

Potenzialstudie

Klimafreundliche Abwasserbehandlung

Kläranlage Usedom

Januar 2023



Zweckverband Wasserversorgung

& Abwasserbeseitigung

Insel Usedom

Zum Achterwasser 6

17459 Ückeritz

Förderinformation:

Diese Studie wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Projekttitle: „KSI: Erstellung einer Potenzialstudie Abwasserbehandlungsanlage für die Kläranlage Usedom des Zweckverbands Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung Insel Usedom“ (Förderkennzeichen: 67K20465).

Nationale Klimaschutzinitiative

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

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

INHALT

1. Ausgangssituation	1
1.1 Veranlassung	1
1.2 Aktuelle Anlagensituation.....	2
1.2.1 Datenmaterial und Auswertezeitraum	2
1.2.2 Anschlusswert und Kurzbeschreibung der Anlage.....	2
1.2.3 Energierrelevante Anlagengruppen	7
1.2.4 Langzeit- und aktuelle Trendentwicklung.....	7
1.3 Untersuchungsrahmen und Zielstellung	8
2. Vorgehensweise und Untersuchungsmethodik	10
3. Grundlagenermittlung und Präzisierung Energie-Check	12
3.1 Grundlagenermittlung	12
3.2 Präzisierung Grobanalyse	12
3.3 Energetische Bewertung des Ist-Zustands	15
3.3.1 Kennwertvergleich zur Bewertung des Energieverbrauches	15
3.3.2 Energetische Schwachstellen der Anlage.....	17
3.4 Kurzzeitentwicklung der Betriebsparameter	17
3.5 Ursachenanalyse.....	17
3.6 Fremdwasser	17
4. Konzeptplanung - Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz.....	18
4.1 Vorbemerkungen	18
4.2 Einzelmaßnahmen	18
4.3 Maßnahmen mit Einspar- und Minderungspotentialen	19
4.4 Maßnahmen mit weiterem Untersuchungsbedarf	24
4.5 Einstufung der Maßnahmen in Prioritätskategorien	24
5. Controlling-Konzept.....	26
6. Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit	27
7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen zur weiteren Vorgehensweise	28

7.1 Vorgehensweise zur geplanten Erweiterung der KA Usedom.....	28
7.2 Ausgangssituation und Arbeitsmethodik.....	28
7.3 Konzeption zur Steigerung der Energieeffizienz und Energiegewinnung.....	29
7.4 Auf einen Blick - Die Ergebnisse	30
7.5 Gesamtübersicht Einspar- und Senkungspotenziale	30
7.5.1 Energie-Einsparpotenzial	30
7.5.2 Erhöhung der Energieeffizienz nach Umsetzung der Maßnahmen A - G.....	31
7.5.3 Energie-Gewinnung	31
7.5.4 Eigenversorgungsgrad – Prognose.....	31
7.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	32
7.7 Grundlagen erfolgreicher Klimaschutz-Aktivitäten.....	33
7.8 Schlussfolgerungen und weitere Aktivitäten	34
8. Verzeichnisse	36
8.1 Schrifttumsverzeichnis	36
8.2 Abbildungsverzeichnis	37
8.3 Anlagenverzeichnis	37

Feinanalyse zu Verbrauch und Reduzierung von Elektroenergie sowie Senkung der CO₂-Emissionen

1. Ausgangssituation

1.1 Veranlassung

Der Energieverbrauch von Kläranlagen ist ein beträchtlicher Emissions- und Kostenfaktor. Dies gilt insbesondere in Zeiten steigender Energiepreise.

In der 1. Stufe der Erarbeitung des Potenzialstudie wurde eine Grobanalyse der Anlage vorgenommen.

Im Bezugsjahr 2021 waren nachstehende Parametergrößen (Strom) für die Kläranlage Usedom zu verzeichnen:

Energieverbrauch	Kosten (brutto)	Klima
gesamt		
85.111	22.596	35,8
kWh/a	€/a	t CO _{2equi} /a

Deren Ergebnisse umfassten schwerpunktmäßig:

- Ermittlung und Quantifizierung des Energiebedarfes nach technologischen Funktionseinheiten der Kläranlage
- Vergleich der Verbrauchswerte der Funktionseinheiten mit anerkannten spezifischen Kennzahlen und Richtwerten für Kläranlagen
- Identifizierung von Schwachstellen
- technische und wirtschaftliche Ermittlung und Benennung von Energieeinsparpotentialen durch Betriebs- und Anlagenoptimierung
- Aufstellen eines Paketes von Optimierungsvorschlägen nach Anlagengruppen und Prioritäten

Gegenstand der vorliegenden Feinanalyse sind weiterführende tiefergehende Untersuchungen zur maßnahmenkonkreten Erschließung dieses Treibhausgas- und Kosteneinsparpotentials.

1.2 Aktuelle Anlagensituation

1.2.1 Datenmaterial und Auswertzeitraum

Für die Erstellung dieser Feinanalyse standen zur Verfügung und wurden ausgewertet:

- Betriebstagebücher 2018 bis 2021
- Jahresberichte 2018 bis 2021
- Bestandspläne
- Genehmigungsbescheide
- Entwurfsplanung von 1995
- Kenndaten Bestandsaggregate

1.2.2 Anschlusswert und Kurzbeschreibung der Anlage

Die Ausbaugröße der Abwasserbehandlungsanlage beträgt 2.750 EW₆₀ und ist damit der Größenklasse 2 zugehörig.

Die Verfahrenstechnologie umfasst schwerpunktmäßig die technologischen Stufen:

- Zulaufpumpwerk
- mechanische Vorreinigung (Kombi-Anlage)
 - Spiralsiebrechen
 - Sandfang mit Sandfangseparator
- Belebungsanlage inkl. Nachklärung (Kombibecken)
 - Kohlenstoffelimination
 - intermittierende Nitrifikation/Denitrifikation
 - simultan aerobe Schlammstabilisierung
 - chemische P-Elimination
 - Walzenbelüftung mit Tauchmotorrührwerken
- Schlammbehandlung
 - statische Schlammeindickung Überschussschlamm (Schlammsilo)

Die Steuerung der zwei Walzenbelüfter erfolgt nach der NH_4 -Konzentration im Belebungsbecken.

Die aktuelle schmutzfrachtspezifische Anlagenauslastung (2021) der KA Usedom beträgt im Mittel 1.258 EW_{120} (46 %) und im 85 %-Quantil 1.709 EW_{120} .

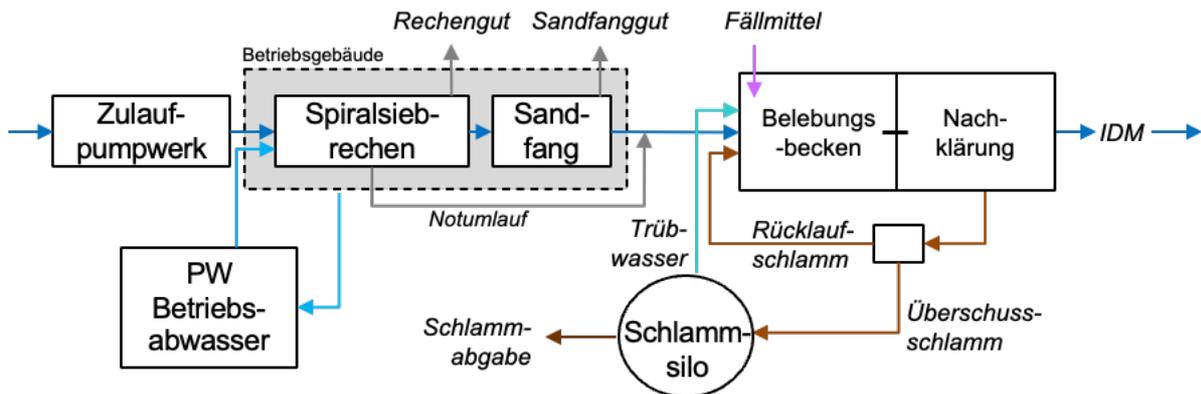


Abbildung 1-1 Verfahrensschema KA Usedom

Nachstehende Abbildungen zeigen einen Blick auf die Anlage sowie die Anlagentechnologie.



Abbildung 1-2 Kombianlage Rechen/Sandfang



Abbildung 1-3 Blick auf das Kombibecken (Belebung/Nachklärung)



Abbildung 1-4 Nachklärung mit Räumerrücke



Abbildung 1-5 Kombibecken Walzenbelüfter 1 mit Tauchmotorrührwerk



Abbildung 1-6 Kombibecken Walzenbelüfter 2, Vordergrund: Sauerstoffsonde, Hintergrund: Schlammsilo



Abbildung 1-7 Sammelschacht Rücklaufschlamm und Überschussschlamm mit Tauchpumpen



Abbildung 1-8 Ablaufschacht mit höhenverstellbarem Überfallwehr

1.2.3 Energierrelevante Anlagengruppen

Einen Überblick über die energierelevanten Anlagengruppen gibt die nachfolgende Übersicht.

1. Belüftung Belebung
2. Umwälzung Belebung
3. Zulauf-Pumpwerk
4. Schlamm-speicher
5. Nachklärung
6. RLS-Pumpwerk
7. ÜSS-Pumpwerk

Die aufgeführten *relevanten* Verbrauchsgruppen sind Bestandteil von Energie-Summenmessungen für Anlagen-Gruppen. Eine transparente Messung der Energieverbräuche relevanter Einzelanlagen oder Anlagengruppen existiert nicht.

1.2.4 Langzeit- und aktuelle Trendentwicklung

Die Entwicklung der energetischen Aufwandparameter der Anlage zeigt das nachstehende Diagramm.

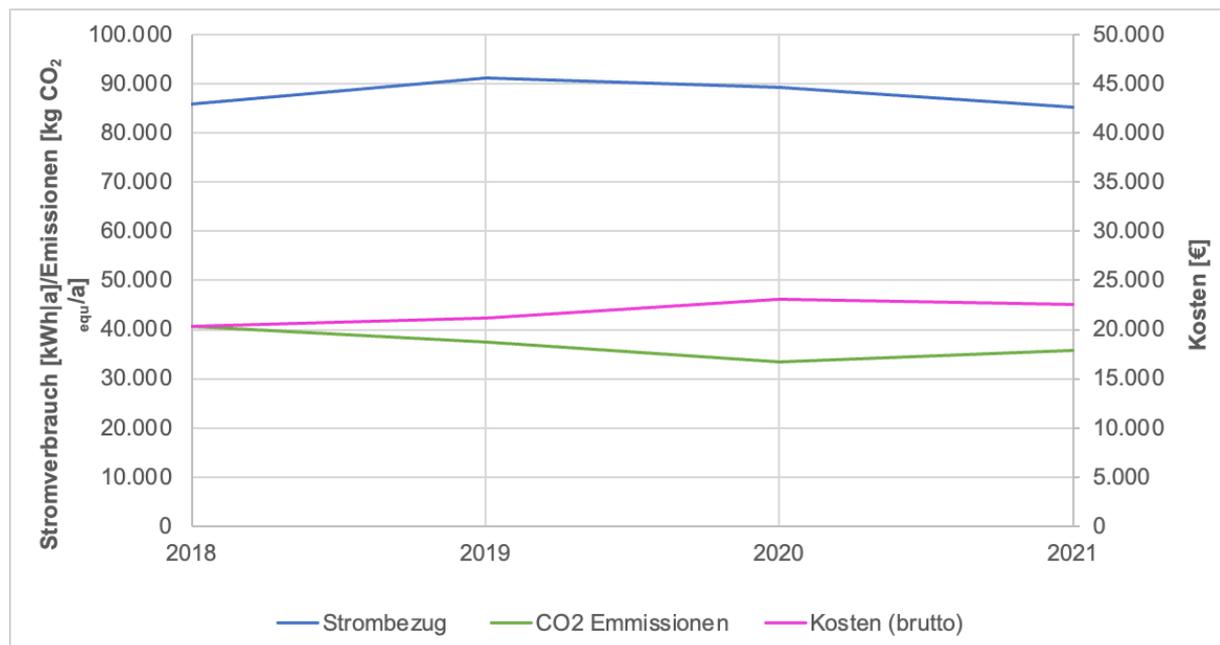


Abbildung 1-9 Entwicklung Stromverbrauch, CO₂-Emissionen und Kosten KA Usedom 2018 - 2021

Senkung Energieverbrauch	um	1 %
Preisniveau Steigerung	um	11 %

1.3 Untersuchungsrahmen und Zielstellung

Gegenstand der Feinanalyse sind nachfolgende Teilleistungen:

- erweiterte Bestandsaufnahme und Tiefenauswertung der vorhandenen Unterlagen
- Ist-Zustandsanalyse - Feinanalyse zu Schwachstellen/Problembereichen der Grobanalyse

→ Identifizierung von Schwachstellen und Optimierungsschwerpunkten

- Optimierungsanalyse - Feinanalyse der Optimierungsschwerpunkte
- konzeptionelle Entwicklung von Einzelmaßnahmen zur Energieoptimierung
- Machbarkeitsuntersuchung der Optimierungsmaßnahmen
- Erarbeitung einer Optimierungskonzeption
 - Präzisierung der Optimierungspotenziale
 - Erstellen Optimierungskonzeption - Maßnahmenpaket
 - Einstufung der Maßnahme in Prioritätskategorien
 - Entscheidungsvorschläge zur weiteren Vorgehensweise

Der Untersuchungsrahmen dieser vorliegenden Unterlage umfasst den Großteil des energetischen Einsparpotenziales.

Das Übersichtsschema der Kläranlage kennzeichnet den Untersuchungsrahmen dieser Feinanalyse zur Energieoptimierung.

Er umfasst:

- Optimierungsbereich – Verminderung Energiebedarf
- Optimierungsbereich – Reduzierung Energieverbrauch mit den Verbrauchsschwerpunkten der Funktionseinheiten:
 - Belebung
 - Einlaufgruppe
- Optimierungsbereich – vergleichsmäßiger Energieverbrauch
- Optimierungsbereich – Eigenerzeugung Energie

Zielstellung

Zielstellung dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Energieoptimierungskonzeptes für die Anlage zur

- Minimierung des Energiebedarfes der Anlagengruppen und Entwicklung detaillierter Optimierungsmaßnahmen
- maßnahmenbezogenen Untersetzung des im Rahmen der Grobanalyse ermittelten Einsparpotenziales

Die Feinanalyse liefert die Entscheidungsgrundlagen über die Notwendigkeit/Zweckmäßigkeit der Optimierung oder Erneuerung von Anlagen und Aggregaten inkl. des Auslösens der Anlagenplanung.

2. Vorgehensweise und Untersuchungsmethodik

Die vorgelegte Detailanalyse baut auf den Daten der Grobanalyse auf. Sie verbessert die bisherige Bewertung aber in Bezug auf Genauigkeit und Aussagekraft. Konkrete Energiesparmaßnahmen wurden hinsichtlich der Aggregatauslegung, der Anlagenbemessung, der Betriebsweisen und der Auswahl der Maschinenteknik untersucht. Im Resultat werden Veränderungen vorgeschlagen.

Grundsätzlich sind alle Untersuchungen zur Betriebsoptimierung einer Kläranlage auf der Grundlage der nachfolgenden Kriterien und Prioritätenfolge vorzunehmen:

1. Erfüllung Reinigungsanforderungen
2. Betriebssicherheit und Prozessstabilität
3. Energieeinsparung

Unter diesem Aspekt sind auch alle energetischen Untersuchungen und Maßnahmen auf die Erfüllung der vorstehenden Anforderungen 1 und 2 zu überprüfen.

Berichtsstruktur für die Optimierungsmaßnahmen

Die nachfolgenden Gliederungspunkte beschreiben die Untersuchungen zu den in der Grobanalyse benannten Optimierungspotenzialen. Jeder anlagenbezogene Textteil gliedert sich inhaltlich in

Ist-Zustandsanalyse

- Datengrundlagen
- Langzeitentwicklung Energieverbrauch
- technische Aufgabe und Funktion
- Betriebsweise

Konzeptentwicklung der Maßnahmen

mit maßnahmenbezogenen Untersuchungsergebnissen zur

- Problem- und Ursachenanalyse
- technischen Machbarkeit
- wirtschaftlichen Machbarkeit
- Risikobewertung

und den sich daraus ergebenden Energieeinsparpotentialen.

Die Dokumentation der Untersuchungsergebnisse erfolgt im

- Textteil - Ergebnisbericht (Zusammenfassung)
- Anlagenteil - Detailergebnisse

3. Grundlagenermittlung und Präzisierung Energie-Check

3.1 Grundlagenermittlung

Im Rahmen der Grundlagenermittlung wurden schwerpunktmäßig nachstehende Aktivitäten unternommen:

- Tiefenauswertung ausgewählter Betriebsdaten in unterschiedlichen Zeitintervallen im Zeitraum 01/21 bis 12/21
- messtechnische Untersetzung von Datengrundlagen und getroffenen Annahmen
 - Stromstärkemessungen
 - Stromverbrauchsmessungen/Leistungsmessungen
- Betriebstagebuch
 - Anlagenbelastung
 - Energieverbrauch Gesamtanlage
- PLS-Daten
 - Prozessganglinien, Parameterkonzentrationen, Laufzeiten
- Bedienungsanleitungen u.a.
- Workshops und Abstimmungen mit der technischen Leitung und dem Betriebspersonal der Kläranlage

Die Untersuchungsergebnisse sind in der Projektstammakte abgelegt.

3.2 Präzisierung Grobanalyse

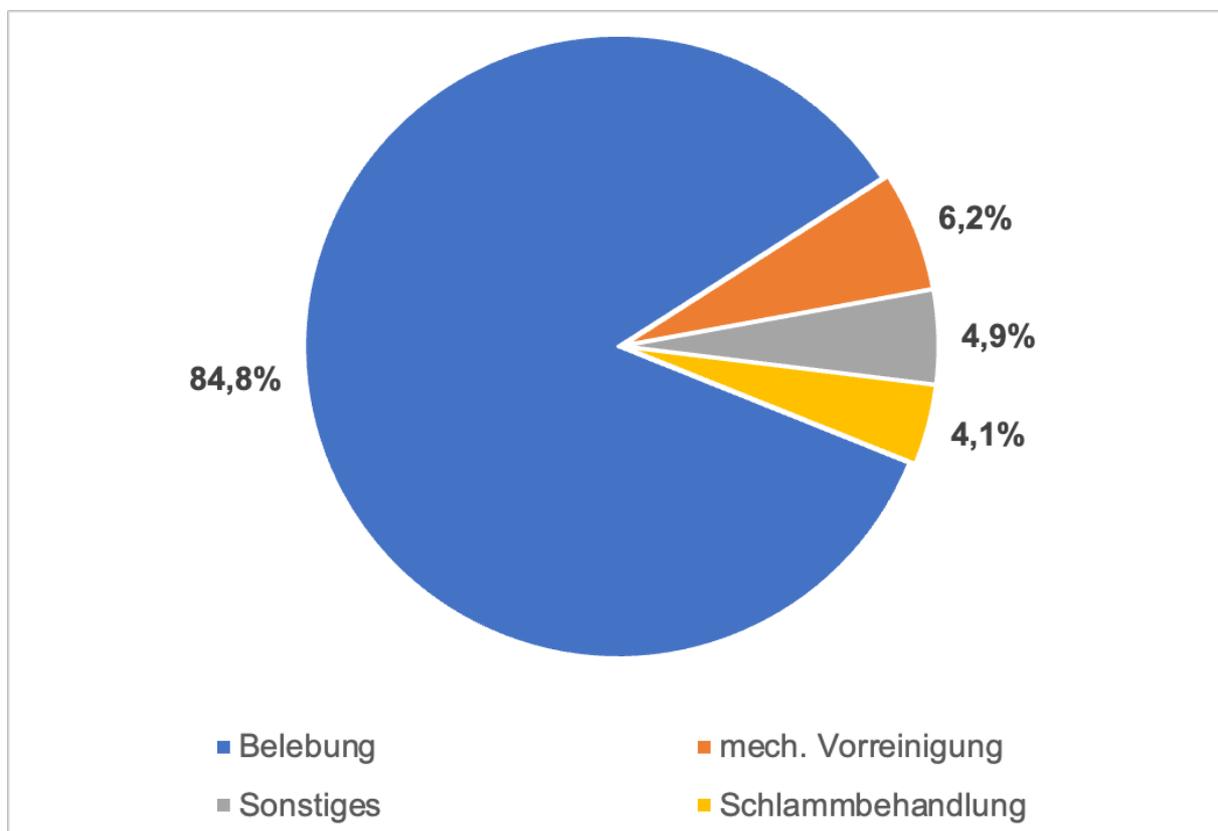
Verteilung Energieverbrauch und Energie-Bilanz

Im Ergebnis der vertiefenden Grundlagenermittlung lassen sich aus der aktualisierten Energiebilanz die Verteilung des Energiebedarfes und die Verbrauchsschwerpunkte gegenüber der Grobanalyse wie nachstehend präzisieren:

Rangfolge der Funktionseinheiten und Bedarfsanteile Strom (Ist-Betrieb)

Rang	Anlage	Anteil
1	Belebung	84,8 %
2	Einlaufgruppe	6,2 %
3	Sonstiges	4,9 %
4	Schlammbehandlung	4,1 %

Verteilung des Energiebedarfes nach Verbrauchsschwerpunkten (-gruppen)

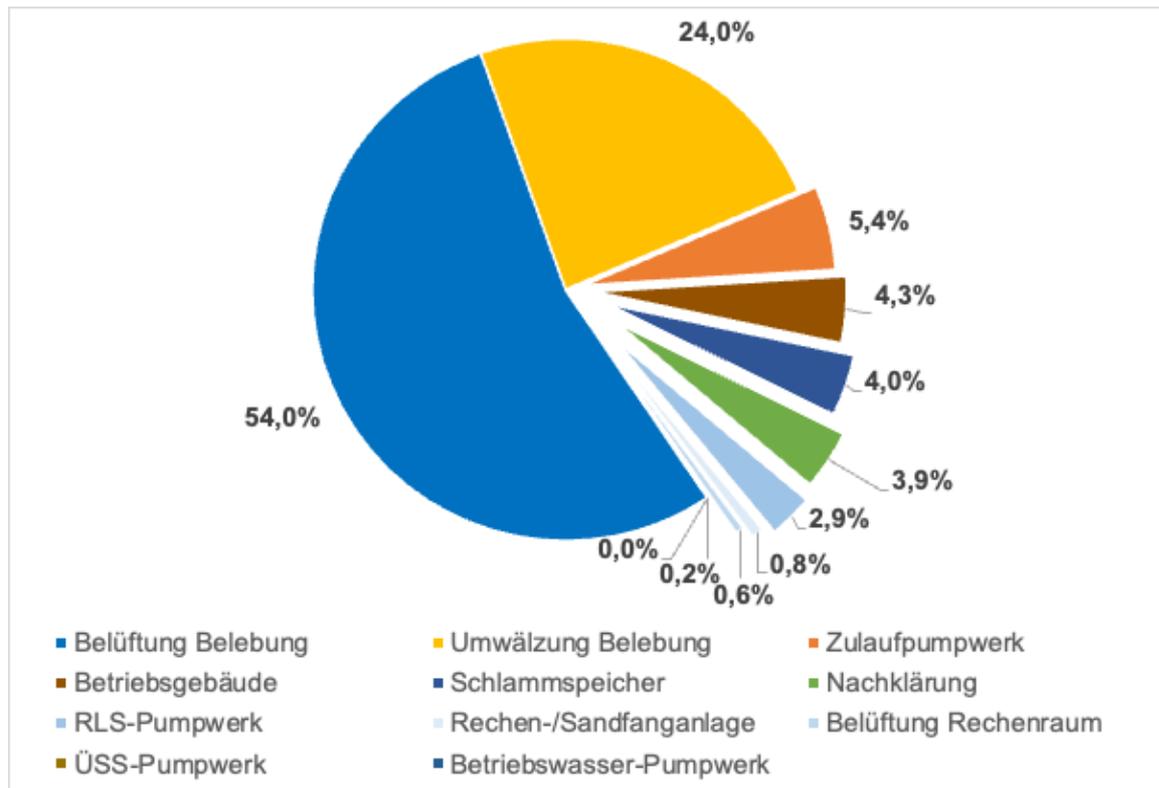


Rangfolge der Verbrauchsgruppen Strom:

Rang	Anlagengruppe	Anteil am Gesamtstrombedarf
1	Belüftung Belebung	54,0 %
2	Umwälzung Belebung	24,0 %
3	Zulaufpumpwerk	5,4 %
4	Betriebsgebäude	4,3 %
5	Schlamm Speicher	4,0 %
6	Nachklärung	3,9 %
7	Rücklaufschlamm-PW	2,9 %
8	Rechen-/Sandfanganlage	0,8 %
9	Belüftung Rechenraum	0,6 %
10	Überschussschlamm-PW	0,2 %
11	Betriebswasser-Pumpwerk	0,0 %

Verteilung des Energiebedarfs nach Verbrauchsgruppen

Die Auswertung der Temperatur- und Laufzeitstatistik führte zu nachstehenden Erkenntnissen:



3.3 Energetische Bewertung des Ist-Zustands

3.3.1 Kennwertvergleich zur Bewertung des Energieverbrauches

Die spezifischen Energiebedarfszahlen der Funktionseinheiten werden nachstehend den optimalen Kennwerten vergleichbarer Anlagen gegenübergestellt und einer Bewertung unterzogen. Als Datengrundlage dienen durchgeführte Momentanmessungen zu Strom und Spannung und der sich daraus ergebenden Leistungsaufnahme der Einzelaggregate.

Verbrauchsgruppe (Hauptanlagen)	Energie- verbrauch absolut	Energie- verbrauch spez.	Vergleichswerte $e_{\text{spez.}}$ Optimal-Bereich*	Bewertung
	kWh/a	kWh/(EW*a)	kWh/(EW*a)	
Belüftung Belebung	47.003	37,4	10 - 15	Optimierungschance
Umwälzung Belebung	20.920	16,6	1 - 2	Optimierungschance
Zulauf-Pumpwerk	4.721	3,8	1,3 - 2	Optimierungschance
Betriebsgebäude	3.750	3,0	---	keine Kennziffern
Voreindickung (statisch)	3.463	2,8	0 - 0,6	Optimierungschance
Nachklärung	3.387	2,7	0 - 0,6	Optimierungschance
RLS-Pumpwerk	2.502	2,0	0,7 - 1,5	Optimierungschance
Rechen-/Sandfanganlage	678	0,5	0,05 - 0,6	Optimal-Niveau
Belüftung Rechenraum	484	0,4	---	keine Kennziffern
ÜSS-Pumpwerk	147	0,1	---	keine Kennziffern
Betriebswasser-Pumpwerk	1	0,0	---	keine Kennziffern
Gesamtanlage	87.055	69,2	27,9	Optimierungschance

* Baumann et al. (2014), Müller et al. (1999), Haberkern et al. (2008)

➔ Klärungsbedarf für Widersprüche/Ergänzungsbedarf

a) Gesamtstromverbrauch - bilanziert und gemessen

Der bilanzierte Gesamtstromverbrauch der KA Usedom liegt um 2,2 % oberhalb des aus Strommessungen erfassten Verbrauchs (EVU). Eine Ursache dafür liegt darin, dass es nicht für alle Verbraucher Betriebsstundenzähler gibt und die Laufzeiten der Aggregate vom Betriebspersonal zum großen Teil nur geschätzt werden können. Die Laufzeiten der Maschinen bilden zusammen mit der jeweils aufgenommenen

elektrischen Leistung die Grundlage für die Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs.

Darüber hinaus kann auch der Stromverbrauch z. B. eines Betriebsgebäudes nur grob abgeschätzt werden, wobei sich an Erfahrungswerten von anderen Kläranlagen orientiert wurde.

Grundsätzlich ist zu empfehlen, eine Reihe von Unterzählern zu installieren, um langfristig noch genauere Auswertungen vornehmen zu können (s. a. Anlage 1).

b) Dokumentation Aggregate

Grundsätzlich ist zu empfehlen, die gesamte Anlagendokumentation der KA Usedom zu aktualisieren und mit den im Betrieb befindlichen Aggregaten abzugleichen.

c) Bemessungsgrundlage Schlammengen

Mit den im Betriebstagebuch erfassten Daten zum TS-Gehalt im Belebungsbecken und im Überschussschlamm sowie der Mengen ergaben sich in der Nachbemessung der KA Usedom eine halb so große Überschussschlammabzugsmenge. Dies steht im Widerspruch mit der tatsächlich abgezogenen TS-Fracht. Eine erste Ursachenforschung zusammen mit dem Betriebspersonal ergab keine Ergebnisse. Es wird empfohlen die Analysen und Mengenerfassung des Überschussschlammes im Detail zu überprüfen. Zusätzlich ist zu empfehlen den Analysenumfang um den Glühverlust (GV) des Überschussschlammes sowie um den AFS im Zulauf zu erweitern.

d) Maßnahmen-Umsetzung

Für die konzeptionelle Entwicklung der Optimierungsmaßnahmen sowie Quantifizierung von Einsparpotenzialen wurden teilweise überschlägige Vorbemessungen von Anlagen und Aggregaten vorgenommen. Diese ersetzen keine konventionellen Anlagen-Planungen, welche den Maßnahme-Umsetzungen zugrunde gelegt werden sollten.

3.3.2 Energetische Schwachstellen der Anlage

Als energetische Schwachstellen der Kläranlage sind schwerpunktmäßig nachfolgende Verbrauchsgruppen/Anlagen festzustellen:

- Belüftung Belebung
- Umwälzung Belebung
- Zulauf-Pumpwerk
- Nachklärung

3.4 Kurzzeitentwicklung der Betriebsparameter

Die zeitliche Entwicklung relevanter Betriebsparameter wurde bereits im Vorfeld im Rahmen der Grobanalyse untersucht, dokumentiert und bewertet (siehe Grafiken Jahressgang der energierelevanten Parameter – Grobanalyse, Punkt 2.6 bis 2.8; Anhang)

3.5 Ursachenanalyse

Die Ursachen schlechter Energieeffizienz und hoher CO₂-Emissionen sind vielfältig und teilweise komplex. Ihre Ermittlung wurde für jede Verbrauchsgruppe/Schwachstelle in Kapitel 4 vorgenommen.

3.6 Fremdwasser

Aus den Betriebsdaten 2021 wurde für die Kläranlage ein

Fremdwasseranteil in Höhe von 6,0 %

ermittelt.

4. Konzeptplanung - Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz

4.1 Vorbemerkungen

Die ausführlichen Erläuterungen enthalten eine Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse und maßnahmenbezogenen Konzeptplanungen in Übersichtsform. Sie befinden sich in den Anlagen und beinhalten die Dokumentation des Soll-Zustands.

4.2 Einzelmaßnahmen

Optimierungsbereich – Senkung Energiebedarf

- A Einzelmaßnahmen

Optimierungsbereich – Reduzierung Energieverbrauch

- B Belebungs- und Belüftung
- C Belebungs- und Umwälzung
- D Nachklärung
- E Zulauf-Pumpwerk
- F Rücklaufschlamm-Pumpwerk
- G Optimierung Handlungsgrundlagen Betriebsführung
- H Untersuchung Eigenenergiegewinnung aus Nutzung erneuerbarer Energien

4.3 Maßnahmen mit Einspar- und Minderungspotentialen

Die nachfolgende Aufstellung gibt eine Übersicht über Untersuchungen und erarbeiteten Maßnahmenkonzepte zur energetischen Optimierung der Kläranlage Usedom.

Über die aufgelisteten Maßnahmen hinaus gibt es eine Reihe von Optimierungsmaßnahmen, die permanent im täglichen Betrieb bzw. nach Abschreibung/Verschleiß von Maschinen mit anschließender Ersatzbeschaffung umsetzbar sind. Dazu gehören beispielsweise das Reduzieren der Temperatureinstellung bei Elektroheizungen in Betriebsgebäuden, die punktgenaue Auslegung von Pumpen und der Einsatz von Hocheffizienzmotoren. Aber auch der Einsatz von LED-Lampen, modernen Kühlschränken (im Bürogebäude), das Abschalten von Computern nach Feierabend etc. sind Maßnahmen, die in der Summe zu einer Verbesserung der Energieeffizienz der Kläranlage führen.

Im Zuge der Erstellung der Potenzialstudie für die KA Usedom wurde weitestgehend darauf verzichtet, derlei Maßnahmen zu berücksichtigen, da sie mittlerweile als allgemein anerkanntes Wissen gelten und eine entsprechende Umsetzung als selbstverständlich vorausgesetzt werden kann. Stattdessen wurde die Verfahrenstechnik sowie die Auslegung der wichtigsten Hauptverbraucher der Kläranlage an sich untersucht, die Aus- und Belastung berücksichtigt, um Maßnahmen abzuleiten, die im täglichen Betrieb üblicherweise übersehen werden.

Detaillierte Beschreibungen einzelner Maßnahmen sind der Anlage 4 zu entnehmen.

Maßnahmenkatalog						
Maßnahme	Bezeichnung	Energieverbrauch 2021 kWh/a	E-verbrauch nach Maßnahme kWh/a	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Senkung CO ₂ -Emission bis ca. t CO ₂ eq/a	Technisches Konzept
Optimierungsbereich - Senken Energiebedarf						
A	Senkung Energiebedarf					
A 1	Vermeidung Förderung unverschmutzten Regenwassers					--> Senkung Fördermengen (unverschmutzten Regenwassers) durch z. B. Einsatz wasserdichter Kanaldeckel, Beseitigen von Fehlschlüssen
A 2	Vergleichmäßigung Schmutzfracht-Belastung					Zusatz-Nutzen: Reduzierung Abwasserabgabe Vergleichmäßigung Schmutzfracht-Belastung durch Zugabe von Trübwasser in Schwachlastzeiten (Nacht, Wochenende) zzgl. Installation Betriebsstundenzähler
A 3	Überwachung Entwicklung Fremdwasseranteil					Zusatz-Nutzen: Senkung von kostenintensiven Lastspitzen Reduzieren + Überwachen Fremdwasseranteil
Optimierungsbereich - Reduzierung Energieverbrauch						
B	Optimierung Belüftung Belebung					Testbetrieb der Maßnahmen erforderlich
B 0	Herstellung Handlungsgrundlagen für energetische Bewertung und Optimierung der Belebungsstufe	47.003				Ermittlung repräsentative Schlammengen in Belebungsbecken und Überschusschlammabzug, Schlammanalysen (TS, GV); AFS im Zulauf
B 1	Optimierung Betriebsweise Belebung					Aktualisierung Dokumentation Aggregate im Betrieb
1.1	Bedarfsgerechte Anpassung Belebtschlammmenge (TS-Gehalt) an Schmutzfracht-Belastung	47.003	44.931	2.072	0,9	Reduzierung TS-Gehalt in Kalt-Monaten in Belebung von i. M. 3,0 g/l auf bis ca. 2,1 g/l
1.2	Reduzierung Belebtschlammmenge - Jahreszeitliche bedarfsgerechte Anpassung an Bakterienaktivität	44.931	43.005	1.926	0,8	Reduzieren TS-Gehalt in Warm-Monaten , jedoch auf geringeres Niveau auf bis ca. 1,9 g/l Erarbeitung Bemessungsmatrix = Steuerschema - Now, TS-Gehalt in Abhängigkeit Abwasserbelastung, ggf. für unterschiedliche Anlagenbelastungen
1.3	Optimierung Steuerung TS-Gehalt - Umstellung auf temperaturgeführte Steuerung TS-Gehalt <i>Ergänzungs-Maßnahme</i> zu B 1.1 - 1.2 / Vorzugslösung	wie B 1.1 - B 1.2, jedoch bei höherer Entscheidungssicherheit				Senkung Sollwert-Niveau der O ₂ -Konzentration von 1,5 auf bis zu 1,0 mg/l
B 2	Bedarfsgerechte Senkung Betriebswert O ₂ -Konzentration	43.005	41.037	1.969	0,8	

Maßnahmenkatalog						
Maßnahme	Bezeichnung	Energieverbrauch 2021 kWh/a	E-verbrauch nach Maßnahme kWh/a	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Senkung CO ₂ -Emission bis ca. t CO ₂ equ/a	Technisches Konzept
Optimierungsbereich - Reduzierung Energieverbrauch						
B 3	Optimierung Belüftung Belebung					
3.1	System-Umstellung auf Installation Platten-Belüfter (Messner Compact) auf Gesamtfläche der belüfteten Zone + Technologie-Umstellung auf Rohr-Strömung mit Flächen-Belüftung <i>in Kombination mit Maßnahme B 3.3, B 3.4, C 2</i>					Umbau und Umstellung auf Plattenbelüfter - großflächige und sohlennahe Verlegung von feinblasigen Plattenbelüftern (12Anzahl) - Plattenbelüfter auf Gitter Einbau im laufenden Betrieb möglich
3.2	Optimierung Anlagenkonzept Belüftungssystem Installation feinblasige Druckbelüftung (Drehkolbengebläse) mit Plattenbelüfter	41.037	23.173	17.864	7,5	Drehkolbengebläse Aerzen GM 4 S mit Frequenzregelung und Luftmessung ermöglicht im mittleren Lastfall 38% Einsparung
3.3	Optimierung Anlagenkonzept Belüftungssystem Installation feinblasige Druckbelüftung (Schraubengebläse) mit Plattenbelüfter <i>-> Vorzugslösung</i>	41.037	19.199	21.837	9,2	Schraubengebläse Aerzen D 13 S mit Frequenzregelung und Luftmessung ermöglicht im mittleren Lastfall 46 % Einsparung, aber bei minimalen Luftmengen kaum geringeren spez. Energiebedarf zu Drehkolbengebläse, dafür höhere Investitionen.
3.4	Steuerung Druckluft-Erzeugung - bedarfsgerechte Belüftung entsprechend der Ammonium-Konzentration in der Belebung <i>in Kombination mit Maßnahme 3.1 und 3.3</i>					Installation von Ammonium-Nitrat-Messsonden in der Belebung, Steuerung der Gebläse in Abhängigkeit der NH ₄ /NO ₃ -Konzentrationen
B 4	Turnusmäßige Kontrolle Gegendruck Belüftungselemente; Reinigung der Belüftungselemente im Belebungsbecken oder/und Entleeren Kondenswasser Druckleitung					Vorsorge-Maßnahme, da Energieaufwand proportional Gegendruck --> Installation Druckmessung und Integration im PLS
C	Optimierung Umwälzung Belebungsbecken					<i>Testbetrieb der Maßnahmen erforderlich</i>
C 1	Optimierung Betriebsweise Umwälzung BB	20.920				
	Interimslösung bei Betrieb Walzenbelüfter: Umwälzung Belebungsbecken - Intervall-Betrieb Rührwerke	20.920	13.947	6.973	2,9	Energie-Dichte 2,28 W/m ³ (Zielwert < 2,0) <i>-> Bestand bereits energieeffizient Intervall-Betrieb, z.B. 20' Lauf + 10' Pause --> Ersparnis = 33%</i>
	Begleitmaßnahmen:					Ausstattung der Rührwerke mit Sanftanlauf
						Überprüfung Stellung und Positionierung sowie Verzopfung an Rührwerken
						Prüfung dynamische Belastbarkeit der Rührwerks Verankerung und Gestänge
						Automatisches Rückstellen auf Dauer-Betrieb bei Starkregenereignissen (mit Stickstoff-Stoßbelastungen) Kontrolle des Schlammvolumens und Nitratgehalt im Ablauf

Maßnahmenkatalog						
Maßnahme	Bezeichnung	Energieverbrauch 2021 kWh/a	E-verbrauch nach Maßnahme kWh/a	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Senkung CO ₂ -Emission bis ca. t CO ₂ equ/a	Technisches Konzept
Optimierungsbereich - Reduzierung Energieverbrauch						
C 2	Optimierung Anlagen- und Aggregatekonzept Umwälzung BB	20.920				
2.1	Außerbetriebnahme 1 Rührwerk in Kombination mit Maßnahme B 3	20.920	10.469	10.451	4,4	Solobetrieb 1 Rührwerk im vorhandenen BB (Rührwerk 2 für ggf. weiteres Belebungsbecken Ausbaustufe einsetzbar)
2.2	Intervallbetrieb 1 Rührwerk <i>Ergänzungs-Maßnahme zu 2.1 / Vorzugsvariante</i>	10.469	7.021	3.449	1,4	Intervall-Betrieb, z.B. 20' Lauf + 10' Pause -> Entstehung Dipolarströmung (höhere Verweilzeit Luftblasen) -> Ersparnis = 33%
2.3	Impulsbelüftung -> Außerbetriebnahme 2 Rührwerke <i>Alternative zu Maßnahme 2.2</i>			nicht wirtschaftlich		Vollständige Belegung der Belebung mit Plattenbelüfter + Demontage Rührwerke -> bessere Luftbeaufschlagung, kein Energieverbrauch Rührwerke -> höhere Investition durch Plattenbelüfter
D	Optimierung Nachklärbecken					Testbetrieb der Maßnahmen erforderlich
D 1	Optimierung Betriebsweise Nachklärbecken Bedarfsgerechte Senkung Betriebszeit Räumler	3.386	2.981	405	0,2	Intervallbetrieb Räumler während Nachtstunden - Zeit-Taktung 30' Lauf + 30' Pause von 00.00 - 06.00 -> Ersparnis = 3h Betrieb außer Frostperiode
E	Optimierung Zulauf-Pumpwerk					Testbetrieb der Maßnahmen erforderlich
E 1	Optimierung Anlagen- und Aggregatekonzept Zulauf-PW	4.701				
1.1	Ersatz-Installation energieeffiz. Neu-Aggregate	4.701	2.401	2.300	1,0	Installation energieeffiz. Neu-Aggregate mit gleicher Leistungs-Kapazität 2x Q ₀ = 50,4 m³/h (Betriebspunkt) -> Einsparung 49 %
1.2	Austausch 1 Pumpe gegen kleineres energieeffiz. Neu-Aggregat -> Ersatzinvestition - Vorzugslösung	4.701	2.282	2.419	1,0	Austausch 1 Bestandspumpe gegen kleinere Pumpe (mit Schraubenzentrifugalrad; eta 66%) - Bestandspumpe mindestens ca. 30min/d in Betrieb - 1x Q ₀ = 30,8 m³/h + 1x Q ₀ = 50,4 m³/h -> Einsparung 51 %
F	Optimierung Rücklaufschlamm-Pumpwerk					Testbetrieb der Maßnahmen erforderlich
F 1	Optimierung Anlagen- und Aggregatekonzept RLS-PW Ersatz-Installation energieeffiz. Neu-Aggregate (mit FU) -> Ersatzinvestition	2.502	1.554	948	0,4	Installation energieeffiz. Neu-Aggregat mit gleicher Leistungs-Kapazität (Schraubenzentrifugalrad; eta 55%) 1 x Q ₀ = 45 m³/h (Betriebspunkt) -> Einsparung 22 %

Maßnahmenkatalog						
Maßnahme	Bezeichnung	Energieverbrauch 2021 kWh/a	E-verbrauch nach Maßnahme kWh/a	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Senkung CO ₂ -Emission bis ca. t CO ₂ equ/a	Technisches Konzept
Handlungsbereich - Energiemanagement						
G	Optimierung Handlungsgrundlagen Betriebsführung					
G 1	Weiterführung/Intensivierung ENERGIE-Management-System					inklusive Einbau Unterzähler für verbrauchsrelevante Einzelanlagen / Anlagengruppen
G 2	Optimierung Prozessleitsystem / Prozess-Steuerung - Herstellen Handlungsgrundlagen für prozessorientierte anforderungsgerechte Aggregatesteuerung					Automatisierung Tages-Erfassung Betriebsstunden und Energieverbräuche sowie Übertragung ins BTB Optimierung <i>monatsgenaue</i> Erfassung und Dokumentation Energie- und Betriebsdaten für G 3
G 3	Erweiterung PLS um Energie-Monitoring-Modul					Verknüpfung Energie- und Betriebs-Parameter zu Effizienz-Kennziffern und Implementierung in das PLS Grafische Visualisierung der zeitlichen Entwicklung der EnergieEffizienz-Kennziffern der Hauptverbraucher periodische Berechnung oder Messung, Dok. u. Visualisierung relevanter Energie-Parameter periodische SPS-geführte Messung, Dok. u. Visualisierung relevanter Energie-Parameter zu definierten Betriebszuständen
3.1	Aufbau PLS-Modul Energie-Monitor (relevante) <i>Pumpwerke/Anlagen</i>					
3.2	Aufbau PLS-Modul Energie-Monitor <i>Belüftung</i>					
	Summe Einspar-Potenzial bis ca.			45.475	19,1	12.415 Euro (zzgl. Preissteigerungen)
Optimierungsbereich - Energiegewinnung						
H	Nutzung erneuerbarer Energien					
H 1	Nutzung Solarenergie	0,0	53.423	53.423	22,4	Dachflächenangebot nicht wirtschaftlich Freifläche ca. 500 m ² PV-Generatorfläche (264x PV-Module = ca. 100kWp, 8x Wechselrichter, 1x Batterie 75kW) => Einsparung entspricht direkten Eigenverbrauch + Batterieladung (exkl. Netzeinspeisung 47,467kWh/a)
	Summe Gewinnungspotenzial bis ca.			53.423	22,4	14.584 Euro (zzgl. Preissteigerungen)
	Summe Einspar- und Gewinnungspotenzial			98.898	41,5	26.999 Euro (zzgl. Preissteigerungen)

Hinweise: 1) Der Charakter der Abwasser- und Schlammbehandlungsprozesse ist biologischer Natur. Insofern folgen sie einer mathematischen Summenbildung nicht zwingend. Alle Maßnahmen und Änderungen von Betriebsparametern sind schrittweise umzusetzen und auf mögliche negative Wechselwirkungen sowie Erfolg zu überprüfen.

2) Faktor für spez. CO₂-Reduktion (UBA)

0,420 kg CO₂ equ./ kWh (Strom)

3) *Grünschrift*: Interimslösungen, Einsparpotenzial geht nicht in die Summe ein

4.4 Maßnahmen mit weiterem Untersuchungsbedarf

Nachstehende Maßnahmen sollten in einer nächsten Arbeitsstufe tiefergehend untersucht werden.

- Maßnahme B 0 - Ermittlung der genauen Schlammengen im Belebungsbecken und Überschussschlamm sowie Erweiterung des Analysenumfangs

4.5 Einstufung der Maßnahmen in Prioritätskategorien

Eine Priorisierung der entwickelten Maßnahmen

- unter den Aspekten ihrer energetischen Effizienz – der erreichbaren Emissionsreduktion – Wirtschaftlichkeit
sowie
- Einordnung in zeitliche Umsetzungskategorien

wurde im nachstehenden „Stufenplan mit Prioritäten“ vorgenommen.

Aktionsplan / Stufenplan und Prioritäten				
zeitl. Realisierung	Nr.	Bezeichnung der Hauptmaßnahmen	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Energetische Priorität Rating
Sofortmaßnahmen	B 0	Herstellung Handlungsgrundlagen für energetische Bewertung, Optimierung der Belebungsstufe		hoch
	B 1.1	Bedarfsgerechte Anpassung Belebtschlammmenge (TS-Gehalt) an Schmutzfracht-Belastung	2.072	gering
	B 1.2	Reduzierung Belebtschlammmenge - Jahreszeitliche Anpassung an Bakterienaktivität	1.926	gering
	B 2	Bedarfsgerechte Senkung Betriebswert O ₂ -Konzentration	1.969	gering
	C 1	Umwälzung Belebungsbecken - DENI - Zeiten - Intervall-Betrieb Rührwerke (Interimslösung)	6.973	hoch
	D 1	Nachklärbecken -> Bedarfsgerechte Senkung Betriebszeit Räumler	405	gering
	Zwischensumme Sofortmaßnahmen			6.372
kurzfristige Maßnahmen	A 1	Vermeidung Förderung unverschmutzten Regenwassers		gering
	A 2	Vergleichmäßigung Schmutzfracht-Belastung, Zugabe von Fäkalien etc. in Schwachlastzeiten		gering
	B 1.3	Optimierung Steuerung TS-Gehalt -> temperaturgeführte Steuerung TS-Gehalt		mittel
	B 3.1	System-Umstellung Belüftungssystem auf feinblasige Druckbelüftung mit Plattenbelüfter		sehr hoch
	B 3.2	Optimierung Anlagenkonzept Belüftungssystem - Installation Drehkolbengebläse	17.864	sehr hoch
	B 3.3	Optimierung Anlagenkonzept Belüftungssystem - Installation Schraubengebläse	21.837	sehr hoch
	B 3.4	Steuerung Druckluft-Erzeugung - bedarfsgerechte nach Ammonium-Konzentration in der Belegung		mittel
	B 4	Turnusmäßige Kontrolle Gegendruck Belüftungselemente		mittel
	E 1.1	Optimierung Aggregatekonzept Zulauf-PW -> energieeffizientere Neu-Aggregate	2.300	gering
	E 1.2	Optimierung Aggregatekonzept Zulauf-PW -> Austausch gegen kleinere Pumpe (Schwachlastbetrieb)	2.419	gering
	F 1	Optimierung Aggregatekonzept RLS-PW -> energieeffizienteres Neu-Aggregat	948	gering
	G 1	Weiterführung/Intensivierung ENERGIE-Management-System		mittel
	G 2	Optimierung PLS / Prozess-Steuerung --> prozessorientierte Aggregatesteuerung		mittel
	G 3	Erweiterung PLS um Energie-Monitoring-Modul		mittel
	H 1	Nutzung Solarenergie	53.423	sehr hoch
Zwischensumme kurzfristige Maßnahmen			78.627	kWh/a
abhäng. Maßnahmen	C 2.1	Optimierung Aggregatekonzept Umwälzung BB -> Außerbetriebnahme 1 Rührwerk (Kombination B 3.1)	10.451	sehr hoch
	C 2.2	Optimierung Aggregatekonzept Umwälzung BB -> Intervallbetrieb 1 Rührwerk (Kombination C 2.1)	3.449	hoch
	C 2.3	Optimierung Aggregatekonzept Umwälzung BB -> Impulsbelüftung (Kombination B 3.1)		mittel
Zwischensumme abhängige Maßnahmen			13.900	kWh/a
Summe Einspar- und Gewinnungs-Potenzial bis ca.			98.898	kWh/a
			41,5	t CO₂ eq./a

- Stufe 1** betriebsorganisatorische Maßnahmen oder zeitnah realisierbar
 - Stufe 2** Zeitraum 1 bis 2 Jahre - Maßnahmen mit Vorbereitungsaufwand (Planung, Organisation)
 - Stufe 3** Zeitraum 3 bis 10 Jahre - abhängige oder langfristige Maßnahmen
- Grünschrift:* Interimslösungen, Alternativen, Einsparpotenzial geht nicht in die Summe ein

5. Controlling-Konzept

Für die Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen wurde ein Controlling-Konzept entwickelt → s. Anlage 1.

Es umfasst die Rahmenbedingungen für die

- Erfassung und Auswertung der energie- und klimaschutzrelevanten Daten sowie
- die Erfolgskontrolle des Erreichens der Effizienz- und Klimaschutzziele.

Eine weitgehende Nutzung des vorhandenen Betriebstagebuches und bestehenden Prozessleitsystems für die Datenerfassung sowie arbeitsorganisatorische Kombination mit der Realisierung routinemäßiger Arbeiten (z. B. Wartung Gebläse, Messprogramm elektrische Geräte) sichert das Vermeiden eines *relevanten* personellen Mehraufwands.

Ggf. notwendige Aufwendungen (z. B. Unterzähler, Manometer) halten sich in kleinem Rahmen und amortisieren sich schnell. Teilweise können sie auch zu einer Reduzierung von Instandhaltungsaufwendungen führen, wenn in der Folge mögliche Störungen schneller vorhergesehen bzw. erkannt werden.

6. Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit

Bei der Umsetzung konkreter Klimaschutzmaßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasen kommt den Kommunen eine besondere Rolle zu, da hier erhebliche Einsparpotentiale vorhanden sind.

Im Rahmen der Erarbeitung und Umsetzung von Potenzialstudien können sowohl ökologische als auch ökonomische Interessen der Kläranlagenbetreiber miteinander verbunden werden. Der Zweckverband Wasserversorgung & Abwasserbeseitigung Insel Usedom will mit der nunmehr vorliegenden Potenzialstudie einen Beitrag leisten und ein Zeichen für die Energiewende und den Klimaschutz setzen.

→ Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit → s. Anlage 2

7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen zur weiteren Vorgehensweise

7.1 Vorgehensweise zur geplanten Erweiterung der KA Usedom

Die im Rahmen dieser Potentialstudie ermittelten Maßnahmen für eine energieeffizientere Kläranlage sind anhand des IST-Zustands der KA Usedom abgeleitet. Der Zweckverband Wasserversorgung & Abwasserbeseitigung Insel Usedom plant die Erweiterung der KA Usedom auf bis zu 5.000 EW₁₂₀. Entsprechend der Grundlagenermittlung zur Potenzialstudie weist die KA Usedom nur eine Auslastung von ca. 46 % auf. Durch die empfohlenen Maßnahmen ist neben dem möglichen Energieeinsparpotenzial ebenso verfahrenstechnisch eine Erhöhung der Reinigungskapazität möglich. Insbesondere durch die Umstellung des Belüftungssystems auf feinblasige Druckbelüftung und damit exakter Anpassung des Sauerstoffeintrags an den Sauerstoffbedarf des zugeführten Abwassers, kann die Reinigungskapazität erhöht werden.

Es wird daher empfohlen mittels hydraulischer und verfahrenstechnischer dynamischer Simulation die tatsächliche Leistungsfähigkeit der KA Usedom inkl. umgesetzter Maßnahmen für eine Anlagenbelastung von 5.000 EW₁₂₀ zu überprüfen. Eine dynamische Simulation kann ergänzend zur statischen Bemessung nach DWA A-131 u.a. die Optimierung einzelner Abläufe (z.B. Betriebsführung Rücklaufschlamm, MSR-Konzepte zur Belüftung, Phosphorfällung sowie Prozesswasserbewirtschaftung) unter Betrachtung verschiedener Lastfälle im Jahresverlauf überprüfen und freie Kapazitäten aufzeigen.

7.2 Ausgangssituation und Arbeitsmethodik

Der Energieverbrauch der Kläranlage Usedom übersteigt die Richt- und Zielwerte für vergleichbare Anlagen.

Zur Steigerung der Energieeffizienz wurde deshalb seitens des Entsorgungspflichtigen die Erarbeitung einer Potenzialstudie beauftragt. In diesem Rahmen erfolgte eine zielorientierte, ganzheitliche Untersuchung der Optimierungsmöglichkeiten der Kläranlage mit den Arbeitsphasen

- Ist-Zustandsanalyse
- Energie- und CO₂-Bilanz
- Potenzialanalyse
- Maßnahmenkatalog
- Akteursbeteiligung
- Controlling-Konzept
- Öffentlichkeitsarbeit

Zielstellung dieser Arbeit war das Erstellen einer Entscheidungsgrundlage und eines strategischen Planungsinstrumentes zur nachhaltigen Reduzierung des Energieverbrauches und der Treibhausgasemissionen, Erschließung energetischer Einsparpotenziale und die Untersuchung von Möglichkeiten zur Nutzung Erneuerbarer Energien sowie Zusammenführung von Klima- und Gewässerschutz.

7.3 Konzeption zur Steigerung der Energieeffizienz und Energiegewinnung

Im Ergebnis der Energieanalyse (Feinanalyse) wurde ein Maßnahmenkatalog entwickelt mit

→ 27 Einzelmaßnahmen

Optimierungsgegenstand sind die Maßnahmen-Pakete

- A Senkung Energiebedarf
- B Optimierung Belebungs- und Belüftung
- C Optimierung Belebungs- und Umwälzung
- D Optimierung Nachklärung
- E Optimierung Zulauf-Pumpwerk
- F Optimierung Rücklaufschlamm-Pumpwerk
- G Optimierung Handlungsgrundlagen Betriebsführung
- H Untersuchung Eigenenergiegewinnung aus Nutzung erneuerbarer Energien

7.4 Auf einen Blick - Die Ergebnisse

EINSPAR-POTENZIALE

Energie		Kosten	Klima
Verbrauch	45.475*	12.051	19,1
Gewinnung	53.423**	14.157**	22,4**
	[kWh/a]	[EUR] Jährlich	[t CO ₂ equi/a]

*: bei Potenzialrealisierung 100 % Strom, zzgl. nicht quantifizierbarer Potenziale

** : gemäß Eigenverbrauchsanteil 53 %

Anmerkungen:

Die vorstehenden Potenziale wurden mit Augenmaß und unter Berücksichtigung des technischen Regelwerks ermittelt. Sie beruhen auf vorliegenden bzw. veröffentlichten Erfahrungswerten des Anlagenbetriebes.

Der Charakter der Abwasser- und Schlammbehandlungsprozesse ist biologischer Natur. Insofern folgen sie einer mathematischen Zusammenfassung/Summenbildung nicht zwingend. Sie können auch Schwankungen unterliegen.

Zusätzliche Effekte können in begrenztem Umfang durch die Substitution von vorhandenen Motoren durch Hocheffizienzmotoren erzielt werden. Sie bedürfen im Einzelfall der Wirtschaftlichkeitsprüfung.

7.5 Gesamtübersicht Einspar- und Senkungspotenziale

7.5.1 Energie-Einsparpotenzial

▶ voraussichtliche Energieeinsparung (bei Annahme Potenzialrealisierbarkeit Strom 100 %)	bis ca.	45.475 kWh/a
endsprechend	sofort	bis ca. 1.689 EUR/a
	kurzfristig	bis ca. 6.679 EUR/a
	abhängig	bis ca. 3.684 EUR/a
	gesamt in 10 Jahren	ca. 120.511 EUR
◦ zzgl. Einsparpotentiale aus Energie - Preissteigerungen	(bisher ca. 100% in 10 Jahren)	
▶ Kernmaßnahmen Verbrauch --> 12	von 27 Maßnahmen ohne Investaufwand	

Voraussichtliche Minderung CO₂-Emissionen in Höhe von ca. 19,2 t CO₂ _{equi}/a.

7.5.2 Erhöhung der Energieeffizienz nach Umsetzung der Maßnahmen A - G

► Gesamtanlage (Strom):			
Reduktion des spezif. Energiebedarfes	von	69,2*	auf 33,0** kWh/(EW _{CSB} x a)
		bzw. um 52 %	

* gemäß Kennwertvergleich (siehe Kapitel 3.3.1, S. 15)

** gemäß Kennwertvergleich (siehe Anlage 3)

Eine komplette Aufstellung der spezifischen Energieverbräuche der einzelnen Verbraucher nach Umsetzung aller Maßnahmen ist der Anlage 3 zu entnehmen.

7.5.3 Energie-Gewinnung

► PV-Generatorleistung	bis rd.	100.890 kWh/a
(bei Annahme Potenzialrealisierbarkeit Strom Mittelwert)		
Direkter Eigenverbrauch	ca.	31.864 kWh/a
Batterieladung	ca.	21.559 kWh/a
Netzeinspeisung	ca.	47.467 kWh/a
Eigenverbrauchsanteil		53,0%
entsprechend	bis ca.	26.736 EUR/a
in 10 Jahren	ca.	267.359 EUR

Nach der Installation der PV-Anlage auf den Freiflächen der KA Usedom (Gesamt ca. 500 m²) können schätzungsweise 100.890 kWh/a produziert werden.

Voraussichtliche Emissions-Senkung in Höhe von bis ca. 22,4 t CO₂ _{equi}/a

7.5.4 Eigenversorgungsgrad – Prognose

► Gesamtanlage (Strom):			
Steigerung des Eigenversorgungsgrades	von	0% (IST)	auf 128,5 % (Soll)*
*EV Soll (nach umgesetzter Maßnahmen) = 41.561 kWh/a, bei PV-Eigenverbrauchsanteil von EV IST = 53.423 kWh/a, solarer Deckungsanteil			

7.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Tabelle 7-1 Mögliche Einsparung und Investitionskosten (netto) der Maßnahmen

Maßnahme	Einsparung kWh/a	Einsparung €/a*	AfA	Einsparung nach Abschreibung**	Investition	Amortisation
B 3 - Optimierung Belüftungssystem	21.837	5.787	15 a	86.802 €	82.519 €	14,2 a
E - Optimierung Zulaufpumpwerk	2.419	641	12 a	7.692 €	9.446 €	14,7 a
F - Optimierung RLS-Pumpwerk	948	251	12 a	3.015 €	8.430 €	33,6 a
H - Nutzung Solarenergie	53.423***	14.157	20 a	282.142 €	158.400	10,1 a

* spez. Strompreis 0,265 €/kWh

** exkl. Preissteigerung und Kapitalzins, tatsächliche Einsparung höher

*** direkter Eigenverbrauch und Batterieladung

Zur Ermittlung der Einsparung (kWh/a) wurde der mittlere Belastungsfall herangezogen. Die tatsächliche Einsparung kann daher höher ausfallen. Zudem sind etwaige Preisentwicklung bzgl. Strombezug nicht kalkulierbar. Die reinen Investitionskosten der Anlagentechnik wurden in Tabelle 7-1 der Einsparung nach umgesetzten Maßnahmen gegenübergestellt. Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung muss im Rahmen der Planungsleistungen erfolgen.

B 3 - Optimierung Belüftungssystem

Hauptbestandteil der Investitionskosten zur Umsetzung dieser Maßnahme stellen die zwei Schraubengebläse (Aerzen, Typ D 13 S inkl. FU) sowie die Plattenbelüfter (12x RMU Messner Classic) und dessen Installation im laufenden Betrieb auf Ausheberahmen dar. Die Luftleitungslegung, Anbindung an das PLS, Anschaffung und Installation weiterer EMSR-Technik sind nicht berücksichtigt. Weiterhin bleiben Bau- und Planungskosten und sonstige Betriebskosten während der Abschreibungszeit unberücksichtigt.

Die ermittelte Einsparung ergibt sich aus den mittleren Betriebslastfall der Gebläse. Der Einsatz von Plattenbelüftern in Kombination mit einer bedarfsgerechten Steuerung des Sauerstoffeintrags wird in jedem Fall die erreichbare Einsparung erhöhen. Eine Quantifizierung dessen ist jedoch nicht möglich.

Bei einer beispielhaften Erhöhung der spezifischen Stromkosten von 0,265 €/kWh auf 0,40 €/kWh verringert sich die Amortisationszeit auf 9,5 Jahre.

E - Optimierung Zulauf-Pumpwerk

Der Austausch einer Zulaufpumpe durch ein energieeffizienteres kleineres Aggregat könnte eine Einsparung von mindestens 51 % bewirken. Bei einer beispielhaften Erhöhung der spezifischen Stromkosten von 0,265 €/kWh auf 0,40 €/kWh verringert sich die Amortisationszeit auf 9,8 Jahre. Aufgrund der deutlich höheren Investition gilt diese Maßnahme als Ersatz-Investition.

F - Optimierung Rücklaufschlamm-Pumpwerk

Der Austausch einer Rücklaufschlammpumpe durch ein energieeffizienteres Aggregat könnte eine Einsparung von mindestens 22 % bewirken. Bei einer beispielhaften Erhöhung der spezifischen Stromkosten von 0,265 €/kWh auf 0,40 €/kWh verringert sich die Amortisationszeit auf 22 Jahre. Aufgrund der deutlich höheren Investition gilt diese Maßnahme als Ersatz-Investition.

H - Nutzung Solarenergie

In dieser Maßnahme ist die Installation einer ca. 100 kWp großen PV-Anlage vorgesehen. Die PV-Generationsenergie kann zu 53,0 % (53.423 kWh/a, inkl. Batteriespeicherung) auf der Kläranlage verwendet werden. Die Investition amortisiert sich nach ca. 10 Jahren. Etwaige Vergütungen durch Netzeinspeisung werden nicht berücksichtigt.

7.7 Grundlagen erfolgreicher Klimaschutz-Aktivitäten

In Auswertung vergleichbarer Projekterfahrungen lassen sich nachstehende Grundlagen für eine erfolgreiche Steigerung der Energieeffizienz und Senkung der CO₂-Emissionen ableiten:

1. Gewissenhafte, tiefgründige Grundlagenermittlung und methodische Vorgehensweise in der Analyse der Anlage
2. Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen in einem möglichst kurzen überschaubaren Zeitraum

3. Laufendes Controlling der energie- und emissionsrelevanten Anlagenparameter

Der spezifische Energieverbrauch der Anlagen unterliegt aus objektiven Gründen Veränderungen (Schwankung Abwasseranfall und Schmutzfracht, Anlagenverschleiß, Schwankungen biologischer Prozessparameter). Bestwerte können infolgedessen nicht immer erreicht werden. Es gilt, das höchstmögliche Einsparpotenzial unter den vorliegenden Randbedingungen zu erreichen.

- Energieoptimierung als gedankliche Tagesaufgabe im Anlagenbetrieb
- Die Sicherung erzielter Erfolge ist nur über regelmäßiges Controlling möglich

7.8 Schlussfolgerungen und weitere Aktivitäten

Für die weitere konsequente Steigerung der Energieeffizienz der Anlage können nachfolgende Empfehlungen gegeben werden:

1. Grundsätzlich sind alle Maßnahmen zur Betriebsoptimierung einer Anlage auf der Grundlage der nachfolgenden Kriterien und Prioritätenfolge vorzunehmen:

- i. Erfüllung Reinigungsanforderungen
- ii. Betriebssicherheit und Prozessstabilität
- iii. Energieeinsparung

Unter diesem Aspekt sind auch alle energetischen Optimierungsmaßnahmen auf die Erfüllung der vorstehenden Anforderungen i. und ii. unmittelbar vor Realisierung bzw. im Testbetrieb nochmals zu überprüfen.

2. Durchführung einer energetischen Anlagenplanung zur Vorbereitung der Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen (Messprogramm Planungsgrundlagen, Aktualisierung Anlagenbemessung, Anlagenauswahl, Überprüfung Einspareffekte und Amortisationszeit) einschließlich Planung bzw. Maßnahmen zur Gewährleistung der Energieeffizienz und der Aggregate.

3. Schrittweise Maßnahmenumsetzung und Erfolgskontrolle

**Die Steigerung der Energieeffizienz von Abwasserbehandlungsanlagen ist
ein Gebot der Wirtschaftlichkeit**

und

**ein nachhaltiger Beitrag für den Erhalt unserer Umwelt, die Realisierung der
Energiewende und den Klimaschutz!**

Möglich wurde das gute Ergebnis der Energiereduzierung insbesondere durch das engagierte und konstruktive Mitwirken des Anlagenbetreibers, wofür wir an dieser Stelle nochmals unseren Dank aussprechen möchten.

Potsdam, Januar 2023



Jennifer Karla

8. Verzeichnisse

8.1 Schrifttumsverzeichnis

1. Baumann, P.; Maurer, P.; Roth, M. (2014): Senkung des Stromverbrauchs auf Kläranlagen. DWA-Landesverband Baden- Württemberg (Hrsg.), Heft 4, 3. Aufl.,
2. Haberkern, Dr. Maier, Schneider; Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen, Forschungsbericht des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, UBA 11/2008
2. DWA – Arbeitsblatt A 131 „Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen“ (06/2016)
3. DWA – Arbeitsblatt A 216 „Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Kläranlagen“ (12/2015)
4. DWA – Merkblatt M 229-1 „Systeme zur Belüftung und Durchmischung von Belebungsanlagen - Teil“ (05/2013)
5. DWA – Deutsche Vereinigung Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (1996); ATV-Handbuch Klärschlamm, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 4. Auflage
6. DWA – Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198 „Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen“ (04/2003)
7. Icha; „Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2020“, Bericht des Umweltbundesamts, 45/2021, download unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-7> (aufgerufen am 25.11.2022)
8. Müller, E., Kobel, B., Künti T. et al., Energie in Kläranlagen, Handbuch des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MURL), (11/1999)

8.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Verfahrensschema KA Usedom	3
Abbildung 1-2 Kombianlage Rechen/Sandfang.....	3
Abbildung 1-3 Blick auf das Kombibecken (Belebung/Nachklärung)	4
Abbildung 1-4 Nachklärung mit Räumbrücke	4
Abbildung 1-5 Kombibecken Walzenbelüfter 1 mit Tauchmotorrührwerk.....	5
Abbildung 1-6 Kombibecken Walzenbelüfter 2, Vordergrund: Sauerstoffsonde, Hintergrund: Schlamm-silo	5
Abbildung 1-7 Sammelschacht Rücklaufschlamm und Überschussschlamm mit Tauchpumpen.....	6
Abbildung 1-8 Ablaufschacht mit höhenverstellbarem Überfallwehr	6
Abbildung 1-9 Entwicklung Stromverbrauch, CO ₂ -Emissionen und Kosten KA Usedom 2018 - 2021	7

8.3 Anlagenverzeichnis

1. Controlling-Konzept Energieverbrauch
2. Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit
3. Kennwertvergleich nach Umsetzung der Maßnahmen
4. Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz
5. Energie- und CO₂-Bilanz

Funktionseinheit/ Anlagengruppe	Haupt-Anlagen	Energie- und Klimaschutzrelevante Parameter														Bemerkung
		Frequenz Hz	Strom- stärke A	cos phi	Leistung Pauf kW	Betriebs- zeit			Energie- verbrauch kWh/Zeiteinh.	Volumen- strom m³/h	Betriebs- druck bar	Betriebs- druck bar	TS- Gehalt g/l	O2- Konz. mg/l	Raum- temp. grad	
						[h/d]	h/Mon.	[h/a]								
	Doku im	PLS	PLS		Über- wachung			PLS	PLS						Winter- monate	alle Messungen für Haupt-Betriebszustände
	Häufigkeit Handdoku		1x/Quartal		1x/Quartal	1x/d	1x/Mon.		1x/Monat	1x/Monat	1x/Monat	1x/w	1x/w	1x/w		Aufnahme ins EnMS
Einlaufgruppe/Mechanik	Zulauf															
Zulauf-PW	Zulaufpumpe 1		X	X	X	X	X	X	X	X						
	Neu-Aggregat															
	Zulaufpumpe 2		X	X	X	X	X	X	X	X						
Belebung													X	X		
Umwälzung Belebung	Rührwerk 1		X	X	X	X	X	X	X	X						
Belüftung Belebung	Schraubengebläse	X	FU	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Neu-Aggregate															
RLS/ÜSS-PW			FU										TS-RLS/ÜSS			
	RLS-Pumpe	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	ÜSS-Pumpe	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Nachklärung																
	Fahrbahnreinigungsgerät		X	X	X		X	X	X	X						
	Räumerbrücke		X	X	X		X	X	X	X						
	Tauchmotorpumpe Schw.		X	X	X		X	X	X	X						
Schlammbehandlung																
Schlammspeicher																
	Rührwerk		X	X	X	X	X	X	X	X						
	Trübwasserpumpe		X	X	X		X	X	X	X						
Sonstiges																
Betriebsgebäude Kläranlage	Heizung		X	X	X	X	X	X	X	X						für Anlagengruppe
Belüftung Rechenraum	Ventilator				X	X	X	X	X	X					X	
Summe Elektroenergie	Gesamt-Anlage									X						Integration ins PLS
Summe Gas/Erdöl										X						

Legende:

Schwarzschrift	Messdaten Ist-Zustand
Rotschrift	Messdaten Soll-Zustand
Grauschrift	Rechenwerte Ist-Zustand
Grauschrift fett	Rechenwerte Soll-Zustand

rechtsbündig Summe Verbrauchs-Gruppe
 UZähler X separate Leistungs-/Unterzähler NEU zusätzlich
 DFÜ Erfassung im PLS und Daten-Femübetragung

Grundlage:

Energie-Bilanz

Dokumentation in:

Häufigkeit 1x/d und 1x/w -
 Häufigkeit 1x/Monat und größer -
 tägliche Dokumentation aller PLS-Parameter

man. manuelle Messung

UZä Unterzähler

Betriebstagebuch
 Monats-Tabelle Energie-Daten

Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen der nationalen Klimaschutzpolitik kommt den kommunalen Aufgabenträgern eine besondere Bedeutung zu. Aufgabe des Handlungsfeldes Öffentlichkeitsarbeit ist es, die Aktionen – z. B. Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete (Potenzialstudie) – in der öffentlichen Wahrnehmung sichtbar zu machen. Über diesen Schritt soll der Klimaschutz in der Öffentlichkeit als kommunale und nationale Aufgabe gesehen und entwickelt werden.

Der Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung Insel Usedom hat die Notwendigkeit des eigenen Handelns angesichts des globalen Problems erkannt. Deshalb wurde das Thema „Klimaschutz und Energie“ in die strategische Verbands- bzw. Unternehmensführung aufgenommen. Die Erarbeitung und Umsetzung der vorliegenden Potenzialstudie ist Ausdruck des ökonomischen, ökologischen und sozialgesellschaftlichen Handelns. Diese Aktivitäten können nur in Verbindung mit einem Kommunikationsprozess in der öffentlichen Wahrnehmung ein Bild schaffen, welches den angestrebten Bewusstseins- und Verhaltenswandel für die Öffentlichkeit als sinnvoll, nützlich und erstrebenswert erscheinen lässt.

- Schaffung von Bewusstsein für die Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit des kommunalen Klimaschutzes

- Schaffung Handlungsanreiz und Motivation für klimagerechtes Handeln im regionalen Umfeld

Leitbild bzw. Leitvision ist eine aktive Bürgergesellschaft, also ein aus Bürgersinn motiviertes Engagement für Klimaschutz.

Handlungskonzept

Die Strategie der Öffentlichkeitsarbeit gründet sich auf die nachstehenden Säulen und Aktivitäten

- Aktives Vermitteln der Ziele, Chancen und Nutzen des Klimaschutzes gegenüber Verwaltung, lokaler Wirtschaft und Bürgerschaft
 - attraktiver und informativer Internetauftritt/Homepage
 - Zeitungsinterviews/Pressemitteilungen
 - Flyer

- Schaffung von Events und kontinuierlicher Sichtbarkeit im öffentlichen Raum
 - Aktionstage/Projektpräsentation zum Tag des Wassers
 - Ausstellung des Vorhabens an zentraler Stelle mit regelmäßigem Publikumsverkehr
 - symbolische Aktionen:
öffentlicher Start und Abschluss des Vorhabens/der Maßnahmen

- Setzen von Merkzeichen des regionalen Klimaschutzes
 - Aufstellen von Informationstafeln an den Standorten der Maßnahmenumsetzung
 - Standortkennzeichnung in veröffentlichter Übersichtskarte des Verbandsgebietes

Die genannten Aktivitäten machen das motivierte Engagement des Maßnahmeträgers sicht- und fühlbar. Sie tragen dazu bei, Klimaschutz und Klimaanpassung als selbstverständlichen Teil des Lebens zu entwickeln und diesbezüglich Motivation zum Handeln zu schaffen.

KA Usedom

ENERGIE-CHECK

Kennwert-Vergleich Energieeffizienz der Verbrauchsgruppen nach umgesetzter Maßnahmen

2021

Funktionseinheit / Anlagengruppe (Hauptanlagen)	Energie- verbrauch absolut kWh/a	Energie- verbrauch spez. kWh/(EW x a)	Vergleichswerte e_{spez}	Bewertung
			Optimal-Bereich Zielwerte ¹ kWh/(EW x a)	
Belüftung Belebung	19.199	15,3	10 - 15	Optimal-Niveau
Zulauf-Pumpwerk	2.282	1,8	1,3 - 2	Optimal-Niveau
Umwälzung Belebung	7.021	5,6	1 - 2	Optimierungschance ²
Betriebsgebäude	3.750	3,0	---	keine Kennziffern
Voreindickung (statisch)	3.463	2,8	0 - 0,6	Optimierungschance ²
Nachklärung	2.981	2,4	0 - 0,6	Optimierungschance ²
RLS-Pumpwerk	1.554	1,2	0,7 - 1,5	Optimal-Niveau
Rechen-/Sandfanganlage	678	0,5	0,05 - 0,6	Optimal-Niveau
Belüftung Rechenhaus	484	0,4	---	keine Kennziffern
ÜSS-Pumpwerk	147	0,1	---	keine Kennziffern
Betriebswasser-Pumpwerk	1	0,0	---	keine Kennziffern

Gesamtanlage	41.561	33,0	27,9**	Optimierungschance
ohne WW			30,0	Zielwert für KA der GK 1 und 2 **Abschlag 0,5 Rezirkulation Abschlag 1,0 MSE Abschlag 0,6 Sandfang

¹ Baumann et al. (2014), Müller et al. (1999), Haberkern et al. (2008)

² Optimierungschance resultiert aus der geringen mittleren Anlagenbelastung

Legende:

Reihenfolge der Verbrauchsgruppen nach energetischer Relevanz

Steigerung der Energie-Effizienz - Senkung der CO₂-Emissionen

Maßnahmenkatalog						
Maßnahme	Bezeichnung	Energieverbrauch 2021 kWh/a	E-verbrauch nach Maßnahme kWh/a	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Senkung CO ₂ -Emission bis ca. t CO ₂ equi/a	Technisches Konzept
Optimierungsbereich - Senken Energiebedarf						
A	Senkung Energiebedarf					
A 1	Vermeidung Förderung unverschmutzten Regenwassers					--> Senkung Fördermengen (unverschmutzten Regenwassers) durch z. B. Einsatz wasserdichter Kanaldeckel, Beseitigen von Fehlschlüssen Zusatz-Nutzen: Reduzierung Abwasserabgabe
A 2	Vergleichmäßigung Schmutzfracht-Belastung					Vergleichmäßigung Schmutzfracht-Belastung durch Zugabe von Trübwasser in Schwachlastzeiten (Nacht, Wochenende) zzgl. Installation Betriebsstundenzähler Zusatz-Nutzen: Senkung von kostenintensiven Lastspitzen
A 3	Überwachung Entwicklung Fremdwasseranfall					Reduzieren + Überwachen Fremdwasseranteil
Optimierungsbereich - Reduzierung Energieverbrauch						
B	Optimierung Belüftung Belebung					<i>Testbetrieb der Maßnahmen erforderlich</i>
B 0	Herstellung Handlungsgrundlagen für energetische Bewertung und Optimierung der Belebungsstufe	47.003				Ermittlung repräsentative Schlammengen in Belebungsbecken und Überschussschlammabzug, Schlammanalysen (TS, GV), AFS im Zulauf Aktualisierung Dokumentation Aggregate im Betrieb

Maßnahmenkatalog						
Maßnahme	Bezeichnung	Energieverbrauch 2021 kWh/a	E-verbrauch nach Maßnahme kWh/a	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Senkung CO ₂ -Emission bis ca. t CO ₂ equi/a	Technisches Konzept
B 1	Optimierung Betriebsweise Belebung					
1.1	Bedarfsgerechte Anpassung Belebtschlammmenge (TS-Gehalt) an Schmutzfracht-Belastung	47.003	44.931	2.072	0,9	Reduzierung TS-Gehalt in Kalt-Monaten in Belebung von i. M. 3,0 g/l auf bis ca. 2,1 g/l
1.2	Reduzierung Belebtschlammmenge - Jahreszeitliche bedarfsgerechte Anpassung an Bakterienaktivität	44.931	43.005	1.926	0,8	Reduzieren TS-Gehalt in Warm-Monaten , jedoch auf geringeres Niveau auf bis ca. 1,9 g/l
1.3	Optimierung Steuerung TS-Gehalt - Umstellung auf temperaturregeführte Steuerung TS-Gehalt <i>Ergänzungs-Maßnahme</i> zu B 1.1 - 1.2 / <i>Vorzugslösung</i>	wie B 1.1 - B 1.2, jedoch bei höherer Entscheidungssicherheit				Erarbeitung Bemessungsmatrix = Steuerschema - Notw. TS-Gehalt in Abhängigkeit Abwassertemperatur, ggf. für unterschiedliche Anlagenbelastungen Senkung Sollwert-Niveau der O ₂ -Konzentration von 1,5 auf bis zu 1,0 mg/l
B 2	Bedarfsgerechte Senkung Betriebswert O ₂ -Konzentration	43.005	41.037	1.969	0,8	
B 3	Optimierung Belüftung Belebung					
3.1	System-Umstellung auf Installation Platten-Belüfter (Messner Compact) auf Gesamtfläche der belüfteten Zone + Technologie-Umstellung auf Rohr-Strömung mit Flächen-Belüftung <i>in Kombination mit Maßnahme B 3.3, B 3.4, C 2</i>					Umbau und Umstellung auf Plattenbelüfter - großflächige und sohlnahe Verlegung von feinblasigen Plattenbelüftern (12Anzahl) - Plattenbelüfter auf Gitter Einbau im laufenden Betrieb möglich
3.2	Optimierung Anlagenkonzept Belüftungssystem Installation feinblasige Druckbelüftung (Drehkolbengebläse) mit Plattenbelüfter	41.037	23.173	17.864	7,5	Drehkolbengebläse Aerzen GM 4 S mit Frequenzregelung und Luftmessung ermöglicht im mittleren Lastfall 38% Einsparung
3.3	Optimierung Anlagenkonzept Belüftungssystem Installation feinblasige Druckbelüftung (Schraubengebläse) mit Plattenbelüfter -> <i>Vorzugslösung</i>	41.037	19.199	21.837	9,2	Schraubengebläse Aerzen D 13 S mit Frequenzregelung und Luftmessung ermöglicht im mittleren Lastfall 46 % Einsparung, aber bei minimalen Luftmengen kaum geringeren spez. Energiebedarf zu Drehkolbengebläse, dafür höhere Investitionen.
3.4	Steuerung Druckluft-Erzeugung - bedarfsgerechte Belüftung entsprechend der Ammonium-Konzentration in der Belebung <i>in Kombination mit Maßnahme 3.1 und 3.3</i>					Installation von Ammonium-Nitrat-Messsonden in der Belebung, Steuerung der Gebläse in Abhängigkeit der NH ₄ -/NO ₃ -Konzentrationen

Maßnahmenkatalog						
Maßnahme	Bezeichnung	Energieverbrauch 2021 kWh/a	E-verbrauch nach Maßnahme kWh/a	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Senkung CO ₂ -Emission bis ca. t CO ₂ equi/a	Technisches Konzept
B 4	Turnusmäßige Kontrolle Gegendruck Belüftungselemente; Reinigung der Belüftungselemente im Belebungsbecken oder/und Entleeren Kondenswasser Druckleitung					Vorsorge-Maßnahme, da Energieaufwand proportional Gegendruck --> Installation Druckmessung und Integration im PLS
C	Optimierung Umwälzung Belebungsbecken					<i>Testbetrieb der Maßnahmen erforderlich</i>
C 1	Optimierung Betriebsweise Umwälzung BB	20.920				
	Interimslösung bei Betrieb Walzenbelüfter: Umwälzung Belebungsbecken - Intervall-Betrieb Rührwerke	20.920	13.947	6.973	2,9	Energie-Dichte 2,28 W/m ³ (Zielwert < 2,0) '-> Bestand bereits energieeffizient Intervall-Betrieb, z.B. 20' Lauf + 10' Pause --> Ersparnis = 33%
	Begleitmaßnahmen:					Ausstattung der Rührwerke mit Sanftanlauf
						Überprüfung Stellung und Positionierung sowie Verzopfung an Rührwerken
						Prüfung dynamische Belastbarkeit der Rührwerks Verankerung und Gestänge
						Automatisches Rückstellen auf Dauer-Betrieb bei Starkregenereignissen (mit Stickstoff-Stoßbelastungen) Kontrolle des Schlammvolumens und Nitratgehalt im Ablauf
C 2	Optimierung Anlagen- und Aggregatekonzept Umwälzung BB	20.920				
	2.1 Außerbetriebnahme 1 Rührwerk in Kombination mit Maßnahme B 3	20.920	10.469	10.451	4,4	Solobetrieb 1 Rührwerk im vorhandenen BB (Rührwerk 2 für ggf. weiteres Belebungsbecken Ausbaustufe einsetzbar)
	2.2 Intervallbetrieb 1 Rührwerk <i>Ergänzungs-Maßnahme zu 2.1 / Vorzugsvariante</i>	10.469	7.021	3.449	1,4	Intervall-Betrieb, z.B. 20' Lauf + 10' Pause -> Entstehung Dipolarströmung (höhere Verweilzeit Luftblasen) --> Ersparnis = 33%

Maßnahmenkatalog						
Maßnahme	Bezeichnung	Energieverbrauch 2021 kWh/a	E-verbrauch nach Maßnahme kWh/a	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Senkung CO ₂ -Emission bis ca. t CO ₂ equi/a	Technisches Konzept
	2.3 Impulsbelüftung -> Außerbetriebnahme 2 Rührwerke <i>Alternative zu Maßnahme 2.2</i>			nicht wirtschaftlich		Vollständige Belegung der Belebung mit Plattenbelüfter + Demontage Rührwerke -> bessere Luftbeaufschlagung, kein Energieverbrauch Rührwerke -> höhere Investition durch Plattenbelüfter
D	Optimierung Nachklärbecken					<i>Testbetrieb der Maßnahmen erforderlich</i>
D 1	Optimierung Betriebsweise Nachklärbecken Bedarfsgerechte Senkung Betriebszeit Rümer	3.386	2.981	405	0,2	Intervallbetrieb Rümer während Nachtstunden - Zeit-Taktung 30' Lauf + 30' Pause von 00.00 - 06.00 -> Ersparnis = 3h Betrieb außer Frostperiode
E	Optimierung Zulauf-Pumpwerk					<i>Testbetrieb der Maßnahmen erforderlich</i>
E 1	Optimierung Anlagen- und Aggregatekonzept Zulauf-PW	4.701				
	1.1 Ersatz-Installation energieeffiz. Neu-Aggregate	4.701	2.401	2.300	1,0	Installation energieeffiz. Neu-Aggregate mit <i>gleicher</i> Leistungs-Kapazität 2x Q _h = 50,4 m ³ /h (Betriebspunkt) -> Einsparung 49 %
	1.2 Austausch 1 Pumpe gegen kleineres energieeffiz. Neu-Aggregat -> Ersatzinvestition - <i>Vorzugslösung</i>	4.701	2.282	2.419	1,0	Austausch 1 Bestandspumpe gegen kleinere Pumpe (mit Schraubenzentrifugalrad; eta 66%) - Bestandspumpe mindestens ca. 30min/d in Betrieb - 1x Q _h = 30,8 m ³ /h + 1x Q _h = 50,4 m ³ /h -> Einsparung 51 %
F	Optimierung Rücklaufschlamm-Pumpwerk					<i>Testbetrieb der Maßnahmen erforderlich</i>
F 1	Optimierung Anlagen- und Aggregatekonzept RLS-PW Ersatz-Installation energieeffiz. Neu-Aggregate (mit FU) -> Ersatzinvestition	2.502	1.554	948	0,4	Installation energieeffiz. Neu-Aggregat mit <i>gleicher</i> Leistungs-Kapazität (Schraubenzentrifugalrad; eta 55%) 1 x Q _h = 45 m ³ /h (Betriebspunkt) -> Einsparung 22 %

Maßnahmenkatalog						
Maßnahme	Bezeichnung	Energieverbrauch 2021 kWh/a	E-verbrauch nach Maßnahme kWh/a	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Senkung CO ₂ -Emission bis ca. t CO ₂ equi/a	Technisches Konzept
Handlungsbereich - Energiemanagement						
G	Optimierung Handlungsgrundlagen Betriebsführung					
G 1	Weiterführung/Intensivierung ENERGIE-Management-System					inklusive Einbau Unterzähler für verbrauchsrelevante Einzelanlagen / Anlagengruppen
G 2	Optimierung Prozessleitsystem / Prozess-Steuerung - Herstellen Handlungsgrundlagen für prozessorientierte anforderungsgerechte Aggregatesteuerung					Automatisierung Tages-Erfassung Betriebsstunden und Energieverbräuche sowie Übertragung ins BTB
						Optimierung <i>monatsgenaue</i> Erfassung und Dokumentation Energie- und Betriebsdaten für G 3
G 3	Erweiterung PLS um Energie-Monitoring-Modul					Verknüpfung Energie- und Betriebs-Parameter zu Effizienz-Kennziffern und Implementierung in das PLS
						Grafische Visualisierung der zeitlichen Entwicklung der EnergieEffizienz-Kennziffern der Hauptverbraucher
	3.1 Aufbau PLS-Modul Energie-Monitor (relevante) <i>Pumpwerke/Anlagen</i>					periodische Berechnung oder Messung, Doku. u. Visualisierung relevanter Energie-Parameter
	3.2 Aufbau PLS-Modul Energie-Monitor <i>Belüftung</i>					periodische SPS-geführte Messung, Doku. u. Visualisierung relevanter Energie-Parameter zu definierten Betriebszuständen
	Summe Einspar-Potenzial bis ca.			45.475	19,1	12.415 Euro (zzgl. Preissteigerungen)

Maßnahmenkatalog						
Maßnahme	Bezeichnung	Energieverbrauch 2021 kWh/a	E-verbrauch nach Maßnahme kWh/a	Einsparpotenzial bis ca. kWh/a	Senkung CO ₂ -Emission bis ca. t CO ₂ equi/a	Technisches Konzept
Optimierungsbereich - Energiegewinnung						
H	Nutzung erneuerbarer Energien	Erzeugung 2021	Erzeugung nach Maßn.	Steigerungspotenzial	Senkung CO ₂ -Emission	
H 1	Nutzung Solarenergie	0,0	53.423	53.423	22,4	Dachflächenangebot nicht wirtschaftlich Freifläche ca. 500 m ² PV-Generatorfläche (264x PV-Module = ca. 100kWp, 8x Wechselrichter, 1x Batterie 75kW) => Einsparung entspricht direkten Eigenverbrauch + Batterieladung (exkl. Netzeinspeisung 47.467kWh/a)
	Summe Gewinnungspotenzial bis ca.			53.423	22,4	14.584 Euro (zzgl. Preissteigerungen)
	Summe Einspar- und Gewinnungspotenzial			98.898	41,5	26.999 Euro (zzgl. Preissteigerungen)

Hinweise: 1) Der Charakter der Abwasser- und Schlammbehandlungsprozesse ist biologischer Natur. Insofern folgen sie einer mathematischen Summenbildung nicht zwingend.
Alle Maßnahmen und Änderungen von Betriebsparametern sind schrittweise umzusetzen und auf mögliche negative Wechselwirkungen sowie Erfolg zu überprüfen!

2) Faktor für spez. CO₂-Reduktion (UBA)

0,420 kg CO₂ equi./ kWh (Strom)

3) *Grünschrift*: Interimslösungen, Einsparpotenzial geht nicht in die Summe ein

Energie- und CO₂-Bilanz

Pos.	Funktionseinheit	Energieverbrauch [kWh/a]	Emissionen [t CO _{2,eq} /a]*	Bemerkungen
1	Belebung	73.811	31,0	
2	Einlaufgruppe	5.398	2,3	
3	Sonstiges	4.235	1,8	
4	Schlammbehandlung	3.610	1,5	
	Summe Verbrauchsermittlung	87.055	36,6	<i>berechnet</i>
	Summe Stromverbrauch	85.111		<i>Zählerwert EVU</i>

* CO₂-Emissionsfaktor Strommix 2021, 0,420 kg CO_{2,eq}/kWh, Quelle: UBA, 2022