

Regionale Wasser- und Abwassergesellschaft Stralsund mbH



Studie über das Klimaschutzpotential der Kläranlage Stralsund

- Arbeitsschritt 3:

**Ableitung von Optimierungsmaßnahmen
und Fahrplan zur Umsetzung -**

Inhalt

1	Veranlassung	6
2	Vorgehensweise	8
3	Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO ₂ - Emissionen.....	10
3.1	kurzfristige Maßnahmen.....	12
3.1.1	Austausch einzelner Rührwerke bestimmter Beckeneinheiten der Belebungsbecken	12
3.1.2	Energetische Optimierung der Faulturmumwälzung	17
3.2	mittelfristige Maßnahmen.....	22
3.2.1	Reduzierung des Belebungsbeckenvolumens und des TS - Gehaltes eines weiteren Belebungsbeckens	22
3.3	langfristige Maßnahmen.....	26
3.3.1	Austausch der aktuell installierten BHKW gegen neue hocheffiziente BHKW	26
3.3.2	Einführung eines Lastmanagements.....	32
4	Vergleich und Priorisierung der Maßnahmen zur Energie- und CO ₂ - Einsparung	37
5	Zusammenfassung.....	44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bedeutung Farbkodierung für Berechnungen	11
Tabelle 2: Einsparpotential	12
Tabelle 3: Jahreskapitalkosten	13
Tabelle 4: Energiekosten	14
Tabelle 5: Jahresgesamtkosten.....	15
Tabelle 6: Absolute und einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO ₂ - Emissionen der einzelnen Varianten.....	16
Tabelle 7: Jahreskapitalkosten	18
Tabelle 8: Energiekosten	19
Tabelle 9: Wartungs- und Reparaturkosten	19
Tabelle 10: Jahresgesamtkosten.....	20
Tabelle 11: Absolute und einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO ₂ - Emissionen der einzelnen Varianten.....	21
Tabelle 12: Einsparpotential	22
Tabelle 13: Energiekosten	23
Tabelle 14: Wartungs- und Reparaturkosten	24
Tabelle 15: Jahresgesamtkosten.....	24
Tabelle 16: Absolute und einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO ₂ - Emissionen der einzelnen Varianten.....	25
Tabelle 18: Jahreskapitalkosten	28
Tabelle 19: Energiekosten	29
Tabelle 20: Energiekosten	29
Tabelle 21: Jahresgesamtkosten.....	30
Tabelle 17: Absolute und einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO ₂ - Emissionen der einzelnen Varianten.....	31
Tabelle 23: Jahreskapitalkosten	34
Tabelle 24: Energiekosten	35

Tabelle 25: Jahresgesamtkosten	35
Tabelle 22: Absolute und einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO ₂ - Emissionen der einzelnen Varianten.....	36
Tabelle 26: Variantenvergleich der Maßnahme 01 mit der Nutzwertanalyse.....	39
Tabelle 27: Variantenvergleich der Maßnahme 01 mit absoluten Werten	39
Tabelle 28: Variantenvergleich der Maßnahme 02 mit der Nutzwertanalyse.....	40
Tabelle 29: Variantenvergleich der Maßnahme 02 mit absoluten Werten	40
Tabelle 30: Variantenvergleich der Maßnahme 03 mit der Nutzwertanalyse.....	41
Tabelle 31: Variantenvergleich der Maßnahme 03 mit absoluten Werten	41
Tabelle 32: Variantenvergleich der Maßnahme 04 mit der Nutzwertanalyse.....	42
Tabelle 33: Variantenvergleich der Maßnahme 04 mit absoluten Werten	42
Tabelle 34: Variantenvergleich der Maßnahme 05 mit der Nutzwertanalyse.....	43
Tabelle 35: Variantenvergleich der Maßnahme 05 mit absoluten Werten	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO ₂ - Emissionen der einzelnen Varianten	16
Abbildung 2: Einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO ₂ - Emissionen der einzelnen Varianten	21
Abbildung 3: Einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO ₂ - Emissionen der einzelnen Varianten	25
Abbildung 4: Wirkungsgrad der aktuell installierten BHKW's.....	26
Abbildung 5: Stromverbrauch zzgl. 33,4 kW durch die Sandfiltration und Stromerzeugung mit den aktuell installierten BHKW	27
Abbildung 6: Einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO ₂ - Emissionen der einzelnen Varianten	31
Abbildung 7: Leistungsspitzen	32
Abbildung 8: Einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO ₂ - Emissionen der einzelnen Varianten	36

1 Veranlassung

Die Regionale Wasser- und Abwassergesellschaft Stralsund mbH, im Weiteren REWA genannt, wurde am 27.02.1992 gegründet und übernimmt seitdem die sich ergebenden Aufgaben der Trinkwasserversorgung und der Abwasserentsorgung der Hansestadt Stralsund und der im Gesellschaftervertrag als Gesellschafter aufgeführten Städte und Gemeinden des Landkreises Vorpommern - Rügen. Die REWA betreibt 23 Kläranlage, wobei die Kläranlage Stralsund mit einer Ausbaugröße von maximal 120.000 EW die größte im Entsorgungsgebiet ist. Die tatsächliche Belastung der Kläranlage liegt zurzeit, nach Angaben des Betreibers, bei 99.999 EW und kann somit der Größenklasse 4 zugeordnet werden. Die Kläranlage Stralsund befindet sich zusammen mit den Betriebsgebäuden der REWA, am nördlichen Bahnbogen der Rügenbahn an der Bauhofstraße und reinigt das Abwasser der Hansestadt Stralsund und weiteren 24 umliegenden Orten, das Sickerwasser der stillgelegten Deponie Kedingshagen und das Prozessabwasser des Klärschlammzwischenlagers Zitterpenningshagen. Die Kläranlage Stralsund wurde in den Jahren 1993 bis 1997 komplett umgebaut und gehörte zum Abschluss der Baumaßnahmen zu einer der größten und modernsten Kläranlagen Mecklenburg-Vorpommerns. Das zu reinigende Abwasser durchfließt als erstes eine zweistraßige Siebrechenanlage mit einer Stabweite von 6 mm und gelangt anschließend in einen belüfteten Sand- und Fettfang, der ebenfalls zweistraßig ausgeführt ist. Danach verteilt sich das Abwasser auf fünf parallel durchflossene, separat abschaltbare Vorklärbecken und gelangt so, mechanisch vorgereinigt, in die biologische Aufbereitungsstufe. Die Belebungsanlage besteht aus drei parallelen Straßen mit Bio - P Elimination, vorgeschalteter Denitrifikation und Nitrifikation sowie je einem Nachklärbecken. Jede Straße ist als Kaskade ausgebildet und besteht aus einem Becken für die Rücklaufschlammdenitrifikation, zwei Anaerobbecken für Bio - P, zwei Denitrifikationsbecken, zwei wahlweise als Denitrifikation oder Nitrifikation nutzbare Becken und einem Nitrifikations- sowie einem Entgasungsbecken für die Rezirkulation. Die Schlammbehandlung in der Kläranlage Stralsund besteht aus zwei Eindickern für den Vorklärschlamm, einer maschinellen Überschussschlammeindickung, zwei Faulbehältern mit je 1.800 m³ Faulraumvolumen und zwei Entwässerungszentrifugen.

Das Faulgas wird in drei Blockheizkraftwerken, mit einer Leistung von jeweils 123 kW_{el} und 181 kW_{therm} in Strom und Wärme umgewandelt. Die mit dem BHKW erzeugte Energie wird zu 100 % für die Eigenversorgung der Kläranlage verwendet.

Im Zuge der Potentialstudie ist ein Konzept zu erstellen, wie unter Berücksichtigung von Energieeffizienz und Klimaschutz sowie der Wirtschaftlichkeit der Abwasserreinigung eine Optimierung des Kläranlagenbetriebs unter Berücksichtigung der standortspezifischen Randbedingungen erfolgen kann. Besonderes Augenmerk ist hier auf die Einsparung von Primärenergie und die Optimierung der Klimabilanz zu legen.

2 Vorgehensweise

Die Studie über das Klimaschutzpotential der Kläranlage Stralsund besteht im Wesentlichen aus drei Arbeitsschritten. Der erste Arbeitsschritt ist die „Bestandsaufnahme“, gefolgt von der „Potentialanalyse“ und dem letzten Arbeitsschritt der „Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und der Entwicklung eines Fahrplans zur Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen“.

In dem zweiten Bericht wurden Maßnahmen zur Optimierung der Energieeffizienz und Einsparung an CO₂ - Emissionen der Kläranlage herausgearbeitet, die in diesem Bericht in kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen für die Umsetzung eingeteilt werden. Für jede Maßnahme wird eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt und die Einsparung an Energie- und CO₂ - Emissionen den der Kosteneinsparung gegenübergestellt. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung beinhaltet die Berücksichtigung der Jahreskapitalkosten, die auf Grundlage einer Investitionskostenschätzung für die Maßnahmen durchgeführt wurde sowie die Berücksichtigung der Betriebskosten die einen Einfluss bei Umstellung der Verfahrensweise haben (Wartungs-, Energie-, Personal-, Schlamm Entsorgungs- und / oder Betriebsmittelkosten).

Der Variantenvergleich der einzelnen Maßnahmen erfolgt über eine Nutzwertanalyse. Zu diesem Zweck wurden Bewertungskriterien festgelegt, anhand derer die Entscheidung zur Umsetzung der Maßnahmen getroffen werden kann. Jedem Bewertungskriterium wurde ein Prozentsatz zugeordnet, der die Wichtigkeit des Kriteriums belegt. Die Summe der Einzelgewichtungen ergibt 100%. Die einzelnen Kriterien werden mit Punkten bewertet. Um hier eine Eindeutigkeit sicherzustellen, wurde der Bewertungsmaßstab genau definiert. Pro Variante und Bewertungskriterium wurden Punkte von 1 bis 10 vergeben, wobei „am besten“ mit 10 und „am schlechtesten“ mit 1 bewertet wurde. Diese Punkte wurden dann mit der entsprechenden Kriterienwichtung multipliziert und für die jeweilige Variante aufsummiert.

Mit der Nutzwertanalyse der einzelnen Maßnahme wird die Priorität abgeleitet und wie folgt farblich kodiert:

-  Priorität hoch
-  Priorität mittel
-  Priorität gering

3 Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂ - Emissionen

Die Maßnahmen, die in dem zweiten Bericht zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂ - Emissionen der Kläranlage Stralsund herausgearbeitet wurden, werden folgend in kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen unterteilt.

Um die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen abschätzen zu können werden die Investitionskosten für die Umsetzung geschätzt und aktuellen Betriebs- oder Verfahrensweisen gegenübergestellt.

Von den herausgearbeiteten Maßnahmen zur Einsparung von Energie und CO₂ - Emissionen wurden folgende als **kurzfristigen Maßnahmen** zugeordnet:

- Austausch einzelner Rührwerke bestimmter Beckeneinheiten der Belebungsbecken
- Energetische Optimierung der Faulturmumwälzung

Als **mittelfristige Maßnahme** wurde zugeordnet:

- Reduzierung des Belebungsbeckenvolumens und des TS - Gehaltes eines weiteren Belebungsbeckens

Als **langfristige Maßnahme** wurde zugeordnet:

- Austausch der aktuell installierten BHKW gegen neue hocheffiziente BHKW
- Einführung eines Lastmanagements

Für die verschiedenen Berechnungen, die in diesem Bericht aufgezeigt werden, wurden Werte verwendet, die aus unterschiedlichen Quellen stammen. Um angenommene bzw. gegebene Werte schneller ihrer Quelle bzw. ihrer Aussagekraft zuzuordnen, wurden die Zellen der Werte wie folgt farblich hinterlegt:

Tabelle 1: Bedeutung Farbkodierung für Berechnungen

wichtige Werte vom Zweckverband
Betriebsdaten
baulich gegebene Werte
gewählte Werte
wichtige Ergebnisse
Einsparung
Werte gemäß Stand der Technik (A - 131 & A - 216)
berechnete Werte
geprüfte Werte - positives Ergebnis
geprüfte Werte - negatives Ergebnis

3.1 kurzfristige Maßnahmen

3.1.1 Austausch einzelner Rührwerke bestimmter Beckeneinheiten der Belebungsbecken

Im zweiten Bericht der Potentialstudie wurden die spezifischen Energieverbräuche für die Rührwerke bzw. für die Umwälzung der einzelnen Beckeneinheiten der Belebungsbecken bestimmt und mit dem Idealwert von **1,5 W/m³** verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass die nachstehend aufgelisteten Beckeneinheiten deutlich höhere Werte aufweisen als der Idealwert empfiehlt.

- BB 1: Anaerobbecken II - AA II (**11,5 W/m³**)
- BB 2: Rücklaufschlamm Denitrifikationsbecken - RS-DN (**6,6 W/m³**)
- BB 2: Denitrifikationsbecken II - DN II (**3,3 W/m³**)

Die Berechnung der Energie- und CO₂ - Einsparungen bei Austausch der aktuell installierten Rührwerke erfolgt auf Basis eines Austausches gegen langsam laufende großflügelige Rührwerke der Firma Flygt; Fabrikat BANANA; Typ 4410 (P = 0,9 kW; P = 2,3 kW), siehe Tabelle 2. Es werden folgende Varianten betrachtet und gegeneinander übergestellt:

- **Variante 01:** Weiterbetrieb der aktuell installierten Rührwerke
- **Variante 02:** Austausch der aktuell installierten Rührwerke

Tabelle 2: Einsparpotential

Variante 01				
Becken	Beckeneinheit	kW	m ³	W/m ³
BB 1	Rührwerk AA II	4,0	347	11,5
BB 2	Rührwerk RS-DN	2,3	347	6,6
BB 2	Rührwerk DN II	4,3	1.312	3,3
Variante 02				
Becken	Beckeneinheit	kW	m ³	W/m ³
BB 1	Rührwerk AA II	0,9	347	2,6
BB 2	Rührwerk RS-DN	0,9	347	2,6
BB 2	Rührwerk DN II	2,3	1.312	1,8

Das 2,3 kW Rührwerk aus der RS-DN Beckeneinheit des Belebungsbeckens 2 könnte in die Beckeneinheit DN II installiert werden. So würden Investitionskosten in Höhe von 11.000 € gespart werden. Für die Beckeneinheiten AA II des BB 1 und RS-DN des BB 2 würde eine Installation eines 0,9 kW Rührwerks ausreichend sein. Da die Rührwerke 8.760 h/a durchlaufen, ist die Installation eines Frequenzumrichters nicht notwendig, was die Investitionskosten gering hält. Auch die Elektroarbeiten für Installation und Verkabelung der Elektrotechnik können von den Mitarbeitern der REWA vorgenommen werden und finden deshalb in der Kostenberechnung keine weitere Berücksichtigung.

Kostschätzung

Die **Jahresgesamtkosten** für den Austausch der Rührwerke der drei Beckeneinheiten setzen sich zusammen aus:

- **1 Jahreskapitalkosten**
- **2 Betriebskosten**

1 Jahreskapitalkosten:

Die Jahreskapitalkosten ergeben sich aus den Investitionsabschreibungskosten für die Maschinen- und Elektrotechnik der neuen Rührwerke und sind in Tabelle 3 zusammengefasst:

Tabelle 3: Jahreskapitalkosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Investitionskosten für Maschinen- und Elektrotechnik	€	0	22.000	
Nutzungsdauer für Maschinen- und Elektrotechnik	a	15	15	
Abschreibung pro Jahr (15 Jahre)	€/a	0	1.467	
Zinsen pro Abschreibung	%	3	3	
Zinsen pro Jahr (3 % p.A.)	€/a	0	330	
Jahreskapitalkosten	€/a	0	1.797	-1.797

Die Abschreibung der Investitionskosten für Maschinen- und Elektrotechnik wird auf 15 Jahre festgelegt. Die weiter laufenden Abschreibungskosten für Maschinen- und Elektrotechnik der auszutauschenden Rührwerke wurden mit 0 % angenommen.

2 Betriebskosten:

Die Betriebskosten ergeben sich aus folgenden laufenden Kosten:

- **2.1 Energiekosten**
- **2.2 Wartungs- und Reparaturkosten**

2.1 Energiekosten:

Bei Umtausch des 2,3 kW Rührwerks aus der RS-DN Beckeneinheit in die DN II Beckeneinheit des BB 2 und Austausch der 4,0 und 4,3 kW Rührwerke gegen 0,9 kW Rührwerke, würde sich unter Berücksichtigung eines Arbeitspreises von 0,24 €/kWh_{el}, eine Stromkosteneinsparung von knapp 13.700 €/a ergeben. Die Energiekosten sind in Tabelle 4 aufgezeigt.

Tabelle 4: Energiekosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Energie	kWh _{el} /a	92.856	35.916	
Energiekosten pro Jahr	€/a	22.285	8.620	13.666

2.2 Wartungs- und Reparaturkosten:

Es wird angenommen, dass sich die Kosten für Wartung und Reparatur der neuen Rührwerke nicht signifikant von den der aktuell installierten Rührwerke unterscheiden, weshalb die Kosten bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht weiter berücksichtigt werden.

Jahresgesamtkosten:

Die Summe aus den Jahreskapitalkosten (1) und den Betriebskosten (2) ergeben die Jahresgesamtkosten (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Jahresgesamtkosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Jahreskapitalkosten	€/a	0	1.797	-1.797
Energiekosten	€/a	22.285	8.620	13.666
Betriebskosten	€/a	22.285	8.620	13.666
Jahresgesamtkosten	€/a	22.285	10.417	11.869

Durch den Austausch der drei Rührwerke und den damit verbundenen verminderten Energieverbrauch ist eine Kosteneinsparung von knapp 12.000 €/a zu erwarten. Bei Investitionskosten in Höhe von 22.000 €, würde das einer Amortisationszeit von zwei Jahren entsprechen.

Der elektrische Energiebedarf, der Bedarf an Primärenergie sowie die Produktion an CO₂ - Emissionen, die bei den unterschiedlichen Varianten entstehen, sind in Tabelle 6 aufgezeigt und in Abbildung 1 dargestellt. In der Tabelle sind jeweils die absoluten Werte pro Jahr und die einwohnerspezifischen Werte pro Jahr für jede Variante aufgezeigt, die Abbildung zeigt nur die einwohnerspezifischen Werte.

Tabelle 6: Absolute und einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂ - Emissionen der einzelnen Varianten

		Variante 01	Variante 02
	EW	104.652	104.652
elektrische Energie	kWh _{el} /a	92.856	35.916
	kWh _{el} /(EW*a)	0,9	0,3
Primärenergie	kWh _{Pr} /a	176.426	68.240
	kWh _{Pr} /(EW*a)	1,7	0,7
CO ₂ - Emission	t-CO ₂ /a	37,2	14,4
	kg-CO ₂ /(EW*a)	0,4	0,1

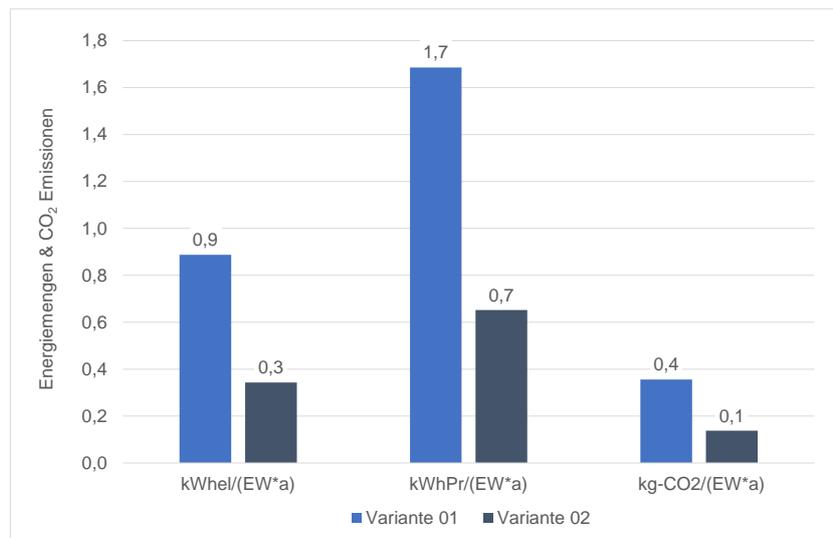


Abbildung 1: Einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂ - Emissionen der einzelnen Varianten

Mit dem Wechsel der Rührwerke ist eine Reduzierung des elektrischen Energiebedarfs um ca. 57.000 kWh_{el}/a bzw. knapp 0,6 kWh_{el}/(EW*a) zu erwarten und sogar um das Doppelte der Primärenergie. Insgesamt können bei einem Austausch der drei Rührwerke ca. 23 t-CO₂/a bzw. 0,2 kg-CO₂/(EW*a) eingespart werden.

3.1.2 Energetische Optimierung der Faulturmumwälzung

Im zweiten Bericht der Potentialstudie wurde der spezifische Energieverbrauch für die Umwälzung der Faultürme bestimmt und mit dem Idealwert, der in einem Bereich von **6,0 - 10,0 W/m³** liegen sollte, verglichen.

Für die Durchmischung der Faulbehälter (2 á 1.800 m³) wurden neben der Umwälzung durch die außenliegenden Heizschlammumpen (2 + 1 Pumpen: Ritz; Typ: ASF 100-250 á 80 m³/h) zwei weitere Umwälzpumpen (2 Pumpen: Flygt; Typ: NZ 3171,095 á ca. 500 m³/h) installiert, da sich die zunächst installierten Vertikalrührwerke nicht bewährt hatten. Die Heizschlammumpen und die zusätzlichen Umwälzpumpen laufen 8.760 h/a durch, wobei die Laufzeit von zwei ständig laufenden Pumpen auf die drei installierten Heizschlammumpen gleichmäßig verteilt wird, sodass sich für jede Heizschlammpumpe eine Jahreslaufzeit von 5.840 h ergibt.

Die Summe der Umwälzaggregate ergibt einen spezifischen Energieverbrauch von **12,1 W/m³** und liegt um 2,1 W/m³ über dem Idealwertebereich.

Über den Heizschlammkreislauf wird eingedickter Überschussschlamm und Fettschlamm mit in den Faulschlamm eingemischt und so der Faulturm umgewälzt. Mit den installierten Heizschlammumpen wird eine Umwälzung des gesamten Faulturmvolumens von 1.800 m³/d sichergestellt. Bei zahlreichen Faulungsanlagen ist es gängige Praxis ausschließlich den Heizschlammkreislauf zur Faulbehälterdurchmischung zu nutzen, wobei eine einfache Umwälzung des Faulbehälternutzvolumens pro Tag angestrebt wird. Die Leistung der Heizschlammumpen würden auch in der Kläranlage Stralsund eine einfache Umwälzung des Faulbehälternutzvolumens pro Tag sicherstellen, sodass untersucht werden könnte, ob nicht allein der Betrieb der Heizschlammumpen für die Faulbehälterdurchmischung ausreichend ist oder zumindest die Laufzeit der zusätzlichen Umwälzpumpen reduziert werden könnte.

Für die Berechnung der Energie- und CO₂ - Einsparpotentiale werden folgende Varianten betrachtet:

- **Variante 01:** Weiterbetrieb der aktuell installierten Faulturmumwälzung
- **Variante 02:** intermittierende Betriebsweise der Flyght Pumpen
- **Variante 03:** Faulturmumwälzung nur mit den Heizschlammumpen

Bei Variante 02 wird davon ausgegangen, dass die Umwälzpumpen intermittierend betrieben werden (12 h/d alle 2 h).

Kostschätzung

Die **Jahresgesamtkosten** für die unterschiedlichen Varianten für den Betrieb der Faulturmumwälzung setzen sich zusammen aus:

- **1 Jahreskapitalkosten**
- **2 Betriebskosten**

1 Jahreskapitalkosten:

Die Jahreskapitalkosten ergeben sich aus den Investitionsabschreibungskosten für Maschinen- und Elektrotechnik und sind in Tabelle 7 zusammengefasst:

Tabelle 7: Jahreskapitalkosten

		Variante 01	Variante 02	Variante 03	Einsparung Variante 02	Einsparung Variante 03
Investitionskosten für Maschinen- und Elektrotechnik	€	0	0	10.000		
Nutzungsdauer für Maschinen- und Elektrotechnik	a	15	15	15		
Abschreibung pro Jahr (15 Jahre)	€/a	0	0	667		
Zinsen pro Abschreibung	%	3	3	3		
Zinsen pro Jahr (3 % p.A.)	€/a	0	0	150		
Jahreskapitalkosten	€/a	0	0	817	0	-817

Für Variante 02 entstehen keine Investitionskosten. Für Variante 03 werden Investitionskosten für einen ggf. benötigten Umbau der Rohrleitungen in Höhe von ca. 10.000 € berücksichtigt und die Abschreibung auf 15 Jahre festgelegt.

2 Betriebskosten:

Die Betriebskosten ergeben sich aus folgenden laufenden Kosten:

- **2.1 Energiekosten**
- **2.2 Wartungs- und Reparaturkosten**

2.1 Energiekosten:

Unter Berücksichtigung eines Arbeitspreises von 0,24 €/kWh_{el}, ergibt sich bei Variante 02 eine Kosteneinsparung von ca. 30.000 €/a und bei Variante 03 erhöht sich die Einsparung sogar auf ca. 60.000 €/a. Die Energiekosten sind in Tabelle 8 aufgezeigt.

Tabelle 8: Energiekosten

		Variante 01	Variante 02	Variante 03	Einsparung Variante 02	Einsparung Variante 03
Energie	kWh _{el} /a	306.600	177.828	49.056		
Energiekosten pro Jahr	€/a	73.584	42.679	11.773	30.905	61.811

2.2 Wartungs- und Reparaturkosten:

Die Wartungs- und Reparaturkosten werden mit 3 % der Investitionskosten für die Maschinen- und Elektrotechnik angenommen und sind in Tabelle 9 aufgezeigt. Die Wartungs- und Reparaturkosten bei Variante 01 und 02 werden mit 0 € angenommen. Die Kosten für Wartung und Reparatur bei Variante 03 sind mit ca. 300 €/a als gering zu betrachten.

Tabelle 9: Wartungs- und Reparaturkosten

		Variante 01	Variante 02	Variante 03	Einsparung Variante 02	Einsparung Variante 03
Investitionskosten für Maschinen- und Elektrotechnik	€	0	0	10.000		
Anteil Wartungs- und Reparaturkosten	%	3	3	3		
Wartungs- und Reparaturkosten pro Jahr	€/a	0	0	300	-300	300

Jahresgesamtkosten:

Die Summe aus den Jahreskapitalkosten (1) und den Betriebskosten (2) ergeben die Jahresgesamtkosten (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Jahresgesamtkosten

		Variante 01	Variante 02	Variante 03	Einsparung Variante 02	Einsparung Variante 03
Jahreskapitalkosten	€/a	0	0	817	0	-817
Energiekosten	€/a	73.584	42.679	11.773	30.905	61.811
Wartungs- und Reparaturkosten	€/a	0	0	300	0	-300
Betriebskosten	€/a	73.584	42.679	12.073	30.905	61.511
Jahresgesamtkosten	€/a	73.584	42.679	12.890	30.905	60.694

Eine Reduzierung der Laufzeiten oder eine Außerbetriebnahme der außenliegenden Umwälzung (Flyght Pumpen) verursachen wenig bis gar keine Investitionskosten, weshalb der Aufwand zur Prüfung bzw. Umsetzung der Maßnahme sehr gering ist. Mit den vorgeschlagenen Varianten könnten bis zu ca. 60.000 €/a für den Bezug an Energie aus dem Stromnetz eingespart werden.

Der elektrische Energiebedarf, der Bedarf an Primärenergie sowie die Produktion an CO₂ - Emissionen, die bei den unterschiedlichen Varianten entstehen, sind in Tabelle 11 aufgezeigt und in Abbildung 2 dargestellt. In der Tabelle sind jeweils die absoluten Werte pro Jahr und die einwohnerspezifischen Werte pro Jahr für jede Variante aufgezeigt, die Abbildung zeigt nur die einwohnerspezifischen Werte.

Tabelle 11: Absolute und einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂ - Emissionen der einzelnen Varianten

		Variante 01	Variante 02	Variante 03
	EW	104.652	104.652	104.652
elektrische Energie	kWh _{el} /a	306.600	177.828	49.056
	kWh _{el} /(EW*a)	2,9	1,7	0,5
Primärenergie	kWh _{Pr} /a	582.540	337.873	93.206
	kWh _{Pr} /(EW*a)	5,6	3,2	0,9
CO ₂ - Emission	t-CO ₂ /a	122,9	71,3	19,7
	kg-CO ₂ /(EW*a)	1,2	0,7	0,2

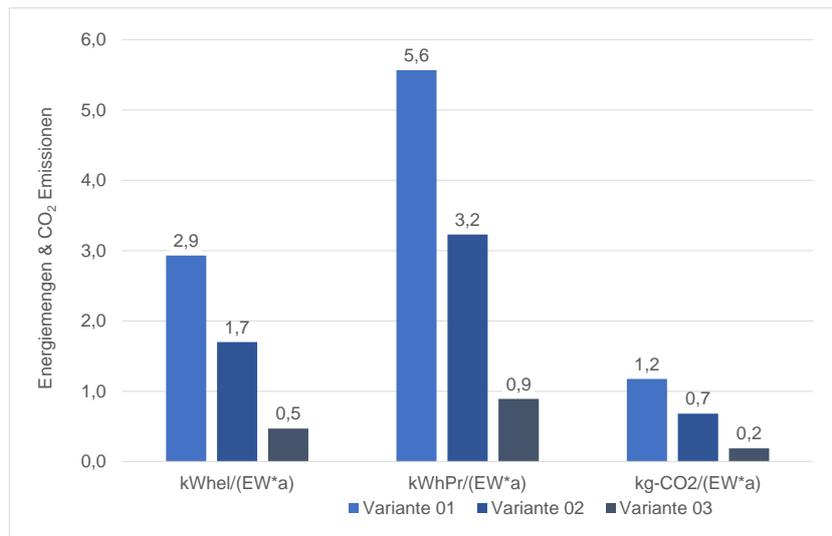


Abbildung 2: Einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂ - Emissionen der einzelnen Varianten

Mit Reduzierung der Laufzeit der außenliegenden Umwälzung können ca. 130.000 kWh_{el}/a bzw. knapp 1,2 kWh_{el}/(EW*a) eingespart werden. Das entspricht 40 % des aktuellen Energieverbrauchs der Umwälzung. Bei Außerbetriebnahme der außenliegenden Umwälzung könnten sogar Einsparpotentiale von ca. 85 % erreicht werden. Mit der Variante 02 könnten CO₂ - Emissionen in Höhe von ca. 50 t/a und bei Variante 03 in Höhe von 100 t/a eingespart werden.

3.2 mittelfristige Maßnahmen

3.2.1 Reduzierung des Belebungsbeckenvolumens und des TS - Gehaltes eines weiteren Belebungsbeckens

Im zweiten Bericht der Potentialstudie wurden die Einsparungen bei Herabsenken des aktuellen Schlammalters von 33 auf 11 d bei Außerbetriebnahme eines der drei Belebungsbecken und bei Reduzierung des TS - Gehaltes eines weiteren Belebungsbeckens, berechnet. Mit der Außerbetriebnahme wird hauptsächlich Energie zur Belüftung und für die Umwälzung der Belebung eingespart.

Es werden folgende Varianten betrachtet und miteinander verglichen:

- **Variante 01:** Weiterbetrieb mit einem Schlammalter von $t_{TS,geg} = 33$ d
- **Variante 02:** Weiterbetrieb mit einem Schlammalter von $t_{TS,erf.} = 11$ d

Die Berechnung der Energie- und CO₂ - Einsparungen sind in Tabelle 12 aufgezeigt.

Tabelle 12: Einsparpotential

Becken	Beckeneinheit	kW	m ³	h/a	kWh _{el} /a	kWh _{Pf} /a	t-CO ₂ /a
BB 1	RS-DN	0,9	347	8.760	7.884	14.980	3,2
	AA I	0,9	344	8.760	7.884	14.980	3,2
	AA II	4,0	347	8.760	35.040	66.576	14,1
	DN I	2,3	1.327	8.760	20.148	38.281	8,1
	DN II	2,3	1.312	8.760	20.148	38.281	8,1
	N-DN I	2,3	1.323	6.994	16.086	30.564	6,5
	N-DN II	2,3	1.332	6.781	15.596	29.633	6,3
Einsparung Rührwerke					122.787	233.294	49,2
Einsparung Belüftung					22.545	42.836	9,0
SUMME Einsparung					145.332	276.130	58,3

Die Maßnahme zur Energieeinsparung kann ohne Investition getätigt werden. Mit der Reduzierung des Schlammalters geht eine erhöhte Überschussschlammproduktion einher. Der zusätzliche Überschussschlamm muss entwässert werden, was mit einer Erhöhung der Energieproduktion einhergeht.

Kostschätzung

Die **Jahresgesamtkosten** setzen sich zusammen aus:

- **1 Jahreskapitalkosten**
- **2 Betriebskosten**

1 Jahreskapitalkosten:

Die Jahreskapitalkosten werden mit 0 € angesetzt, da keine Investitionen für die Maßnahme getätigt werden müssen.

2 Betriebskosten:

Die Betriebskosten ergeben sich aus folgenden laufenden Kosten:

- **2.1 Energiekosten**
- **2.2 Wartungs- und Reparaturkosten**

2.1 Energiekosten:

Bei Reduzierung des Schlammalters von 33 auf 11 d und der damit einhergehenden Außerbetriebnahme eines Belebungsbeckens und Verminderung des TS - Gehaltes eines weiteren Beckens, würde sich unter Berücksichtigung eines Arbeitspreises von 0,24 €/kWh_{el}, eine Stromkosteneinsparung von knapp 35.000 €/a ergeben. Die Energiekosten sind in Tabelle 13 aufgezeigt.

Tabelle 13: Energiekosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Energie für Belüftung und Umwälzung	kWh _{el} /a	615.797	470.466	
Energiekosten pro Jahr	€/a	147.791	112.912	34.880

2.2 Wartungs- und Reparaturkosten:

Die Wartungs- und Reparaturkosten werden mit 3 % der Investitionskosten für die Maschinen- und Elektrotechnik angenommen. Die Investitionskosten für die Maschinen- und Elektrotechnik beziehen sich auf die installierten Rührwerke und werden mit ca. 77.000 € angenommen. Es ergibt sich eine Einsparung der Wartungs- und Reparaturkosten in Höhe von ca. 2.300 €/a. Die Kosten für Wartung und Reparatur sind in Tabelle 14 aufgezeigt.

Tabelle 14: Wartungs- und Reparaturkosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Investitionskosten für Maschinen- und Elektrotechnik	€	77.000	0	
Anteil Wartungs- und Reparaturkosten	%	3	3	
Wartungs- und Reparaturkosten pro Jahr	€/a	2.310	0	2.310

Jahresgesamtkosten:

Die Summe aus den Jahreskapitalkosten (1) und den Betriebskosten (2) ergeben die Jahresgesamtkosten (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Jahresgesamtkosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Jahreskapitalkosten	€/a	0	0	0
Energiekosten	€/a	147.791	112.912	34.880
Wartungs- und Reparaturkosten	€/a	2.310	0	2.310
Betriebskosten	€/a	150.101	112.912	37.190
Jahresgesamtkosten	€/a	150.101	112.912	37.190

Mit der Außerbetriebnahme eines Belebungsbeckens und Reduzierung des TS - Gehaltes eines weiteren Belebungsbeckens ist eine Einsparung von ca. 37.000 €/a zu erwarten. Da aufgrund der Reduzierung des Schlammalters mehr Überschussschlamm in der Belebung anfällt, muss dieser zusätzlich behandelt werden. Die zusätzlichen Strombezugskosten, die durch die zusätzliche Behandlung des Schlammes anfallen, muss der Kosteneinsparung bei Reduzierung des Schlammalters auf 11 d gegenübergestellt werden.

Der elektrische Energiebedarf, der Bedarf an Primärenergie sowie die Produktion an CO₂ - Emissionen, die bei den unterschiedlichen Varianten entstehen, sind in Tabelle 16 aufgezeigt und in Abbildung 3 dargestellt. In der Tabelle sind jeweils die absoluten Werte pro Jahr und die einwohnerspezifischen Werte pro Jahr für jede Variante aufgezeigt, die Abbildung zeigt nur die einwohnerspezifischen Werte.

Tabelle 16: Absolute und einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂ - Emissionen der einzelnen Varianten

		Variante 01	Variante 02
	EW	104.652	104.652
elektrische Energie	kWh _{el} /a	615.797	470.466
	kWh _{el} /(EW*a)	5,9	4,5
Primärenergie	kWh _{Pr} /a	1.170.014	893.885
	kWh _{Pr} /(EW*a)	11,2	8,5
CO₂ - Emission	t-CO ₂ /a	246,9	188,7
	kg-CO ₂ /(EW*a)	2,4	1,8

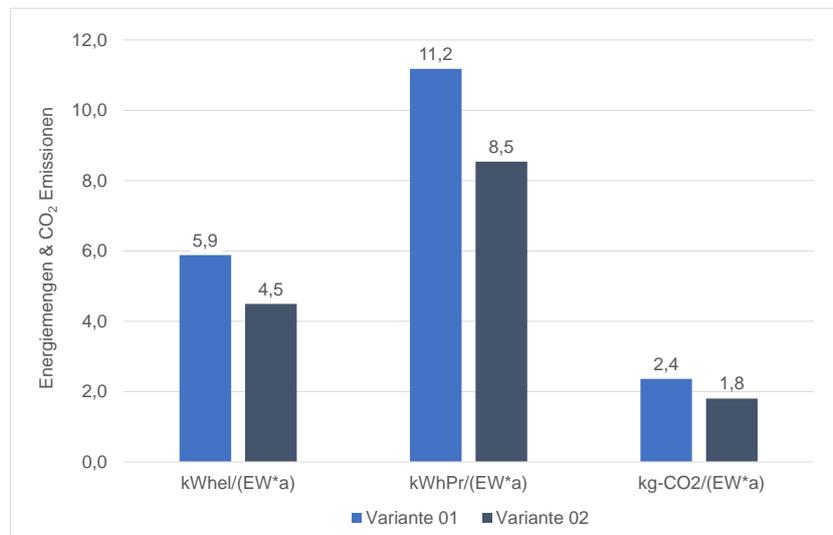


Abbildung 3: Einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂ - Emissionen der einzelnen Varianten

Mit der Reduzierung des Schlammalters von 33 auf 11 d würden ca. 145.000 kWh_{el}/a bzw. knapp 1,4 kWh_{el}/(EW*a) eingespart werden können. Das entspricht einer Primärenergie von knapp 280.000 kWh_{Pr}/a bzw. 2,6 kWh_{Pr}/(EW*a). Die CO₂ - Produktion würde sich um ca. 58 t-CO₂/a bzw. 0,6 kg-CO₂/(EW*a) verringern.

3.3 langfristige Maßnahmen

3.3.1 Austausch der aktuell installierten BHKW gegen neue hocheffiziente BHKW

Eine weitere Möglichkeit die Energie- und CO₂ - Emissionen auf der Kläranlage Stralsund zu verringern ist der Austausch der aktuell installierten Blockheizkraftwerke gegen neue hocheffiziente BHKW mit einem höheren Wirkungsgrad. Zurzeit wird das Faulgas in drei BHKW (Hersteller: SES; Typ: HPC 130 B á 123 kW_{el} und 181 kW_{therm}) in Strom und Wärme umgewandelt. In Summe liegt die Gesamtleistung der BHKW - Anlage bei 369 kW_{el} und 543 kW_{therm}. Die mit den BHKW erzeugte Energie wird zu 100 % für die Eigenversorgung der Kläranlage genutzt.

In einem ersten Schritt wurde der Wirkungsgrad der aktuell installierten BHKW - Anlage ermittelt (siehe Abbildung 4). Der Wirkungsgrad (schwarze Linie) errechnet sich aus der theoretisch möglichen Leistung des CH₄ und der tatsächlich mit den BHKW - Modulen produzierte Leistung. Der Heizwert von Methan liegt bei ca. 10 kWh_{el}/m³-CH₄. Wird der Heizwert mit der CH₄ - Menge pro Tag (gegeben aus Betriebsdaten) multipliziert und durch 24 h/d dividiert, errechnet sich die theoretische Leistung pro Tag, die mit dem CH₄ zur Verfügung steht (gelbe Linie). Dem gegenüber steht die tatsächliche Leistung, die mit den aktuell installierten BHKW Modulen erzeugt wird (graue Linie = gegeben aus Betriebsdaten).

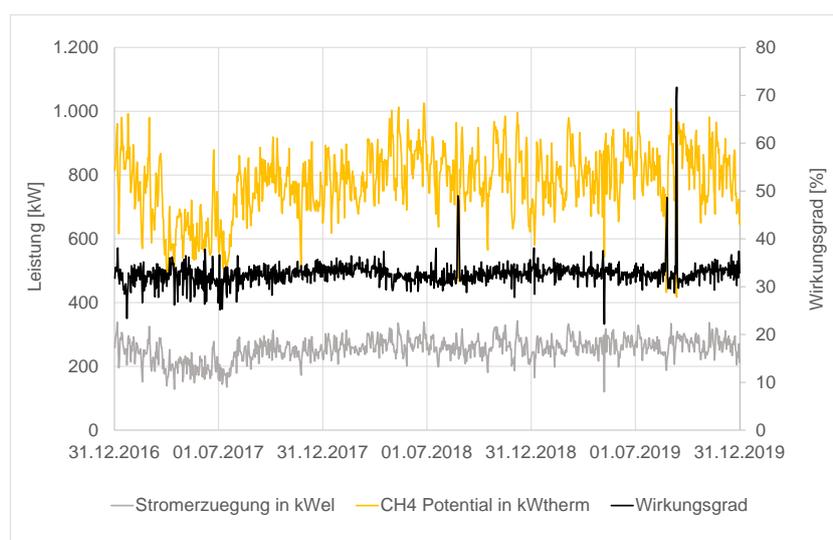


Abbildung 4: Wirkungsgrad der aktuell installierten BHKW

Aus Abbildung 4 ist zu erkennen, dass der Wirkungsgrad in den Jahren 2017 – 2019 zwischen 30 und 36 % und im Durchschnitt bei knapp 33,0 % lag.

In Abbildung 5 ist die Leistung, die mit den aktuell installierten BHKW erzeugt wird, zusammen mit dem Stromverbrauch der letzten Jahre zuzüglich des zukünftig anfallenden Mehrverbrauchs der Sandfiltration um 33,4 kW, dargestellt. Aus der Abbildung kann zum einen die maximal erzeugte Leistung der letzten Jahre abgelesen werden, die mit der BHKW - Anlage erzeugt wurde und zum anderen die Leistungsdifferenz, die durch den Bezug aus dem Stromnetz zukünftig abgedeckt werden müsste.

Aus der Abbildung ist zu erkennen, dass mit den aktuell installierten BHKW in den letzten Jahren eine maximale Leistung von ca. 300 kW erzeugt wurde. Verbaut sind aber BHKW die eine Gesamtleistung von insgesamt 369 kW erzeugen können. Das Defizit von knapp 70 kW überrascht. Eine BHKW - Anlage mit einer installierten Leistung von ca. 430 kW könnte zukünftige nahezu alle Lastspitzen abfangen.

Es werden folgende Varianten in Betracht gezogen und miteinander verglichen:

- **Variante 01:** Weiterbetrieb der aktuell installierten BHKW
- **Variante 02:** BHKW mit einer installierten Gesamtleistung von 430 kW

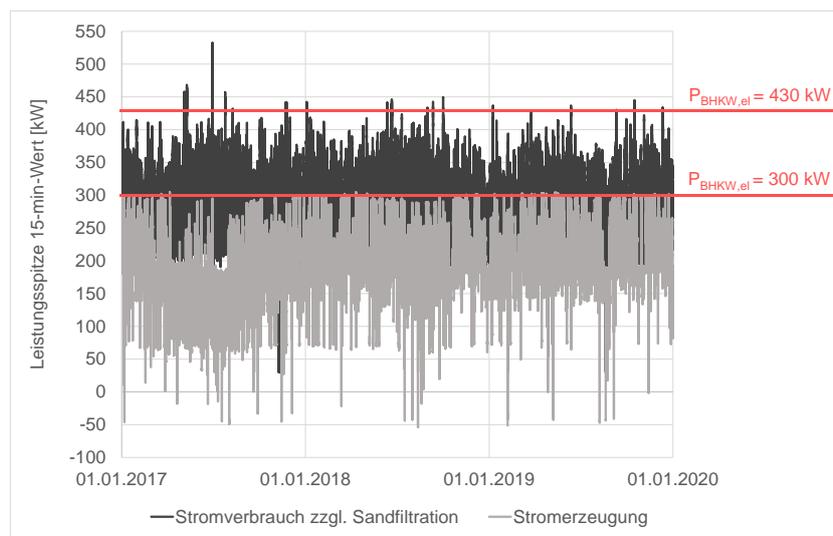


Abbildung 5: Stromverbrauch zzgl. 33,4 kW durch die Sandfiltration und Stromerzeugung mit den aktuell installierten BHKW

Kostenschätzung

Die **Jahresgesamtkosten** für den Austausch der aktuell installierten BHKW gegen neue hocheffiziente BHKW setzen sich zusammen aus:

- **1 Jahreskapitalkosten**
- **2 Betriebskosten**

1 Jahreskapitalkosten:

Die Jahreskapitalkosten für die Installation neuer BHKW ergeben sich aus den Investitionsabschreibungskosten für die Maschinen- und Elektrotechnik und sind in Tabelle 17 zusammengefasst:

Tabelle 17: Jahreskapitalkosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Investitionskosten für Bauwerke und Rohrleitungen	€	0	0	
Investitionskosten für Maschinen- und Elektrotechnik	€	0	500.000	
Nutzungsdauer für Bauwerke und Rohrleitungen	a	50	50	
Nutzungsdauer für Maschinen- und Elektrotechnik	a	15	15	
Abschreibung pro Jahr (50 Jahre)	€/a	0	0	
Abschreibung pro Jahr (15 Jahre)	€/a	0	33.333	
Zinsen pro Abschreibung	%	3	3	
Zinsen pro Jahr (3 % p.A.)	€/a	0	500	
Jahreskapitalkosten	€/a	0	33.833	-33.833

Die Abschreibung der Investitionskosten für Maschinen- und Elektrotechnik wird auf 15 Jahre festgelegt. Bei Austausch der aktuell installierten BHKW gegen neue hocheffiziente BHKW ergeben sich Jahreskapitalkosten in Höhe von ca. 35.000 €/a.

2 Betriebskosten:

Die Betriebskosten ergeben sich aus folgenden laufenden Kosten:

- **2.1 Energiekosten**
- **2.2 Kosten für die EEG - Umlage**
- **2.3 Wartungs- und Reparaturkosten**

2.1 Energiekosten:

Im Jahr 2018 betrug der Energiebedarf der Kläranlage Stralsund ca. 2.570.000 kWh_{el}. Zuzüglich eines Mehrenergieverbrauches von 300.000 kWh_{el}/a von der Sandfiltration wird der Energiebedarf bei knapp 3,0 Mio-kWh_{el}/a liegen (siehe Tabelle 18). Die Energie die mit der aktuellen BHKW - Anlage erzeugt werden kann, liegt bei ca. 2.060.000 kWh_{el}/a. Somit würde sich zukünftig ein Energiebezug aus dem Netz der E.ON edis von ca. 840.000 kWh_{el}/a ergeben, was bei einem Preis von ca. 0,24 €/kWh_{el} Energiekosten in Höhe von ca. 22.000 €/a verursachen würde. Der elektrische Wirkungsgrad von neuen BHKW - Modulen liegt bei 39 % (Hersteller: Sokratherm; Typ: FG 430) und würde bei einer angenommenen gleichbleibenden Methangasproduktion eine zusätzliche Energieproduktion von ca. 710.000 kWh_{el}/a erzielen. So müssten nur ca. 130.000 kWh_{el}/a aus dem Netz der E.ON edis am Standort der Kläranlage bezogen werden, was eine Kosteneinsparung von ca. 170.000 €/a mit sich bringen würde.

Tabelle 18: Energiekosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Gesamtverbrauch der KA Stralsund + Sandfiltration	kWh _{el} /a	2.898.601	2.898.601	
Energieproduktion Faulungsanlage	kWh _{el} /a	2.061.445	2.772.044	
Energiebezug aus dem Netz der E.ON edis	kWh _{el} /a	837.156	126.557	
Kosten für Arbeitspreis pro Jahr	€/a	200.917	30.374	170.544

2.2 Kosten für EEG - Umlage

Eigenstromverbraucher müssen seit 2014 für ihren selbst erzeugten und verbrauchten Strom eine Umlage nach dem Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) zahlen. Die EEG-Umlage ist mit 6,5 ct pro produzierte kWh_{el} festgelegt. Eigenversorger, die ihren Strom mit EEG-Anlagen erzeugen, müssen 40 % dieser Umlage zahlen. Somit würden zusätzliche Kosten von ca. 70.000 €/a bei Erneuerung der BHKW - Anlage entstehen.

Tabelle 19: Energiekosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Kosten für EEG Umlage	kWh _{el} /a	0,000	0,065	
Anteilige Kosten	%	0	40	
Kosten für EEG Umlage	€/a	0	72.073	-72.073

2.3 Wartungs- und Reparaturkosten:

Es wird angenommen, dass sich die Kosten für Wartung und Reparatur der neuen BHKW Anlage nicht signifikant von den Kosten der aktuellen BHKW – Anlage unterscheiden, weshalb die Kosten bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht weiter berücksichtigt werden.

Jahresgesamtkosten:

Die Summe aus den Jahreskapitalkosten (1) und den Betriebskosten (2) ergeben die Jahresgesamtkosten (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Jahresgesamtkosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Jahreskapitalkosten	€/a	0	33.833	-33.833
Energiekosten	€/a	200.917	30.374	170.544
Kosten für EEG Umlage	€/a	0	72.073	-72.073
Betriebskosten	€/a	200.917	102.447	98.471
Jahresgesamtkosten	€/a	200.917	136.280	64.637

Trotz angenommener Investitionskosten von ca. 500.000 € und Berücksichtigung zusätzlicher Kosten durch die EEG - Umlage von ca. 70.000 €/a, würde die Einsparung des Stromverbrauches eine Reduzierung der Jahresgesamtkosten um ca. 65.000 € ermöglichen. Das würde einer Amortisationszeit von knapp 8 Jahren entsprechen.

Der elektrische Energiebedarf, der Bedarf an Primärenergie sowie die Produktion an CO₂ - Emissionen, die bei den unterschiedlichen Varianten entstehen, sind in Tabelle 21 aufgezeigt und in Abbildung 6 dargestellt. In der Tabelle sind jeweils die absoluten Werte pro Jahr und die einwohnerspezifischen Werte pro Jahr für jede Variante aufgezeigt, die Abbildung zeigt nur die einwohnerspezifischen Werte.

Tabelle 21: Absolute und einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂ - Emissionen der einzelnen Varianten

		Varinate 01	Variante 02
	EW	104.652	104.652
elektrische Energie	kWh _{el} /a	2.869.045	2.869.045
	kWh_{el}/(EW*a)	27,4	27,4
Primärenergie	kWh _{Pr} /a	1.611.211	268.179
	kWh_{Pr}/(EW*a)	15,4	2,6
CO ₂ - Emission	t-CO ₂ /a	342	59
	kg-CO₂/(EW*a)	3,3	0,6

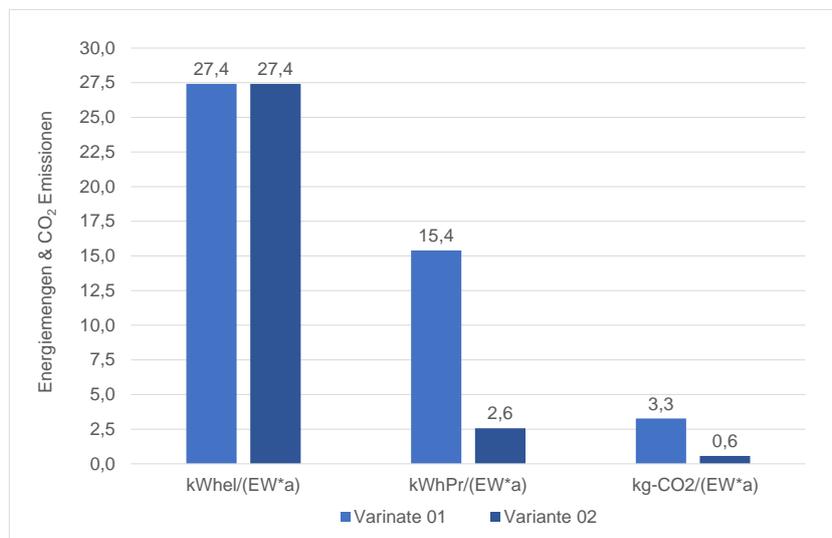


Abbildung 6: Einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂ - Emissionen der einzelnen Varianten

Mit dem Austausch der aktuell installierten BHKW gegen neue hocheffiziente BHKW kann der Primärenergieverbrauch von 15,4 auf 2,6 kWh_{el}/(EW*a) verringert werden. Das entspricht einer Primärenergieeinsparung von knapp 1,4 Mio. kWh_{Pr}/a bzw. 12,8 kWh_{Pr}/(EW*a). Die CO₂ - Produktion würde sich um ca. 280 t-CO₂/a bzw. 2,7 kg-CO₂/(EW*a) verringern.

3.3.2 Einführung eines Lastmanagements

Mit einem Lastmanagement besteht die Möglichkeit die Hauptverbraucher so aufeinander abzustimmen, dass diese zu einem bestimmten Zeitpunkt einen so geringen Leistungsbedarf wie möglich verursachen. Leistungsanstiege können so frühzeitig erkannt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden bspw. das gegenseitige Sperren von Hauptverbrauchern.

Es werden folgende Varianten betrachtet:

- **Variante 01:** Weiterbetrieb der aktuell installierte BHKW - Anlage ohne Lastmanagement
- **Variante 02:** Betrieb einer 430 kW BHKW - Anlage mit Lastmanagement

In Abbildung 7 zeigt der dunkelgraue Graf die Energiebezüge der letzten Jahre. Bei der Darstellung dieser Energiebezüge wurde ein Offset von 33,4 kW berücksichtigt, der durch die Ende 2019 in Betrieb gegangene Sandfiltration entsteht.

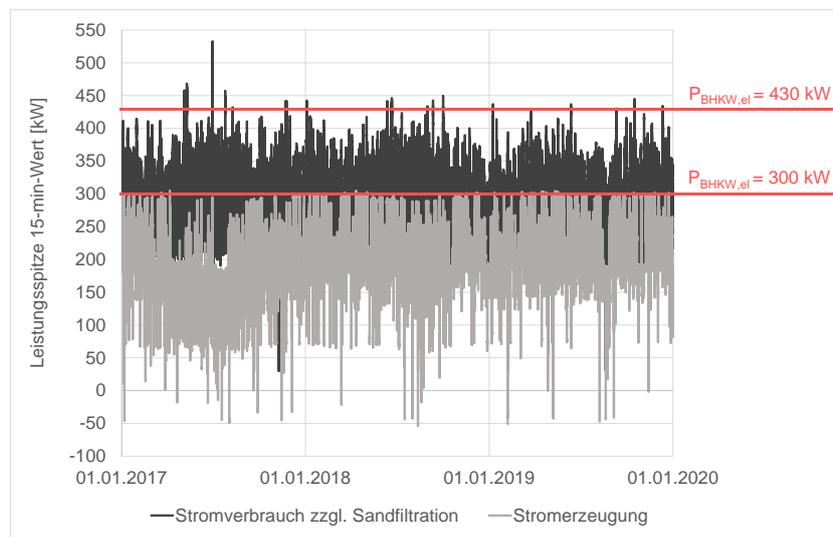


Abbildung 7: Leistungsspitzen

Aus Abbildung 7 ist zu erkennen, dass mit einer installierten Leistung von 430 kW nahezu alle Lastspitzen abgedeckt werden können. Das hat den großen Vorteil, dass die mit den BHKW erzeugte Leistung komplett bzw. nahezu für den Zeitpunkt der Leistungsabnahme verwendet werden kann und es somit zu keinem bzw. nur zu einem geringen Leistungsbezug aus dem öffentlichen Stromnetz kommt.

Je geringer der Leistungsbezug aus dem öffentlichen Stromnetz ist, desto geringer ist auch der zahlungspflichtige Leistungspreis.

Bei Installation einer 430 kW BHKW - Anlage kann davon ausgegangen werden, dass mit einer zusätzlichen Einführung eines Lastmanagements alle bzw. nahezu alle Leistungsspitzen aus dem Stromnetz abgefangen werden können. Obgleich die maximale BHKW - Leistung bei 430 kW oder bei 369 kW liegt, besteht mit der Einführung eines Lastmanagements die Chance die Leistungsspitzen und somit den Leistungspreis in jedem Fall zu verringern. Inwieweit das Potential zur Leistungseinsparung besteht und inwieweit das Lastmanagement umgesetzt werden kann, ist im Rahmen dieser Studie nur schwer abzuschätzen und eine nähere Untersuchung empfohlen.

Kostenschätzung

Die **Jahresgesamtkosten** für die Erstellung eines Lastmanagements setzen sich zusammen aus:

- **1 Jahreskapitalkosten**
- **2 Betriebskosten**

1 Jahreskapitalkosten:

Die Jahreskapitalkosten für die Erstellung eines Lastmanagements ergeben sich aus den Investitionsabschreibungskosten für die Maschinen- und Elektrotechnik und sind in Tabelle 22 zusammengefasst. Für ein Lastmanagement fallen Investitionskosten für Programmierarbeiten an und ggf. für die Nachrüstung einiger Sensoren und Armaturen und der damit verbundenen Installation und Verkabelung der Elektrotechnik.

Tabelle 22: Jahreskapitalkosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Investitionskosten für Maschinen- und Elektrotechnik	€	0	50.000	
Nutzungsdauer für Maschinen- und Elektrotechnik	a	15	15	
Abschreibung pro Jahr (15 Jahre)	€/a	0	3.333	
Zinsen pro Abschreibung	%	3	3	
Zinsen pro Jahr (3 % p.A.)	€/a	0	50	
Jahreskapitalkosten	€/a	0	3.383	-3.383

Die Investitionskosten für die Maschinen- und Elektrotechnik werden mit 50.000 € angesetzt und die Abschreibung auf 15 Jahre festgelegt. Im Jahr entstehen so Jahreskapitalkosten in Höhe von ca. 3.500 €/a.

2 Betriebskosten:

Die Betriebskosten beziehen sich auf die zahlungspflichtige Leistung für den Leistungspreis, der nach Angaben der REWA in den letzten Jahren zwischen 336 - 282 kW_{el} lag. Im Durchschnitt lag der Wert somit bei ca. 307 kW_{el}. Da der Leistungspreis von der REWA nicht zur Verfügung gestellt werden konnte, wird ein Preis von 100 €/kW_{el} angenommen. Durch ein Lastmanagement ist es vorstellbar den Leistungsbezug auf ca. 100 kW_{el} zu reduzieren. Bei einem angenommenen Leistungspreis von 100 €/kW_{el} liegt die Einsparung bei somit ca. 20.000 €/a.

Tabelle 23: Energiekosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
zahlungspflichtige Leistung	kW _{el} /a	307	100	
Leistungspreis	€/kW _{el}	100	100	
Kosten für Leistungspreis pro Jahr	€/a	30.720	10.000	20.720

Jahresgesamtkosten:

Die Summe aus den Jahreskapitalkosten (1) und den Betriebskosten (2) ergeben die Jahresgesamtkosten (siehe Tabelle 20).

Tabelle 24: Jahresgesamtkosten

		Variante 01	Variante 02	Einsparung
Jahreskapitalkosten	€/a	0	3.383	-3.383
Betriebskosten	€/a	30.720	10.000	20.720
Jahresgesamtkosten	€/a	30.720	13.383	17.337

Unter den gewählten Annahmen kann von einer Kosteneinsparung von ca. 17.000 €/a ausgegangen werden. Das würde bei Investitionskosten in Höhe von ca. 50.000 € einer Amortisationszeit von drei Jahren entsprechen.

Der elektrische Energiebedarf, der Bedarf an Primärenergie sowie die Produktion an CO₂ - Emissionen, die bei den unterschiedlichen Varianten entstehen, sind in Tabelle 25 aufgezeigt und in Abbildung 8 dargestellt. In der Tabelle sind jeweils die absoluten Werte pro Jahr und die einwohnerspezifischen Werte pro Jahr für jede Variante aufgezeigt, die Abbildung zeigt nur die einwohnerspezifischen Werte.

Tabelle 25: Absolute und einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂ - Emissionen der einzelnen Varianten

		Varinate 01	Variante 02
	EW	104.652	104.652
elektrische Energie	kWh _{el} /a	2.869.045	2.869.045
	kWh _{el} /(EW*a)	27,4	27,4
Primärenergie	kWh _{Pr} /a	1.611.211	28.690
	kWh _{Pr} /(EW*a)	15,4	0,3
CO ₂ - Emission	t-CO ₂ /a	342	9
	kg-CO ₂ /(EW*a)	3,3	0,1

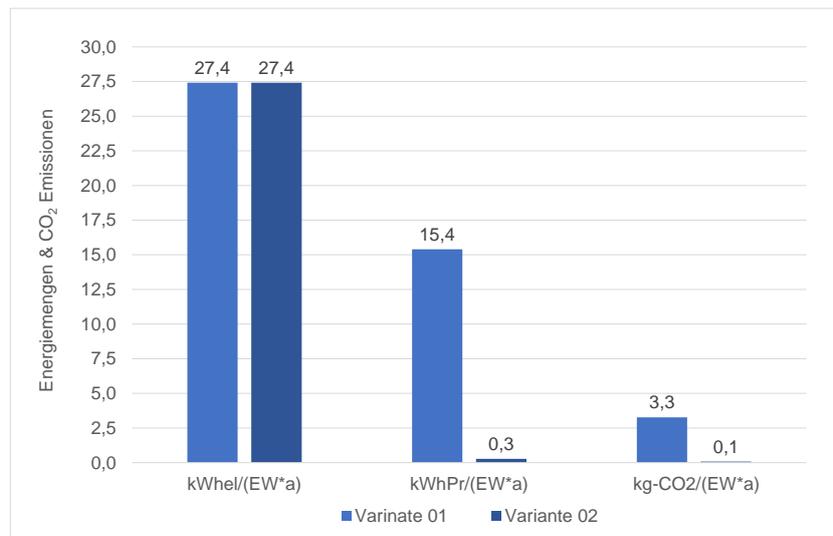


Abbildung 8: Einwohnerspezifische Werte des elektrischen Energiebedarfs, des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂ - Emissionen der einzelnen Varianten

Bei einer Anschlussleistung von 430 kW und die Einführung eines Lastmanagements kann davon ausgegangen, dass der Energieverbrauch der Kläranlage nahezu vollständig mit dem werkseigenen produzierten Strom abgedeckt werden kann und sich so der Bezug an Primärenergie und die Produktion an CO₂ - Emissionen auf nahezu 0 reduzieren. Mit der aktuell installierten BHKW - Anlage wären die Einsparungen geringer.

4 Vergleich und Priorisierung der Maßnahmen zur Energie- und CO₂ - Einsparung

Es wurden die nachstehend aufgelisteten Maßnahmen zur Energieeinsparung untersucht und wie folgt untergliedert:

kurzfristige Maßnahmen:

Maßnahme 01: Austausch einzelner Rührwerke bestimmter Beckeneinheiten der Belebungsbecken

- **Variante 01:** Weiterbetrieb der aktuell installierten Rührwerke
- **Variante 02:** Austausch der aktuell installierten Rührwerke

Maßnahme 02: Energetische Optimierung der Faulturmumwälzung

- **Variante 01:** Weiterbetrieb der aktuell installierten Faulturmumwälzung
- **Variante 02:** intermittierende Betriebsweise der Flyght Pumpen
- **Variante 03:** Faulturmumwälzung nur mit den Heizschlammumpen

mittelfristige Maßnahmen

Maßnahme 03: Reduzierung des Belebungsbeckenvolumens und des TS - Gehaltes eines weiteren Belebungsbeckens

- **Variante 01:** Weiterbetrieb mit einem Schlammalter von $t_{TS,geg} = 33$ d
- **Variante 02:** Weiterbetrieb mit einem Schlammalter von $t_{TS,erf.} = 11$ d

langfristige Maßnahmen

Maßnahme 04: Austausch der aktuell installierten BHKW gegen neue hocheffiziente BHKW's

- **Variante 01:** Weiterbetrieb der aktuell installierten BHKW
- **Variante 02:** BHKW mit einer installierten Gesamtleistung von 430 kW

Maßnahme 05: Einführung eines Lastmanagements

- **Variante 01:** Faulung mit Faulgasverstromung und Oberflächenbelüftung
- **Variante 02:** Faulung mit Faulgasverstromung und Druckbelüftung

Die Varianten der einzelnen Maßnahmen wurden in den nachstehenden Tabellen verglichen und nach der Priorität zur Umsetzung wie folgt farblich kodiert:

-  Priorität hoch
-  Priorität mittel
-  Priorität gering

Der Vergleich der Maßnahmen erfolgt über eine Nutzwertanalyse. Zu diesem Zweck wurden Bewertungskriterien festgelegt, anhand derer die Entscheidung zur Umsetzung der Maßnahmen getroffen werden kann. Jedem Bewertungskriterium wurde ein Prozentsatz zugeordnet, der die Wichtigkeit des Kriteriums belegt. Die Summe der Einzelgewichtungen ergibt 100%. Die einzelnen Kriterien werden mit Punkten bewertet. Um hier eine Eindeutigkeit sicherzustellen, wurde der Bewertungsmaßstab genau definiert. Pro Variante und Bewertungskriterium wurden Punkte von 1 bis 10 vergeben, wobei „am besten“ mit 10 und „am schlechtesten“ mit 1 bewertet wurde. Diese Punkte wurden dann mit der entsprechenden Kriterienwichtung multipliziert und für die jeweilige Variante aufsummiert.

Maßnahme 01: Austausch einzelner Rührwerke bestimmter Beckeneinheiten der Belebungsbecken

- **Priorität:** ●

In Tabelle 26 ist der Variantenvergleich für den Weiterbetrieb bzw. für den Austausch einzelner Rührwerke bestimmter Beckeneinheiten der Belebungsbecken über die Nutzwertanalyse dargestellt. In Tabelle 27 sind die absoluten Werte für die Bewertungskriterien dargestellt.

Tabelle 26: Variantenvergleich der Maßnahme 01 mit der Nutzwertanalyse

	Wichtung	Variante 01	Variante 02
Investitionskosten	30	10	9
Betriebskosten	20	1	10
Einfluss der Baumaßnahme auf den KA Betrieb	10	10	9
elektrischer Energiebedarf	20	1	10
Primärenergiebedarf	5	1	10
CO ₂ Produktion	10	1	10
CO ₂ Produktion durch die Baumaßnahme	5	10	9
Ergebnis	-	505	955

Tabelle 27: Variantenvergleich der Maßnahme 01 mit absoluten Werten

		Variante 01	Variante 02
angeschlossene Einwohner	EW	105.000	105.000
Investitionskosten	€ netto	0	22.000
Betriebskosten	€ netto/a	23.275	9.610
Einfluss der Baumaßnahme auf den KA Betrieb	-	kein	gering
elektrischer Energiebedarf	kWh _{el} /(EW*a)	0,9	0,3
Primärenergiebedarf	kWh _{Pr} /(EW*a)	1,7	0,7
CO ₂ Produktion	kg-CO ₂ /(EW*a)	37,2	14,4
CO ₂ Produktion durch die Baumaßnahme	-	kein	gering

Als Ergebnis der Nutzwertanalyse kann der Tabelle 26 entnommen werden, dass die Variante 02 - Austausch der aktuell installierten Rührwerke - mit 450 Punkten besser abschneidet als die Variante 01 - Weiterbetrieb der aktuell installierten Rührwerke. Die Umsetzung der Maßnahme wird mit der Priorität „hoch“ bewertet, da sowohl die Investitionskosten als auch der Aufwand für den Austausch der Rührwerke gering sind.

Maßnahme 02: Energetische Optimierung der Faulturmumwälzung

- Priorität: ●

In Tabelle 28 ist der Variantenvergleich zur Energetischen Optimierung der Faulturmumwälzung über die Nutzwertanalyse dargestellt. In Tabelle 29 sind die absoluten Werte für die Bewertungskriterien dargestellt.

Tabelle 28: Variantenvergleich der Maßnahme 02 mit der Nutzwertanalyse

	Wichtung	Variante 01	Variante 02	Variante 03
Investitionskosten	30	10	10	9
Betriebskosten	20	1	6	10
Einfluss der Baumaßnahme auf den KA Betrieb	10	10	10	9
elektrischer Energiebedarf	20	1	6	10
Primärenergiebedarf	5	1	6	10
CO ₂ Produktion	10	1	6	10
CO ₂ Produktion durch die Baumaßnahme	5	10	10	9
Ergebnis	-	505	780	955

Tabelle 29: Variantenvergleich der Maßnahme 02 mit absoluten Werten

		Variante 01	Variante 02	Variante 03
angeschlossene Einwohner	EW	105.000	105.000	105.000
Investitionskosten	€ netto	0	0	10.000
Betriebskosten	€ netto/a	73.584	42.679	11.773
Einfluss der Baumaßnahme auf den KA Betrieb	-	kein	kein	gering
elektrischer Energiebedarf	kWh _{el} /(EW*a)	2,9	1,7	0,5
Primärenergiebedarf	kWh _{Pr} /(EW*a)	5,6	3,2	0,9
CO ₂ Produktion	kg-CO ₂ /(EW*a)	1,2	0,7	0,2
CO ₂ Produktion durch die Baumaßnahme	-	kein	kein	gering

Als Ergebnis der Nutzwertanalyse kann der Tabelle 28 entnommen werden, dass die Varianten 02 und 03 mit 275 und 450 Punkten im Vergleich zur bestehenden Variante 01 besser abschneiden. Aufgrund der hohen Betriebskosteneinsparungen sowie der hohen Einsparungen an Elektroenergie und CO₂ - Emissionen sowie des geringen Aufwandes für die Umsetzung, wird die Maßnahme mit der Priorität „hoch“ bewertet.

Maßnahme 03: Reduzierung des Belebungsbeckenvolumens und des TS - Gehaltes eines weiteren Belebungsbeckens

- Priorität ●

In Tabelle 30 ist der Variantenvergleich für die Beibehaltung bzw. Reduzierung des Belebungsbeckenvolumens über die Nutzwertanalyse dargestellt. In Tabelle 31 sind die absoluten Werte für die Bewertungskriterien dargestellt.

Tabelle 30: Variantenvergleich der Maßnahme 03 mit der Nutzwertanalyse

	Wichtung	Variante 01	Variante 02
Investitionskosten	30	10	10
Betriebskosten	20	1	10
Einfluss der Baumaßnahme auf den KA Betrieb	10	10	5
elektrischer Energiebedarf	20	5	10
Primärenergiebedarf	5	5	10
CO ₂ Produktion	10	5	10
CO ₂ Produktion durch die Baumaßnahme	5	10	10
Ergebnis	-	645	950

Tabelle 31: Variantenvergleich der Maßnahme 03 mit absoluten Werten

		Variante 01	Variante 02
angeschlossene Einwohner	EW	105.000	105.000
Investitionskosten	€ netto	0	0
Betriebskosten	€ netto/a	150.101	112.912
Einfluss der Baumaßnahme auf den KA Betrieb	-	kein	kein
elektrischer Energiebedarf	kWh _{el} /(EW*a)	5,9	4,5
Primärenergiebedarf	kWh _{Pr} /(EW*a)	11,2	8,5
CO ₂ Produktion	kg-CO ₂ /(EW*a)	2,4	1,8
CO ₂ Produktion durch die Baumaßnahme	-	kein	kein

Als Ergebnis der Nutzwertanalyse kann der Tabelle 30 entnommen werden, dass mit 305 Punkten die Variante 02 im Vergleich zu der Variante 01 am besten abschneidet. Die Maßnahme wird einer „mittleren“ Priorität zugeordnet, da mit der Reduzierung des Belebungsbeckenvolumens das Schlammalter sinkt und somit der Schlamm steigt. Dieser zusätzlich anfallende Schlamm müsste in der Schlammbehandlung zusätzlich behandelt und entwässert werden. Die Energiemehrkosten, die bei der Behandlung des Schlammes zusätzlich entstehen, müssten anhand Versuchen geprüft werden und gegenüber den Einsparungen der Belüftungs- und Umwälzenergie gegenübergestellt werden.

Maßnahme 04: Austausch der aktuell installierten BHKW gegen neue hocheffiziente BHKW

- Priorität: 

In Tabelle 32 ist der Variantenvergleich für das Weiterbetreiben der aktuell installierten BHKW oder bei Austausch gegen neue BHKW über die Nutzwertanalyse dargestellt. In Tabelle 33 sind die absoluten Werte für die Bewertungskriterien dargestellt.

Tabelle 32: Variantenvergleich der Maßnahme 04 mit der Nutzwertanalyse

	Wichtung	Variante 01	Variante 02
Investitionskosten	30	10	1
Betriebskosten	20	1	10
Einfluss der Baumaßnahme auf den KA Betrieb	10	10	1
elektrischer Energiebedarf	20	10	10
Primärenergiebedarf	5	1	10
CO ₂ Produktion	10	1	10
CO ₂ Produktion durch die Baumaßnahme	5	10	1
Ergebnis	-	685	595

Tabelle 33: Variantenvergleich der Maßnahme 04 mit absoluten Werten

		Variante 01	Variante 02
angeschlossene Einwohner	EW	105.000	105.000
Investitionskosten	€ netto	0	500.000
Betriebskosten	€ netto/a	200.917	30.374
Einfluss der Baumaßnahme auf den KA Betrieb	-	kein	hoch
elektrischer Energiebedarf	kWh _{el} /(EW*a)	27,4	27,4
Primärenergiebedarf	kWh _{Pr} /(EW*a)	15,4	2,6
CO ₂ Produktion	kg-CO ₂ /(EW*a)	3,3	0,6
CO ₂ Produktion durch die Baumaßnahme	-	kein	hoch

Als Ergebnis der Nutzwertanalyse kann der Tabelle 32 entnommen werden, dass die aktuell installierten BHKW (Variante 01) um 110 Punkte besser abschneidet als der Austausch dieser (Variante 02). Dies ist aber in den Investitionskosten von 500.000 € begründet. Abgesehen von den hohen Investitionskosten, ist mit dem Umbau der BHKW Anlage eine Kosteneinsparung von ca. 65.000 €/a zu erwarten, weshalb sich Investitionskosten nach ca. 8 Jahren amortisiert hätten. Mit dem Umbau könnten ca. 75 % der Primärenergie und der CO₂ - Emissionen eingespart werden.

Maßnahme 05: Einführung eines Lastmanagements

- Priorität: ●

In Tabelle 34 ist der Variantenvergleich für das Weiterbetreiben der aktuell installierten BHKW oder bei Austausch gegen neue BHKW über die Nutzwertanalyse dargestellt. In Tabelle 35 sind die absoluten Werte für die Bewertungskriterien dargestellt.

Tabelle 34: Variantenvergleich der Maßnahme 05 mit der Nutzwertanalyse

	Wichtung	Variante 01	Variante 02
Investitionskosten	30	10	1
Betriebskosten	20	1	10
Einfluss der Baumaßnahme auf den KA Betrieb	10	10	9
elektrischer Energiebedarf	20	10	10
Primärenergiebedarf	5	1	10
CO ₂ Produktion	10	1	10
CO ₂ Produktion durch die Baumaßnahme	5	10	9
Ergebnis	-	685	715

Tabelle 35: Variantenvergleich der Maßnahme 05 mit absoluten Werten

		Variante 01	Variante 02
angeschlossene Einwohner	EW	105.000	105.000
Investitionskosten	€ netto	0	50.000
Betriebskosten	€ netto/a	30.720	10.000
Einfluss der Baumaßnahme auf den KA Betrieb	-	kein	gering
elektrischer Energiebedarf	kWh _{el} /(EW*a)	27,4	27,4
Primärenergiebedarf	kWh _{pr} /(EW*a)	15,4	0,3
CO ₂ Produktion	kg-CO ₂ /(EW*a)	3,3	0,1
CO ₂ Produktion durch die Baumaßnahme	-	kein	gering

Aus den beiden Tabellen geht hervor, dass sich eine Betriebsweise mit Lastmanagement gegenüber einer Betriebsweise ohne Lastmanagement, positiv darstellt. Es wird angenommen, dass sich die Investitionskosten von ca. 50.000 €/a in ca. 3 Jahren amortisiert haben. Mit der Einführung eines Lastmanagements und einer BHKW – Anschlussleistung von 430 kW könnte nahezu die gesamte Primärenergie und die CO₂ - Emissionen eingespart werden können.

5 Zusammenfassung

In dem zweiten Bericht wurden Maßnahmen zur Optimierung der Energieeffizienz und Einsparung an CO₂ - Emissionen der Kläranlagen herausgearbeitet, die in diesem Bericht in kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen für die Umsetzung eingeteilt wurden. Für jede Maßnahme wurde eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt und die Einsparung an Energie- und CO₂ - Emissionen den der Kosteneinsparung gegenübergestellt. Der Variantenvergleich der einzelnen Maßnahmen erfolgte über eine Nutzwertanalyse, anhand festgelegter Bewertungskriterien. Anhand dieses Ergebnisses wurde die Priorisierung der Maßnahmen abgeleitet.

Von den herausgearbeiteten Maßnahmen zur Einsparung von Energie und CO₂ - Emissionen wurden folgende als **kurzfristigen Maßnahmen** zugeordnet:

- **Maßnahme 01:** Austausch einzelner Rührwerke bestimmter Beckeneinheiten der Belebungsbecken
- **Maßnahme 02:** Energetische Optimierung der Faulturmumwälzung

Als **mittelfristige Maßnahme** wurde zugeordnet:

- **Maßnahme 03:** Reduzierung des Belebungsbeckenvolumens und des TS - Gehaltes eines weiteren Belebungsbeckens

Als **langfristige Maßnahme** wurde zugeordnet:

- **Maßnahme 04:** Austausch der aktuell installierten BHKW gegen neue hocheffiziente BHKW's
- **Maßnahme 05:** Einführung eines Lastmanagements

Als Ergebnis wurden den einzelnen Maßnahmen folgende Prioritäten zur Umsetzung zugeordnet:

- **Priorität hoch:** **Maßnahme 01, 02, 04 und 05**
- **Priorität mittel:** **Maßnahme 03**
- **Priorität gering:** **keine**

Durch den Austausch der drei Rührwerke und den damit verbundenen verminderten Energieverbrauch ist eine Kosteneinsparung von knapp 12.000 €/a zu erwarten. Bei Investitionskosten in Höhe von 22.000 €, würde das einer Amortisationszeit von zwei Jahren entsprechen. Mit dem Wechsel der Rührwerke ist eine Reduzierung des elektrischen Energiebedarfs um ca. 57.000 kWh_{el}/a bzw. knapp 0,6 kWh_{el}/(EW*a) zu erwarten und sogar um das Doppelte der Primärenergie. Insgesamt können bei einem Austausch der drei Rührwerke ca. 23 t-CO₂/a bzw. 0,2 kg-CO₂/(EW*a) eingespart werden.

Eine Reduzierung der Laufzeiten oder eine Außerbetriebnahme der außenliegenden Umwälzung (Flyght Pumpen) verursachen wenig bis gar keine Investitionskosten, weshalb der Aufwand zur Prüfung bzw. Umsetzung der Maßnahme sehr gering ist. Mit den vorgeschlagenen Varianten könnten bis zu ca. 60.000 €/a für den Bezug an Energie aus dem Stromnetz eingespart werden. Mit Reduzierung der Laufzeit der außenliegenden Umwälzung können ca. 130.000 kWh_{el}/a bzw. knapp 1,2 kWh_{el}/(EW*a) eingespart werden. Das entspricht 40 % des aktuellen Energieverbrauchs der Umwälzung. Bei Außerbetriebnahme der außenliegenden Umwälzung könnten sogar Einsparpotentiale von ca. 85 % erreicht werden. Mit der Variante 02 könnten CO₂ - Emissionen in Höhe von ca. 50 t/a und bei Variante 03 in Höhe von 100 t/a eingespart werden.

Mit der Außerbetriebnahme eines Belebungsbeckens und Reduzierung des TS - Gehaltes eines weiteren Belebungsbeckens ist eine Einsparung von ca. 37.000 €/a zu erwarten. Da aufgrund der Reduzierung des Schlammalters mehr Überschussschlamm in der Belebung anfällt, muss dieser zusätzlich behandelt werden. Die zusätzlichen Strombezugskosten, die durch die zusätzliche Behandlung des Schlammes anfallen, muss der Kosteneinsparung bei Reduzierung des Schlammalters auf 11 d gegenübergestellt werden. Mit der Reduzierung des Schlammalters von 33 auf 11 d würden ca. 145.000 kWh_{el}/a bzw. knapp 1,4 kWh_{el}/(EW*a) eingespart werden können. Das entspricht einer Primärenergie von knapp 280.000 kWh_{Pr}/a bzw. 2,6 kWh_{Pr}/(EW*a). Die CO₂ - Produktion würde sich um ca. 58 t-CO₂/a bzw. 0,6 kg-CO₂/(EW*a) verringern.

Trotz angenommener Investitionskosten von ca. 500.000 € und Berücksichtigung zusätzlicher Kosten durch die EEG - Umlage von ca. 70.000 €/a, würde die Einsparung des Stromverbrauches eine Reduzierung der Jahresgesamtkosten um ca. 65.000 € ermöglichen. Das würde einer Amortisationszeit von knapp 8 Jahren entsprechen. Mit dem Austausch der aktuell installierten BHKW gegen neue hocheffiziente BHKW kann der Primärenergieverbrauch von 15,4 auf 2,6 kWh_{el}/(EW*a) verringert werden. Das entspricht einer Primärenergieeinsparung von knapp 1,4 Mio. kWh_{Pr}/a bzw. 12,8 kWh_{Pr}/(EW*a). Die CO₂ - Produktion würde sich um ca. 280 t-CO₂/a bzw. 2,7 kg-CO₂/(EW*a) verringern.

Unter den gewählten Annahmen kann von einer Kosteneinsparung von ca. 17.000 €/a ausgegangen werden. Das würde bei Investitionskosten in Höhe von ca. 50.000 € einer Amortisationszeit von drei Jahren entsprechen. Bei einer Anschlussleistung von 430 kW und die Einführung eines Lastmanagements kann davon ausgegangen, dass der Energieverbrauch der Kläranlage nahezu vollständig mit dem werkseigenen produzierten Strom abgedeckt werden kann und sich so der Bezug an Primärenergie und die Produktion an CO₂ - Emissionen auf nahezu 0 reduzieren. Mit der aktuell installierten BHKW - Anlage wären die Einsparungen geringer.

Dorf Mecklenburg, den 09.03.2021

Paul Skiba