



Ingenieurgesellschaft
Dr. Siekmann + Partner mbH

Thür • Simmern • Westerburg

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Potenzialstudie

Kläranlage Buchholz

Stadt Boppard – Kanalwerke

Auftraggeber : Stadt Boppard - Kanalwerke
Mainzer Straße 46
56154 Boppard

Datum : 10.03.2021

Projekt-Nr. : 20 054

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung.....	4
1. Vorbemerkung	5
2. Bestandsaufnahme	5
2.1 Aufnahme der Bestandssituation der Kläranlage.....	5
2.1.1 Angeschlossene Einwohnerwerte und Alter der Anlage	6
2.1.2 Kurzdarstellung des Reinigungsverfahrens	7
2.1.3 Produzierte Faulgasmenge und Nutzung	9
2.1.4 Art der Schlammentsorgung.....	9
2.1.5 Anfallende und entsorgte Schlammengen.....	10
2.1.6 Grad der Automatisierung der Anlagen	10
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	11
2.3 Personalsituation	11
2.3.1 Weiterbildungsbedarf	12
2.3.2 Darstellung der Qualität der Betriebsführung der Anlage	12
2.3.3 Teilnahme an Benchmarks der Verbände	12
2.3.4 Relevanz und Knowhow zum Energieverbrauch	12
2.4 Beabsichtigte Planungen.....	12
2.5 Analyse des Energieverbrauchs.....	13
2.5.1 Aufnahme aller wichtigen Stromverbraucher (geordnet nach Anlagenteilen)	13
2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten.....	14

2.5.3	Wärmebedarf auf der Anlage	16
2.6	Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz	17
2.7	Zusammenfassung aktuelle energetische Situation.....	17
2.8	Bewertung anhand energetischer Beurteilungskriterien und Ermittlung spezifischer Kennzahlen	18
2.8.1	Idealwertbestimmung nach DWA-A 216.....	18
2.9	Gegenüberstellung von verbrauchter und erzeugter Energie	20
2.9.1	Eigenversorgungsgrad Strom.....	21
2.9.2	Eigenversorgungsgrad Wärme.....	21
3.	Potenzialanalyse.....	22
3.1	Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienzpotenziale	22
3.1.1	Identifizierung von Ansatzpunkten.....	22
3.1.2	Ansätze zur Nutzung Erneuerbarer Energie	25
3.1.3	Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen durch Digitalisierung und Energiemanagementsysteme.....	25
3.2	Definition von kurz-, mittel- und langfristigen Einspar- und Versorgungszielen	26
3.3	Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele	26
4.	Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung.....	27
4.1	Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen.....	27
4.2	Detaillierte Beschreibung möglicher Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen, von Maßnahmen zur klimafreundlichen Betriebsoptimierung und zur effizienten und klimaschonenden Energieerzeugung	27
4.2.1	Erneuerung der Belüftung	28
4.2.2	Erneuerung Pumpen und Motoren	29

4.2.3	Klärschlammverwertung im Verbund.....	30
4.2.4	Prüfung Frostwächter und Beheizung	33
4.2.5	Implementierung eines Energiemanagementsystems	33
4.2.6	Installation von PV-Modulen auf geeigneten Dachflächen.....	34
4.2.7	Erneuerung Sandfanggebläse (inkl. FU)	34
4.3	Umsetzungsfahrplan (Priorisierung/Zeitplanung/Akteure).....	35
4.4	Entwicklung geeigneter Indikatoren für die Erfolgskontrolle der Maßnahmen.....	35
4.5	Vorplanung der kurzfristig und mittelfristig umsetzbaren Maßnahmen.....	36
4.6	Prüfung der Sicherstellung der Mindestziele	42
4.6.1	Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme.....	42
4.6.2	Spezifischer jährlicher Strombedarf der gesamten Anlage (inkl. lokal umgewandelter Energie)	43

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Installierte Messtechnik (Abwasserreinigung)	11
Tab. 2: Zusammenstellung der wichtigsten Stromverbraucher	13
Tab. 3: Zusammenstellung Stromverbräuche (2019)	14
Tab. 4: Zusammenstellung spezifischer Stromverbräuche und Idealwerte (Betriebsjahr 2019)	18
Tab. 5: Gegenüberstellung Stromverbrauch und Stromerzeugung (Jahr 2019).....	20
Tab. 6: Transportaufwand Klärschlammverwertung im Verbund	31
Tab. 7: Effekte Klärschlammverwertung im Verbund (8.500 EW).....	32
Tab. 8: Investitionskosten Erneuerung der Belüftung	36
Tab. 9: Investitionskosten Erneuerung Pumpen und Motoren	37
Tab. 10: Investitionskosten Klärschlammverwertung im Verbund	40
Tab. 11: Investitionskosten Erneuerung des Sandfanges	41
Tab. 12: Deckungsquote des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien.....	42

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Karte Kläranlage Buchholz	5
Abb. 2: Luftbild Kläranlage Buchholz	6
Abb. 3: Kompaktrechenanlage und Rechengutwaschpresse	7
Abb. 4: belüfteter Sand- und Fettfang	7
Abb. 5: Kombibecken.....	8
Abb. 6: Oberflächenbelüfter Belebung	8
Abb. 7: Nachklärbecken.....	8
Abb. 8: Verfahrensschema aktuelle Anlage	9
Abb. 9: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2019)	15
Abb. 10: Lastgang Stromverbrauch (Jahr 2019).....	16
Abb. 11: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie (DWA A-216)	21
Abb. 12: Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren (DWA A-216)	22
Abb. 13: Stromaufnahme Gebläse (Auszug 29.09.2020, 17 bis 24 Uhr)	23
Abb. 14: Retrospektive Stromverbrauch.....	27
Abb. 15: Zeitplan der kurzfristigen Maßnahmen.....	35
Abb. 16: Verfahrensschema Klärschlammverwertung im Verbund.....	39

Kurzfassung

Die Kläranlage Buchholz (Rheinland-Pfalz) mit einer Ausbaugröße von 4.600 EW wird nach der Verfahrensführung mit simultaner Schlammstabilisierung betrieben. Der Stromverbrauch im Jahr 2019 betrug 274.121 kWh. Es wird kein Strom auf der Anlage erzeugt. Der Deckungsgrad beträgt demnach 0 %.

Bei der aktuellen mittleren Belastung mit 5.266 EW berechnet sich der spezifische Energieverbrauch zu **52,1 kWh/(EW·a)** und entspricht dem spezifischen Fremdstrombezug.

Es wird beabsichtigt Förderanträge für folgende Förderschwerpunkte zu stellen:

- Erneuerung der Belüftungseinrichtung
- Klärschlammbehandlung im Verbund
- Erneuerung von Pumpen und Motoren
- Energiemanagementsysteme

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

Maßnahme	Einsparung/Erzeugung	Investitionskosten und Zeitpunkt der Fördermittelbeantragung
Erneuerung der Belüftungseinrichtung	110.203 kWh _{el} /a	311.000,00 € (2. Quartal 2022)
Erneuerung von Pumpen und Motoren	6.113 kWh _{el} /a	82.000,00 € (2. Quartal 2022)
Implementierung eines Energiemanagements		55.000,00 € (2. Quartal 2022)
Klärschlammbehandlung im Verbund	11.997 kWh _{el} /a	959.000,00 € (2. Quartal 2022)

Nach Umsetzung dieser Maßnahmen entspricht der spezifische Energieverbrauch **27,7 kWh/(EW·a)**. Das energetische Potenzial des Klärschlammes durch Faulung und Faulgasnutzung wird dabei im Rahmen der Maßnahme „Klärschlammverwertung in Verbund“ auf der Kläranlage Bad Salzig genutzt.

Ergänzend werden noch weitere Maßnahmen zur energetischen Optimierung und Steigerung der Eigenstromerzeugung vorgesehen.

Nach Umsetzung aller Maßnahmen entspricht der spezifische Energiebedarf 25,07 kWh/(EW·a). Aufgrund der gesteigerten Eigenstromerzeugung beträgt der spezifische Fremdstrombezug noch **20,69 kWh/(EW·a)** kann die Kläranlage bilanziell den Eigenbedarf zu 15 % decken. Bei theoretischer Berücksichtigung der mit dem Schlamm der Kläranlage Buchholz erzeugten Energie auf der Kläranlage Bad Salzig beträgt der bilanzielle Deckungsgrad rd. 71 %. (standortübergreifender Deckungsgrad 83 %.)

1. Vorbemerkung

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

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

Die Gliederung dieser Potenzialstudie bzw. deren inhaltliche Ausgestaltung basiert auf den konkreten Vorgaben gemäß Vorhabensbeschreibung für den Förderschwerpunkt *2.6.2 Potenzialstudie Abwasserbehandlungsanlage (PTJ, Version: 07/2020)*. 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 Buchholz ist eine Kläranlage der Kanalwerke Boppard in Rheinland-Pfalz. Die Kläranlage ist im Hunsrück in der Nähe der A61 gelegen.

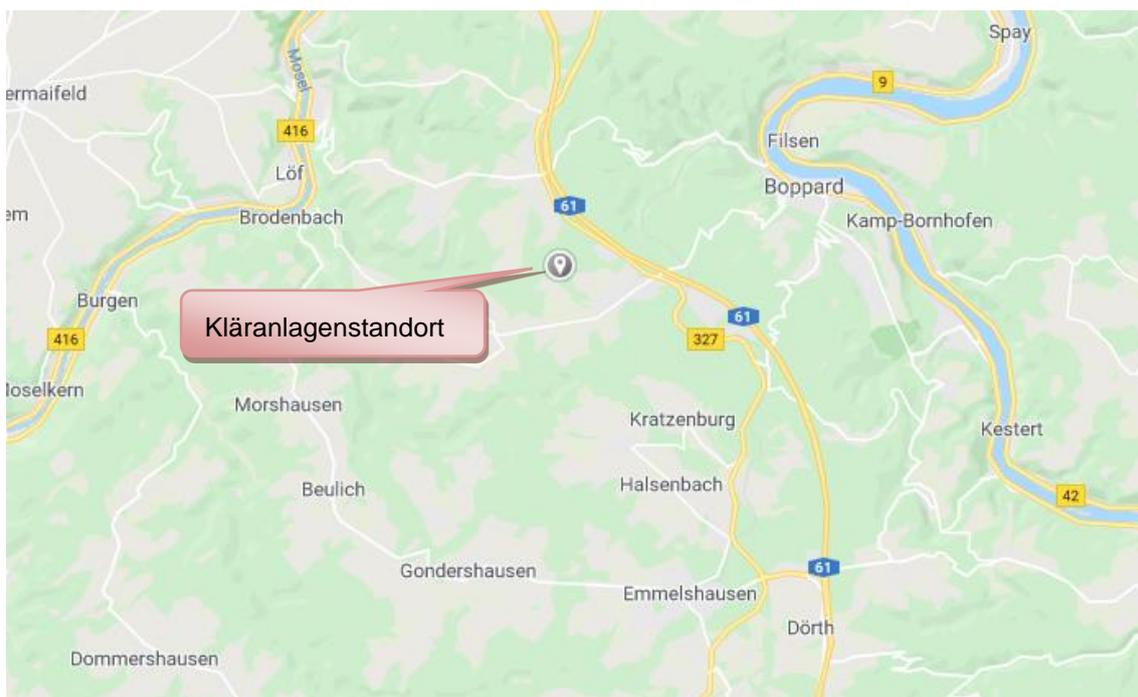


Abb. 1: Karte Kläranlage Buchholz



Abb. 2: Luftbild Kläranlage Buchholz

2.1.1 Angeschlossene Einwohnerwerte und Alter der Anlage

Objekt	:	Kläranlage Buchholz
Baujahr/Inbetriebnahme	:	1992
Ausbaugröße	:	4.600 EW ¹
aktuelle Belastung ²	:	5.266 EW

Die Kläranlage Buchholz wurde 1992 in Betrieb genommen. Das Einzugsgebiet umfasst neben kommunalen Wohngebieten auch das Industriegebiet Hellerwald. Aufgrund der frachtmäßigen Überlastung werden zusätzliche Oberflächenbelüfter genutzt, um den Sauerstoffeintrag im Belebungsbecken zu erhöhen und die Überwachungswerte einzuhalten.

¹ Entsprechend BTB-Auswertung 85-Perzentil 2019 = 7.932 EW_{CSB}, 85-Perzentil 2016-2019 = 6.168 EW_{CSB}

² bezogen auf 120 g CSB/(EW · d), Mittelwert BTB Jahr 2019

2.1.2 Kurzdarstellung des Reinigungsverfahrens

Auf der Kläranlage durchläuft das Abwasser zunächst die mechanische Vorreinigung, bestehend aus einer Huber-Kompakt-Rechenanlage (über Flur aufgestellt) sowie einem daran anschließenden belüfteten Langsandfang. Das Rechengut wird durch eine Rechengutwaschpresse aufbereitet. Anschließend erfolgt die Messung der Zuflussmenge in einer Venturimessrinne.



Abb. 3: Kompaktrechenanlage und Rechengutwaschpresse



Abb. 4: belüfteter Sand- und Fettfang

Die biologische Abwasserreinigung erfolgt in einem Kombibecken, bestehend aus einem kreisringförmigen Belebungsbecken mit Druckbelüftungseinrichtung sowie einem innenliegenden runden Nachklärbecken mit Schildräumer. Aufgrund der Überlastung der biologischen Reinigungsstufe wurden zwei zusätzliche Oberflächenbelüfter (Schwimmend angeordnete Fuchs Wendelbelüfter) im Belebungsbecken installiert. Durch diese wird der Sauerstoffeintrag gesteigert. Einer der Oberflächenbelüfter wird dabei parallel mit Gebläse 2 geschaltet. Der zweite Oberflächenbelüfter wird bei Bedarf händisch eingeschaltet. Um eine ausreichende Durchmischung sicherzustellen wird ein Tauchmotorrührwerk eingesetzt.



Abb. 5: Kombibecken



Abb. 6: Oberflächenbelüfter Belegung



Abb. 7: Nachklärbecken

Die Rückführung des belebten Schlammes aus dem Nachklärbecken in die Belegung erfolgt mit Hilfe einer Rücklaufschlammschnecke.

Der mittels einer Tauchmotorpumpe abgezogene Überschussschlamm wird zunächst in einem Schlamm-silo zwischengespeichert und anschließend mit Hilfe einer Kammerfilterpresse mit Kalk-Eisen-Konditionierung entwässert.

Neben dem Schlamm der KA Buchholz wird auch der anfallende Überschussschlamm der KA Oppenhausen auf der KA Buchholz angenommen und mit entwässert. Zur Fremdschlammannahme dient ein unterirdischer Annahmebehälter.

Der gereinigte Ablauf wird über einen Schönungsteich in den Buchholzer Bach (Gewässer III. Ordnung) eingeleitet.

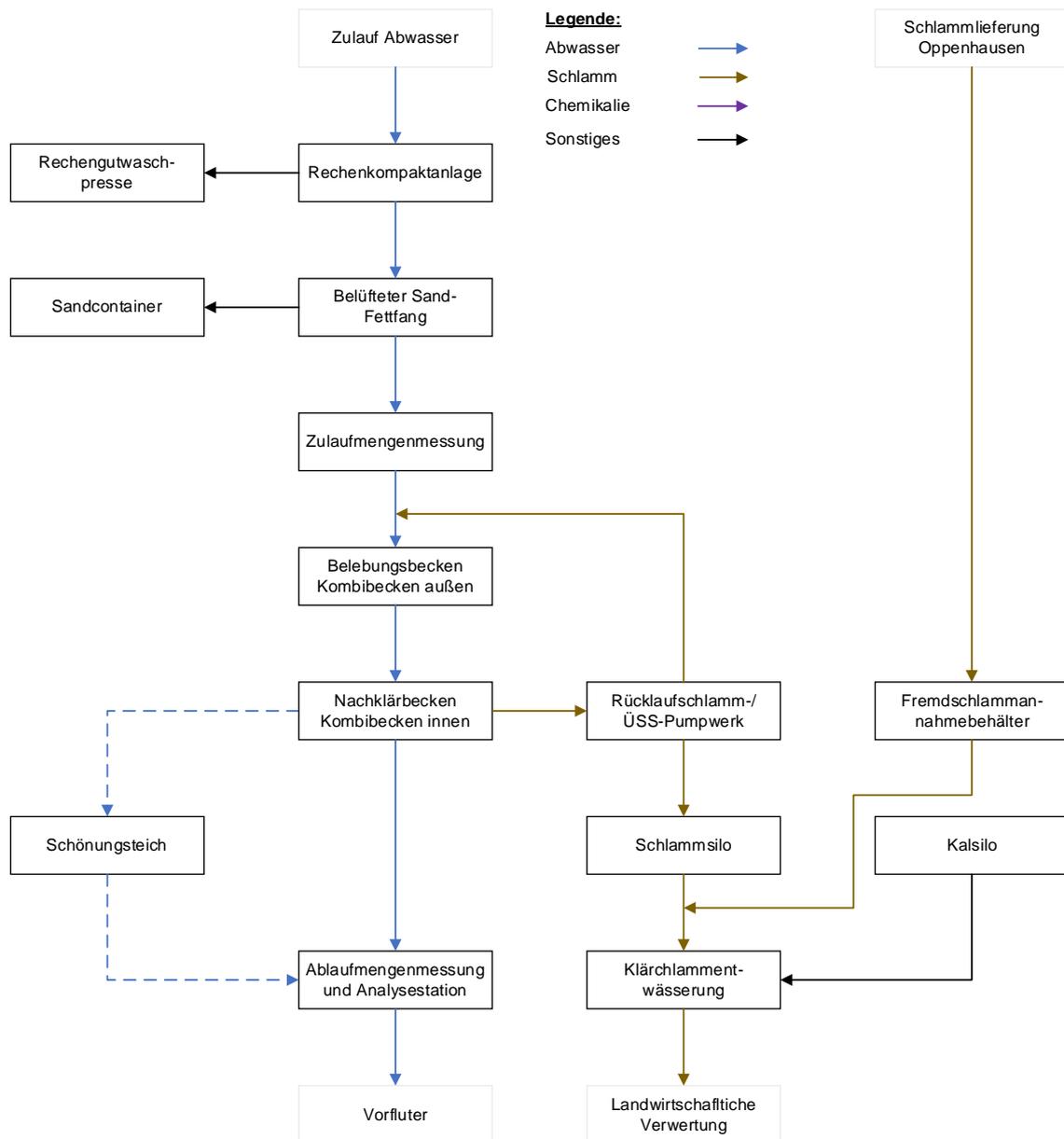


Abb. 8: Verfahrensschema aktuelle Anlage

2.1.3 Produzierte Faulgasmenge und Nutzung

Die Klärschlammstabilisierung erfolgt simultan aerob, entsprechend ist keine Faulungsanlage, in der Faulgas gewonnen wird, vorhanden.

2.1.4 Art der Schlammentsorgung

Der anfallende Klärschlamm wird unter Zugabe von Kalk und $FeCl_3$ als Konditionierungsmittel entwässert und landwirtschaftlich verwertet.

2.1.5 Anfallende und entsorgte Schlammengen

Im Jahr 2019 wurden 3.925 m³ Nassschlamm entwässert. Die entwässerte Schlammmenge betrug 856 Mg OS. Bei einer zugehörigen Feststoffmenge von 226 Mg TS entspricht dies einem Feststoffgehalt von rd. 25%. Hiervon entfielen 123 auf die zugegebene Kalkmenge. Der entwässerte Klärschlamm wurde landwirtschaftlich verwertet.

2.1.6 Grad der Automatisierung der Anlagen

Durch implementierte Mess- und Regeltechnik (vgl. Kap. 2.2) erfolgt die Regelung einiger Aggregate automatisiert.

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

Aufgrund der bisherigen Nutzungsdauer ist bei einigen Aggregaten ein Erneuerungs- und Optimierungsbedarf gegeben. Im Folgenden sind aus betriebstechnischer Sicht die sanierungsbedürftigen Verfahrensstufen aufgeführt:

- a) Erweiterung Belebungsbeckenvolumen zur Gewährleistung einer ausreichend biologischen Abwasserreinigung bei gleichzeitiger aerober Schlammstabilisierung
alternativ
Umstellung der Verfahrensführung auf Schlammfäulung
- b) Erneuerung der Maschinenteknik der Sandfangräumung und Sandaufbereitung
- c) Anpassung der Zulaufsituation zur hydraulischen Entlastung

2.1.8 Lokale Rahmenbedingungen

Das Einzugsgebiet umfasst neben Buchholz auch den Ortsbezirk Udenhausen und das Industriegebiet Hellerwald. Die Einzugsgebiete werden überwiegend im Mischsystem entwässert. Verschiedene Teileinzugsgebiete, wie z. B. das Gewerbegebiet Hellerwald und verschiedene Neubaugebiete entwässern im Trennsystem.

Die Einwohnerzahl der angeschlossenen Ortsbezirke Buchholz und Udenhausen beträgt aktuell 3.275 Einwohner.

Im Einzugsgebiet sind insgesamt 4 Regenentlastungsanlagen angeordnet. Die Summe der Drosselabflüsse aus den jeweiligen netzabschließenden Becken addiert sich entsprechend dem Erlaubnisbescheid auf 47 l/s. An den Abwassersammler vom RE II zur Kläranlage wurde zwischenzeitlich ein im Trennsystem entwässertes Neubaugebiet angeschlossen, aus dem bei Regenwetter zusätzlich zum Trockenwetterabfluss auch ein Anteil Regenwasser eingeleitet wird. Zusätzliches Oberflächenwasser gelangt über die Lüftungsöffnungen der Schachtdeckel in den Kanal. Zwischenzeitlich liegen die Mischwasserzuflüsse bei mehr als 80 l/s, woraus eine erheblich hydraulische Überlastung der Kläranlage resultiert.

Darüber hinaus ist die Anlage auch frachtmäßig überlastet, so dass der Sauerstoffeintrag bereits durch die Installation zusätzlicher Oberflächenbelüfter im Belebungsbecken erhöht werden musste. Durch die geplante Erweiterung des Gewerbegebiets Hellerwald sowie weiterer Neubaugebiete ist eine Verschärfung dieser Situation in den nächsten Jahren zu erwarten.

Bislang wird der Schlamm der KA Oppenhausen zur KA Buchholz transportiert und in der Kammerfilterpresse entwässert.

Aktuell befindet sich ein umfassender Umbau der Kläranlage Bad Salzig in Planung. Unter anderem soll die Klärschlammstabilisierung dort zukünftig anaerob erfolgen, um Energie in Form von Faulgas zu gewinnen. Dabei sollen freie Kapazitäten der Faulung vorgesehen werden, um eine Fremdschlammmitbehandlung zu ermöglichen. Ebenfalls soll dort eine neue stationäre Schlammentwässerung errichtet werden.

2.1.9 Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen

Auf der Anlage sind keine PV-Module, oder andere Aggregate zur Stromerzeugung vorhanden.

2.2 Sensor-/Messtechnik und Kontrolle der Abwasserqualität

Im Prozessleitsystem der Kläranlage werden folgende für die Abwasserreinigung signifikante Parameter erfasst:

Tab. 1: Installierte Messtechnik (Abwasserreinigung)

Ort der Messung	Parameter
Zulauf (Venturi Messrinne)	Durchfluss
Biologie	Temperatur
	Sauerstoff (O ₂)
Ablauf	Durchfluss

2.3 Personalsituation

Die Kläranlagen der Kanalwerke Boppard werden von insgesamt 6 Mitarbeitern betrieben, die aber zusätzlich noch weitere Aufgaben der Abwasserwerke ausführen. Diese haben folgende Qualifikation:

- 1 Abwassermeister
- 2 Elektriker
- 4 Ver- und Entsorger

Die übergeordnete Betriebsführung erfolgt durch die Kanalwerke der Stadt Boppard und Frau Wolf (Geschäftsbereichsleiterin) sowie Hr. Bach (Stv. Geschäftsbereichsleiter, Tief- und Straßenbau, Abwassertechn. Anlagen).

2.3.1 Weiterbildungsbedarf

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

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 Kanalwerke Boppard nehmen regelmäßig am Benchmarking *Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz* teil. Die Teilnahme ist ein Beleg für die besonderen Anstrengungen der Werke zur Steigerung seiner technischen und wirtschaftlichen Leistungen. Ebenfalls nehmen die Kanalwerke am Leistungsvergleich der DWA teil und sind ebenfalls Mitglied der DWA.

2.3.4 Relevanz und Knowhow zum Energieverbrauch

Die Reduzierung des Energieverbrauchs und die Stromerzeugung durch Nutzung erneuerbarer Energien nimmt bereits seit vielen Jahren einen hohen Stellenwert ein. Dies kann auch an den geplanten Maßnahmen zur Zentralisierung der Klärschlammbehandlung erkannt werden.

Durch das speziell im Bereich Elektrotechnik geschulte Personal ist diesbezüglich viel Knowhow vorhanden.

2.4 Beabsichtigte Planungen

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

- Erneuerung der Belüftungseinrichtung
- Erneuerung von Pumpen und Motoren
- Klärschlammverwertung im Verbund
- Implementierung eines Energiemanagementsystems

2.5 Analyse des Energieverbrauchs

2.5.1 Aufnahme aller wichtigen Stromverbraucher (geordnet nach Anlagenteilen)

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

Tab. 2: Zusammenstellung der wichtigsten Stromverbraucher

Anlagenstufe	Aggregat	Nennleistung [kW]
Mechanische Reinigung	Rechen	1,1
	Rechengutwaschpresse	2,2
	2 St. Sandfanggebläse	je 1,86
	Sandfangräumer	2,5
	Sandfang Pumpe	1,8
Belebungsbecken	Gebläse 1	11,5
	Gebläse 2	11,5
	Gebläse 3	11,5
	2 St. Oberflächenbelüfter	je 7,5
	Schwimmschlammpumpe	1,8
	Rührwerk Biologie	4
	Rücklaufschlamm-schnecke	2,2
Überschussschlamm-pumpe	1,8	
Nachklärbecken	Nachklärbeckenräumer	0,25
	Heizung Räumer	4,2
Schlammbehandlung	Rührwerk Schlammsilo	4
	Schlammsilopumpe	1,8
	Kammerfilterpresse	
	- Rührwerk Kalkmilch	2,2
	- Kolbenmembran-pumpe	10,9
	- Zellenradschleuse	0,37
	- Kalkschnecke	1,5
	- Kalkmilchpumpe	0,75
	- Zerkleinerer	4
	- Schlammpumpe	1,5
	- Flockpumpe	0,18
- Kompressor	4	
- Hochdruckpumpe	30	
Sonstiges	Brauchwasserpumpe	4

2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten

Der Gesamtstromverbrauch der Kläranlage Buchholz lag im Betriebsjahr 2019 bei **274.121 kWh/a³**. Dies entspricht einem spezifischen Stromverbrauch von ca. 52,1 kWh/(EW·a).

Der Verbrauch der einzelnen Anlagenteile wurde über den gemessenen mittleren Strom bei entsprechender Nutzung, die Nennspannung sowie den Cosinus Phi der Aggregate und durch die hergeleiteten Betriebsstunden errechnet.

$$E = U_{\text{Nenn}} \cdot I_{\text{Messung}} \cdot \cos(\varphi) \cdot 1,73^4 \cdot t_{\text{Betrieb}}$$

Bei kleineren Verbrauchern, die nicht extra gemessen werden konnten, wurde der Stromverbrauch mittels Nennleistung, angenommener Betriebszeit und einem Faktor zur tatsächlichen Leistungsaufnahme berechnet.

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

Zur Validierung wurden die berechneten Ergebnisse mit dem Betriebspersonal abgeglichen.

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

Tab. 3: Zusammenstellung Stromverbräuche (2019)

Anlagenstufe	Aggregat	Faktor [%]	Stromverbrauch [kWh]
Mechanische Reinigung	Rechen	90	159
	Rechengutwaschpresse	90	570
	Sandfanggebläse 1		6.764
	Sandfanggebläse 2		6.997
	Sandfangräumer	85	220
	Sandfang Pumpe	85	281
Belebungsbecken	Gebälse 1		45.317
	Gebälse 2		46.360
	Gebälse 3		47.512
	Oberflächenbelüfter 1		18.236
	Oberflächenbelüfter 2		4.365
	Schwimmschlammpumpe	90	7.554
	Rührwerk Biologie		20.219
	Rücklaufschlammschnecke		9.090
Überschussschlammpumpe		645	
Nachklärbecken	Nachklärbeckenräumer	100	2.178
	Heizung Räumer	85	1.671

³ Wert aus Betriebstagebuchauswertung 2019

⁴ $\sqrt{3}$

Anlagenstufe	Aggregat	Faktor [%]	Stromverbrauch [kWh]
Schlammbehandlung	Rührwerk Schlammsilo		3.870
	Schlammsilopumpe	95	178
	Kammerfilterpresse (gesamt)	100	8.613
Sonstiges	Brauchwasserpumpe	90	3.107
	Gebäudeheizung		27.594
	Warmwasserbereitung		5.300
	Sonstiges, Kleingeräte		7.321

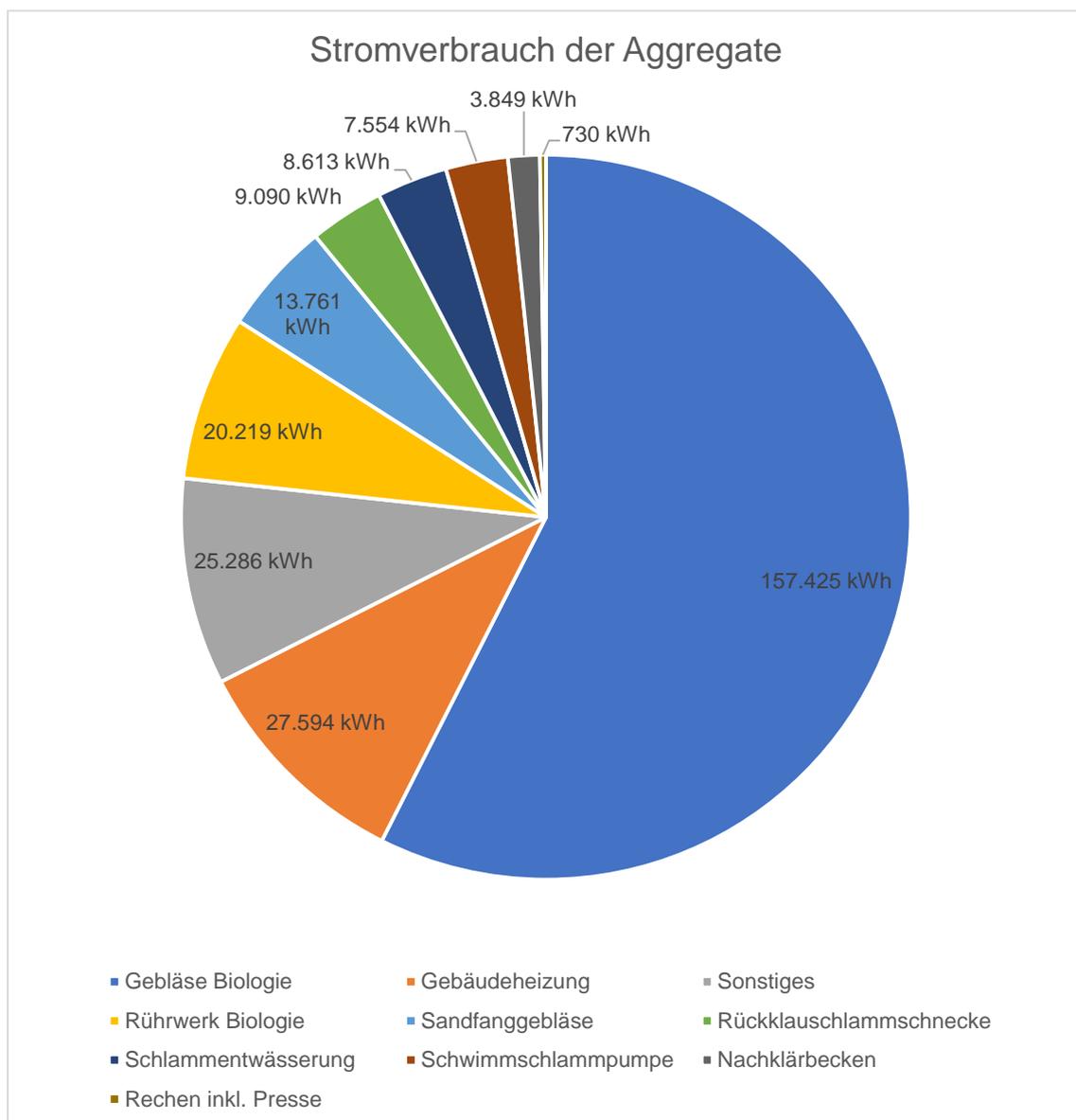


Abb. 9: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2019)

2.5.3 Wärmebedarf auf der Anlage

Aufgrund der simultan-aeroben Klärschlammstabilisierung wird keine Wärme zur Klärschlammbehandlung benötigt. Der Wärmebedarf der Anlage besteht vollständig aus der zur Beheizung des Betriebsgebäudes benötigten Wärme.

Die Beheizung erfolgt durch elektrische Heizkörper. Die Warmwasserbereitung erfolgt ebenfalls elektrisch. Es werden entsprechend keine weiteren Brennstoffe bezogen und genutzt.

Der elektrische Leistungsbedarf zur Beheizung kann näherungsweise dem Jahreslastgang (vgl. Abb. 10) entnommen werden. Anhand der minimalen täglichen Leistungsaufnahmen während der Heizperiode im Vergleich zum Sommerbetrieb kann die Heizleistung mit 7 kW abgeschätzt werden. Nach Auswertung des Lastganges wird in rd. 45 % der Zeit geheizt. Der Stromverbrauch zur Beheizung kann entsprechend berechnet werden:

$$E_{\text{Heiz}} = 7 \text{ kW} \cdot 8.760 \text{ h/a} \cdot 45 \% = 27.594 \text{ kWh/a}$$

Der Energiebedarf zur Warmwasserbereitung wird auf rd. 5.300 kWh/a abgeschätzt.

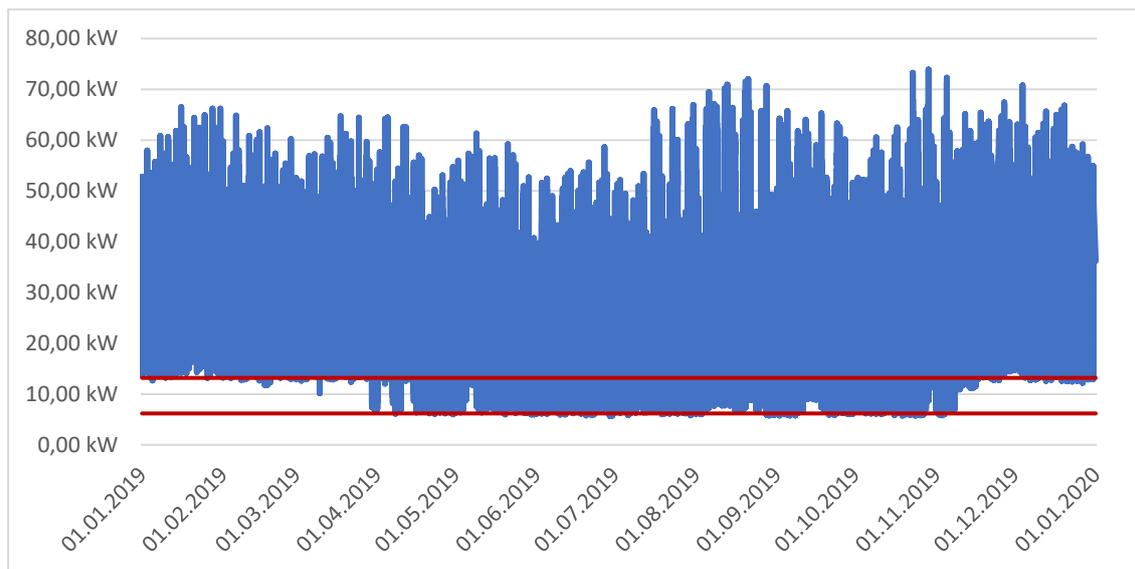


Abb. 10: Lastgang Stromverbrauch (Jahr 2019)

Die Grundfläche des Betriebsgebäudes beträgt rd. 160 m². Insgesamt kann die Gebäudfläche aufgrund der zweistöckigen Ausführung mit rd. 320 m² angenommen werden. Im Erdgeschoss sind jedoch Garagen und die Schlammwässerung inbegriffen, so dass dieses nicht als durchgängig beheizt angenommen werden kann, sondern nur aus Frostschutzgründen bei Bedarf erwärmt wird. Ebenfalls wird ein Teil des ersten Stockwerkes ebenfalls nur zum Frostschutz beheizt, da diese der Schlammwässerung zugerechnet werden kann. Die tatsächlich beheizte Fläche beträgt entsprechend rd. 120 m². Bei dem angenommenen Wärmeverbrauch beträgt der spezifische Wärmeverbrauch rd. 230 kWh/(m² a).

2.6 Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Bilanzierung erfolgt nach dem Prinzip der „endenergiebasierten Territorialbilanz“⁵.

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

Die Abwasserbehandlungsanlage Buchholz bezog im Jahr 2019 ca. 274.121 kWh/a Strom⁶. Demnach kann die CO₂-Emission, für diesen Fremdstrombezug, wie folgt berechnet werden:

$$274.121 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 147,203 \text{ Mg CO}_2/\text{a}$$

Es werden keine anderen fossilen Energieträger bezogen, so dass die Treibhausgasemissionen der Anlage vollständig aus dem Fremdstrombezug resultieren.

2.7 Zusammenfassung aktuelle energetische Situation

Die Kläranlage Buchholz weist einen spezifischen Stromverbrauch von **52,1 kWh/(EW·a)** auf. Auf der Anlage wird kein Strom erzeugt, so dass der Stromverbrauch vollständig aus dem Stromnetz bezogen wird und die Eigendeckungsquote 0 % beträgt.

	Aktuell	Zielwert
Spezifischer Energiebedarf _{el}	52,1 kWh/(EW·a)	<= 23 kWh/(EW·a)
Deckungsquote	0 %	>= 70%

⁵ Fokus Energie- und Treibhausgasbilanzierung für Kommunen, Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2018

⁶ Wert aus Betriebstagebuchauswertung Jahr 2019

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. 4: Zusammenstellung spezifischer Stromverbräuche und Idealwerte
(Betriebsjahr 2019)

Anlagenstufe	Aggregat	Spezifischer Stromverbrauch [kWh/(EW·a)]	Anlagenspezifischer Idealwert [kWh/(EW·a)]
Mechanische Vorreinigung	Rechen mit Waschpresse	0,14	0,1
	Sandfanggebläse	2,6	1,84
Belebungsbecken	Gebälse 1	8,6	
	Gebälse 2	8,8	
	Gebälse 3	9,0	
	Oberflächenbelüfter 1	3,5	
	Oberflächenbelüfter 2	0,8	
	Rührwerke	3,8	
	Summe	34,6	13,18⁷
Rücklaufschlamm-pumpwerk	Schnecken-tropmpumpe	1,7	0,64
Überschuss-schlamm-pumpe	Tauchmotorpumpe	0,12	0,05
Nachklärbecken	Räumer	0,4	0,5
Schlamm-entwässerung	Kammerfilterpresse	1,6	1,18

Hinweis: Der spezifische Stromverbrauch der Belüftung der Belebung ist weiterhin zu relativieren, weil aufgrund der Überfrachtung das Verfahrensziel der simultan-aeroben Schlammstabilisierung nicht erreicht wird.

⁷ Bei aktueller Belastung nach DWA-A 131 (SAE 4 kg O₂/kWh, inkl. Umwälzung)

Die beheizte Fläche des Betriebsgebäudes beträgt ca. 120 m². Der spezifische Heizenergiebedarf beträgt bei einem Energieverbrauch von 27.591 kWh/a rd. 200 kWh/(m²·a). Dieser Wert ist als hoch⁸ zu betrachten. Es sollte eine Prüfung erfolgen, von welchen Aggregaten konkret die Heizenergie bezogen wird. Ggf. könnten Thermostate von Frostwächtern defekt sein, so dass diese bei hohen Temperaturen eingeschaltet werden.

Rechenanlage

Der spezifische Stromverbrauch der Rechenanlage inkl. Rechengutwaschpresse liegt bei 0,13 kWh/(EW·a) und damit in der Nähe des Literaturbereiches⁹ vom 0,05 kWh/(EW·a) im Optimum bis 0,1 kWh/(EW·a). Entsprechend kann aus energetischer Sicht kein signifikanter Optimierungsbedarf abgeleitet werden.

Sand- Fettfang

Der spezifische Stromverbrauch der Sandfanggebläse liegt deutlich über dem berechneten Idealwert. Daraus kann ein signifikantes energetisches Optimierungspotential abgeleitet werden.

Belebung

Der Stromverbrauch der Belebung ist der größte Stromverbraucher der Anlage. Es ist eine Abweichung zwischen den spezifischen Kennzahlen und deren Idealwerten zu erkennen, so dass Maßnahmen zur Optimierung notwendig sind. Dies erfolgt durch die ersatzlose Demontage der energetisch ineffizienten Oberflächenbelüfter bei gleichzeitiger Erneuerung der im Becken installierten feinblasigen Druckbelüftung, beispielsweise mit hocheffizienten Plattenbelüftern.

Weiterhin werden die veralteten Gebläseaggregate erneuert. Die Aufstellung der neuen Aggregate erfolgt in direkter räumlicher Nähe zum Belebungsbecken, so dass die bisherigen hohen Reibungsverluste aufgrund der deutlich entfernteren Aufstellung entsprechend reduziert werden. Außerdem wird eine neue Ringverteilerleitung mit größerer Nennweite vorgesehen, was zu einer weiteren Reduzierung der Verluste führt.

Die neue Belüftungseinrichtung wird so im Becken angeordnet, dass zumindest während der Belüftungszeiten auf einen Betrieb des Tauchmotorrührwerks verzichtet werden kann.

Rücklaufschlammumpwerk

Der spezifische Stromverbrauch der Pumpe des Rücklaufschlammumpwerks weicht von dem Idealwert ab. Durch den Austausch des Aggregates in Kombination mit einer Optimierung der baulichen Gestaltung des Rücklaufschlammumpwerkes zur Reduktion der Förderhöhe soll das energetische Optimierungspotential genutzt werden.

Überschussschlammpumpe

⁸ 140 – 200 kWh/m² a bei älteren Gebäuden, 40 – 100 kWh/m² a bei neuen Gebäuden [Energie auf Abwasseranlagen, Handbuch NRW]

⁹ Gemäß DWA-A 216 und Bezug auf Murl 1999

Der spezifische Stromverbrauch der Überschussschlammpumpe weicht verhältnismäßig stark von dem Idealwert ab. Durch Austausch der Pumpe und des Motors durch ein gezielt-energieeffizientes Aggregat, kann der Stromverbrauch vermindert werden.

Nachklärbecken

Die installierte Leistung der Räumerantriebe liegt unterhalb des Literaturbereiches⁹ von 0,3 - 1 kW/je Becken (DWA-A 216). Bei voller technischer Funktion lässt sich kein energetisches Optimierungspotential erkennen und es ist kein Handlungsbedarf gegeben.

Schlammwässerung

Die Schlammwässerung weist einen leicht erhöhten spezifischen Stromverbrauch auf. Durch die vorgesehene Mitbehandlung des Schlammes auf der KA Bad Salzig kann zukünftig komplett auf die Entwässerung verzichtet werden. Neben den hieraus resultierenden energetischen Vorteil kann dadurch weiterhin auch auf die Anlieferung der vergleichsweise hohen Mengen an Kalk und FeCl₃-Lösung verzichtet werden, woraus sich neben der CO₂-Reduzierung durch den Wegfall der Anlieferung mittels LKW auch eine Reduzierung durch den nicht mehr benötigten Produktionsanteil für diese Stoffe ergibt.

2.9 Gegenüberstellung von verbrauchter und erzeugter Energie

Auf der Kläranlage Buchholz wird derzeit ausschließlich Energie in Form von Strom bezogen.

Tab. 5: Gegenüberstellung Stromverbrauch und Stromerzeugung (Jahr 2019)

Verbraucher [kWh/a]		Erzeuger [kWh/a]	
Mechanische Vorreinigung	14.490	-	-
Biologische Reinigung	177.644		
Rücklaufschlammumpwerk	9.009		
Schlammbehandlung	12.661		
Gebäudebeheizung	27.594		
Sonstiges	32.723		
Summe	274.121	Summe	-

2.9.1 Eigenversorgungsgrad Strom

Es wird kein Strom auf der Kläranlage gewonnen. Entsprechend beträgt der tatsächliche Eigenversorgungsgrad mit Strom 0 %.

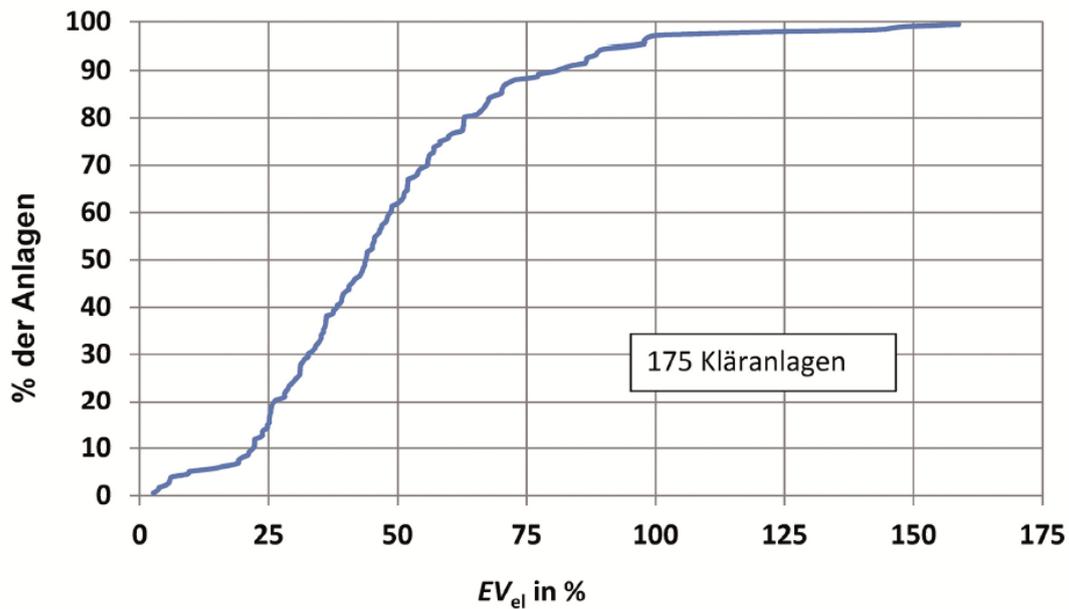


Abb. 11: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie (DWA A-216)

2.9.2 Eigenversorgungsgrad Wärme

Der Wärmebedarf wird vollständig durch fremd bezogenen Strom gedeckt, entsprechend beträgt der thermische Eigenversorgungsgrad 0 %.

3. Potenzialanalyse

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

3.1 Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienzpotenziale

3.1.1 Identifizierung von Ansatzpunkten

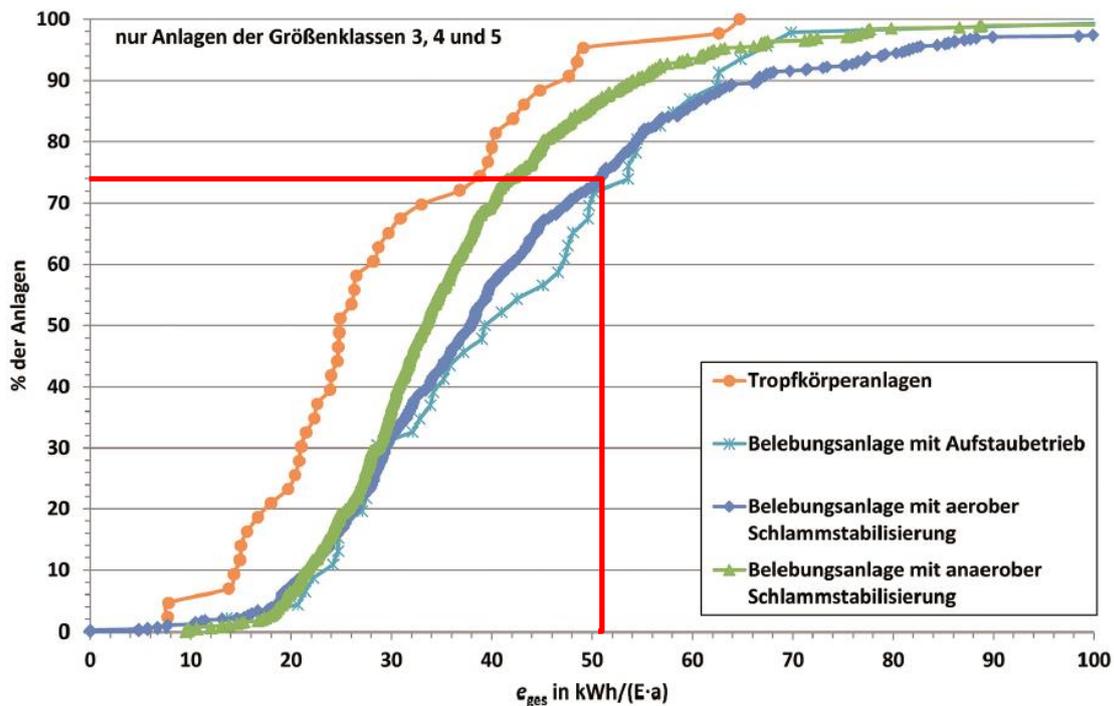


Abb. 12: Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren (DWA A-216)

Bei dem spezifischen Energiebedarf von 51,1 kWh/(EW·a) sind rd. 75 % der Kläranlagen mit aerober Schlammstabilisierung energiesparender. Die Kläranlage Buchholz kann als überdurchschnittlich energieintensive Anlage eingestuft werden.

Kurzfristige Potentiale

Entsprechend der Auswertung der Energieverbräuche besteht das größte Einsparungspotential in einer Optimierung der Belebung. Das bestehende Belebungsbecken sollte dazu, wie bereits beschrieben mit energieeffizienten Belüftern ausgestattet werden. Weiterhin ist eine Erneuerung der Gebläseaggregate zur Erreichung des Idealwertes vorgesehen. Die energetisch ineffizienten Oberflächenbelüfter können außer Betrieb genommen werden. Die Gebläse werden aktuell lediglich auf einer Stufe und parallel betrieben (vgl. Abb. 13). Durch eine bedarfsorientierte Steuerung kann die Belüftung optimiert werden.

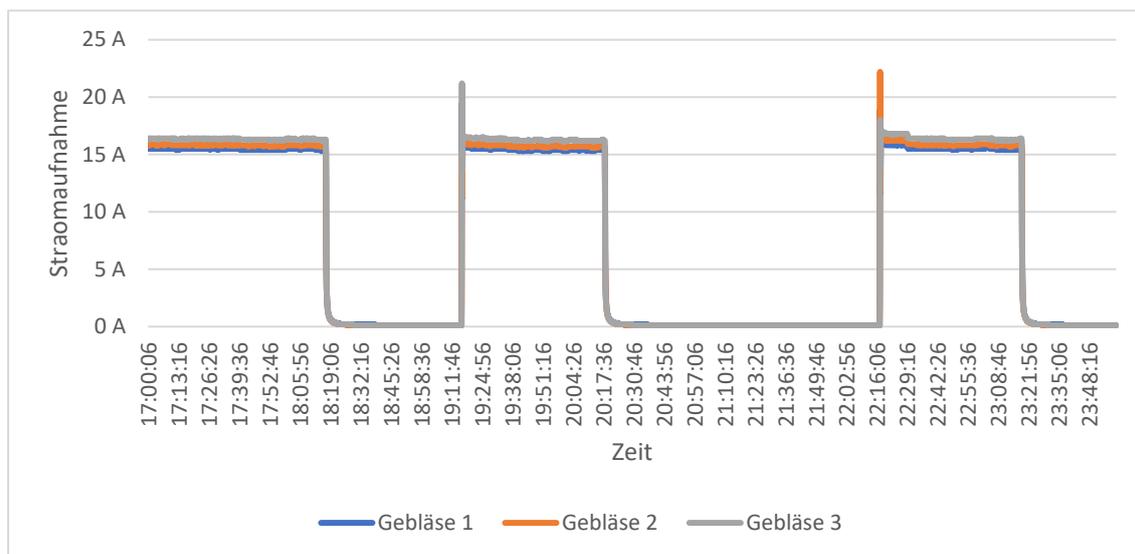


Abb. 13: Stromaufnahme Gebläse (Auszug 29.09.2020, 17 bis 24 Uhr)

Die Rücklaufschlamm- und Überschussschlammpumpe sind Teil der Erstausrüstung der Kläranlage und unter Berücksichtigung der Standzeit und der Abweichung der aktuellen spezifischen Pumpenleistung vom Idealwert aus energetischer Sicht sanierungsbedürftig anzusehen. Entsprechend sollte bei diesen Aggregaten eine Erneuerung der Pumpen und/oder Motoren erfolgen. (vgl. 4.2.2)

Entsprechend den Ergebnissen der Potentialstudie zur Kläranlage Bad Salzig, soll auf dieser, durch Errichtung einer Faulung die Verfahrensführung auf anaerobe Klärschlammstabilisierung umgestellt werden. Bei der Dimensionierung der Faulbehälter werden Kapazitäten zur Mitbehandlung von Fremdschlämmen freigehalten. Dadurch besteht die Möglichkeit ein Konzept zur Klärschlammverwertung im Verbund umzusetzen. Durch Errichtung eines Vorklärbeckens kann auf der Kläranlage Buchholz zudem energetisch hochwertiger Primärschlamm gewonnen werden, der der Faulung in Bad Salzig zugegeben werden kann. Gleichzeitig wird dadurch die Zulaufkraft zur biologischen Anlagenstufe der KA Buchholz gesenkt, so dass für das neue Abwasserreinigungsziel auch bei gesteigerter Zulaufbelastung wieder ausreichend Kapazität zur Verfügung steht.

Der hohe und konstante Stromverbrauch zur Gebäudebeheizung während der gesamten Heizperiode ist auffällig (vgl. Abb. 10). Zur Reduktion des hohen Stromverbrauches sollte eine Prüfung der Frostwächter, Thermostate und Kontrolle des allgemeinen Heizverhaltens sowie der Dämmung (Fenster, Türen) erfolgen. Ebenfalls kann eine alternative Beheizung, beispielsweise mittels einer Wärmepumpe unter Nutzung des gereinigten Abwassers als Umweltwärmequelle geprüft werden.

Mittelfristige Potentiale

Auf der Kläranlage Buchholz sind einige Dachflächen günstig zur Eigenstromerzeugung mittels Photovoltaik ausgerichtet. Durch Installation geeigneter PV-Module könnte so die Eigenstromerzeugung gesteigert werden.

Langfristige Potentiale

Die Sandfanggebläse weisen ein großes Optimierungspotential auf. Dies resultiert im hohen Maße aus dem Dauerbetrieb mit Nennleistung. Durch Ansteuerung mittels Frequenzumrichter kann der Betrieb optimiert und der Verbrauch gesenkt werden. Zusätzlich sollte die eingesetzte Anlagentechnik geprüft und ggf. ebenfalls optimiert werden.

Durch die Implementierung eines Energiemanagementsystems können die Energieverbräuche und -erzeugungen überwacht werden (vgl. 3.1.3). Entsprechend können energetische Optimierungspotentiale frühzeitig erkannt und erschlossen werden

3.1.2 Ansätze zur Nutzung Erneuerbarer Energie

Auf den zur Errichtung von Photovoltaikanalgen günstig ausgerichteten Dachflächen sind bisher keine PV-Anlagen installiert. Diese könnten mit entsprechenden Modulen bestückt und zur Eigenstromerzeugung genutzt werden. Darüber hinaus wird bei der Maßnahmenumsetzung ein weiteres Gebäude (Gebläsestation) errichtet, dessen Dachfläche ebenfalls mit einer PV-Anlage stückt werden kann. In Summe ergibt sich eine verfügbare Dachfläche von rd. 160 m². Bei einer benötigten Fläche von rd. 8 m²/kWp berechnet sich daraus eine Peak-Leistung von 20 kW. Bei einer spezifischen Stromgewinnung von 950 kWh/(kWp·a) können so rd. 19.000 kWh/a erzeugt werden.

Der Standort der Kläranlage ist wegen leichter Tallage und der umgebenen Bewaldung nicht gut für die Stromgewinnung mittels Windenergie geeignet.

Durch den geringen Höhenunterschied (rd. 3 m) zwischen dem Kläranlagenablauf und dem Vorfluter Buchholzer-Bach, eignet sich die Anlage nur im geringen Maße zur Stromerzeugung aus Wasserkraft. Zusätzlich ist der Durchfluss mit ca. 12 l/s (Jahr 2019: 380.527 m³/a gesamter behandelter Zufluss) gering, so dass lediglich eine Leistung <1 kW gewonnen werden könnte.

Die Wärmegewinnung aus dem gereinigten Abwasser mithilfe einer Wärmepumpe ist möglich. Bei einer Umstellung der Gebäudeheizung kann der Einsatz einer Abwasserwärmepumpe sinnvoll sein.

3.1.3 Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen durch Digitalisierung und Energiemanagementsysteme

Durch Zertifizierung eines Energiemanagementsystems wird eine Auswerteroutine implementiert, die auch im Sinne einer Erfolgsbewertung umgesetzter Maßnahmen (s. Kap. 4.4) einen stundenaktuellen Einblick in zu definierende Prüfwerte ermöglicht. Durch ein solches Energiemanagementsystem¹⁰ wird durch Aufzeichnung der Energieströme die Identifikation energetischer Potentiale erleichtert und eine kontinuierliche Verbesserung der energetischen Nutzung ermöglicht.

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

Die meisten größeren Stromverbraucher werden nahezu kontinuierlich betrieben und bieten kein Potenzial, um den Stromverbrauch zu flexibilisieren und dem Angebot anzupassen. Die geplante Stromerzeugung mittels PV kann nicht gesteuert und an den Bedarf angepasst werden.

¹⁰ Energiemanagementsystem gemäß DIN EN ISO 50001

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

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

3.3 Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele

Parallel zur Erstellung der Potentialstudie wurden Planungsleistungen zur Optimierung der Kläranlage und der Steigerung der Kapazität vergeben. Im Rahmen der dortigen Planungen sollen die energetischen Optimierungsmaßnahmen berücksichtigt und umgesetzt werden.

4. Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung

4.1 Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen

Die Stromverbrauchswerte der Kläranlage für die Betriebsjahre von 2017 bis 2019 kann der nachfolgenden Grafik entnommen werden.

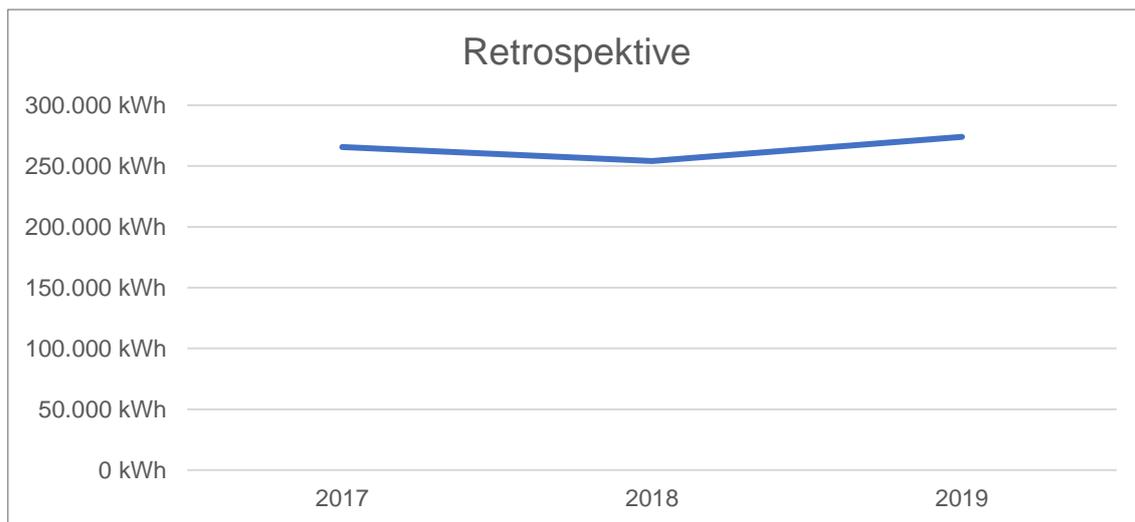


Abb. 14: Retrospektive Stromverbrauch

In den letzten Jahren war der Stromverbrauch nahezu konstant. Durch die Inbetriebnahme der Oberflächenbelüfter in der zweiten Jahreshälfte 2019 ist der Stromverbrauch leicht gestiegen und wird im Jahr 2020 durch den ganzjährigen Betrieb nochmals höher sein.

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-Emissionen¹¹
- 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.).

¹¹ Stromverbrauchsdaten geplanter Maßnahmen wurden auf Basis des DWA-A 216 abgeschätzt

4.2.1 Erneuerung der Belüftung

Zur energetischen Optimierung soll die Belüfertechnik des Belebungsbeckens erneuert werden. Es sollen energieeffiziente Plattenbelüfter möglichst so flächig eingesetzt werden, dass zumindest während der Belüfterzeiten auf den zusätzlichen Betrieb des Tauchmotorrührwerks verzichtet werden kann. Die Laufzeit des Tauchmotorrührwerks kann dadurch etwa halbiert werden. Durch die bedarfsgerechte Dimensionierung der neuen Belüfertechnik können die Oberflächenbelüfter außer Betrieb genommen werden. Um das volle energetische Potential auszuschöpfen, werden ebenfalls die bestehenden Gebläse (Erstausrüstung) durch FU-geregelte energieeffiziente Gebläse ersetzt. Die Einsatzmöglichkeit von Turbogebbläsen sollte innerhalb der weiteren Planungsschritte untersucht werden.

Auslegung und Energieeinsparung:

$$\text{SOTR} = 277.632 \text{ kg O}_2/\text{a}^{12}$$

$$\text{SAE}_{\text{best}} = 1,72 \text{ kg O}_2/\text{kWh}^{13}$$

$$\text{SAE}_{\text{ideal}} = 4,5 \text{ kg O}_2/\text{kWh}^{14}$$

$$E_{\text{ideal}} = 277.632 \text{ kg O}_2/\text{a} / 4,5 \text{ kg O}_2/\text{kWh} = 61.696 \text{ kWh/a}$$

$$E_{\text{spez id}} = 61.696 \text{ kWh/a} / 5.266 \text{ EW} = 11,72 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a})$$

$$E_{\text{ideal,Um}} = E_{\text{Umwälzung}} \cdot 0,5 = 10.110 \text{ kWh/a}$$

$$E_{\text{aktuell}} = E_{\text{Belüftung}} + E_{\text{Umwälzung}} = 182.009 \text{ kWh/a}$$

$$E_{\text{aktuell}} = 182.009 \text{ kWh/a} / 5.266 \text{ EW} = 34,56 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a})$$

$$E_{\text{spar}} = 182.009 \text{ kWh/a} - (61.696 \text{ kWh/a} + 10.110 \text{ kWh/a}) \\ = \mathbf{110.203 \text{ kWh/a}}$$

Durch den verringerten Strombedarf werden jährliche folgende THG-Emissionen eingespart:

$$112.601 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = \mathbf{59.179 \text{ kg CO}_2/\text{a}}$$

Investitionskosten: 326.000,00 € brutto (vgl. Tab. 8)

¹² Nach Berechnung entsprechend DWA-A 131 (aktuelle Belastung und Beckendimensionierung)

¹³ Äquivalent inkl. Umwälzung rd. 1,53 kg O₂/kWh

¹⁴ Flächendeckende Belüftung [Energiehandbuch NRW]

4.2.2 Erneuerung Pumpen und Motoren

Einige Pumpen bzw. die entsprechenden Antriebsmotoren stammen aus der Erstausrüstung und sind entsprechend als veraltet und nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprechend anzusehen. Die Antriebsmotoren sind nach keiner Effizienzklasse zertifiziert und weisen im Vergleich zu aktuellen Motoren der Effizienzklassen IE3/IE4 verschlechterte Wirkungsgrade auf.

Durch die folgend beschriebenen Maßnahmen kann insgesamt folgende Strommenge eingespart werden:

$$E_{\text{spar}} = 6.113 \text{ kWh/a}$$

Dementsprechend werden folgende THG-Emissionen eingespart:

$$6.113 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = \mathbf{3.283 \text{ kg CO}_2/\text{a}}$$

Die Gesamtinvestitionskosten betragen: 82.000,00 € brutto (vgl. Tab. 9)

Austausch ÜSS-Pumpe

Die Überschussschlammpumpe weist einen sehr schlechten spezifischen Stromverbrauch auf. Entsprechend sollte ein Austausch der gesamten Pumpe inkl. Antriebsmotor erfolgen, um das Optimierungspotential zu nutzen.

Durch Erreichen des Idealwertes wird jährlich folgende Strommenge eingespart:

$$\begin{aligned} E_{\text{ideal}} &= 15.000 \text{ m}^3/\text{a}^{15} \cdot 5 \text{ m} \cdot 3,6 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) &= 270 \text{ kWh/a} \\ E_{\text{spar}} &= 645 \text{ kWh/a} - 270 \text{ kWh/a} &= \mathbf{375 \text{ kWh/a}} \end{aligned}$$

Investitionskosten: rd. 16.000,00 € brutto

Erneuerung Rücklaufschlammpumpe

Die vorhandene Rücklaufschlammpumpe soll durch eine energieeffiziente Pumpe ausgetauscht werden. Die Ansteuerung soll mittels Frequenzumrichter erfolgen und die Förderleistung in Abhängigkeit von der Zulaufmenge geregelt werden.

Durch Erreichen des Idealwertes wird jährlich folgende Strommenge eingespart:

$$\begin{aligned} E_{\text{ideal}} &= 399.767 \text{ m}^3/\text{a}^{16} \cdot 2,15 \text{ m} \cdot 3,9 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) &= 3.352 \text{ kWh/a} \\ E_{\text{spar}} &= 9.090 \text{ kWh/a} - 3.352 \text{ kWh/a} &= \mathbf{5.738 \text{ kWh/a}} \end{aligned}$$

Investitionskosten: rd. 66.000,00 € brutto

¹⁵ Annahme: $(60 \text{ g}/(\text{EW d}) \cdot 5.266 \text{ EW} \cdot 365 \text{ d}) / 0,8 \% \text{ TR} = 14.415 \text{ m}^3/\text{a} \rightarrow \text{rd. } 15.000 \text{ m}^3$

¹⁶ Berechnete Rücklaufschlammmenge bei einem RLS-Verhältnis von 100 %

4.2.3 Klärschlammverwertung im Verbund

Im Rahmen der Umstellung der Kläranlage Bad Salzig auf Klärschlammfäulung werden bei der Dimensionierung freie Kapazitäten zur Mitbehandlung von Fremdschlämmen berücksichtigt. Die Kläranlage Bad Salzig soll als zentrale Schlammbehandlungsanlage für die Kanalwerke der Stadt Boppard ausgeführt werden.

Zur Gewinnung von energiereichem Primärschlamm soll ein Vorklärbecken in den Verfahrensablauf der Kläranlage Buchholz integriert werden. Dadurch wird gleichzeitig die biologische Abwasserreinigungsstufe entlastet.

$$\text{Primärschlamm KA Buchholz: } 28 \text{ g}/(\text{EW} \cdot \text{d}) \cdot 8.500 \text{ EW}^{17} \cdot 1 \text{ Mg}/\text{m}^3 / 3 \% = 7,93 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{\text{PS,Buchholz}} = 7,93 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 365 \text{ d} = 2.894 \text{ m}^3/\text{a}$$

Der Stromverbrauch zum Betrieb des Vorklärbeckens (VKB) kann wie folgt abgeschätzt werden:

$$E_{\text{VKB}} = 0,5 \text{ kW}^{18} \cdot 8.760 \text{ h}/\text{a} = 4.380 \text{ kWh}/\text{a}$$

Der Stromverbrauch zur Förderung des Primärschlammes durch ein Primärschlamm-pumpwerk kann wie folgt abgeschätzt werden:

$$E_{\text{PSP}} = 4,5 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) \cdot 8 \text{ m} \cdot 2.894 \text{ m}^3/\text{a} = 104 \text{ kWh}/\text{a}$$

$$E_{\text{PSP},5266} = 104 \text{ kWh}/\text{a} \cdot (5.266 \text{ EW} / 8.500 \text{ EW}) = 64 \text{ kWh}/\text{a}$$

Zur hydraulischen Integration des Vorklärbeckens ist voraussichtlich ein Zwischenpumpwerk notwendig. Der Stromverbrauch zum Heben des Abwasserstroms kann wie folgt angenommen werden:

$$E_{\text{ZPW}} = 3,9 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 399.767 \text{ m}^3/\text{a} = 2.339 \text{ kWh}/\text{a}$$

$$E_{\text{ZPW},8500} = 2.339 \text{ kWh}/\text{a} \cdot (8.500 \text{ EW} / 5.266 \text{ EW}) = 3.775 \text{ kWh}/\text{a}$$

Aufgrund der Fäulung des Überschussschlammes kann das Schlammalter im Belüftungsbecken gesenkt und der Belüftungsaufwand reduziert werden. Durch die Anpassungen (VKB und Reduktion Schlammalter) kann der Sauerstoff- und Stromverbrauch der biologischen Reinigungsstufe wie folgt reduziert werden:

$$\text{SOTR}_{\text{aerob}} = 277.632 \text{ kg O}_2/\text{a}^{12}$$

$$\text{SOTR}_{\text{anaerob,VKB}} = 226.964 \text{ kg O}_2/\text{a}^{19}$$

$$E_{\text{spar}} = (277.632 \text{ kg O}_2/\text{a} - 226.964 \text{ kg O}_2/\text{a}) / 4 \text{ kg O}_2/\text{kWh} = 12.667 \text{ kWh}/\text{a}$$

Normiert auf die mittlere Belastung von 8.500 EW kann der Einspareffekt mit 20.446 kWh/a abgeschätzt werden.

¹⁷ Erwartete Ausbaugröße

¹⁸ Kennwert Leistung Räumerantrieb VKB nach DWA-A 216

¹⁹ Nach Berechnung entsprechend DWA-A 131 (aktuelle Belastung, VKB, reduziertes Schlammalter)

Um den Transportaufwand zur Kläranlage Bad Salzig zu reduzieren soll der Primärschlamm sowie der Überschussschlamm der Kläranlage Buchholz und der Kläranlage Oppenhausen durch eine maschinelle Schlammverdickung eingedickt werden.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ÜS,Buchholz}} &= (31,7 \text{ g}/(\text{EW}\cdot\text{d}) \cdot 8.500 \text{ EW}^{20} \cdot 365 \text{ d}) / 9 \text{ kg}/\text{m}^3 = 10.928 \text{ m}^3/\text{a} \\
 Q_{\text{ÜS,Oppenhausen}} &= (60 \text{ g}/(\text{EW}\cdot\text{d}) \cdot 1.600 \text{ EW} \cdot 365 \text{ d}) / 9 \text{ kg}/\text{m}^3 = 3.893 \text{ m}^3/\text{a} \\
 Q_S &= Q_{\text{PS,Buchholz}} + Q_{\text{ÜS,Buchholz}} + Q_{\text{ÜS,Oppenhausen}} = 17.715 \text{ m}^3/\text{a}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{\text{eindick}} &= e_{\text{spez}} \cdot Q_S = < 0,2 \text{ kWh}/\text{m}^3 \text{ }^{21} = \text{rd. } 3.500 \text{ kWh}/\text{a} \\
 E_{\text{eindick,5266}} &= 3.500 \text{ kWh}/\text{a} \cdot \\
 & \quad [(10.928 \text{ m}^3/\text{a} + 2.894 \text{ m}^3/\text{a}) \cdot (5.266 \text{ EW} / 8.500 \text{ EW}) / 17.715 \text{ m}^3/\text{a}] \\
 & = \text{rd. } 2.500 \text{ kWh}/\text{a}
 \end{aligned}$$

Die Entwässerung des Klärschlammes erfolgt zukünftig auf der Kläranlage Bad Salzig, so dass die Entwässerung der KA Buchholz außer Betrieb genommen werden kann und der Strombedarf vollständig entfällt.

$$E_{\text{spar,Entwässerung}} = 8.613 \text{ kWh}/\text{a}$$

Die aus dem Transport resultierenden Treibhausgasemissionen wurden anhand folgender Parameter berechnet:

Tab. 6: Transportaufwand Klärschlammverwertung im Verbund

Kläranlage	Ausbaugröße [EW]	TS-Gehalt [%]	Transportmenge [t]	Strecke [km]	Tonnenkilometer [tkm]
Buchholz	8.500	6	3.087	12,6	38.896
Oppenhausen (ab Buchholz)	1.600	6	584	12,6	7.358
Summe	10.100		3.671		46.254

Die Emissionen werden im Rahmen der Potentialstudie zur Kläranlage Bad Salzig der Maßnahme „Klärschlammverwertung im Verbund“ angerechnet, so dass diese für den Standort Buchholz nicht negativ berücksichtigt werden.

Entsprechend einer Überrechnung der Faulung auf der Kläranlage Bad Salzig kann dort durch die Klärschlammverwertung im Verbund ein zusätzlicher Gasertrag von 186 m³/d erwartet. Bei der Nutzung im dort vorgesehen BHKW entspricht dies einer Strommenge von 131.314 kWh/a und einer Wärmemenge von 220.608 kWh/a. Die im Rahmen der Schlammbehandlung benötigten Strom- und Wärmemengen werden in der Potentialstudie der Kläranlage Bad Salzig berücksichtigt und können durch die zusätzliche Energieerzeugung gedeckt werden.

Insgesamt kann der Fremdstrombezug in Bad Salzig durch die Klärschlammverwertung im Verbund um rd. 120.683 kWh/a gesenkt werden.

²⁰ Angenommene Ausbaugröße KA Buchholz

²¹ Bei Bandeindicker, Trommeleindicker, Scheibeneindicker spez. Verbrauch <0,2 kWh/m³ [DWA-M 366]

Durch die vorgesehenen Maßnahmen ergeben sich folgende Veränderungen (Mehr-/Min-
derverbräuche):

Tab. 7: Effekte Klärschlammverwertung im Verbund (8.500 EW)

Maßnahme	Strom
Entlastung Belebung	-20.446
Vorklärbecken	4.380
Primärschlammumpwerk	104
Zwischenhebewerk	3.775
Maschinelle Schlammeindickung	3.500
Entfallen der Schlammentwässerung	-8.613
Summe	-17.300

Normiert auf die aktuelle mittlere Belastung (5.266 EW) können die Effekte der Maß-
nahmen wie folgt abgeschätzt werden:

Maßnahme	Strom
Entlastung Belebung	-12.667
Vorklärbecken	4.380
Primärschlammumpwerk	64
Zwischenhebewerk	2.339
Maschinelle Schlammeindickung	2.500
Entfallen der Schlammentwässerung	-8.613
Summe	-11.997

Investitionskosten: 959.000,00 € brutto (vgl. Tab. 10)

Von dem zusätzlichen Gasertrag auf der KA Bad Salzig können 164 m³/d der Abwasser-
gruppe Buchholz zugeordnet werden. Dies entspricht 115.671 kWh/a Strom und 194.329
kWh/a Wärme.

4.2.4 Prüfung Frostwächter und Beheizung

Der hohe elektrische Stromverbrauch zur Beheizung während der Heizperiode ist auffällig. Es sollte eine Prüfung der Thermostate der Frostwächter erfolgen und geprüft werden, ob diese funktionsfähig sind. Weiterhin kann eine Prüfung der Wärmeverluste des Betriebsgebäudes durch Einsatz einer Wärmebildkamera (Gebäude-Thermografie) mit ggf. anschließender Beseitigung von signifikanten Wärmebrücken bzw. einer Anpassung des Heizverhaltes sinnvoll sein.

Durch diese Maßnahmen kann voraussichtlich der Wärmebedarf mehr als halbiert werden, so dass ein für Kläranlagen der Größenklasse gängiger Wert erreicht wird.

Ebenfalls kann eine Umstellung der Gebäudeheizung auf ein Heizwassersystem erfolgen und der Wärmeverbrauch durch eine Abwasserwärmepumpe gedeckt werden.

Bei einer angenommenen Halbierung des Stromverbrauchs zur Wärmeerzeugung kann folgende Energiemenge sowie Treibhausgasemission eingespart werden:

$$E_{\text{spar}} = 27.594 \text{ kWh/a} \cdot 50 \% = 13.797 \text{ kWh/a}$$

$$13.797 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{7.409 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Die Investitionskosten können aufgrund der noch nicht näher bekannten Maßnahmen nur erschwert mit rd. 15.000,00 € brutto abgeschätzt werden²².

4.2.5 Implementierung eines Energiemanagementsystems

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.

²² Kosten Umstellung Gebäudebeheizung auf Wärmepumpe nicht enthalten

4.2.6 Installation von PV-Modulen auf geeigneten Dachflächen

Entsprechend Kapitel 3.1.2 sollen auf den günstig ausgerichteten Dachflächen PV-Module installiert und zur Eigenstromerzeugung genutzt werden. Die möglichen Dachflächen besitzen eine Fläche von 160 m².

$$160 \text{ m}^2 / 8 \text{ m}^2/\text{kWp} = 20 \text{ kWp}$$

$$20 \text{ kWp} \cdot 950 \text{ kWh/kWp} = \mathbf{19.000 \text{ kWh/a}}$$

Dem entsprechend werden durch gesenkten Fremdstrombezug folgende THG-Emissionen eingespart:

$$19.000 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{10.203 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Investitionskosten: 32.000,00 € brutto²³

4.2.7 Erneuerung Sandfanggebläse (inkl. FU)

Der Stromverbrauch der Sandfanggebläse weicht stark vom Idealwert ab. Dies ist im hohen Maße darauf zurückzuführen, dass die Gebläse nicht bedarfsorientiert gesteuert werden können, sondern durchgehend unter Volllast betrieben werden. Durch Ansteuerung mittels Frequenzumrichter und Austausch der Aggregate kann der Stromverbrauch optimiert werden.

$$E_{\text{ideal}} = 1,84 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a}) \cdot 5.266 \text{ EW} = 9.679 \text{ kWh/a}$$

$$E_{\text{spar}} = 13.761 \text{ kWh/a} - 9.679 \text{ kWh/a} = \mathbf{4.082 \text{ kWh/a}}$$

Dem entsprechend werden durch gesenkten Fremdstrombezug folgende THG-Emissionen eingespart:

$$4.082 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{2.192 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Investitionskosten: 25.000,00 € brutto (vgl. Tab. 11)

²³ Schätzung: 1.600 €/kWp

4.3 Umsetzungsfahrplan (Priorisierung/Zeitplanung/Akteure)

Während der Anfertigung der Potentialstudie wurde ein Planungsauftrag zur Ertüchtigung und dem Ausbau der Kläranlage vergeben. Entsprechend ist vorgesehen die energetischen Optimierungsmaßnahmen bei der Planung zu berücksichtigen. Folgender Umsetzungsfahrplan ist für die Umsetzung der im Rahmen der Kommunalrichtlinie förderfähigen Maßnahmen vorgesehen:

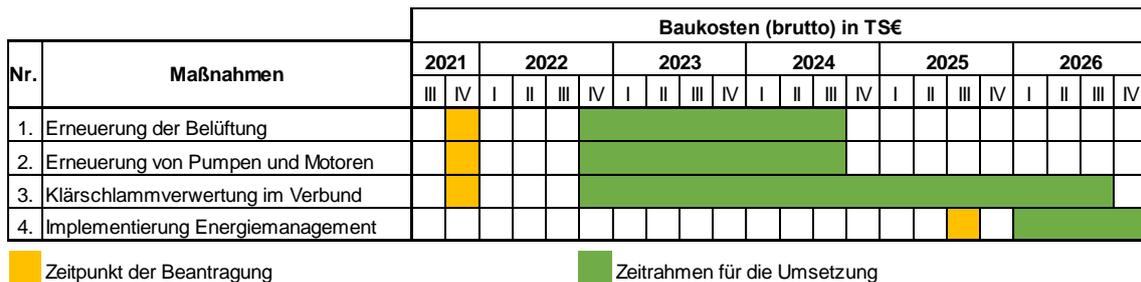


Abb. 15: Zeitplan der kurzfristigen Maßnahmen

Ergänzend sollen die weitere Maßnahmen nach den Kapiteln 4.2.4 bis **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zur Steigerung der Eigenstromversorgung und der Senkung des Stromverbrauches umgesetzt werden. Diese werden soweit möglich ebenfalls im Rahmen der übrigen Maßnahmen ausgeführt.

4.4 Entwicklung geeigneter Indikatoren für die Erfolgskontrolle der Maßnahmen

Es wird empfohlen, nach der Umsetzung durch regelmäßige Energiechecks die energetische Entwicklung der Anlage zu überwachen. Durch Integration eine Energiemanagementsystems (vgl. Kapitel 4.2.4) wird dies standardisiert in die Jahresroutine übernommen.

Empfohlene Indikatoren:

- Spezifischer Fremdstromverbrauch Gesamt $e_{ges,F} < IST$
- Spezifischer Stromverbrauch Belüftung $e_B \leq$ Referenzanlagen DWA-A 216
- Eigenversorgungsgrad Strom $V_E < IST$

4.5 Vorplanung der kurzfristig und mittelfristig umsetzbaren Maßnahmen

Erneuerung der Belüftung

Die bestehenden Belüfter sollen durch hocheffiziente Plattenbelüfter ersetzt werden. Diese sollen so angeordnet werden, dass bei entsprechender Belegung gleichzeitig eine Durchmischung erfolgen und die Laufzeit des bestehenden Rührwerks reduziert werden kann.

Die neuen Gebläse sollen im neuen Funktionalgebäude aufgestellt werden. Zur Anpassung der Leistung an den Bedarf werden die Gebläse über Frequenzumrichter angesteuert. Die Betriebsstunden werden auf alle Gebläse gleichmäßig verteilt. Ggf. können Turbo-Gebläse, aufgrund der besseren Wirkungsgrade im Auslegungspunkt, vorgesehen werden.

Eine Außerbetriebnahme des Belebungsbeckens für mehrere Tage zur Montage von neuen Belüftern ist aufgrund der aktuell einstraßigen Ausführung des Belebungsbeckens nicht möglich. Die energieintensiven Oberflächenbelüfter können nach den Maßnahmen außer Betrieb genommen und demontiert werden.

Tab. 8: Investitionskosten Erneuerung der Belüftung

Nr.	Maßnahme	Gesamt
1.	Erneuerung der Belüftung	
	Demontage Altanlagentechnik	5.000,00
	2 St. Gebläse (inkl. Frequenzumrichter)	50.000,00
	Schaltanlage Gebläse	10.000,00
	Hauptluftleitung und Drucklufttringleitung	40.000,00
	Belüftergitter	50.000,00
	Zu- und Abluftkulisse	8.000,00
	Mess- und Regelungstechnik	40.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	16.000,00
	Zwischensumme	219.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	54.750,00
	Gesamt, netto	273.750,00
	zzgl. 19% MwSt.	52.012,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	326.000,00

Erneuerung Pumpen und Motoren

Im Rahmen der Maßnahmen zum Austausch der Pumpen und Motoren sollen keine signifikanten baulichen Anpassungen vorgenommen werden. Entsprechend ist lediglich der Austausch der Aggregate (Pumpen und Antriebsmotoren) vorgesehen. Als Antriebsmotoren werden energiesparende Motoren mit Effizienzklasse IE 4 bzw. IE 3 bei Ansteuerung mittels FU, vorgesehen.

Im Rahmen der Maßnahmen sollen sowohl die Überschussschlamm- wie auch die Rücklaufschlammpumpe erneuert werden.

Tab. 9: Investitionskosten Erneuerung Pumpen und Motoren

Nr.	Maßnahme	Gesamt
2.	2.1 Erneuerung des Überschussschlammpumpe	
	Demontage Altanlagentechnik	500,00
	Überschussschlammpumpe	8.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	2.500,00
	2.2 Erneuerung der Rücklaufschlammförderschnecke	
	Demontage Altanlagentechnik	1.000,00
	Rücklaufschlammförderschnecke	38.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	5.000,00
	Zwischensumme	55.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	13.750,00
	Gesamt, netto	68.750,00
	zzgl. 19% MwSt.	13.062,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	82.000,00

Klärschlammverwertung im Verbund

Im Rahmen der Maßnahme zur Klärschlammverwertung im Verbund soll der Rohschlamm der Kläranlage Buchholz zur Kläranlage Bad Salzig transportiert und in der dortigen Faulung mit behandelt werden. Durch die Abgabe des Schlammes kann die Schlammmentwässerung auf der KA Buchholz entfallen und demontiert werden.

Um energiereichen Primärschlamm auf der KA Buchholz zu gewinnen und so gleichzeitig die biologische Abwasserreinigungsstufe zu entlasten, wodurch die Kapazität erhöht und Strom eingespart wird, wird ein Vorklärbecken in den Verfahrensablauf integriert. Durch die Vorklärung ergibt sich eine etwa 30%ige Frachtentlastung der Biologie. Ebenfalls wird das Schlammalter im Belebungsbecken gesenkt, weil keine Stabilisierung des Klärschlammes notwendig ist und die Kapazität so weiter erhöht. Durch das verkürzte Schlammalter wird weiterhin das Faulgaspotential des Überschussschlammes gesteigert.

Zur Ableitung des mechanisch vorgereinigten Abwassers in das Vorklärbecken wird die Venturimessrinne außer Betrieb genommen² und mit einem Absenkschieber unterteilt. Von hier aus wird eine neue Leitung in Vorklärbecken verlegt, welches parallel zum Schönungsteich angeordnet wird. Die hydraulische Verlusthöhe des Vorklärbeckens muss, vorbehaltlich einer Nachberechnung, in der Regel über ein Zwischenpumpwerk ausgeglichen werden. Die hierfür erforderlichen Pumpen können inkl. der Primärschlammpumpe mit dem vorgeschalteten Feststoffzerkleinerer im Keller des neuen Funktionalgebäudes angeordnet werden. Das Gebäude wird so ausgeführt, dass hier auch die neuen Gebläseaggregate zur Druckluftversorgung der Biologie sowie die zugehörige Schaltanlagentechnik integriert werden kann.

Im Rahmen der Planung wird untersucht, ob ggf. auf ein Zwischenpumpwerk verzichtet werden kann. Dies könnte durch die Errichtung einer Rechen-Sandfang-Kompaktanlage erfolgen, durch die der bestehende Sandfang außer Betrieb genommen werden könnte.

Zur Reduktion der Transportmenge wird der Überschussschlamm maschinell eingedickt. Die maschinelle Eindickung soll im bestehenden Entwässerungsgebäude errichtet werden. Die Schlämme der KA Oppenheim sollen weiterhin zunächst zur Kläranlage Buchholz transportiert und hier maschinell voreingedickt werden.

Zur Pufferung des Primär- und Überschussschlammes bis zum Transport nach Bad Salzig soll ein Zwischenlagerbehälter mit einem Volumen von rd. 30 m³ errichtet werden. Zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen wird der Behälter mit einer GFK-Abdeckung versehen.

Nach der Umsetzung der Maßnahmen ergibt sich folgender Verfahrensablauf:

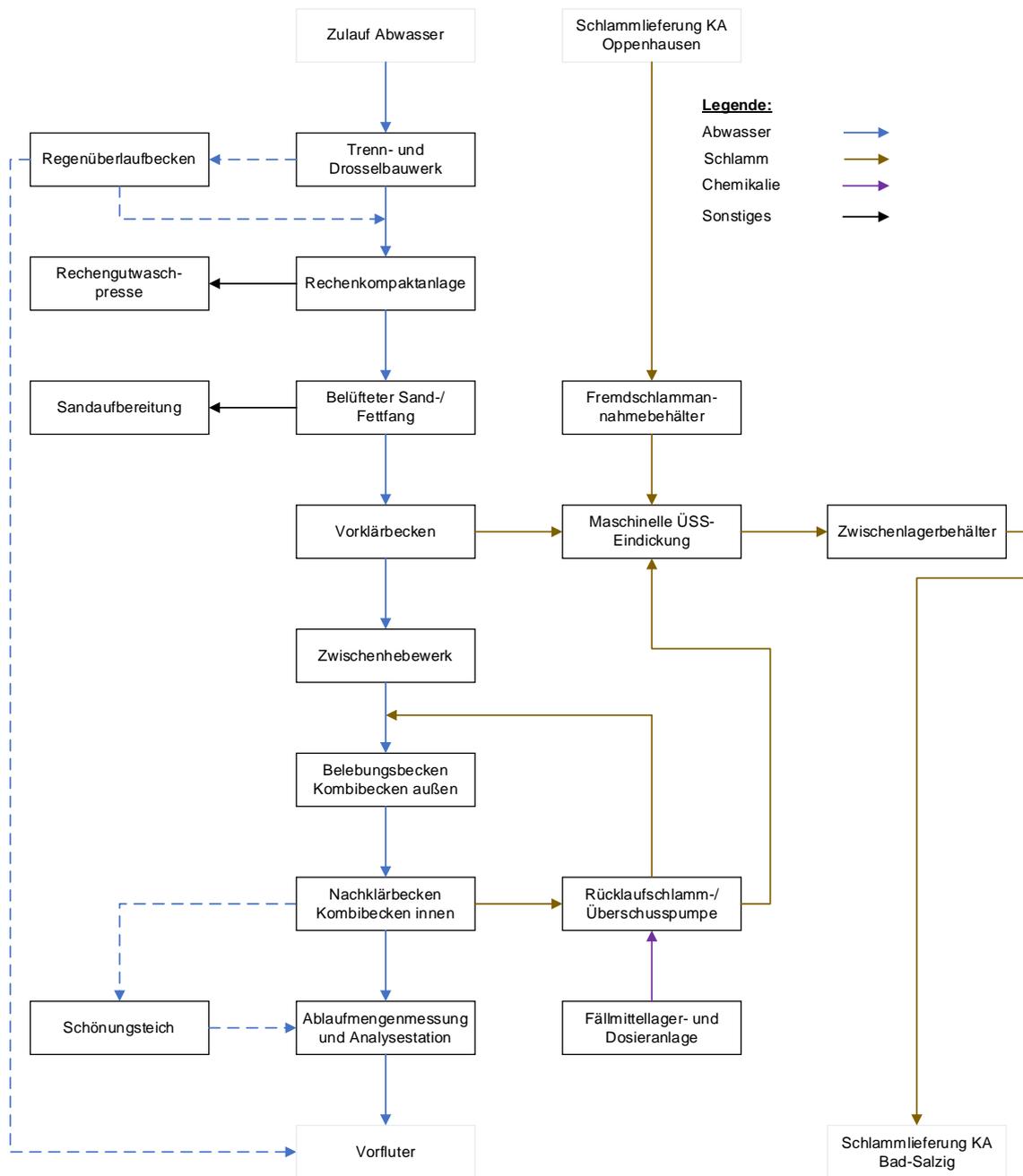


Abb. 16: Verfahrensschema Klärschlammverwertung im Verbund

Tab. 10: Investitionskosten Klärschlammverwertung im Verbund

Nr.	Maßnahme	Gesamt
3.	Klärschlammverwertung im Verbund	
	Vorklärbecken	170.000,00
	Zwischenhebewerk	45.000,00
	Primärschlammumpwerk	41.000,00
	Verbindende Rohrleitungen	30.000,00
	Aufstellungskeller für Zwischen- und Primärschlammumpwerk	75.000,00
	Pumpensumpf für Zwischenpumpwerk	15.000,00
	Stahlbauarbeiten	20.000,00
	Schlammischbehälter	20.000,00
	Schlammeindickung	138.000,00
	Schlammbehälter	55.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	36.000,00
	Zwischensumme	645.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	161.250,00
	Gesamt, netto	806.250,00
	zzgl. 19% MwSt.	153.187,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	959.000,00

Prüfung Frostwächter/Beheizung

Der hohe elektrische Stromverbrauch zur Beheizung während der Heizperiode ist auffällig. Es sollte eine Prüfung der Thermostate der Frostwächter erfolgen und geprüft werden, ob diese funktionsfähig sind. Weiterhin kann eine Prüfung der Wärmeverluste des Betriebsgebäudes durch Einsatz einer Wärmebildkamera (Gebäude-Thermografie) mit ggf. anschließender Beseitigung von signifikanten Wärmebrücken bzw. einer Anpassung des Heizverhaltes sinnvoll sein.

Ebenfalls sollte geprüft werden, ob die Wärmeerzeugung zukünftig durch eine Abwasserwärmepumpe erfolgen kann. Im Vergleich zur vollständigen stromgespeisten Beheizung kann der Stromverbrauch durch die Nutzung der im Abwasser gebundenen Umweltwärme gesenkt werden.

Installation von PV-Modulen

Zur Installation von PV-Modulen kann die südlich bis südwestlich ausgerichteten Dachfläche des Betriebsgebäudes genutzt werden.

Des Weiteren kann je nach konkreter Ausführung ebenfalls das Dach des zukünftigen Funktionalgebäudes genutzt werden.

Implementierung eines Energiemanagements

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, bzw. die bestehende erweitert werden.

Zur Erhöhung der Analysegenauigkeit soll weitere Messtechnik angeschafft werden. Zum Beispiel sind die einzelnen Aggregate der neu zu errichtenden Gebläsestation, als größter Stromverbraucher der Kläranlage, sowie des Zulaufpumpwerks mit einzelnen Messungen zu versehen.

Erneuerung Sandfanggebläse

Die bestehenden Sandfanggebläse können an dem aktuellen Aufstellungsort ersetzt werden. Es sind keine weiteren baulichen Maßnahmen erforderlich. Bei der Planung der übrigen Maßnahmen sollte jedoch eine weitere technische Untersuchung des Sandfanges erfolgen, um weitere energetische Optimierungspotenziale durch eine vollständige Anlagentechnische Erneuerung des Sandfanges zu prüfen.

Tab. 11: Investitionskosten Erneuerung des Sandfanges

Nr.	Maßnahme	Gesamt
6.	Erneuerung des Sandfanges (inkl. Gebläsen)	
	Demontage Altanlagentechnik	1.000,00
	2 St. Sandfanggebläse (inkl. FU)	14.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	2.000,00
	Zwischensumme	17.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	4.250,00
	Gesamt, netto	21.250,00
	zzgl. 19% MwSt.	4.037,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	25.000,00

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. 12: Deckungsquote des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien

	Strom			Wärme		
	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a] ²⁴	Deckungsgrad	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungsgrad
2019	247.121	0	0 %	-	-	- %
Nach kurzfristigen Maßnahmen	132.011	0	0 %	-	-	- %
Nach allen Maßnahmen	127.930	19.000	15 %	-	-	- %

Das Ziel der Deckungsquote von 70 % wird auf der Kläranlage Buchholz nicht erreicht. Dies ist jedoch auf das Klärschlammverwertungskonzept und die Mitbehandlung der Klärschlämme der KA Buchholz auf der KA Bad Salzig zurückzuführen. Entsprechend wird das energetische Potential durch Klärschlammfäulung auf der Kläranlage Bad Salzig genutzt.

Bei bilanzieller Berücksichtigung des durch den Schlamm der KA Buchholz erzeugten Faulgasanteils und entsprechender Verstromung, kann der KA Buchholz eine Fremdstromreduktion von 71.662 kWh/a²⁵ zugeordnet werden. Daraus würde nach Umsetzung der Maßnahmen ein Deckungsgrad von 71 %_{el} resultieren und dementsprechend die Zielvorgabe erreicht werden. Bei einer standortübergreifenden Deckungsquote für die Kläranlagen Buchholz und Bad Salzig kann eine gemeinsame Deckungsquote nach Umsetzung sämtlicher Maßnahmen von 83 %²⁶ ermittelt werden.

²⁴ Nur Eigenverbrauch

²⁵ Effekt durch Klärschlammverwertung im Verbund normiert auf die mittlere Belastung der KA Buchholz ohne Schlämme Oppenheim

²⁶ Erzeugung: 218.346 kWh_{el}/a + 19.000 kWh_{el}/a + 246.771 kWh_{th}/a ; Verbrauch: 207.505 kWh_{el}/a + 127.930 kWh_{el}/a + 246.771 kWh_{th}/a

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

Der gesamte spezifische Strombedarf beträgt nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen:

$$E_{\text{spez}} = (274.121 \text{ kWh/a} - 142.110 \text{ kWh/a}) / 5.266 \text{ EW} = 25,07 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a})$$

Der gesamte spezifische Strombedarf beträgt nach Umsetzung aller Maßnahmen:

$$E_{\text{spez}} = (274.121 \text{ kWh/a} - 146.191 \text{ kWh/a}) / 5.266 \text{ EW} = 24,29 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a})$$

Bei dem nach den Maßnahmen erzielten Stromverbrauch beträgt der spezifische Fremdstrombezug nach Umsetzung aller Maßnahmen:

$$\begin{aligned} e_{\text{spez, Fremd, el}} &= (274.121 \text{ kWh/a} - 146.191 \text{ kWh/a} - 19.000 \text{ kWh/a}) / 5.266 \text{ EW} \\ &= 20,69 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a}) \end{aligned}$$

Entsprechend wird der Zielwert²⁷ eines spezifischen Stromverbrauchs von 23 kWh/(EW·a) erreicht.

Der Gesamtdeckungsgrad der Anlage (elektrisch und thermisch) beträgt nach Umsetzung der Maßnahmen rd. 15 %. Der Zielwert (> 70 %) wird entsprechend nicht erreicht. Nach Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** kann dies jedoch darauf zurückgeführt werden, dass die KA Buchholz als Satellitenkläranlage dient und der positive Effekt durch Schlammfäulung auf der KA Bad Salzig genutzt wird. Bei der Anrechnung des Effektes am Standort der KA Buchholz würde der Zielwert rechnerisch mit 71 % und bei Bildung eines Standortübergreifenden Deckungsgrade mit 83 % erreicht.

Thür, 10.03.2021



Jürgen Jakob



i. A. Lukas Ellerich

Ingenieurgesellschaft
Dr. Siekmann + Partner mbH

²⁷ Entsprechend Mail von Franziska Brade (PTJ) an Sebastian Bauer-Bahrtdt (1.2.2019): „... Es handelt sich um den spezifischen Energiebedarf der aus Fremdenergie zur Verfügung gestellt werden muss.“