



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 Treis

Verbandsgemeinde Cochem - Abwasserwerk

Auftraggeber : Verbandsgemeinde Cochem - Abwasserwerk
Ravenéstraße 61
56812 Cochem

Datum : 17.06.2021

Projekt-Nr. : 20 032

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	6
2.1.3 Produzierte Faulgasmenge und Nutzung	12
2.1.4 Art der Schlammentsorgung.....	12
2.1.5 Anfallende und entsorgte Schlammengen	12
2.1.6 Grad der Automatisierung der Anlagen	12
2.1.7 Sanierungsbedarf von Bau-, Maschinen- und EMSR-Technik.....	13
2.1.8 Lokale Rahmenbedingungen	13
2.1.9 Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen	14
2.2 Sensor-/Messtechnik und Kontrolle der Abwasserqualität	15
2.3 Personalsituation	16
2.3.1 Weiterbildungsbedarf	16
2.3.2 Darstellung der Qualität der Betriebsführung der Anlage	16
2.3.3 Teilnahme an Benchmarks der Verbände	16
2.3.4 Relevanz und Knowhow zum Energieverbrauch	17
2.4 Beabsichtigte Planungen.....	17
2.5 Analyse des Energieverbrauchs.....	18
2.5.1 Aufnahme aller wichtigen Stromverbraucher (geordnet nach Anlagenteilen)	18
2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten.....	20

2.5.3	Wärmebedarf auf der Anlage	23
2.6	Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz	24
2.7	Zusammenfassung aktuelle energetische Situation.....	25
2.8	Bewertung anhand energetischer Beurteilungskriterien und Ermittlung spezifischer Kennzahlen	26
2.8.1	Idealwertbestimmung nach DWA-A 216.....	26
2.9	Gegenüberstellung von verbrauchter und erzeugter Energie	28
2.9.1	Eigenversorgungsgrad Strom.....	29
2.9.2	Eigenversorgungsgrad Wärme.....	29
3.	Potenzialanalyse.....	30
3.1	Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienzpotenziale	30
3.1.1	Identifizierung von Ansatzpunkten.....	30
3.1.2	Ansätze zur Nutzung Erneuerbarer Energie	33
3.1.3	Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen durch Digitalisierung und Energiemanagementsysteme.....	34
3.2	Definition von kurz-, mittel- und langfristigen Einspar- und Versorgungszielen	34
3.3	Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele	34
4.	Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung.....	35
4.1	Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen.....	35
4.2	Detaillierte Beschreibung möglicher Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen, von Maßnahmen zur klimafreundlichen Betriebsoptimierung und zur effizienten und klimaschonenden Energieerzeugung	35
4.2.1	Erneuerung der Belüftung	36

4.2.2	Neubau einer Vorklärung und Umstellung der Klärschlammbehandlung auf Faulung	37
4.2.3	Erneuerung Pumpen und Motoren	40
4.2.4	Installation von PV-Modulen auf geeigneten Dachflächen.....	41
4.2.5	Optimierung bestehende PV-Anlage	41
4.2.6	Umstellung Gebäudeheizung	42
4.2.7	Implementierung eines Energiemanagements	42
4.3	Umsetzungsfahrplan (Priorisierung/Zeitplanung/Akteure).....	43
4.4	Entwicklung geeigneter Indikatoren für die Erfolgskontrolle der Maßnahmen.....	43
4.5	Vorplanung der kurzfristig und mittelfristig umsetzbaren Maßnahmen.....	44
4.6	Prüfung der Sicherstellung der Mindestziele	51
4.6.1	Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme.....	51
4.6.2	Spezifischer jährlicher Strombedarf der gesamten Anlage (inkl. lokal umgewandelter Energie)	52

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Installierte Messtechnik (Abwasserreinigung)	15
Tab. 2: Zusammenstellung der wichtigsten Stromverbraucher	18
Tab. 3: Zusammenstellung Stromverbräuche (Jahr 2019).....	20
Tab. 4: Zusammenstellung spezifischer Stromverbräuche und Idealwerte (Betriebsjahr 2019)	26
Tab. 5: Gegenüberstellung Stromverbrauch und Stromerzeugung (Jahr 2019).....	28
Tab. 6: Energetische Effekte bei der Umstellung auf Faulung (aktuelle mittlerer Belastung 24.890 EW)	39
Tab. 7: Investitionskosten Erneuerung der Belüftung	44
Tab. 8: förderfähige Investitionskosten Umstellung auf Faulung	47
Tab. 9: Investitionskosten Erneuerung Pumpen und Motoren	49
Tab. 10: Investitionskosten Implementierung eines Energiemanagements	50
Tab. 11: Deckungsquote des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien.....	51

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Karte Kläranlage Treis	5
Abb. 2: Luftbild Kläranlage Treis [LVerGeoRP]	6
Abb. 3: Stufenrechen	7
Abb. 4: belüfteter Sand- Fettfang	7
Abb. 5: SB-Reaktoren	8
Abb. 6: Gebläse SB-Reaktoren	9
Abb. 7: Schlammagerhallen	9
Abb. 8: Voreindicker (Trommelsieb)	10
Abb. 9: Schlammmentwässerung (Zentrifuge)	10
Abb. 10: Verfahrensschema Kläranlage Treis (Bestand).....	11
Abb. 11: Jahresgang mittlere Belastung und Stromverbrauch (Jahre 2016 bis 2019) .	13
Abb. 12: sortierter Lastgang KA Treis (Stromversorger, 15 min Werte).....	19
Abb. 13: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2019)	22
Abb. 14: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie (DWA A-216)	29
Abb. 15: Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren (DWA A-216)	30
Abb. 16: Retrospektive Stromverbrauch.....	35
Abb. 17: Zeitplan der kurzfristigen Maßnahmen.....	43
Abb. 18: 2-stufige Kompaktfaulung Kläranlage Westerburg	45
Abb. 19: Planausschnitt Vorklärbecken, Kompaktfaulung, Gasspeicher	46
Abb. 20: Doppelmembrangasspeicher	47
Abb. 21: Verfahrensschema Kläranlage Treis (Umstellung auf Faulung)	48

Kurzfassung

Die Kläranlage Treis (Rheinland-Pfalz) mit einer Ausbaugröße von 33.000 EW wird nach der Verfahrensführung der anaeroben Schlammstabilisierung betrieben. Der Stromverbrauch im Jahr 2019 betrug 719.508 kWh. Dieser wurde vollständig aus dem Netz bezogen.

Bei der aktuellen mittleren Belastung mit 24.980 EW berechnet sich der spezifische Energieverbrauch zu **28,91 kWh/(EW·a)**.

Es wird beabsichtigt Förderanträge für folgende Förderschwerpunkte zu stellen:

- Erneuerung der Belüftungseinrichtung
- Neubau eines Vorklärbeckens und Umstellung auf Schlammfäulung
- 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 (kurzfristig)	208.453 kWh _{el} /a	
Neubau einer Vorklärung und Umstellung auf Faulung (mittelfristig)	542.530 kWh _{el} /a 69.293 kWh _{th} /a	
Erneuerung von Pumpen und Motoren (mittelfristig)	12.542 kWh _{el} /a	
Implementierung eines Energiemanagements (mittelfristig)		

Nach Umsetzung dieser Maßnahmen entspricht der spezifische Energieverbrauch **17,04 kWh/(EW·a)**. Aufgrund des eigen erzeugten Stroms kann bilanziell der Energieverbrauch vollständig gedeckt werden, so dass der Fremdstrombezug auf **0 kWh/(EW·a)** werden kann, woraus sich ein Deckungsgrad von **100%**_{el} ergibt.

Ergänzend werden noch weitere mittel- und langfristige Maßnahmen zur energetischen Optimierung vorgesehen.

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 Treis ist eine Kläranlage der Verbandsgemeindewerke Cochem in Rheinland-Pfalz. Die Kläranlage ist an der B49 unmittelbar an der Mosel gelegen.



Abb. 1: Karte Kläranlage Treis



Abb. 2: Luftbild Kläranlage Treis [LVermGeoRP]

2.1.1 Angeschlossene Einwohnerwerte und Alter der Anlage

Objekt	:	Kläranlage Treis
Baujahr/Inbetriebnahme	:	2003
Ausbaugröße	:	33.000 EW
aktuelle Belastung ¹	:	24.890 EW

Die im Jahr 2003 in Betrieb genommene Anlage wurde als SBR-Anlage ausgeführt und arbeitet nach dem Verfahrensziel der Abwasserreinigung mit simultaner Schlammstabilisierung. Neben der Grundbelastung aus den kommunalen Abwässern unterliegt die Kläranlage weiteren saisonalen Belastungen aus Weinbau und Tourismus.

2.1.2 Kurzdarstellung des Reinigungsverfahrens

Ab dem Pumpwerk Treis wird das Abwasser der angeschlossenen Ortslagen über eine Strecke von rd. 3.000 Meter durch eine Druckleitung (GGG; DN 400) zur KA Treis transportiert.

Nach dem Tosschacht sind zwei Stufenrechen der Firma Huber (Typ STEP Screen) verbaut, ein Trockenwetter- und ein Regenwetterrechen. Der Rechenanlage folgend gelangt das Abwasser in den belüfteten Langsand- und Fettfang. Der Sand- und Fettfang hat ein Volumen von rd. 105 m³ (exkl. Fettfang) und eine Einblastiefe von 2,72 m bei minimalem Wasserspiegel.

¹ bezogen auf 120 g CSB/(EW · d) im Jahresmittel, Jahr 2019



Abb. 3: Stufenrechen



Abb. 4: belüfteter Sand- Fettfang

Das mechanisch vorgereinigte Abwasser wird über eine Rohrleitung zur biologischen Reinigungsstufe abgeleitet. Die biologische Behandlung erfolgt im Aufstaubetrieb. Hierfür werden vier Sequencing Batch Reaktoren (SBR) betrieben. Die Belastung der Kläranlage außerhalb der saisonalen Belastungsspitze durch Tourismus und Weinbau liegt deutlich unter der möglichen Maximalbelastung. Durch die aufeinanderfolgende Beschickung der 4 St. SBR kann auf Schwankungen der Zulaufbelastung reagiert werden. Die vier Reaktoren sind mit den Volumina $V_{\min} = 2.178 \text{ m}^3$ und $V_{\max} = 3.055 \text{ m}^3$ baugleich.



Abb. 5: SB-Reaktoren

Die Bewirtschaftung des Abwassers erfolgt über einen Zyklus bestehend aus Belüftung, Durchmischung, Sedimentation und Dekantierung. Die Aufteilung in Nitrifikation (Belüftung) und Denitrifikation (nur Durchmischung) erfolgt automatisiert. Zur Phosphorfällung wird ein Mischprodukt aus Eisen und weiteren Zusatzstoffen eingesetzt; die Fällung erfolgt simultan. Zur Belüftung werden 5 Gebläse der Fa. Kaerzer eingesetzt, die im Kellergeschoss des Betriebsgebäudes aufgestellt sind.



Abb. 6: Gebläse SB-Reaktoren

Das gereinigte Abwasser wird in die Mosel eingeleitet.

Der anfallende Überschussschlamm wird durch ein Trommelsieb mechanisch vorentwässert und anschließend in 2 St. Schlammsilos mit insgesamt 485 m³ Speichervolumen zwischengespeichert (Silo 1: 265 m³, Silo 2: 220 m³). Der mechanisch vorentwässerte sowie in den Schlammsilos statisch eingedickte Schlamm wird durch eine Zentrifuge entwässert und mittels Teleskoplader in die Schlammagerhalle transportiert. Sowohl die Überschussschlammendickung wie auch die Schlammmentwässerung sind in einem Teil des Betriebsgebäudes installiert. Die Schlammagerhalle ist in Glasbauweise errichtet und durch eine Mittelwand in zwei getrennt befahrbare Hallen geteilt.



Abb. 7: Schlammagerhallen

Ein Versatz der Zentrifuge mit automatisierter Schlammförderung in die Lagerhalle befindet sich aktuell in Planung.



Abb. 8: Voreindicker (Trommelsieb)



Abb. 9: Schlammwässerung (Zentrifuge)

Sämtliche Pumpen zur Schlammförderung sind im Betriebsgebäude aufgestellt.

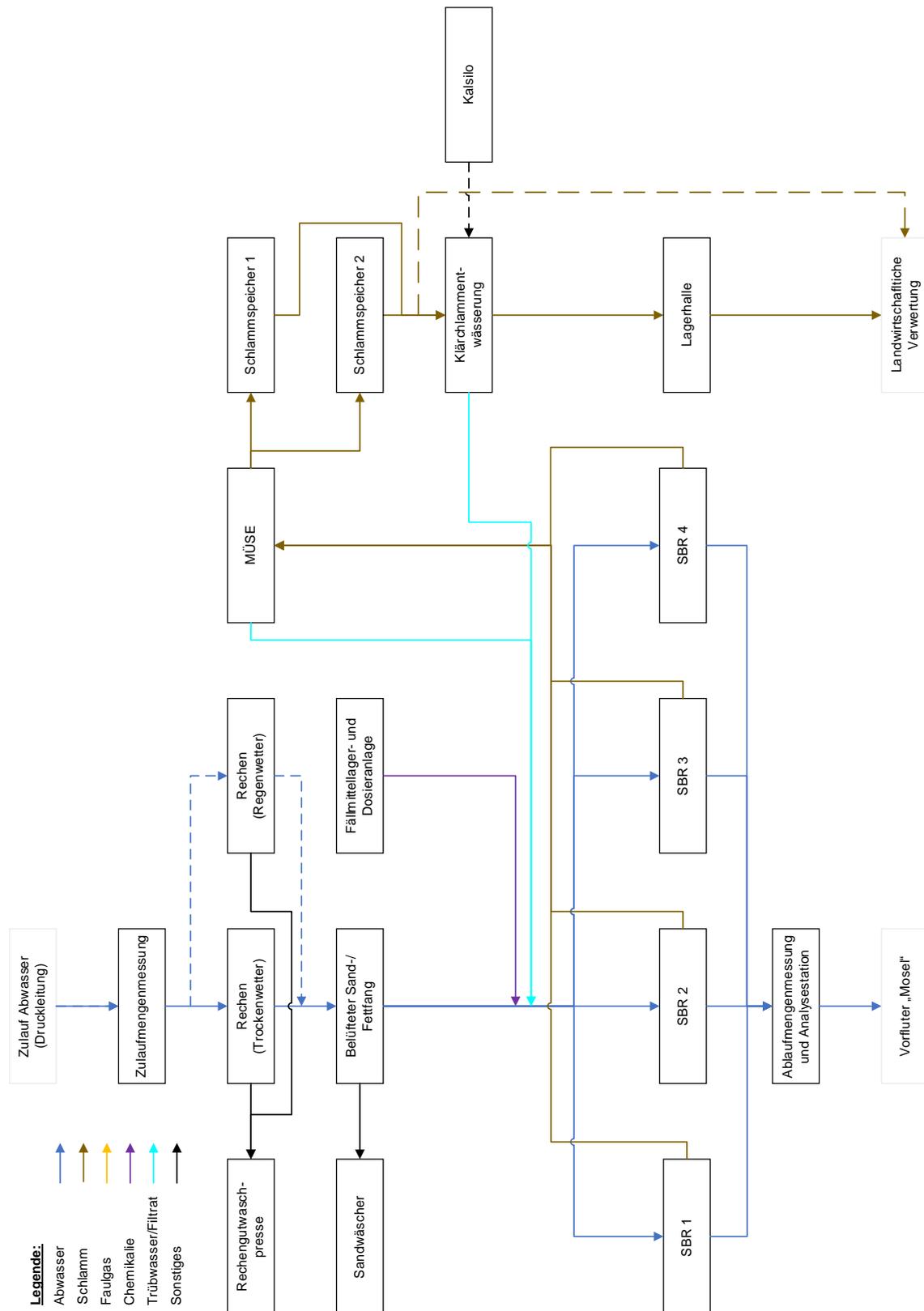


Abb. 10: Verfahrensschema Kläranlage Treis (Bestand)

2.1.3 Produzierte Faulgasmenge und Nutzung

Die Klärschlammstabilisierung erfolgt simultan-aerob, entsprechend wird kein Faulgas gewonnen, das genutzt werden kann.

2.1.4 Art der Schlammentsorgung

Der anfallende Überschussschlamm wird eingedickt, teils durch eine Zentrifuge entwässert und als Nassschlamm und entwässerter Schlamm bodenbezogen verwertet.

Mittelfristig ist eine thermische Verwertung des Klärschlammes absehbar.

2.1.5 Anfallende und entsorgte Schlammengen

Auf der Kläranlage Treis wird der Überschussschlamm teilweise durch eine Zentrifuge entwässert und in zwei Schlammagerhallen, als auch eingedickt als Nassschlamm in zwei Schlammspeichern, gelagert. Der Klärschlamm wird landwirtschaftlich als Nassschlamm und als entwässerter Klärschlamm verwertet.

Die Nassschlammabgabe, ist erforderlich, weil die Lagerfläche für den entwässerten Klärschlamm nicht ausreicht. Ebenfalls resultiert aus der aktuellen Konzeption der Entwässerung ein hoher Personal- und Betriebsmittelaufwand. Maßnahmen, um den Entwässerungsbetrieb zu optimieren und die Nassschlammabgabe zu reduzieren werden aktuell planerisch umgesetzt.

Im Jahr 2019 wurden rd. 5.006m³/a Nassschlamm (bei 4,5 % TR; 225 Mg TM/a) und 1.350 m³/a entwässerter Schlamm (bei 19 % TR, 256 Mg TM/a) landwirtschaftlich verwertet.

2.1.6 Grad der Automatisierung der Anlagen

Durch die vorhandene Mess- und Regeltechnik (vgl. Kap. 2.2) erfolgt die Regelung einiger Aggregate automatisiert und an z. B. die Zulaufmenge angepasst. Durch das eingesetzte Prozessleitsystem (PLS) werden viele Betriebsparameter der Aggregate erfasst.

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) Optimierung Schlammwässerung (in Planung)
- b) Rechengebäude
 - Betonkorrosion Rechenrinne
 - Betonkorrosion Tosschacht
 - Korrosion Dach und Dachtragwerk

2.1.8 Lokale Rahmenbedingungen

Das Abwasserwerk der Verbandsgemeinde Cochem betreibt zur Reinigung der Abwässer aus den Ortsgemeinden² Beilstein, Ellenz-Poltersdorf, Bruttig-Fankel, Ernst, Valwig, Klotten, Kail, Brieden, Pommern, Treis, Karden, Müden und Moselkern sowie der Stadt Cochem die Kläranlage Treis mit einer Ausbaugröße von 33.000 EW.

Aufgrund der geografischen Lage der Kläranlage Treis sind nur bedingt Erweiterungsflächen vorhanden. Auch die aktuelle Kläranlage zeichnet sich durch eine sehr kompakte Bauweise aus. Erweiterungen sind lediglich in Ost- und Westrichtung möglich, weil das Grundstück Richtung Norden durch die B49 und in Richtung Süden durch die rasch ansteigenden Hänge des Moseltals begrenzt ist.

Das Einzugsgebiet ist stark touristisch und durch die Weinkampagne geprägt, wodurch die Belastung der Kläranlage im Jahresgang stark schwankt (vgl. Abb. 11).

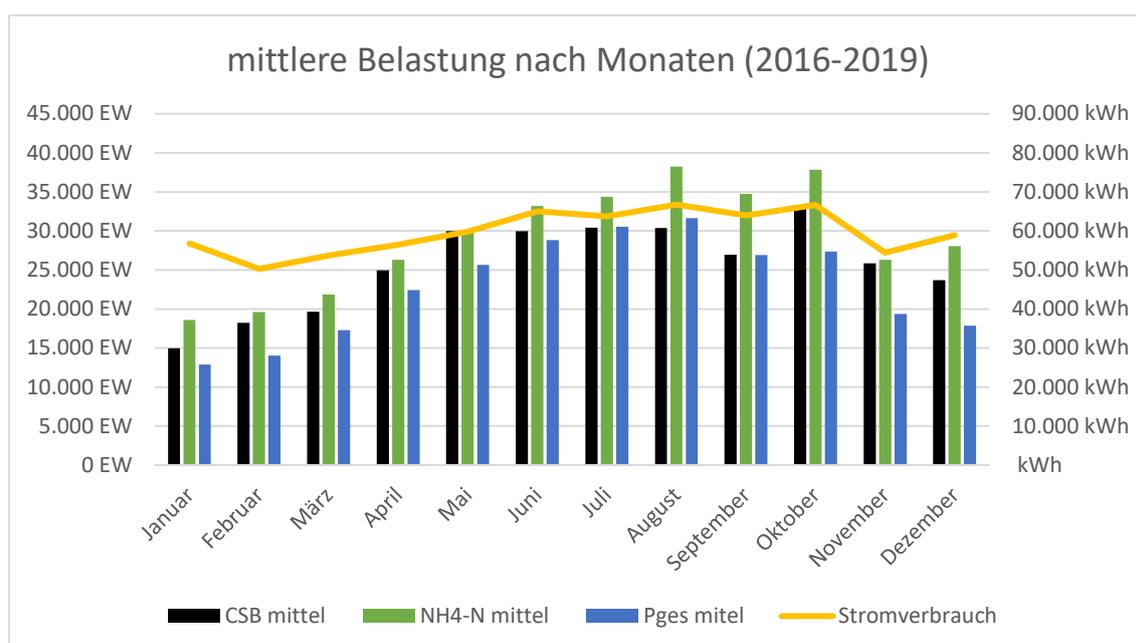


Abb. 11: Jahresgang mittlere Belastung und Stromverbrauch (Jahre 2016 bis 2019)

² Die angeschlossenen Ortsgemeinden Kail und Brieden sind der VG Kaisersesch zugehörig.

Die Zulaufbelastung wird durch die Entnahme von 24-h Mischproben bestimmt.

Der betriebliche bzw. personelle Aufwand zur Entwässerung des Schlammes ist durch den aktuellen Aufstellungsort der Zentrifuge sehr groß. Zur Reduktion des Aufwandes und um das Entwässerungsergebnis zu optimieren, werden aktuell Maßnahmen planerisch bearbeitet. An dem Rechengebäude wird ein Entwässerungsgebäude angebaut, in dem die Zentrifuge aufgestellt und der Schlamm automatisiert in die Schlammhalterhalle transportiert werden kann. Im Rahmen dieser Maßnahme soll die Kalkdosierung demonstriert werden.

Im Jahr 2017 wurde ein Klärschlammbehandlungs- und -verwertungskonzept für den Landkreis Cochem-Zell erarbeitet, welches mittelfristig eine Umstellung der Kläranlage Treis auf Schlammfäulung vorschlägt. Die Mitbehandlung weiterer Schlämme von Satellitenanlagen wird nicht vorgesehen.

2.1.9 Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen

Auf der Kläranlage ist eine PV-Anlage mit einer Leistung von 4,48 kW_P vorhanden. Diese erzeugte im Jahr 2019 1.513 kWh Strom. Der spezifische Stromertrag beträgt folglich rd. 338 kWh/kW_P. Dieser Wert liegt deutlich unter den gängigen Literaturwerten, was auf den ungünstigen Aufstellungsort der PV-Anlage, auf dem Rechengebäude, hang-nah und auf die Verschattung durch nebenstehende Bepflanzung zurückzuführen ist. Ebenfalls handelt es sich um vergleichsweise alte und ineffiziente Module. Der erzeugte Strom wird vollständig in das Stromnetz eingespeist und nicht zur Eigenbedarfsdeckung genutzt.

Für den Fall eines Stromausfalles verfügt die Kläranlage über ein im Keller aufgestelltes Notstromaggregat. Dieses wird mit Diesel betrieben und verfügt über eine elektrische Leistung von 250 kW. Insgesamt wurde das Notstromaggregat 83 h³ im Rahmen der Testroutine betrieben. Das Aggregat verfügt über die Möglichkeit der Netzsynchronisation.

Zur Wärmeerzeugung ist ein Heizkessel (68 kW) vorhanden, der mittel Heizöl betrieben wird. Das Heizungssystem wird zusätzlich durch Solarthermie unterstützt. Die entsprechenden Module sind auf den Schlammspeichern errichtet. Es kann davon ausgegangen werden, dass rd. 5 % des aktuell benötigten Wärmebedarfes durch die Solarthermie bereitgestellt werden kann.

³ Betriebsstundenzähler (7.10.2020)

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	pH-Wert
	Temperatur
	Durchfluss
	Phosphat (PO ₄)
	Belastung (24-h Probennehmer)
Biologie (je SBR)	Sauerstoff (O ₂)
	Ammonium (NH ₄ -N)
	Nitrat (NO ₃ -N)
	Temperatur
	Trübung
Ablauf	pH-Wert
	Temperatur
	Durchfluss
Schlammbehandlung	Menge (Dünnschlamm)
	Menge (Zentrifuge)
	Menge (Dickschlamm)
Sonstiges	Lufttemperatur
	Niveau Grundwasserschacht

2.3 Personalsituation

Die Kläranlage wird von insgesamt 3 Mitarbeitern betrieben, die aber zusätzlich noch weitere Aufgaben der Abwasserwerke ausführen. Diese haben folgende Qualifikation:

- 1 Abwassermeister (Energieanlagenelektroniker)
- 1 Ver- und Entsorger
- 1 Fachkraft für Abwassertechnik

Die übergeordnete Betriebsführung erfolgt durch die Abwasserwerke der Verbandsgemeindeverwaltung Cochem über Herrn Nitzsche (Werkleiter).

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 zur Erfüllung der übertragenen Aufgaben.

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. Besonders hervorzuheben ist eine hohe Affinität des Betriebspersonals zu den Themen Strom und Energieeffizienz. Dies kann deutlich an den bereits in den letzten Jahren angestoßenen energetischen Optimierungsmaßnahmen abgeleitet werden.

2.3.3 Teilnahme an Benchmarks der Verbände

Die Abwasserwerke der Verbandsgemeinde Cochem sind Mitglied der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) und nehmen regelmäßig an den Treffen der Kläranlagennachbarschaften teil.

2.3.4 Relevanz und Knowhow zum Energieverbrauch

Die Reduzierung des Energieverbrauchs nimmt bereits seit vielen Jahren einen hohen Stellenwert ein. Dies kann an den in den letzten Jahren zur Effizienz-Steigerung umgesetzten Maßnahmen erkannt werden. Ebenfalls wurde im Jahr 2015 ein ausführlicher Energiecheck der Kläranlage durchgeführt und weitere erarbeitete Maßnahmen wurden bereits umgesetzt.

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
- Neubau einer Vorklärung und Umstellung auf Faulung
- 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)	Rechen 1	1,5
	Rechen 2	1,5
	Rechengutpresse	4
	Rechengutpumpe	4,8
	Spülwasserpumpe	1,8
	Biofilter (Abluftverdichter)	0,2
	Biofilter (Umwälzpumpe)	0,37
	Entleerung Gerinne	1,5
Mechanische Reinigung (Sandfang)	Sandfanggebläse 1	5,9
	Sandfanggebläse 2	4
	Sandpumpe	2,4
	Sandwäscher (Rührwerk)	0,55
	Sandwäscher (Austrag)	1,1
	Fettpumpe	3
Biologische Reinigung	SBR 1 Gebläse 1	37
	SBR 1 Gebläse 2	37
	SBR 1 Rührwerk 1	7,5
	SBR 1 Rührwerk 2	7,5
	SBR 2 Gebläse 1	75
	SBR 2 Rührwerk 1	7,5
	SBR 2 Rührwerk 2	7,5
	SBR 3 Gebläse 1	75
	SBR 3 Rührwerk 1	7,5
	SBR 3 Rührwerk 2	7,5
	SBR 4 Gebläse 1	75
	SBR 4 Rührwerk 1	7,5
	SBR 4 Rührwerk 2	7,5
	Reservegebläse	75
Schlammbehandlung	Beschickungspumpe VE 1	11
	Beschickungspumpe VE 2	11
	VE Mischer	0,37
	VE Spülwasserpumpe	4
	VE Antrieb	1,5
	VE FHM Pumpe	0,37
	VE FHM Dosierpumpe	0,55

Anlagenstufe	Aggregat	Nennleistung [kW]
	Dickschlammpumpe VE	4
	Beschickungspumpe SEW 1	11
	Beschickungspumpe SEW 2	11
	SEW Trommelantrieb	15
	SEW Backd. Zent.	45
	SEW FHM Pumpe	0,37
	SEW FHM Dosierpumpe	0,75
	Spiralförderer 1	2,2
	Spiralförderer 2	2,2
	Förderband 1	1,5
	Förderband 2	1,1
	Mischer Kalksilo	5,5
Schlamm Speicher	Rührwerk Silo 1	4,5
	Rührwerk Silo 2	4,5
Sonstiges	Brunnenpumpe	2,4
	Brauchwasserpumpe 1	15
	Brauchwasserpumpe 2	15
	Trübstoffpumpe 1	5,5
	Trübstoffpumpe 2	5,5

Der Stromverbrauch der Kläranlage wird vollständig durch Fremdstrombezug gedeckt. Das Verbrauchsprofil der Kläranlage ist gleichmäßig, was aus dem folgenden sortierten Lastgang (15 min Werte) abgelesen werden kann. Die nahezu kontinuierlich abgerufene Grundlast beträgt rd. 45 kW. Die maximal abgerufene elektrische Leistung im 15-minütigen Mittel betrug rd. 220 kW.

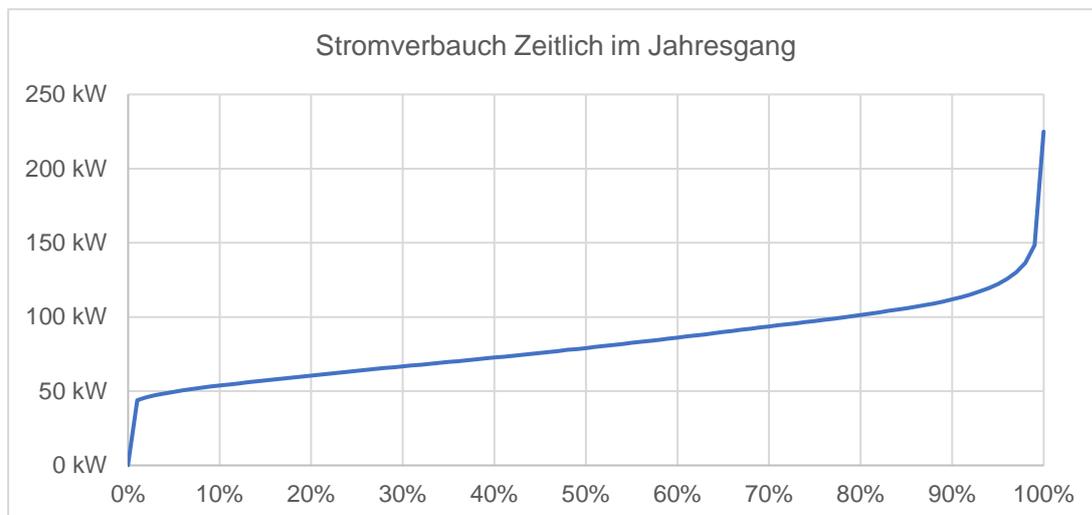


Abb. 12: sortierter Lastgang KA Treis (Stromversorger, 15 min Werte)

2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten

Der Gesamtstromverbrauch der Kläranlage Treis lag im Betriebsjahr 2019 bei **719.508 kWh/a**⁴. Dies entspricht einem spezifischen Stromverbrauch von ca. 28,91 kWh/(EW·a).

Zur Verbrauchsermittlung der einzelnen Aggregate wurden Messungen durchgeführt, um die tatsächliche Leistungsaufnahmen im Lastfall zu ermitteln.

Der Verbrauch der einzelnen Anlagenteile wurde über den gemessenen mittleren Strom bei entsprechender Nutzung, die Nennspannung sowie den Leistungsfaktor der Aggregate und die dokumentierten Betriebsstunden errechnet.

$$E = U_{\text{Nenn}} \cdot I_{\text{Nenn}} \cdot \cos(\varphi) \cdot \sqrt{3} \cdot t_{\text{Betrieb}}$$

Bei kleineren Verbrauchern 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:

M = Messungen der Stromaufnahme

*M** = Messwert von Vergleichsaggregat

B = Näherung mittels Nennleistung und Faktor für tatsächliche Leistungsaufnahme

Tab. 3: Zusammenstellung Stromverbräuche (Jahr 2019)

Anlagenstufe	Aggregat	Art	Stromverbrauch [kWh]
Mechanische Reinigung (Rechen)	Rechen 1	B	91
	Rechen 2	B	250
	Rechengutpresse	B	781
	Rechengutpumpe	B	557
	Spülwasserpumpe	B	371
	Biofilter (Abluftverdichter)	B	1.314
	Biofilter (Umwälzpumpe)	B	2.413
	Entleerung Gerinne	B	206
Mechanische Reinigung (Sandfang)	Sandfanggebläse 1	B	1.411
	Sandfanggebläse 2	M	12.745
	Sandpumpe	B	2.975
	Sandwäscher (Rührwerk)	B	336
	Sandwäscher (Austrag)	B	17
	Fettpumpe	B	3.718

⁴ Wert aus Eigenüberwachungsbericht

Anlagenstufe	Aggregat	Art	Stromverbrauch [kWh]
Biologische Reinigung	SBR 1 Gebläse 1 & 2 ⁵	M	80.492
	SBR 1 Rührwerk 1	M	23.601
	SBR 1 Rührwerk 2	M	23.071
	SBR 2 Gebläse 1	M	74.899
	SBR 2 Rührwerk 1	M*	35.014
	SBR 2 Rührwerk 2	M*	35.901
	SBR 3 Gebläse 1	M*	93.535
	SBR 3 Rührwerk 1	M*	33.623
	SBR 3 Rührwerk 2	M*	35.672
	SBR 4 Gebläse 1	M*	78.782
	SBR 4 Rührwerk 1	M	34.458
	SBR 4 Rührwerk 2	M	35.069
	Reservegebläse	M*	2.473
Schlammbehandlung	Beschickungspumpe VE 1	M	3.644
	Beschickungspumpe VE 2	M	3.445
	VE Mische	B	620
	VE Spülwasserpumpe	B	7.253
	VE Antrieb	B	2.733
	VE FHM Pumpe	B	34
	VE FHM Dosierpumpe	B	936
	Dickschlammpumpe VE	M	1.233
	Beschickungspumpe SEW 1	M	1.268
	Beschickungspumpe SEW 2	M	1.268
	SEW Trommelantrieb	M	14.179
	SEW Backd. Zent.	B	9.861
	SEW FHM Pumpe	B	35
	SEW FHM Dosierpumpe	B	134
	Spiralförderer 1	B	204
	Spiralförderer 2	B	439
	Förderband 1	B	319
	Förderband 2	B	257
Mischer Kalksilo	B	97	
Schlamm Speicher	Rührwerk Silo 1	B	3.341
	Rührwerk Silo 2	B	14.228
Sonstiges	Brunnenpumpe	B	2.078
	Brauchwasserpumpe 1	B	8.751
	Brauchwasserpumpe 2	B	2.575
	Trübstoffpumpe 1	B	17
	Trübstoffpumpe 2	B	6
	Sonstiges und Kleingeräte	B	23.575

⁵ Gemeinsamer Stromabgang und lokale Regelung

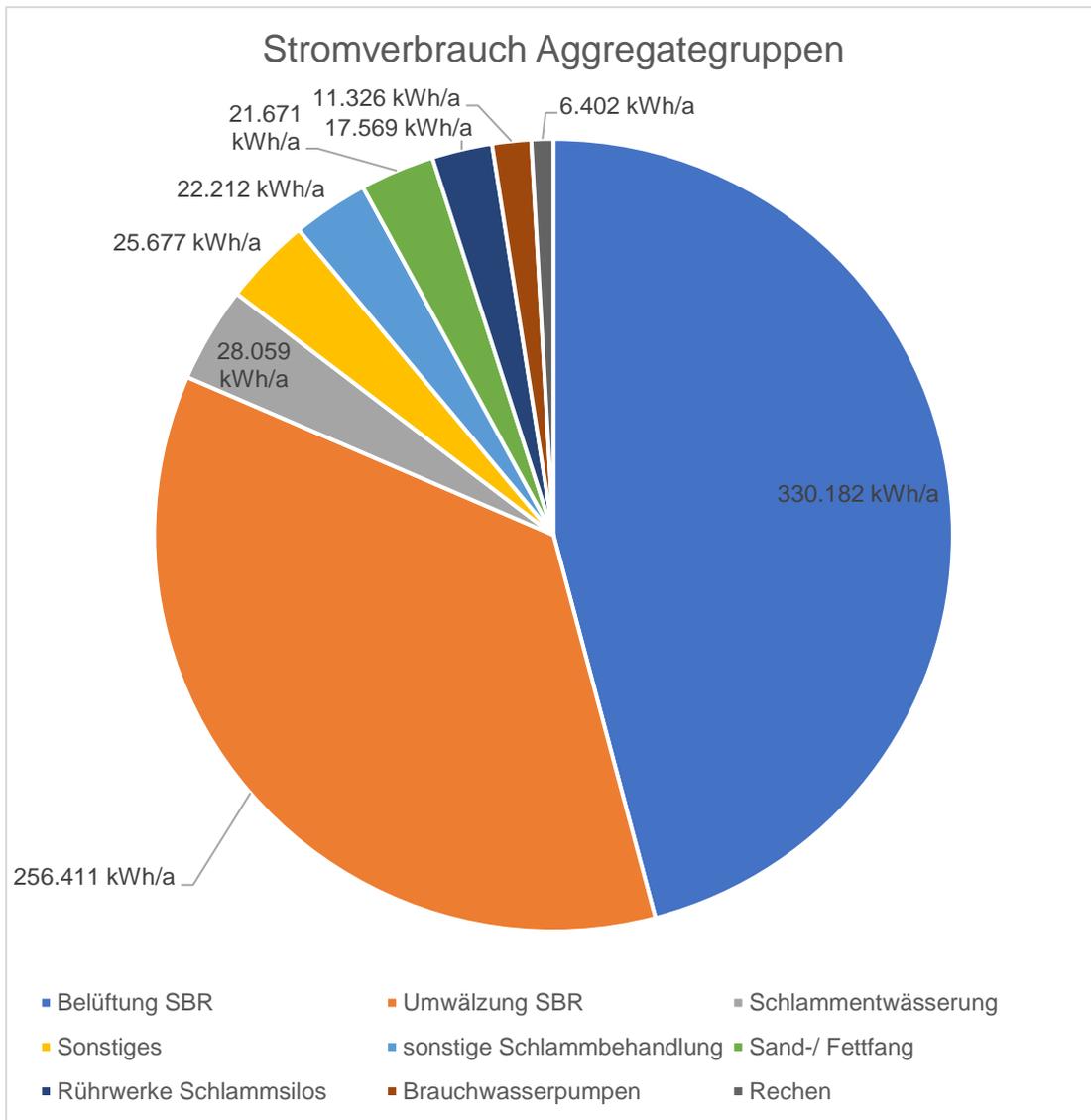


Abb. 13: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2019)

2.5.3 Wärmebedarf auf der Anlage

Der Wärmebedarf der Kläranlage Treis setzt sich aus der zur Beheizung des Betriebsgebäudes erforderlichen Wärme sowie der zur Warmwasserbereitung notwendigen Energie zusammen. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch einen Heizkessel, der mittels Heizöl (Jahr 2019: rd. 4.500 l) betrieben wird, in Kombination mit einer kleinflächigen Solarthermieanlage. Der Heizkessel (Fa. Buderus) besitzt eine thermische Nennleistung von 68 kW. Entsprechend der bezogenen Heizölmenge kann die genutzte Brennstoffenergie wie folgt berechnet werden:

$$E_{\text{Brenn,Öl}} = 4.500 \text{ l} \cdot 9,8 \text{ kWh/l} = 44.100 \text{ kWh/a}$$

Bei einem angenommenen Wirkungsgrad von 85 % kann der Heizwärmebedarf, der durch Heizöl gedeckt wird, wie folgt ermittelt werden:

$$E_{\text{Heiz,Öl}} = 44.100 \text{ kWh/a} \cdot 85 \% = 37.485 \text{ kWh/a}$$

Bei Annahme, dass rd. 5 % des Wärmebedarfs durch die Solarthermie zur Verfügung gestellt wird kann der Gesamtwärmebedarf wie folgt ermittelt werden:

$$E_{\text{Heiz}} = 37.485 \text{ kWh/a} / (1 - 5 \%) = 39.458 \text{ kWh/a}$$

Ebenfalls wird ein Teil der Wärme zur Warmwassererwärmung genutzt. Bei im Jahresmittel 3 Personen je Tag auf der Kläranlage und einem angenommenen Warmwasserverbrauch von 50 l/(d·Person) werden rd. 8,7 kWh/d⁶ Wärme zur Wassererwärmung genutzt, entsprechend rd. 3.175 kWh/a. Folglich werden rd. 36.283 kWh/a zur Beheizung der Gebäude eingesetzt.

Die Grundfläche des Betriebsgebäudes beträgt rd. 420 m², aufgrund der 3-stöckigen Ausführung (Keller, EG, OG) kann die Gebäudefläche mit rd. 1.260 m² ermittelt werden. Als aktiv beheizte Fläche kann jedoch nur ungefähr die Hälfte des OG angenommen werden, so dass diese mit rd. 220 m² angegeben werden kann.

Der spezifische Wärmebedarf zur Gebäudebeheizung kann wie folgt berechnet werden:

$$36.283 \text{ kWh/a} / 220 \text{ m}^2 = 165 \text{ kWh}_{\text{th}}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

Dieser Wert kann als dem Alter des Gebäudes angemessener Wert⁷ eingeordnet werden.

⁶ Erwärmung von 10 °C auf 60 °C, spezifische Wärmekapazität 1,163 Wh/(kg K)

⁷ 40-100 kWh/(m²·a) bei neuen Gebäuden, 140-200 kWh/(m²·a) bei älteren Gebäuden [Energie in Abwasseranlagen/ Handbuch NRW 2018]

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 Stromfremdbezug (UBA, 2018) angenommen.

Die Abwasserbehandlungsanlage Treis bezog im Jahr 2019 ca. 719.508 kWh/a Strom. Demnach kann die CO₂-Emission, für diesen Fremdstrombezug, wie folgt berechnet werden:

$$719.508 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 386,376 \text{ Mg CO}_2/\text{a}$$

Zur Wärmeerzeugung wird vom Heizkessel Öl genutzt. Im Jahr 2019 wurde der Heizkessel mit 4.500 l Heizöl bzw. 44.100 kWh_{Brenn,Öl} gespeist.

$$\begin{aligned} 44.100 \text{ kWh}_{\text{Brennstoff/Heizöl}} &= 0,159 \text{ TJ}_{\text{Brennstoff/Heizöl}} \\ 0,159 \text{ TJ}_{\text{Brennstoff/Heizöl}} \cdot 70 \text{ t CO}_2/\text{TJ}^9 &= 11,13 \text{ Mg CO}_2/\text{a} \end{aligned}$$

Insgesamt können die Treibhausgasemissionen im Jahr 2019 mit rd. **397,506 Mg CO₂/a** berechnet werden.

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

⁹ Climate Change 27/2016, UBA, 2016

2.7 Zusammenfassung aktuelle energetische Situation

Die Kläranlage Treis weist einen spezifischen Stromverbrauch von **28,91 kWh/(EW·a)** auf, der dem spezifische Fremdstrombezug entspricht. Die aktuelle Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme durch auf dem Grundstück umgewandelte erneuerbare Energie beträgt **0 %**, weil der erzeugte Strom vollständig in das Versorgungsnetz eingespeist wird. Die elektrische Deckungsquote bei theoretischer vollständiger Eigennutzung des erzeugten Stroms beträgt **< 0,5 %**.

	Aktuell	Zielwert
Spezifischer Energiebedarf _{el}	28,91 kWh/(EW·a)	<= 23 kWh/(EW·a)
Deckungsquote ¹⁰	< 0,5 %	>= 70%

¹⁰ Bei theoretischer Eigennutzung des durch die PV-Anlage erzeugten Stroms

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	0,05	0,05
	Sandfanggebläse	0,57	0,48
Biologische Abwasserreinigung	SBR 1 Gebläse	3,23	
	SBR 1 Rührwerke	1,88	
	SBR 2 Gebläse	3,01	
	SBR 2 Rührwerke	2,85	
	SBR 3 Gebläse	3,76	
	SBR 3 Rührwerke	2,78	
	SBR 4 Gebläse	3,76	
	SBR 4 Rührwerke	2,79	
	Gebläse (Reserve)	0,1	
	Summe	23,57	15,19
Schlammbehandlung	Beschickungspumpen Eindicker	0,28	0,11
	Überschussschlamm-eindickung	0,51	0,36
	Beschickungspumpen Entwässerung	0,1	0,04
	Schlammmentwässerung	1,03	0,72
	Rührwerke Schlammsilos	0,71	0,44

Rechenanlage

Der spezifische Stromverbrauch der Rechenanlage inkl. Rechengutwaschpresse liegt bei 0,05 kWh/(EW·a) und damit innerhalb des Literaturbereiches¹¹ von 0,05 kWh/(EW·a) bis 0,1 kWh/(EW·a). Entsprechend kann aus energetischer Sicht kein Optimierungsbedarf abgeleitet werden.

Sand- Fettfang

Der spezifische Stromverbrauch der Sandfanggebläse liegt nur geringfügig über dem berechneten Idealwert. Daraus kann kein signifikantes energetisches Optimierungspotential abgeleitet werden und die Wirksamkeit der bereits umgesetzten energetischen Optimierungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Belebung

Der Stromverbrauch der Belebung (Belüftung inkl. Umwälzung) 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. Neben dem Austausch der bestehenden Gebläse durch gezielt energieeffiziente und bedarfsgeregelte Aggregate sollte ebenfalls ein Austausch der Belüfertechnik erfolgen. Durch Einsatz von z. B. großflächigen Belüfterplatten, die unmittelbar auf der Beckensole installiert werden können, kann neben der originären Aufgabe der Sauerstoffzufuhr auch eine Durchmischung der SB-Reaktoren erfolgen. Bei einer ausreichenden Flächenbelegung können so auch in der unbelüfteten Phase durch Druckstöße (Impulsbelüftung) die Becken durchmischt werden, ohne einen signifikanten Anstieg der Sauerstoffkonzentration zu verursachen. Durch die Umstellung auf die Impulsbelüftung können die Rührwerke vollständig entfallen.

Beschickungspumpe Voreindickung

Der spezifische Stromverbrauch der Voreindicker Beschickungspumpe weicht deutlich von dem spezifischen Idealwert ab. Daraus lässt sich ein signifikantes energetische Optimierungspotenzial ableiten. Ebenfalls müssen die aktuellen Pumpen in einem hohen Frequenzbereich betrieben werden, um einen ausreichenden Förderstrom sicherzustellen, in dem jedoch der Pumpenwirkungsgrad abnimmt. Entsprechend sollten die Pumpen inkl. Antriebsmotoren nicht nur durch energieeffiziente Aggregate ersetzt werden, sondern auch eine Neudimensionierung erfolgen, um den optimalen Betriebspunkt der Pumpen nutzen zu können.

Beschickungspumpe Schlammwässerung

Der spezifische Stromverbrauch der Schlammwässerungs-Beschickungspumpe liegt deutlich über dem aggregatspezifischen Idealwert. Daraus lässt sich ein signifikantes energetisches Optimierungspotenzial ableiten. Äquivalent zu den Voreindicker-Beschickungspumpen sollte ebenfalls eine Prüfung der Dimensionierung erfolgen, auch unter Berücksichtigung der geplanten Versetzung der Zentrifuge. Ggf. kann so der Auslegungspunkt der Pumpe inkl. Antriebsmotor zur energetischen Optimierung angepasst werden.

¹¹ Gemäß DWA-A 216 und Bezug auf Murl 1999

Rührwerke Schlammsilos

Der spezifische Stromverbrauch der Rührwerke der Schlammsilos liegt oberhalb des Idealwertes. Durch den Austausch der Antriebsmotoren durch gezielt energieeffiziente Motoren kann ein signifikantes Einsparpotenzial erwartet werden.

2.9 Gegenüberstellung von verbrauchter und erzeugter Energie

Auf der Kläranlage Treis wird derzeit überwiegend Energie in Form von Strom bezogen. Um den Wärmebedarf der Anlage vollständig zu decken wurden im Jahr 2019 rd. 4.500 l Heizöl genutzt.

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

Verbraucher [kWh/a]		Erzeuger ¹² [kWh/a]	
Belüftung SBR	330.182	-	-
Umwälzung SBR	256.411		
Schlammwäs- serung	28.059		
Mechanische Vor- reinigung	28.073		
Sonstiges	76.783		
Summe	719.508	Summe	-

¹² Nur regenerativ zur Eigennutzung erzeugt

2.9.1 Eigenversorgungsgrad Strom

Der tatsächliche Eigenversorgungsgrad mit Strom beträgt 0 %. Bilanziell würde die Stromproduktion der vorhandenen PV-Anlage rd. 0,2 % des Strombedarfes decken.

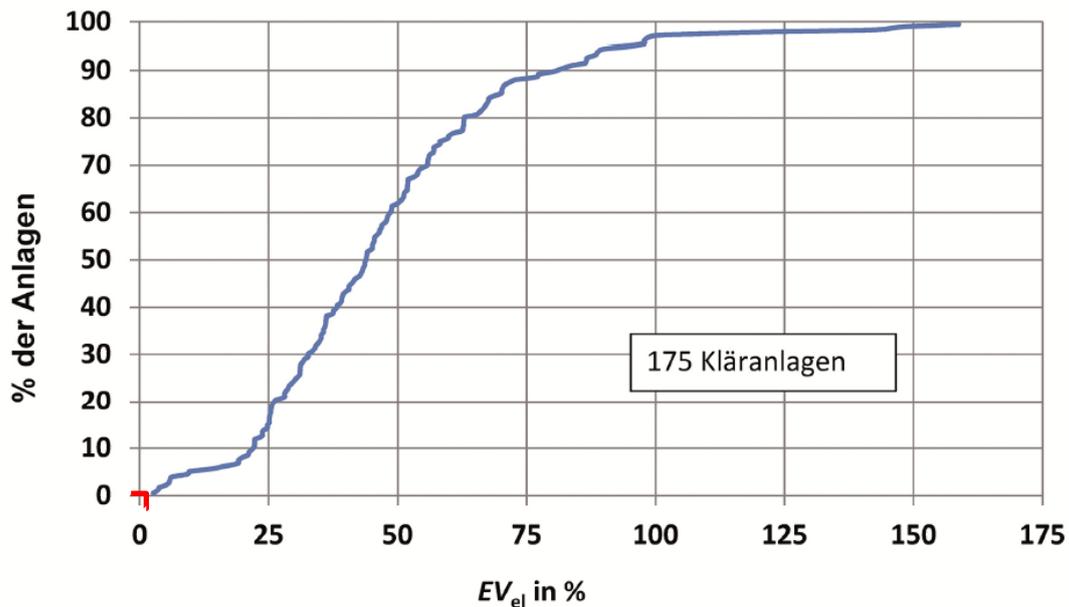


Abb. 14: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie (DWA A-216)

2.9.2 Eigenversorgungsgrad Wärme

Der Wärmebedarf der Anlage wird nahezu vollständig durch Nutzung von Heizöl im Heizkessel gedeckt. Der Anteil der durch die Solarthermie-Anlage erzeugten Wärme wird mit rd. 5 % abgeschätzt. Entsprechend beträgt der thermische Eigenversorgungsgrad aus erneuerbaren Energien rd. 5 %.

3. Potenzialanalyse

Entsprechend den Abweichungen von den tatsächlichen spezifischen Verbrauchswerten und den 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

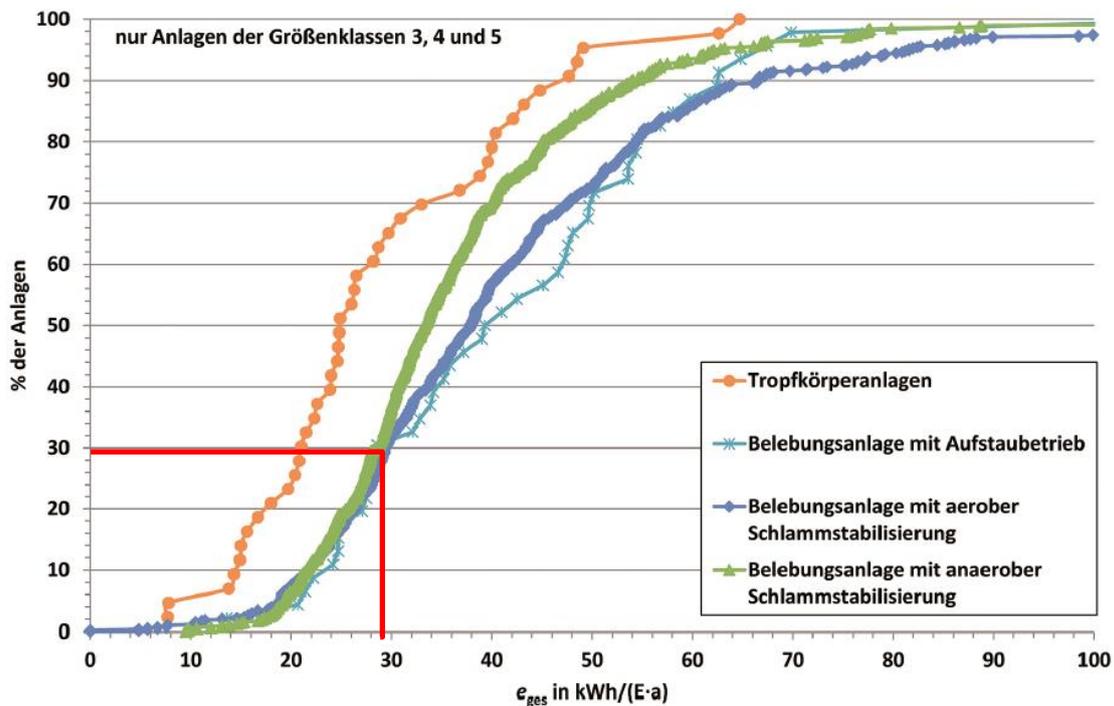


Abb. 15: Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren (DWA A-216)

Bei dem spezifischen Energiebedarf von 28,91 kWh/(EW·a) sind nur ca. 30 % der Kläranlagen mit aerober Schlammstabilisierung energiesparender und die Kläranlage Treis kann als überdurchschnittlich energieeffiziente Anlage eingestuft werden.

Kurzfristige Potentiale

Entsprechend der Auswertung der Energieverbräuche besteht das größte Einsparungspotential in einer Optimierung der Belebung. Die bestehenden SB-Reaktoren sollten dazu mit energieeffizienten Plattenbelüftern ausgestattet werden. Durch den Einsatz von bodennah installierten Plattenbelüftern kann zusätzlich die Umwälzung durch intermittierenden Betrieb optimiert und die Rührwerke vollständig außer Betrieb genommen werden. Weiterhin ist der Austausch der Gebläse zur Erreichung des Idealwertes notwendig.

Durch Optimierung der bestehenden PV-Anlage, kann die Stromerzeugung gesteigert werden. Aktuell werden die Module durch die angrenzenden Bäume beschattet. Durch Rückschneiden dieser könnte die direkte Sonneneinstrahlung optimiert werden.

Mittelfristige Potentiale

Zur Nutzung des im Klärschlamm enthaltenen energetischen Potentials und zur Eigenstromerzeugung soll die Umstellung der Kläranlage Treis auf Faulung erfolgen. Durch die Verfahrensumstellung auf Faulung sowie die Integration eines Vorklärbeckens kann der Sauerstoffbedarf der Belebung gesenkt und zusätzlich Faulgas gewonnen werden. Durch lokale Nutzung des Faulgases in einem KWK-Aggregat, z. B. einem Blockheizkraftwerk, kann Strom zur Eigenbedarfsdeckung erzeugt und der Fremdstrombezug reduziert werden. Durch Integration eines Vorklärbeckens in den Abwasserreinigungsprozess kann die Belebung zusätzlich entlastet und energiereicher Primärschlamm gewonnen werden.

Zur Nutzung des Faulgases kann ein Blockheizkraftwerk (BHKW) oder eine Mikrogasturbine (MGT) eingesetzt werden. Bei Blockheizkraftwerken liegen die elektrischen Wirkungsgrade in einem Bereich von 30 - 43 %, die üblichen thermischen Wirkungsgrade im Bereich von 40 - 70 %.

Bei einem möglichen Planungsaggregat kann von folgenden Leistungsdaten ausgegangen werden:

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

Dieses Planungsaggregat erlaubt einen modulierbaren Betrieb bei nahezu konstantem Wirkungsgrad, so dass die Faulgasverstromung am Stromverbrauch orientiert erfolgen kann. In Kombination mit einem ausreichend großen Faulgasbehälter kann der Eigennutzungsgrad maximiert und die Stromeinspeisung minimiert werden.

Einige Pumpen inkl. Antriebsmotoren sind Teil der Erstausrüstung der Kläranlage und unter Berücksichtigung der Betriebszeit und der Abweichung der aktuellen spezifischen Pumpenleistung vom Idealwert als aus energetischer Sicht sanierungsbedürftig anzusehen. Entsprechend sollte bei diesen Aggregaten eine Erneuerung der Pumpen und/oder Motoren erfolgen. (vgl. 4.2.3)

Auf der Kläranlage Treis kann die große zusammenhängende Dachfläche des Betriebsgebäudes zur Eigenstromerzeugung mittels Photovoltaik genutzt werden. Durch Installation geeigneter PV-Module (ggf. Dünnschichtmodule) könnte so die Eigenstromerzeugung gesteigert werden.

Langfristige Potentiale

Nach der Umstellung der Verfahrensführung auf Schlammfäulung kann die überschüssige Wärme zur Beheizung des Betriebsgebäudes eingesetzt werden.

3.1.2 Ansätze zur Nutzung Erneuerbarer Energie

Aktuell wird der Klärschlamm der Kläranlage Treis energieintensiv aerob stabilisiert. Durch die Umstellung der Verfahrensführung auf Klärschlammfäulung, kann das energetische Potential des Klärschlammes als Faulgas gewonnen werden. Durch die Nutzung des Faulgases mittels eines Kraft-Wärme-Kopplungs-Aggregates kann Strom und Wärme erzeugt werden. Gemäß einer überschlägigen Vordimensionierung (vgl. 4.2.2) könnten rd. 207.801 m³ Faulgas/a gewonnen werden (rd. 464.237 kWh_{el}/a, 645.289 kWh_{th}/a). In der näheren Umgebung befinden sich aktuell keine geeigneten Satellitenanlagen, um weitere Schlämme anzunehmen und mitzubehandeln. Mittelfristig könnte eine Mitbehandlung der Schlämme der KA Lütz (rd. 4,5 km) erfolgen. Dies setzt jedoch einen Umbau dieser Anlage voraus. Eine weitere mögliche Satellitenanlage ist die KA Brauheck, diese ist jedoch rd. 20 km von der KA Treis entfernt. Die bei einer Faulungsdimensionierung vorgesehenen Sicherheitsreserven können ggf. bei einem stabilen Betrieb zur Annahme von geringen Fremdschlammengen genutzt werden.

Der Anlagenstandort ist wegen der Tallage und des direkt angrenzenden steilen Südhanges nicht optimal zur Errichtung von großflächigen PV-Anlagen gelegen. Auf der nördlichen Hälfte des Anlagengeländes können jedoch PV-Module mit ausreichender solarer Einstrahlung errichtet werden. Als größere zusammenhängende PV-Fläche ist die östliche Dachhälfte des Betriebsgebäudes denkbar (rd. 250 m²). Diese ist zwar nicht optimal ausgerichtet, jedoch am geringsten durch die umliegenden Hänge verschattet und durch den Einsatz von Dünnschichtmodulen, die im Vergleich zu herkömmlichen Dickschichtmodulen günstiger sind, ein besseres Schwachlichtverhalten, aber geringere Wirkungsgrade bei voller Strahlungsintensität aufweisen.

Der Standort der Kläranlage ist wegen der Tallage und der Begrenzung durch die Mosel und steiler Hänge nicht für die Stromgewinnung mittels Windenergie geeignet.

Aufgrund des SBR-Verfahrens ist der Abfluss der Kläranlage diskontinuierlich. Während der Abflussintervalle liegt der max. Volumenstrom bei rd. 344 l/s bzw. 1.238,4 m³/h. Bei Bezug auf die gesamte behandelte Abwassermenge (2019: 1.602.107 m³/a) kann eine Abflussdauer von rd. 1.294 h/a angegeben werden. Bei einer möglichen nutzbaren Fallhöhe des gereinigten Abwassers von rd. 2 – 5 m im Bereich des Kläranlagenablaufs kann theoretisch eine Kleinwasserkraftanlage mit einer Leistung von rd. 5 kW installiert werden. Dazu kann z. B. ein überschlächtiges Wasserrad, eine Wasserkraftschnecke oder eine Durchströmturbine eingesetzt werden. Bei einer Betriebszeit von rd. 1.295 h/a und einer Leistung von 5 kW könnten so rd. 6.470 kWh/a Strom durch Wasserkraft erzeugt werden.

Die Wärmegewinnung aus dem gereinigten Abwasser mithilfe einer Wärmepumpe ist möglich. Jedoch benötigt die Kläranlage keine weitere Wärme. Vorrangig ist, den eigenen 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 einem damit verbundenen gesteigerten Wärmebedarf wäre eine neue Beurteilung der Situation erforderlich.

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 Energiemanagementsystem¹³ 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.

Entsprechend Kapitel 3.1.2 kann durch ein günstig dimensioniertes (modulierbares) BHKW zur Faulgasnutzung, in Kombination mit einer ausreichenden Gasspeicherkapazität, die Stromerzeugung im starken Maße bedarfsorientiert erfolgen. Dadurch ist eine effektive Faulgasnutzung zur Erhöhung der Eigenbedarfsdeckungsquote möglich.

Das vorhandene Notstromaggregat könnte in ein virtuelles Netzwerk eingebunden werden. Dadurch könnte das Aggregat zur Sicherstellung der Netzstabilität eingesetzt werden und die Aggregatverfügbarkeit durch regelmäßigen Betrieb sichergestellt werden.

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

Durch die o. g. kurzfristigen Maßnahmen 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

Bei der Umsetzungsreihenfolge der Maßnahmen sollen neben dem Treibhausgasminde­rungspotential auch die weiteren technischen Auswirkungen auf den Abwasserrei­nungsbetrieb und die Betriebssicherheit berücksichtigt werden. Eine Umsetzung der „kleineren“ Optimierungsmaßnahmen soll im Zusammenhang mit der Maßnahme der Umstellung auf Faulung erfolgen, weil hierdurch die Charakteristik der Anlage signifikant beeinflusst wird und z. B. mögliche aus energetischer Sicht erneuerungsbedürftige Pumpen neu und energiesparender dimensioniert werden können.

¹³ Energiemanagementsystem gemäß DIN EN 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 2012 bis 2019 können der nachfolgenden Grafik entnommen werden. Der Verbrauch ist auf die verschiedenen Unterverteilungen aufgeteilt.

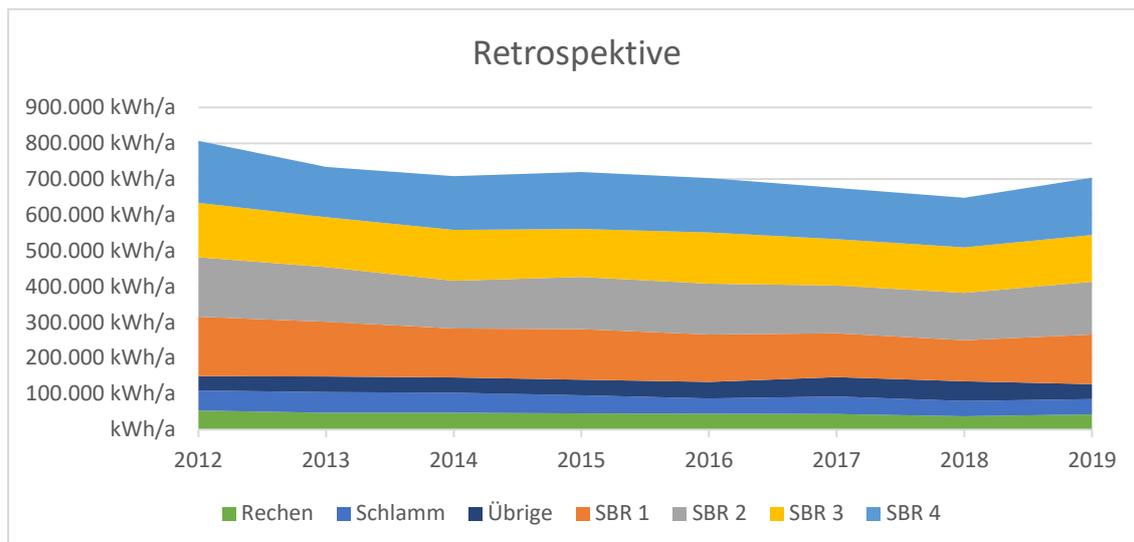


Abb. 16: Retrospektive Stromverbrauch

Bereits im Jahr 2015 wurde eine Energieanalyse zur systematischen Erfassung und Bewertung der Energieeffizienz durchgeführt und Maßnahmen erarbeitet. Durch den Austausch eines Sandfanggebläses und die bedarfsorientierte Steuerung konnte im Jahr 2018 der Stromverbrauch „Rechen“ zu den Vorjahren gesenkt werden. Seit der Belüftung des SBR1 durch zwei Gebläse, die mittels FU angesteuert werden, konnte der Stromverbrauch dieses Reaktors ebenfalls gesenkt werden.

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-Emissionen¹⁴
- 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.).

¹⁴ Stromverbrauchsdaten geplanter Maßnahmen wurden auf Basis des DWA-A 216 abgeschätzt

4.2.1 Erneuerung der Belüftung

Zur energetischen Optimierung sollte die Belüfertechnik der SB-Reaktoren erneuert werden. Es sollen energieeffiziente großflächige Belüfterplatten flächendeckend eingesetzt werden. Diese sollen im Gegensatz zur aktuellen Einbausituation unmittelbar auf der Beckensohle installiert werden. Bei einer flächigen Verteilung (rd. 20 % der Beckenfläche) erfolgt durch intermittierenden Betrieb eine ausreichende Umwälzung und es kann zu keinen signifikanten Schlammablagerung unterhalb der Belüfertechnik kommen. Resultierend können die bestehenden Rührwerke vollständig außer Betrieb genommen werden.

Um das volle energetische Potential auszuschöpfen, werden ebenfalls die bestehenden Gebläse¹⁵ (SBR2, SBR 3 und SBR 4) durch FU-geregelte energieeffiziente Gebläse ersetzt, um äquivalent zu den Gebläsen des SB-Reaktors 1 die Sauerstoffzufuhr dem Bedarf anzupassen. Die Einsatzmöglichkeit von Turbogebälzen sollte innerhalb der weiteren Planungsschritte untersucht werden.

Auslegung und Energieeinsparung:

$$SOTR = 1.588.188 \text{ kg O}_2/\text{a}^{16}$$

$$SAE_{\text{best}} = 4,81 \text{ kg O}_2/\text{kWh}^{17}$$

$$SAE_{\text{ideal}} = 4,2 \text{ kg O}_2/\text{kWh}^{18}$$

$$E_{\text{ideal}} = 1.588.188 \text{ kg O}_2/\text{a} / 4,2 \text{ kg O}_2/\text{kWh} = 378.140 \text{ kWh/a}$$

$$E_{\text{spez id}} = 378.140 \text{ kWh/a} / 24.890 \text{ EW} = 15,19 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a})$$

$$E_{\text{aktuell}} = E_{\text{Belüftung}} + E_{\text{Umwälzung}} = 586.593 \text{ kWh/a}$$

$$E_{\text{aktuell}} = 586.593 \text{ kWh/a} / 24.890 \text{ EW} = 23,57 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a})$$

$$E_{\text{spar}} = 586.593 \text{ kWh/a} - 378.140 \text{ kWh/a} = \mathbf{208.453 \text{ kWh/a}}$$

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

$$208.453 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = \mathbf{111.939 \text{ kg CO}_2/\text{a}}$$

Investitionskosten: 530.000,00 € brutto (vgl. Tab. 7)

¹⁵ Bei Umstellung auf Faulung kann ein SB-Reaktor außer Betrieb genommen werden. Entsprechend kann ein Gebläse ausgespart werden.

¹⁶ Nach Berechnung zur Näherung entsprechend DWA-A 131 (aktuelle Belastung und Beckendimensionierung)

¹⁷ Äquivalent inkl. Umwälzung

¹⁸ Inkl. Umwälzung [Energiehandbuch NRW]

4.2.2 Neubau einer Vorklärung und Umstellung der Klärschlammbehandlung auf Faulung

Durch eine Verfahrensumstellung auf anaerobe Klärschlammstabilisierung in einer Faulung kann energiereiches Faulgas gewonnen werden. Dieses kann durch ein Blockheizkraftwerk zur Eigenstrom- und Wärmeerzeugung genutzt werden.

Durch Integration eines Vorklärbeckens in den Verfahrensablauf der Abwasserreinigung wird energiereicher Primärschlamm gewonnen und die Belebung entlastet, wodurch geringere Beckenvolumina benötigt bzw. die Abwasserreinigungskapazität erweitert sowie der Sauerstoffbedarf reduziert werden kann.

Energieverbrauch Vorklärbecken (VKB):

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

Energieverbrauch Primärschlammumpwerk (PSPW):

$$E_{\text{PSPW}} = 4,5 \text{ Wh/(m}^3 \cdot \text{m)} \cdot 10 \text{ m} \cdot 10.697 \text{ m}^3/\text{a}^{19} = 481 \text{ kWh/a}$$

Um das nötige Faulraumvolumen sowie den Wärmebedarf zur Rohschlammerwärmung zu minimieren, wird der Überschussschlamm mechanisch eingedickt. Die bestehende Überschussschlammmeindickung sollte durch ein energieeffizientes Aggregat ersetzt werden.

Energieverbrauch mechanische Überschussschlammmeindickung (MÜSE):

$$\begin{aligned} Q_{\text{ÜSS}} &= (39,7 \text{ g/(EW} \cdot \text{d)} \cdot 24.890 \text{ EW} \cdot 365 \text{ d}) / 8 \text{ kg/m}^3 = 45.084 \text{ m}^3/\text{a} \\ E_{\text{MÜSE}} &= e_{\text{spez}} \cdot Q_{\text{ÜSS}} = < 0,2 \text{ kWh/m}^3 \text{ }^{20} \cdot 45.084 \text{ m}^3/\text{a} = \text{rd. } 9.000 \text{ kWh/a} \\ E_{\text{MÜSE,aktuell}} &= 12.808 \text{ kWh/a} \\ E_{\text{MÜSE,spar}} &= 12.808 \text{ kWh/a} - 9.000 \text{ kWh/a} = 3.808 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

Durch das Vorklärbecken und die daraus resultierende Frachtreduzierung der biologischen Reinigungsstufe sowie die Herabsetzung des Schlammalters in den Belebungsbecken wird der Strombedarf der Belüftung im Vergleich zur aeroben simultanen Schlammstabilisierung gesenkt:

$$\begin{aligned} \text{SOTR}_{\text{aerob}} &= 1.558.188 \text{ kg O}_2/\text{a}^{21} \\ \text{SOTR}_{\text{anaerob}} &= 1.165.956 \text{ kg O}_2/\text{a}^{22} \\ \text{SOTR}_{\text{spar}} &= 1.558.188 \text{ kg O}_2/\text{a} - 1.165.956 \text{ kg O}_2/\text{a} = 392.232 \text{ kg O}_2/\text{a} \\ \text{SAE} &= 4,2 \text{ kg O}_2/\text{kWh} \end{aligned}$$

Daraus resultiert folgende Stromeinsparung:

$$\begin{aligned} E_{\text{spar}} &= 392.232 \text{ kg O}_2/\text{a} / 4,2 \text{ kg O}_2/\text{kWh}^{23} = 93.389 \text{ kWh/a} \\ E_{\text{spar,spez}} &= 93.389 \text{ kWh/a} / 24.890 \text{ EW} = 3,75 \text{ kWh/(EW} \cdot \text{a)} \end{aligned}$$

¹⁹ Angenommener Primärschlammfall KA Treis bei aktueller mittleren Belastung

²⁰ Bei Bandeindicker, Trommeleindicker, Scheibeneindicker spez. Verbrauch <0,2 kWh/m³ [DWA-M 366]

²¹ Gemäß Berechnung nach DWA-A 131 aktuelle mittlere Belastung und Betriebsparameter (Entwässerung von Teilmenge)

²² Gemäß Berechnung nach DWA-A 131 aktuelle mittlere Belastung, VKB, anaerob, inkl. Rückbelastung

²³ vgl. Maßnahme „Erneuerung der Belüftung“ (Kapitel 4.2.1)

Im Rahmen der Studie wird eine 2-stufige Kompaktfaulung mit einem Faulraumvolumen von 970 m³ vorgesehen.

Der Strombedarf zur Durchmischung der Faulung wird entsprechend abgeschätzt:

$$E_{\text{Durchmischung}} = 970 \text{ m}^3 \cdot 3 \text{ W/m}^3 \cdot 8.760 \text{ h} = \text{rd. } 25.492 \text{ kWh/a}$$

Zur Erwärmung des Rohschlammes und der Deckung der Abstrahlverluste des Faulbehälters an die Umgebung wird der Schlamm durch Rohrwärmetauscher beheizt. Als Temperatur des Faulschlammes werden ganzjährig 38 °C vorgesehen. Die erforderliche Wärmemenge kann wie folgt berechnet werden:

Abstrahlverluste²⁴:

$$T_{\text{außen,Sommer}} = 15 \text{ °C}; T_{\text{Boden,Sommer}} = 10 \text{ °C}; T_{\text{außen,Winter}} = 5 \text{ °C}; T_{\text{Boden,Winter}} = 5 \text{ °C}$$

$$E_{\text{ab,Sommer}} = 187 \text{ kWh/d}$$

$$E_{\text{ab,Winter}} = 255 \text{ kWh/d}$$

$$E_{\text{ab}} = (0,5 \cdot 187 \text{ kWh/d} + 0,5 \cdot 255 \text{ kWh/d}) \cdot 365 \text{ d} = 80.592 \text{ kWh/a}$$

Rohschlammerwärmung:

$$T_{\text{Faulung}} = 38 \text{ °C}; T_{\text{RS,Sommer}} = 15 \text{ °C}; T_{\text{RS,Winter}} = 10 \text{ °C}$$

$$E_{\text{RS,Erwä}} = Q_{\text{RS}} \cdot (T_{\text{Faulung}} - T_{\text{Ein}}) \cdot c_{\text{pWasser}}$$

$$E_{\text{Sommer}} = 45,8 \text{ m}^3/\text{d} \cdot (38 \text{ °C} - 15 \text{ °C}) \cdot 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) = 1.224 \text{ kWh/d}$$

$$E_{\text{Winter}} = 45,8 \text{ m}^3/\text{d} \cdot (38 \text{ °C} - 10 \text{ °C}) \cdot 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) = 1.490 \text{ kWh/d}$$

$$E_{\text{th,FS}} = (0,5 \cdot 1.224 \text{ kWh/d} + 0,5 \cdot 1.490 \text{ kWh/d}) \cdot 365 \text{ d} = 495.404 \text{ kWh/a}$$

Bei Nutzung des Faulgases in einem BHKW kann Strom und Wärme gewonnen werden. Entsprechend der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Vordimensionierung können die gewonnenen Energiemengen wie folgt berechnet werden:

$$E_{\text{Brennstoff}} = 569 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 63 \text{ \%Methan} \cdot 10 \text{ kWh/m}^3_{\text{Methan}} \cdot 365 \text{ d/a} \\ = 1.309.147 \text{ kWh/a}$$

Faulgasnutzung durch ein Blockheizkraftwerk (BHKW):

$$100 \text{ kW}_{\text{el}}, 139 \text{ kW}_{\text{th}}, 282 \text{ kW}_{\text{Br}}, 35,5 \text{ \%}\eta_{\text{el}}, 49,3 \text{ \%}\eta_{\text{th}}$$

$$E_{\text{el}} = 1.309.147 \text{ kWh/a} \cdot 35,5 \text{ \%}_{\text{el}} = 464.237 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{a}$$

$$E_{\text{th}} = 1.309.147 \text{ kWh/a} \cdot 49,3 \text{ \%}_{\text{th}} = 645.289 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a}$$

²⁴ Entsprechend Vordimensionierung IG Dr. Siekmann + Partner mbH

Tab. 6: Energetische Effekte bei der Umstellung auf Faulung (aktuelle mittlerer Belastung 24.890 EW)

	Elektrisch [kWh/a]	Thermisch [kWh/a]
Vorklärbecken	4.380	-
Primärschlammumpwerk	481	-
MÜSE	-11.315	-
Einsparung Belebung	-93.389	-
Betrieb Faulung	25.492	80.592
Rohschlammerwärmung		495.404
Faulgasnutzung	-464.237	-645.289
Summe	-542.530	-69.293

Bei Reduktion des Fremdstrombezuges um die obenstehende Strommenge werden folgende THG-Emissionen eingespart:

$$542.530 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{291.339 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Die Investitionskosten können mit rd. 4.090.000,00 € brutto abgeschätzt werden. Davon können rd. 3.586.000,00 € brutto als förderfähig abgeschätzt werden (vgl. Tab Tab. 8).

4.2.3 Erneuerung Pumpen und Motoren

Ein Teil der Pumpen bzw. Antriebsmotoren stammt aus der Erstausrüstung und sind daher 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 niedrigere Wirkungsgrade auf.

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

$$E_{\text{spar}} = 12.542 \text{ kWh/a}$$

Dementsprechend werden folgende THG-Emissionen eingespart:

$$12.542 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = \mathbf{6.735 \text{ kg CO}_2/\text{a}}$$

Die Gesamtinvestitionskosten betragen: 40.000,00 € brutto (vgl. Tab. 9)

Erneuerung der Eindicker-Beschickungspumpen

Der spezifische Stromverbrauch der Eindicker-Beschickungspumpen weicht deutlich vom spezifischen Idealwert ab. Zur energetischen Optimierung sollen die Pumpen durch energieeffiziente Pumpen (inkl. Antriebsmotor) ausgetauscht werden. Durch Ansteuerung mittels FU soll eine bedarfsorientierte Steuerung ermöglicht werden.

Durch Erreichen des Idealwertes wird jährlich folgende Strommenge eingespart:

$$\begin{aligned} E_{\text{ideal}} &= 44.966 \text{ m}^3/\text{a}^{25} \cdot 15 \text{ m} \cdot 4,2 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) &= 2.833 \text{ kWh/a} \\ E_{\text{spar}} &= 7.089 \text{ kWh/a} - 2.833 \text{ kWh/a} &= \mathbf{4.256 \text{ kWh/a}} \end{aligned}$$

Investitionskosten: 8.000,00 € brutto

Erneuerung der Entwässerungs-Beschickungspumpen

Der spezifische Stromverbrauch der Pumpen zur Beschickung der Zentrifuge weicht deutlich vom spezifischen Idealwert ab. Zur energetischen Optimierung sollen die Pumpen durch energieeffiziente Pumpen (inkl. Antriebsmotor) ausgetauscht werden. Durch Ansteuerung mittels FU soll eine bedarfsorientierte Steuerung ermöglicht werden.

Durch Erreichen des Idealwertes wird jährlich folgende Strommenge eingespart:

$$\begin{aligned} E_{\text{ideal}} &= 11.713 \text{ m}^3/\text{a}^{26} \cdot 18 \text{ m} \cdot 4,2 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) &= 886 \text{ kWh/a} \\ E_{\text{spar}} &= 2.535 \text{ kWh/a} - 886 \text{ kWh/a} &= \mathbf{1.649 \text{ kWh/a}} \end{aligned}$$

²⁵ Dünnschlammmenge gemäß BTB 2019

²⁶ 3.082 m³ Menge Zentrifuge laut BTB im Jahr 2019 zzgl. 8.631 m³ Menge Dickschlamm laut BTB

Investitionskosten: 8.000,00 € brutto

Erneuerung Motoren Rührwerke Schlammspeicher

Der spezifische Stromverbrauch zur Durchmischung der Schlammsilos liegt oberhalb des Idealwertes. Durch den Austausch der Antriebsmotoren soll der Stromverbrauch optimiert werden.

$$\begin{aligned} E_{\text{ideal}} &= 350 \text{ m}^3 \cdot 5.206 \text{ h/a} \cdot 6 \text{ W/m}^{327} &= 10.932 \text{ kWh/a} \\ E_{\text{spar}} &= 17.569 \text{ kWh/a} - 10.932 \text{ kWh/a} &= \mathbf{6.637 \text{ kWh/a}} \end{aligned}$$

Investitionskosten: 8.000,00 € brutto

4.2.4 Installation von PV-Modulen auf geeigneten Dachflächen

Entsprechend Kapitel 3.1.2 sollen auf der östlich ausgerichteten Dachfläche des Betriebsgebäudes eine PV-Anlage, vorzugsweise aus Dünnschichtmodulen, installiert und zur Eigenstromerzeugung genutzt werden. Die möglichen Dachflächen besitzen eine Fläche von 250 m².

$$\begin{aligned} 250 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2/\text{kWp} &= 25 \text{ kWp} \\ 25 \text{ kWp} \cdot 750 \text{ kWh/kWp}^{28} &= \mathbf{18.750 \text{ kWh/a}} \end{aligned}$$

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

$$18.750 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{10.069 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Investitionskosten: 38.500,00 € brutto

4.2.5 Optimierung bestehende PV-Anlage

Durch Freischneiden der bestehenden PV-Anlage und eine Reinigung der PV-Module kann die spezifische Stromerzeugung gesteigert werden. Bei der aktuellen Ausrichtung der Anlage kann der Stromertrag rd. verdoppelt werden. Entsprechend kann folgende zusätzliche Strommenge gewonnen werden:

$$E_{\text{zus}} = (850 \text{ kWh/kWp} - 338 \text{ kWh/kWp}) \cdot 4,48 \text{ kWp} = 2.295 \text{ kWh/a}$$

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

$$1.926 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{1.035 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

²⁷ Annahme zum notwendigen Leistungseintrag zur Homogenisierung

²⁸ Annahme reduzierte Erzeugung wegen spezifischen Rahmenbedingungen

4.2.6 Umstellung Gebäudeheizung

Nach der Verfahrensumstellung auf Faulung kann durch die Faulgasnutzung bilanziell ein Wärmeüberschuss erzielt werden. Dieser kann zur Beheizung des Betriebsgebäudes genutzt werden. Dadurch kann auf die Nutzung von Heizöl im Heizkessel verzichtet werden.

$$E_{\text{Heiz, Öl}} = 37.485 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a} \rightarrow \text{Ersetzt durch } 37.485 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a} \text{ aus Faulgas}$$

Einsparung von:

$$E_{\text{Brenn, Öl}} = 44.100 \text{ kWh/a}$$

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

$$0,159 \text{ TJ}_{\text{Brennstoff/Heizöl}} \cdot 70 \text{ t CO}_2/\text{TJ} = \mathbf{11.130 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

4.2.7 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 Aggregate 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.

4.3 Umsetzungsfahrplan (Priorisierung/Zeitplanung/Akteure)

Folgender Umsetzungsfahrplan ist für die Umsetzung der im Rahmen der Kommunalrichtlinie förderfähigen vorgesehen:

Nr.	Maßnahmen	Baukosten (brutto) in TSE																																			
		2021				2022				2023				2024				2025				2026				2027											
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV								
1.	Erneuerung der Belüftung																																				
2.	Umstellung auf Faulung																																				
3.	Erneuerung von Pumpen und Motoren																																				
4.	Implementierung Energiemanagement																																				

Zeitpunkt der Beantragung Zeitrahmen für die Umsetzung

Abb. 17: Zeitplan der kurzfristigen Maßnahmen

Ergänzend sollen die weitere Maßnahmen nach den Kapiteln 4.2.4 bis 4.2.6 zur Steigerung der Eigenstromversorgung und der Senkung des Stromverbrauches sowie fossiler Brennstoffe umgesetzt werden.

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 4.2.7) 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
- Spezifische Faulgasproduktion $e_{FG} \geq 20 \text{ l(EW}\cdot\text{d)}$
- Eigenversorgungsgrad Wärme V_W ca. 100 %
- Eigenversorgungsgrad Strom V_E ca. 50 %

4.5 Vorplanung der kurzfristig und mittelfristig umsetzbaren Maßnahmen

Erneuerung der Belüftung

Bei der Erneuerung der Belüftung ist der Einsatz von Plattenbelüftern vorgesehen. Diese können im Gegensatz zur aktuell eingesetzten Belüfertechnik unmittelbar auf der Beckensole installiert werden, so dass kein Totraum unter diesen besteht. Es ist außerdem vorgesehen die Belüfter gleichmäßig in den Reaktoren zu verteilen und mindestens 20 % der Bodenfläche zu belegen. Dadurch kann durch die Belüftung eine ausreichende Durchmischung sichergestellt werden, so dass die bestehenden energieintensiven Rührwerke außer Betrieb genommen werden können. Auch in der unbelüfteten Phase (Denitrifikation) kann die Durchmischung durch kurze Belüftungsimpulse (Impulsbelüftung) erfolgen, ohne einen prozessschädlichen Sauerstoffeintrag zu erzeugen. Die zwei Rührwerke je Reaktor können inklusive der entsprechenden Brücke demontiert werden. Je SB-Reaktor kann eine Brücke z. B. zur Probennahme beibehalten werden.

Des Weiteren sind die Gebläse der Reaktoren 2 bis 4 als energieineffizient zu betrachten und weisen eine hohe Nutzungsdauer auf, so dass diese ersetzt werden. Durch den Einsatz von energieeffizienten, geregelten Gebläsen soll der Stromverbrauch minimiert werden. Zur Anpassung der Leistung an den Bedarf werden die Gebläse über Frequenzumrichter angesteuert. Ebenfalls wird der Einsatz von Turbogebbläsen geprüft. Diese weisen in der Regel einen höheren Wirkungsgrad im Teillastbereich auf und können besser geregelt werden. Allerdings ist die Eignung von Turbogebbläsen in Bezug auf die SBR-Technik zu prüfen.

Aufgrund des großen Reaktorvolumens kann der Umbau außerhalb der Hoch-Belastungszeiträume voraussichtlich durch eine aufeinanderfolgende Außerbetriebnahme und Entleerung der Reaktoren erfolgen. Eine ausreichende Abwasserreinigung wird entsprechend kontinuierlich durch 3 SB-Reaktoren sichergestellt.

Tab. 7: Investitionskosten Erneuerung der Belüftung

Nr.	Maßnahme	Gesamt
1.	Erneuerung der Belüftung	
	Demontage Altanlagentechnik	5.000,00
	Installation Belüftungseinrichtung (3 SBR-Reaktoren)	221.000,00
	Erneuerung Gebläseaggregate (2 SBR-Reaktoren)	125.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	5.000,00
	Zwischensumme	356.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	89.000,00
	Gesamt, netto	445.000,00
	zzgl. 19% MwSt.	84.550,00
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	530.000,00

Neubau einer Faulung und Umstellung auf Faulung

Als Faulungsanlage soll eine zweistufige Faulung dienen. Durch dieses Verfahren können abbaukinetische Vorteile und höhere Gaserträge gegenüber einer einstufigen Faulung mit gleichem Faulraumvolumen erzielt werden. Die Faulbehälter sind jeweils mit einem quadratischen Grundriss vorgesehen. Durch Integration von Vorklärbecken in den Verfahrensablauf der Abwasserreinigung der Kläranlage Treis kann energiereicher Primärschlamm gewonnen und der Faulung zugegeben werden.



Abb. 18: 2-stufige Kompaktfaulung Kläranlage Westerburg

Durch die Umstellung auf Faulung kann das erforderliche Schlammalter innerhalb der Reaktoren reduziert werden. Des Weiteren findet eine Frachtreduzierung durch die Integration der Vorklärung in den Verfahrensablauf statt, so dass das erforderliche SBR-Volumen reduziert wird. Gemäß vorläufiger Überrechnung nach den dem DWA- Arbeitsblatt 131 und DWA-Merkblatt 210 kann ein SB-Reaktor außer Betrieb genommen werden. Dadurch kann der entsprechende SB-Reaktor entleert werden und die Bodenplatte als Baufeld für die Errichtung der Vorklärbecken sowie der Kompaktfaulung inkl. Technikgebäude dienen. In diesem Kontext können ggf. aufgeständerte Vorklärbecken aus Edelstahl eingesetzt werden. Das Primärschlammumpwerk zur Förderung des Schlammes kann inkl. Zerkleinerungsaggregat in dem Technikgebäude der Faulung installiert werden, so dass kein zusätzliches Gebäude o. Ä. benötigt wird.

Der Überschussschlamm soll durch eine mechanische Überschussschlammverdickung konditioniert und ebenfalls der Faulung zugegeben werden. Zur Rohschlammzwischen-speicherung kann einer der bestehenden Schlamm Speicher genutzt werden.

Der Rohschlamm wird durch einen Rohwärmetauscher auf die Temperatur des Faulbehälters erwärmt. Der Wärmetauscher ist ebenfalls im Kreislauf der außenliegenden Umwälzung durch zwei Kreiselpumpen integriert, so dass die Abstrahlungsverluste ausgeglichen werden können. Zur zusätzlichen Umwälzung ist jeder Faulbehälter mit einem Zentralrührwerk ausgerüstet.

Der ausgefaulte Schlamm kann vor der Entwässerung in dem verbleibendem Schlamm-speicher gepuffert werden. Die Zuführung kann voraussichtlich durch Verdrängung er-folgen. Zur Entwässerung des Faulschlammes kann die aktuelle Anlagentechnik ohne weitere Anpassungen genutzt werden.

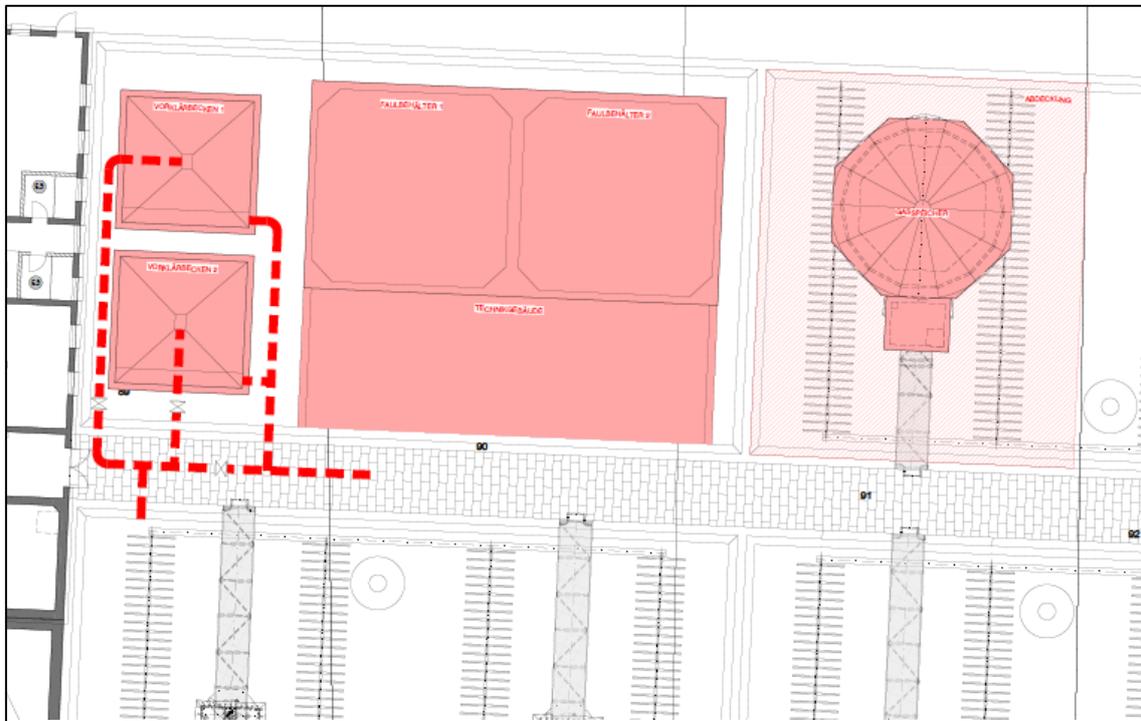


Abb. 19: Planausschnitt Vorklärbecken, Kompaktfaulung, Gasspeicher

Das im Faulungsprozess gewonnen Faulgas soll durch ein BHKW genutzt werden. Da-bei wird Strom gewonnen, der zur Reduktion des Fremdstrombezuges genutzt werden kann. Die anfallende Wärme wird zur Deckung des Wärmebedarfes der Faulung und des Betriebsgebäudes genutzt. Das BHKW kann auf der KA Treis entweder in der aktu-ellen Schlammmentwässerungshalle aufgestellt oder im Kellergeschoss im Raum des Not-stromaggregates integriert werden. Durch die räumlich Nähe zum aktuellen Heizungs-system der Kläranlage im Keller könnte eine einfache Einbindung erfolgen.

Zur Faulgaspufferung und um die Faulgasnutzung zu flexibilisieren, ist die Errichtung eines Gasspeichers vorgesehen. Die Größe ist dabei der Leistung und der Modulierbar-keit des BHKW's anzupassen. Bei Verwendung eines drucklosen Gasspeichers ist keine weitere Druckerhöhung notwendig.

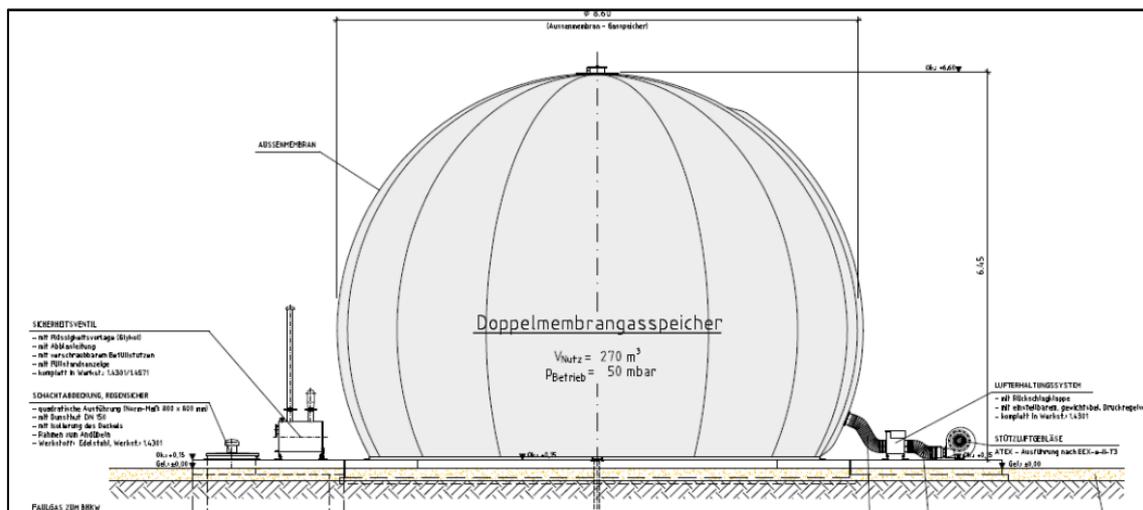


Abb. 20: Doppelmembrangasspeicher

Der Gasspeicher kann an verschiedenen Orten errichtet werden. Einerseits ist die Errichtung auf dem an die Faulung angrenzenden SB-Reaktor möglich. Dazu würde rd. die Hälfte des Reaktors durch eine z. B. Stahlbetonplatte abgedeckt werden. Durch den Einsatz eines Doppelmembrangasspeichers, der eine geringe Masse aufweist, kann die benötigte Tragfähigkeit der Abdeckplatte minimiert werden.

Alternativ kann der Gasspeicher auf der östlichen Erweiterungsfläche, im Anschluss an die SB-Reaktoren errichtet werden.

Um im Revisionsfall das Faulgas ordnungsgemäß entsorgen zu können, soll überdies hinaus eine Notgasfackel errichtet werden. Um diese herum ist ein unbebauter Schutzstreifen einzuhalten. Die Errichtung ist auf der östlichen Erweiterungsfläche vorgesehen.

Tab. 8: förderfähige Investitionskosten Umstellung auf Faulung

Nr.	Maßnahme	Gesamt
2.	Umstellung auf Faulung und Errichtung eines Vorklärbeckens	
	Rückbau Anlagentechnik	20.000,00
	Vorklärbecken	250.000,00
	Primärschlammumpwerk	50.000,00
	Kompaktfaulbehälter	813.000,00
	Technikgebäude	315.000,00
	Gasspeicher und Gasfackel	425.000,00
	Verbindende Rohrleitungen	50.000,00
	EMSR-Technik	150.000,00
	Sonstiges	338.000,00
Zwischensumme		2.411.000,00
zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%		602.750,00
Gesamt, netto		3.013.750,00
zzgl. 19% MwSt.		572.612,50
Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet		3.586.000,00

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, oder Antriebsmotoren) und Anpassungen der bestehenden Rohrleitungen im geringen Umfang zum Anschluss vorgesehen. Als Antriebsmotoren werden energiesparende Motoren mit Effizienzklasse IE 4 bzw. IE 3 bei Ansteuerung mittels FU, vorgesehen.

Neben den Pumpen zur Beschickung der Voreindickung sollen ebenfalls die Pumpen zur Beschickung der Schlammmentwässerung, inkl. Antriebsmotor ausgetauscht werden. Bei der Erneuerung der Pumpen wird die Dimensionierung dieser nochmals geprüft, so dass diese gezielt im Auslegungspunkt und bei optimiertem Wirkungsgrad betrieben werden.

Zur Reduktion des Stromverbrauches zur Durchmischung der Schlammsilos sollen die Antriebsmotoren der Rührwerke durch energieeffiziente Motoren ausgetauscht werden. Ggf. kann im Rahmen dieser Maßnahme ebenfalls ein Austausch der Rührwerkstechnik untersucht und umgesetzt werden.

Tab. 9: Investitionskosten Erneuerung Pumpen und Motoren

Nr.	Maßnahme	Gesamt
3.	3.1 Erneuerung der Voreindicker-Beschickungspumpen	
	Demontage Altanlagentechnik	500,00
	2 St. Exzentertschneckenpumpen	8.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	500,00
	3.2 Erneuerung der Entwässerungs-Beschickungspumpen	
	Demontage Altanlagentechnik	500,00
	2 St. Exzentertschneckenpumpen	8.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	500,00
	3.3 Erneuerung der Motoren Rührwerke Schlammspeicher	
	Demontage Altanlagentechnik	500,00
	2 St. Antriebsmotoren	8.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	500,00
	Zwischensumme	27.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	6.750,00
	Gesamt, netto	33.750,00
	zzgl. 19% MwSt.	6.412,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	40.000,00

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 Gebläse-Aggregate als größter Stromverbraucher der Kläranlage mit einzelnen Messungen zu versehen.

Tab. 10: Investitionskosten Implementierung eines Energiemanagements

Nr.	Maßnahme	Gesamt
4.	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: Deckungsquote des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien

	Strom			Wärme		
	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a] ²⁹	Deckungs- grad	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungs- grad
2019	719.508	0	0 %	39.458	1.973	5 %
Nach kurz- fristigen Maßnah- men	511.055	0	0 %	39.458	1.973	5 %
Nach allen Maßnah- men	424.162	482.987	100 %	613.418	645.289	100 %

²⁹ Nur Eigenverbrauch

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

Der gesamte spezifische Strombedarf beträgt nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen:

$$E_{\text{spez}} = (719.508 \text{ kWh/a} - 208.453 \text{ kWh/a}) / 24.890 \text{ EW} = 20,53 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a})$$

Nach der Umsetzung aller Maßnahmen beträgt der Stromverbrauch:

$$E_{\text{spez}} = (719.508 \text{ kWh/a} - 295.346 \text{ kWh/a}) / 24.890 \text{ EW} = 17,04 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a})$$

Bei dem nach den Maßnahmen erzielten Stromverbrauch beträgt der spezifische Fremdstrombezug nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen ebenfalls 20,53 kWh/(EW·a) und entspricht dem Stromverbrauch.

Bei Umsetzung aller Maßnahmen ergibt sich durch die gesteigerte Stromerzeugung folgender spezifischer Fremdbezug:

$$\begin{aligned} E_{\text{spez, Fremd, el}} &= (719.508 \text{ kWh/a} - 295.346 \text{ kWh/a} - 482.987 \text{ kWh/a}) / 24.890 \text{ EW} \\ &= - 2,36 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a}) \end{aligned}$$

Entsprechend wird der Zielwert³⁰ eines spezifischen Stromverbrauchs von 23 kWh/(EW·a) erreicht.

Der Gesamtdeckungsgrad der Anlage (elektrisch und thermisch) beträgt nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen rd. 0,5 % und nach Umsetzung aller Maßnahmen bilanziell 100 %.

Thür, 17.06.2021

i. A.

Dr. Markus Bombeck

i. A.

Lukas Ellerich

**Ingenieurgesellschaft
Dr. Siekmann + Partner mbH**

³⁰ 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.“