



Potenzialstudie
Kläranlage Linz-Unkel
Abwasserzweckverband Linz-Unkel

Auftraggeber : Abwasserzweckverband Linz-Unkel
Am Schoppbüchel 5
53545 Linz am Rhein

Datum : 21.12.2019

Projekt-Nr. : 19 056

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	7
2.1.2 Kurzdarstellung des Reinigungsverfahrens	7
2.1.3 Produzierte Faulgasmenge und Nutzung	16
2.1.4 Art der Schlammentsorgung.....	16
2.1.5 Anfallende und entsorgte Schlammengen.....	17
2.1.6 Grad der Automatisierung der Anlagen	17
2.1.7 Sanierungsbedarf von Bau-, Maschinen- und EMSR-Technik.....	18
2.1.8 Lokale Rahmenbedingungen	18
2.1.9 Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen	19
2.2 Sensor-/Messtechnik und Kontrolle der Abwasserqualität.....	22
2.3 Personalsituation	23
2.3.1 Weiterbildungsbedarf	23
2.3.2 Darstellung der Qualität der Betriebsführung der Anlage	23
2.3.3 Teilnahme an Benchmarks der Verbände	23
2.3.4 Relevanz und Know-How zum Energieverbrauch	23
2.4 Beabsichtigte Planungen.....	24
2.5 Analyse des Energieverbrauchs.....	24
2.5.1 Aufnahme aller wichtigen Energieverbraucher (geordnet nach Anlagenteilen).....	24
2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten.....	26

2.5.3	Wärmebedarf auf der Anlage	30
2.6	Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz	31
2.7	Zusammenfassung aktuelle energetische Situation.....	31
2.8	Bewertung anhand energetischer Beurteilungskriterien und Ermittlung spezifischer Kennzahlen	32
2.8.1	Idealwertbestimmung nach DWA-A 216.....	32
2.9	Gegenüberstellung von verbrauchter und erzeugter Energie	35
2.9.1	Eigenversorgungsgrad Strom.....	36
2.9.2	Eigenversorgungsgrad Wärme.....	36
2.10	Kommunales Abwassernetz / Pumpstationen	36
3.	Potenzialanalyse	39
3.1	Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienzpotenziale	39
3.1.1	Identifizierung von Ansatzpunkten.....	39
3.1.2	Ansätze zur Nutzung Erneuerbarer Energie	42
3.1.3	Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen durch Digitalisierung und Energiemanagementsysteme.....	43
3.2	Definition von kurz-, mittel- und langfristigen Einspar- und Versorgungszielen	43
3.3	Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele	43
4.	Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung.....	44
4.1	Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen.....	44
4.2	Detaillierte Beschreibung möglicher Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen, von Maßnahmen zur klimafreundlichen Betriebsoptimierung und zur effizienten und klimaschonenden Energieerzeugung	45

4.2.1	Erneuerung der Belüftung	45
4.2.2	Erneuerung des Rücklaufschlammumpwerks.....	46
4.2.3	Erneuerung des Überschussschlammumpwerks.....	46
4.2.4	Erneuerung der Pumpen im Pumpwerk Erpel	47
4.2.5	Erneuerung des Pumpwerkes Kasbach	47
4.2.6	Erneuerung des Pumpwerkes Linz (Burgplatz)	47
4.2.7	Klärschlammverwertung im Verbund.....	48
4.2.8	Implementierung eines Energiemanagements	50
4.2.9	Optimierung Mikrogasturbine	50
4.2.10	Eigennutzung der PV-Module nach entfallenen EEG-Förderung.....	50
4.3	Umsetzungsfahrplan (Priorisierung/Zeitplanung/Akteure).....	51
4.4	Entwicklung geeigneter Indikatoren für die Erfolgskontrolle der Maßnahmen.....	51
4.5	Vorplanung der kurzfristig umsetzbaren Maßnahmen	52
4.6	Prüfung der Sicherstellung der Mindestziele	57
4.6.1	Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme.....	57
4.6.2	Spezifischer jährlicher Strombedarf der gesamten Anlage (inkl. lokal umgewandelter Energie)	58

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht Anlagenstufen und Aggregate	14
Tab. 2: Zusammenstellung der wichtigsten Energieverbraucher	24
Tab. 3: Zusammenstellung der Stromverbräuche (2018)	26
Tab. 4: Zusammenstellung spezifische Stromverbräuche und Idealwerte (Betriebsjahr 2018)	32
Tab. 5: Gegenüberstellung Stromverbrauch und Stromerzeugung (Jahr 2018).....	35
Tab. 6: Übersicht Pumpwerke	36
Tab. 7: Investitionskosten Erneuerung Belüftungseinrichtung	52
Tab. 8: Investitionskosten Rücklaufschlamm- und Überschussschlammumpwerk	53
Tab. 9: Investitionskosten Pumpwerk Linz Burgplatz	54
Tab. 10: Investitionskosten Pumpwerke Erpel und Kasbach	55
Tab. 11: Investitionskosten Klärschlammverwertung im Verbund	56
Tab. 12: Deckungsquoten des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien.....	57

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Karte Kläranlage Linz-Unkel	5
Abb. 2: Luftbild Kläranlage Linz-Unkel	6
Abb. 3: Trommelsiebanlage	8
Abb. 4: Rechengutpresse	8
Abb. 5: Langsand- und Fettfang.....	8
Abb. 6: Belebungsbecken	9
Abb. 7: Nachklärbecken.....	10
Abb. 8: Rücklaufschlammumpwerk.....	10
Abb. 9: Überschussschlammumpen.....	10
Abb. 10: Rohschlamm- und Fremdschlammannahmebehälter.....	11
Abb. 11: Kompaktfaulung mit Technikgebäude.....	11
Abb. 12: Scheibeneindicker	11
Abb. 13: Mikrogasturbine	12
Abb. 14: Doppel-Membran-Gasspeicher.....	12
Abb. 15: Schneckenpresse	12
Abb. 16: Trockner	13
Abb. 17: Pyreg-Anlage und Schlammbehandlungsgebäude	13
Abb. 18: Retrospektive Faulgasertrag KA Linz-Unkel (2013-2018)	16
Abb. 19: Klärschlammmentsorgung KA Linz-Unkel (2013-2019).....	17
Abb. 20: Fracht der Fa. Rabenhorst [EW]	18
Abb. 21: Schema Stromerzeuger auf der KA Linz-Unkel.....	19
Abb. 22: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2018)	28
Abb. 23: Geordnete Liste der elektrischen Verbraucher (Jahr 2018).....	29
Abb. 24: Zusammenstellung der Wärmeverbraucher (Jahr 2018)	30
Abb. 25: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie (DWA A-216).....	36
Abb. 26: Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren (DWA A-216)	39
Abb. 27: Retrospektive Strom- und Gasbezug	44
Abb. 28: Zeitplan der kurzfristigen Maßnahmen.....	51
Abb. 29: Planausschnitt Flächenbelüftung	52
Abb. 30: Belüfterplatten	52
Abb. 31: Konzeptplan neue Pumpstation Linz Burgplatz.....	54

Kurzfassung

Die Kläranlage Linz-Unkel (Rheinland-Pfalz) mit einer nominalen Ausbaugröße von 28.800 EW ist als mechanisch-biologische Abwasserreinigungsanlage mit Schlammfäulung und weitergehender thermischer Klärschlammbehandlung ausgeführt. Dabei wird der ausgefäulte Schlamm entwässert, getrocknet und anschließend durch eine Karbonisierungsanlage thermisch behandelt.

Der Stromverbrauch im Jahr 2018 betrug 1.037.370 kWh. Davon wurden 385.169 kWh auf der Anlage erzeugt. Der Deckungsgrad beträgt **37 %**.

Bei der aktuellen mittleren Belastung mit 31.251 EW berechnet sich der spezifische Energiebedarf zu **33,19 kWh/(EW·a)**. Die Kläranlage weist demnach einen durchschnittlichen Energiebedarf für Belebungsanlagen mit anaerober Schlammstabilisierung auf. Weitere Optimierungspotentiale, besonders im Bereich Wärme und der Eigenenergieerzeugung, sollen genutzt werden.

Es wird beabsichtigt Förderanträge für folgende Förderschwerpunkte zu stellen:

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

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

Maßnahme	Investitionskosten und Zeitpunkt der Fördermittelbeantragung
Klärschlammbehandlung im Verbund	893.000,00 € (3. Quartal 2022)
Erneuerung der Belüftungseinrichtung	528.000,00 € (3. Quartal 2020)
Erneuerung von Pumpen und Motoren	676.000,00 € (3. Quartal 2022)
Implementierung eines Energiemanagements	35.000,00 € (3. Quartal 2022)

Nach Umsetzung dieser Maßnahmen entspricht der spezifische Energieverbrauch **26,7 kWh/(EW·a)**. Aufgrund des eigen erzeugten Stroms reduziert sich der Fremdstrombezug nach Umsetzung aller Maßnahmen auf **14,38 kWh/(EW·a)**.

Ergänzend werden noch weitere Maßnahmen (vgl. 4.2.9 bis 4.2.10 bis) zur energetischen Optimierung und Steigerung der Eigenstromerzeugung umgesetzt. Durch Umsetzung der Maßnahmen aus Kapitel 4.2.4 bis 4.2.6 wird überdies der Strombedarf der Pumpwerke des Kanalnetzes gesenkt.

Nach Durchführung aller Maßnahmen entspricht der spezifische Fremdstrombezug **13,15 kWh/(EW·a)**, woraus sich ein Deckungsgrad von **35 %_{el}** ergibt (**51 %_{ges}**).

1. Vorbemerkung

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

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

Die Gliederung dieser Potenzialstudie bzw. deren inhaltliche Ausgestaltung basiert auf den konkreten Vorgaben gemäß Vorhabensbeschreibung für den Förderschwerpunkt *2.6.2 Potenzialstudie Abwasserbehandlungsanlage (PTJ, Version: 06/2019)*. Ergänzend wurden konkretisierende Vorgaben des *Hinweisblatts für strategische Förderschwerpunkte (Stand: 7. März 2019)* berücksichtigt.

2. Bestandsaufnahme

2.1 Aufnahme der Bestandssituation der Kläranlage

Die Kläranlage Linz-Unkel ist eine Kläranlage des Zweckverbandes Abwasserbeseitigung Linz-Unkel im nördlichen Rheinland-Pfalz. Die Kläranlage ist unmittelbar am Rhein zwischen den Ortschaften Unkel und Rolandsmühle gelegen.



Abb. 1: Karte Kläranlage Linz-Unkel



Abb. 2: Luftbild Kläranlage Linz-Unkel

Die Zufahrt zur Kläranlage erfolgt über einen asphaltierten Weg, der parallel zu einer Eisenbahntrasse verläuft.

2.1.1 Angeschlossene Einwohnerwerte und Alter der Anlage

Objekt	:	Kläranlage Linz-Unkel
Baujahr/Inbetriebnahme	:	1993
Ausbaugröße	:	28.800 EW (Größenklasse IV)
aktuelle Belastung ¹	:	31.251 EW _{CSB} ²

An die Kläranlage Linz-Unkel sind die Ortschaften Linz, Leubsdorf, Ockenfels, Dattenberg und Kasbach-Ohlenberg der Verbandsgemeinden Linz sowie die Orte Rheinbreitbach, Unkel, Bruchhausen und Erpel der Verbandsgemeinde Unkel angeschlossen.

Die Firma Rabenhorst, ein Hersteller von Fruchtsäften, ist ein zusätzlicher signifikanter gewerblicher Einleiter. Hieraus resultieren teils starke Spitzenbelastungen.

In den vergangenen Jahren wurde die Kläranlage Linz-Unkel in zwei Bauabschnitten grundlegend umgebaut. Im Jahre 2011 erfolgte eine Verfahrensumstellung auf Schlammfäulung. Zur Faulgasverwertung wurde eine Mikrogasturbine samt notwendiger Peripherie errichtet. In diesem Rahmen wurde ebenfalls die Belüftungseinrichtung in einem der beiden Belebungsbecken erneuert und das andere außer Betrieb genommen.

Im Jahr 2015 folgte im zweiten Bauabschnitt die Errichtung einer Klärschlamm-trocknung mit anschließender Karbonisierungsanlage zur thermischen Klärschlammverwertung.

Zusätzlich wird Biomasse der Firma Jennewein Biotechnologie GmbH und Safrückstände der Firma Haus Rabenhorst in den Faulbehältern mitbehandelt.

2.1.2 Kurzdarstellung des Reinigungsverfahrens

Das aus dem jeweiligen Einzugsgebiet der Verbandsgemeinden Linz und Unkel anfallende Abwasser wird zunächst durch ein Zulaufpumpwerk (4 St. trocken aufgestellte Kreiselpumpen) auf Kläranalagniveau gehoben und anschließend über zwei parallel angeordnete Feinsiebrechenanlagen (Trommelsiebanlagen Fa. Passavant) mechanisch vorgereinigt. Das Rechengut wird durch eine Rechengutwäsche von organischen Bestandteilen getrennt und in einer Rechengutpresse kompaktiert.

¹ bezogen auf 120 g CSB/(EW · d)

² Wert aus 36 St. 24-h Mischproben (2018), 32.279 EW_{CSB} nach 158 St. 2-h Mischproben (2018)



Abb. 3: Trommelsiebanlage

Im nachfolgenden Langsand- und Fettfang erfolgt die Abscheidung mineralischer Abwasserinhaltsstoffe sowie die Flotation von Fetten.



Abb. 4: Rechengutpresse



Abb. 5: Langsand- und Fettfang

Die Messung der Zulaufmenge erfolgt durch eine magnetisch induktive Durchflussmessung (MID).

Anschließend wird in einem Vorklärbecken durch Sedimentation energiereicher Primärschlamm gewonnen. Der abgesetzte Schlamm wird mit Hilfe eines zentral angetriebenen Schildräumers in den mittigen Schlammtrichter befördert.

Im als Rundbecken ausgeführten Belebungsbecken ($V_{\text{Nutz}} = 5.100 \text{ m}^3$) erfolgt die biologische Abwasserbehandlung. Zur Belüftung des Abwasser-Belebtschlammgemisches wurden flächig angeordnete großformatige Belüfterplatten (Fa. Messner) installiert. Aufgrund der Verfahrensführung mit intermittierender Belüftung und Anwendung der Rohrströmungstechnologie ist kein Einsatz eines weiteren Rührwerks erforderlich. Das Becken ist durch eine Trennwand in Holzbauweise zweigeteilt.



Abb. 6: Belebungsbecken

Zur Abscheidung des Belebtschlammes vom gereinigten Abwasser sind zwei runde, horizontal durchflossene Nachklärbecken mit trichterförmiger Sohle vorhanden, die über ein vorgeschaltetes Verteilerbauwerk beschickt werden. Die gereinigte Klarphase fließt über ein nachgeschaltetes Ablaufmessbauwerk in den Vorfluter Rhein. Die Mengemessung erfolgt durch eine magnetisch induktive Mengemessung (MID). Für den Eventualfall ist ein zusätzliches Hochwasserpumpwerk vorhanden.



Abb. 7: Nachklärbecken

Die Rücklaufschlammförderung aus den Nachklärbeckentrichtern in das Belebungsbecken erfolgt durch zwei Förderschnecken. Der Abzug von Überschussschlamm erfolgt durch zwei trocken aufgestellte Kreiselpumpen. Das Primärschlammumpwerk ist mit zwei Exzentrerschneckenpumpen und einem vorgeschalteten Mazerator ausgeführt. Der abgezogene Schlamm wird im Rohschlammbehälter zwischengespeichert



Abb. 8: Rücklaufschlammumpwerk



Abb. 9: Überschussschlammumpen

Der Überschussschlamm wird über einen Scheibeneindicker maschinell voreingedickt und gemeinsam mit dem Primärschlamm in dem 2-stufigen Kompaktfaulbehälter ($V_{\text{Behälter1}} = 500 \text{ m}^3$, $V_{\text{Behälter2}} = 470 \text{ m}^3$) ausgefault. Der Fremdschlammannahmebehälter dient neben der Annahme von Fremdschlämmen zusätzlich als Puffer zur Speicherung von eingedicktem Überschuss- und Primärschlamm.



Abb. 10: Rohschlamm- und Fremdschlammannahmebehälter



Abb. 11: Kompaktfaulung mit Technikgebäude



Abb. 12: Scheibeneindicker

Die erforderliche Betriebstemperatur in Faulbehältern wird durch eine Schlammumwälzung (2 St. Kreiselpumpen) über einen Schlammwärmetauscher eingestellt. Das Faulgas wird in einer Mikrogasturbine (Fa. Capstone) zur Eigenstrom- und Wärmeerzeugung genutzt. Als Faulgaspuffer dient ein Doppel-Membran-Gasspeicher mit Stützluftgebläse.



Abb. 13: Mikrogasturbine



Abb. 14: Doppel-Membran-Gasspeicher

Der ausgefaulte Schlamm wird zunächst in 2 St. Nacheindicker abgelassen und anschließend mit einer Schneckenpresse (Fa. Ishigaki) entwässert und in einem Niedertemperaturbandtrockner (Fa. Eliquo Stulz) getrocknet.



Abb. 15: Schneckenpresse



Abb. 16: Trockner

Der getrocknete Klärschlamm wird in einer Karbonisierungsanlage (Fa. Pyreg) thermisch verwertet.



Abb. 17: Pyreg-Anlage und Schlammbehandlungsgebäude

Für das innovative Schlammbehandlungskonzept wurde die Anlage im Jahre 2014 mit dem Umweltpreis des Landes Rheinland-Pfalz ausgezeichnet.

Tab. 1: Übersicht Anlagenstufen und Aggregate

Anlagenstufe	Volumen	Aggregat
Zulaufpumpwerk		4 St. trocken aufgestellte Kreiselpumpen H = je 9,00 m WS
Rechenanlage		2 St. Trommelsiebanlage Mit Rechengutwäscher Und Rechengutpresse
Belüfteter Langsandfang und Fettfang		L = 20 m
Zulaufmengenmessung		MID DN 500
Belebungsbecken	$V = 5.100 \text{ m}^3$	D = 37 m $W_T = \text{ca. } 4,75 \text{ m}$
Gebläsestation		4 St. Drehkolbengebläse
Nachklärbecken 1		1 St. Rundräumer $A_{\text{Eff}} = 695 \text{ m}^2$ D = 30 m
Nachklärbecken 2		1 St. Rundräumer $A_{\text{Eff}} = 695 \text{ m}^2$ D = 30 m
Ablaufmengenmessung		MID DN 500 Hochwasserpumpwerk
Rücklauf- und Über- schussschlamm-pumpwerk		2. St Schneckenpumpen je D = 900 mm Q = je 400 m ³ /h H = je 3 m WS 2 St. trocken aufgestellte Kreiselpumpen Q = je 600 m ³ /h H = je 4 m WS
Vorklärbecken	$V_{\text{Nutz}} = 265 \text{ m}^3$	1 St. Rundräumer D = 10 m $W_T = 3,27 \text{ m}$
Primärschlamm-pumpwerk		2 St. Exzentrerschnecken- pumpen mit 1 St. Mazera- tor Q = je. 36 m ³ /h H = 20 m (man.)
Kompaktfaulbehälter	$V_{\text{Nutz1}} = 500 \text{ m}^3$ $V_{\text{Nutz2}} = 470 \text{ m}^3$	2 St. Zentralrührwerke
Heizschlammumwälzung		2 St. Kreiselpumpen Q = je 65 m ³ /h H = 1,6 m (man)
Maschinelle Schlamm-ein- dickung		Scheibeneindicker mit Dünn- und Dickschlamm- pumpe sowie Flockungs- mittelaufbereitung

Schlammwässerung		Schneckenpresse mit Dünnschlamm- und Dickschlamm-pumpe sowie Flockmittel-aufbereitung
Schlamm-trockner		Niedertemperatur-band-trockner
thermische Schlammbe-handlung		Karbonisierungsanlage (Pyreg)

2.1.3 Produzierte Faulgasmenge und Nutzung

Der auf der Kläranlage Linz-Unkel anfallende Klärschlamm wird seit dem Jahr 2011 anaerob stabilisiert. Die gewonnenen Faulgasmengen sind folgendem Graphen zu entnehmen:

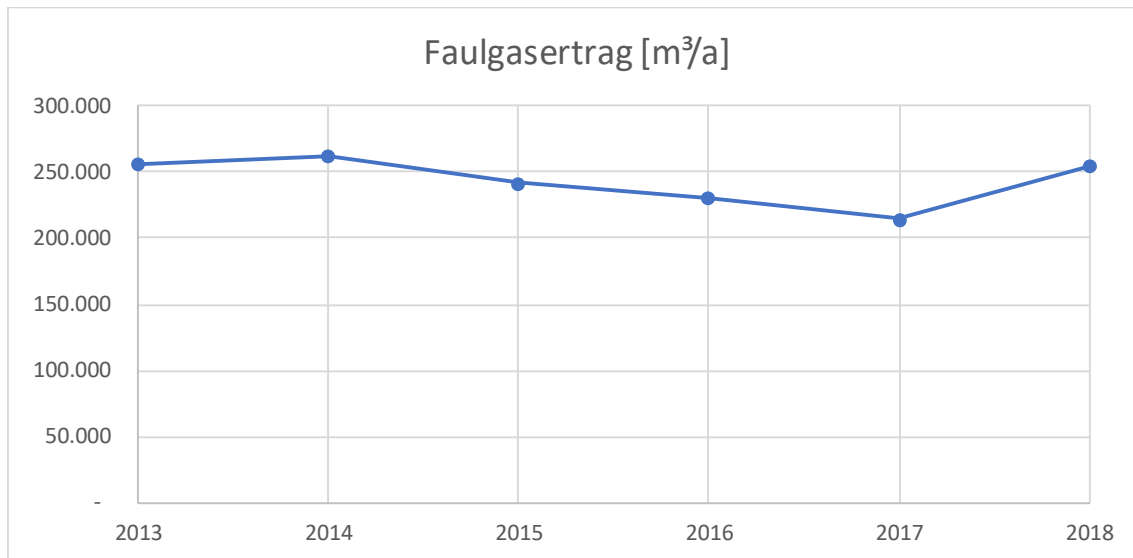


Abb. 18: Retrospektive Faulgasertrag KA Linz-Unkel (2013-2018)

Der Median des Methangehaltes der Faulgasanalysen in den Jahren 2012 bis 2017 lag bei rd. 60 %.

Das Faulgas wird in der Mikrogasturbine zur Strom- und Wärmeproduktion genutzt. Teils wurde es bei gesteigertem Wärmebedarf auch zur Feuerung des Heizkessels verwendet. Wenn die anfallende Faulgasmenge nicht vollständig von der Turbine verarbeitet werden kann, werden Teilmengen, z. B. im Revisionsfall, Betriebsstörungen oder während Wartungsarbeiten, durch Einsatz der Fackel abgebrannt.

$$E_{Br,Fg} = 255.220 \text{ m}^3/\text{a} \cdot 60 \%_{\text{Methan}} \cdot 10 \text{ kWh}/\text{m}^3 = 1.531.320 \text{ kWh}/\text{a}$$

2.1.4 Art der Schlammentsorgung

Der anfallende Klärschlamm wird in der Pyreg-Anlage karbonisiert. Zielsetzung dabei ist es, das Karbonisat zum Phosphorrecycling an die Düngemittelindustrie abzugeben.

2.1.5 Anfallende und entsorgte Schlammengen

Auf der KA Linz-Unkel wurde im Jahr 2019 erstmals die gesamte thermisch behandelte Klärschlammmenge an die Düngemittelindustrie weitergegeben.

Jahr	Landwirtschaftliche Verwertung [Mg/a]	Karbonisat Abgabe Verbrennung [Mg/a]	Karbonisat Abgabe Düngemittelindustrie [Mg/a]
2013	2.113	-	-
2014	2.501	-	-
2015	1.967	-	-
2016	1.268	92	-
2017	226	188	-
2018	243	148	70
2019 ³	255	-	204

Abb. 19: Klärschlamm Entsorgung KA Linz-Unkel (2013-2019)

2.1.6 Grad der Automatisierung der Anlagen

Durch implementierte Mess- und Regeltechnik (vgl. Kap. 2.2) erfolgt die Regelung der meisten Aggregate automatisiert und an z. B. die Zulaufmenge angepasst. Der Betrieb der thermischen Schlammbehandlung erfolgt durch ein vom Prozessleitsystem der Abwasserreinigung losgelöstes Prozessleitsystem.

³ Unvollständig. Menge bis einschließlich September 2019

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

Die Trommelsiebanlagen der Fa. Passavant sind dringend sanierungsbedürftig. Durch provisorische Reparaturen können diese kurzfristig genutzt werden. Eine neue Rechenanlage inkl. Rechengutwaschpressen, Räumbrücke des Sandfangs und ein Sandwaschklassierer befinden sich aktuell in Planung und Umsetzung. Im selben Projekt wird ebenfalls das Zulaufpumpwerk erneuert und mit energieeffizienten Pumpen ausgerüstet.

2.1.8 Lokale Rahmenbedingungen

Die Kläranlage liegt direkt am Rhein und kann ggf. auch von Hochwasserereignissen betroffen sein.

Das Einzugsgebiet der Kläranlage wird überwiegend im Mischsystem und teils im Trennsystem entwässert. Zur Abwasserableitung werden mehrere Pumpwerke benötigt (vgl. 2.10).

Signifikanter gewerblicher Abwassereinleiter ist die in der Stadt Unkel ansässige Fa. Rabenhorst. Aus der Herstellung von Frucht- und Gemüsesäften resultieren starke saisonabhängige Belastungsschwankungen zwischen rd. 2.000 EW_{CSB} und 21.000 EW_{CSB}.

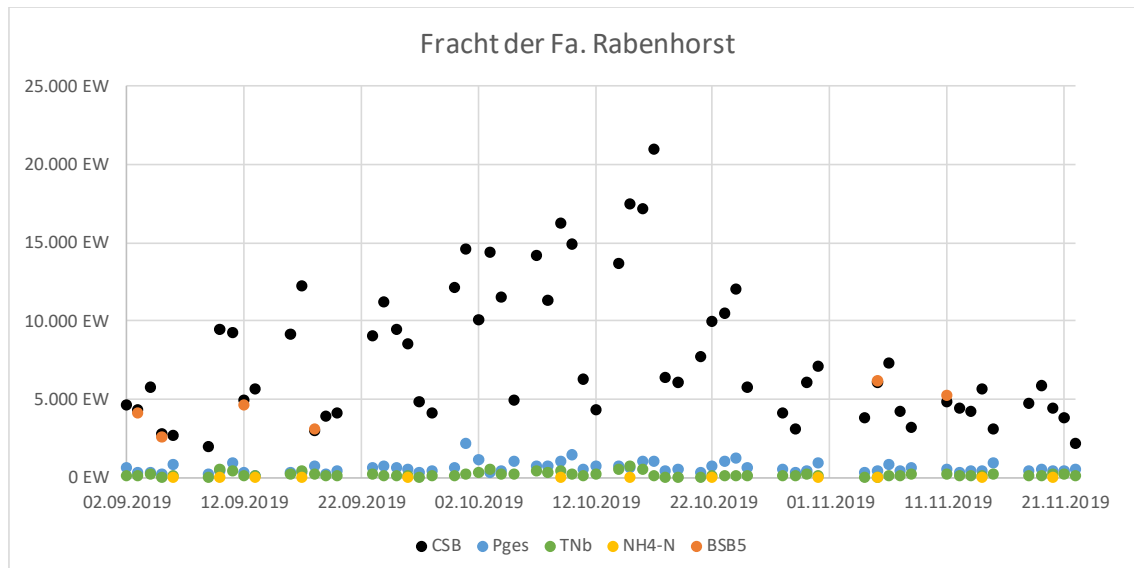


Abb. 20: Fracht der Fa. Rabenhorst [EW]

2.1.9 Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen

Auf der Anlage sind drei PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 82 kW_{P,El} vorhanden. Die PV-Anlage auf dem Betriebsgebäude (35 kW_P) und die PV-Anlage auf dem Technikgebäude der Faulung (17 kW_P) speisen vollständig in das öffentliche Stromnetz ein. Die dritte PV-Anlage auf dem Gebäude der thermischen Schlammbehandlung (30 kW_P) wird vollständig zur Deckung des Eigenbedarfs genutzt und durch ein Energieflussrelais abgeschaltet, sobald es zu einer Netzeinspeisung kommen würde.

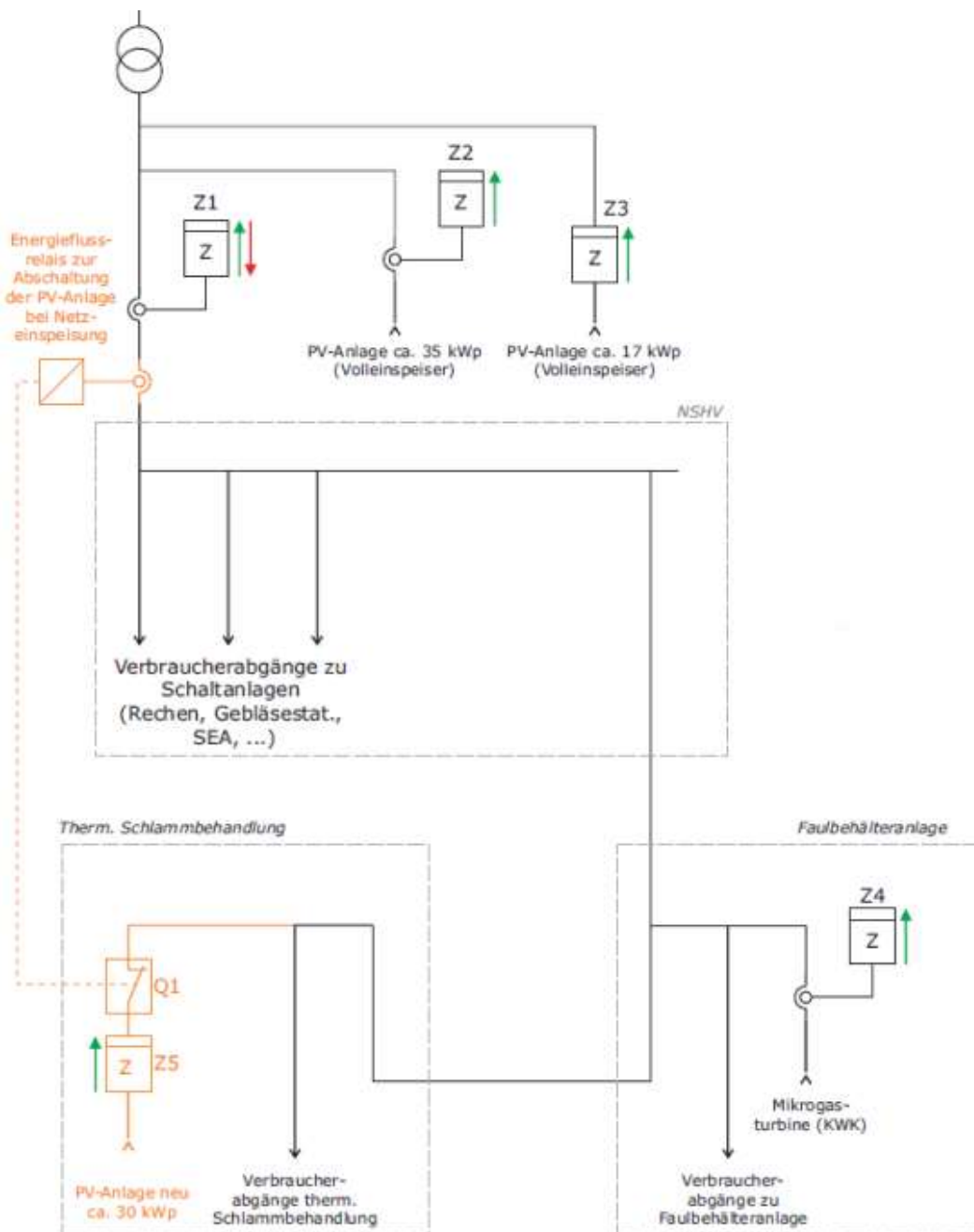


Abb. 21: Schema Stromerzeuger auf der KA Linz-Unkel

Zur Faulgasnutzung ist eine Mikrogasturbine der Fa. Capstone installiert (Baujahr 2009). Zu dem erzeugten Faulgas kann wahlweise Erdgas beigemischt werden. Die maximale Beimischung ist auf 50 % limitiert. Die Mikrogasturbine besitzt eine Nennleistung von 65 kW_{el} und 120 kW_{th} ist jedoch gedrosselt auf 50 kW_{el} (ca. 90 kW_{th}). Die Nennwirkungsgrade betragen bei gedrosselter Leistung rd. 28 %_{el} und 55 %_{th}. Der genaue Gasverbrauch der Turbine kann mit der installierten Messtechnik nicht nachvollzogen werden. Unter der Annahme eines mittleren elektrischen Wirkungsgrads von 25 % sowie auf Basis er produzierten Strom- und Wärmemenge, kann die zugeführte Brennstoffleistung und somit der thermische Wirkungsgrad wie folgt ermittelt werden;

$$\begin{aligned}
 E_{Br,Tu} &= E_{el,Tu} / \eta_{el,Tu} \\
 &= 363.885 \text{ kWh/a} / 25 \% \\
 &= 1.455.540 \text{ kWh/a} \\
 \\
 \eta_{th,Tu} &= E_{th,Tu} / E_{Br,Tu} \\
 &= 423.211 \text{ kWh/a} / 1.455.540 \text{ kWh/a} \\
 &= 29 \%
 \end{aligned}$$

Zur bedarfsgesteuerten zusätzlichen Wärmeerzeugung ist ein Heizkessel der Fa. Buderus mit einem Brenner, der für den Betrieb mit Erdgas sowie Faulgas geeignet ist, mit einer Maximalleistung von 125 kW_{th}, vorhanden. Im Verlauf des Jahres 2018 wurde aufgrund des großen Wärmebedarfes, ein Brenner, der ausschließlich mit Erdgas betreiben werden kann, installiert. Wenn der thermische Bedarf durch die übrigen Aggregate nicht gedeckt werden kann wird der Kessel automatisch in Betrieb genommen. Unter Berücksichtigung der berechneten Brennstoffleistungsaufnahme der Mikrogasturbine, der verfügbaren gesamt Brennstoffleistung durch Erd- und Faulgas und des berechneten Wärmebedarfs der Anlage⁴ (vgl. 2.5.3), kann die vom Heizkessel aufgenommene Brennstoffleistung mit dem zugehörigen thermischen Wirkungsgrad berechnet werden.

$$\begin{aligned}
 E_{Br,Hk} &= E_{Br,EG+FG}^5 - E_{Br,Tu} \\
 &= 2.559.280 \text{ kWh/a} - 1.299.589 \text{ kWh/a} \\
 &= 1.259.691 \text{ kWh/a} \\
 \\
 E_{th,Hk} &= E_{th} - E_{th,Tu} \\
 &= 1.279.044^4 \text{ kWh/a} - 423.211 \text{ kWh/a} \\
 &= 855.833 \text{ kWh/a} \\
 \\
 \eta_{th,Hk} &= E_{th,Hk} / E_{Br,Hk} \\
 &= 855.833 \text{ kWh/a} / 1.103.740 \text{ kWh/a} \\
 &= 78 \%
 \end{aligned}$$

Der berechnete Wirkungsgrad des Heizkessels ist in einem realistischen Bereich, so dass dieser zur Validierung des berechneten thermischen Wirkungsgrades der Mikrogasturbine herangezogen werden kann. Dem folgend beträgt der Gesamtwirkungsgrad der Turbine lediglich rd. 54 %.

⁴ Abzüglich ausgekoppelter thermischer Energie Pyreg-Anlage 130.000 kWh/a (6.500 h, 20 kW)

⁵ Heizwert Erdgas mit 10 kWh/m³

Die Karbonisierungsanlage soll laut Planung im Betrieb (Nenndurchsatz) eine thermische Leistung von bis zu 150 kW_{th} zur externen Nutzung zur Verfügung stellen. Bei den aktuellen Betriebsparametern beträgt die nutzbare Wärmeleistung im Mittel lediglich rd. 20 kW_{th}. Dies ist durch geringere Durchsätze und häufige An- und Abfahrvorgänge der Anlage zu begründen.

Es ist ein System zur Wärmerückgewinnung aus dem Trocknungsprozess vorhanden, mit dem Wärme auf einem niedrigeren, aber zur Beheizung der Faulung und des Betriebsgebäudes ausreichendem, Temperaturniveau gewonnen werden soll. In der Planung wurde eine Leistung von 100 kW_{th} angenommen. Aufgrund der starken Abhängigkeit von Umgebungsparametern und unklarer Wärmeströme, musste die Wärmerückgewinnung vorübergehend außer Betrieb genommen werden. Zurzeit werden Maßnahmen zur Optimierung und Wiederinbetriebnahme untersucht.

Zur Beheizung des Betriebsgebäudes und der alten Schlammhalle ist ein weiterer Heizkessel, der mit Erdgas betrieben wird, vorhanden.

2.2 Sensor-/Messtechnik und Kontrolle der Abwasserqualität

Im Prozessleitsystem der Kläranlage werden folgende Parameter erfasst:

UV 1, Zulauf/Rechen:

- Höhenstand Pumpenvorlage (Zulaufpumpen)
- pH Ablauf Sandfang
- Temperatur, Ablauf Sandfang
- Leitfähigkeit, Ablauf Sandfang
- Durchflussmengenmessung, Zulauf Kläranlage

UV2, Belebung

- O₂ BB1a+1b
- NH₄ Zulauf Belebung
- NO₃ Ablauf Belebung
- NH₄ Ablauf Belebung
- Durchflussmengenmessung Rücklaufschlamm
- Höhenstand PLS-Pumpensumpf
- Höhenstand Überschussschlamm
- TS-Messung Rücklaufschlamm
- Durchflussmengenmessung KA
- pH Ablauf KA
- Temperatur Ablauf KA
- Trübung Ablauf KA
- Rheinpegelmessung

UV3, Schlamm entwässerung (alt)

- Füllstand Schlammsilo 1
- Durchfluss ÜSS zum Silo 1
- Füllstand Schlammsilo 2
- Durchfluss ÜSS zum Silo 2
- Fördermenge Schlamm zur Trocknungshalle
- Niveau Brauchwasser

UV4, Faulbehälter

- Höhenstand Rohschlammbehälter
- Höhenstand Fremdschlammbehälter
- Fördermenge Rohschlamm in Faulbehälter
- Fördermenge Fremdschlamm in Faulbehälter
- Annahmemenge Fremdschlamm
- Temperatur Faulbehälter 1
- Temperatur Faulbehälter 2
- Füllstand Gasspeicher
- Gasmengenmessung (Erzeugung)

UV5, Primärschlamm pumpwerk

- Fördermenge Primärschlamm in Rohschlammbehälter

UV6, Trocknung, Karbonisierung

- Wärmemengen / Temperaturen
- Durchsätze
- TS-Messung

2.3 Personalsituation

Der Betrieb der 5 Kläranlagen des Abwasserzweckverbandes sowie der Bauwerke, Pumpwerke und des Kanalnetzes erfolgt durch 7 Mitarbeiter. Diese haben folgende Qualifikation:

3 Abwassermeister

4 Facharbeiter (u.a. Elektriker und Fachkräfte für Abwassertechnik)

Die übergeordnete Betriebsführung erfolgt durch den Zweckverband Abwasserbeseitigung Linz-Unkel und die zuständige Werkleiterin, Frau Stirba.

2.3.1 Weiterbildungsbedarf

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

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

Der Zweckverband Abwasserbeseitigung Linz-Unkel ist Mitglied der DWA und regelmäßiger Besucher der angebotenen Seminare.

2.3.4 Relevanz und Know-How zum Energieverbrauch

Die Senkung des Energieverbrauchs und die Nutzung regenerativer Energien hat für den Zweckverband Abwasserbeseitigung Linz-Unkel in den letzten Jahren schon einen großen Stellenwert eingenommen. Deshalb sind auf der Kläranlage schon mehrere PV-Anlagen, sowie eine Klärschlammfaulung mit innovativer thermischer Schlammbehandlung vorhanden.

Durch die Verfahrensumstellung der Schlammstabilisierung konnte der Stromeinkauf der Anlage vom Jahr 2010 an bis zum Jahr 2014 mehr als halbiert werden. Dies darf als Beleg für die besondere Relevanz sowie für das vorhandene Know-how zum Energieverbrauch angeführt werden.

2.4 Beabsichtigte Planungen

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

- Erneuerung der Belüftungseinrichtung (Gebläseaggregate und Belüfterplatten im Belebungsbecken 2)
- Erneuerung von Pumpen und Motoren
- Implementierung eines Energiemanagementsystems
- Klärschlammverwertung im Verbund

2.5 Analyse des Energieverbrauchs

2.5.1 Aufnahme aller wichtigen Energieverbraucher (geordnet nach Anlagenteilen)

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

Tab. 2: Zusammenstellung der wichtigsten Energieverbraucher

Anlagenstufe	Aggregat	Nennleistung [kW]
Zulaufpumpwerk	Kreiselpumpe 1	18,5
	Kreiselpumpe 2	18,5
	Kreiselpumpe 3	18,5
	Kreiselpumpe 4	18,5
Mechanische Vorreinigung	Trommelsiebanlage 1	5,5
	Trommelsiebanlage 2	5,5
	Rechengutpresse	3,6
	Belüftung Sand-/Fettfang	3,5
Vorklärung	Räumer	0,18
	Primärschlammpumpe 1	5,5
	Primärschlammpumpe 2	5,5
	PS-Macerator	4
Biologie Belebungsbecken	Gebläse 1	30
	Gebläse 2	30
	Gebläse 3	30
	Gebläse 4	30
	Rücklaufschlammpumpe 1	11
	Rücklaufschlammpumpe 2	11
	Überschussschlammpumpe 1	2,2
	Überschussschlammpumpe 2	2,2
Nachklärung	Räumer 1	0,18
	Räumer 2	0,18
Schlammspeicherung	ÜSS-Eindicker-Krählwerk	0,25
	ÜS-Pumpe	4,8

Anlagenstufe	Aggregat	Nennleistung [kW]
	FS-Pumpe	5,5
	FS-Macerator	4
	Frisch-Schlamm-Rührwerk	3,4
	Fremd-Schlamm-Rührwerk	3,4
	Faul-Schlamm-Rührwerk	3,4
	Fremdschlammpumpe	4
Schlammeindickung	Dünnschlammpumpe	4
	Macerator	2,2
	MÜSE	0,75
	Dickschlammpumpe	3
Faulbehälter	FS-Umwälzpumpe 1	5,5
	FS-Umwälzpumpe 2	5,5
	FB-Rührwerk 1	4
	FB-Rührwerk 2	4
Klärschlammbehandlung	Entwässerung	3,2
	Trocknung	13,3
	Mineralisierung	9,2
Sonstiges	Gasaufbereitung/Verdichter	6-7
	Brauchwasseranlage alt	11
	Brauchwasseranlage neu	11
	Stützluftgebläse	1,1

2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten

Der Gesamtstromverbrauch der Kläranlage Linz-Unkel lag im Betriebsjahr 2018 bei **1.037.370 kWh/a**. Dies entspricht einem spezifischen Stromverbrauch von ca. **33,19 kWh/(EW·a)**.

Der Stromverbrauch der Anlagenstufen wird getrennt durch 6 Unterverteilungen sowie einen separaten Stromzähler des Betriebsgebäudes erfasst. Die Anlagenstufen der Schlammbehandlung (Entwässerung, Trocknung, Mineralisierung) verfügen jeweils über separate Messungen.

Der Verbrauch der nicht gemessenen einzelnen Aggregate wurde über die Nennleistungen dieser, die durch das Prozessleitsystem aufgezeichneten Betriebsstunden und einen Faktor zur tatsächlichen Leistungsaufnahme errechnet. Dieser wurde in Abhängigkeit des Aggregates angepasst und so gewählt, dass die berechneten Energieaufnahmen näherungsweise den gemessenen Strommengen der einzelnen Unterverteilungen entsprechen. Die gewählten Faktoren sind in Tab. 3 aufgeführt.

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

Die überbleibende Differenz, zwischen den berechneten Verbräuchen und der Summe des genutzten Stromes (Einkauf + Einspeisung Turbine + PV-Schlammbehandlung) wird als Verbrauch, der nicht einzeln erfassten Aggregate betrachtet (z. B. Außenbeleuchtung).

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

Tab. 3: Zusammenstellung der Stromverbräuche (2018)

Anlagenstufe	Aggregat	Faktor [%]	Stromverbrauch [kWh]
Zulaufpumpwerk	Kreiselpumpen	90	91.576
Mechanische Vorreinigung	Trommelsiebanlagen	90	20.296
	Rechengutpresse	85	3.060
	Belüftung Sand-/Fettfang	85	6.843
Vorklärung	Räumer	100	1.566
	Primärschlammumpen	80	1.276
	PS-Macerator	75	870
Biologie Belebungsbecken	Gebälse	100	366.000
	Rücklaufschlammumpen 1	95	90.916
	Überschussschlammumpen	95	2.508
Nachklärung	Räumer	100	1.566
Schlammspeicherung	ÜSS-Eindicker-Krählwerk	100	2.175
	ÜS-Pumpe	90	2.419
	FS-Pumpe	90	3.713
	FS-Macerator	90	2.700

Anlagenstufe	Aggregat	Faktor [%]	Stromverbrauch [kWh]
	Frisch-Schlamm-Rührwerk	80	23.664
	Fremd-Schlamm-Rührwerk	80	23.664
	Faul-Schlamm-Rührwerk	80	23.664
	Fremdschlammpumpe	80	480
Schlammeindickung	Dünnschlammpumpe	80	13.440
	Macerator	80	7.392
	MÜSE	80	2.520
	Dickschlammpumpe	80	5.040
Faulbehälter	FS-Umwälzpumpen	80	38.280
	FB-Rührwerke	80	27.840
Klärschlammbehandlung	Entwässerung	M ⁶	22.840
	Trocknung	M ⁶	84.883
	Mineralisierung	M ⁶	59.388
Sonstiges	Gasaufbereitung/Verdichter	B ⁷	48.295
	Brauchwasseranlage alt	90	1.881
	Brauchwasseranlage neu	90	3.465
	Stützluftgebläse	80	7.656
	Betriebsgebäude	M ⁶	15.341
	Sonstiges	B ⁸	30.157

⁶ Gemessen über separaten Zähler

⁷ Differenz des von der Mikrogasturbine produzierten zum ins Kläranlagennetz eingespeisten Stroms

⁸ Differenz des Gesamtstromverbrauchs der Anlage und der Berechneten Stromverbräuchen der einzeln erfassten Aggregate

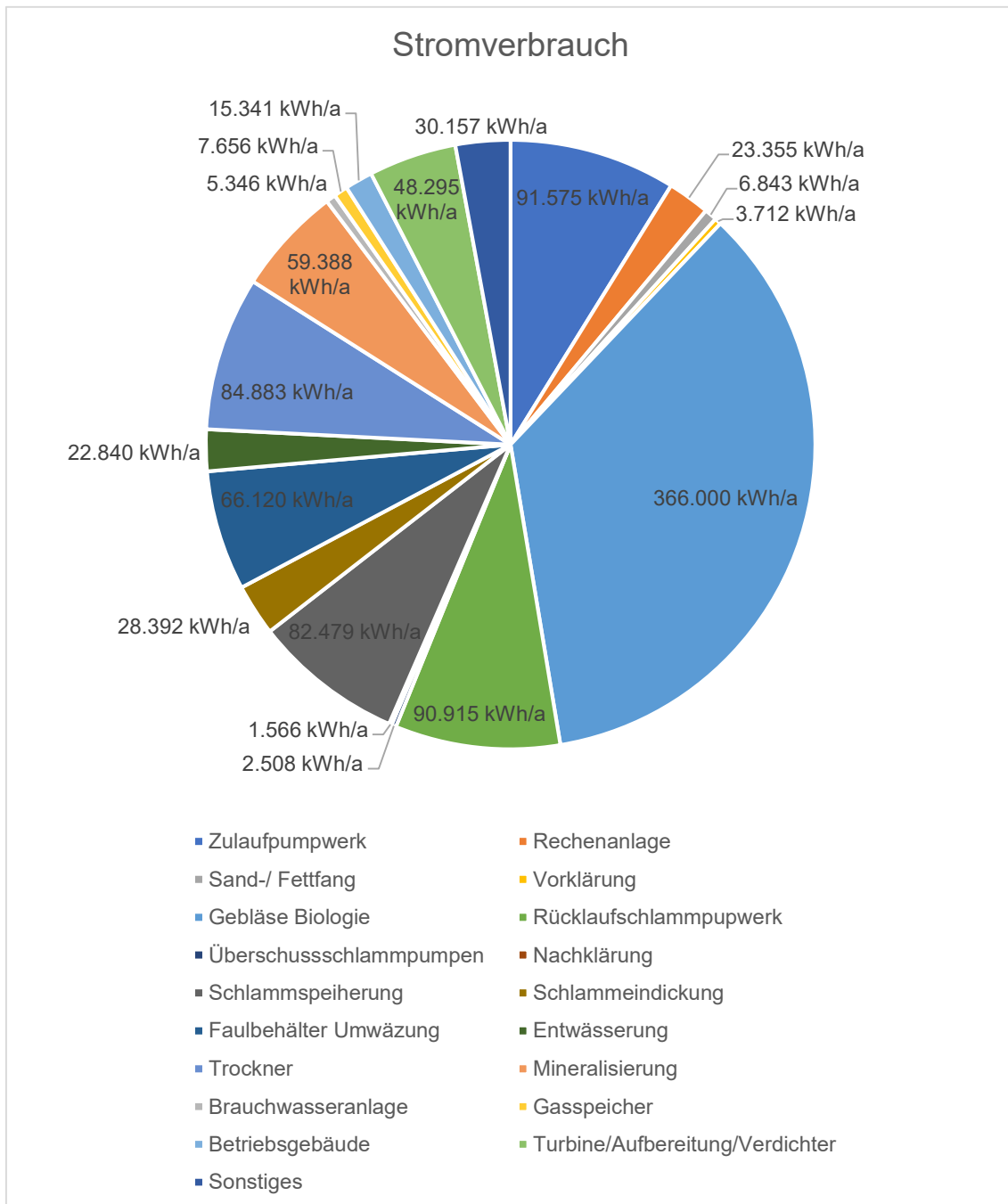


Abb. 22: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2018)

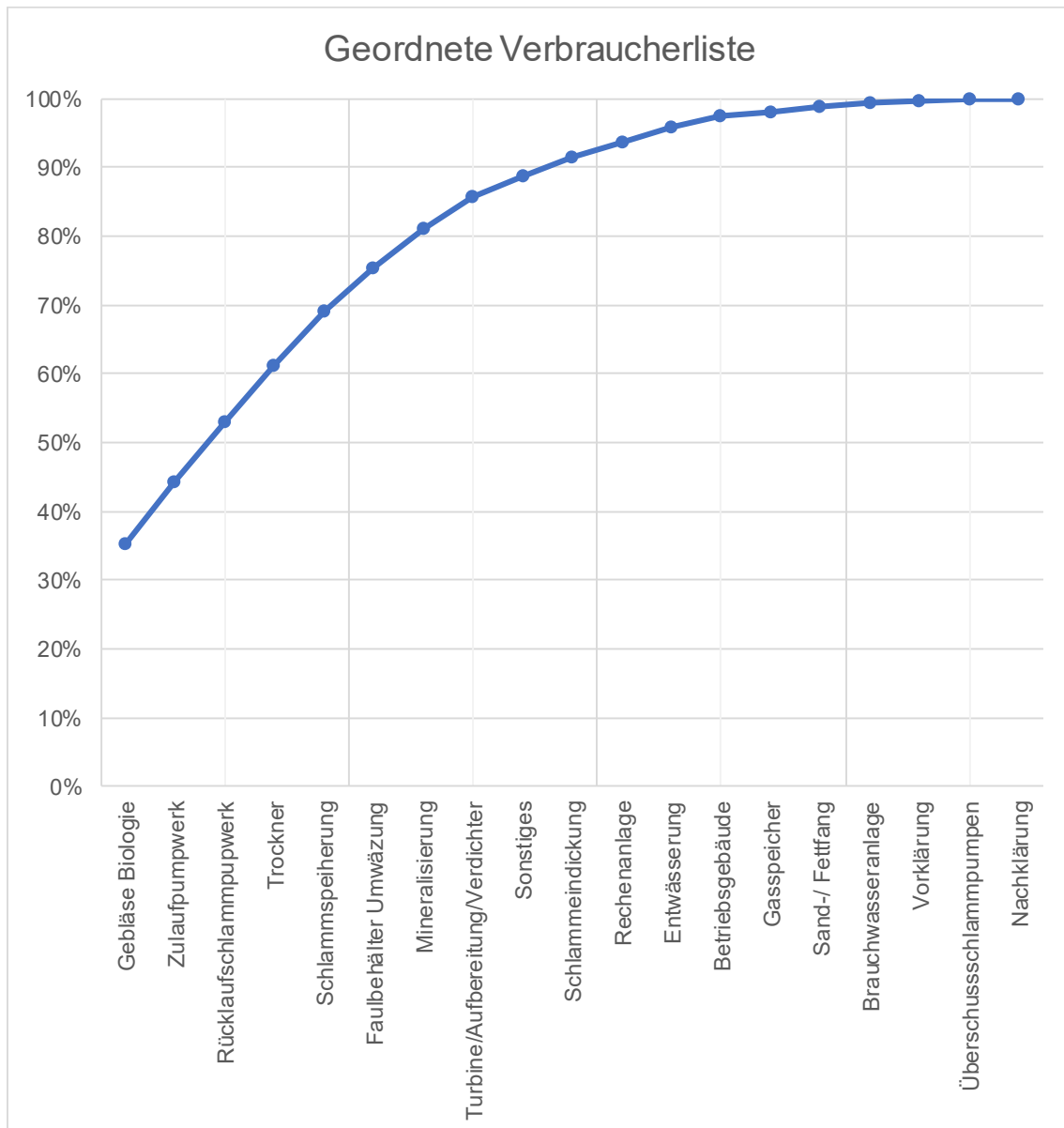


Abb. 23: Geordnete Liste der elektrischen Verbraucher (Jahr 2018)

Die drei größten Verbrauchergruppen (Gebläse der Biologie, Zulaufpumpwerk und Rücklaufschlamm-pumpwerk) verursachen mehr als 50 % des gesamten Stromverbrauchs. Diese Aggregate sollten entsprechend besonders auf Optimierungspotentiale untersucht werden.

2.5.3 Wärmebedarf auf der Anlage

Bei der Konzeption der Verfahrensumstellung auf Schlammfäulung mit anschließender thermischer Klärschlammverwertung wurde eine kaskadische Wärmenutzung mit Heizkreisläufen auf verschiedenen Temperaturniveaus vorgesehen. Wärme auf dem hohen Temperaturniveau wird dabei für die Klärschlamm-trocknung eingesetzt während für die Beheizung des Faulturms die auf niedrigerem Temperaturniveau ausgekoppelte Wärme aus der Wärmerückgewinnung der Trocknerabluft genutzt wird.

Zur Trocknung wird eine maximale Wärmeleistung von ca. 290 kW benötigt (350kg H₂O/h bei 0,85 kWh/kg H₂O). Die im Trockner verdampfte Wassermenge kann aus der Differenz der entwässerten und der getrockneten Schlammmasse errechnet werden.

$$\begin{aligned} 1.753.750 \text{ kg OS}_{\text{ent}}/\text{a} - 506.639 \text{ kg OS}_{\text{tro}}/\text{a} &= 1.247.111 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{a} \\ 1.247.111 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{a} \cdot 0,85 \text{ kWh}/\text{kg H}_2\text{O} &= 1.060.044 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a} \end{aligned}$$

Im Jahr 2018 wurden insgesamt rd. 1.060.044 kWh_{th}⁹ zur Trocknung aufgewendet.

Mit der übrigen Wärmeleistung sowie im Optimalfall rückgewonnener Wärme aus dem Trocknungsprozess werden die Faulbehälter beheizt.

Im Jahr 2018 wurden insgesamt 104.000 kWh_{th}⁹ (Deckung der Abstrahlverluste) und 245.000 kWh_{th}⁹ (Erwärmung Rohschlamm) zur Beheizung der Faulbehälter verbraucht.

Die Beheizung des Betriebsgebäudes und der alten Schlammhalle (nur Frostschutz) erfolgt über eine separate Gasheizung. Der Erdgasbezug der Heizung wird durch einen separaten Zähler aufgezeichnet und betrug im Jahr 2018 4.104 m³. Dies entspricht einer Heizlast von ca. 39.000 kWh/a¹⁰. Die Versorgung der Gebäudeheizung ist ebenfalls durch einen Anschluss an den Heizkreisverteiler des „Schlammbehandlung“-Heizkreislaufes möglich. Dieser wird jedoch aufgrund des Wärmemangels des Heizkreislaufes nicht genutzt.

Der gesamte Wärmebedarf der Anlage, ohne Berücksichtigung verschiedener Temperaturniveaus, betrug somit rd. 1.448.044 kWh_{th}.

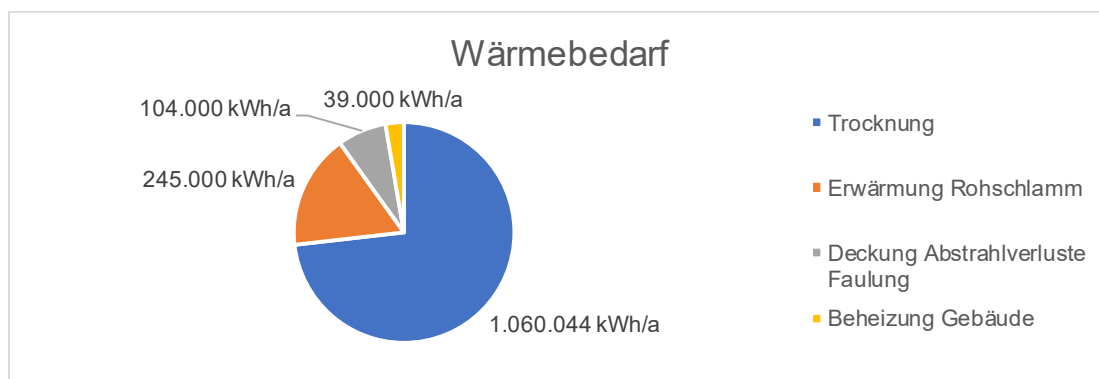


Abb. 24: Zusammenstellung der Wärmeverbraucher (Jahr 2018)

⁹ Rechnerischer Wert, keine ausreichenden Messdaten vorhanden

¹⁰ Bei H₀ = 10 kWh/m³ und η_{th} = 95 %

2.6 Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Bilanzierung erfolgt nach dem Prinzip der „endenergiebasierten Territorialbilanz“¹¹.

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

Die Abwasserbehandlungsanlage Linz-Unkel bezieht ca. 652.201 kWh/a Strom. Demnach kann die CO₂-Äq-Emission, bei aktuellem Fremdstrombezug, wie folgt berechnet werden:

$$652.201 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/kWh} = 350,232 \text{ Mg CO}_2\text{-Äq/a}$$

Zur lokalen Wärme- und Stromerzeugung werden zusätzlich 106.900 m³/a Erdgas verbraucht.

$$106.900 \text{ m}^3\text{/a} \cdot 32,3 \text{ MJ/m}^3 \text{ }^{12} = 3.452.870 \text{ MJ/a} = 3,45 \text{ TJ/a}$$

$$3,45 \text{ TJ/a} \cdot 55,9 \text{ Mg CO}_2\text{-Äq/TJ} \text{ }^{13} = 193,015 \text{ Mg CO}_2\text{-Äq/a}$$

Die CO₂-Emission des Fremdstrombezugs und genutzter fossiler Brennstoffe beträgt somit 543,247 Mg CO₂-Äq/a.

2.7 Zusammenfassung aktuelle energetische Situation

Die Kläranlage Linz-Unkel weist einen spezifischen Stromverbrauch von **33,19 kWh/(EW·a)** auf. Der spezifischen Fremdstrombezug, beträgt **20,86 kWh/(EW·a)**

	Aktuell	Zielwert
Spezifischer Energiebedarf _{el}	33,19 kWh _{el} /(EW·a)	<= 23 kWh _{el} /(EW·a)
Spezifischer Energiebedarf _{th}	46,34 kWh _{th} /(EW·a)	-
Deckungsquote _{el}	37 % (29 % _{Erneuerbar})	-
Deckungsquote _{th}	100 % (62 % _{Erneuerbar})	-
Deckungsquote	46 % _{Erneuerbar}	>= 70 % _{Erneuerbar}

¹¹ Fokus Energie- und Treibhausgasbilanzierung für Kommunen, Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2018

¹² Heizwert für Erdgas aus dem deutschen Erdgasnetz [Climate Change 27/2016, CO₂Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe, Umweltbundesamt]

¹³ Emissionsfaktor für Erdgas aus dem deutschen Erdgasnetz [Climate Change 27/2016, CO₂Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe, Umweltbundesamt]

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 spezifische Stromverbräuche und Idealwerte (Betriebsjahr 2018)

Anlagenstufe	Aggregat	Spezifischer Stromverbrauch [kWh/(EW·a)]	Anlagenspezifischer Idealwert [kWh/(EW·a)]
Zulaufpumpwerk	Kreiselpumpen	2,93	2,15
Mechanische Vorreinigung	Trommelsiebanlagen	0,65	0,20
	Rechengutpresse	0,1	
	Belüftung Sand-/Fettfang	0,22	
Vorklärung	Räumer ¹⁴	0,05	-0,03
	Primärschlamm-pumpen	0,04	0,03
	PS-Macerator	0,03	
Biologie Belebungsbecken	Gebälse	11,71	7,81
	Rücklaufschlamm-pumpen	2,91	1,63
	Überschussschlamm-pumpen	0,08	0,03
Nachklärung	Räumer 1 ¹⁴	0,05	0,08
Schlamm-speicherung	ÜSS-Eindicker-Krählwerk	0,07	
	ÜS-Pumpe	0,08	0,03
	FS-Pumpe	0,12	0,06
	FS-Macerator	0,09	
	Frisch-Schlamm-Rührwerk	0,76	
	Fremd-Schlamm-Rührwerk	0,76	
	Faul-Schlamm-Rührwerk	0,76	
	Fremdschlamm-pumpe	0,02	0,01
Schlammeindickung	Dünnschlamm-pumpe	0,43	

¹⁴ Die installierte Nennleistung (0,18 kW) ist geringer als der in DWA-A 216 angegebene Richtwert von 0,3 kW, weshalb der Idealwert, bei gleich angenommener Betriebszeit unterschritten wird

Anlagenstufe	Aggregat	Spezifischer Stromverbrauch [kWh/(EW·a)]	Anlagenspezifischer Idealwert [kWh/(EW·a)]
	Macerator	0,24	
	MÜSE	0,08	0,00
	Dickschlammpumpe	0,16	
Faulbehälter	FS-Umwälzpumpen	1,22	1,09
	FB-Rührwerke	0,89	0,61
Klärschlammbehandlung	Entwässerung	0,73	0,06
	Trocknung	2,72	
	Mineralisierung	1,9	
Sonstiges	Gasaufbereitung/Verdichtung	1,55	
	Brauchwasseranlage alt	0,06	
	Brauchwasseranlage neu	0,11	
	Stützluftgebläse		
	Betriebsgebäude	0,49	
	Sonstiges	0,96	

Die Fläche des Betriebsgebäudes beträgt ca. 280 m². Der spezifische Heizenergiebedarf beträgt bei einem Energieverbrauch von 39.000 kWh/a rd. 139 kWh/(m²·a). Dort enthalten ist jedoch noch die Energiemenge zur Warmwassererwärmung sowie zum Frostschutz in der alten Schlammhalle, so dass der tatsächliche Wert niedriger und damit einem vergleichbar guten Bereich¹⁵ zuzuordnen ist.

¹⁵ 140 – 200 kWh/m² a bei älteren Gebäuden, 40 – 100 kWh/m² a bei neuen Gebäuden [Energie auf Abwasseranlagen, Handbuch NRW]

Zulaufpumpwerk

Das Zulaufpumpwerk weist ein signifikantes Optimierungspotential auf. Zu dem hohen spezifischen Energieverbrauch, kommt ebenfalls das hohe Alter der Pumpen sowie die technisch nicht mehr aktuelle Ansteuerung dieser, die keine lastorientierte Regelung ermöglicht. Durch den Austausch durch energieeffiziente und mit Frequenzumrichtern ausgestattete Pumpen kann ein großes Stromeinsparpotential genutzt werden. Die Erneuerung des Pumpwerkes befindet sich aktuell in Planung und soll zeitnah umgesetzt werden, so dass diese Maßnahme nicht zur Förderung angemeldet wird.

Rücklaufschlammumpwerk

Die spezifischen Kennzahlen der Pumpen des Rücklaufschlammumpwerks weichen stark von den Idealwerten ab. Ein Austausch der Pumpen durch energiesparende Aggregate bietet ein großes energetisches Optimierungspotential.

Überschussschlammpumpe

Die spezifischen Kennzahlen der Überschussschlammumpen weichen stark von dem Idealwert ab. Ein Austausch der Pumpen durch ein energiesparendes Aggregat bietet ein großes energetisches Optimierungspotential.

Mechanische Reinigungsstufe

Bei der mechanischen Reinigungsstufe wird der Idealwert deutlich überschritten. Dadurch ist für diese Reinigungsstufe ein signifikantes Optimierungspotenzial gegeben.

Belebung

Die größten Stromverbraucher sind die Gebläse der Belebung. Der Idealwert wird von diesen deutlich überschritten, so dass ein akuter Handlungsbedarf gegeben ist.

Nachklärung

Die Räumlichkeiten der Nachklärung besitzen eine kleinere, als von der Literatur angegebenen, Leistung. Bei vollständiger Funktion ergibt sich dadurch kein Handlungsbedarf.

Schlammbehandlung

Im Bereich der Schlammbehandlung stehen insbesondere für die thermische Klärschlammverwertung wenige Vergleichsdaten zur Verfügung. Aufgrund des geringen Alters der Aggregate sowie Erfahrungswerte des Betriebspersonals, besteht kein akuter Handlungsbedarf.

2.9 Gegenüberstellung von verbrauchter und erzeugter Energie

Auf der Kläranlage Linz-Unkel wird von den PV-Modulen sowie der Mikrogasturbine Strom erzeugt. Der weitere Bedarf wird aus dem Netz des örtlichen Versorgers bezogen. Zur ergänzenden Wärmeversorgung und zur Auslastung der Mikrogasturbine sowie im Anfahrbetrieb der Pyreg-Anlage wird Erdgas bezogen.

Tab. 5: Gegenüberstellung Stromverbrauch und Stromerzeugung (Jahr 2018)

Verbraucher [kWh/a]		Erzeuger [kWh/a]	
Zulaufpumpwerk	91.575	PV-Anlage Betriebsgebäude	25.742 (Volleinspeisung)
Mechanik	30.198	PV-Anlage Technikgebäude Faulung	13.232 (Volleinspeisung)
Biologie	459.423	PV-Anlage Schlammbehand- lung	21.284 (vollständiger Ei- genverbrauch)
Faulung	176.991	Mikrogasturbine	363.885 (48.295 Verbrauch der Gasverdich- tung)
Thermische Schlammbehand- lung	167.111		
Sonstiges	112.072		
Summe	1.037.370	Summe	424.143

2.9.1 Eigenversorgungsgrad Strom

Der Eigenversorgungsgrad durch auf der Kläranlage erzeugten Strom beträgt 37 %. Nicht enthalten ist die von den volleinspeisenden PV-Anlagen erzeugte Strommenge. Abzüglich des erzeugten Stromes aus der Erdgasnutzung beträgt der Deckungsgrad rd. 29 %.

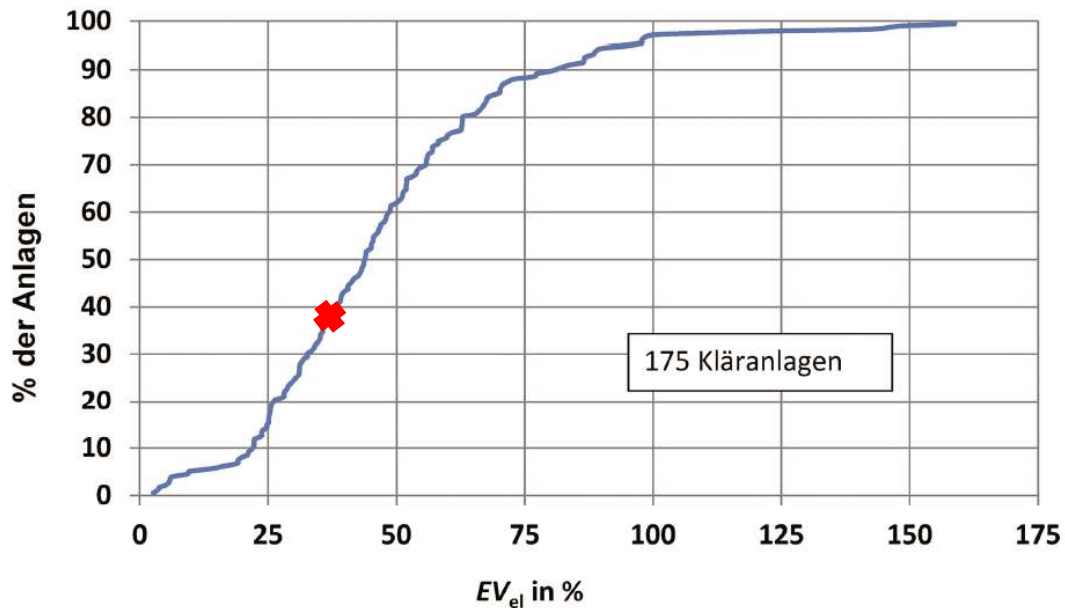


Abb. 25: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie (DWA A-216)

2.9.2 Eigenversorgungsgrad Wärme

Der Wärmebedarf wird zu 100 % durch auf der Kläranlage umgewandelte Energieträger gedeckt. Erneuerbaren-Energieträgern kann dabei ein Anteil von rd. 62 % zugeordnet werden.

2.10 Kommunales Abwassernetz / Pumpstationen

Das Abwasser wird zu großen Teilen durch Pumpstationen zur Kläranlage Linz-Unkel gefördert. Insgesamt sind dazu 5 große Pumpwerke vorhanden:

Tab. 6: Übersicht Pumpwerke

Pumpwerk	Max. Förderhöhe	Anzahl Pumpen	Fördermenge je Pumpe	Leistung je Pumpe
Rheinbreitbach	12,0 m	2 St.	156 m ³ /h	15 kW
Erpel	18,0 m	3 St.	480 m ³ /h	45 kW
Kasbach	7,5 m	3 St.	441 m ³ /h	18,5 kW
Linz Burgplatz	6,0 m	3 St.	331 m ³ /h	11 kW
Leubsdorf	14,75 m	2 St.	129 m ³ /h	11 kW

Die Pumpwerke Rheinbreitbach und Leubsdorf wurden bereits in den vergangenen Jahren erneuert und weisen keinen signifikanten Optimierungsbedarf auf.

Pumpwerk Erpel

Im Betriebsjahr 2018 betrug der Stromverbrauch im Pumpwerk Erpel 67.710 kWh. Es ist keine Mengenummessung vorhanden, so dass der spezifische Energieverbrauch auf Basis folgender Annahmen abgeschätzt wird:

man. Förderhöhe : 10 mWS

angenommener Leistungsfaktor Pumpe : 0,65

geschätzte Leistungsaufnahme Pumpe : $45 \text{ kW} \times 0,65 = 29,25 \text{ kW}$

Theoretische Pumpenlaufzeit : $67.710 \text{ kWh/a} : 29,25 \text{ kW} = 2.315 \text{ h/a}$

Theoretische Fördermenge : $2.315 \text{ h/a} \times 480 \text{ m}^3/\text{h} = 1.111.140 \text{ m}^3/\text{a}$

Spez. Energieverbrauch :

$$67.710 \text{ kWh/a} / (1.111.140 \text{ m}^3/\text{a} \times 10 \text{ m}) = \text{rd. } 6,1 \text{ Wh}/(\text{m} \cdot \text{m}^3)$$

Der spez. Idealwert zur Förderung von Rohabwasser mit Kreiselpumpen¹⁶ beträgt 4,7 Wh/(m·m³), so dass ein signifikanter energetischer Optimierungsbedarf gegeben ist.

Pumpwerk Kasbach

Der Stromverbrauch im Pumpwerk Kasbach betrug im Jahr 2018 laut Abrechnung 33.300 kWh bei einer geförderten Abwassermenge von 993.773 m³/a. Zur Mengenummessung ist hier eine MID vorhanden.

Bei einer angenommenen man. Förderhöhe von i. M. 6 mWS berechnet sich der spez. Energieverbrauch zu

$$33.300 \text{ kWh/a} / (993.773 \text{ m}^3/\text{a} \times 6 \text{ m}) = \text{rd. } 5,5 \text{ Wh}/(\text{m} \cdot \text{m}^3)$$

Der spez. Idealwert zur Förderung von Rohabwasser mit Kreiselpumpen¹⁷ beträgt 4,7 Wh/(m·m³), so dass ein entsprechender energetischer Optimierungsbedarf gegeben ist.

¹⁶ DWA-A 216

¹⁷ DWA-A 216

Pumpwerk Burgplatz

Im Betriebsjahr 2018 betrug der Stromverbrauch im Pumpwerk Burgplatz 24.780 kWh. Es ist keine Mengenummessung vorhanden, so dass der spezifische Energieverbrauch auf Basis folgender Annahmen abgeschätzt wird:

man. Förderhöhe : 4,5 mWS

angenommener Leistungsfaktor Pumpe : 0,85

geschätzte Leistungsaufnahme Pumpe : $11 \text{ kW} \times 0,85 = 9,35 \text{ kW}$

Theoretische Pumpenlaufzeit : $24.780 \text{ kWh/a} : 9,35 \text{ kW} = 2.65 \text{ h/a}$

Theoretische Fördermenge : $2.650 \text{ h/a} \times 331 \text{ m}^3/\text{h} = 877.200 \text{ m}^3/\text{a}$

Spez. Energieverbrauch :

$$24.780 \text{ kWh/a} / (877.200 \text{ m}^3/\text{a} \times 4,5 \text{ m}) = \text{rd. } 6,3 \text{ Wh}/(\text{m} \cdot \text{m}^3)$$

Der spez. Idealwert zur Förderung von Rohabwasser mit Kreiselpumpen¹⁸ beträgt 4,7 Wh/(m·m³), so dass ein signifikanter energetischer Optimierungsbedarf gegeben ist.

¹⁸ DWA-A 216

3. Potenzialanalyse

Entsprechend den Abweichungen der in Kapitel 2.8.1 berechneten tatsächlichen spezifischen Verbrauchs- und Idealwerten können mögliche Potentiale zur Verbrauchsoptimierung erkannt werden. Folgend werden ebenfalls Potentiale zur Optimierung der Eigenstromerzeugung sowie der sonstigen Reduktion von Treibhausgasemissionen untersucht.

3.1 Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienzpotenziale

3.1.1 Identifizierung von Ansatzpunkten

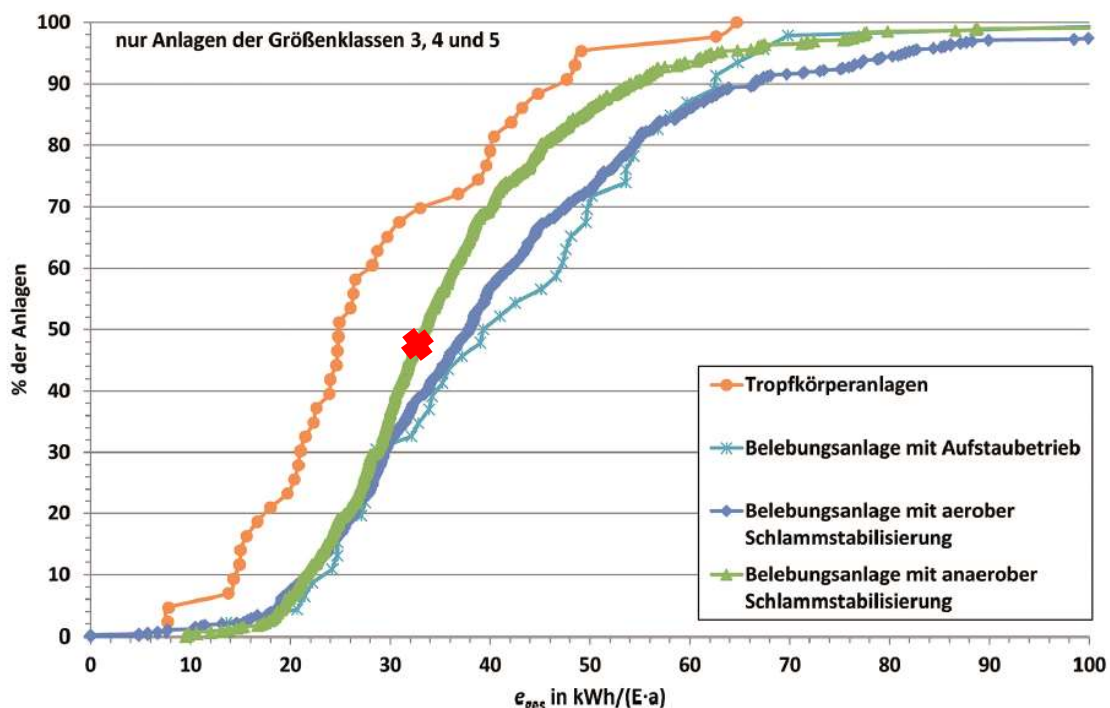


Abb. 26: Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren (DWA A-216)

Bei dem spezifischen Energiebedarf von 33,19 kWh/(EW·a) sind ca. 47 % der Kläranlagen mit anaerober Schlammstabilisierung energiesparender. Im Vergleich zu den meisten Kläranlagen dieser Größenklassen wird der Klärschlamm auf der Kläranlage Linz-Unkel jedoch vor Ort getrocknet und thermisch verwertet, wodurch die Vergleichsanlagen nicht nutzengleich sind und ein erhöhter Verbrauch resultiert.

Kurzfristige Potenziale

Um den Eigenversorgungsgrad der Anlage (s. Kap. 2.9.1 und Kap. 2.9.2) zu steigern, ist neben der Senkung des Energieverbrauchs auch eine Steigerung der Erzeugung sinnvoll.

Entsprechend der Auswertung der Energieverbräuche, besteht das größte Einsparungspotential in einer Optimierung der Belüftungseinrichtung. Das bestehende Belebungsbecken ist zwar schon mit energieeffizienten Plattenbelüftern ausgestattet, jedoch bietet die Erneuerung der Gebläse ein großes Optimierungspotential. Aufgrund der in den letzten Jahren stark gestiegenen Zulaufbelastung, ist eine Wiederinbetriebnahme des zweiten Belebungsbeckens und die Ausstattung auch dieses Beckens mit energieeffizienten großformatigen Plattenbelüftern, zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und einer Erhöhung der Flexibilität, ein weiterer Optimierungsansatz. Dadurch ergeben sich bei der Planung einer neuen Gebläsestation Vorteile. Diese kann effektiver und bei gleichbleibender Aggregatanzahl redundant gestaltet werden.

Durch Erneuerung der Pumpen des Zulaufpumpwerkes mit Blick auf das energetische Optimierungspotential und die Nutzungsdauer, kann durch den Einsatz energieeffizienter Aggregate der Stromverbrauch gesenkt werden. Ebenfalls sollte die Ansteuerung der Pumpen durch Frequenzumrichter erfolgen die eine bedarfsorientierte Regelung ermöglichen. Aktuell befindet sich die Erneuerung der Pumpen bereits in Vorbereitung, so dass diese Maßnahme in der Studie nicht weiter betrachtet wird.

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

Die Rechenanlage besitzt ebenfalls ein signifikantes Optimierungspotential. Durch den Austausch gegen ein energiesparendes Aggregat kann dieses ausgeschöpft werden. Aktuell befindet sich dieser Austausch bereits in Vorbereitung, so dass dies nicht mehr als weitere Maßnahme in der Studie betrachtet wird.

Im Bereich der Pumpwerke des Abwassernetzes kann durch die Erneuerung von Pumpen und Motoren ein weiteres energetisches Potential genutzt werden. Das Pumpwerk Linz Burgplatz weist im Hochwasserfall Probleme auf, so dass in dort kurz- bis mittelfristig Anpassungen vorgenommen werden. In diesem Rahmen ist zur energetischen Optimierung der Austausch der bestehenden Pumpen durch energieeffiziente Pumpen der Effizienzklasse IE 3 (drehzahl geregelt) oder IE 4 vorzusehen. Im Vergleich zu Motoren der Effizienzklasse IE 1 wird dadurch der Wirkungsgrad um rd. 5 % erhöht und der Stromverbrauch entsprechend gesenkt.

Durch eine thermische Mitbehandlung von auf der Kläranlage Hallerbach anfallenden entwässerten Klärschlämmen, kann im Vergleich zur ursprünglich angedachten Mitbehandlung von eingedickten Rohschlämmen, der Transportaufwand reduziert und somit die Menge an verursachten Treibhausgasemissionen reduziert werden. Für eine solche Klärschlammverwertung im Verbund sind Anpassungen an der Anlage zu treffen (vgl. Kapitel 4.2.7).

Mittelfristige Potenziale

In Kapitel 2.1.9 wurde der Gesamtwirkungsgrad der Mikrogasturbine mit lediglich 54 % bestimmt. Dieser liegt deutlich unterhalb eines gewöhnlichen Wirkungsgrades einer KWK-Maschine mit in der Regel über 80 %. Zur Validierung dieses Wirkungsgrades sollten die Messungen der Turbine geprüft und ggf. weitere Messungen ergänzt werden. Bei Bestätigung des schlechten gesamt Wirkungsgrades sollten Maßnahmen zur Optimierung ermittelt und umgesetzt werden. Dadurch könnten große Mengen Erdgas eingespart werden.

Zudem ist für den Betrieb der Mikrogasturbine eine vorherige Druckerhöhung (5,5 kW) und Aufbereitung des Gases erforderlich (insg. 6-7 kW). Der Stromverbrauch der erforderlichen Gasdruckerhöhung betrug im Jahr 2018 rd. 48.295 kWh. Bei Berechnung des elektrischen Wirkungsgrades der Turbine ohne diese durch das Aggregat nicht nutzbare Strommenge beträgt dieser noch 21,7 % bzw. der Gesamtwirkungsgrad 50 %.

$$315.590 \text{ kWh}_{\text{el,Einspeisung}}/\text{a} \quad / \quad 1.455.540 \text{ kWh}_{\text{Br,Tu}}/\text{a} = 21,7 \%$$

Langfristige Potenziale

Die bestehende PV-Anlage speist den erzeugten Strom vollständig in das öffentliche Stromnetz ein. Dies resultiert aus einem gut vergüteten Volleinspeisungsvertrag. Nach Ablauf des Vertrages ist eine Umstellung auf Eigennutzung möglich, um den Stromfremdbezug zu reduzieren.

3.1.2 Ansätze zur Nutzung Erneuerbarer Energie

Auf den Dächern der Betriebsgebäude sind bereits Photovoltaikanlagen installiert. Auf dem Dach des an die Kompaktfaulbehälter angeschlossenen Technikgebäudes sowie die Dachfläche der Schlammbehandlungshalle sind ebenfalls mit PV-Modulen bestückt.

Weitere Module können auf dem bestehenden Gelände nur vereinzelt und auf keiner größeren zusammenhängenden Stelle installiert werden.

Der Standort der Kläranlage ist wegen der Tallage und den angrenzenden Ortschaften nicht zur Stromgewinnung mittels Windenergie geeignet.

Durch den nur sehr geringen Höhenunterschied zwischen dem Kläranlagenablauf und dem Vorfluter, dem Rhein, eignet sich die Anlage nur im geringen Maße zur Stromerzeugung aus Wasserkraft. Zusätzlich ist der Durchfluss mit ca. 53 l/s (Jahr 2018: 1.675.729 m³/a gesamter behandelter Durchfluss) gering, so dass lediglich eine Leistung <1 kW gewonnen werden könnte. [Handbuch NRW]

Die Wärmegewinnung aus dem gereinigten Abwasser mithilfe einer Wärmepumpe ist möglich.

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 Energiemanagementsystem¹⁹ 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 angeschafft werden. Die Erstzertifizierung kann durch einen fachkundigen Dienstleister erfolgen.

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

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

Durch die o. g. kurzfristigen Sanierungsmaßnahmen soll der einwohnerspezifische Stromverbrauchswert weiter reduziert werden.

3.3 Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele

Aktuell wird die Erneuerung der Mechanischen Vorreinigung und der Zulaufpumpen planerisch bearbeitet. Die Umsetzung der Maßnahmen ist im laufenden Jahr 2020 vorgesehen.

Ebenfalls kurzfristig sollen die bestehenden Gebläse zur Belüftung der Belebungsbecken ausgetauscht werden und eine neue energieeffizientere Gebläsestation errichtet werden. Zeitgleich soll die Ausrüstung des aktuell außer Betrieb befindlichen Belebungsbeckens mit hocheffizienten Belüfterplatten und die anschließende Wiederinbetriebnahme des Beckens erfolgen.

¹⁹ Energiemanagementsystem gemäß DIN EN ISO 50001

4. Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung

4.1 Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen

Die Stromeinkaufs- und Erdgasmengen der Kläranlage, sowie der eigenproduzierte Strom für die Betriebsjahre von 2010 bis 2018 können, soweit vorliegend, der nachfolgenden Grafik entnommen werden.

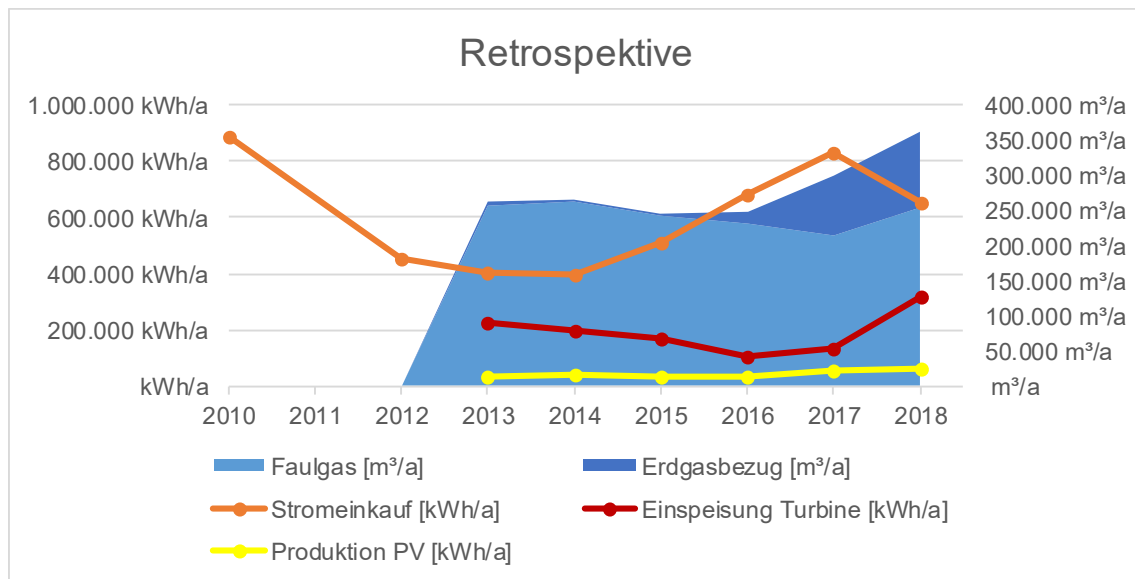


Abb. 27: Retrospektive Strom- und Gasbezug

Bereits im Jahr 2011 wurde das Verfahren der Schlammstabilisierung auf anaerobe Klärschlammfäulung umgestellt und ein Belebungsbecken außerbetrieb genommen. Durch die Energieeinsparungen und die Faulgasverstromung konnte der externe Strombezug so um fast 50 % im Vergleich zum Jahr 2010 gesenkt werden. Der steigende Strombedarf ab dem Jahre 2015 ist auf die Inbetriebnahme der thermischen Schlammbehandlung zurückzuführen. Durch Anpassungen zur bevorzugten Wärmeerzeugung ist die eigenproduzierte Strommenge leicht zurück gegangen. Im Jahr 2018 hat sich der Betrieb der Anlage und der thermischen Behandlung eingespielt und entsprechend war eine Steigerung der produzierten Strommenge, mit Verwendung einer gesteigerten Menge Erdgas, erkennbar.

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-Emissionen²⁰
- 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.).

4.2.1 Erneuerung der Belüftung

Aufgrund der stark gestiegenen Anlagenbelastung muss das zweite Belebungsbecken zur Sicherstellung der Abwasserreinigung wieder in Betrieb genommen werden. Unter energetischen Gesichtspunkten ist dabei, äquivalent zu dem in Betrieb befindlichen Belebungsbecken, auf ein System mit hocheffizienten Plattenbelüftern, und intermittierender Betriebsweise zurückzugreifen. Aufgrund des großen energetischen Potentials durch den Austausch der bestehenden Gebläse kann der Stromverbrauch maßgeblich gesenkt werden. Die Aufstellung der neuen Gebläse im Erdgeschoss der jetzigen Gebläsestation.

Investitionskosten: 528.000,00 € brutto

Zukünftiger Parameter nach Umbau (Anlehnung an Idealwertbestimmung):

$$\text{SOTR} = 296 \text{ kg O}_2/\text{h}$$

$$t = 3.050 \text{ h}$$

$$\text{SAE} = 3,7 \text{ kg/ kWh}$$

$$E = (296 \text{ kg O}_2/\text{h} \cdot 3.050 \text{ h}) / 3,7 \text{ kg/kWh} = \text{ca. } 244.000 \text{ kWh [DWA-A 216]}$$

$$E_{\text{spez}} = E / 31.251 \text{ EW} = 7,8 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a})$$

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

$$366.0000 \text{ kWh/a} - 244.000 \text{ kWh/a} = \mathbf{122.000 \text{ kWh/a}}$$

$$122.000 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{65.514 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

²⁰ Stromverbrauchsdaten geplanter Maßnahmen wurden auf Basis des DWA-A 216 abgeschätzt

4.2.2 Erneuerung des Rücklaufschlammumpwerks

Die Erneuerung des Rücklaufschlammumpwerks soll durch Austausch der bestehenden Pumpen und Motoren erfolgen. Es sollen gezielt Pumpen mit einem niedrigen Energieeffizienzindex und energieeffiziente Motoren vorgesehen werden.

Durch Erreichen des Idealwertes wird jährlich folgende Strommenge gespart:

$$(2 \text{ St.} \cdot 0,64 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a})) \cdot 31.251 \text{ EW} = \mathbf{40.001 \text{ kWh/a}}$$

Dem entsprechend werden folgende THG-Emissionen eingespart:

$$40.001 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{21.481 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Investitionskosten: 123.000,00 € brutto

4.2.3 Erneuerung des Überschussschlammumpwerks

Die Erneuerung des Überschussschlammumpwerks soll durch Austausch der bestehenden Pumpen und Motoren erfolgen. Es sollen gezielt Pumpen mit einem niedrigen Energieeffizienzindex und energieeffiziente Motoren vorgesehen werden.

Durch Erreichen des Idealwertes wird jährlich folgende Strommenge gespart:

$$(2 \text{ St.} \cdot 0,02 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a})) \cdot 31.251 \text{ EW} = \mathbf{1.562 \text{ kWh/a}}$$

Dem entsprechend werden folgende THG-Emissionen eingespart:

$$1.562 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{839 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Investitionskosten: 31.000,00 € brutto

4.2.4 Erneuerung der Pumpen im Pumpwerk Erpel

Durch Erneuerung der Pumpen im Pumpwerk Erpel kann bei Erreichen des Idealwertes der Strombezug um rd. 15.486 kWh/a gesenkt werden.

Investitionskosten: 168.000,00 € brutto

4.2.5 Erneuerung des Pumpwerkes Kasbach

Durch Erneuerung der Pumpen im Pumpwerk Kasbach kann bei Erreichen des Idealwertes der Strombezug um rd. 6.968 kWh/a gesenkt werden.

Investitionskosten: 164.000,00 € brutto

4.2.6 Erneuerung des Pumpwerkes Linz (Burgplatz)

Durch Erneuerung der Pumpen im Pumpwerk Burgplatz kann bei Erreichen des Idealwertes der Strombezug um rd. 6.226 kWh/a gesenkt werden.

Investitionskosten: 190.000,00 € brutto

4.2.7 Klärschlammverwertung im Verbund

Um weitere entwässerte Schlämme aus der nahegelegenen Kläranlage Hallerbach thermisch verwerten zu können sind Maßnahmen auf der Kläranlage Linz-Unkel erforderlich:

- Verladeplatz o. Ä. auf der KA Hallerbach
- Schaffung einer Annahmemöglichkeit für entwässerten Klärschlamm. (z. B. Annahmehunker und Förderaggregat zur Trocknung)
- Vergrößerung des Vorlagebehälters der PYREG-Anlage
- Installation einer Dickstoffpumpe mit Distributor („Spaghettipresse“) zur Aufgabe des entwässerten Schlammes auf das Band des Trockners.
- Installation eines weiteren Blockheizkraftwerkes (η_{el} 30 %, η_{th} 55 %) , um den Wärmebedarf durch ein KWK-Aggregat zu decken und die Eigenstromproduktion zu steigern.

Eine Reduktion der Treibhausgasemissionen erfolgt dabei nicht nur unmittelbar auf der Kläranlage Linz-Unkel, sondern durch Senkung des Transportaufwandes durch die lokale thermische Klärschlammverwertung (Strecke KA Hallerbach zur KA Linz-Unkel rd. 17 km) des Klärschlammes der KA Hallerbach (rd. 900 t/a²¹) im Vergleich zur Förderung von voreingedicktem Rohschlamm (8.950 t/a²¹) und dessen Mitbehandlung in der Faulung.

$$(8.950 \text{ t/a} - 900 \text{ t/a}) \cdot 17 \text{ km} \cdot 0,103 \text{ kg CO}_2\text{-Äq / tkm}^{22} = \mathbf{14.096 \text{ kg CO}_2\text{-Äq / a}}$$

Durch die Installation einer neuen größeren Schneckenpresse²³ auf der Kläranlage Linz-Unkel und ein daraus resultierendes verbessertes Entwässerungsergebnis sowie der Optimierung der Trocknung durch Ausstattung mit einem Distributor, ist kein signifikanter Anstieg des Wärmebedarfs, durch die gesteigerte Menge, zu erwarten.

²¹ Wert aus aktuellen Untersuchungen zur Errichtung einer Faulung auf der KA Hallerbach mit anschließender Entwässerung auf 24 %TR.

²² Umweltbundesamt, 2017

²³ Aktuell wird geplant, die bestehende Schneckenpresse auf der KA Linz-Unkel durch ein größeres Modell zu ersetzen.

Durch die größere Schlammmenge kann die Pyreg-Anlage kontinuierlicher und mit höheren Durchsätzen betrieben werden, so dass von einer Erhöhung der Betriebsstunden auf 6.800 h/a und einer auskoppelbaren Wärmeleistung von rd. 60 kW ausgegangen werden kann. Dadurch werden zusätzlich rd. 278.000 kWh_{th} /a regenerativ erzeugt. Diese Energie wird aktuell durch den Heizkessel und zugekauftes Erdgas bereitgestellt. Entsprechend werden so rd. 35.641 m³/a Erdgas eingespart. (356.410 kWh/a Brennstoff)

$$356.410 \text{ kWh/a} \cdot 55,9 \text{ Mg CO}_2\text{-Äq / TJ} = 71.720 \text{ kg CO}_2\text{-Äq / a}$$

Bei Nutzung des gesamten Faulgases zum Betrieb des neuen Blockheizkraftwerkes kann ebenfalls das große Potential, durch den verbesserten Wirkungsgrad im Vergleich zur Mikrogasturbine, genutzt werden.

Die gesteigerte Stromproduktion durch Faulgasnutzung mittels des Blockheizkraftwerkes gegenüber der Nutzung mittels der Mikrogasturbine, kann mit 241.669 kWh/a abgeschätzt werden. Aus der Mehrproduktion resultiert ein geringerer Fremdstrombezug und entsprechend eine Reduktion der Treibhausgasemissionen.

$$241.669 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq / kWh} = 129.776 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}$$

Der nicht durch das BHKW und die Pyreg-Anlage gedeckte Wärmebedarf (158.818 kWh/a) wird weiterhin durch die Mikrogasturbine (Betrieb mit Erdgas), bei gleichzeitiger Eigenstromerzeugung, bereitgestellt. Daras resultiert eine erforderliche Brennstoffleistung durch Erdgas von 546.219 kWh/a. Diese ist im Vergleich zum jetzigen Erdgasbezug um 481.741 kWh/a geringer. Gleichzeitig werden durch die Mikrogasturbine 136.555 kWh/a Strom gewonnen, wodurch der Fremdstrombezug gesenkt werden kann.

$$481.741 \text{ kWh/a} \cdot 55,9 \text{ Mg CO}_2\text{-Äq / TJ}^{24} = 97.549 \text{ kg CO}_2\text{-Äq / a}$$

Die Investitionssummen für die Anpassungen können auf 893.000,00 € brutto abgeschätzt werden.

²⁴ Spezifischer CO₂-Emissionsfaktor für Erdgas [Merkblatt zu den CO₂-Faktoren, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle]

4.2.8 Implementierung eines Energiemanagements

Nach Kapitel 3.1.3 sollen erforderliche Maßnahmen zur Zertifizierung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 vorgesehen werden. Dadurch soll zukünftig die Identifizierung von energetischen Optimierungspotentialen und eine kontinuierliche Verbesserung durch die Anfertigung jährlicher Energieberichte vereinfacht werden.

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

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

4.2.9 Optimierung Mikrogasturbine

Entsprechend Kapitel 3.1.1 sollte die Leistungsfähigkeit der Mikrogasturbine unter Berücksichtigung der aktuellen Datengrundlage hinterfragt werden. Durch die in Kapitel 4.2.8 vorgesehene Implementierung eines Energiemanagementsystems wird die Datengrundlage verbessert und eine neue Beurteilung kann erfolgen. Ggf. werden die Wirkungsgrade durch den vollständigen Betrieb mit Erdgas (vgl. 4.2.7) gesteigert.

4.2.10 Eigennutzung der PV-Module nach entfallen EEG-Förderung

Nach einer Nutzungsdauer von 20 Jahren fallen PV-Anlagen aus der EEG-Förderung. Sollten die bestehenden PV-Anlagen auf dem Betriebsgebäude sowie dem Technikgebäude der Faulung noch nutzbar sein, ist eine Vermarktung des Stromes nicht mehr rentabel und dieser sollte zur Eigenverbrauchsdeckung eingesetzt werden.

Die produzierte Strommenge betrug im Jahr 2018 **38.974 kWh**.

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

$$38.974 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{20.929 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

4.3 Umsetzungsfahrplan (Priorisierung/Zeitplanung/Akteure)

Folgender Umsetzungsfahrplan ist vorgesehen:

Nr.	Maßnahmen	Baukosten (brutto) in T€																			
		2020				2021				2022				2023				2024			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1.	Erneuerung der Belüftungseinrichtung					528															
2.	Erneuerung Rücklaufschlammumpwerk					123															
3.	Erneuerung Überschussschlammumpwerk					31															
4.	Erneuerung Pumpwerk Erpel					168															
5.	Erneuerung Pumpwerk Kasbach					164															
6.	Erneuerung Pumpwerk Linz Burgplatz					190															
6.	Klärschlammverwertung im Verbund																	893			
7.	Energiemanagementsystem																	35			

 Zeitpunkt der Beantragung  Zeiträumen für die Umsetzung

Abb. 28: Zeitplan der kurzfristigen Maßnahmen

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 4.2.8) 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 $e_{FG} \geq 20$ l(EW·d)
- Eigenversorgungsgrad Wärme V_W ca. 50 %
- Eigenversorgungsgrad Strom V_E ca. 35 %

4.5 Vorplanung der kurzfristig umsetzbaren Maßnahmen

Erneuerung der Belüftungseinrichtung

Die Belüftungseinrichtung in Belebungsbecken 2 soll äquivalent zu Belebungsbecken 1 ausgeführt werden. Die neue Gebläsestation soll aus 4 Gebläsen gebildet werden, so dass ein redundanter Betrieb, beider Belebungsbecken ermöglicht wird.

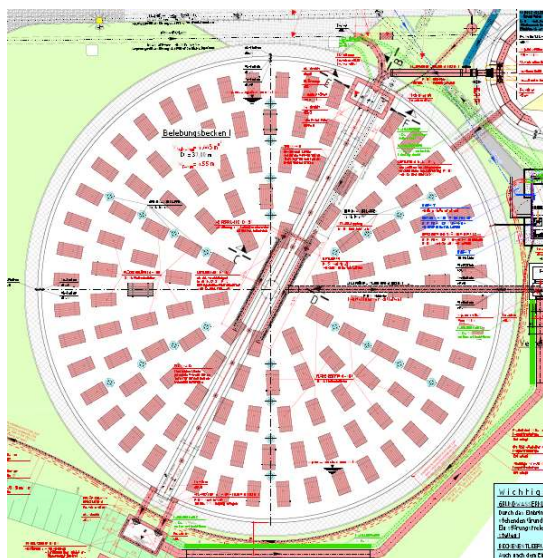


Abb. 29: Planausschnitt Flächenbelüftung

Abb. 30: Belüfterplatten

Tab. 7: Investitionskosten Erneuerung Belüftungseinrichtung

Nr.	Maßnahme	Gesamt
1.	Erneuerung der Belüftungseinrichtung	
	Umbauarbeiten im bestehenden Gebäude	20.000,00
	5 St. Gebläseaggregate incl. Hauptluftleitung	120.000,00
	Erweiterung Schaltanlage	40.000,00
	Elektroinstallationsarbeiten	15.000,00
	Demontgearbeiten im BB 2	
	Erneuerung eines Teilstücks der Luftzufuhrleitung incl. zugehöriger Armaturen und Befestigungselemente	25.000,00
	Einbau einer Zwischentrennwand im BB 2	25.000,00
	Einbau der hocheffizienten Belüfterplatten	70.000,00
	Messtechnik im BB 2	20.000,00
	Sonstiges und Kleinarbeiten	20.000,00
	Zwischensumme	355.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	88.750,00
	Gesamt, netto	443.750,00
	zzgl. 19% MwSt.	84.312,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	528.000,00

Erneuerung Pumpwerke auf dem Kläranlagengelände

Die Erneuerung des Rücklaufschlamm- und Überschussschlammumpwerk erfolgt durch Austausch der bestehenden Pumpen/Motoren durch energieeffiziente Aggregate. Im Rahmen der planerischen Maßnahmen ist eine rechnerische Kontrolle der Förderhöhen und Fördermengen zur Optimierung der Auslegungsdaten durchzuführen.

Durch die in Planung befindlichen Umbaumaßnahmen der mechanischen Vorreinigungsstufe verändert sich ggf. die notwendige Förderhöhe des Zulaufpumpwerkes, so dass diese Maßnahme erst bei einem ausreichenden Planungsstand weiterbearbeitet werden kann.

Tab. 8: Investitionskosten Rücklaufschlamm- und Überschussschlammumpwerk

Nr.	Maßnahme	Gesamt
2.	Erneuerung Rücklaufschlammumpwerk	
	Demontage Altanlagentechnik	3.000,00
	2 St. Schneckenpumpen	45.000,00
	2 St. Frequenzumrichter	5.000,00
	Erneuerung Schaltanlagentechnik	15.000,00
	Sonstiges und Kleinarbeiten	15.000,00
	Zwischensumme	83.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	20.750,00
	Gesamt, netto	103.750,00
	zzgl. 19% MwSt.	19.712,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	123.000,00
3.	Erneuerung Überschussschlammumpen	
	Demontage Altanlagentechnik	1.000,00
	2 St. Förderpumpen	10.000,00
	Erneuerung Schaltanlagentechnik	3.000,00
	Sonstiges und Kleinarbeiten	7.000,00
	Zwischensumme	21.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	5.250,00
	Gesamt, netto	26.250,00
	zzgl. 19% MwSt.	4.987,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	31.000,00

Erneuerung Pumpwerk Linz Burgplatz

Um einen besseren Hochwasserschutz zu ermöglichen wird der Standort des Pumpwerkes angepasst. Der Umbau kann somit parallel zum Betrieb der bestehenden Pumpstation von statten gehen.



Abb. 31: Konzeptplan neue Pumpstation Linz Burgplatz

Tab. 9: Investitionskosten Pumpwerk Linz Burgplatz

Nr.	Maßnahme	Gesamt
5.	Erneuerung der Pumpen im Pumpwerk Burgplatz	
	Demontage Altanlagentechnik	3.000,00
	3 St. trocken aufgestellte Abwasserpumpen	60.000,00
	3 St. Frequenzumrichter	10.000,00
	Anpassung Rohrleitungen	10.000,00
	Erneuerung Schaltanlagentechnik	30.000,00
	Sonstiges und Kleinarbeiten	15.000,00
	Zwischensumme	128.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	32.000,00
	Gesamt, netto	160.000,00
	zzgl. 19% MwSt.	30.400,00
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	190.000,00

Erneuerung Pumpwerke Erpel und Kasbach

Die energetische Optimierung der Pumpwerke Kasbach und Erpel kann durch Austausch der Pumpen und Motoren erfolgen. Es sollte in diesem Rahmen eine Überprüfung der bisherigen Pumpengrößen vorgenommen werden, um die installierten Leistungen zu optimieren.

Tab. 10: Investitionskosten Pumpwerke Erpel und Kasbach

Nr.	Maßnahme	Gesamt
5.	Erneuerung der Pumpen im Pumpwerk Erpel	
	Demontage Altanlagentechnik	3.000,00
	3 St. trocken aufgestellte Abwasserpumpen	60.000,00
	3 St. Frequenzumrichter	10.000,00
	Anpassung Rohrleitungen	5.000,00
	Erneuerung Schaltanlagentechnik	30.000,00
	Sonstiges und Kleinarbeiten	5.000,00
Zwischensumme	113.000,00	
zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	28.250,00	
Gesamt, netto	141.250,00	
zzgl. 19% MwSt.	26.837,50	
Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet		168.000,00
6.	Erneuerung der Pumpen im Pumpwerk Kasbach	
	Demontage Altanlagentechnik	3.000,00
	3 St. trocken aufgestellte Abwasserpumpen	60.000,00
	3 St. Frequenzumrichter	10.000,00
	Anpassung Rohrleitungen	7.500,00
	Erneuerung Schaltanlagentechnik	25.000,00
	Sonstiges und Kleinarbeiten	5.000,00
Zwischensumme	110.500,00	
zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	27.625,00	
Gesamt, netto	138.125,00	
zzgl. 19% MwSt.	26.243,75	
Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet		164.000,00

Energiemanagementsystem

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

Zur Erhöhung der Analysegenauigkeit soll weitere Messtechnik angeschafft werden. Dabei soll z. B. die Möglichkeit geschaffen werden transparent zu erkennen welches Gas in welchem Aggregat verwendet wurde. Darüber hinaus sind die einzelnen Aggregate der neu zu errichtenden Gebläsestation, als größtem Stromverbraucher der Kläranlage, sowie des Zulaufpumpwerks, mit einzelnen Messungen zu versehen.

Klärschlammverwertung im Verbund

Durch Austausch der Schneckenpresse durch ein größeres Aggregat, kann diese bei einer geringeren Auslastung betrieben werden und so das Entwässerungsergebnis optimiert werden. In der Regel erreichen Schneckenpressen bei einem Durchsatz von rd. 50 – 70 % des Maximaldurchsatzes die Besten Entwässerungsergebnisse. Der aktuelle Aufstellungsort der Schneckenpresse kann beibehalten werden.

Auf der Kläranlage Hallerbach sind Voraussetzungen für die Verladung und den Transport des entwässerten Klärschlammes zu schaffen.

Das Blockheizkraftwerk ist so zu dimensionieren, dass der Heizkessel nur noch in wenigen Ausnahmen in Betrieb genommen wird. Entsprechend ist die thermische Leistung die zur Dimensionierung wesentliche Auslegungsgröße.

Der Pufferspeicher oberhalb der Pyreg-Anlage kann in Form eines Zulauftrichters ausgeführt werden. Das Volumen sollte dabei ausreichend sein, um den Betrieb der Pyreg-Anlage z. B. bei einer kurzzeitigen Störung des Trockners in Betrieb halten zu können.

Tab. 11: Investitionskosten Klärschlammverwertung im Verbund

Nr.	Maßnahme	Gesamt
6.	Klärschlammverwertung im Verbund	
	Bau einer überdachten Fläche für die Aufstellung der	60.000,00
	Container zur Zwischenspeicherung des entwässerten	
	Klärschlammes auf der abgebenden KA Hallerbach	
	Schneckenaustragssystem zur Befüllung der Container	35.000,00
	Bau eines Annahmehunkers für den Schlamm der	70.000,00
	KA Hallerbach	
	Installation eines Zuführschneckensystems für den	35.000,00
	entwässerten Schlamm der KA Linz-Unkel in den Bunker	
	Installation einer Dickstoffpumpe mit zugehöriger Druck-	65.000,00
	leitung zur Beschickung der Klärschlamm-trocknung	
	wie vor, jedoch eines Distributors im Aufgabebereich	45.000,00
	des Trockners	
	Vergrößerung des Vorlagebehälters der thermischen	35.000,00
	Klärschlammverwertungsanlage (Pyreg-Anlage)	
	BHKW-Anlage zur Erweiterung der Klärgasverstromung	220.000,00
	und Wärmeerzeugung; Ausführung mit einer zweiten	
	Gasregelstrecke zur Mitverbrennung von Erdgas	
	Sonstiges und Kleinarbeiten	35.000,00
	Zwischensumme	600.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	150.000,00
	Gesamt, netto	750.000,00
	zzgl. 19% MwSt.	142.500,00
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	893.000,00

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: Deckungsquoten des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien

	Strom			Wärme		
	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungsgrad	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungsgrad
2018	1.037.370	239.011	23 %	1.448.044	859.303	59 %
Nach kurzfristigen Maßnahmen	834.431	480.680	58 %	1.448.044	1.250.226	86 %
Nach allen Maßnahmen	834.431	519.654	62%	1.448.044	1.250.226	86 %

Es wurde unterschieden zwischen den kurzfristigen Maßnahmen und allen Maßnahmen. Die Optimierung der Mikrogasturbine wurde nicht berücksichtigt, da dort noch keine Aussage über das tatsächliche Optimierungspotential getroffen werden kann. Die Einsparungen durch die aktuell in Planung befindlichen Umbaumaßnahmen der Mechanischen Reinigungsstufe werden unter Berücksichtigung der Idealwerte mit rd. 15.000 kWh/a abgeschätzt. Die Einsparungen durch die Erneuerung des Zulaufpumpwerks mit 24.376 kWh/a.

Zusätzlich zu den Einsparungen auf der Kläranlage, kann durch Maßnahmen an den Pumpwerken Erpel, Kasbach und Burgplatz Linz insgesamt eine zusätzliche Strommenge von 28.680 kWh/a eingespart werden.

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

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

$$E_{\text{spez}} = (1.037.370 \text{ kWh/a} - 202.939 \text{ kWh/a}) / 31.251 \text{ EW} = 26,7 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a})$$

Bei dem nach den Maßnahmen erzielten Stromverbrauch beträgt der spezifische Fremdstrombezug (inkl. durch Erdgasnutzung erzeugter Strom) nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen:

$$e_{\text{spez,Fremd,el}} = (1.037.370 \text{ kWh/a} - 202.939 \text{ kWh/a}^{25} - 480.680 \text{ kWh/a}) / 31.251 \text{ EW} \\ = 11,32 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a})$$

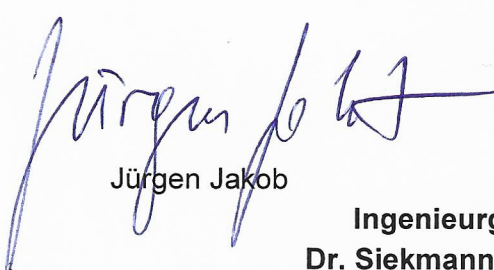
Bei Umsetzung aller Maßnahmen ergibt sich folgender spezifischer Fremdbezug:


$$e_{\text{spez,Fremd,el}} = (1.037.370 \text{ kWh/a} - 202.939 \text{ kWh/a}^{25} - 519.654 \text{ kWh/a}) / 31.251 \text{ EW} \\ = 10,07 \text{ kWh}/(\text{EW}\cdot\text{a})$$

Entsprechend wird der Zielwert²⁶ eines spezifischen Stromverbrauchs von 23 kWh/(EW·a) erreicht.

Der Gesamtdeckungsgrad der Anlage (elektrisch und thermisch) beträgt nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen rd. 76 % und nach Umsetzung aller Maßnahmen rd. 79 %.

Thür, 21.12.2019


Jürgen Jakob

i. A. 
Lukas Ellerich

**Ingenieurgesellschaft
Dr. Siekmann + Partner mbH**

²⁵ 187.939 kWh/a durch kurzfristige Maßnahmen zzgl. 15.000 kWh/a durch Umbau mechanische Vorreinigung und 24.376 kWh/a durch Umbau Zulaufpumpwerk

²⁶ 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.“