



Potenzialstudie

Kläranlage

Gau-Bickelheim

Auftraggeber:

Verbandsgemeinde Wöllstein
Eigenbetrieb Abwasser
St. Floriansweg 8
55599 Gau-Bickelheim

Tel.: 06703/302-0
E-Mail: info@vgwoellstein.org
Internet: www.woellstein.de

Verbandsgemeinde Wörrstadt
Eigenbetrieb Abwasser
Zum Römergrund 2-6
55286 Wörrstadt

Tel.: 06732/601-0
E-Mail: info@vgwoerrstadt.de
Internet: www.vgwoerrstadt.de

Projektleiter:

Herr Rudolf Hasselberg, Techn. Werkleiter
Tel.: 06732/601-5031
E-Mail: rudolf.hasselberg@vgwoerrstadt.de

Wissenschaftliche Begleitung:

IG Dr. Siekmann + Partner GmbH
Segbachstraße 9
56743 Thür
Tel.: 02652/939370
E-Mail: info-myk@siekmann-ingenieure.de

Gefördert aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages durch:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

„Nationale Klimaschutzinitiative

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert das Bundesumweltministerium seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.“



Potenzialstudie

Kläranlage Gau-Bickelheim

Verbandsgemeindewerke Wörrstadt

Auftraggeber : Verbandsgemeindewerke Wörrstadt
Zum Römergrund 2-6
55286 Wörrstadt

Datum : 08.06.2020

Projekt-Nr. : 19 036

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung.....	1
1. Vorbemerkung	3
2. Bestandsaufnahme	3
2.1 Aufnahme der Bestandssituation der Kläranlage.....	3
2.1.1 Angeschlossene Einwohnerwerte und Alter der Anlage	4
2.1.2 Kurzdarstellung des Reinigungsverfahrens	5
2.1.3 Produzierte Faulgasmenge und Nutzung	9
2.1.4 Art der Schlammentsorgung.....	9
2.1.5 Anfallende und entsorgte Schlammengen.....	9
2.1.6 Grad der Automatisierung der Anlagen	9
2.1.7 Sanierungsbedarf von Bau-, Maschinen- und EMSR-Technik.....	10
2.1.8 Lokale Rahmenbedingungen	10
2.1.9 Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen	11
2.2 Sensor-/Messtechnik und Kontrolle der Abwasserqualität.....	12
2.3 Personalsituation	13
2.3.1 Weiterbildungsbedarf	13
2.3.2 Darstellung der Qualität der Betriebsführung der Anlage	13
2.3.3 Teilnahme an Benchmarks der Verbände	13
2.3.4 Relevanz und Know-How zum Energieverbrauch	14
2.4 Beabsichtigte Planungen.....	14
2.5 Analyse des Energieverbrauchs.....	15
2.5.1 Aufnahme aller wichtigen Energieverbraucher (geordnet nach Anlagenteilen).....	15
2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten.....	17

2.5.3	Wärmebedarf auf der Anlage	20
2.6	Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz	21
2.7	Zusammenfassung aktuelle energetische Situation.....	21
2.8	Bewertung anhand energetischer Beurteilungskriterien und Ermittlung spezifischer Kennzahlen	22
2.8.1	Idealwertbestimmung nach DWA-A 216.....	22
2.9	Gegenüberstellung von verbrauchter und erzeugter Energie	24
2.9.1	Eigenversorgungsgrad Strom.....	25
2.9.2	Eigenversorgungsgrad Wärme.....	25
3.	Potenzialanalyse	26
3.1	Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienzpotenziale	26
3.1.1	Identifizierung von Ansatzpunkten.....	26
3.1.2	Ansätze zur Nutzung Erneuerbarer Energie	30
3.1.3	Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen durch Digitalisierung und Energiemanagementsysteme.....	31
3.2	Definition von kurz-, mittel- und langfristigen Einspar- und Versorgungszielen	31
3.3	Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele	31
4.	Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung.....	32
4.1	Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen.....	32
4.2	Detaillierte Beschreibung möglicher Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen, von Maßnahmen zur klimafreundlichen Betriebsoptimierung und zur effizienten und klimaschonenden Energieerzeugung	32
4.2.1	Erneuerung des Zulaufpumpwerkes.....	33
4.2.2	Erneuerung der Rücklaufschlammumpen 2 & 3	33

4.2.3	Verfahrensumstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung	34
4.2.4	Klärschlammbehandlung im Verbund.....	36
4.2.5	Implementierung eines Energiemanagements	37
4.2.6	Umstellung der Betriebsgebäudeheizung	38
4.2.7	Installation von PV-Modulen auf dem Dach der Schlammhalterhalle.....	38
4.3	Umsetzungsfahrplan (Priorisierung/Zeitplanung/Akteure).....	39
4.4	Entwicklung geeigneter Indikatoren für die Erfolgskontrolle der Maßnahmen.....	39
4.5	Vorplanung der kurzfristig umsetzbaren Maßnahmen	40
4.5.1	Erneuerung der Pumpwerke	40
4.5.2	Verfahrensumstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung und Klärschlammverwertung im Verbund.....	41
4.5.3	Implementierung eines Energiemanagementsystems	45
4.6	Prüfung der Sicherstellung der Mindestziele	46
4.6.1	Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme.....	46
4.6.2	Spezifischer jährlicher Strombedarf der gesamten Anlage (inkl. lokal umgewandelter Energie)	47

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Belastung Ortsgemeinde Vendersheim.....	10
Tab. 2: zukünftige Belastung KA Gau-Bickelheim.....	10
Tab. 3: Zusammenstellung der wichtigsten Energieverbraucher.....	15
Tab. 4: Zusammenstellung der Stromverbräuche (2019).....	17
Tab. 5: Zusammenstellung spezifische Stromverbräuche und Idealwerte (Betriebsjahr 2018).....	22
Tab. 6: Gegenüberstellung Stromverbrauch und Stromerzeugung (Jahr 2019).....	24
Tab. 7: Gegenüberstellung Stromverbrauch und -erzeugung (normiert auf 19.609 EW).....	24
Tab. 8: Investitionskosten Erneuerung der Pumpwerke.....	40
Tab. 9: Investitionskosten Verfahrensumstellung und Klärschlammverwertung im Verbund.....	44
Tab. 10: Investitionskosten zur Implementierung eines Energiemanagements.....	45
Tab. 11: Deckungsquoten des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien (16.983 EW).....	46
Tab. 12: Deckungsquoten des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien (19.609 EW).....	46

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage der Kläranlage Gau-Bickelheim.....	3
Abb. 2: Luftbild Kläranlage Gau-Bickelheim.....	4
Abb. 3: Verfahrensschema KA Gau-Bickelheim.....	5
Abb. 4: Zulaufpumpwerk.....	6
Abb. 5: Flach-Feinsiebrechen.....	6
Abb. 6: Siebschnecke.....	6
Abb. 7: Langsandfang.....	7
Abb. 8 und Abb. 9 : Belebung und Nachklärung (Kombibecken).....	7
Abb. 10: Schlammstilo.....	8
Abb. 11: Modellansicht Kläranlage Gau-Bickelheim.....	8
Abb. 12: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2019).....	19
Abb. 13: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie (DWA A-216).....	25
Abb. 14: Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren (DWA A-216).....	26
Abb. 15: Leitungstrasse.....	28
Abb. 16: Übersicht Stromverbrauch (2010-2019).....	32
Abb. 17: Zeitplan der kurzfristigen Maßnahmen.....	39
Abb. 18: Zwischenpumpwerk.....	41
Abb. 19: Vorklärbecken.....	41
Abb. 20: Fremdschlammannahmebehälter.....	42
Abb. 21: Rohschlammbehälter.....	42
Abb. 22: Fettannahme und Faulschlammstuffer.....	43
Abb. 23: Faulbehälter mit vorgelagertem Technikgebäude - 3D-Ansicht transparent..	43

Kurzfassung

Die Kläranlage Gau-Bickelheim (Rheinland-Pfalz) mit einer Ausbaugröße von 13.000 EW wird nach der Verfahrensführung der simultanen aeroben Schlammstabilisierung betrieben. Aktuell wird der Anschluss der KA Vendersheim planerisch untersucht. Aus energetischen Gründen soll im Sinne des Klimaschutzes die Umstellung der Verfahrensführung auf Schlammfäulung umgesetzt werden, dabei soll ebenfalls die Annahme und Mitbehandlung von Fremdschlämmen vorgesehen werden. Darüber hinaus sind weitere Maßnahmen zur energetischen Optimierung der Anlage vorgesehen.

Der Stromverbrauch im Jahr 2019 betrug 444.860 kWh. Davon wurden 0 kWh auf der Anlage erzeugt. Der Deckungsgrad beträgt demnach derzeit **0 %**.

Bei der aktuellen mittleren Belastung mit 16.983 EW berechnet sich der spezifische Energiebedarf zu **26,19 kWh/(EW·a)**. Die Kläranlage weist demnach vordergründig einen guten Energiebedarf auf. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Anlage das Verfahrensziel der simultanen aeroben Schlammstabilisierung aufgrund des zu geringen Behandlungsvolumen nicht einhalten kann. Unterstellt man, dass das zu bewirtschaftende Behandlungsvolumen für die Gewährleistung des erforderlichen Gesamtschlammalters von 25 d deutlich größer sein müsste sowie unter Berücksichtigung des dann höheren spez. Sauerstoffverbrauchs ist diese Aussage entsprechend zu relativieren.

Aufgrund durchgeführter Voruntersuchungen soll die Anlage zur Einhaltung der Anforderungen an die Klärschlammbehandlung jedoch nicht nach dem bisherigen Verfahrensziel ausgebaut, sondern auf Schlammfäulung umgestellt werden. Weiterhin sollen die Schlämme weiterer Kläranlagen (KA Wöllstein und Betriebskläranlage Fa. Sutter) mitbehandelt werden. Zudem ist eine Mitbehandlung von Co-Substraten (Fettabscheiderinhalte der Fa. Sutter; hoch belastete Weinbauabwässer) vorgesehen.

Zur weiteren energetischen Optimierung wird beabsichtigt Förderanträge für folgende Förderschwerpunkte zu stellen:

- Klärschlammbehandlung im Verbund
- Neubau einer Vorklärung und Umstellung der Klärschlammbehandlung auf Fäulung
- Erneuerung von Pumpen und Motoren
- Energiemanagementsysteme

Zur energetischen Optimierung und Steigerung des Deckungsgrades sollen folgende Maßnahmen umgesetzt und Fördermittel beantragt werden:

Maßnahme	Einsparung/Erzeugung (auf zukünftige Belastung normiert, Mehrverbrauch bereits berücksichtigt)	Investitionskosten und Zeitpunkt der Förder- mittelbeantragung
Erneuerung von Pumpen und Motoren	Einsparung: 39.979 kWh _{el}	205.000,00 € (3. Quartal 2024)
Verfahrensumstellung auf an-aerobe Schlammstabilisierung	Erzeugung: 427.325 kWh _{el} Erzeugung: 233.935 kWh _{th}	2.908.000,00 € (2. Quartal 2021)
Klärschlammverwertung im Verbund	Erzeugung: 643.852 kWh _{el} Erzeugung: 580.771 kWh _{th}	778.000,00 € (3. Quartal 2020)
Implementierung eines Energiemanagements		55.000,00 € (3. Quartal 2024)

Nach Umsetzung dieser Maßnahmen entspricht der spezifische Energieverbrauch 23,08 kWh/(EW·a). Aufgrund des eigen genutzten Faulgases wird bilanziell **kein Fremdstrom mehr benötigt** und es kann sogar weiteres Faulgas abgegeben werden. Der Gesamtdeckungsgrad beträgt, bei gleichzeitig vollständiger Deckung des thermischen Bedarfs, 100 %.

Ergänzend werden noch weitere Maßnahmen (vgl. 4.2.6 und 4.2.7) zur energetischen Optimierung und Steigerung der Eigenstromerzeugung umgesetzt. Dadurch wird die energetische Bilanz der Anlage weiter optimiert.

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 im Folgenden genannten Ziele definiert, die im Rahmen einer Potenzialstudie zu erörtern ist. 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: 1. Januar 2020)* berücksichtigt.

2. Bestandsaufnahme

2.1 Aufnahme der Bestandssituation der Kläranlage

Die Kläranlage Gau-Bickelheim wird vom „Abwasserverband Armsheim bis Gau-Bickelheim“ betrieben. Diesem gehören den Verbandsgemeinden Wörrstadt und Wöllstein an. Entsprechend der jeweils angeschlossenen abflusswirksamen Flächen entfallen 70% auf die VG Wörrstadt und 30% auf die VG Wöllstein. Obwohl die Anlage auf dem Gelände der VG Wöllstein liegt und diese damit auch Eigentümerin der Kläranlage ist erfolgt die Betriebsführung durch die VG Wörrstadt. Die Kläranlage liegt an der Autobahn A61 in der Region Rhein-Hessen.

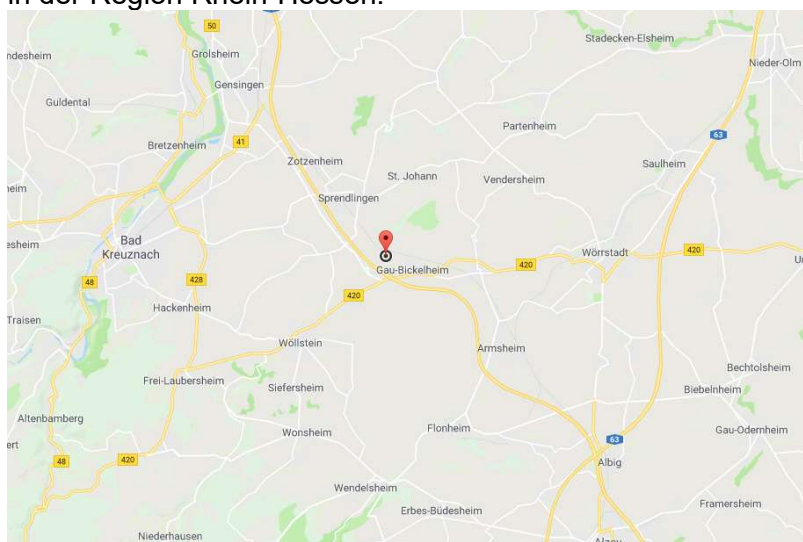


Abb. 1: Lage der Kläranlage Gau-Bickelheim



Abb. 2: Luftbild Kläranlage Gau-Bickelheim

2.1.1 Angeschlossene Einwohnerwerte und Alter der Anlage

Objekt	:	Kläranlage Gau-Bickelheim
Baujahr/Inbetriebnahme	:	1992
Ausbaugröße	:	13.000 EW_{CSB}^1
Aktuelle mittlere Belastung ²	:	16.983 EW_{CSB}^3

¹ 85 % Wert aus Auswertung 24.300 EW_{CSB}

² bezogen auf 120 g CSB/($EW \cdot d$)

³ Spitzenbelastungen in der Weinbaukampagne von 30.000 EW_{BSB5}

2.1.2 Kurzdarstellung des Reinigungsverfahrens

Die KA Gau-Bickelheim wird nach der Verfahrensführung der simultanen aeroben Schlammstabilisierung betrieben. Die Anlage besteht im Wesentlichen aus folgenden Verfahrensstufen:

- Abwasserhebwerk (3 St. Schneckenpumpen; $Q = \text{je } 50 \text{ l/s}$, Ansteuerung über FU)
- Rechenanlage 1 (Fabr. Werkstoff u. Funktion)
- Rechenanlage 2 (Siebschnecke, Fabr. Noggerath)
- Langsandfang (mit Sandklassierer und Fettechenanlage)
- MID-Zulaufmengenmessung mit anschließendem Verteilerbauwerk
- 2 St. Kombibecken (BB mit $V = \text{je } 1.950 \text{ m}^3$ und innenliegendem NKB)
- MID-Ablaufmengenmessung
- Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk (im Verteilerbauwerk)
- 3 St. Schlammsilos ($V = \text{je } 150 \text{ m}^3$; 1 St. mit Belüftung)
- 2 St. Siebtrommeln zur maschinellen Voreindickung
- 1 St. Kammerfilterpresse (mit Kalk-/Fe-Konditionierung)
- befestigte Lagerfläche für entwässerten Klärschlamm

Zur Annahme von Weinbauabwässern ist ein Lagertank mit einem Volumen von 120 m^3 vorhanden. Das zwischengespeicherte, organisch hochbelastete Abwasser wird als externe Kohlenstoffquelle in den DENI-Zeiten in die biologische Anlagenstufe abgeleitet.

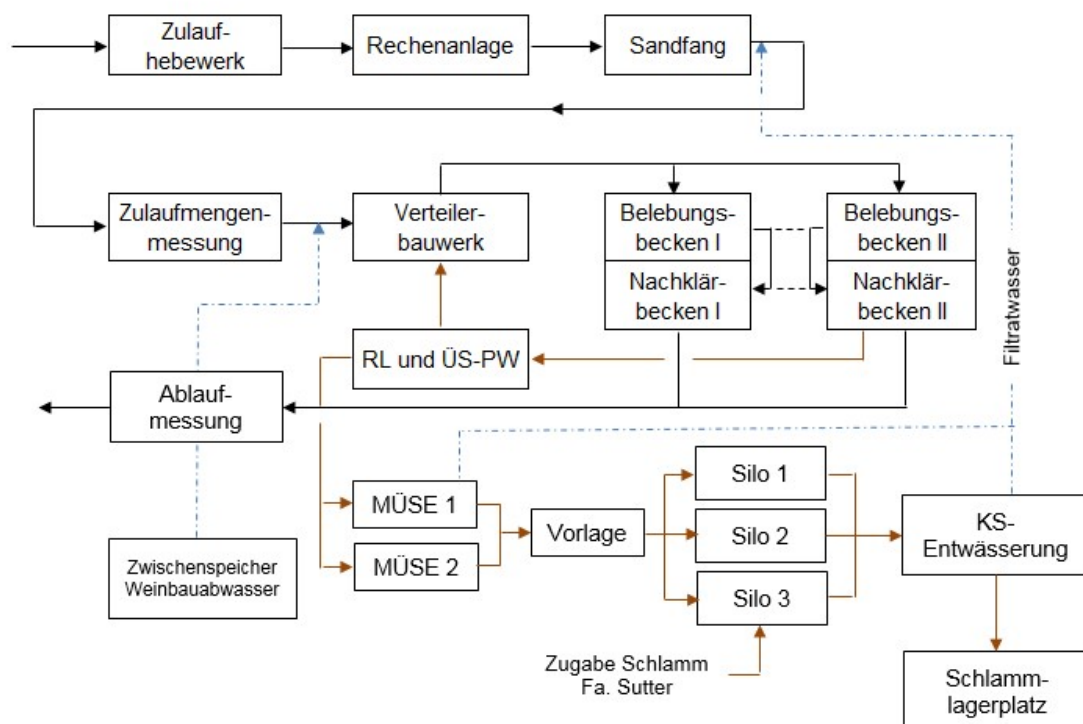


Abb. 3: Verfahrensschema KA Gau-Bickelheim

Der Zulaufsammler mündet vor der Kläranlage in einen Kanalstauraum mit einem Volumen von $V = \sim 800 \text{ m}^3$ zur Regenwasserbehandlung.



Im Anschluss wird das anfallende Abwasser über ein Schneckenpumpwerk (3 St. Schneckenpumpen mit einer Förderleistung von jeweils 50 l/s) auf Kläranlagenniveau gehoben. Zur Vermeidung von Betriebsproblemen durch Sonneneinstrahlung (Längenausdehnung) sind die Schnecken abgedeckt. Im Trockenwetterfall wird in der Regel eine Schnecke betrieben, während die zweite Schnecke bei Regenwetter zugeschaltet wird.

Die auf der Anlage zu behandelnde Mischwassermenge beträgt lt. Bescheid 100 l/s.

Abb. 4: Zulaufpumpwerk

Das auf Kläranlagenniveau gehobene Abwasser durchläuft zunächst eine 2-stufige Rechenanlage, bestehend aus einem automatisch geräumten Flach-Feinsiebrennen vom Fabrikat Werkstoff + Funktion mit einer Stabweite von 5 mm und einer nachgeschalteten Siebschnecke vom Fabrikat Noggerath.



Abb. 5: Flach-Feinsiebrennen



Abb. 6: Siebschnecke



Abb. 7: Langsandfang

Die Sandabscheidung erfolgt in einem belüfteten Langsand- und Fettfang. Das anfallende Fett wird nochmals über einen separaten Rechen vom Fabrikat Contec gereinigt. Der Sand wird mittels einer Mammutpumpe aus dem Sandfangtrichter auf einen nachgeschalteten Sandklassierer gefördert.

In der anschließenden biologischen Reinigungsstufe wird das Abwasser auf 2 St. Kombibecken ($V_{BB} = \text{je } 1.950 \text{ m}^3$) verteilt. Die innenliegenden Nachklärbecken wurden bereits auf Basis einer Strömungssimulationsberechnung hydraulisch optimiert. Durch das Tiefersetzen des Einlaufbereiches können jetzt 100 l/s über die Anlage geführt werden, während vorher schon bei 65 l/s Probleme vorhanden waren.



Abb. 8 und Abb. 9 : Belebungs- und Nachklärbecken

Der Sauerstoffeintrag in die Belebungsbecken erfolgt über eine feinblasige Druckbelüftungseinrichtung (Plattenbelüfter, Fabrikat Supratec). Zur Umwälzung und Durchmischung des Abwasser-Belebtschlammgemisches werden jeweils 2 St. Tauchmotorrührwerke eingesetzt. In der Deni-Phase laufen jeweils beide Rührwerke, während in der Nitrifikationsphase jeweils ein Rührwerk abgeschaltet wird.

Der anfallende Überschussschlamm wird zunächst über eine Eindickmaschine (Siebtrommel vom Fabrikat Kleine; 2 St.) auf einen Feststoffgehalt von ca. 6 % voreingedickt und dann in die nachfolgenden Schlammsilos gefördert. Es sind 3 Schlammsilos mit einem Volumen von jeweils 150 m³ vorhanden.⁴ Der Zwischenraum zwischen den im Dreieck angeordneten Behältern ist zu einem Maschinengebäude mit Keller ausgebaut. Hierin sind die entsprechenden Pumpen zur Schlammförderung angeordnet.



Abb. 10: Schlammsilo

Der maschinell voreingedickte Schlamm wird anschließend aus den Silos entnommen, mit Kalkmilch und FeCl₃ konditioniert und über eine Kammerfilterpresse entwässert. Der Feststoffgehalt des entwässerten Schlammes liegt laut Betriebspersonal bei ca. 38 %. Der entwässerte Schlamm wird landwirtschaftlich verwertet. In der ausbringungsfreien Zeit wird der Schlamm auf einer befestigten Klärschlammagerfläche zwischengelagert.

In unmittelbarer Nachbarschaft zur Kläranlage Gau-Bickelheim befindet sich die Firma Sutter. Hierbei handelt es sich um einen fleischverarbeitenden Betrieb, der im Wesentlichen Schinken und Wurstprodukte für Lebensmitteldiscounter produziert. Die Fa. Sutter verfügt über eine betriebseigene, vollbiologische Kläranlage, ist jedoch kein Direkteinleiter. Das gereinigte Abwasser aus der Betriebskläranlage wird in die Ortsnetzkanalisation der Gemeinde Gau-Bickelheim abgeleitet. Der auf der Betriebskläranlage anfallende Klärschlamm wird in die Schlammsilos auf der KA Gau-Bickelheim verbracht und anschließend zusammen mit dem kommunalen Schlamm maschinell entwässert.



Abb. 11: Modellansicht Kläranlage Gau-Bickelheim

Abb. 10: 3D-Ansicht KA Gau-Bickelheim

⁴ Eines der 3 Silos ist zusätzlich mit einer Belüftungseinrichtung zur aeroben Nachstabilisierung ausgerüstet. Diese wird jedoch nicht betrieben.

2.1.3 Produzierte Faulgasmenge und Nutzung

Im Rahmen der aeroben, simultanen Klärschlammstabilisierung entsteht kein Faulgas.

2.1.4 Art der Schlammentsorgung

Der anfallende Klärschlamm wird als entwässerter Schlamm derzeit bodenbezogen verwertet.

2.1.5 Anfallende und entsorgte Schlammengen

Auf der KA Gau-Bickelheim fällt derzeit nach der Konditionierung mit Kalk und FeCl_3 sowie der Zugabe von Rindenmulch und Schreddermaterial entwässerter Schlamm mit einem Feststoffgehalt von rd. 38 % an.

Der Klärschlamm stammt dabei aus den auf der Kläranlage Gau-Bickelheim gereinigten Abwässern und dem Schlamm aus der Betriebskläranlage der Firma Sutter. Samt Zuschlagstoffen resultiert daraus eine Schlammmenge von rd. 876 t TS/a und 2.500 m³/a.

2.1.6 Grad der Automatisierung der Anlagen

Durch implementierte Mess- und Regeltechnik (vgl. Kap. 2.2) wird die biologische Reinigung Messwert-orientiert automatisiert betrieben. Ferner ist durch einen definierten Zufluss zur Kläranlage die hydraulische Belastung geregelt.

2.1.7 Sanierungsbedarf von Bau-, Maschinen- und EMSR-Technik

Aufgrund der bisherigen Nutzungsdauer der maßgebenden Anlageteile und gestiegene Ansprüche ist Erneuerungs- und Optimierungsbedarf gegeben. Im Folgenden sind die sanierungsbedürftigen Verfahrensstufen samt Optimierungspotenzialen aufgeführt:

- a) Überdachung Klärschlamm lagerfläche
- b) Erneuerung Schlammentwässerung
- c) Bau eines Versickerungsbeckens für Oberflächenwasser

2.1.8 Lokale Rahmenbedingungen

Die Kläranlage Gau-Bickelheim wird gemeinschaftlich von der Verbandsgemeinde Wöllstein und Wörrstadt betrieben und dient zur Reinigung der anfallenden Abwässer aus den Ortsgemeinden Gau-Bickelheim, Armsheim, Wallertheim, Gau-Weinheim, Sulzheim sowie dem Ortsteil Wörrstadt-Rommersheim (überwiegend Mischsystem). Die Geschäftsführung der Kläranlage liegt seit dem 01.01.2018 bei der Verbandsgemeinde Wörrstadt.

Aktuell befindet sich der Anschluss der Ortsgemeinde Vendersheim an die Kläranlage Gau-Bickelheim in Planung.

Tab. 1: Belastung Ortsgemeinde Vendersheim

Vendersheim	TW-Zufluss [m ³ /d]	BSB5 [EW]	CSB [EW]	TKN [EW]	Pges [EW]
Mittelwert	180	1.176	1.169	440	440
85%-Wert	234	1.752	1.895	530	530

Der Stromverbrauch der KA Vendersheim betrug im Jahr 2019 45.254 kWh. Dies entspricht bei der aktuellen mittleren Belastung einem spezifischen Stromverbrauch von 38,7 kWh/(EW·a) und liegt deutlich über dem aktuellen spezifischen Verbrauch der KA Gau-Bickelheim, so dass durch den Anschluss der spezifische Gesamtstromverbrauch zur Abwasserreinigung gesenkt werden kann.

Aus der Betriebserweiterung der Firma Sutter resultieren ebenfalls weitere Belastungssteigerungen. Insgesamt ergeben sich nach den geplanten Anpassungen folgende Belastungskenndaten.

Tab. 2: zukünftige Belastung KA Gau-Bickelheim

KA Gau-Bickelheim	TW-Zufluss [m ³ /d]	BSB5 [EW]	CSB [EW]	TKN [EW]	Pges [EW]
Mittelwert	3.360	14.766	19.609	16.038	18.255
85%-Wert	4.068	19.771	27.856	19.782	25.192

Bei der Planung der Kläranlagenerweiterung wird entsprechend eine Ausbaugröße von 20.000 EW_{BSB5} bzw. 28.000 EW_{CSB} (85%-Werte) angenommen.

Aufgrund der feststehenden zukünftigen Anlagenerweiterung werden die aktuellen Stromverbräuche zum Vergleich mit der zukünftigen Anlage, belastungsabhängig auf die zukünftige mittlere Belastung (19.609 EW) normiert.

Aufgrund der vorhandenen Planungen und der vollständig vom Status-Quo abweichenden Belastungssituation nach Durchführung der Maßnahmen kann der aktuelle Stromverbrauch nicht mit dem der zukünftig prognostizierten Anlage verglichen werden. Die Auswertung der einzelnen Aggregate und Gegenüberstellung mit den anlagenspezifischen Idealwerten, kann jedoch als Indikator für ineffiziente Aggregate herangezogen werden und weitere Optimierungspotentiale aufzeigen. Die Berechnung der energetischen Auswirkungen der Maßnahmen wird bei Abhängigkeit von der mittleren Belastung jeweils auf die aktuelle mittlere Belastung und die zukünftige mittlere Belastung normiert.

2.1.9 Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen

Auf der Anlage sind keine Aggregate zur Stromerzeugung vorhanden.
Thermische Energie zur Gebäudebeheizung wird durch einen mit Flüssiggas betriebenen Kessel erzeugt.

2.2 Sensor-/Messtechnik und Kontrolle der Abwasserqualität

Im Prozessleitsystem der Kläranlage werden folgende Parameter erfasst:

- Höhenstand Pumpenvorlage (Zulaufpumpen)
- Niveau Schwimmstoffschacht
- pH-Wert Zulauf
- Temperatur Zulauf
- Leitfähigkeit Zulauf
- Zulaufmenge
- Durchfluss RLS-Wehr 1
- Durchfluss RLS-Wehr 2
- Niveau RLS-Bunker
- ÜSS-Menge
- Sauerstoff BB1
- Temperatur BB1
- Ammonium BB1
- Nitrat BB1
- Phosphat PO4 BB1
- Sauerstoff BB2
- Ablaufmenge
- Temperatur Ablauf
- Leitfähigkeit Ablauf
- pH-Wert Ablauf
- Niveau Pufferbecken
- Niveau Schlammsilo 1
- Niveau Schlammsilo 2
- Niveau Schlammsilo 3
- Dosiermenge FeCl3
- Rohschlammmenge
- Kalkmilch Dosiermenge
- Niveau KFP-Schlammvorlage
- Zulaufmenge 2

Die Steuerung der Gebläse erfolgt anhand der Sauerstoff- und Ammonium-Messung.

2.3 Personalsituation

Die Kläranlage wird mit 6 Mitarbeitern betrieben. Diese haben folgende Qualifikation:

Ausbildung	Fortbildung
Abwassermeister	Diverse
Metallbaumeister	Diverse
Fachkraft für Abwassertechnik	Diverse
Elektroinstallateur	Diverse
Elektriker	Klärwärtergrundkurs
Industriemeister Metall	Klärwärtergrundkurs

Die übergeordnete Betriebsführung erfolgt durch die Verbandsgemeinde Wörrstadt über den zuständigen Werkleiter, Herrn Greb sowie den stellvertretenden Werkleiter, Herrn Hasselberg.

2.3.1 Weiterbildungsbedarf

Das Personal nimmt regelmäßig an Schulungsveranstaltungen sowie den Treffen der Kläranlagennachbarschaften teil. Durch kontinuierliche Weiterbildungen verfügt das Personal über hohe Qualifikation. Alle Mitarbeiter sind Ersthelfer, haben einen Radladerschein und den Laborgrundkurs.

2.3.2 Darstellung der Qualität der Betriebsführung der Anlage

Mit Verweis auf die unmittelbar vor- und nachstehenden Kapitel ist eine hohe Qualität der Betriebsführung der Anlage festzustellen.

2.3.3 Teilnahme an Benchmarks der Verbände

Die Verbandsgemeindewerke Wörrstadt nehmen regelmäßig am Benchmarking *Rheinland-Pfalz* teil; zuletzt 2004, 2009 und in den Jahren 2014 bis 2019. Zusätzlich sind die Werke Mitglied der DWA und sind aktuell bestrebt ein technisches Sicherheitsmanagementsystem einzuführen. Dies ist ein Beleg für die besonderen Anstrengungen der Werke zur Steigerung seiner technischen und wirtschaftlichen Leistungen.

2.3.4 Relevanz und Know-How zum Energieverbrauch

Die Senkung des Energieverbrauchs hat in den letzten Jahren für die Verbandsgemeinde Wörrstadt schon einen großen Stellenwert eingenommen. Der Stromverbrauch konnte durch z. B. den Einsatz energieeffizienter Gebläse deutlich gesenkt werden. Aufbauend auf den Erkenntnissen aus Schulungen und im Rahmen des Benchmarking-Prozesses gesammelter Erfahrungen hat die Verbandsgemeinde den Beschluss zur Umsetzung weitergehender energetischer Optimierungsmaßnahmen getroffen. Dabei soll die Eigenenergieerzeugung aus Faulgas als wesentliche Säule der zukünftigen Abwasser- und Schlammbehandlungsstrategie einen maßgeblichen Beitrag leisten.

Dies darf als Beleg für die besondere Relevanz sowie für das vorhandene Know-how zum Energieverbrauch angeführt werden.

2.4 Beabsichtigte Planungen

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

- Implementierung eines Energiemanagementsystems
- Erneuerung von Pumpen und Motoren
- Klärschlammbehandlung im Verbund
- Neubau einer Vorklärung und Umstellung der Klärschlammbehandlung auf Faulung

2.5 Analyse des Energieverbrauchs

2.5.1 Aufnahme aller wichtigen Energieverbraucher (geordnet nach Anlagenteilen)

Die wichtigsten Energieverbraucher der Kläranlage sind in der nachfolgenden Tabelle – geordnet nach Anlagenteilen – zusammengestellt:

Tab. 3: Zusammenstellung der wichtigsten Energieverbraucher

Anlagenstufe	Aggregat	Nennleistung [kW]
Mechanische Vorreinigung	Spaltsiebtrommel	0,11
	Flach-Feinsiebrechen	5,1
	Schwimmstoffpumpe	2,2
	Sandklassierer	0,37
	Sandfangräumer	1,88
	Verdichter Mamutpumpe	3
	Sandfanggebläse 1	2,2
	Sandfanggebläse 2	1,5
	Schwimmschlammpumpe	2,2
Zulaufpumpwerk	3 St. Schneckenpumpen	je 7,5
Belebung	2 St. Rührwerke BB1	je 0,9
	2 St. Rührwerke BB2	je 0,9
	Gebälse 1	45
	Gebälse A	37,2
	Gebälse B	37,2
Co-Substrat	Dosierpumpe Weinbauabwasser	1,1
	Annahmepumpe Weinbauabwasser	4,2
Rücklaufschlammumpwerk	Rücklaufschlammpumpe 1	3,1
	Rücklaufschlammpumpe 2	3,7
	Rücklaufschlammpumpe 3	3,7
Maschinelle Überschuss-schlammeindickung	2 St. ÜS-Schlammpumpe	je 5,5
	2 St. Spülwasserpumpe	je 4
	2 St. Dickschlammpumpe	je 2,2
	2 St. Eindickmaschinen	je 1,5
	2 St. Mischer	je 1,1
	2 St. Flockungsmitteldosierpumpe	je 0,37
Schlamm Speicher	Beschickungspumpe	2,2
	3 St. Rührwerke	Je 3,4
	Rührwerk ÜSS-Vorlage	2
	Zerkleinerer	1,5
	Entnahmepumpe	7,5
Maschinelle Schlammwässerung	Waschwasserpumpe	45
	2 St. Spiralförderer	je 8,6

Anlagenstufe	Aggregat	Nennleistung [kW]
	Verteiltförderband	5,5
	Rührwerk Vorlageschacht	2,5
	Dosierpumpe Eisenchlorid	0,55
	Füllpumpe Kammerfilter- presse	15
	Hochdruckpumpe Kammerfil- terpresse	9,2
	Filtratpumpe	4,5
Kalksilo und -dosierung	Rührwerk Kalklösebehälter	3,45
	Gebläse Auflockerung Kalk- silo	2,2
	Kalkdosierschnecke	1,5
	Zellenradschleuse	0,37
	Rüttelmotor Abluftfilter	0,2
	Kalkmilchdosierpumpe	2,2
Nachklärung	2 St. Räumerntrieb	je 0,4
	2 St. Schwimmschlamm- pumpe	je 1,5
	2 St. Fahrbahnreinigung	je 0,2
	2 St. Rinnenreinigung	je 0,9
Sonstiges	Kompressor	7,5
	Verdichter Mamutpumpe	3

2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten

Der Gesamtstromverbrauch der Kläranlage Gau-Bickelheim lag im Betriebsjahr 2019 entsprechend der Abrechnung des Versorgers bei **444.860 kWh/a**. Dies entspricht einem spezifischen Stromverbrauch von ca. 26,19 kWh/(EW·a).

Der Verbrauch der einzelnen Anlagenteile wurde über die Nennleistungen der Aggregate, die durch das Prozessleitsystem aufgezeichneten Betriebsstunden und einen Faktor zur tatsächlichen Leistungsaufnahme errechnet.

$$E = P_{\text{Nenn}} \cdot t_{\text{Betrieb}} \cdot F_{\text{tatsächliche Leistungsaufnahme}}$$

Für die über Frequenzumrichter angesteuerten Aggregate wurde der Faktor der tatsächlichen Leistungsaufnahme mit 95 % festgelegt, für die sonstigen Aggregate mit 100 %.

Der Verbrauch kann wie folgt auf die einzelnen Anlagenstufen aufgeteilt werden:

Tab. 4: Zusammenstellung der Stromverbräuche (2019)

Anlagenstufe	Aggregat	Faktor [%]	Stromverbrauch [kWh]
Mechanische Vorreinigung	Spaltsiebtrommel	100	14
	Flach-Feinsiebrechen	100	2.562 ⁵
	Schwimmstoffpumpe	100	163
	Sandklassierer	100	2
	Sandfangräumer	100	1.564
	Verdichter Mamutpumpe	100	2.738
	Sandfanggebläse	100	13.140
	Schwimmschlammpumpe	100	52
Zulaufpumpwerk	3 St. Schneckenpumpen	85 ⁶	57.639
Belebung	2 St. Rührwerk BB1	100	15.762
	2 St. Rührwerk BB2	100	15.761
	Gebälse 1	85 ⁶	2.635
	Gebälse A	85 ⁶	85.229
	Gebälse B	85 ⁶	83.322
Co-Substrat	Dosierpumpe Weinbauabwasser	100	848
	Annahmepumpe Weinbauabwasser	100	6.548
Rücklaufschlamm-pumpwerk	Rücklaufschlammpumpe 1	85 ⁶	23.065
	Rücklaufschlammpumpe 2	100	1.269
	Rücklaufschlammpumpe 3	100	1.228
Maschinelle Überschuss-	2 St. ÜS-Schlammpumpe	85 ⁶	7.669

⁵ Wert 2018 - Durch Betriebsstörung bei Erfassung im Leitsystem Wert aus 2019 nicht nutzbar

⁶ Ansteuerung mittels Frequenzumrichter

Anlagenstufe	Aggregat	Faktor [%]	Stromverbrauch [kWh]
schlammeindickung	2 St. Spülwasserpumpe	100	6.955
	2 St. Dickschlamm-pumpe	85 ⁶	3.400
	2. St. Reaktor	100	2.613
	2 St. Mischer	100	1.846
	2 St. Flockungsmitteldosier-pumpe	85 ⁶	517
Schlammspeicher	Beschickungspumpe	100	2.539
	3 St. Rührwerke	100	4.762
	Rührwerk ÜSS-Vorlage	100	2.215
	Zerkleinerer	100	959
	Entnahmepumpe	100	4.574
Maschinelle Schlammentwässerung	Waschwasserpumpe	100	761
	2 St. Spiralförderer	100	3.054
	Verteiltförderband	100	1.193
	Rührwerk Vorlageschacht	100	4.023
	Dosierpumpe Eisenchlorid	100	332
	Füllpumpe Kammerfilter- presse	85 ⁶	10.313
	Hochdruckpumpe Kammerfil- terpresse	85 ⁶	10.768
	Filtratpumpe	100	11.434
Kalksilo und -dosierung	Rührwerk Kalklösebehälter	100	30.213
	Gebläse Auflockerung Kalk- silo	100	167
	Kalkdosierschnecke	100	142
	Zellenradschleuse	100	28
	Rüttelmotor Abluftfilter	100	3
	Kalkmilchdosierpumpe	100	1.324
Nachklärung	2 St. Räumierantrieb	85 ⁶	6.175
	2 St. Schwimmschlamm- pumpe	100	2.256
	2 St. Fahrbahnreinigung	100	6
	2 St. Rinnenreinigung	100	323
Sonstiges	Kompressor	100	665
	Kleinaggregate/Beleuchtung		10.089

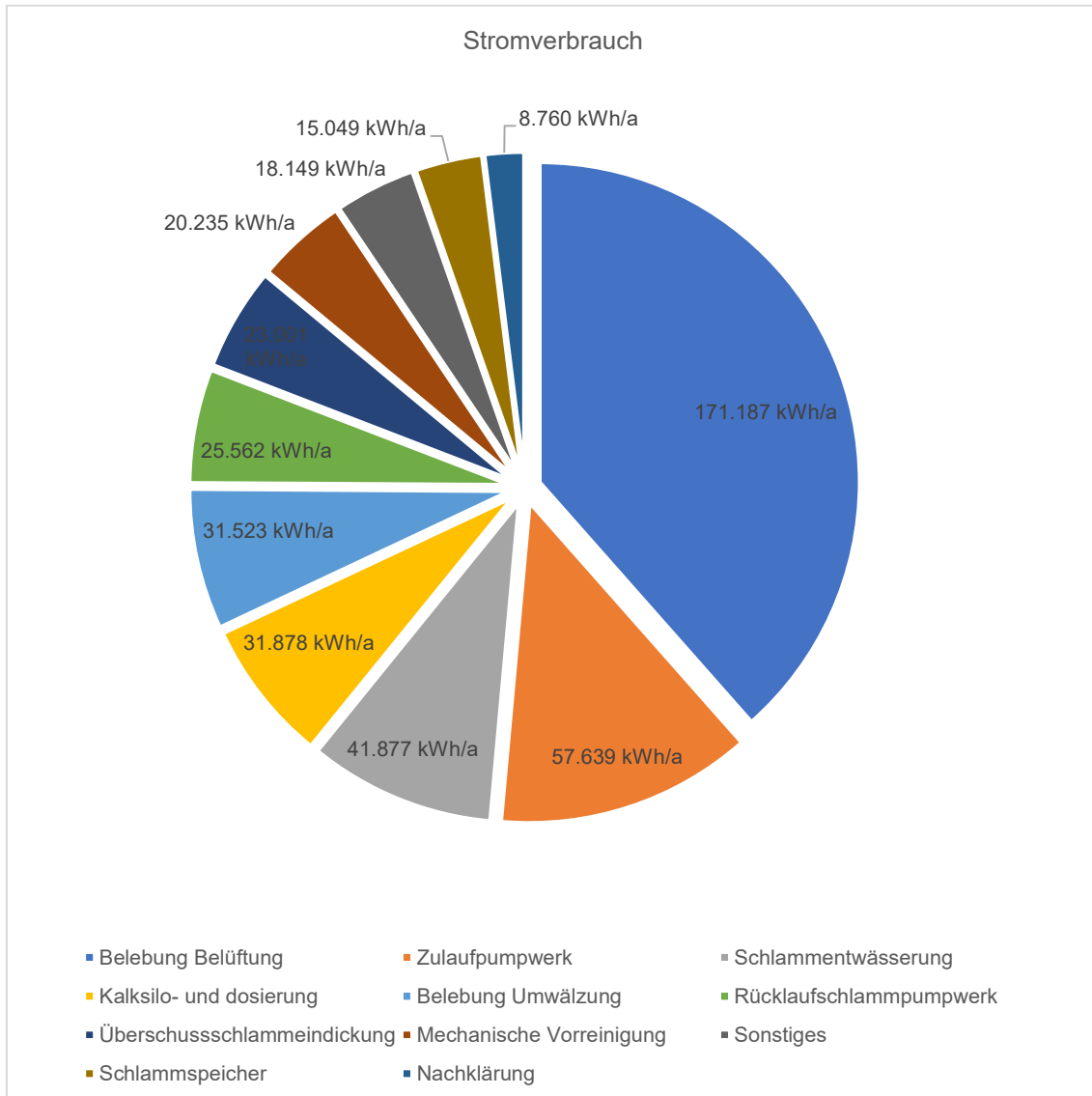


Abb. 12: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2019)

2.5.3 Wärmebedarf auf der Anlage

Die Beheizung des Betriebsgebäudes erfolgt durch warmwassergespeiste Heizkörper. Das Warmwasser wird durch einen Heizkessel (Flüssiggas - Propan) in Verbindung mit einem Pufferspeicher erzeugt und vorgehalten. Durch diesen wird ebenfalls der warme Trinkwasserkreislauf gespeist.

Im Jahr 2019 wurden 8.635 l Propangas bezogen. Ein Teil der letzten Lieferung wurde in das Jahr 2020 übernommen, so dass der Verbrauch im Jahr 2019 mit 7.000 l bzw. 7 m³ angenommen wird.

Dichte Flüssiggas Propan: $\rho_{\text{C}_3\text{H}_8} = 510 \text{ kg/m}^3$
Heizwert Propan: $H_{\text{i C}_3\text{H}_8} = 12,87 \text{ kWh/kg}$

$$E_{\text{Brenn}} = 7 \text{ m}^3 \cdot 510 \text{ kg/m}^3 \cdot 12,87 \text{ kWh/kg} = 45.946 \text{ kWh/a}$$

Bei einem angenommenen Wirkungsgrad von 85 % kann der Heizwärmebedarf wie folgt ermittelt werden:

$$E_{\text{Heiz}} = 45.946 \text{ kWh/a} \cdot 85 \% = 39.054 \text{ kWh/a}$$

In dem ermittelten Wärmebedarf zur Beheizung des Betriebsgebäudes (rd. 300 m²) ist ein Anteil zur Warmwassererwärmung enthalten. Bei im Jahresmittel 3 Personen je Tag auf der Kläranlage und einem Warmwasserverbrauch von 50 l/(d·Person) werden rd. 8,7 kWh/d⁷ zur Wassererwärmung genutzt. Dies entspricht rd. 3.175 kWh/a. Entsprechend werden rd. 35.879 kWh/a zur Beheizung der Gebäude eingesetzt.

⁷ Erwärmung von 10 °C auf 60 °C, spezifische Wärmekapazität 1,163 Wh/(kg K)

2.6 Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Bilanzierung erfolgt nach dem Prinzip der „endenergiebasierten Territorialbilanz“⁸.

Hinweis: Als Emissionsfaktor wird gemäß der für die Beantragung investiver Maßnahmen seitens PTJ bereitgestellten Berechnungsformulare ein Wert von 0,537 kg CO₂/kWh (UBA, 2018) angenommen.

Die Abwasserbehandlungsanlage Gau-Bickelheim bezieht ca. 444.860 kWh/a Strom. Demnach kann die CO₂-Emission, bei vollständigem Fremdstrombezug, wie folgt berechnet werden:

$$444.860 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 236,742 \text{ Mg CO}_2\text{e/a}$$

Zur Wärmeerzeugung werden 7 m³ Flüssiggas verbraucht.

$$\begin{aligned} 45.946 \text{ kWh/a} &= 165.406 \text{ MJ/a} = 0,165406 \text{ TJ/a} \\ 0,165406 \text{ TJ/a} \cdot 65,5 \text{ Mg CO}_2\text{e/TJ} &= 10,83 \text{ Mg CO}_2\text{e/a} \end{aligned}$$

Insgesamt können der Kläranlage auf Basis des Strom- und Wärmeverbrauchs Treibhausgasemissionen von 247,572 Mg CO₂e/a zugeordnet werden.

2.7 Zusammenfassung aktuelle energetische Situation

Die Kläranlage Gau-Bickelheim weist einen spezifischen Stromverbrauch von **26,19 kWh/(EW·a)** auf. Dieser entspricht zugleich dem spezifischen Fremdstrombezug, weil die aktuelle Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme durch auf dem Grundstück umgewandelte Energie **0 %** beträgt.

	Aktuell	Zielwert
Spezifischer Energiebedarf	26,19 kWh/(EW·a)	<= 23 kWh/(EW·a)
Deckungsquote	0 %	>= 70%

Wichtiger Hinweis:

Wie bereits einleitend erläutert, ist der ermittelte spez. Stromverbrauch, wegen der unzureichenden Schlammstabilisierung zu relativieren.

⁸ Fokus Energie- und Treibhausgasbilanzierung für Kommunen, Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2018

2.8 Bewertung anhand energetischer Beurteilungskriterien und Ermittlung spezifischer Kennzahlen

2.8.1 Idealwertbestimmung nach DWA-A 216

Gemäß dem Arbeitsblatt DWA A-216 sind folgend 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.

Tab. 5: Zusammenstellung spezifische Stromverbräuche und Idealwerte
 (Betriebsjahr 2018)

Anlagenstufe	Aggregat	Spezifischer Stromverbrauch [kWh/(EW·a)]	Anlagenspezifischer Idealwert [kWh/(EW·a)]
Mechanische Vorreinigung	Rechen	0,151	0,1
	Belüftung Sand-/Fettfang	0,77	0,56 ⁹
Zulaufpumpwerk	3 St. Schneckenpumpen	3,39	2,3
Belebung	Belüftung	10,08	12,08 ¹⁰
	Umwälzung	1,86	1,86 ¹¹
Co-Substrat	Dosierpumpe Weinbauabwässer	0,05	
	Annahmepumpe Weinbauabwässer	0,39	
Rücklaufschlamm-pumpwerk	Rücklaufschlamm-pumpen	1,505	0,6
Maschinelle Überschussschlamm-eindickung	Eindickung inkl. Peripherie	1,35	1,25
Maschinelle Schlamm-wässerung	Kammerfilterpresse inkl. Peripherie	2,47	2,42
Kalksilo und -dosierung	Rührwerk Kalklösebehälter	1,78	
	Kalkmilchdosierpumpe	0,08	
Nachklärung	2 St. Räumerantrieb	0,364	0,31
	2 St. Schwimmschlamm-pumpe	0,13	
Sonstiges	Kompressor	0,04	

⁹ Bei $q_{L,SF} = 0,8 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \text{ h})$

¹⁰ Basierend auf Nachrechnung der aktuellen Belastung entsprechend DWA-A 131 und SAE = 4,8 kg/kWh

¹¹ Bei $0,92 \text{ Wh}/\text{m}^3_{\text{VBB}}$, stark von Beckengeometrie und Rührwerksart abhängig. Richtwert nach DWA-A 216 $1,5 \text{ W}/\text{m}^3_{\text{VBB}}$

Betriebsgebäude

Die Fläche des Betriebsgebäudes beträgt rd. 300 m², es wird eine vollständige Beheizung der Fläche angenommen. Der spezifische Heizenergiebedarf beträgt bei einem Energieverbrauch von 35.879 kWh/a rd. 120 kWh/(m²·a). Dieser spezifische Verbrauch ist in einem guten Bereich für Bestandsgebäude anzusiedeln.

Mechanische Reinigungsstufe

Bei der mechanischen Reinigungsstufe wird der Idealwert von den Rechen nur leicht überschritten. Der energetische Aufwand zur Belüftung des Sand- und Fettfanges ist im Bereich des Idealwertes anzusiedeln. Hieraus können keine energetischen Optimierungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Zulaufpumpwerk

Insgesamt weist das Pumpwerk einen im Vergleich zum Idealwert erhöhten spezifischen Strombedarf und entsprechend ein signifikantes Optimierungspotenzial auf. Aufgrund der Nutzungsdauer ist das Pumpwerk ebenfalls in den nächsten Jahren als erneuerungsbedürftig anzusehen. Durch den Einsatz energieeffizienter Pumpen kann bei der Erneuerung der spezifische Stromverbrauch optimiert werden.

Belebung

Der größte Stromverbrauch wird durch die Gebläse der Belebung verursacht. Diese wurden jedoch vor einigen Jahren erneuert und befinden sich sowohl optisch wie auch energetisch in einem guten Zustand, so dass hieraus kein erneuerungsbedarf abgeleitet werden kann. Aufgrund der unzureichenden Schlammstabilisierung kann der aktuelle Stromverbrauch jedoch nicht Nutzengleich mit zukünftigen Maßnahmen abgeglichen werden. Der spezifische Stromverbrauch der Rührwerke zur Umwälzung ist gut. Der spezifische Leistungseintrag von rd. 0,92 Wh/m³_{V_{BB}} lässt auf eine günstige Beckengeometrie sowie gut platzierte und ausgewählte Rührwerke schließen.

Rücklaufschlammumpwerk

Die spezifischen Kennzahlen der Pumpen des Rücklaufschlammumpwerks weichen stark von den Idealwerten ab. Ein Austausch der zwei über 15 Jahre alten Pumpen durch energiesparende Aggregate und Betrieb mittels Frequenzumrichter bietet ein großes energetisches Optimierungspotential. Dadurch kann ebenfalls der Betrieb des Pumpwerkes im Regenwetterfall lastspezifisch erfolgen.

Maschinelle Überschussschlammendickung

Der spezifische Stromverbrauch der Überschussschlammendickung samt Peripherie liegt in der Größenordnung des Idealwertes. Hier kann kein energetischer Optimierungsbedarf abgeleitet werden.

Maschinelle Schlamm entwässerung

Im Bereich der Schlammbehandlung (Entwässerung) sind bei dem Entwässerungsaggregat keine signifikanten energetischen Optimierungsansätze vorhanden. Die Beimischung des Kalks ist jedoch ein signifikanter Stromverbraucher, so dass durch Umstellung des gesamten Entwässerungsverfahrens das Entwässerungsergebnis verbessert und auf die Kalkdosierung verzichtet werden kann.

Nachklärung

Der Räumler der Nachklärung überschreitet den anlagenspezifischen Idealwert nur geringfügig. Hieraus ist kein relevantes Optimierungspotenzial abzuleiten.

2.9 Gegenüberstellung von verbrauchter und erzeugter Energie

Auf der Kläranlage Gau-Bickelheim wird derzeit Energie in Form von Strom und Flüssiggas bezogen.

Tab. 6: Gegenüberstellung Stromverbrauch und Stromerzeugung (Jahr 2019)

Verbraucher [kWh/a]		Erzeuger [kWh/a]	
Mechanik	20.235		
Zulaufpumpwerk	57.639		
Rücklaufschlammumpwerk	25.562		
Belebung	202.710		
Schlammbehandlung	111.805		
Nachklärung	8.760		
Sonstiges	18.146		
Summe	444.860	-	-

Tab. 7: Gegenüberstellung Stromverbrauch und -erzeugung (normiert auf 19.609 EW)

Verbraucher [kWh/a]		Erzeuger [kWh/a]	
Mechanik	23.363		
Zulaufpumpwerk	66.551		
Rücklaufschlammumpwerk	29.515		
Belebung	229.180		
Schlammbehandlung	124.163		
Nachklärung	8.760		
Sonstiges	20.955		
Summe	502.489	-	-

2.9.1 Eigenversorgungsgrad Strom

Da keine Aggregate zur Stromerzeugung vorhanden sind beträgt der Eigenversorgungsgrad 0 %.

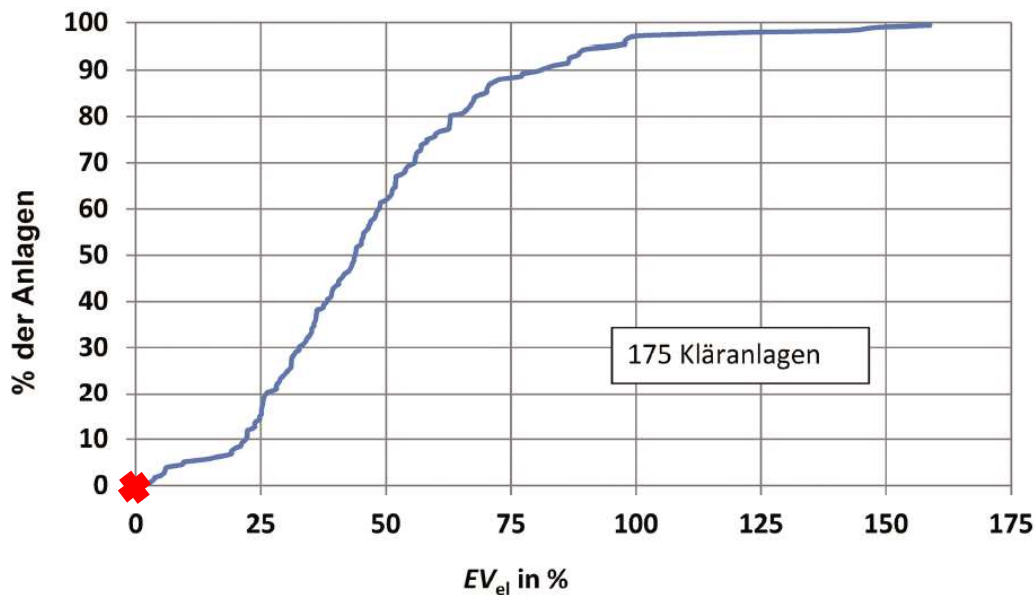


Abb. 13: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie (DWA A-216)

2.9.2 Eigenversorgungsgrad Wärme

Der Wärmebedarf wird vollständig durch extern bezogene Energieträger in Form von Flüssiggas (Propan) und nicht regenerativ gedeckt.

3. Potenzialanalyse

Entsprechend den Abweichungen der in Kapitel 2.8.1 berechneten tatsächlichen spezifischen Verbrauchs- und Idealwerten können mögliche Potentiale zur Verbrauchsoptimierung erkannt 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

3.1.1 Identifizierung von Ansatzpunkten

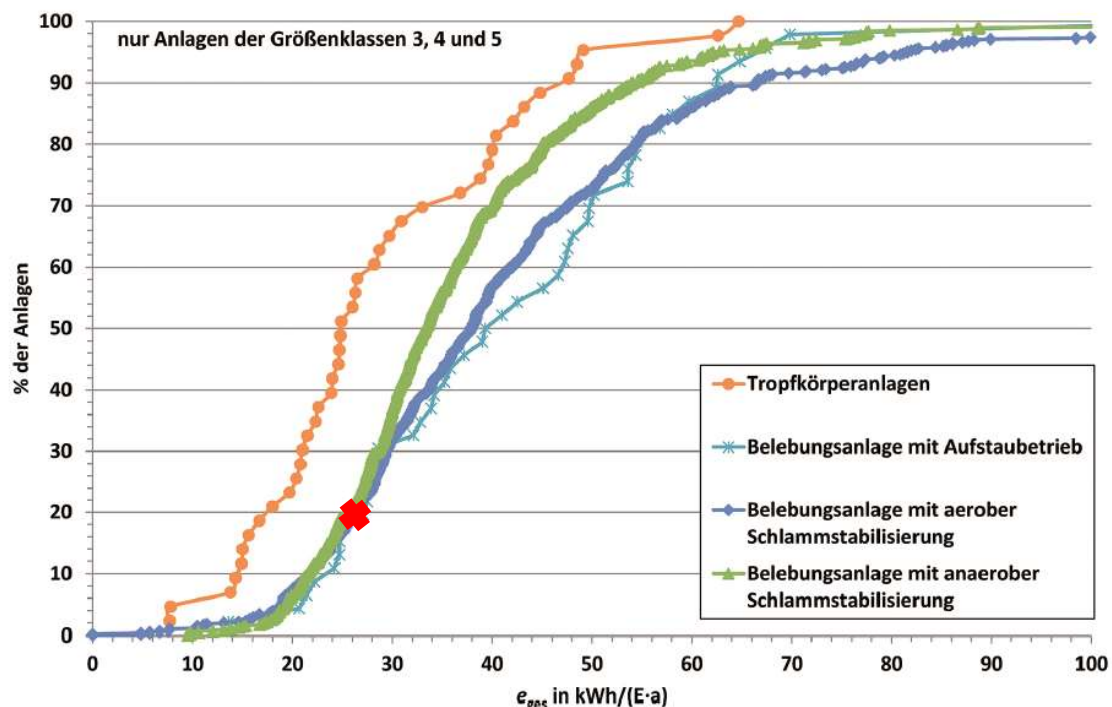


Abb. 14: Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren (DWA A-216)

Bei dem spezifischen Energiebedarf von 26,19 kWh/(EW·a) sind lediglich ca. 20 % der Kläranlagen mit aerober Schlammstabilisierung energiesparender. Das größte energetische Potential besteht entsprechend in der Steigerung der Eigenstromerzeugung.

Wie bereits an anderer Stelle ausgeführt, ist der spez. Energiebedarf der Kläranlage nur vordergründig als niedrig einzustufen. Durch die Verfehlung des Verfahrensziels müsste zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit eigentlich ein Korrekturansatz erfolgen.

Kurzfristige Potenziale

Durch eine Verfahrensumstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung (Faulung) kann Faulgas als Energieträger direkt auf der Kläranlage gewonnen werden. Durch die angenommene Belastungssteigerung¹², die Mitbehandlung von Fremdschlämmen¹³ und Fettabscheiderinhalten der Fa. Sutter wird die Faulung eine TR-Fracht von rd. 3.335 kg/d bzw. eine oTR-Fracht von rd. 2.560 kg/d zugeführt. Die erwartete tägliche Gasproduktion beträgt gemäß Auslegung rd. 1.420 m³/d im Zeitraum von September bis Anfang Januar und rd. 1.335 m³/d im Zeitraum von Anfang Januar bis Mitte September. Mit einem gewichteten Mittelwert von 1.365 m³/d und einem angenommenen Methangehalt von 60 % (Heizwert: 6 kWh/m³) berechnet sich der Energieinhalt des Faulgases hiermit zu:

$$1.365 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 365 \text{ d} \cdot 6 \text{ kWh/m}^3 = 2.989.350 \text{ kWh/a}$$

Zur Nutzung des Faulgases kann ein BHKW oder eine Mikrogasturbine eingesetzt werden. Aufgrund des geringen thermischen Bedarfs auf der Kläranlage ist wegen des höheren elektrischen Wirkungsgrades ein BHKW vorzuziehen. Übliche elektrische Wirkungsgrade liegen in einem Bereich von 30 - 43 %. Übliche thermische Wirkungsgrade im Bereich von 40 - 70 %.

Ferner kann eine innovative Anlagentechnik mit Drehzahlmodulation, die auch bei Teillastbetrieb mit annähernd gleich hohem Wirkungsgrad arbeitet, eingesetzt werden. Hierdurch sowie durch die Dimensionierung mit entsprechender Reserveleistung wird ermöglicht, die Eigenstromerzeugung weitgehend an den aktuellen Stromverbrauch der KA anzupassen. Der erzeugte Strom würde zum Eigenverbrauch in das Netz der Kläranlage eingespeist. Es ist von folgenden Leistungsdaten des drehzahlmodulierenden BHKW auszugehen:

Brennstoffleistung	:	282 kW
Elektrische Leistung	:	100 kW
Thermische Leistung	:	139 kW
Elektr. Wirkungsgrad	:	35,5%
Therm. Wirkungsgrad	:	49,3%

Bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 35,5 % können rd. 1.061.220 kWh/a Energie in Form von Strom erzeugt werden.

Demnach könnten auf der KA Gau-Bickelheim mehr Strom erzeugt als verbraucht werden.

Die Andienung der Schlämme der KA Wöllstein und der Betriebskläranlage (BKA) der Fa. Sutter soll nicht per LKW sondern aufgrund der Ortsnähe der Kläranlagenstandorte zueinander leitungsgebunden erfolgen. Hierzu ist der Bau einer entsprechenden Leitungstrasse von der KA Wöllstein zur BKA Sutter und von hier aus zur KA Gau-Bickelheim vorgesehen.

¹² Ausbau eines signifikanten Industrieeinleiters befindet sich in Planung

¹³ Annahme von Klärschlamm der KA Wöllstein



Abb. 15: Leitungstrasse

Zur Nutzung des auf der KA Gau-Bickelheim nicht benötigten Energieanteils wird die Mitverlegung einer Gastransportleitung in der Leitungstrasse vorgesehen. Überschüssiges Faulgas wird dann von der KA Gau-Bickelheim zur KA Wöllstein abgegeben.

Der Stromverbrauch auf der KA Wöllstein liegt im langfristigen Jahresmittel bei etwa 400.000 kWh/a. Hiervon entfallen etwa 35% auf den Betrieb der Gebläseaggregate zur Belüftung der biologischen Anlagenstufe. Durch Integration einer Vorklärung auch in den Verfahrensablauf der KA Wöllstein wird die Zulaufbelastung der Biologie und somit der Stromverbrauch für die Belüftung um ca. 30% gesenkt. Dies entspricht demnach einem Einsparpotenzial von etwa

$$400.000 \text{ kWh/a} \cdot 0,35 \cdot 0,30 = 42.000 \text{ kWh/a.}$$

Dem gegenüber zuzustellen ist der Stromverbrauch für die zusätzlichen Anlagenstufen (Vorklärbecken, Primärschlamm- und Zwischenpumpwerk und Schlammumpwerk). Der Stromverbrauch dieser Anlagenstufen kann mit rd. 17.000 kWh/a angegeben werden, so dass sich eine Nettoeinsparung gegenüber der Ist-Situation von etwa 25.000 kWh/a und der zukünftige Gesamtstromverbrauch der Kläranlage von 375.000 kWh/a ergibt.

Neben dem Stromverbrauch der KA Gau-Bickelheim kann demnach auch der Stromverbrauch der KA Wöllstein bilanziell vollständig gedeckt werden. Darüber hinaus ist noch ein Überschussanteil zu erwarten, der in das öffentliche Stromnetz abgegeben werden kann.

Bei einem thermischen Wirkungsgrad von 49,3 % können 1.473.750 kWh/a thermische bzw. im Jahresmittel rd. 4.040 kWh/d Energie erzeugt werden. Die entstehende Abwärme wird auf der KA Gau-Bickelheim vorwiegend zur Beheizung des Faulbehälters sowie für die Betriebsgebäudeheizung genutzt.

Der jährliche Wärmebedarf auf der KA Gau-Bickelheim kann wie folgt ermittelt werden:

Wärmebedarf Faulbehälter		
- im Sommerhalbjahr	:	1.822 kWh/d x 180 d/a = 327.960 kWh
- im Winterhalbjahr	:	2.180 kWh/d x 185 d/a = 403.300 kWh
Wärmebedarf Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung	:	39.054 kWh
Summe	:	= 770.314 kWh/a

Da auf der Anlage Wöllstein keine Faulung betrieben wird entsteht dort ein deutliche Wärmeüberschuss. Dieser kann dann zur direkten Nutzung in das benachbarte Gewerbegebiet „In der Krummgewann“ abgegeben werden.

Durch Erneuerung von Pumpen mit Blick auf das energetische Optimierungspotential und die Nutzungsdauer, kann durch den Einsatz energieeffizienter Aggregate der Stromverbrauch gesenkt werden.

Die Pumpen des Zulaufpumpwerkes wurden zuletzt im Jahr 2000 erneuert. Das hohe Alter passt zu dem sich ergebenden energetischen Potential, so dass der Austausch gegen moderne Aggregate vorgesehen werden sollte.

Das Rücklaufschlammumpwerk setzt sich aus 3 Pumpen zusammen. Im Trockenwetterfall wird eine dieser Pumpen betrieben, diese wurde vor wenigen Jahren erneuert und eine Pumpe mit energieeffizienter Laufradgeometrie und einen effizienten und über Frequenzumrichter betriebenen Motor ausgerüstet. Die zwei weiteren Pumpen sind jedoch über 15 Jahre alt und besitzen keine speziell energieeffizienten Laufräder und Motoren. Ebenfalls werden diese nicht über einen FU angesteuert, so dass hier ein energetisches Optimierungspotential gegeben ist.

Die maschinelle Schlamm entwässerung erfolgt derzeit vergleichsweise energieaufwändig mittels einer Kammerfilterpresse. Durch Umstellung des Klärschlammstabilisierungsverfahrens auf Faulung und der beabsichtigten Umstellung der Entwässerung durch Hochleistungszentrifugen wird der Energieverbrauch maßgeblich gesenkt.

Aktueller spezifischer Energieverbrauch:

$$B_{aM, TM}^{14} = 876 \text{ t/a}$$

$$E_{spez} = E_{ent} / B_{aM, TM} = (41.877 \text{ kWh/a} + 31.878 \text{ kWh/a}) / 876 \text{ t/a} = \text{rd. } 84 \text{ kWh/t}$$

¹⁴ Jahresmittelwert der entwässerten Feststofffracht [DWA-A 216]

Mittelfristige Potenziale

Nach dem Bau der in Planung befindlichen Schlammagerhalle kann diese Dachfläche zur Installation von PV-Modulen genutzt werden. (vgl. 3.1.2)

Nach Umstellung der Verfahrensführung auf Schlammfäulung und einem dadurch erzielten Überschuss an thermischer Energie, kann dieser zur Beheizung des Betriebsgebäudes und der Warmwassererhitzung genutzt werden. Dadurch kann der Bezug von Flüssiggas zur Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung vollständig entfallen.

3.1.2 Ansätze zur Nutzung Erneuerbarer Energie

Auf den Dächern der Betriebsgebäude sind keine Photovoltaikanlagen installiert. Auf der Dachfläche der geplanten Schlammagerhalle könnten PV-Module mit einer Leistung von rd. 50 kWp zum Eigenverbrauch auf der Kläranlage installiert werden. Hieraus resultiert eine entsprechende Reduzierung der Eigenstromproduktion aus Faulgas, so dass sich die möglicherweise abzugebende Faulgasmenge an die Betriebskläranlage der Fa. Sutter entsprechend erhöht.

Der Standort der Kläranlage ist wegen der geringen Entfernung zur Ortschaft Gau-Bickelheim nicht zur Stromgewinnung mittels Windenergie geeignet.

Durch den nur sehr geringen Höhenunterschied zwischen dem Kläranlagenablauf und dem Vorfluter Wiesbach, eignet sich die Anlage nur im geringen Maße zur Stromerzeugung aus Wasserkraft. Zusätzlich ist der Durchfluss mit ca. 33 l/s (Jahr 2019: 1.035.656 m³/a gesamter behandelter Durchfluss) gering, so dass lediglich eine Leistung <1 kW gewonnen werden könnte. [NRW Handbuch]

Die Wärmegewinnung aus dem gereinigten Abwasser mithilfe einer Wärmepumpe ist möglich. Jedoch benötigt die Kläranlage auch nach der Verfahrensumstellung keine weitere Wärme. Vorrangig ist der eigene Strombedarf möglichst vollständig zu decken. Deshalb ist die Nutzung einer Wärmepumpe vorerst nicht als sinnvoll zu erachten. Bei optionaler Umsetzung einer Klärschlamm-trocknung auf dem Standort und einen damit verbundenen gesteigerten Wärmebedarf wäre eine neue Beurteilung der Situation erforderlich.

3.1.3 Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen durch Digitalisierung und Energiemanagementsysteme

Bei den im Folgenden beschriebenen Anpassungsmaßnahmen (s. Kap. 4) ist eine Anpassung der Mess-/Steuer- und Regeltechnik sowieso erforderlich. In diesem Kontext sollte über das Prozessleitsystem eine Auswerteroutine implementiert werden, die auch im Sinne einer Erfolgsbewertung umgesetzter Maßnahmen (s. Kap. 4.4) einen stundenaktuellen Einblick in zu definierende Prüfwerte ermöglicht. Durch ein solches Energiemanagementsystem¹⁵ wird durch Aufzeichnung der Energieströme die Identifikation energetischer Potentiale erleichtert und ein kontinuierlicher energetischer Verbesserungsprozess ermöglicht.

Durch Implementierung eines neuen Prozessleitsystems und der automatisierten Steuerung der Anlage können zusätzlich Pumpen und sonstige Anlagentechnik energiesparend betrieben werden.

Bei Umsetzung der Maßnahmen sind zur Erhöhung der Auswertungsgenauigkeit Strommessungen an den wesentlichen Aggregaten oder Verbrauchergruppen vorzusehen.

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

Die Steuerung des BHKWs kann in der Regel nur in Abhängigkeit des Strombedarfs und ohne Berücksichtigung des thermischen Bedarfs erfolgen. Dazu dient der Faulbehälter als Wärmespeicher. Bei überschüssiger thermischer Leistung wird die Faulbehältertemperatur etwas erhöht und bei einem Mangel etwas abgekühlt. Die Temperatur kann in einem Bereich von 35 – 41 °C schwanken, die Temperaturänderung sollte 2 °C pro Woche jedoch nicht überschreiten.

3.2 Definition von kurz-, mittel- und langfristigen Einspar- und Versorgungszielen

Durch die o. g. kurzfristigen Sanierungsmaßnahmen soll der ohnehin niedrige einwohnerspezifische Stromverbrauchswert weiter reduziert und der Eigenversorgungsgrad für Strom und Wärme deutlich erhöht werden.

3.3 Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele

Bereits in den vergangenen Jahren wurden planerische Leistungen zu Umbaumaßnahmen der Kläranlage Gau-Bickelheim durchgeführt. Die im Rahmen dieser Potentialstudie erarbeiteten kurzfristigen energetischen Optimierungsmaßnahmen sollen möglichst in die bestehende Planung mit aufgenommen und entsprechend dem Zeitplan umgesetzt werden.

¹⁵ Energiemanagementsystem gemäß ISO 50001

4. Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung

4.1 Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen

Die Stromverbrauchswerte der Kläranlage für die Betriebsjahre von 2010 bis 2019 können der nachfolgenden Tabelle sowie der zugehörigen Grafik entnommen werden.

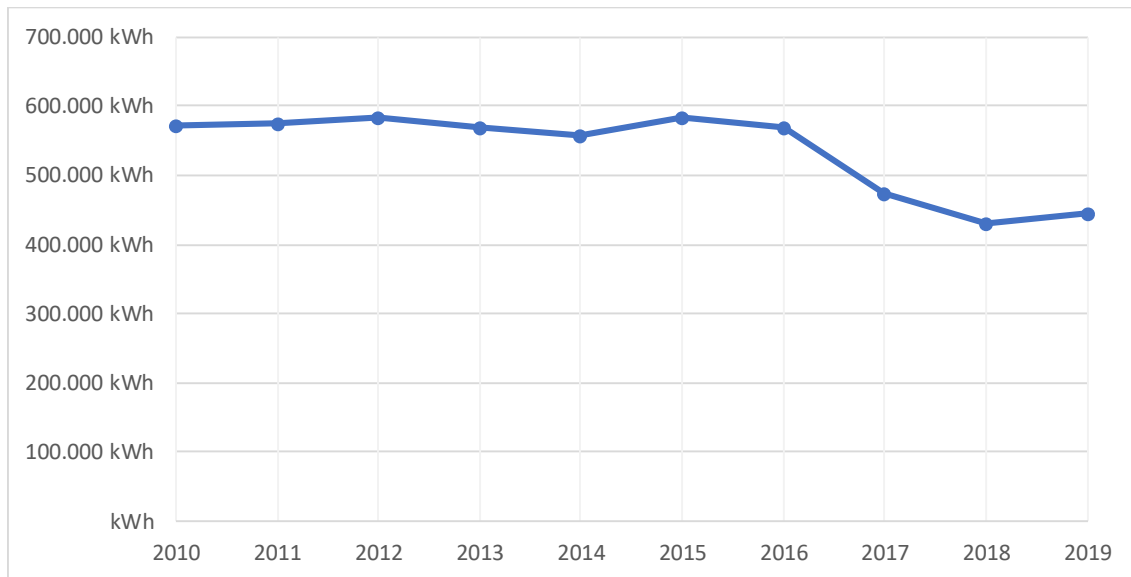


Abb. 16: Übersicht Stromverbrauch (2010-2019)

Bereits in den vergangenen Jahren wurde die Belüftung der Belebung durch Einsatz von Plattenbelüftern und neuer Gebläse energetisch optimiert.

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

Die folgenden Ausführungen treffen eine Aussage zu

- erwarteten Energieeinsparungen (Strom und Wärme)
- erwarteten Kosten der Umsetzung
- erwarteten Einsparungen oder Mehraufwand an Betriebskosten bei bezogenen Energieträgern und THG-Emissionen¹⁶
- erwarteten Einsparungen oder Mehraufwand an Energieträgern bei einer erhöhten Rückgewinnung an weiteren Ressourcen

Zu allen Maßnahmen erfolgt eine Kurzbeschreibung (inkl. relevanter Betriebsparameter, Grundannahmen, Anlagenzustände, Abgrenzungen usw.).

¹⁶ Stromverbrauchsdaten geplanter Maßnahmen wurden auf Basis des DWA-A 216 abgeschätzt

4.2.1 Erneuerung des Zulaufpumpwerkes

Die installierten Zulaufschnecken des Zulaufpumpwerkes weisen eine Diskrepanz zum anlagenbezogenen Idealwert auf. Durch Austausch der Zulaufschnecken sowie der Antriebsmotoren durch energieeffiziente Aggregate kann der Stromverbrauch reduziert werden.

Durch Einsatz von Pumpen, die den Idealwert erreichen wird jährlich folgende Strommenge gespart:

$$57.639 \text{ kWh/a} - 39.148 \text{ kWh/a} = \mathbf{18.491 \text{ kWh/a}}$$

($e_{\text{spez, spar}} = 1,08 \text{ kWh/a}$; bei 19.609 EW: **21.350 kWh/a**)

Dem entsprechend werden folgende THG-Emissionen eingespart:

$$18.491 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = \mathbf{9.930 \text{ kg CO}_2/\text{a}}$$

($e_{\text{spez, spar}} = 0,95 \text{ kWh/a}$; bei 19.609 EW: **11.465 kg CO₂e/a**)

Investitionskosten: 153.000,00 € brutto

4.2.2 Erneuerung der Rücklaufschlammumpen 2 & 3

Die installierten Pumpen 2 und 3 des Rücklaufschlammumpwerkes weisen neben dem hohen Alter eine Diskrepanz zum anlagenbezogenen Idealwert auf. Ebenfalls können diese nicht mittels FU angesteuert und dem Bedarf angepasst betrieben werden. Durch Austausch der Pumpen durch energieeffiziente Aggregate kann der Stromverbrauch reduziert werden.

Durch Einsatz von energieeffizienten Pumpen, so dass der Idealwert des Rücklaufschlammumpwerkes erreicht wird, wird jährlich folgende Strommenge gespart:

$$(1,505 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a}) - 0,6 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a})) \cdot 16.983 \text{ EW} = \mathbf{16.134 \text{ kWh/a}}$$

(bei 19.609 EW: **18.491 kWh/a**)

Dem entsprechend werden folgende THG-Emissionen eingespart:

$$16.134 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = \mathbf{8.664 \text{ kg CO}_2/\text{a}}$$

(bei 19.609 EW: **9.930 kg CO₂e/a**)

Investitionskosten: 52.000,00 € brutto

4.2.3 Verfahrensumstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung

Da die Maßnahmen zur „Verfahrensumstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung“ sowie „Klärschlammbehandlung im Verbund“ eng zusammenhängen und baulich zeitgleich umgesetzt werden, werden diese technisch gemeinsam untersucht. Entsprechend wird der energetische Nutzen beider Maßnahmen gemeinsam betrachtet.

Für die **Umstellung der Klärschlammbehandlung auf Faulung** sind erhebliche Umbau- und Erweiterungsmaßnahmen auf der Kläranlage Gau-Bickelheim erforderlich:

- Bau Vorklärbecken zur Primärschlammgewinnung inkl. Primärschlammwerk
 - o Vorklärbecken: $V = 207 \text{ m}^3$, Rundbauweise
 - o Primärschlammwerk: Exzentrerschneckenpumpen ($20 \text{ m}^3/\text{h}$)
 - o Energieverbrauch VKB: $E = 0,5 \text{ kW} \cdot 8760 \text{ h} = 4.380 \text{ kWh}$
 - o Energieverbrauch PS-Pumpe: $4,2 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) \cdot 5 \text{ m} \cdot 4.088 \text{ m}^3/\text{a} = 86 \text{ kWh/a}$
- Schlammfaulung als 2-stufige Kompaktfaulung mit Technikgebäude
 - o $L = 9 \text{ m}$, $B = 9 \text{ m}$
 - o Aufenthaltszeit: rd. 19 d
 - o Behälter 1: $H_{\text{Füll}} = 7,85 \text{ m}$, $V = 610 \text{ m}^3$
 - o Behälter 2: $H_{\text{Füll}} = 7,65 \text{ m}$, $V = 595 \text{ m}^3$
 - o Durchmischung: $E = 1.205 \text{ m}^3 \cdot 3 \text{ W}/\text{m}^3 \cdot 8700/1000 = 31.451 \text{ kWh}_{\text{el}}$
 - o Faulturmbeheizung: $E = 1.009 \text{ kWh}/\text{d}^{17} \cdot 365 \text{ d} = 368.521 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a}$
[Vordimensionierung Faulung IG Dr. S+P]
- Aggregate zur Faulgasnutzung inkl. BHKW, Gasspeicher, Fackel
 - o BHKW: $100 \text{ kW}_{\text{el}}$, $139 \text{ kW}_{\text{th}}$, $282 \text{ kW}_{\text{Br}}$, $35,5 \% \eta_{\text{el}}$, $49,3 \% \eta_{\text{th}}$
 - o Gasspeicher: $V = 500 \text{ m}^3$

Durch die Integration eines Vorklärbeckens in den Verfahrensablauf ergeben sich zusätzliche hydraulische Verluste, so dass ein freier Ablauf aus der mechanischen Vorreinigung über das neue Vorklärbecken in die nachfolgenden Belebungsbecken nicht mehr gewährleistet ist. Zum Ausgleich der Höhenverluste wird ein Zwischenhebewerk in der Ausführung als Schneckenpumpwerk mit folgenden Leistungsdaten vorgesehen:

Förderhöhe	:	max. 0,94 m
2 St.	:	Rohrförderschnecken
Durchmesser	:	je 700 mm

Energieverbrauch: $1.035.656 \text{ m}^3/\text{a}^{18} \cdot 4,5 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) \cdot 0,94 \text{ m} = 4.380 \text{ kWh/a}$
($e_{\text{spez,ver}} = 0,26 \text{ kWh/a}$; bei 19.609 EW: **5.057 kWh/a**)

Auf der Kläranlage Gau-Bickelheim kann das Schlammalter im Belebungsbecken gesenkt werden, so dass neben dem Kohlstoffabbau nur noch eine Stickstoffelimination

¹⁷ Anteiliger täglicher Wärmebedarf für Gau-Bickelheim

¹⁸ Gereinigte Abwassermenge gemäß Eigenüberwachung 2019 (Ablauf)

erfolgt. Bei Reduzierung des Schlammalters auf 14 d sowie unter Berücksichtigung eines Vorklärbeckens kann die eingesparte Strommenge unter Berücksichtigung eines aktuell berechneten SAE-Wertes von rd. 5,75 kg O₂/kWh¹⁹ und einem zukünftigen Sauerstoffbedarf von 938.253 kg O₂/a (DWA A-131; 19.609 EW) wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned} E_{\text{eingespart}} &= 10,08 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a}) - 8,32 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a}) \cdot 19.983 \text{ EW} \\ &= 29.864 \text{ kWh/a} \\ (e_{\text{spez,spar}} &= 1,76 \text{ kWh/a}) \end{aligned}$$

Aufgrund der nicht ausreichenden aktuellen Schlammstabilisierung der aktuellen Belebung wäre der Effekt bei tatsächlicher Nutzengleichheit noch höher.

Bei Umstellung der Schlammstabilisierung und Faulung der auf der Kläranlage Gau-Bickelheim anfallenden Schlämme kann folgende (anteilige) Brennstoffleistung gewonnen werden:

$$558 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 365 \text{ d} \cdot 6 \text{ kWh}/\text{m}^3 = 1.222.020 \text{ kWh/a}$$

Daraus resultieren 433.817 kWh_{el}/a ($e_{\text{spez,el}} = 22,45 \text{ kWh}/(\text{EW a})$) und 602.456 kWh_{th}/a ($e_{\text{spez,th}} = 30,72 \text{ kWh}/(\text{EW a})$).

Bei Berücksichtigung der Aggregatverbräuche werden **427.325 kWh Strom** und **233.935 kWh Wärme** zur Reduktion des Fremdbezuges erzeugt. (bei 16.983 EW: 365.288 kWh_{el}/a, 202.607 kWh_{th}/a)

Die Fremdstromreduzierung entspricht einer Treibhausgasemissionsminderung von:

$$449.431 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{kWh} = 241,334 \text{ Mg CO}_2\text{e/a}$$

Investitionssumme: 2.908.000,00 € brutto

¹⁹ Berechneter Wert bei aktuellem Stromverbrauch und zur

²⁰ Anteiliger täglicher Faulgasanfall für Schlämme der KA Gau-Bickelheim und CO-Substrate

4.2.4 Klärschlammbehandlung im Verbund

Für die **Klärschlammbehandlung im Verbund** werden zusätzlich auf der Kläranlage Gau-Bickelheim folgende Maßnahmen vorgesehen:

Zur Andienung der Schlämme der KA Wöllstein sowie der Kläranlage der Fa. Sutter wird aufgrund der geringen Entfernungen kein Transport durch Einsatz von Lastwagen, sondern durch Pumpleitungen vorgesehen. Der Schlamm der Kläranlage Wöllstein wird dazu auf das Gelände der Kläranlage Sutter gepumpt und hier in den Schlamm Speicher abgegeben und mit dem Schlamm der Fa. Sutter gemischt. Anschließend wird die gesammelte Schlammmenge zur KA Gau-Bickelheim gepumpt.

Faulgaserzeugung: $807 \text{ m}^3/\text{d}^{21} \cdot 365 \text{ d} \cdot 6 \text{ kWh}/\text{m}^3 = 1.767.330 \text{ kWh/a}$

Dem entsprechend können dadurch $627.402 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{a}$ und $871.234 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a}$ gewonnen werden.

Durch die gesteigerte Schlammmenge wird zur Faulturnbeheizung zusätzliche thermische Energie benötigt: $E = 993 \text{ kWh}/\text{d}^{22} \cdot 365 \text{ d} = 362.463 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a}$

- Fremdschlamm- und Rohschlammbehälter und Rohschlammumpwerk
 - o $V = 400 \text{ m}^3, 150 \text{ m}^3$
- Faulschlamm-pufferbehälter und Pumpwerk
 - o $V = 90 \text{ m}^3$
- Überschussschlamm-eindickung (Fremdschlamm)
 - o 2 St. Bandeindicker
 - o $E = 176 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 365 \text{ d} \cdot 0,2 \text{ kWh}/\text{m}^2 = 12.848 \text{ kWh/a}$
- Schlamm-entwässerung (2 St. Zentrifugen)
 - o Entwässerung: $Q = 6,5 \text{ m}^3/\text{h}$ (33 h/Wo), $TR_{\text{aus}} = 25 \%$
Investition: ca. 265.000,00 €, brutto
 - o Energie: $E = 60 \text{ kWh}/\text{t} \cdot 2.030 \text{ kg}/\text{d} \cdot 365 \text{ d} = 44.457 \text{ kWh/a}$
 - o Zukünftig entfällt der Stromverbrauch der Kalkdosierung
 $E = 31.878 \text{ kWh/a}$ (2019)
 - o Insgesamt wird so spezifische Energieverbrauch der Entwässerung wird von $84 \text{ kWh}/\text{t}$ auf rd. $60 \text{ kWh}/\text{t}$ gesenkt
 - Bezogen auf 2019: $24 \text{ kWh}/\text{t} \cdot 876 \text{ t} = 21.024 \text{ kWh/a}$
 - $21.024 \text{ kWh/a} / 16.983 \text{ EW} = 1,24 \text{ kWh}/(\text{EW a})$
 - o Schlamm-lagerhalle: $A_{\text{Lager}} = 336 \text{ m}^2; V_{\text{Lager}} = 560 \text{ m}^3$

²¹ Anteiliger täglicher Faulgasanfall durch Fremdschlämme und Fettabscheiderinhalte

²² Anteiliger mittlerer täglicher Wärmebedarf der Faulung durch Fremdschlämme

Abzüglich des Strom- und Wärmebedarfs der neuen Anlagenstufen werden durch die Faulgasverstromung zusätzlich **643.852 kWh_{el}** und **508.771 kWh_{th}** erzeugt, wodurch der Stromverbrauch anderer Verfahrensstufen gedeckt werden kann. Durch Nutzung der elektrischen Energie können so bei 0,537 kg CO₂/kWh weitere **343.225 kg CO₂e/a** eingespart werden.

Investition: ca. 778.000,00 €, brutto

Die Effekte auf der Kläranlage Wöllstein sind in Kapitel 3.1.1 näher beschrieben. Durch das Pumpen werden die Emissionen durch den Transport im Vergleich zum straßengebundenen LKW-Transport ungefähr halbiert. (rd. 5.370 kg CO₂e/a²³ zu rd. 9.925 kg CO₂e/a²⁴) Vom Schlamm Speicher der Fa. Sutter aus werden die Schlämme in einer gemeinsamen Pumpleitung zur Kläranlage Gau-Bickelheim weitergegeben. Bei Nutzung des eigenproduzierten Stromes entstehen keine Treibhausgasemissionen. Der Stromverbrauch beträgt rd. 10.000 kWh/a.

Insgesamt kann dort der Stromverbrauch der Anlage um rd. 25.000 kWh/a gesenkt werden. Dies entspricht bei Stromfremdbezug Treibhausgasemissionen von 13.425 kg CO₂e/a.

4.2.5 Implementierung eines Energiemanagements

Nach Kapitel 3.1.3 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.

Die Kosten zur Erstzertifizierung eines Energiemanagementsystems werden mit 30.000 € brutto abgeschätzt. Für zusätzliche Messtechnik und Software werden weitere 25.000 € brutto vorgesehen.

²³ Bei Fremdstrombezug, spez. Stromverbrauch von 4,7 Wh/(m³·m) und daraus 8.454 kWh/a

²⁴ Bei 3 km Förderstrecke, 96.360 tkm und 0,103 kg CO₂e/tkm

4.2.6 Umstellung der Betriebsgebäudeheizung

Nach Inbetriebnahme der Faulung wird durch die Faulgasnutzung Wärme produziert. Diese wird nicht vollständig zur Beheizung der Kompaktfaulung genutzt, so dass die restliche Heizleistung zur Beheizung der Betriebsgebäude und Warmwasserbereitstellung genutzt werden kann. Bei der überschüssigen Wärmemenge (ohne Fremdschlämme) von ca. 170.834 kWh/a kann die gesamte aktuelle Heizlast von 39.054 kWh/a substituiert werden.

Dies entspricht eingesparten THG-Emissionen durch Einsparung von Flüssiggas von **10.830 kg CO₂e/a**.

Investitionskosten: ca. 15.000,00 € brutto

4.2.7 Installation von PV-Modulen auf dem Dach der Schlammhalde

Durch die Installation weiterer PV-Module auf dem Dach der neuen Schlammhalde kann die erzeugte Strommenge gesteigert werden.

Die mögliche Leistung beträgt 50 kWp. Mit dieser Größe kann von **47.500 kWh** Strom, die jährlich erzeugt werden, ausgegangen werden.

Dies entspricht eingesparten THG-Emissionen durch Fremdstrombezug von:

$$47.500 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = \mathbf{25.508 \text{ kg CO}_2/\text{a}}$$

Die Investitionskosten können mit ca. 63.000,00 € brutto abgeschätzt werden.

4.5 Vorplanung der kurzfristig umsetzbaren Maßnahmen

Schriftliche Ausführungen zu den Maßnahmen sind Kap. 4.2 zu entnehmen. Kosten, die zur Umsetzung der Maßnahmen erforderlich sind, jedoch nicht gefördert werden können wurden in den Investitionskostenzusammenstellungen nicht berücksichtigt (z. B. BHKW zur Faulgasnutzung).

4.5.1 Erneuerung der Pumpwerke

Die Erneuerung des Zulauf- und Rücklaufschlammumpwerk erfolgt durch Austausch der bestehenden optimierungswürdigen Pumpen/Motoren (vgl. Kapitel 4.2.1 und 4.2.2) durch energieeffiziente Aggregate. Eine Ansteuerung über Frequenzumrichter ist ebenfalls vorzusehen.

Tab. 8: Investitionskosten Erneuerung der Pumpwerke

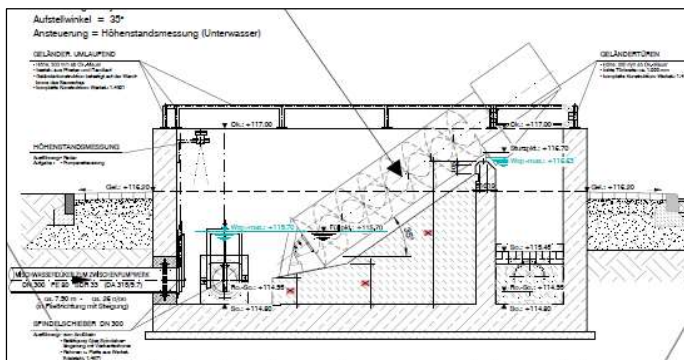
Nr.	Maßnahme	Gesamt
1.	Erneuerung Zulaufpumpwerk	
	Demontage Altanlagentechnik	5.000,00
	3 St. Schneckenpumpen	75.000,00
	3 St. Frequenzumrichter	18.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	5.000,00
	Zwischensumme	103.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	25.750,00
	Gesamt, netto	128.750,00
	zzgl. 19% MwSt.	24.462,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	153.000,00
2.	Erneuerung Rücklaufschlammumpwerk	
	Demontage Altanlagentechnik	5.000,00
	2 St. Tauchmotorpumpen	15.000,00
	2 St. Frequenzumrichter	10.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	5.000,00
	Zwischensumme	35.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	8.750,00
	Gesamt, netto	43.750,00
	zzgl. 19% MwSt.	8.312,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	52.000,00

4.5.2 Verfahrensumstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung und Klärschlammverwertung im Verbund

Zur Umstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung soll ein Vorklärbecken zur Gewinnung von energiereichem Primärschlamm errichtet werden. Um die hydraulischen Verluste auszugleichen, wird ein Zwischenpumpwerk benötigt. Zum Abzug des Schlammes wird ein Primärschlammumpwerk mit zwei redundanten Schneckenpumpen und einem vorgeschalteten Mazerator vorgesehen.

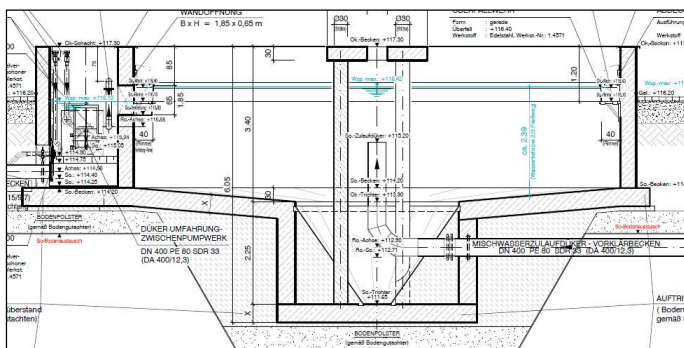
Die Schlammstabilisierung erfolgt in einer 2-stufigen Kompaktfaulung, mit angeschlossenen Technikgebäude. In diesem kann die im Rahmen der Faulung benötigte Anlagentechnik aufgestellt werden. Zur Pufferung des ausgefaulten Schlammes wird ein Faulschlamm-pufferbehälter errichtet.

Zur Speicherung des Faulgases wird ein Gasspeicher errichtet. Genutzt wird das Faulgas durch ein BHKW und trägt so zur Deckung des elektrischen und thermischen Bedarfs bei. Um z. B. im Wartungsfall des BHKW überschüssiges Gas zu verbrauchen, ist eine Notfackel vorgesehen.



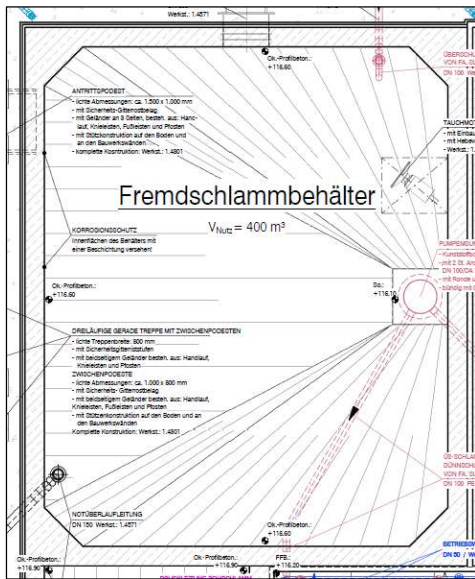
Förderhöhe	: max. 0,94 m
2 St.	: Rohrförderschnecken
Durchmesser	: je 700 mm
Aufstellwinkel	: 35 °
Förderleistung	: je 25 bis 53 l/s

Abb. 18: Zwischenpumpwerk



D	: 10,70 m
Randwassertiefe	: 2,22 m (bei Q _{max})
Tiefe Kegelstumpf	: 0,30 m
Oberfläche	: 89,9 m ²

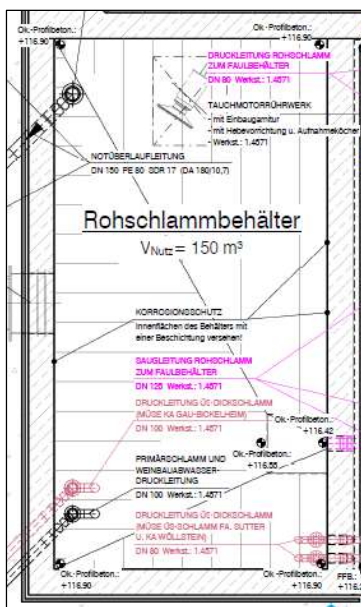
Abb. 19: Vorklärbecken



$L = 9,00 \text{ m}$
 $B = 6,30 \text{ m}$
 $V = 400 \text{ m}^3$

Ausrüstung mit einem Tauchmotor-
 rührwerk zur Durchmischung sowie
 einem Notüberlauf
 Höhenstandsmessung mittels Radar

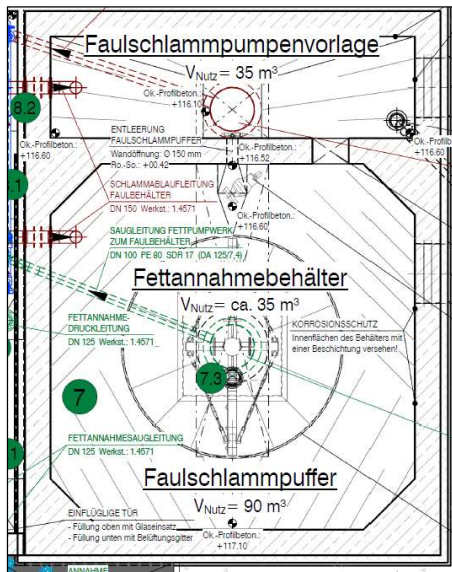
Abb. 20: Fremdschlammannahmebehälter



$L = 7,20 \text{ m}$
 $B = 3,70 \text{ m}$
 $V = 150 \text{ m}^3$

Ausrüstung mit einem Tauchmotor-
 rührwerk zur Durchmischung sowie
 einem Notüberlauf
 Höhenstandsmessung mittels Radar

Abb. 21: Rohschlammbehälter



L = 5,00 m
B = 5,00 m
V = 35 m³ (Fettbehälter)
V = 90 m³ (Faulschlamm-puffer)

Ausrüstung des Faulschlamm-puffers
mit einem Tauchmotorrührwerk zur
Durchmischung
Ausrüstung des Fettbehälters mit ei-
nem Krälwerk

Höhenstandsmessung jeweils mittels
Radar

Abb. 22: Fettannahme und Faulschlamm-puffer

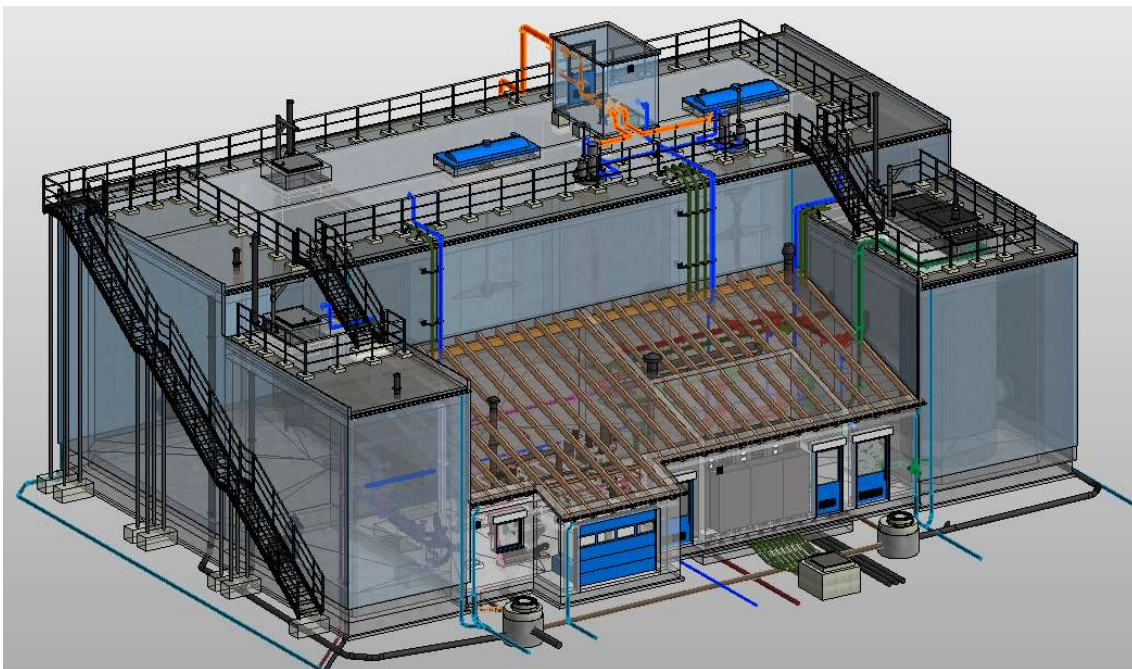


Abb. 23: Faulbehälter mit vorgelagertem Technikgebäude - 3D-Ansicht transparent

Tab. 9: Investitionskosten Verfahrensumstellung und Klärschlammverwertung im Verbund

Nr.	Maßnahme	Gesamt
3.	Verfahrensumstellung auf Schlammfäulung	
	Vorklärbecken	302.000,00
	Primärschlammumpwerk	114.000,00
	Zwischenhebewerk	70.000,00
	Technikgebäude	245.000,00
	Kompaktfaulbehälter	948.000,00
	Gasspeicher und Gasfackel	276.000,00
	Zwischensumme	1.955.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	488.750,00
	Gesamt, netto	2.443.750,00
	zzgl. 19% MwSt.	464.312,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	2.908.000,00
4.	Klärschlammverwertung im Verbund	
	Fremdschlammbehälter	219.000,00
	Rohschlammbehälter	95.000,00
	Rohschlammumpwerk	23.000,00
	Faulschlamm-pufferbehälter	174.000,00
	Faulschlammumpwerk	12.000,00
	Zwischensumme	523.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	130.750,00
	Gesamt, netto	653.750,00
	zzgl. 19% MwSt.	124.212,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	778.000,00

4.5.3 Implementierung eines Energiemanagementsystems

Die Erstzertifizierung des Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 sowie die Vorbereitung soll durch einen fachkundigen Dienstleister erfolgen. Zur Schaffung einer festen Auswertroutine und der automatisierten Kennzahlenbildung soll eine entsprechende Software angeschafft werden.

Zur Erhöhung der Analysegenauigkeit soll weitere Messtechnik angeschafft werden. Zum Beispiel sind die einzelnen Aggregate der Belebung, als größter Stromverbraucher der Kläranlage mit einzelnen Messvorrichtungen zu versehen.

Tab. 10: Investitionskosten zur Implementierung eines Energiemanagements

Nr.	Maßnahme	Gesamt
5.	Implementierung eines Energiemanagements	
	Erstzertifizierung	30.000,00
	Messtechnik	20.000,00
	Software	5.000,00
	Summe, brutto	55.000,00

4.6 Prüfung der Sicherstellung der Mindestziele

4.6.1 Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme

Nach Umsetzung der Maßnahmen werden die folgenden Deckungsquoten erreicht:

Tab. 11: Deckungsquoten des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien
 (16.983 EW)

	Strom			Wärme		
	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungs- grad	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungs- grad
2019	444.860	0	0 %	39.054	0	0 %
Nach kurz- fristigen Maßnah- men	408.916	1.002.123	100 %	681.632	1.393.010	100 %
Nach allen Maßnah- men	408.916	1.050623	100 %	720.686	1.393.010	100 %

Tab. 12: Deckungsquoten des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien
 (19.609 EW)

	Strom			Wärme		
	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungs- grad	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungs- grad
2019	502.489	0	0 %	39.054	0	0 %
Nach kurz- fristigen Maßnah- men	452.551	1.061.719	100 %	730.984	1.473.690	100 %
Nach allen Maßnah- men	452.551	1.108.719	100 %	770.038	1.473.690	100 %

Aufgrund der massiven Überschüsse an Strom und Wärme bei einer vollständigen Faulgasnutzung auf der Kläranlage, kann alternativ ein Teil des Faulgases an die Kläranlage Wöllstein weitergeleitet werden und den dort umgewandelt und genutzt werden. Wenn beide Deckungsgrade jeweils weiterhin mindestens 100 % betragen sollen, ist der Wärmeverbrauch der limitierende Faktor und es kann Faulgas mit einer Brennstoffenergie von 1.427.286 kWh/a (237.881 m³/a) bei einer mittleren Belastung von 19.609 EW bzw. 1.363.740 kWh/a (227.290 m³/a) bei einer mittleren Belastung von 16.983 EW abgegeben werden.

4.6.2 Spezifischer jährlicher Strombedarf der gesamten Anlage (inkl. lokal umgewandelter Energie)

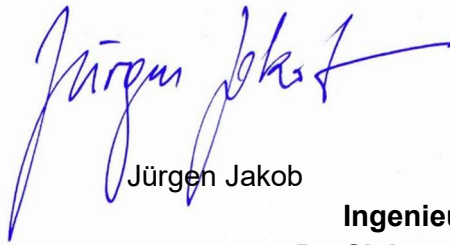
Der gesamte spezifische Strombedarf beträgt nach Umsetzung der kurzfristigen sowie aller Maßnahmen:

$$\begin{aligned} E_{\text{spez}} (19.609 \text{ EW}) &= 452.551 \text{ kWh/a} / 19.609 \text{ EW} = 23,08 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a}) \\ E_{\text{spez}} (16.983 \text{ EW}) &= 400.462 \text{ kWh/a} / 16.983 \text{ EW} = 23,58 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a}) \end{aligned}$$


Nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen kann sowohl der elektrische wie auch thermische Bedarf der Kläranlage vollständig durch Nutzung des Faulgases gedeckt werden. Der Deckungsgrad beträgt entsprechend **100 %** und der spezifische Strombedarf **0 kWh/(EW·a)**.

Der thermische Bedarf ist dabei die Bemessungsgröße für die auf der Kläranlage Gau-Bickelheim benötigte Faulgasmenge. Nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen werden so jährlich rd. 101.981 kWh/a Strom (66.444 kWh/a bei 16.983 EW) eingespeist. Nach Umsetzung aller Maßnahmen werden 149.481 kWh/a (113.944 kWh/a bei 16.983 EW). Das übrige Faulgas kann an die Kläranlage Wöllstein weitergegeben werden und dort zur Eigenbedarfsdeckung eingesetzt werden.

Thür, 08.06.2020



Jürgen Jakob

i. A. 
Lukas Ellerich

**Ingenieurgesellschaft
Dr. Siekmann + Partner mbH**