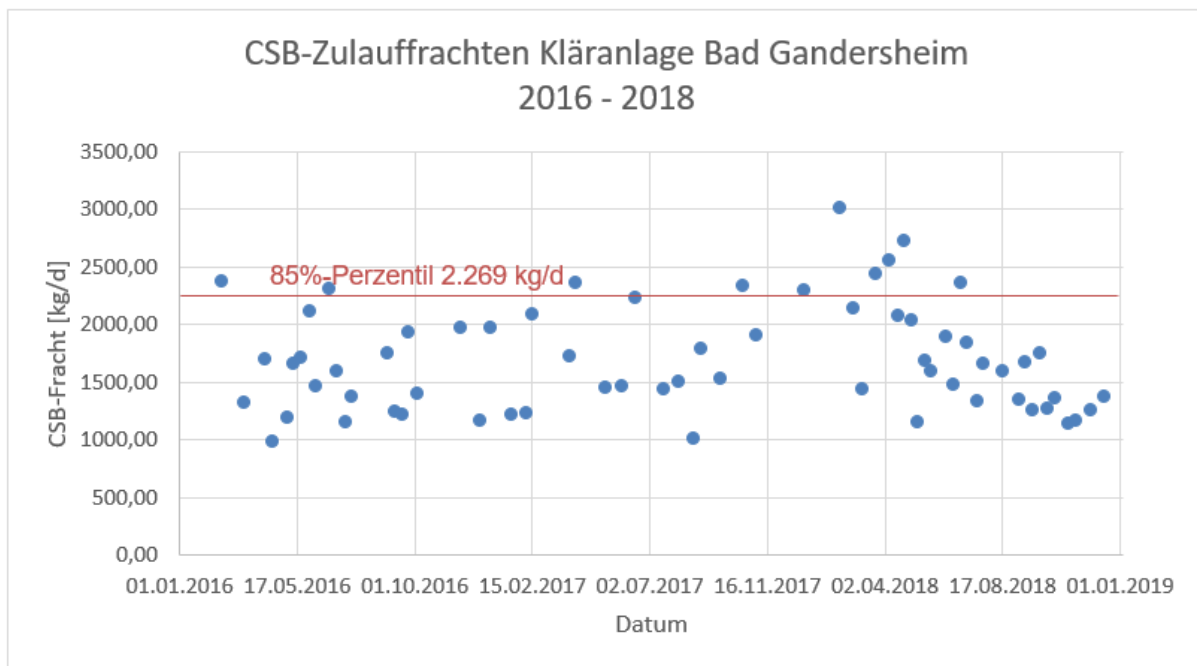


Abbildung 1-2: CSB-Zulaufkraften 2016-2018

Die folgende Abbildung zeigt die Trocken- und Regenwetterzulaufmenge zur Anlage in den Jahren 2016-2018:

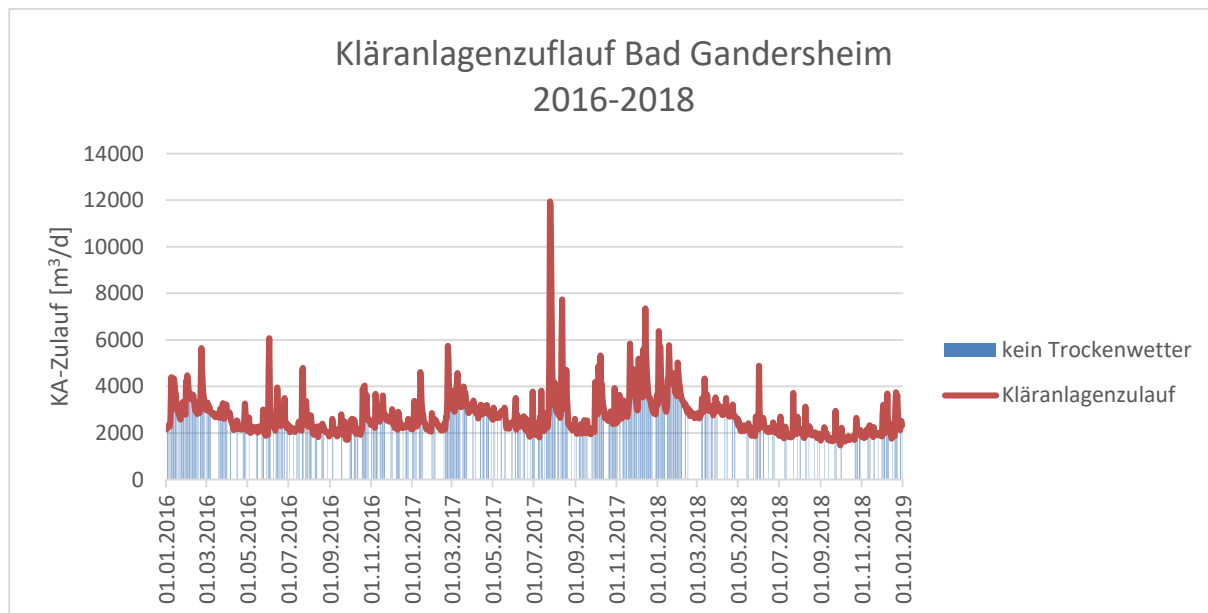


Abbildung 1-3: Kläranlagenzufluß 2016-2018



Nach Zulauffrachten berechnete angeschlossene Einwohnerwerte:

Mit den Zulauffrachten kann mithilfe spezifischer Einwohnerwerte die Anschlussgröße der Kläranlage ermittelt werden.

Tabelle 1-2: Zulauffracht bezogene Einlaufwerte

	BSB ₅	CSB	TKN	P _{ges}
	60 g/(EW*d)	120 g/(EW*d)	11 g/(EW*d)	1,8 g/(EW*d)
EW	21.306	18.908	11.766	26.966
CNP-Verhältnis	100	-	10,12	3,8

Der Anschlusswert errechnet sich aus dem 85% - Wert der Trockenwettertage bezogen auf die CSB-Fracht zu:

$$18.908 \text{ EW}_{\text{CSB}}$$

Aus dem derzeitigen Betrieb der biologischen Reinigungsstufe resultieren die in folgender Tabelle aufgeführten statistischen Kenndaten.

Biologie

Tabelle 1-3: Betriebswerte Biologie

	Schlammvolumen	TS Belebung	Schlammvolumen-Index	ÜSS
Einheit	ml/l	kg/m ³	ml/g	m ³ /d
Mittelwert	495,23	4,62	107,58	166,09
Median	510,00	4,50	111,11	169,50
85% - Perzentil	630,00	5,10	131,56	202,00
Anzahl der Datenpunkte	1096	311	311	1096

Für den Betrachtungszeitraum lagen keine Überschreitungen der Überwachungswerte vor. Wesentliche statistische Werte sowie die jeweiligen Überwachungswerte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Ablaufwerte

Tabelle 1-4: Ablauf- und Überwachungswerte

	C _{BSB5}	C _{CSB}	C _{NH4-N}	C _{NO3-N}	C _{NO2-N}	C _{Pges}	C _{Nges}
Einheit	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Überwachungswert	15,00	65,00	10,00	-	-	2,00	18,00
Mittelwert	3,33	21,84	0,94	0,63	0,08	0,93	2,57
Median	3,00	21,00	0,90	0,59	0,07	0,92	2,63
85% - Wert	4,00	25,00	1,50	0,89	0,12	1,08	3,18
Maximalwerte	6	42	2,3	2,84	0,23	1,57	3,89
Anzahl der Datenpunkte	158	158	158	159	158	158	158

Aus der stabilen Unterschreitung der Überwachungswerte lässt sich ein „Runtererklären“ zur Minderung der Gebühren aus Abwasserabgaben prüfen und ggf. umsetzen.



1.2.3 Bewertung der Biologie nach DWA - A 131

Derzeit wird nur das Belebungsbecken 2 nach dem Prinzip der intermittierenden Denitrifikation mit einer Zeit- / O_2 - Steuerung betrieben. Eine NH_4 - und NO_3 -Messung ist vorhanden, jedoch zur Steuerung der Belüftungsaggregate noch nicht regelungstechnisch eingebunden. Das Belebungsbecken 1, mit einem Volumen von 3.400 m^3 (altes Kombibecken mit Zwischenwand), ist mit zwei Rührwerken und sechs Gebläsen ($2 \times 30\text{ kW}$ und $4 \times 15\text{ kW}$) ausgestattet. Die Zwischenwand des Belebungsbeckens 1 verhindert einen optimalen Sauerstoffeintrag und führt somit zu anaeroben bzw. anoxischen Denitrifikationszonen im Innenring des Beckens. Aus diesem Grund wird das Belebungsbecken 1 nur im Falle der Außerbetriebnahme des Belebungsbeckens 2 betrieben (z.B. in Wartungszeiträumen).

Das Belebungsbecken 2, mit einem Volumen von 3.200 m^3 , ist mit zwei Rührwerken und drei Gebläsen (55 kW) ausgestattet.

Im durchschnittlichen Tagesmittel (2016 – 2018) wird die Biologie mit einem TS-Gehalt (Trockensubstanz) von $4,6\text{ kg/m}^3$ betrieben. Bei dem Gesamtvolumen von 3.200 m^3 und einem TS-Gehalt im Überschussschlamm (ÜSS) von $5,5\text{ kg/m}^3$ (Angabe des Betriebspersonals) ergibt sich damit ein Schlammalter von etwa 16 Tagen. Gemäß DWA-A 131 ist für die simultane aerobe Schlammstabilisation ein Schlammalter von mindestens 25 Tagen erforderlich. Dieses Schlammalter wird auf der Kläranlage Bad Gandersheim dauerhaft unterschritten. Folglich ist der Klärschlamm nicht aerob stabilisiert. Der Überschussschlamm wird stattdessen durch Konditionierung mittels Kalkzugabe bei der Schlammbehandlung stabilisiert, wodurch die fehlende aerobe Stabilisierung ersetzt und eine gute Entwässerung bei der Schlammbehandlung erreicht wird. Die gesetzlichen Überwachungswerte wurden im Betrachtungszeitraum eingehalten (s. Kap. 1.2.2). Bei der vorhandenen Anlagenstruktur ist dies derzeit die wirtschaftlichste Betriebsweise zur Schlammstabilisation.

Zur Erhöhung des Schlammalters für die simultane aerobe Schlammstabilisation müsste die TS-Masse in der Belebung erhöht werden. Dies ist mit Erhöhung des Belebungsbeckenvolumens oder Erhöhung des TS-Gehalts in der Belebung möglich. Letzteres kann aber zu betrieblichen Problemen führen und verschlechtert den Sauerstoffeintrag und folglich die Energieeffizienz der Belebung. Das Volumen des Belebungsbeckens 2 ist somit nicht ausreichend, um eine vollständige simultane aerobe Schlammstabilisation zu erreichen. Daher ist die Nachstabilisation mittels Kalk die derzeitige optimale Betriebsweise.



1.2.4 Bewertung der Nachklärung

Da der Rücklaufschlamm-Volumenstrom auf der KA-Bad Gandersheim nicht erfasst wird, lässt sich die Belastung der Nachklärung nur empirisch ermitteln. Bei einer gewählten Eindickzeit von 2 h und dem mittleren ISV von 107,6 mL/g sowie des mittleren TS-Gehalts in der Belegung von 4,6 g/L, ist gemäß DWA A-131 von einem Rücklaufverhältnis von 1,3 auszugehen. Gemäß den Angaben des Betriebspersonals liegt der TS-Gehalt im Rücklaufschlamm jedoch bei etwa 5,6 g/L, wodurch sich rechnerisch ein weitaus höheres Rücklaufverhältnis von über 4 (Empfehlung A-131 ist 0,75) ergibt. Hierzu sollte der tatsächliche Rücklaufvolumenstrom messtechnisch ermittelt werden.

Gemäß dem DWA-A 131 sollte die Flächenbeschickung $1,6 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ nicht überschreiten. Diese hydraulische Überlastung tritt jedoch bei der Nutzfläche von 788 m^2 erst ab einem Nachklärbecken-Zufluss von $1.261 \text{ m}^3/\text{h}$ ein. Gemäß der Betriebsdatenauswertung ist im 2 h – Maximum von $155 \text{ m}^3/\text{h}$ auszugehen. Folglich ist das betriebene Nachklärbecken ausreichend groß dimensioniert und hält auch bei hohen Rücklaufverhältnissen die erforderliche Flächenbeschickung ein.

1.2.5 Bewertung der Schlammbehandlung

Der anfallende Überschussschlamm wird statisch eingedickt, durch Kalkmilchzugabe konditioniert bzw. nachstabilisiert und anschließend mittels Kammerfilterpresse maschinell eingedickt, bevor der Schlamm der landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt wird. Die Schlammbehandlung führt mit der Kalkzugabe und der nachfolgenden maschinellen Entwässerung mit 30 – 35 % Trockensubstanz zu guten bis sehr guten Ergebnissen. Trotz des hohen Betriebsalters der Anlagenteile stellt sich die Schlammbehandlung auch im Vergleich der Kenndaten aus dem DWA - Merkblatt 366 „*Maschinelle Schlammmentwässerung*“ mit guten Werten dar (DWA-M 366 Angabe für Kammerfilterpresse: 28-35%TS). Eine hohe Anlagenverfügbarkeit und Betriebssicherheit ist durch regelmäßige Wartung immer noch gegeben. Als nachteilig beschreibt das DWA M – 366 jedoch die erhöhten Betriebskosten durch die notwendige Zugabe der Kalkmilch bzw. dem Branntkalk, der zur besseren Entwässerung und im Fall der KA Bad Gandersheim auch zur Nachstabilisierung erforderlich ist. Das Verfahren der Schlammbehandlung ist jedoch insgesamt als gut zu bewerten.



1.3 Zusammenfassung der Anlagenbewertung

Die Aufnahme der Bestandssituation (*Anlage 2*) zeigt, dass bei vielen Anlagenteilen Investitions- und Reinvestitionsbedarf besteht. Viele Aggregate sind älter als 25 oder sogar älter als 35 Jahre und haben somit ihre technische Nutzungsdauer erreicht. Durch Wartung wurden die Maschinen und Aggregate erhalten. Es muss jedoch damit gerechnet werden, dass in den nächsten Jahren ein hoher Investitionsbedarf entsteht. Hinzu kommt, dass einige der angesprochenen Aggregate nicht mehr auf Stand der heutigen Technik sind. Durch Erneuerung einiger Aggregate könnte, neben der Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit und Betriebssicherheit, der Energieverbrauch der Anlage gesenkt werden. In *Anlage 3* ist eine Liste aller Aggregate mit Baujahren und allen wichtigen Informationen hinterlegt.

Die verfahrenstechnische Bewertung der Anlage zeigt, dass bei simultaner aerober Schlammstabilisierung das Volumen der Belebung II nicht ausreichend ist. Das Schlammalter wurde mit den Betriebsdaten der Jahre 2016 bis 2018 auf ca. 16 Tage berechnet. Nichtsdestotrotz wird eine Stabilisierung des Schlammes durch die nachträgliche Konditionierung mittels Kalk erreicht. Die Kalkzugabe trägt weiterhin zur sehr guten Entwässerung des Schlammes mittels Kammerfilterpresse bei.

Aufgrund des günstigen CSB/BSB₅-Verhältnis zeigt sich trotz des geringen Schlammalters eine sehr gute Abwasser-Reinigungsleistung der Anlage. Im Betrachtungszeitraum sind keine Überschreitungen der Überwachungswerte festgestellt worden (s. Kap. 1.2.2). Derzeit wird das geringe Schlammalter mit der Konditionierung durch Kalkmilchzugabe kompensiert. Sollte die weitergehende Schlammbehandlung umgestellt werden (ohne Kalkzugabe) muss ein größeres Belebungsvolumen – z.B. durch Inbetriebnahme der Belebung I – geschaffen werden.

In den folgenden Kapiteln werden der Energieverbrauch sowie die CO₂-Produktion aus verbrauchter Primärenergie der Anlage analysiert. Anhand einer Energie- und CO₂ – Bilanz werden Minderungspotentiale und damit Wege zur Erschließung eines aktiven Klimaschutzbeitrages aufgezeigt.

2. Energie- und CO₂ – Bilanz

2.1 Ermittlung der CO₂ – Emission aus Primärenergie

2.1.1 Ermittlung des gesamten Stromverbrauches

Die Auswertung des elektronischen Betriebstagebuches ACRON ergab einen durchschnittlichen Energieverbrauch von 1.119,4 kWh/d für den Betrachtungszeitraum 2016-2018. Im Jahr werden auf der Kläranlage Bad Gandersheim im genannten Zeitraum durchschnittlich 408.966 kWh verbraucht. Für den Zeitraum von 2009 bis 2018 liegt ein durchschnittlicher Jahresverbrauch von 429.806 kWh vor. Die nachfolgenden Diagramme zeigen den Verlauf des Energieverbrauches der letzten 10 Jahre. Als Referenzjahr wird in weiteren Betrachtungen das Jahr 2018 mit 425.000 kWh verwendet.

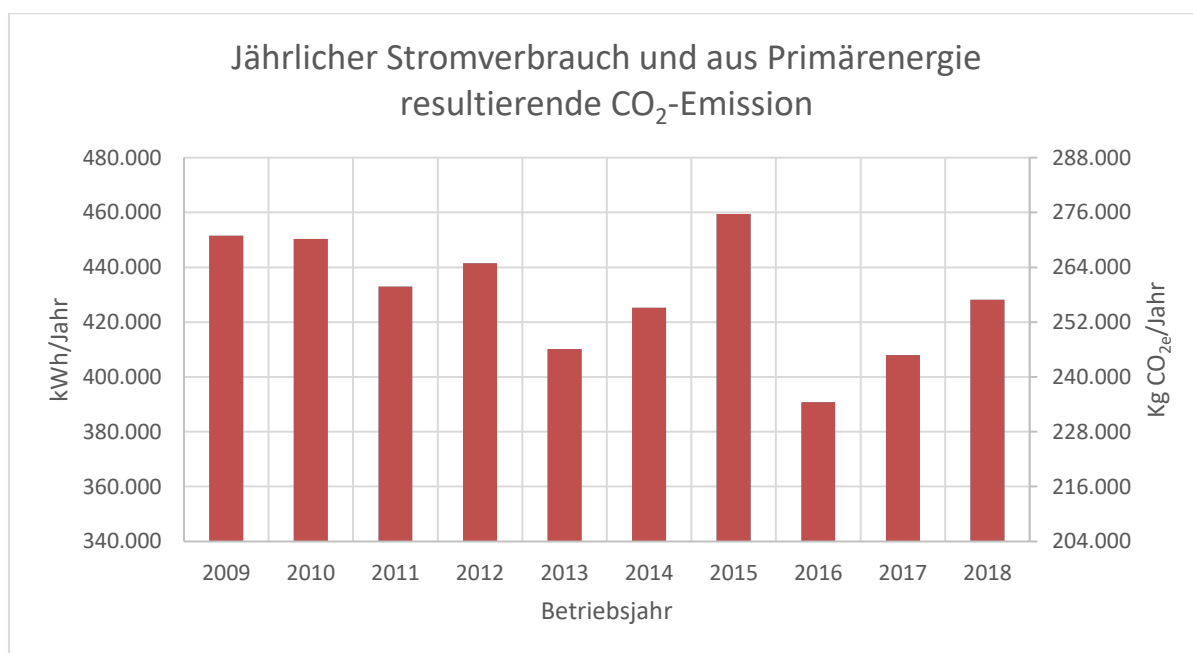


Abbildung 2-1: Jährlicher Stromverbrauch 2009-2018

2.1.2 Erstellung einer Energie- und CO₂ – Bilanz

Die in den vorigen Kapiteln ermittelten Energieverbräuche der Kläranlage Bad Gandersheim werden mithilfe von Emissionsfaktoren in den äquivalenten CO₂-Ausstoß umgerechnet. Für die Berechnung des CO₂-Äquivalents (kurz CO_{2e}) erzeugt durch Strombezug aus dem Stromnetz, wurde der Faktor 0,600 kg CO_{2e}/kWh (Bundesmix 2015, Quelle: ifeu Strommaster) verwendet.



Bei der Aufnahme aller relevanten Stromverbraucher wurden die einzelnen Verbraucher in funktionalen Gruppen zusammengefasst und die einzelnen Stromverbräuche aufgelistet. Darüber hinaus wurden die Funktionsgruppen in übergeordneten Gruppen jeweils dem Abwasserweg, dem Schlammweg oder sonstigen Verbrauchern zugeordnet. Um dies besser zu visualisieren, wurde diese Zuordnung in der unteren Grafik bildlich dargestellt.

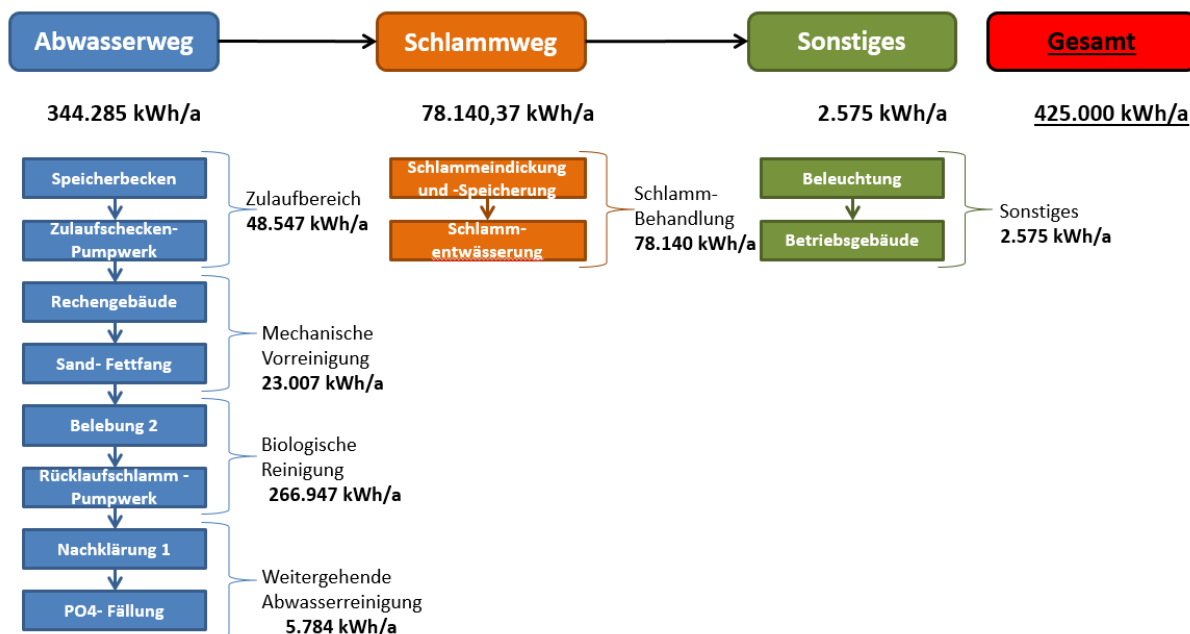


Abbildung 2-2: Stromverbrauch nach Funktionsgruppen

Die ermittelten Stromverbräuche wurden mithilfe des entsprechenden Emissionsfaktors (0,600 kg CO_{2e}/kWh) in den äquivalenten CO_{2e}-Ausstoß umgerechnet. Die prozentuale Verteilung beim CO_{2e}-Ausstoß ist analog zur energetischen Verteilung und in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

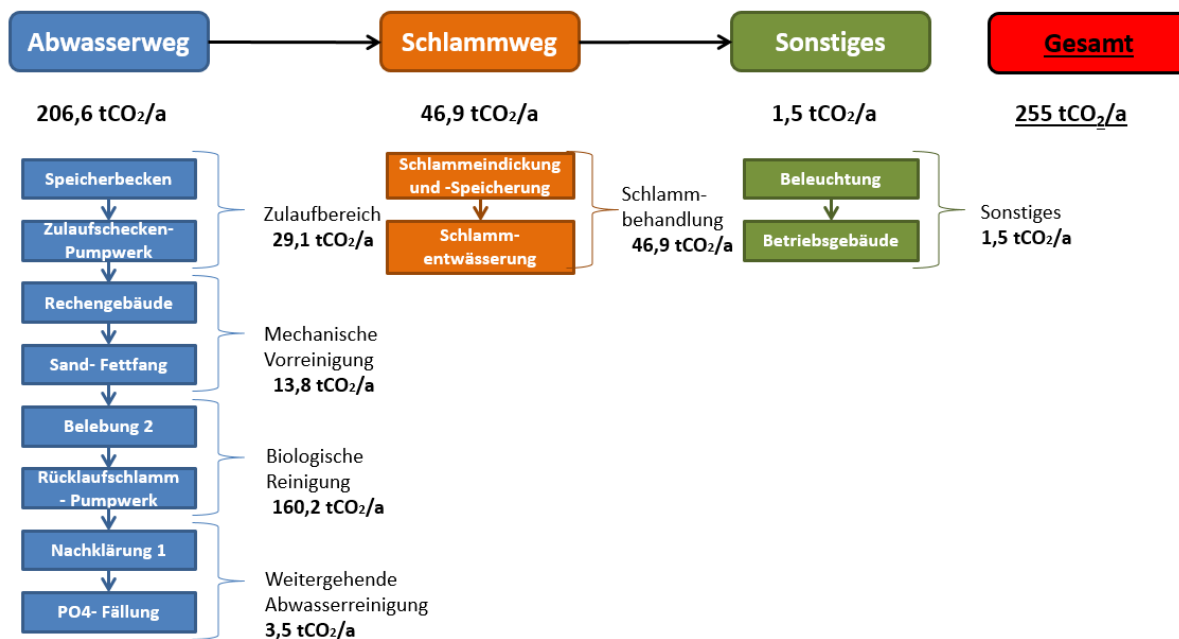


Abbildung 2-3: CO_{2e}-Ausstoß nach Funktionsgruppen

Die obere Darstellung zeigt, dass der gesamte auf dem Stromverbrauch basierende CO_{2e}-Ausstoß etwa **255t CO_{2e}/a** beträgt. Weiterhin kann man erkennen, dass der höchste CO_{2e}-Ausstoß im Bereich der Abwasserbehandlung zu finden ist, der zweithöchste Ausstoß bei der Schlammbehandlung und die sonstigen Stromverbraucher den kleinsten Ausstoß erzeugen. Nachfolgende Grafik zeigt den prozentualen Energieverbrauch bzw. den prozentualen CO_{2e}-Ausstoß durch die Stromerzeugung je Funktionseinheit.

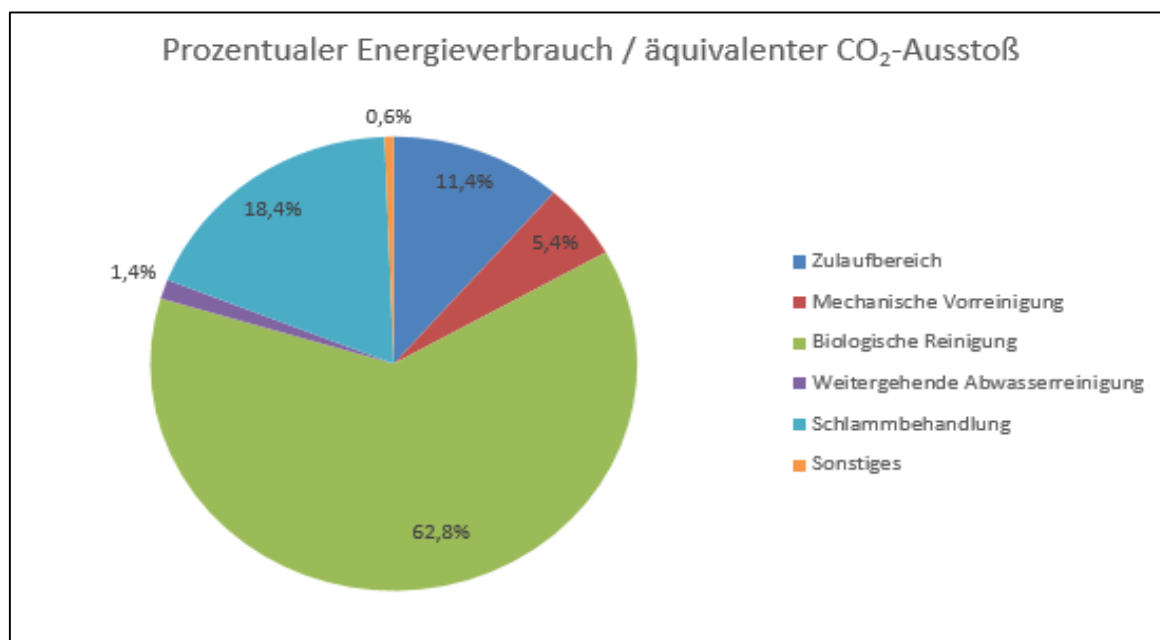


Abbildung 2-4: Prozentualer Energieverbrauch der Funktionseinheiten



Die biologische Reinigung verbraucht mit 62,8 % des Gesamtverbrauches die meiste Energie. Für Belüftung, Rührwerke und Rücklaufschlammumpwerk werden im Jahr ca. 266.947 kWh verbraucht.

Der Bundesdeutsche Strommix von 2015 gibt eine Produktion von 600 gCO₂ pro verbrauchter Kilowattstunde an. Somit werden durch den Energieverbrauch auf der Kläranlage Bad Gandersheim jährlich **ca. 255 tCO_{2e} emittiert**. Allein für die **biologische Reinigung ca. 160 tCO_{2e}** pro Jahr.

Zweithöchster Verbraucher ist die Schlammbehandlung mit rund 78.140 kWh und einem jährlichen CO₂-Äquivalent von rund 47 tCO₂ pro Jahr.

Anhand dieses Ergebnisses können Energie- und CO₂- Minderungspotentiale erarbeitet und dargestellt werden.

2.1.3 Anlagenbewertung anhand spezifischer und energetischer Werte

In den vorigen Kapiteln wurde der Energieverbrauch der Kläranlage Bad Gandersheim ermittelt. Da dieser aber in der Regel in Abhängigkeit zu der zu behandelnden Abwassermenge bzw. den ankommenden Schmutzfrachten steht, ist es sinnvoll spezifische Energie-Verbrauchsdaten zu bilden. Auf diese Weise können die Kennzahlen als energetische Beurteilungskriterien auch zukünftig durch das Betriebspersonal im Rahmen der Eigenüberwachung etabliert werden. Die erforderlichen Betriebsdaten bzw. Rechenwerte werden nachfolgend aufgelistet.

- Einwohnerwerte Zulauf KA: 18.900 EW_{CSB}
- Stromverbrauch gesamt: 425.000 kWh/a
- Stromverbrauch Belebung: 266.947 kWh/a

Mithilfe der obigen Ausgangsdaten können verschiedene Kennzahlen gebildet werden (siehe untere Tabelle). Diese können in Form eines Energiechecks eine Übersicht über die wichtigsten spezifischen Energieverbräuche der Kläranlage verschaffen.

Tabelle 2-1: Einwohnerspezifischer Stromverbrauch

Bezeichnung	Kennzahl	Dimension
Spezifischer Stromverbrauch gesamt	22,49	kWh / (EW · a)
Spezifischer Stromverbrauch Belebung	14,12	kWh / (EW · a)



Anhand der oberen Tabelle zeigt sich, dass der spezifische Stromverbrauch der Kläranlage Bad Gandersheim bei 22,49 kWh pro Einwohnerwert und Jahr liegt. Um diesen ermittelten Wert besser beurteilen zu können, wird an dieser Stelle eine Studie der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) herangezogen. Die Studie wertete im Jahr 2011 über 4.000 Kläranlagen in Deutschland bezüglich ihres Energieverbrauches aus.

In der die Kläranlage Bad Gandersheim betreffenden Größenklasse 4 hat die Auswertung von 1.415 Kläranlagen einen spezifischen Stromverbrauch von 34,1 kWh pro Einwohnerwert und Jahr ergeben (siehe untere Tabelle). Daran lässt sich erkennen, dass die Kläranlage Bad Gandersheim bezogen auf den spezifischen Stromverbrauch bereits unter dem Durchschnittswert der Studie liegt und somit einen äußerst guten energiearmen Betrieb darstellt. Tendenziell zeigt die Studie, dass bei steigender Anlagengröße der spezifische Stromverbrauch sinkt.

Tabelle 2-2: Durchschnittlicher spez. Stromverbrauch nach Größenklasse (DWA 2011)

2011	Anzahl Anlagen	Ausbaugröße	Mittlere Belastung	Stromverbrauch	Spezif. Stromverbrauch (Median) kWh/(EW·a)
		Mio. EW	Mio. EW	GWh/a	
GK 1	811	0,4	0,4	22,7	54,1
GK 2	1.292	3,6	3,1	128,6	41,5
GK 3	610	4,7	4,0	152,6	38,1
GK 4	1.415	46,1	36,0	1.229,3	34,1
GK 5	203	66,0	51,2	1.684,6	32,9
Gesamt	4.331	120,8	94,7	3.217,7	34,0

Als eine weitere wichtige Kennzahl wurde der spezifische Stromverbrauch der Belegung mit 14,12 kWh/(EW·a) berechnet, weil sich in den vorigen Kapiteln gezeigt hat, dass die Belegungsstufe den größten Stromverbrauch auf der Kläranlage stellt. Um bezüglich dieses Kennwertes einen Überblick über alle Verbrauchergruppen zu erhalten, wurde der spezifische Stromverbrauch auch für die weiteren Verbrauchergruppen ermittelt und in der nachfolgenden Tabelle 2-3 dargestellt. Darüber hinaus ist auch der entsprechende CO₂-Ausstoß mithilfe des entsprechenden Emissionsfaktors (0,600 kg CO₂/kWh) bestimmt worden. Der äquivalente Kohlenstoffdioxid-Ausstoß verhält sich proportional zum Stromverbrauch.



Die hohe Effizienz der Kläranlage Bad Gandersheim in der Gesamtbetrachtung lässt sich im Wesentlichen durch das geringe Schlammalter erklären, wodurch ein geringerer Energieaufwand für die Belüftung der Belebungsbecken notwendig ist.

Tabelle 2-3: spezifischer Energieverbrauch nach Funktionseinheit

	kWh pro EW und Jahr	gCO _{2e} pro EW und Jahr
Zulaufbereich	2,57	1,54
Mechanische Vorreinigung	1,22	0,73
Biologische Reinigung	14,12	8,47
Weitergehende Abwasserreinigung	0,31	0,18
Schlammbehandlung	4,13	2,48
Sonstiges	0,14	0,08
KA Gesamt	22,49	13,49

Zur besseren Darstellung der Berechnungsergebnisse ist das nachfolgende Diagramm aufgeführt:

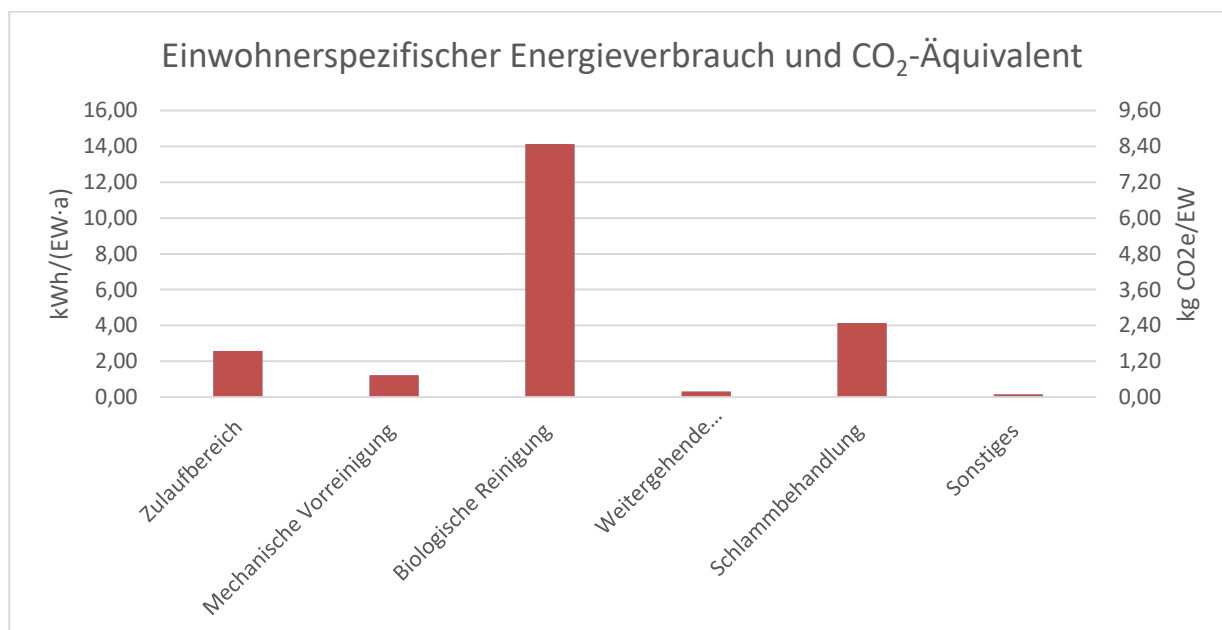


Abbildung 2-5: Spezifischer Energieverbrauch nach Funktionseinheit

3. Konzept PV-Anlage

Die Stadtwerke Bad Gandersheim sehen die Installation einer PV-Anlage auf den Gebäuden der Kläranlage vor. Da der erzeugte Strom jedoch nicht direkt vermarktet werden soll (Direktvermarktung ab >100 kWp), ist eine Ausbaugröße mit einer Leistung von 99,9 kWp vorgesehen. Mit genannter Leistung ist eine elektrische Arbeit von etwa 90.000 kWh/a zu erwarten. Die Investition beläuft sich in der Grobkostenschätzung auf 180.000 €.

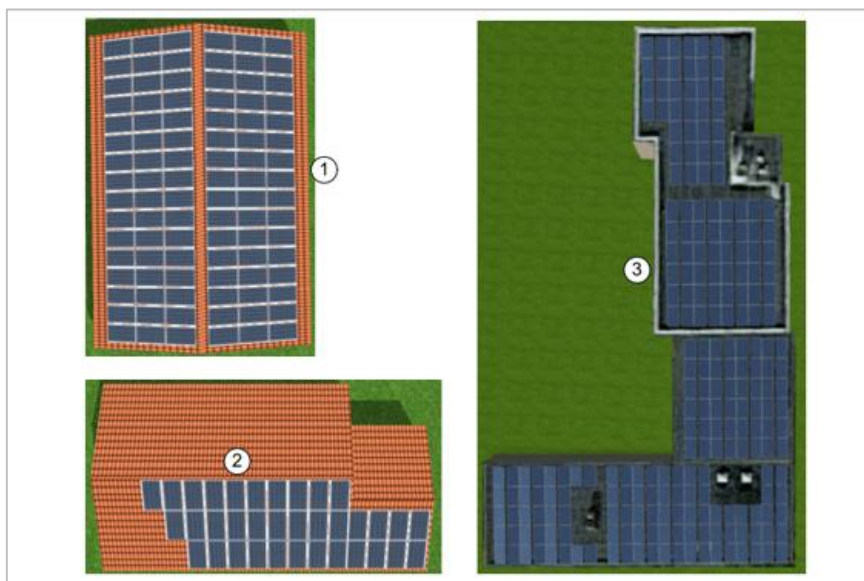


Abbildung 3-1: PV-Belegungsplan

Tabelle 3-1: Anzahl der PV-Modulzahl pro Betriebsdach

Dach	Maximale Modulzahl
1	96
2	35
3	228

3.1 Einsparungen und Kosten

Bei einer 100 %igen Eigennutzung der erzeugten elektrischen Arbeit ist, gemäß den Bruttopreisen der neuen Strom-Lieferverträgen 2020-2021, mit folgenden Einsparungen zu rechnen:

$$20,4955 \frac{\text{cent}}{\text{kWh}} \cdot 90.000 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} = 18.446 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

Den Einsparungen stehen bei einer Investition von 180.000 € bei 2% Zinsen p.a. und einer Nutzungsdauer von 20 Jahren – unter Betrachtung einer linearen Abschreibung – jährliche Kapitalkosten von ca. 9.090 €/a gegenüber.



4. Potenzialanalyse und mögliche Maßnahmen

Im Folgenden werden für die einzelnen Funktionseinheiten der Kläranlage Potentiale und mögliche Maßnahmen dargestellt, welche durch die Ergebnisse und Bewertung der Bestandsaufnahme sowie durch die Energiebilanz der Anlage ermittelt werden konnten.

Die nachfolgend angegebenen Kosten verstehen sich inkl. der gesetzlichen Mehrwertsteuer.

4.1 Zulaufbereich

4.1.1 Optimierung des Abwasserspeicherbeckens

Momentan wird das Abwasserspeicherbecken lediglich bei Starkregenereignissen zur Speicherung des Abwassers verwendet. Der Umbau und die Umnutzung des Beckens zu einem Misch- und Ausgleichsbecken stellt eine verfahrenstechnische Optimierung dar. Die Frachtspitzen am Zulauf der Kläranlage könnten mit dem M+A Becken vergleichmäßig werden, wodurch sich ein effizienterer Betrieb der nachfolgenden Reinigungsstufen ergibt. Weiterhin sollte hier der Ablauf des Beckens hochgesetzt werden, um das Becken vollständig füllen zu können. Alle hier vorhandenen Aggregate können nur per Hand gesteuert werden. Zur Umnutzung des Beckens als Misch- und Ausgleichbeckens sollte hier Steuerungstechnik installiert werden.

Einsparungen:

Die Energieeinsparung durch genannte Maßnahmen lassen sich im Rahmen dieser Betrachtung nicht beziffern. Die Maßnahme ist allerdings als nachrangig anzusehen und wird in diesem Konzept energetisch nicht betrachtet.

4.1.2 Optimierung des Störfallpumpwerkes

Die Störfallpumpen haben mit fast 20 Jahren ihre technische Nutzungsdauer erreicht. Die Pumpen sind mittelfristig zu erneuern. Nach Angaben des Betriebspersonals der Kläranlage weist das Störfallpumpwerk nur sehr wenig Betriebsstunden auf (Betrieb meist nur durch Probelauf) und stellt sich durch Kontrolle und Fernüberwachung als verzichtbar dar.

Einsparungen:

Es lassen sich durch Rückbau- bzw. Sanierungsmaßnahmen am Störfallpumpwerk keine Energieeinsparungen erreichen, da das Pumpwerk keine regulären Betriebsstunden aufweist.

4.1.3 Optimierung des Zulaufpumpwerkes

Die Zulaufschnecken sowie deren Tröge aus dem Baujahr 1979 wurden seit Ihrer Inbetriebnahme nicht saniert. Mittel- bis langfristig wird eine Sanierung unabdingbar sein. Mit einer Sanierung auf den Stand der Technik wird die Energieeffizienz des Pumpwerkes gesteigert. Ein Handlungsbedarf bei der Antriebssteuerung ist nicht gegeben. Die Antriebe der Schnecken sind bereits FU-gesteuert.

Einsparungen:

Eine mittelfristig erforderliche Sanierung des Pumpwerkes kann ca. 5% Energieeinsparung gegenüber dem alten Pumpwerk ermöglichen. Die energetischen Einsparungen können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden:

Tabelle 4-1: Maßnahme Sanierung Zulaufpumpwerk

Maßnahme	Einsparpotenzial		Umsetzungs- zeitraum	Kosten [€]
	[kWh/a]	[kgCO _{2e} /a]		
Sanierung der Tröge und Schnecken	2.419,39	1.451,63	Mittelfristig	225.000

4.2 Mechanische Vorreinigung

4.2.1 Optimierung Rechen, Rechengutpresse, Sandklassierer

Der Rechen sowie die Rechengutpresse (Bj. 1994 / 1998) zeigen einen ordnungsgemäßen Betrieb und geringe Verschleißerscheinungen. Hier ist zurzeit kein Optimierungspotential erkennbar.

Der Sandklassierer/-wäscher wurde 2017 durch eine Neuanschaffung auf den Stand der Technik erneuert. Das neue Aggregat verbraucht mit einer Leistung von 0,8 kW bei gleicher Laufzeit bis zu 47 % weniger Strom als das alte Aggregat (Baujahr 1991).

Einsparungen:

Die genannten Aggregate erfordern keine Maßnahmen zur energetischen Sanierung.

4.2.2 Optimierung Sand- und Fettfang

Die Sandfangpumpe aus dem Baujahr 1980 sollte kurz- bis mittelfristig erneuert werden. Mit einer Laufzeit von nur ca. zehn Stunden pro Monat wird dies aber keinen großen Einfluss auf den Energieverbrauch haben. Ebenso die Sandfangzwischenpumpe, welche mit einem Alter von zwanzig Jahren nicht mehr im Soll der technischen Nutzungsdauer liegt. Ein Kompressor



zur Lufteintragung in den Sandfang wurde bereits erneuert. Der zweite (Baujahr 1990) sollte in den nächsten Jahren ebenso erneuert werden.

Die Belüftung des Sandfanges läuft im 24h-Betrieb. Hier sollte versuchsweise eine reduzierte Laufzeit (z.B. nachts Abschaltung zwischen 1:00 – 5:00 Uhr) geprüft werden. Wenn dies keinen großen Einfluss auf die Abscheidung des Sandes im Abwasser hat, kann diese Betriebsweise zur Energieeinsparung umgesetzt werden. Zur weiteren Einsparung sollte der Kompressor und die Sandfangpumpe erneuert werden sowie eine Anpassung des Ablaufs und Rückbau der Sandfangzwischenpumpe erfolgen. Weiterhin sollten die genannten Maßnahmen am Sand- und Fettfang mit Einbezug moderner Steuer- und Regelungstechnik mit wenig Personalaufwand betrieben werden können.

Einsparungen:

Die energetischen Einsparungen können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden:

Tabelle 4-2: Maßnahme Sanierung mechanische Vorreinigung

Maßnahme	Einsparpotenzial		Umsetzungs- zeitraum	Kosten [€]
	[kWh/a]	[kgCO _{2e} /a]		
Erneuerung Sandfangpumpe	27,74	16,64	Kurzfristig	7.100
Rückbau Sandfangzwischenpumpe	176,76	106,06	Mittelfristig	7.500
Erneuerung Kompressor Sandfang	2.150,57	1.290,34	Kurzfristig	13.100
Zeitliches Abstellen der Belüftung (4h/d)	3.440,91	2.064,55	Kurzfristig	0

4.3 Biologische Reinigung

4.3.1 Belüftung

Die Belüftungsaggregate für den Sauerstoffeintrag in die Belebung haben ihre technische Nutzungsdauer mit über 25 Jahren erreicht. Ein Austausch der Aggregate mit effizienteren Maschinen führt zu Energieeinsparungen.

Momentan fungieren die Frequenzumformer der Belüftungsaggregate nur als Sanftanläufer. Dies sollte kurzfristig geändert werden. Durch FU-gesteuerte Aggregate können bis zu 10% der Belüftungsenergie eingespart werden. Weiterhin sollte die Belüftung über die Messwerte der NH₄- und NO₃-Messung geregelt werden, mit der schätzungsweise weitere 5% eingespart werden können. Dies stellt die effizienteste Möglichkeit zur Deckung des Sauerstoffbedarfs in



der Nitrifikationsphase dar. Die NH_4 - und NO_3 -Messungen sind bereits vorhanden und als Messgröße im Prozessleitsystem eingebunden.

In Bezug auf eine Änderung der Schlammbehandlung und Verwertung kann eine Effizienzsteigerung der Belebung jedoch mit der Zielsetzung der aeroben Schlammstabilisierung (Schlammalter von min. 25 Tagen) nicht umgesetzt werden. Hierzu wäre die Reaktivierung des zweiten Belebungsbeckens erforderlich, welches zu einem erhöhten Belüftungsaufwand führt.

Tabelle 4-3: Maßnahme Sanierung Belüfteraggregate

Maßnahme	Einsparpotenzial		Umsetzungs- zeitraum	Kosten [€]
	[kWh/a]	[kgCO _{2e} /a]		
Erneuerung der Belüfteraggregate mit FU-geregeltem Antrieb und	15.524,7	9.314,82	kurzfristig	85.000
Regelung durch NH_4 -/ NO_3 -Messung	7762,3	4.657,38	kurzfristig	25.000

4.3.2 Optimierung des Rücklaufschlammumpwerkes

Zurzeit wird das Rücklaufschlammumpwerk lediglich durch Messung des TS-Gehaltes und des Schlammvolumens in der Belebung betrieben. Dies ist nicht mehr Stand der Technik und führt zu unkontrollierten Rücklaufverhältnissen und somit zwischenzeitlich zu schlechten TS – Gehalten in der Belebung, die wiederum zu einem erhöhten Energieverbrauch führen.

Hier ist zwingend eine Rücklaufschlammsteuerung, die proportional zum KA-Zufluss der Kläranlage automatisch das Rücklaufverhältnis einstellt, zu installieren. Zur messtechnischen Bestimmung des Rücklaufverhältnisses sind ein MID im KA-Zulauf und einer in der Leitung des Rücklaufschlammes notwendig. Mithilfe eines zu installierenden FU kann dann das Rücklaufverhältnis auf einen konstanten Wert geregelt werden.

Einsparungen:

Die energetischen Einsparungen können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden:

Tabelle 4-4: Maßnahme Installation RS-Steuerung

Maßnahme	Einsparpotenzial		Umsetzungs- zeitraum	Kosten [€]
	[kWh/a]	[kgCO _{2e} /a]		
Mengenproportionale Rücklaufschlammregelung (Einbau FU und MIDs)	5.376,42	3.225,85	Mittelfristig	21.400
MID im KA-Zulauf	-	-		28.600



MID im Rücklaufschlamm	-	-		28.600
------------------------	---	---	--	--------

4.4 Weitergehende Abwasserreinigung

4.4.1 Optimierung der Nachklärung 2

Die Nachklärung ist auf dem Stand der Technik. Mit einem geringen Anteil von 0,94% der verbrauchten Energie auf der Anlage ist hier kein großes Einsparpotential vorhanden. Die Antriebe der Brücke sowie die Schwimmschlammpumpe haben ihre technische Nutzungsdauer erreicht und sind mittelfristig zu erneuern.

Einsparungen:

Aufgrund des geringen Energieverbrauchs der Nachklärung ist hier kein Anlass zur energetischen Sanierung gegeben.

4.4.2 Optimierung der PO₄ – P Fällung

Die FeCl₃ – Dosierung zur PO₄ – P – Fällung läuft 24 h pro Tag. Für einen Antrieb von 0,25 kW der Dosierpumpe verbraucht diese mit knapp 0,4 % der Gesamtenergie verhältnismäßig viel. Hier sollte der Einsatz einer Online Phosphatmessung zur Regelung der Dosierung untersucht werden, mithilfe dieser auch der Fällmittelverbrauch reduziert werden kann.

Einsparungen:

Eine Sanierung der Fällmitteldosier-Anlage ist vorrangig zur Einsparung von Fällmittel zu empfehlen.

4.5 Schlammbehandlung

Die Schlammbehandlung erfolgt zurzeit durch Konditionierung mittels Kalkzugabe, um das geringe Schlammalter zu kompensieren und einer statischen Eindickung und maschinellen Entwässerung.

4.5.1 Optimierungspotenziale der Schlammbehandlung

Vorbehaltlich einer Änderung der Klärschlamm-Verwertungsstrategie, die sich durch weitere Verschärfungen der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) und der Düngemittelverordnung (DüMV) ändern kann, ist bei der Verfahrenstechnik der Schlammbehandlung Energie-Einsparpotenzial vorhanden. Hier ist jedoch zu unterscheiden, ob das derzeitige Verfahren



beibehalten wird oder die Schlammbehandlung und ggf. die -verwertung einer neuen zukunftssicheren Strategie folgt.

Somit sollte die derzeitige Schlammbehandlung vorerst durch einfache Instandhaltungsarbeiten weiter betrieben werden, ohne dass eine höhere Investition in die Erneuerung der Behandlungsanlage fließt. Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen bzgl. der Klärschlammverwertung werden langfristige Kapitalbindungen in der Schlammbehandlung nicht empfohlen, um Flexibilität im sich ändernden Klärschlammverwertungsmarkt zu bewahren. Damit bleibt die strategische Ausrichtung vorerst offen und kann im Rahmen weiterer Konzepte geprüft werden. Unter der Berücksichtigung der genannten, sich derzeitig wandelnden Rahmenbedingungen wird die energetische Sanierung der Schlammbehandlung in diesem Konzept – mit Verweis auf ein mögliches Klärschlammkonzept – nicht betrachtet.



5. Einsparungen und Kosten

5.1 Energie- und CO₂-Einsparungen

Durch Umsetzung aller aufgeführten energetischen Sanierungsmaßnahmen werden jährlich 36,9 MWh Primärenergie und damit 22,1 t CO_{2e} eingespart. In der Gesamtbetrachtung sind es mit der PV-Anlage ca. 127 MWh und damit ca. 76 t CO_{2e} die eingespart werden. Zusätzlich wird die Anlage durch Instandhaltungsmaßnahmen stabilisiert.

In den nächsten Kapiteln werden die Kostenbetrachtungen der beschriebenen Maßnahmen dargestellt.

Eine detaillierte Energieanalyse ist in der *Anlage 4* dargestellt.

5.2 Spezifischer Energiebedarf nach Umsetzung aller Maßnahmen

Mithilfe der ermittelten Energieeinsparungen kann nun der Energiebedarf und der CO_{2e}-Ausstoß der Kläranlage neu bestimmt werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt wie sich die geplanten Maßnahmen diesbezüglich in der Gesamtbetrachtung auswirken.

Tabelle 5-1: Spezifischer Energiebedarf nach Umsetzung der Maßnahmen

Energiebedarf der Kläranlage				
	Derzeitiger Energiebedarf	Energie-einsparung	Energie-einsparung	Reduzierter Energiebedarf
	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[kWh/a]
Ohne PV-Anlage	425.000	36.878	8,7	388.122
Mit PV-Anlage	425.000	126.878	29,9	298.122

Äquivalenter CO ₂ -Ausstoß aus verbrauchter elektrischer Energie				
	Derzeitiger Ausstoß	Einsparung	Einsparung	Reduzierter Ausstoß
	[t CO _{2e} /a]	[t CO _{2e} /a]	[%]	[t CO _{2e} /a]
Ohne PV-Anlage	255,0	22,1	8,7	232,9
Mit PV-Anlage	255,0	76,1	29,9	178,9



Auch anhand des spezifischen Energieverbrauches (siehe dazu Kapitel 2.1.3) lässt sich die durch die beschriebenen Maßnahmen mögliche Energieeinsparung darstellen. Mithilfe der ermittelten Einwohnerwerte (18.900 EW) und des Strombedarfes wurde für den Ist-Zustand ein spezifischer Energieverbrauch von **22,49 kWh/(EW·a)** ermittelt. Nach Umsetzung der empfohlenen aufgezeigten Sanierungsmaßnahmen verringert sich der spezifische Energieverbrauch somit auf **20,53 kWh/(EW·a)** und mit Einbezug der geplanten PV-Anlage auf **15,77 kWh/(EW·a)**.

5.3 Investitionskostenbetrachtung der beschriebenen Maßnahmen

Die Investitionen belaufen sich für die energetischen Instandsetzungsmaßnahmen auf: **441.300 €**. In der Gesamtbetrachtung, mit der geplanten PV-Anlage, belaufen sich die Kosten auf **621.300 €**. Die detaillierten Investitionskosten sind dem *Anhang A5* zu entnehmen.

5.4 Jahreskostenbetrachtung der beschriebenen Maßnahmen

Die nachfolgende Tabelle stellt die Jahreskosten der beschriebenen Maßnahmen dar. Die Abschreibungen setzen sich aus den verschiedenen Investitionen und Abschreibungszeiträumen zusammen. Die Betriebskosten für die neue Schlammbehandlung beinhalten die Instandhaltung und Wartung, Energieeinsparungen und Zusatzstoffe für die Anlage.

Tabelle 5-2: Jahreskosten der energetischen Maßnahmen

		Instandhaltung und Optimierung [€/a]
PV – Anlage	Abschreibung (einschl. 2 % Zinsen p.a.)	9.090
	Einsparung Energiekosten	-18.446
Energetische Instandhaltung	Abschreibung (einschl. 2 % Zinsen p.a.)	18.270,90
	Einsparung Energiekosten	-7558,41
Summe Jahreskosten		1.356,54

Eine genaue Auflistung der Jahreskosten kann der **Anlage 6** entnommen werden.

Mit den Betrachtungen der Kosten aller Maßnahmen und den Einsparungen der Energiekosten erhöhen sich die Jahreskosten um 1.356,54 €/a. Damit ergeben sich spezifische Kosten hinsichtlich der CO₂-Einsparungen von 1,7 cent/kgCO_{2e}.



5.5 Priorisierung der entwickelten Maßnahmen

Im Folgenden werden die vorgenannten Maßnahmen entsprechend ihres Energieeinsparpotenzials in einer Rangfolge gegliedert. Dabei bekommt die Maßnahme mit der größten Energieeinsparung [kWh/a] den Rang 1 zugewiesen. Der Höhe der Energieeinsparungen zufolge werden die weiteren Maßnahmen jeweils mit den fortlaufenden Nummern (2, 3, 4...) versehen.

Als zweites Kriterium für die Rangverteilung wird die Wirtschaftlichkeit herangezogen. Dabei wird die Höhe der jeweiligen Jahreskosteneinsparung [€/a] betrachtet.

In der nachfolgenden Tabelle ist die Priorisierung der Maßnahmen nach Energieeinsparung abgebildet.

Tabelle 5-3: Priorisierung der energetischen Maßnahmen nach Energieeinsparung

Maßnahmen	Rang	Energie- einsparung	Invest.- kosten Brutto	Kapital- kosten	Stromkosten- Einsparung	Einsparung Jahreskosten
		[kWh/a]	[€]	[€/a]	[€/a]	[€/a]
Erneuerung Gebläse (3stk +FU)	1	15.524	85.000	4.293	3.182	-1.111
Optimierung der Gebläsesteuerung (Einbindung NH4- /NO3-Messung)	2	7.762	25.000	1.263	1.591	328
FU und Steuerung RS-Pumpwerk +MID im Zulauf und RS	3	5.376	78.600	3.969	1.102	-2.867
Zeitl. Abstellen Sandfangbelüftung	4	3.440	0	0	705	705
Sanierung Zulaufpumpwerk	5	2.419	225.000	7.575	496	-7.079
Erneuerung Kompressor Sandfang	6	2.150	13.100	662	441	-221
Rückbau Sandfangzwischenpw.	7	177	7.500	152	36	-115
Erneuerung Sandfangpumpe	8	28	7.100	359	6	-353



In der nachfolgenden Tabelle ist die Priorisierung der Maßnahmen nach Jahreskosteneinsparung abgebildet.

Tabelle 5-4: Priorisierung der energetischen Maßnahmen nach Jahreskosten

Maßnahmen	Rang	Energie- einsparung	Invest.- kosten Brutto	Kapital- kosten	Stromkosten- Einsparung	Einsparung Jahreskosten
		[kWh/a]	[€]	[€/a]	[€/a]	[€/a]
Zeitl. Abstellen Sandfangbelüftung	1	3440,91	0	0	705	705
Optimierung der Gebläsesteuerung (Einbindung NH4- /NO3-Messung)	2	7762,21	25.000	1.263	1.591	328
Rückbau Sandfangzwischenpw.	3	176,76	7.500	152	36	-115
Erneuerung Kompressor Sandfang	4	2150,57	13.100	662	441	-221
Erneuerung Sandfangpumpe	5	27,74	7.100	359	6	-353
Erneuerung Gebläse (3stk +FU)	6	15524,41	85.000	4.293	3.182	-1.111
FU und Steuerung RS-Pumpwerk +MID im Zulauf und RS	7	5376,42	78.600	3.969	1.102	-2.867
Sanierung Zulaufpumpwerk	8	2419,39	225.000	7.575	496	-7.079

5.6 Zeitliche Anordnung der Maßnahmen

Für die Umsetzung der geplanten Maßnahmen wird eine zeitliche Einteilung in drei Kategorien vorgesehen. Jedoch sind bei den Anlagenteilen – bezogen auf die hohe Nutzungsdauer – nur kurzfristige und mittelfristige Maßnahmen erforderlich.

- Kurzfristige Maßnahmen: Kurzzeichen KU (Zeitraum 1 – 2 Jahre)
- Mittelfristige Maßnahmen: Kurzzeichen MI (Zeitraum 3 – 5 Jahre)



Die nachfolgende Tabelle zeigt die Maßnahmen mit der jeweiligen zeitlichen Kategorisierung für die geplante Umsetzung.

Tabelle 5-5: Zeitliche Kategorisierung der energetischen Maßnahmen

Maßnahmen	Rang	Energie- einsparung	Invest.- kosten Brutto	Kapital- kosten	Stromkosten- Einsparung	Einsparung Jahreskosten
		[kWh/a]	[€]	[€/a]	[€/a]	[€/a]
Zeitl. Abstellen Sandfangbelüftung	KU	3440,91	0	0	705	705
Rückbau Sandfangzwischenpw.	KU	176,76	7.500	152	36	-115
Erneuerung Sandfangpumpe	KU	27,74	7.100	359	6	-353
Erneuerung Kompressor Sandfang	KU	2150,57	13.100	662	441	-221
Optimierung der Gebläsesteuerung (Einbindung NH4- /NO3-Messung)	KU	7762,21	25.000	1.263	1.591	328
Erneuerung Gebläse (3stk +FU)	KU	15524,41	85.000	4.293	3.182	-1.111
FU und Steuerung RS-Pumpwerk +MID im Zulauf und RS	MI	5376,42	78.600	3.969	1.102	-2.867
Sanierung Zulaufpumpwerk	MI	2419,39	225.000	7.575	496	-7.079



6. Zusammenfassung

Die Kläranlage weist mit einem spezifischen Energieverbrauch von 22,49 kWh/(EW·a) schon jetzt einen niedrigen Energieverbrauch auf. Dieser resultiert vorrangig aus dem Betrieb der Belebung mit dem geringen Schlammalter von ca. 16 Tagen. Die einzelne Betrachtung der Aggregate stellt jedoch Potenzial zur Energieeinsparung dar, welches mit den aufgeführten Sanierungsmaßnahmen einer Investition von 441.300 € entspricht. Aufgrund der technischen Nutzungsdauer der meisten Aggregate stellt sich diese Investition zur Erhaltung der Anlagenverfügbarkeit/Betriebssicherheit ohnehin als erforderlich dar. Mit Umsetzung der Maßnahmen – einschließlich der geplanten PV-Anlage, welche mit einer Investition von 180.000 € kalkuliert wird – kann der spezifische Energieverbrauch um ca. 30 % auf etwa 15,77 kWh/(EW·a) gesenkt werden, welches ein jährliches CO₂-Äquivalent von 76,1 t/a darstellt. Ohne die Installation der PV-Anlage reduziert sich der Energieverbrauch um 8,7 % auf 20,53 kWh/(EW·a), welches ein CO₂-Äquivalent von 22,1 t/a entspricht. Mit der Umsetzung aller Maßnahmen steigen die Jahreskosten um 1.356,54 €/a. Daraus resultieren spezifische Kosten für die CO_{2e}-Einsparung von 1,78 Cent/kgCO_{2e}. Außerdem sind mit der Umsetzung der genannten Maßnahmen weiterhin Umbauten und Anpassungen der Kläranlage, wie z.B. Umstellung auf anaerobe Schlammbehandlung oder Erweiterung der Belebung auf zwei Belebungsbecken, möglich. Die energetischen Sanierungsmaßnahmen können hierzu mit integriert werden und stellen weiterhin nachhaltige Investitionen dar. Hinsichtlich der Schlammbehandlung sollte jedoch die derzeitige Verwertung geprüft werden, um neben einer möglichen Energieeinsparung auch die Nachhaltigkeit der zukünftigen Schlammbehandlung und -Verwertung sicherzustellen (s. Kap. 4.5.1). Folglich sollte bis zu einer Prüfung der derzeitigen Schlammbehandlung und -Verwertung die betreffende Anlagentechnik durch regelmäßige Wartung weiterbetrieben werden, um nachhaltige Investitionen zu gewährleisten. Neben den energetischen Aspekten ist in der verfahrenstechnischen Anlagenbewertung die konstante Einhaltung der gesetzlichen Überwachungswerte im Kläranlagenablauf aufgezeigt worden. Hieraus empfiehlt sich das „Runtererklären“ genannter Überwachungswerte, um Gebühren und damit Betriebskosten einzusparen. Darüber hinaus verfügt die Kläranlage Bad Gandersheim über Potential zur Sanierung bzw. Erweiterung der Automatisierungstechnik, um ebenso Betriebskosten einzusparen.



7. Empfehlung und Ausblick

Wie bereits in der Zusammenfassung erläutert, kann bei der Kläranlage Bad Gandersheim, trotz der guten und energiearmen Betriebsweise, weitere Energie eingespart werden. Diese Maßnahmen beziehen sich hier im Wesentlichen auf die Verfahrenstechnik des „Abwasserwegs“. Um weitere Maßnahmen aufzuzeigen, empfiehlt sich eine detaillierte energetische und verfahrenstechnische Betrachtung der Schlammbehandlung, wobei auch die Betriebsmittel bilanziert und die Verwertungswege auf „Zukunftsfähigkeit“ geprüft werden. Nichtsdestotrotz sollte die derzeitige Schlammbehandlung kurz bis mittelfristig weiterbetrieben werden, da die Entwässerungsleistung immer noch gut bis sehr gut ist. Langfristig empfiehlt sich eine Konzeptausarbeitung zur zukünftigen Klärschlammbehandlung und Verwertung. Dabei kann unter anderem die Teilnahme an einem Klärschlamm-Netzwerk für die Kläranlage Bad Gandersheim bewertet werden.

Neben den aufgezeigten Reinvestitionsmaßnahmen zur energetischen Sanierung der Kläranlage sind weitere Betrachtung hinsichtlich notwendiger bautechnischer Sanierung zu empfehlen. Diese können ebenso in Verbindung mit Modernisierungsmaßnahmen der Steuerungs- und Regelungstechnik zu einem detaillierten Reinvestitionsmaßnahmen-Katalog für den mittelfristigen und langfristigen Betrieb der Kläranlage ausgearbeitet werden. Dadurch würde die Kläranlage Bad Gandersheim in der technischen Gesamtheit für die Zukunft sehr gut aufgestellt sein, um den derzeitigen guten Betrieb der Anlage sicherzustellen und ggf. weiter zu verbessern.



Anlagen

- I. Anlage 1 – Übersichtsplan**
- II. Anlage 2 – Istzustand Bewertung**
- III. Anlage 3 – Aggregatliste**
- IV. Anlage 4 – Energiebilanz der energetischen Maßnahmen**
- V. Anlage 5 – Investitionskosten der energetischen Maßnahmen**
- VI. Anlage 6 – Jahreskosten der energetischen Maßnahmen**