

Potenzialstudie Abwasserbehandlungsanlage

KA Bitburg-Ost

der Stadtwerke Bitburg Abwasserbeseitigung

Erstellung:

Dokument: Potenzialstudie
Anlage: 5 Kläranlagen und 2 Pumpwerke
Auftragnehmer: BITControl
BITControl GmbH
Auf dem Sauerfeld 20
54636 Nattenheim
Ersteller: Dipl. Ing. Brigitte Jegen
Dipl.-Ing. Norbert Meyer
Erstelldatum: 30.10.2020
Version: 08
Auftraggeber: Stadtwerke Bitburg
Abwasserbeseitigung
(kurz: SW Bitburg)
Denkmalstraße 6
54634 Bitburg

Inhaltsverzeichnis

1	KURZBESCHREIBUNG	5
2	BESTANDSAUFNAHME	7
2.1	Bestandssituation Kläranlage	7
	Einzugsbereich	8
	Kläranlagen-Historie	8
2.1.1	Reinigungsverfahren	8
2.1.2	Schlammbehandlung	9
2.1.3	Automatisierungstechnik	9
2.1.4	Sanierungsbedarf E- und M-Technik	10
2.1.5	Lokale Rahmenbedingungen	10
	Einzugsbereich	10
2.1.6	Energieerzeugungsanlagen	10
	BHKW	10
	Photovoltaik	10
2.1.7	Messtechnik	11
2.1.8	Personalsituation	12
2.1.9	Analyse Energieverbrauch	12
	Spezifischer Gesamtstromverbrauch e_{ges}	12
	Energie- und Treibhausbilanz	13
	Zusammenstellung Energieverbraucher	14
	Wärmeverbrauch	18
	Treibhausbilanz	18
2.1.10	Bewertung und Kennzahlen	19
	Gesamtstromverbrauch	19
	Stromverbrauch der Belüftung	20
	Spezifischer Stromverbrauch e_{PW} des RLS-Pumpwerkes	20
	Faulgasanfall $e_{FG,1}$	21
	Grad der Faulgasumwandlung N_{FG} in %	22
	Verbrauchte und erzeugte Energie	22
3	POTENZIALANALYSE	23
3.1	Potentialanalyse Kläranlage	23
3.1.1	Energieeffizienzpotenziale	23
	Kurzfristige Potentiale	23
	Mittel- und langfristig	24
3.1.2	Definition von Einspar- und Versorgungszielen	24
3.1.3	Strategie zur Umsetzung	24
	Kurzfristig	25
	mittelfristig	25
	Langfristig	25

Zusammenfassung	25
4 OPTIMIERUNGSMABNAHMEN	27
4.1 Optimierungsmaßnahmen Kläranlage	27
4.1.1 Ziele der Potenzialstudie	27
4.1.2 Retrospektive – Übersicht	27
4.1.3 Maßnahmen	27
4.2 Umsetzungsfahrplan	28
4.3 Indikatoren für die Erfolgskontrolle	29
4.4 Vorplanung kurzfristige Maßnahmen	29
4.4.1 Verfahrenstechnik	29
Optimierung der EMSR und NSHV	29
Mess- und Regelungstechnik Belüftung und Rezirkulation	29
Schaltanlagen	30
Anlagentechnik	30
Erneuerung der Belüftung	31
4.4.2 Rücklaufschlammwerk	32
Ausrüstung	32
Mess- und Regelungstechnik	32
Schaltanlagen	32
4.4.3 Sandfangbelüftung	32
4.4.4 Umwälzpumpen Faulturm	32
4.4.5 Lastmanagement	33
4.4.6 Elektrotechnik	33
4.5 Kosten	34
5 ANHANG	36
5.1 Modernisierung Motoren	36
5.2 Klärtechnische Berechnung Bitburg-Ost	37
5.2.1 Grunddaten	37
Abwasserzufluss	37
Abwasserverschmutzung	37
5.2.2 Vorklärung	38
5.2.3 Interne Rückbelastung	39
Berechnen der Trübwassermengen	39
Konzentrationen und Frachten	40
5.2.4 Gewähltes Verfahren	40
5.2.5 Biologische Stufe	41
Dimensionierung der Belebung	42
Ergebnis der Bemessung	44
Sauerstoffbedarf / Kombinierte Denitrifikation	47
Notwendige Luftmenge	51
Technische Ausrüstung	52

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 4 von 68
	1 Kurzbeschreibung	Version: 08

5.2.6	Phosphatelimination.....	53
	Erforderliche tägliche Fällmittelmenge	54
	Überschussschlammanfall aufgrund der Phosphatelimination	54
5.2.7	Horizontal durchströmtes Nachklärbecken	55
	Berechnung der Oberfläche	55
	Berechnung der Wassertiefe	56
	Technische Ausrüstung	57
5.2.8	Rücklaufschlammumpwerk	58
5.2.9	Überschussschlamm	58
5.3	Belastung Bitburg-Ost	59
5.4	Kostenschätzung Modernisierung Elektrotechnik.....	64

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 5 von 68
	1 Kurzbeschreibung	Version: 08

1 Kurzbeschreibung

Die Kläranlage Bitburg-Ost liegt im Osten der Stadt Bitburg, neben dem Stadion und in unmittelbarer Nähe zur Wohnbebauung. Die Anlage wurde 1976 in Betrieb genommen.

Der Zugang zum Betriebsgelände erfolgt über die Albachstraße.

In der KA Bitburg-Ost wird häusliches und gewerbliches Schmutzwasser aus einem Teilbereich der Stadt Bitburg gereinigt und anschließend in den Albach (Gewässer III.Ordnung) eingeleitet. Das Abwasser wird der Kläranlage im Misch- und teilweise im Trennsystem zugeführt.

Die Kläranlage ist für 25.000 EW bemessen und aktuell im Mittel mit 13.115 E belastet.

Aus den Betriebsberichten ergibt sich für 2019 ein Gesamtstromverbrauch von 440.115 kWh/a. Das entspricht einem spezifischen Verbrauch von 33,6 kWh/E/a.

Davon wurden durch ein BHKW 397.304 kWh/a erzeugt. 31.536 kWh/a wurden eingespeist und werden von der Erzeugung abgezogen.

Es ergibt sich eine Deckungsquote eigen erzeugter elektrischer Energie von 83,1 %.

Unter Berücksichtigung der Eigenerzeugung ergibt sich damit ein **spezifischer Strombezug inkl. lokal umgewandelter Energie von 5,7 kWh/E/a.**

Es ist vorgesehen, durch die Optimierung der gesamten verfahrenstechnischen Betriebssituation unter Einbeziehung der biologischen Stufe, den Austausch verschiedener Motoren, Pumpen, Gebläse und Rührwerke, die Größenanpassung des BHKW sowie ein Lastmanagement, den Energiebedarf um 90.287 kWh/a bzw. 6,9 kWh/E/a zu senken. Dadurch wird die Anlage energieneutral. **Die Eigenerzeugungsrate liegt dann bei 100 %.**

Vorraussetzung für alle verfahrenstechnischen und maschinentechnischen Maßnahmen ist eine vorherige umfängliche Modernisierung der NSHV und EMSR-Technik.

Auf dem Gelände befindet sich eine Photovoltaikanlage. Die Photovoltaik speist derzeit noch direkt in das Versorgungsnetz ein. Nach Auslauf der Förderung soll die Energie der Photovoltaik für die Kläranlage genutzt werden.

Wärme in Form von Heizöl musste nur für eine Außerbetriebnahmephase des Faulturmes zugekauft werden. **Im Regelbetrieb muss keine Wärme bezogen werden.**

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 6 von 68
	1 Kurzbeschreibung	Version: 08

Es ist geplant, Fördermittel für die folgenden Maßnahmen und Aufwendungen zu beantragen:

	Invest netto	Einsparung
Verfahrenstechnik (2.13.5)	105.439 Euro	1,6 kWh/E/a
Erneuerung der Belüftung (2.13.2)	152.958 Euro	1,6 kWh/E/a
Erneuerung von Pumpen und Motoren	177.287 Euro	1,8 kWh/E/a
Last-/Energiemanagement (2.2)	84.400 Euro	1,9 kWh/E/a
Hocheffiziente Außenbeleuchtung (2.8)	16.400 Euro	
Erneuerung BHKW	215.000 Euro	
<hr/>		
Gesamt netto	751.484 Euro	6,9 kWh/E/a
Planungskosten (LP8)	50.000 Euro	
Gesamt netto mit Planungskosten	801.484 Euro	
<hr/>		
Gesamt brutto (19%) mit Planungskosten	953.765,96 Euro	

2 Bestandsaufnahme



Abb. 1: Luftbild Kläranlage (geoportal)

2.1 Bestandssituation Kläranlage

Folgende Belastungswerte ergeben sich aus den Auswertungen der Betriebstagebücher für 2019.

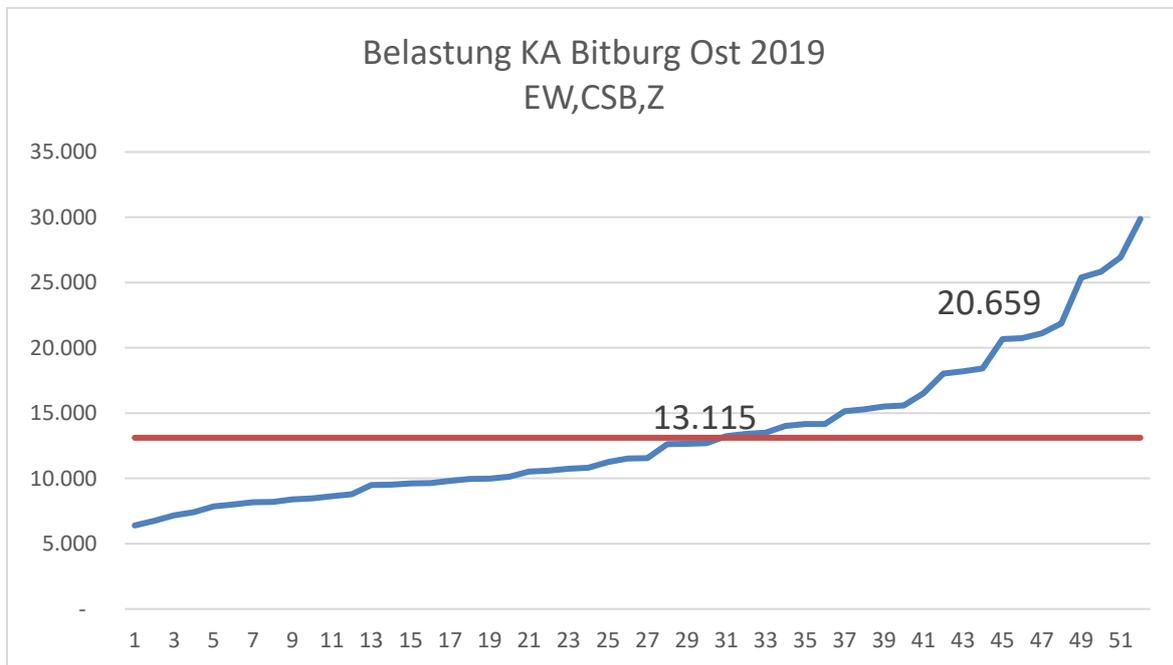


Abb. 2: Kläranlage Bitburg-Ost, alle Analysedaten 2019 für den CSB

Die x-Achse zeigt die Numerierung der Werte, sortiert nach Größe.

Bemessungsgröße	85%-Percentil	EW,CSB,85	20.659 E
Mittelwert	EW,CSB,MW	13.115E	(63 %)

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 8 von 68
	2 Bestandsaufnahme	Version: 08

EWCSB,Z Einwohnerwert, bezogen auf den CSB im Zulauf
85%-Perzentil der an 85% der Tage unterschrittene Wert
Mittelwert Mittelwert aller betrachteten Werte

Die Kläranlage Bitburg-Ost liegt im Osten der Stadt Bitburg, neben dem Stadion und in unmittelbarer Nähe zur Wohnbebauung.

Der Zugang zum Betriebsgelände erfolgt über die Albachstraße.

Einzugsbereich

In der KA Bitburg-Ost wird häusliches und gewerbliches Schmutzwasser aus einem Teilbereich der Stadt Bitburg gereinigt und anschließend in den Albach (Gewässer III.Ordnung) eingeleitet.

Das Abwasser wird der Kläranlage im Misch- und teilweise im Trennsystem zugeführt.

Kläranlagen-Historie

Die KA Bitburg-Ost wurde 1976 in Betrieb genommen. Sie ist ursprünglich für die Abwasserreinigung der Stadt und der Brauerei konzipiert. Die Abwässer der Brauerei werden seit Beginn der 90er Jahre in einer eigenen anaeroben Kläranlage gereinigt, so dass die kommunale Kläranlage nicht mehr entsprechend der Ausbaugröße belastet ist.

1993 wurde die Anlage um die 3. Reinigungsstufe erweitert.

2010 wurden unter Berücksichtigung der Pilotversuche eine Co-Substrat-Annahmestation (Erdunker, unbeheizt) mit 35m³ Fassungsvermögen sowie ein Blockheizkraftwerk errichtet. Das BHKW ging zum Jahreswechsel 2010/2011 in Betrieb. Als Co-Substrate werden Fette, Milch sowie Enteisungswasser eines Flugplatzes (CSB-Mittel ca. 140.000 mg/l) verwandt.

Eine Lastmanagementsoftware erlaubt seit 2019 die stets aktuelle Erfassung der Belastung und wichtiger Kennwerte gemäß DWA-A 216.

2.1.1 Reinigungsverfahren

Die Kläranlage Bitburg-Ost ist eine mechanisch biologische Kläranlage mit separater anaerober Schlammstabilisierung.

In einem Feinrechen mit einer Spaltweite von 3 mm wird das Abwasser von Grob- und Störstoffen gereinigt.

Im Sand- und Fettfang werden mineralische Stoffe und spezifisch leichte Stoffe entfernt. Maßgeblicher Energieverbraucher ist hier die kontinuierlich laufende Sandfangbelüftung.

Im Vorklärbecken werden ungelöste organische Stoffe abgeschieden. Die Vorklärung ist mit einer Aufenthaltszeit von ca. 3 Stunden im Trockenwetterfall sehr groß.

Im Belebungsbecken findet die biologische Reinigung statt. Die Belüftung, Umwälzung und Rezirkulation sind die Hauptenergieverbraucher der Kläranlage.

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 9 von 68
	2 Bestandsaufnahme	Version: 08

Im Nachklärbecken werden Abwasser- und Belebtschlamm getrennt. Das gereinigte Abwasser wird über die Ablaufmessung dem Gewässer zugeführt.

Der abgesetzte Belebtschlamm fließt zum Rücklaufschlammumpwerk und wird vor das Belebungsbecken gepumpt.

Um einen niedrigen Phosphatablaufwert sicher zu stellen wird ein Fällmittel zudosiert.

2.1.2 Schlammbehandlung

Primärschlamm wird aus der Vorklärung abgezogen und dem Faulturm zugeführt.

Überschussschlamm wird mittels Überschussschlammumpen aus dem Rücklaufschlammumpwerk abgezogen und in die Vorklärung gepumpt und hier mit dem Primärschlamm abgezogen.

Der eingedickte Schlamm gelangt über den Umwälzkreislauf in die Faultürme und wird hier mesophil anaerob stabilisiert.

Der ausgefaulte Schlamm wird in einem Dekanter entwässert und anschließend in einer teilweise überdachten Deponie zwischengelagert.

Der Schlamm wird zurzeit in die Landwirtschaft entsorgt. Es wurde mit anderen Betreibern bereits ein Schlammentsorgungskonzept mit einer lokalen Monoverbrennung entwickelt.

Das im Faulturm entstehende Gas wird in einem kleinen Gasspeicher (30 m³) zwischengespeichert und in einem BHKW verstromt. Der Strom wird überwiegend auf der Kläranlage verbraucht. Die Wärme dient vorwiegend zur Beheizung des Faulturmes und zur Beheizung von Betriebsräumen.

Es wurden im Betrachtungszeitraum 233.965 m³ an Faulgas produziert. Das entspricht 67 l/E/d. Der hohe Wert resultiert aus der Co-Vergärung.

Die Wärme aus dem BHKW reicht fast aus, um den gesamten Wärmebedarf der Kläranlage zu decken. Es mussten ca. 2.000 l Heizöl zugekauft werden. Das entspricht bei einer Heizleistung von 10 kWh/l einer Wärmemenge von 20.000 kWh/a.

Die Eigenerzeugungsrate an Wärme beträgt damit 82,1 %.

2.1.3 Automatisierungstechnik

Eine zentrale Steuerung bindet mehrere dezentrale Steuerungen für einige Verfahrensstufen sowie der Schlammentwässerung an. Die Steuerungen sind mit der Leitzentrale über ein rudimentäres Bussystem verbunden. In der zentralen Leitwarte laufen alle Betriebsmeldungen, Messwerte und Störmeldungen auf und können zentral verwaltet und ausgewertet werden.

Die Automatisierungstechnik ist veraltet, sodass in der Vergangenheit Kommunikationsfehler auftraten. Das Netzwerk ist ausgelastet, zeitweise sogar überlastet. Für jegliche Modernisierungsmaßnahmen sind auch Modernisierungen der Automatisierung erforderlich.

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 10 von 68
	2 Bestandsaufnahme	Version: 08

2.1.4 Sanierungsbedarf E- und M-Technik

Der elektrotechnische Bestand wurde begutachtet sowie eine Übersicht aufgrund der vorhandenen Schaltpläne erstellt.

Augenscheinlich befindet sich die Anlage in einem elektrotechnisch sanierungsbedürftigen Zustand. Werden die Schaltanlagen aufgrund von Modernisierungsmaßnahmen angefasst, ist es aufgrund geltender Richtlinien unumgänglich, wesentliche Teiler der elektrotechnischen Einrichtungen zu erneuern und zu vereinheitlichen.

Die Beleuchtung im Außenbereich ist mit Natrium-Dampflampen ausgestattet. Die Lampen werden mittelfristig gegen LED-Leuchten getauscht. Dazu ist auch das Beleuchtungskonzept anzupassen.

2.1.5 Lokale Rahmenbedingungen

Die Kläranlage Bitburg-Ost liegt im Osten der Stadt Bitburg, neben dem Stadion und in unmittelbarer Nähe zur Wohnbebauung.

Der Zugang zum Betriebsgelände erfolgt über die Albachstraße.

Einzugsbereich

Siehe 2.1 Bestandssituation Kläranlage

2.1.6 Energieerzeugungsanlagen

BHKW

Auf der Kläranlage wird durch ein BHKW und eine PV-Anlage Strom erzeugt und selbst verbraucht. Die Stromproduktion durch das BHKW geschieht durch Verwertung von Klärgas aus der Vergärung von Primär- und Überschussschlamm und durch Cosubstrat.

Das vorhandene BHKW hat eine elektrische Leistung von 50 kW und eine thermische Leistung von 79 kW.

Photovoltaik

Geeignete Dächer sind mit einer Photovoltaikanlage belegt. Die Anlage teilt sich auf die Fläche auf dem Betriebsgebäude mit 29,92 kWp und die Anlage auf Rechengebäude und Maschinenhalle mit 27,2 kWp auf.

Gesamtleistung 57,2 kWp

Der von der Photovoltaik produzierte Strom wird nicht auf der Kläranlage genutzt, sondern vollständig eingespeist.

2.1.7 Messtechnik

Verfahrensstufe	Messgröße
Name	Kategorie
Regenbecken	Füllstand %
Regenbecken	Füllstand %
Zulauf	Durchfluss l/s
Zulauf - vor Vorkärung	pH
Zulauf - vor Vorkärung	T
Belebung	O2
Belebung	O2
Belebung	T
Belebung	T
Fällmitteltank	Leckageüberwachung
Ablauf	Durchfluss l/s
Temperatur Ablauf	T
Fettspeicher Durchfluss	Zähler
Rücklaufschlamm	Durchfluss l/s
Überschussschlamm	Durchfluss l/s
Frischschlammbeschickung	Zähler
Frischschlammbeschickung	Niveau
Faulung	T
Faulung	T
Faulung	Niveau
Faulung	pH
Faulung	Niveau
Dekanter	Durchfluss m3/h
Trübwasser	Niveau
Trübwasser	Menge
Gasbehälter	Füllstand
Gas für Heizung	Gaserzeugung
Gas BHKW und Hzg.	Gaserzeugung
Energiezähler Wirkarbeit	
Energiezähler RWE Bezug	
RWE Bezug gesamt	Bezug
Stromverbrauch Gesamt	
Stromverbrauch SEW	
Stromverbrauch RLS-Schnecke 1+2	
Stromverbrauch Gebläse 3	
Stromverbrauch Gebläse 1	
Stromverbrauch Dekanter	
Photovoltaik 2 Gesamt	Erzeugung
Einspeisung Photovoltaikanlage	Einspeisung
BHKW Netz-Einspeisung	Einspeisung

2.1.8 Personalsituation

Werkleitung	Bernd Goeblet
Teamleitung Abwasser	Candy Ebbecke
Abwassermeister	Stephan Reuter
	Thomas Neuhaus

Es besteht ein ausgeprägtes Bewusstsein für die Rolle von Abwasserreinigungsanlagen für die CO₂-Bilanz. Anregungen zur Verbesserung des Energieverbrauches, die über die vorhandene EMSR und Infrastruktur direkt einstellbar waren, wurden sofort umgesetzt.

Das Betriebspersonal nimmt regelmäßig am Erfahrungsaustausch der Kläranlagennachbarschaften teil.

2.1.9 Analyse Energieverbrauch

Spezifischer Gesamtstromverbrauch e_{ges}

Gesamtstromverbrauch	EVU	74.344 kWh/a
	BHKW	397.304 kWh/a
	Einspeisung	- 31.536 kWh/a
Mittlere Belastung	Eges	440.093 kWh/a
	E,CSB,Z,MW	13.115 E
spezifischer Gesamtenergieverbrauch (DWA-A 216)	eges	33,6 kWh/E/a
spezifischer Gesamtenergieverbrauch inkl. lokal erzeugter Energie		5,7 kWh/E/a

Energie- und Treibhausbilanz

Energiebilanz Stufen

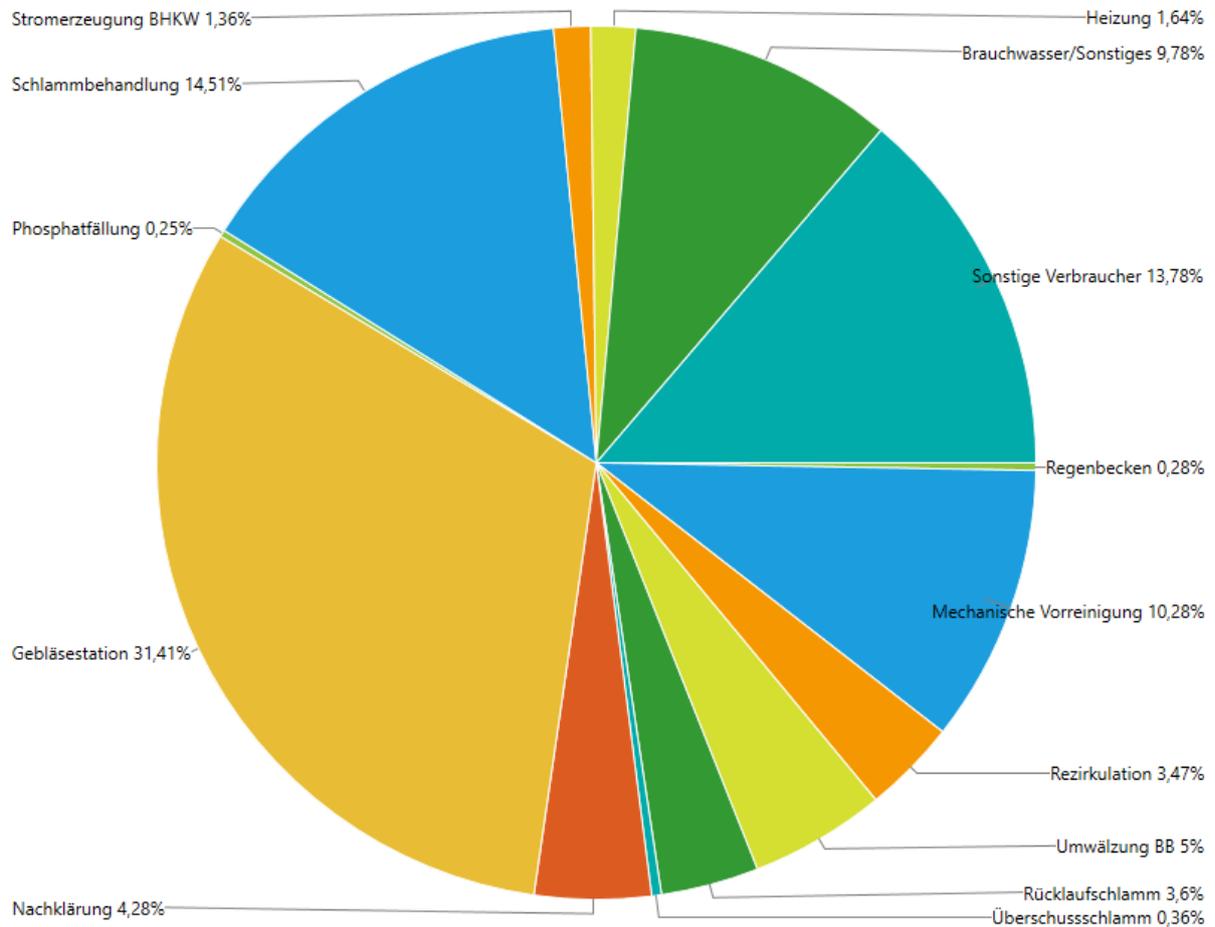


Abb. 3: Stromverbrauch Stufen anteilig %

Zusammenstellung Energieverbraucher

Stufe	Straße	Maschine	E (kWh)	Bh	Methode
Regenbecken			1.212,14		
Regenbecken		Regenwasserschnecke 1	648,08	168,33	Betriebsstunden
Regenbecken		Regenwasserschnecke 2	537,14	139,52	Betriebsstunden
Regenbecken		Regenbeckenräumer Fahrtrieb 1 und 2	26,92	96,15	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung			45.223,76		
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage		4.136,89		
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Rechengutpresse	972,23	925,93	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Rechengutwaschpresse	769,86	366,60	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Motor Abstreifwalze Filterrechen	180,93	172,32	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Motor Antrieb Filterrechen	90,47	172,32	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Antrieb Bürste Filterrechen	164,31	156,48	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Filterrechen Antrieb Waschpresse	0,00	0,00	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Druckerhöhung Huber Rechen	687,85	893,32	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Greiferrechen Antrieb Förderschnecke	0,00	0,00	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Siebrechen	1.271,23	1.210,70	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang		35.936,06		
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Sandklassierer	0,03	0,10	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Sandfangräumer	917,53	8.738,37	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Sandfangpumpe	1.466,85	952,50	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Sandfanggebläse 1	18.521,77	4.810,85	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Sandfanggebläse 2	15.029,89	3.903,87	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung		5.150,82		
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	Antrieb Räumer Vorklärbecken 1+ 2	1.061,50	3.791,07	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	VKB Räumer Querbühne	0,00	0,05	Betriebsstunden

Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	Frischschlammpumpe 1	226,45	37,62	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	Frischschlammpumpe 2	2.108,77	547,73	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	Tauchpumpe ÜSS	942,73	561,15	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	Zentratwasserpumpe	811,36	482,95	Betriebsstunden
Rezirkulation			15.284,88		
Rezirkulation		Rezirkulationspumpe 1	15.284,88	8.734,22	Betriebsstunden
Umwälzung BB			22.010,23		
Umwälzung BB		Rührwerk Kaskade 1	5.502,56	8.734,22	Betriebsstunden
Umwälzung BB		Rührwerk Kaskade 2	5.502,56	8.734,22	Betriebsstunden
Umwälzung BB		Rührwerk Kaskade 3	5.502,56	8.734,22	Betriebsstunden
Umwälzung BB		Rührwerk Kaskade 4	5.502,56	8.734,22	Betriebsstunden
Rücklaufschlamm			15.844,82		
Rücklaufschlamm		Rücklaufschlammschnecke 1+2	15.844,82	8.729,17	Leistungsmessung
Überschussschlamm			1.591,58		
Überschussschlamm		Exenterschneckenpumpe 1	57,93	37,62	Betriebsstunden
Überschussschlamm		Exenterschneckenpumpe 2	1.533,65	547,73	Betriebsstunden
Nachklärung			18.828,97		
Nachklärung		NKB Räumer Fahrtrieb	6.709,32	8.713,40	Betriebsstunden
Nachklärung		NKB Räumer Pumpe 1 Skimrinne	1,62	1,22	Betriebsstunden
Nachklärung		NKB Räumer Pumpe 2 Skimrinne	11.620,92	8.737,53	Betriebsstunden
Nachklärung		NKB Räumer Rinnenreinigungsgerät	497,11	946,88	Betriebsstunden
Gebälsestation			138.254,36		
Gebälsestation		Gebälse 1	4.015,55	104,30	Betriebsstunden
Gebälsestation		Gebälse 2	0,00	0,00	Betriebsstunden
Gebälsestation		Gebälse 3	134.238,81	6.785,52	Leistungsmessung
Phosphatfällung			1.094,57		
Phosphatfällung		Pumpe 1 PO4-Fällung	0,03	0,20	Betriebsstunden
Phosphatfällung		Pumpe 2 PO4-Fällung	1.094,55	8.686,87	Betriebsstunden

Schlammbehandlung			63.864,34		
Schlammbehandlung	Fettspeicher		223,05		
Schlammbehandlung	Fettspeicher	Fettspeicher Substratpumpe	90,30	43,00	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Fettspeicher	Krählwerk Fettbunker	66,45	527,42	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Fettspeicher	Matzerator Fettspeicher	66,30	43,05	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Faulturm		33.430,32		
Schlammbehandlung	Faulturm	Umwälzpumpe 2	33.430,32	8.683,20	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Schlammeindickung		30.210,97		
Schlammbehandlung	Schlammeindickung	Aufgabepumpe neu	63,20	37,62	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Schlammeindickung	Aufgabepumpe alt	920,19	547,73	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Schlammeindickung	Mazerator Seepex	66,30	43,05	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Schlammeindickung	Dekanter	29.161,28	8.737,53	Leistungsmessung
Stromerzeugung BHKW			5.984,16		
Stromerzeugung BHKW	BHKW		5.984,16		
Stromerzeugung BHKW	BHKW	BHKW Eigenverbrauch	5.984,16		ErsW
Heizung			7.210,84		
Heizung		Heizung Umwälzpumpe	6.224,40		ErsW
Heizung		Brenner	487,76		ErsW
Heizung		Heizung Umwälzpumpe Heizkessel	498,68		ErsW
Brauchwasser/Sonstiges			43.055,81		
Brauchwasser/Sonstiges		Kompressor Brauchwasser	0,00	0,00	Betriebsstunden
Brauchwasser/Sonstiges		Pumpe Eigenwasserversorgung	4.574,81	2.178,48	Betriebsstunden
Brauchwasser/Sonstiges		Standby	17.520,00		ErsW Standby
Brauchwasser/Sonstiges		Betrieb	6.000,60		ErsW Betrieb
Brauchwasser/Sonstiges		Beleuchtung	14.960,40		ErsW Beleuchtung
Verbrauch Maschinen			379.460,47		
Sonstige Verbraucher			60.654,33		
Verbrauch			440.114,80		

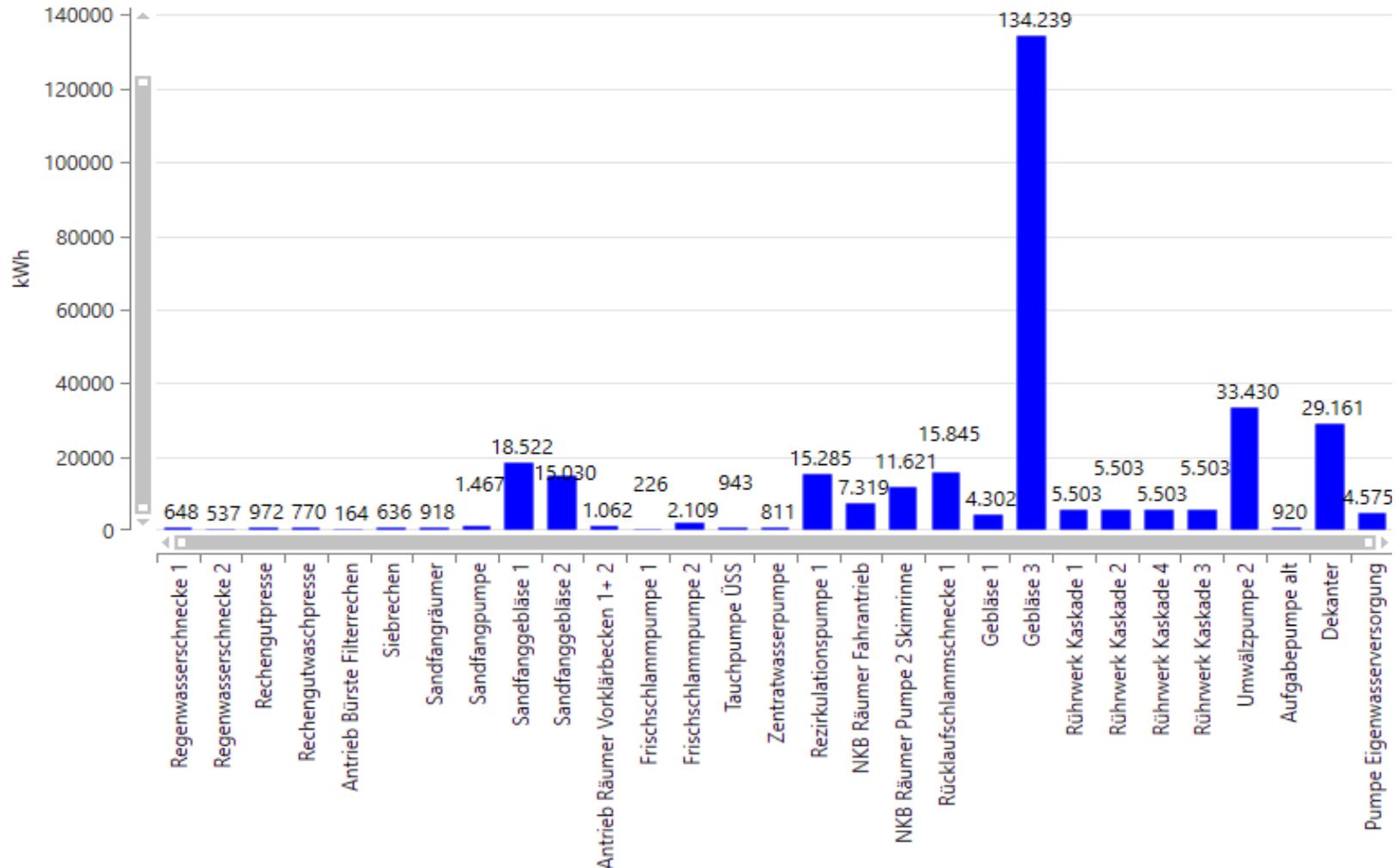


Abb. 4: Kläranlage Bitburg-Ost, Stromverbraucher mit mehr als 100 kWh/a

Wärmeverbrauch

Die Abwärme der BHKWs wird für vor allem für die Aufrechterhaltung der Prozesstemperatur im Faulturm genutzt.

Zusätzlich werden die Betriebsgebäude geheizt.

Es wurden für 2019 ca. 2.000 Liter Heizöl zugekauft. Diese Menge wurde im Zweistoffbrenner während einer Außerbetriebnahme des Faulturmes verbraucht. Im Regelbetrieb muss keine Wärme zugekauft werden.

Die Eigenerzeugungsrat an Wärme beträgt daher im Regelbetrieb 100 %.

Thermische Leistung siehe 2.1.6 Energieerzeugungsanlagen

Treibhausbilanz

Bei der Erzeugung einer Kilowattstunde Strom für den Endverbrauch ohne Berücksichtigung des Stromhandelssaldos wurden in Deutschland im Jahr 2018 durchschnittlich 474 Gramm Kohlendioxid als direkte [Emission](#) aus der Verbrennung fossiler Energieträger emittiert.

Die CO₂-Emissionen für Heizöl betragen 267 gCO₂/kWh

Strombezug	74.344,0 kWh/a
spez. CO ₂ -Produktion	474,0 gCO ₂ /kWh
CO ₂ -Abgabe Strom	35,2 to/a
Wärmebezug Heizöl	20.000,0 kWh/a
spez. CO ₂ -Produktion	267,0 gCO ₂ /kWh
CO ₂ -Abgabe Strom	5,3 to/a

Aus dem Energiebezug ergibt sich für das Jahr 2019 eine CO₂-Abgabe von 40,5 to/a.

2.1.10 Bewertung und Kennzahlen

Gesamtstromverbrauch

Eges = 440.115 kWh/a

$e_{ges} = Eges/EW_{CSB120} = 33,6 \text{ kWh}/(E \cdot a)$ nach DWA-A 216

Strombezug = 74.344 kWh/a

eges,2 = 5,7 kWh/E/a gemäß Kommunalrichtlinie

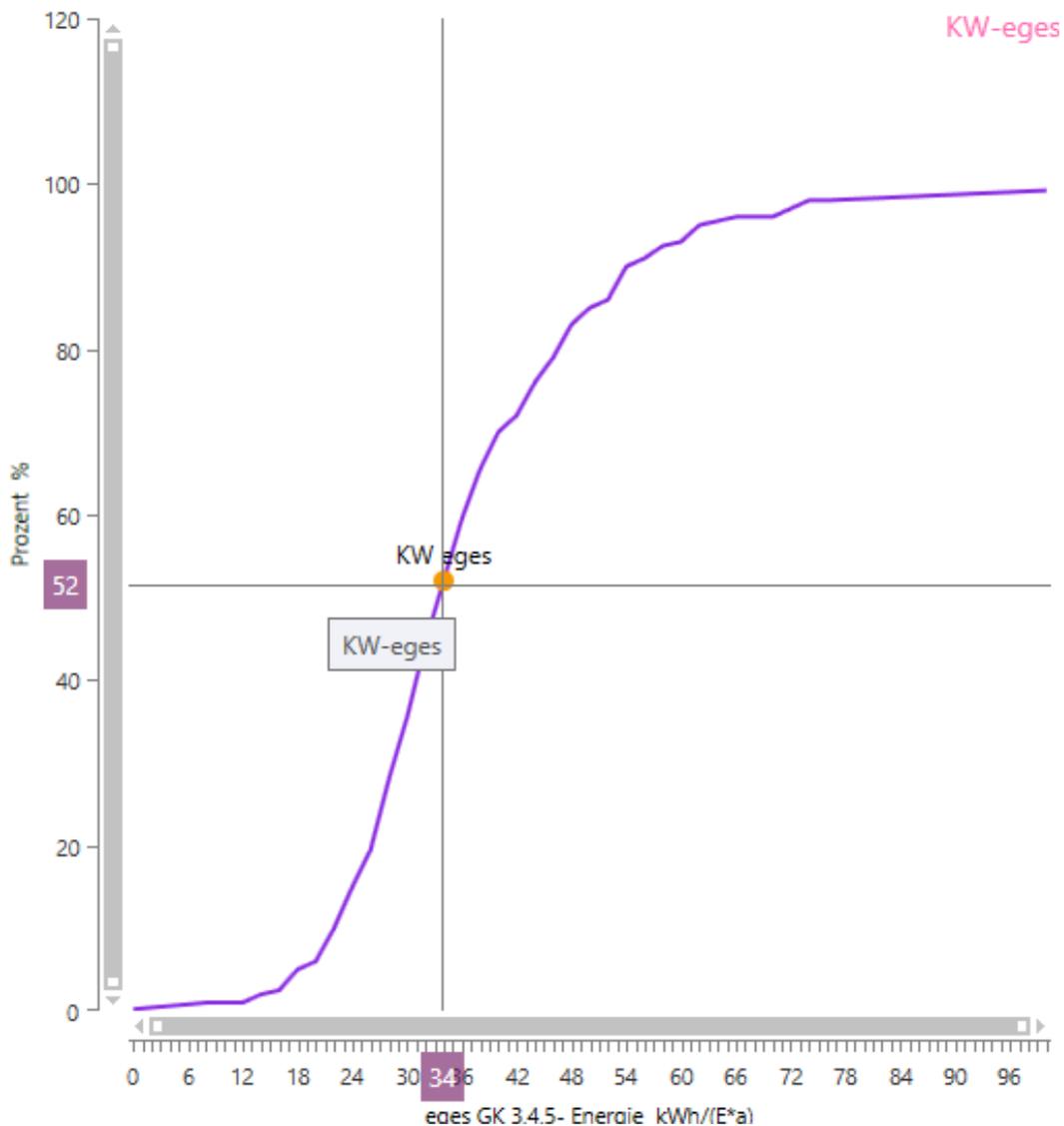


Abb. 5: Spezifischer Gesamtstromverbrauch kWh/E/a /DWA-A 216/

Ein e_{ges} von 33,6 kWh/(E*a) ist ein mittlerer Wert. 52 % der statistisch betrachteten Kläranlagen erreichen bessere Werte. Daher gibt es bei der Kläranlage Optimierungspotenziale.

Stromverbrauch der Belüftung**Energieverbrauch 2019**

$E_{\text{Bel}} = 138.541 \text{ kWh/a}$

$e_{\text{Bel}} = 10,5 \text{ kWh/(E}\cdot\text{a)}$

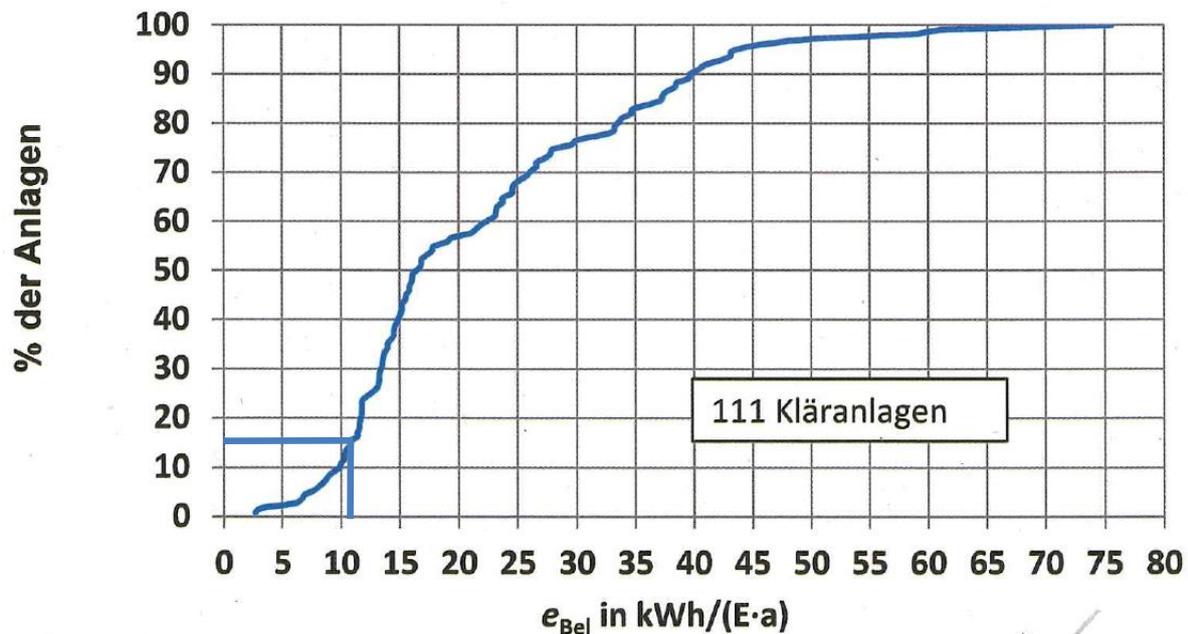


Abb. 6: Spezifischer Stromverbrauch für die Belüftung /DWA-A 216/

e_{Bel} beträgt im Jahre 2019 $10,54 \text{ kWh/(E}\cdot\text{a)}$ und ist ein guter Wert. Ca. 15 % der untersuchten Kläranlagen erreichen bei der Belüftung bessere Werte.

Spezifischer Stromverbrauch ePW des RLS-Pumpwerkes

Kopplung Maschinen	15.845	kWh
Zulauf	2.185.842	m ³ /a
Auswertungszeitraum	365	d
Förderhöhe	1,0	m
spezifischer Energieverbrauch	7,25	Wh/m ³ /m

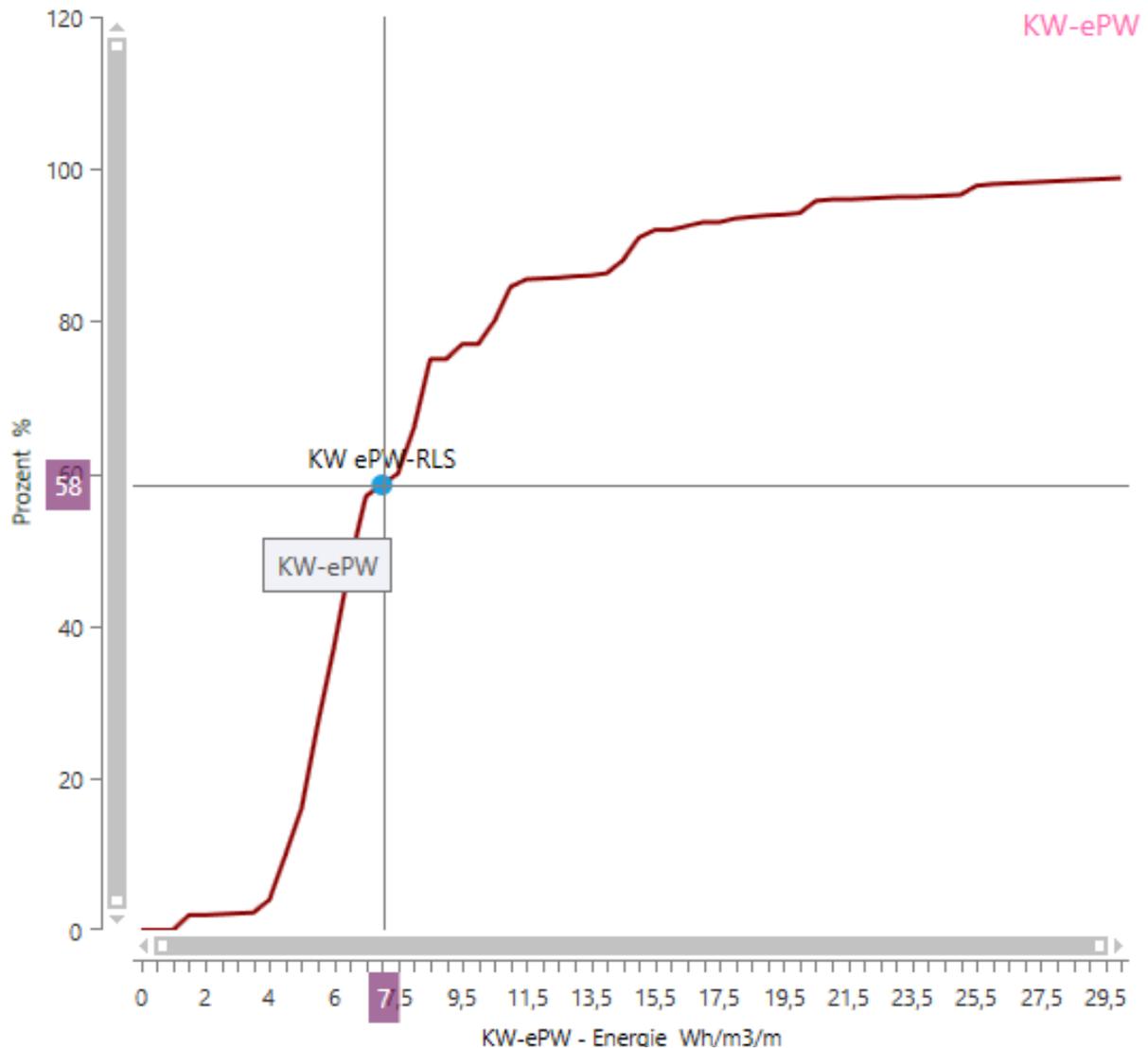


Abb. 7: Kläranlage Bitburg-Ost, Rücklaufschlammumpwerk ePW [Wh/m³/m]

Neben dem etwas erhöhten spezifischen Energieverbrauch kann hier in erster Linie durch eine Reduzierung der Rücklaufschlammmenge eine Verringerung des Stromverbrauches erreicht werden. Dazu müssen die Rücklaufschlamm Schnecken getauscht werden.

Faulgasanfall $e_{FG,1}$

Gaserzeugung I/d	640.733 I/d
EWCSB,Z	13.115 E
spezifischer Faulgasanfall e_{FG}	48,9 I/E/d

Die Gasproduktion, basierend auf den Durchflusswerten ist sehr gut. Das ergibt sich hier auch aus der Covergärung.

Grad der Faulgasumwandlung N_{FG} in %

Gaserzeugung	233.965,0	m ³ /a
Energieinhalt	6,0	kWh/m ³
	1.403.790,0	kWh/a
Stromerzeugung	397.304,0	kWh/a
Grad der Stromumwandlung	28,3	%

Der Grad der Faulgasumwandlung liegt im oberen Mittelfeld.

Betriebswert: **$N_{FG}=28\%$**

Verbrauchte und erzeugte Energie

Siehe 2.1.9 Analyse Energieverbrauch

3 Potenzialanalyse

3.1 Potentialanalyse Kläranlage

3.1.1 Energieeffizienzpotenziale

Die einzelnen Stufen wurden hinsichtlich der Energieeffizienzpotenziale untersucht. Dabei wurden auf Grundlage der Idealwertberechnungen aus der DWA-A 216 Idealwerte ermittelt und mit den Realwerten verglichen. Daraus ergeben sich Einsparpotenziale.

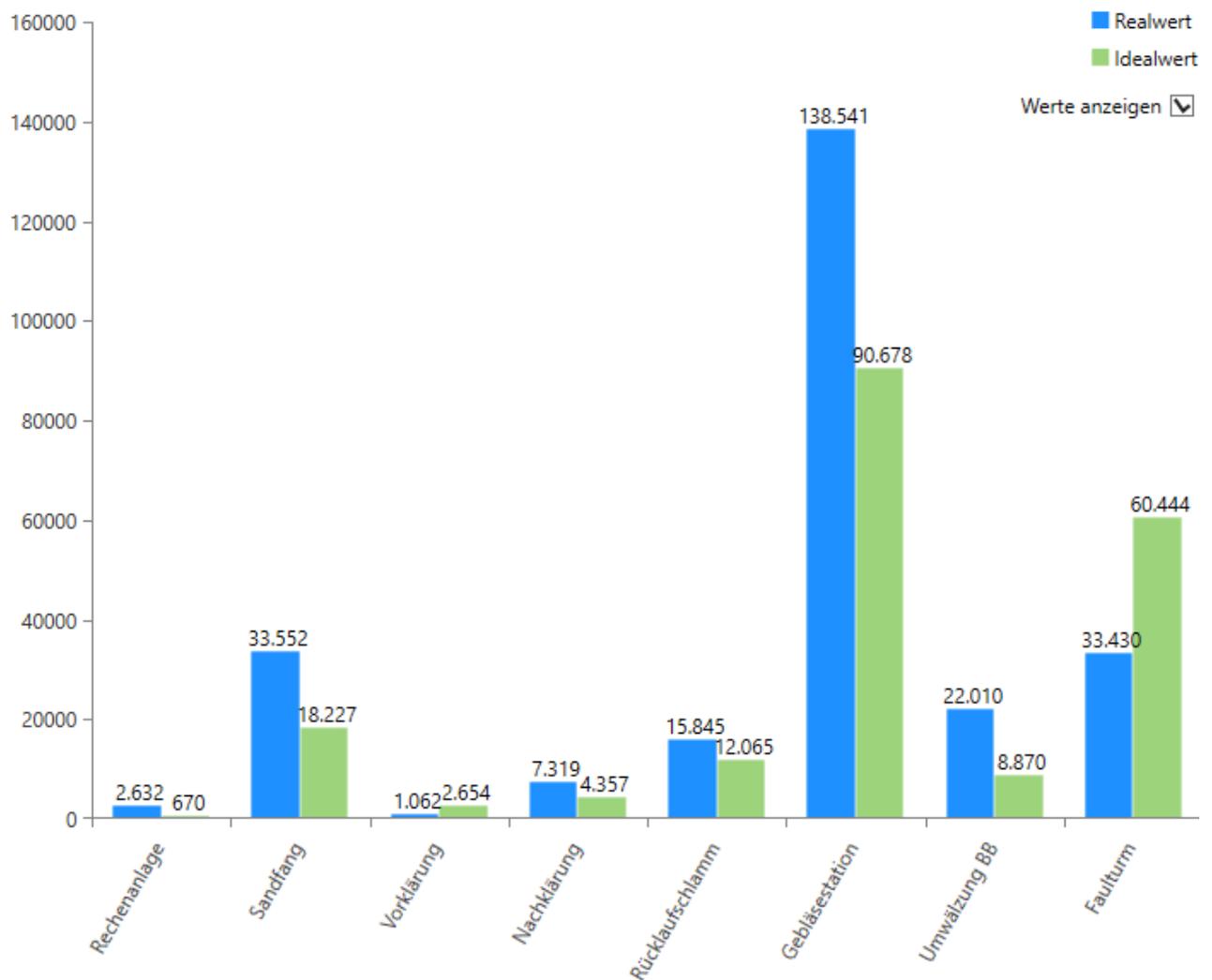


Abb. 8: Kläranlage Bitburg-Ost, Einsparpotenziale kWh/a

Kurzfristige Potentiale

Erneuerung der Belüftung	1,6 kWh/E/a
Verfahrenstechnik	1,6 kWh/E/a
Modernisierung Motoren/Vorbereitung E-Technik	

Mittel- und langfristig

Austausch alte Motoren 1,84 kWh/E/a
 Lastmanagement 0,5 kWh/E/a
 Erneuerung der Außenbeleuchtung
 Erneuerung BHKW

3.1.2 Definition von Einspar- und Versorgungszielen

	Energie- verbrauch IST kWh/a	Energie- verbrauch Ziel kWh/a	Einsparung kWh/a	Spezifische Einsparung kWh/E/a	
Verfahrenstechnik	70.375,50	49.774,00	20.601,50	1,6	kWh/E/a
Gesamt Erneuerung Belüftung	70.375,50	49.774,00	20.601,50	1,6	kWh/E/a
Gesamt Erneuerung Pumpen und Motoren	74.256,00	50.172,00	24.084,00	1,8	kWh/E/a
Gesamt Lastmanagement			25.000,00	0,5	kWh/E/a

3.1.3 Strategie zur Umsetzung

Die Einzelmaßnahmen werden im weiteren Verlauf detailliert beschrieben.

Als erster grundlegender Schritt ist es notwendig, die Kläranlage im Ganzen zu betrachten und die komplexe Verfahrenstechnik einheitlich zu bewerten. Dabei zeigt sich, dass man ein Gesamtsystem aus teils unterschiedlichsten Verfahrensbereichen oder auch aus verschiedenen Herstellerbereichen (Ergebnis von Ausschreibungen) sowie eingesetzter Technik hat. Dies birgt natürlich hohe Fehler- und Gefahrenpotentiale bei Datenübertragung und interner Kommunikation.

Da die verfahrenstechnische Modernisierung der biologischen Stufe die Basis der Optimierungsmaßnahmen ist, ist es zwingend erforderlich, die verbindenden Komponenten aller Einzelbereiche, also die Elektro-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik (EMSR), als erste grundlegende Maßnahme einheitlich und vollflächig umzusetzen. Dadurch wird der erneuten Stückelung in verschiedene Einzellösungen aufgrund unterschiedlicher Ausschreibungsergebnisse entgegengewirkt. Die EMSR-Technik werden dem auch nur in den jeweiligen Einzel-Maßnahmenbereichen entsprechend anteilig zugerechnet, so dass keine zusätzlichen Kosten entstehen, aber ein homogenes Gesamtsystem sichergestellt wäre. Dieses ist ein adäquater Weg zu einem optimalen Gesamtergebnis, trotz separater Ausschreibungen über mehrere Jahre und womöglich unterschiedlicher Anbieter.

Die vorhandenen Belüftungseinrichtungen werden erneuert und entsprechend der geänderten Verfahrenstechnik angeordnet.

Der Strombedarf von Belüftung, Umwälzung und Rezirkulation wird durch eine Verfahrensumstellung und Anpassung des aktiven Belebungsvolumens an die Belastung weiter reduziert. Die verfahrenstechnische Umstellung von vorgeschalteter auf kombinierte

Denitrifikation bedingt eine Änderung der Strömungsführung und der Umwälzung. Siehe dazu Verfahrenstechnik, Seite 29.

Die Sandfangbelüftung ist zu groß dimensioniert. Durch kleinere Gebläse mit geringerer Leistung wird der Strombedarf der Sandfangbelüftung verringert, ohne dass sich die Funktion des Sandfanges verschlechtert.

Es wurde eine Reihe älterer Motoren identifiziert, die gegen neue Motoren mit einer höheren Energieeffizienz ausgetauscht werden.

Es wird ein Lastmanagement eingeführt, um Strombedarf und Erzeugung besser aufeinander abzustimmen. Die Einspeisung lässt sich auf Grund der Trägheit der Regelung nicht vollständig vermeiden. Der Betrag der Einspeisung kann jedoch durch eine bessere Abstimmung von Erzeugung und Verbrauch reduziert werden.

Für die Außenbeleuchtung wird ein neues Beleuchtungskonzept erstellt. Durch den Austausch der Natriumdampflampen gegen LED wird eine Energieeinsparung von ca. 30 % erzielt. Weitere Einsparungen sollen durch die gezielte Aufstellung der Beleuchtungsmasten erreicht werden.

Das BHKW soll mittelfristig ausgetauscht werden, da durch aktuelle Aggregate ein höherer Wirkungsgrad erreicht wird. In diesem Zuge wird das Aggregat auch neu dimensioniert, um es an den aktuellen Gasanfall und die Einbindung der vorhandenen Photovoltaik anzupassen. Dadurch kann der Strombezug weiter reduziert werden.

Kurzfristig

EMSR-Technik und NSHV		
Erneuerung Belüftung und Verfahrenstechnik	3,2	kWh/E/a

mittelfristig

Erneuerung Pumpen und Motoren	1,8	kWh/E/a
Hocheffiziente Außenbeleuchtung		

Langfristig

Lastmanagement	1,9	kWh/E/a
----------------	-----	---------

Zusammenfassung

Nur das Zusammenwirken aller Einzelmaßnahmen in der benannten Reihenfolge garantiert den Erfolg der Gesamtmaßnahme. Voraussetzung aller nachfolgenden Maßnahmen ist eine Modernisierung von NSHV und EMSR-Technik, so dass die verfahrenstechnischen Vorgänge betriebssicher und effizient ablaufen.

Die Kennwerte beziehen sich auf den spezifischen Energieverbrauch unter Berücksichtigung lokal erzeugter Energie

Energieverbrauch vor Optimierung	5,7	kWh/E/a
Gesamt Einsparung	6,9	kWh/E/a
Gesamt nach Optimierung	-1,2	kWh/E/a

Vor Optimierung beträgt der spezifische Strombezug 5,7 kWh/E/a. Durch Einsparungen kann der Strombedarf der Kläranlage um 6,9 kWh/E/a reduziert werden. Bilanziell ist die Kläranlage nach Modernisierung energieneutral. Es wird sogar mehr Energie erzeugt, als verbraucht. Gleichzeitig wird der Strombezug durch das Lastmanagement weiter reduziert.

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 27 von 68
	4 Optimierungsmaßnahmen	Version: 08

4 Optimierungmaßnahmen

4.1 Optimierungsmaßnahmen Kläranlage

4.1.1 Ziele der Potenzialstudie

Nach den Vorgaben der Kommunalrichtlinie sollen mit den Maßnahmen aus der Potenzialstudie mindestens folgende Ziele erreicht werden:

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

Dieses Ziel wird durch die beschriebenen Maßnahmen erreicht.

4.1.2 Retrospektive – Übersicht

2016 wurde auf der Kläranlage Bitburg-Ost ein Energiemanagementsystem eingeführt und 2019 nochmals ausgebaut. Dieses System erlaubt die detaillierte Analyse der Stromverbraucher auf den Ebenen der Maschinen, Stufen und der Gesamtanlage. Die Grafiken zu dieser Kläranlage sind zum großen Teil der Energieanalysesoftware PROVI ENERGY entnommen.

4.1.3 Maßnahmen

- Optimierung der EMSR-Technik und NSHV als Basis der verfahrenstechnischen Umstellung der Stickstoffelimination auf kombinierte intermittierende/vorgeschnittete Denitrifikation
- Erneuerung der Belüftungseinrichtung, Umsetzung Rührwerke und Optimierung der Rührwerkslaufzeiten
- Optimierung der Rücklaufschlammregelung
- Taktung der Rezirkulationspumpen nach Nitratwert im Auslauf
- Modernisierung der Automatisierungstechnik und Schaltanlagen
- Austausch alter Motoren, Gebläse und Pumpen
- Lastmanagement zur Vermeidung von Stromspitzen und Abstimmung von Verbrauchern und Erzeugern
- Hocheffiziente Außenbeleuchtung
- Ersatz des Blockheizkraftwerk-Aggregates
- Photovoltaik zur Eigennutzung

4.2 Umsetzungsfahrplan

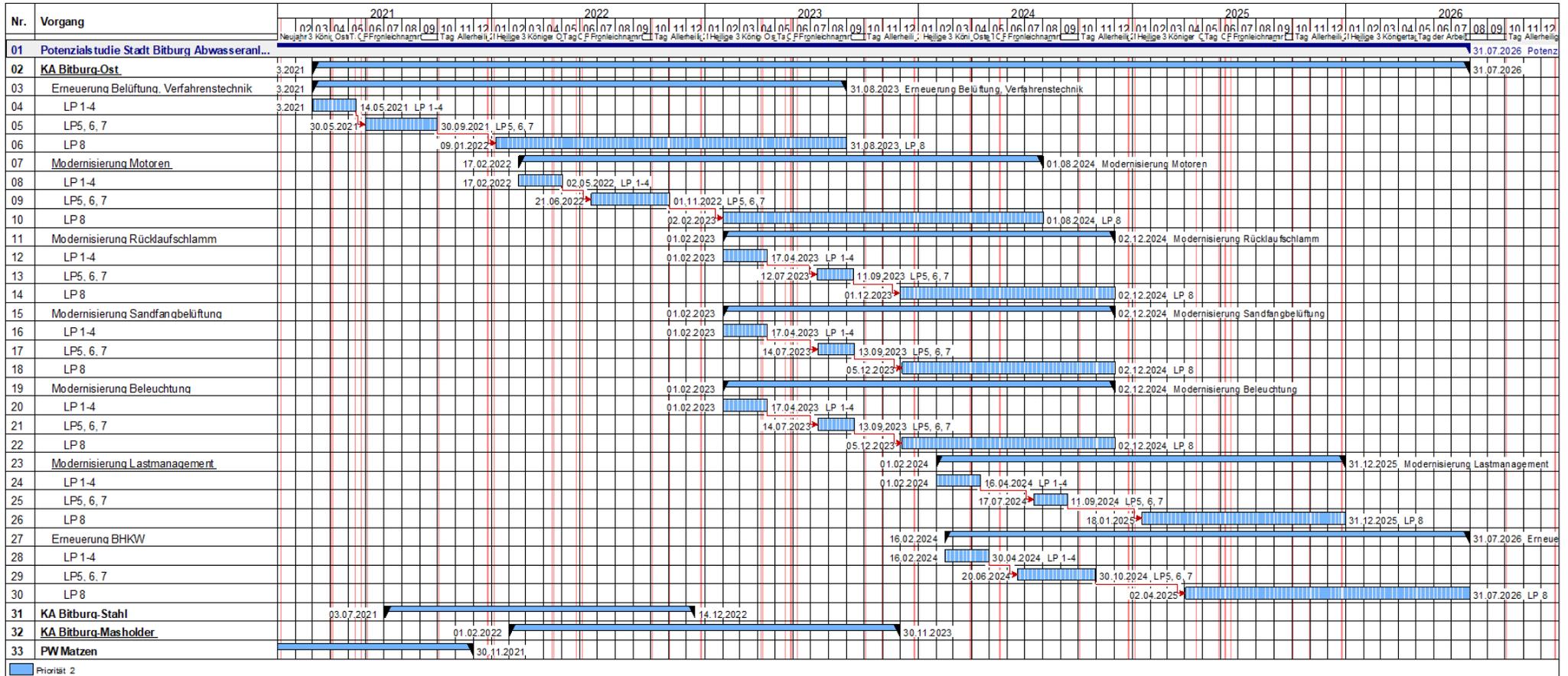


Abb. 9: Zeitplan

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 29 von 68
	4 Optimierungsmaßnahmen	Version: 08

4.3 Indikatoren für die Erfolgskontrolle

Anhand der in der Lastmanagementsoftware enthaltenen Kennwerte und Potentialberechnungen kann der Projekterfolg sehr gut nachvollzogen werden.

Kennwert eges [kWh/E/a]

Kennwert ebel [kWh/E/a]

Kennwert EVel [%], Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie

Realwert/Idealwert für die Belüftung

Feinanalyse Stromverbrauch Maschinen

4.4 Vorplanung kurzfristige Maßnahmen

4.4.1 Verfahrenstechnik

Optimierung der EMSR und NSHV

Im gesamten Kläranlagenbereich zur Herstellung einer gesichert einheitlichen Datenbasis und Grundlage der beschriebenen Regelungsphilosophie.

Mess- und Regelungstechnik Belüftung und Rezirkulation

Die Steuer- und Regelungsvorgänge in der biologischen Stufe werden komplett neu konzipiert und programmiert. Das Verfahren wird von vorgeschalteter auf kombinierte vorgeschaltete/intermittierende Denitrifikation umgestellt.

Kammer 1 und 2 arbeiten als fakultative Denitrifikation. Das heißt, es wird nur Nitrat rezirkuliert, wenn am Auslauf der Belebungsbecken, also Kammer 7 ein Nitratgrenzwert überschritten wird. Wird der Nitratgrenzwert am Auslauf von Kammer 7 unterschritten, ist die Rezirkulation außer Betrieb und die beiden ersten Becken sind anaerob. Dadurch wird die biologische Phosphorelimination verbessert.

Die Denitrifikationskapazität der beiden fakultativen Denitrifikationskammern wird anhand einer Nitratmessung im Auslauf von Kammer 2 überwacht. Wird hier ein Nitratgrenzwert überschritten, wird die Rezirkulation reduziert.

Der Nitratgrenzwert am Auslauf von Kammer 2 wird auch genutzt, um gezielt Zulaufabwasser an der Vorklärung vorbei direkt in die Denitrifikationskammern zu leiten. Dadurch wird für die Denitrifikation mehr Kohlenstoff zur Verfügung gestellt.

In den Kammern K3 bis K7 wird intermittierend belüftet. Die Belüftung und die Länge der Denitrifikationsphasen wird lastabhängig geregelt.

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 30 von 68
	4 Optimierungsmaßnahmen	Version: 08

Schaltanlagen

Die beschriebenen Modernisierungsmaßnahmen erfordern das Nachrüsten von Baugruppen sowie die Erweiterung des Automatisierungsnetzwerks. Im jetzigen Zustand des elektrotechnischen Ausbaus ist dies nicht möglich. Modernisierungsmaßnahmen der Verfahrenstechnik können nicht ohne Modernisierungsmaßnahmen der Elektrotechnik ausgeführt werden.

Im Detail:

Das vorhandene SPS-Netzwerk ist selbst bei geringster Datenübertragungsrate ausgelastet und neigt zu Ausfällen. Bei Erweiterung der Maschinen- und Messtechnik empfiehlt es sich daher, die Hard- und Software neu aufzubauen.

Die Kabeltrassen sind überfüllt, was zu thermischen Problemen, Wirkungsgradverlusten und frühzeitiger Alterung führt. Weitere Kabel können nicht eingezogen werden.

Die Platzverhältnisse erlauben es nicht, neue Betriebsmittel zu integrieren. Dies betrifft auch die Wärmeentwicklung. Die vorhandenen Schaltanlagen haben aufgrund einer hohen Wärmeentwicklung einen hohen Eigenverbrauch und eine aufwändige Klimatisierung.

Um die neuen Betriebsmittel zu integrieren und die erforderliche Klimatisierung so weit wie möglich zu reduzieren, werden große Teile der Schaltanlagen erneuert.

Die erforderlichen Gesamtkosten für die Modernisierung der Elektrotechnik der Kläranlage wurden im Vorfeld abgeschätzt. Ein Anteil dieser Kosten wird den hier beschriebenen Modernisierungsmaßnahmen zugeordnet. Eine Kostenübersicht findet sich in 4.5 Kosten.

Anlagentechnik

Anpassung des Fließweges im Belebungsbecken. Dazu sind Durchströmungsöffnungen in zwei Kammern zu schließen und eine neue Verbindung zwischen zwei Kammern ist zu erstellen.

Die Rührwerke in einigen Kammern werden getauscht. In den ersten beiden Kammern werden Rührwerke für die Umwälzung eingesetzt. In den letzten beiden Kammern werden Rührwerke für Umwälzung in der unbelüfteten Phase eingesetzt. Hier ist die Belegung so gering, dass allein durch Belüfter keine Umwälzung sichergestellt werden kann. Die Rührwerke werden entsprechend der Verfahrenstechnik versetzt. Aus den Kammern 3 und 4 werden Rührwerke in die beiden letzten Kammern versetzt, so dass hier auch bei niedriger Luftmenge die Umwälzung sichergestellt werden kann.

In den Kammern 3-7 wird die Belüftung erneuert. Kammer 3-5 werden nur durch die Belüftungseinrichtung belüftet und umgewälzt.

Die Steuerung der Rezirkulation wird so angepasst, dass nur noch bedarfsgerecht rezirkuliert wird.

Am Übergang von Kammer 2 zu Kammer 3 wird eine Nitratmessung installiert.

Eine Sauerstoffmessung wird von Kammer 5 nach Kammer 4 versetzt.

Kammer 6 erhält eine neue Sauerstoffmessung.

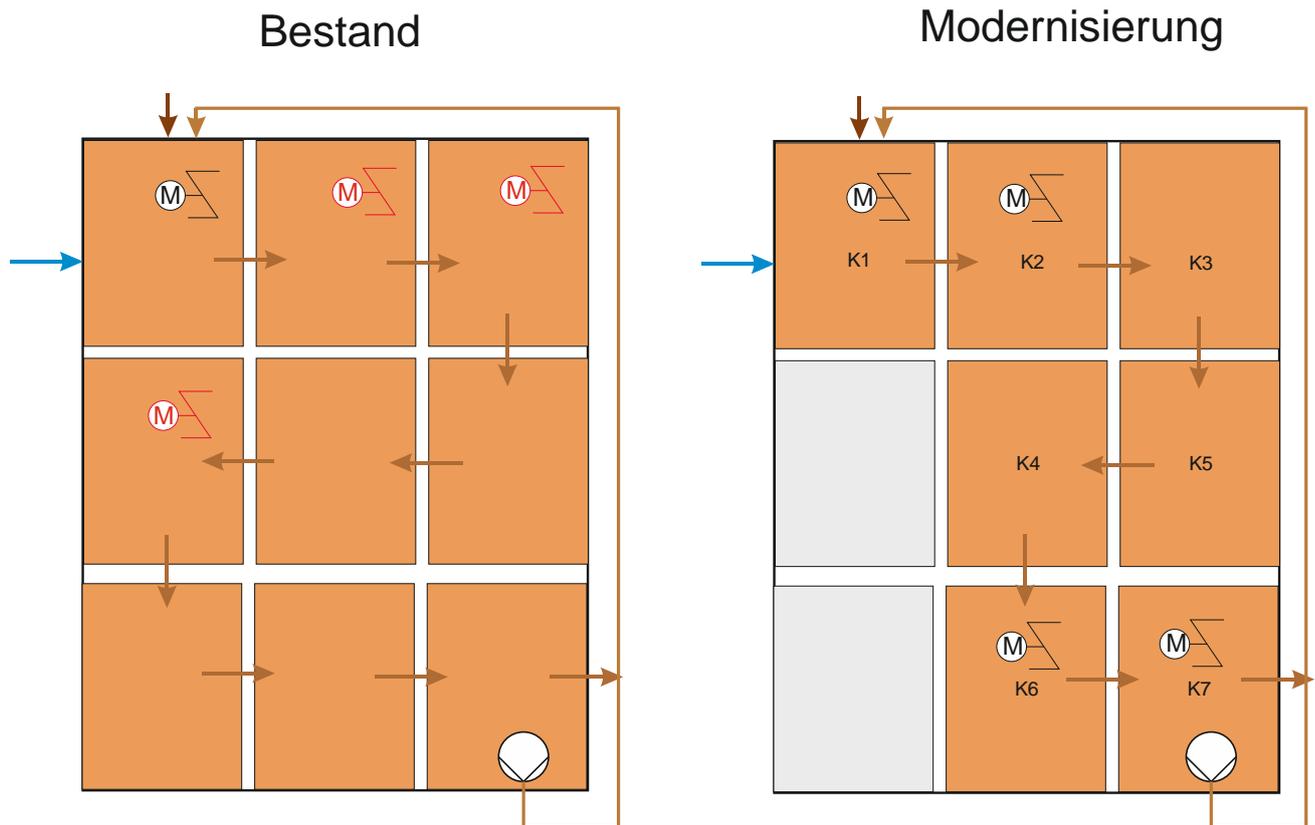


Abb. 10: Kläranlage Bitburg-Ost, Verfahrenstechnische Änderung Belebungsbecken

Um die beschriebene Verfahrenstechnik umzusetzen und über eine lastabhängige Steuer- und Regeltechnik effizient zu gestalten, sind die umfangreichen Messeinrichtungen über ein leistungsfähiges Bussystem mit der übergeordneten Automatisierung zu vernetzen. Die verfahrenstechnische Einheit Belebtschlammverfahren ist zwar im Ganzen ein träges System. Auf Belastungsänderungen und insbesondere Frachtspitzen muss trotzdem schnell reagiert werden. Dadurch wird die Reinigungsleistung sichergestellt. Des Weiteren wird so aber auch erreicht, dass die Anlage auch energetisch immer exakt am bestmöglichen Betriebspunkt gefahren werden kann.

Erneuerung der Belüftung

Die Belüftungsgitter werden umgebaut, so dass die Belüftungseinrichtung entsprechend der geänderten Verfahrenstechnik angeordnet werden kann. Die Belüfterelemente werden getauscht.

Austausch vorhandenes Gebläse, Fabrikat Schorch, AN5250M-CB011 gegen ein kleineres modernes Hybridgebläse. Das Gebläse wird mit einem Frequenzumformer ausgestattet.

Die klärtechnische Berechnung ergibt eine minimale Luftmenge von $300 \text{ m}_N^3/\text{h}$.

Austausch des großen Gebläses gegen einen modernen Hybrid- oder Schraubenkompressor. Die maximale Luftmenge beträgt $1.956 \text{ m}_N^3/\text{h}$.

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 32 von 68
	4 Optimierungsmaßnahmen	Version: 08

4.4.2 Rücklaufschlammumpwerk

Ausrüstung

Die beiden Rücklaufschlamm Schnecken werden getauscht und neu dimensioniert. Die vorhandenen Schnecken sind vom Baujahr 1977. Hier wird also eine neue Schnecke mit einem Motor mit einer hohen Energieeffizienzklasse eingesetzt.

Zulaufmenge	$Q_{t,M} = 187 \text{ m}^3/\text{h}$
Minimales Rücklaufverhältnis	$RV = 0,7$
Erforderliche minimale Rücklaufmenge	130 m ³ /h

Im Nachklärbecken wird eine Schlammspiegelmessung installiert. Die Rücklaufschlammmenge wird anhand des Schlammspiegels geregelt.

Mess- und Regelungstechnik

Die Rücklaufschlammmenge wird nach unten begrenzt, so dass unabhängig von der Anforderung immer eine minimale Rücklaufschlammmenge gefördert wird.

Im Regelmodus wird durch die Rücklaufschlamm Schnecken ein Schlammspiegel-Sollwert im Nachklärbecken gehalten.

Wird die maximale Kapazität der neuen, kleinen Rücklaufschlamm Schnecke erreicht, wird auf die größere Schnecke umgeschaltet und die kleine Schnecke wird heruntergefahren.

Die Gesamtfördermenge wird auf einen Maximalwert begrenzt.

Schaltanlagen

Die Schaltanlagen werden schon in der ersten Ausbaustufe so vorbereitet, dass die neuen Aggregate und ausgetauschten Motoren passend angeschlossen werden können.

4.4.3 Sandfangbelüftung

Die vorhandenen Drehkolbengebläse werden gegen kleinere Gebläse getauscht. Die Gebläse haben eine kleinere Motor- und Luftleistung und zudem Motoren mit einer höheren Energieeffizienz von mindestens IE3.

4.4.4 Umwälzpumpen Faulturm

Es sind zwei Umwälzpumpen zur Durchmischung des Faulbehälterinhaltes vorhanden.

Eine Umwälzpumpe ist vom Baujahr 1990.

Die zweite Umwälzpumpe wurde 2004 ausgetauscht.

Die beiden Umwälzpumpen werden gegen Pumpen mit einer höheren Effizienz des Motors ausgetauscht.

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 33 von 68
	4 Optimierungsmaßnahmen	Version: 08

4.4.5 Lastmanagement

Um Stromspitzen zu vermeiden und insbesondere um Erzeugung und Verbrauch bestmöglich aufeinander abzustimmen, wird ein Lastmanagement implementiert.

4.4.6 Elektrotechnik

Für obige Maßnahmen sind umfangreiche elektrotechnische Anpassungsarbeiten erforderlich. Da die Leistungen der meisten Aggregate reduziert werden, Motoren teilweise mit Frequenzumrichtern ausgestattet werden und sich auch die Anzahl der Aggregate ändert, müssen die Schaltanlagen angepasst werden.

Die Steuer- und Regelungstechnik der oben betrachteten Bereiche wird angepasst und komplexer gestaltet. Dies erfordert auch Erweiterungen und Aktualisierungen in der Automatisierungstechnik.

4.5 Kosten

Aufgrund der umfangreichen verfahrenstechnischen Änderungen, dem Austausch von Maschinen und der Erweiterung der Messtechnik, muss die Elektrotechnik der Kläranlage umfangreich erneuert werden. Der energetischen Optimierung aus der Potentialstudie wird davon ein Kostenanteil von ca. 60 % aus diesen Gesamtkosten zugeordnet.

Die Gesamtkosten der Modernisierung NSHV und EMSR betragen insgesamt netto 373.146,00 €, davon sind in der Kostenaufstellung für die beantragten Maßnahmen 224.684,00 € enthalten und als (Elektrotechnik) markiert. Aus der Maßnahme NSHV und EMSR werden also ca. 60% über diese Maßnahme mit beantragt.

1 Optimierung NSHV und EMSR

Die Kosten sind in den Einzeltiteln mit (Elektrotechnik) enthalten

2 Erneuerung der Belüftung

2.1	1 St.	Gebläse 500 m3/h,	13.000,00 €	13.000,00 €
2.2	1 St.	Gebläse 1550 m3/h,	30.000,00 €	30.000,00 €
2.3	2 St.	Anpassungen Rohrleitungen Gebläse	2.500,00 €	3.000,00 €
2.4	1 p	Anpassung Rohrleitungen Belüftung und Belüfter	30.000,00 €	30.000,00 €
2.5	1 p	<i>Vernetzung/Kommunikation (Elektrotechnik)</i>	2.030,00 €	2.030,00 €
2.6	1 p	<i>Schaltanlage (Elektrotechnik)</i>	42.928,00 €	42.928,00 €
2.7	1 p	<i>Verkabelung, Überspannungsschutz etc. (Elektrotechnik)</i>	23.000,00 €	23.000,00 €
2.8	1 p	Inbetriebnahme, Dokumentation	10.000,00 €	10.000,00 €
		Gesamt Erneuerung Belüftung (2.13.2)		152.958,00 €

3 Verfahrenstechnik

3.1	1 p	Anpassung Strömungsführung	5.000,00 €	5.000,00 €
3.2	1 St.	Nitratmessung Denibecken	4.000,00 €	4.000,00 €
3.3	1 p	<i>Demontagen und Automatisierungstechnik (Elektrotechnik)</i>	51.239,00 €	51.239,00 €
3.4	1 p	<i>Messtechnik (Elektrotechnik)</i>	33.900,00 €	33.900,00 €
3.5	60 h	Anpassung SPS/PLS	105,00 €	6.300,00 €
3.6	2 St.	Rührwerke versetzen	3.500,00 €	5.000,00 €
		Gesamt Verfahrenstechnik (3.13.5)		105.439,00 €

4 Erneuerung von Pumpen und Motoren (2.13.3)

4.1		Rücklaufschlammförderung		
4.2	2 St.	Rohrschneckenpumpe 160 m3/h	30.000,00 €	60.000,00 €
4.3	2 St.	Frequenzumformer 7,5 kW	2.500,00 €	5.000,00 €
4.4	24 h	Programmierung SPS	105,00 €	2.520,00 €
4.5	6 h	Anpassung PLS	105,00 €	630,00 €
4.6		Sandfangbelüftung		

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 35 von 68
	4 Optimierungsmaßnahmen	Version: 08

4.7	2 St.	Sandfanggebläse	8.000,00 €	16.000,00 €
4.8	2 St.	Anpassung Rohrleitung	500,00 €	1.000,00 €
4.9		Modernisierung Motoren (VEM IE3)		
4.10	1 St.	Räumer Querbühne Motor, 0,55 kW	800,00 €	800,00 €
4.11	1 St.	Motor Regenwasserschnecke 1, 5,5, Getr	4.000,00 €	4.000,00 €
4.12	1 St.	Motor Regenwasserschnecke 2, 5,5 kW, Getr	4.000,00 €	4.000,00 €
4.13	1 St.	Antrieb Räumer NKB, 1,0 kW	950,00 €	950,00 €
4.14	1 St.	Sandfangräumer Hubwerk, 2,2 kW	1.600,00 €	1.600,00 €
4.15	1 St.	Antrieb Räumer Vorklärbecken, 0,4	700,00 €	700,00 €
4.16	1 St.	Antrieb Rücklaufschlammschnecke 1, 15 kW	5.400,00 €	5.400,00 €
4.17	1 St.	Rezirkulationspumpe 1, 2,5 kW	2.050,00 €	2.050,00 €
4.18	1 St.	Rezirkulationspumpe 2, 2,5 kW	2.050,00 €	2.050,00 €
4.19	1 p	Schaltanlagen (Elektrotechnik)	72.587,00 €	72.587,00 €
		Gesamt Erneuerung Pumpen und Motoren (2.13.3)		177.287,00 €

5 Lastmanagement

4.1	0 St.	Gasbehälter, Eisenbau	180.500,00 €	- €
4.2	1 St.	Gasbehälter, Tecon	35.000,00 €	35.000,00 €
4.3	1 St.	Fundament	20.000,00 €	20.000,00 €
4.4	1 p	Gasleitungen	15.000,00 €	15.000,00 €
4.5	1 p	Sonstige Messtechnik	6.000,00 €	6.000,00 €
4.6	80 h	Programmierung SPS, PLS	105,00 €	8.400,00 €
		Gesamt Lastmanagement		84.400,00 €

6 Beleuchtung

6.1	1 St.	Beleuchtungskonzept	2.000,00 €	2.000,00 €
6.2	12 St.	LED-Mastleuchten	900,00 €	10.800,00 €
6.3	4 St.	Wandleuchten	900,00 €	3.600,00 €
				16.400,00 €

7 Erneuerung BHKW

7.1	1 St.	BHKW 70 kW	90.000,00 €	90.000,00 €
7.2	1 St.	Klärgasregelstrecke	15.000,00 €	15.000,00 €
7.3	1 St.	Peripherie	50.000,00 €	50.000,00 €
7.4	1 St.	Schaltanlage	22.000,00 €	22.000,00 €
7.5	1 St.	Sonstige Elektrotechnik	12.000,00 €	12.000,00 €
7.6	1 p	EMSR	15.000,00 €	15.000,00 €
7.7	1 p	Programmierung SPS/PLS	7.000,00 €	7.000,00 €
7.8	1 p	Inbetriebnahme	5.000,00 €	5.000,00 €
		Gesamt Erneuerung BHKW		215.000,00 €

Gesamt netto Bitburg-Ost

				751.484,00 €
		Gesamt Planung LP 8		50.000,00 €
		Gesamt netto Bitburg-Ost		801.484,00 €
		Gesamt brutto Bitburg-Ost		953.765,96 €

5 Anhang

5.1 Modernisierung Motoren

Folgende Motoren sind veraltet und haben eine niedrige Energieeffizienzklasse. Sie sollten durch moderne Motoren ersetzt werden.

BMKZ	Maschine	Antrieb	Baujahr	Leistung
KABIT_1620_AE10	Räumer Querbühne Motor	Eberhard Bauer DKF86E03/200	1977	0,55 kW
KABIT_1621_AP01	Motor Regenwasserschnecke 1	Ritz Atro 1107/362	1977	5,5 KW
KABIT_1621_AP02	Motor Regenwasserschnecke 2			5,5 KW
KABIT_1800_AE01	NKB Räumer Fahrtrieb	Eberhard Bauer DK 941D 36A/216	1975	
KABIT_2201_AR01	Sandfangräumer Hubwerk	BBC Brown Boven	1977	2,2 KW
KABIT_2300_AE00	Antrieb Räumer Vorklärbecken	SEW K87R57DRS 71M4/2BE05/TF/L		0,4 KW
KABIT_4601_AP01	Rücklaufschlammschnecke 1			15 kW
KABIT_4901_AP02	Rezirkulationspumpe 1	ITT Flygt 4640410-0761	1999	2,5 KW
KABIT_4901_ES10	Rezirkulationspumpe 2			
KABIT_6201_AM02	Motor Schwimmdeckenverhinderer	SEW-R72eDV112M-4C	1993	3,6 KW
KABIT_6301_AP01	Motor Umwälzpumpe 1	Schorch KA1132M-CB011	1977	5,5 KW
KABIT_6301_AP02	Motor Umwälzpumpe 2	Schorch Ka1132M-CB011	1977	5,5 KW

5.2.2 Vorklärung

Einwohnerspez. Frachten nach Tabelle 1, DWA-A 131 (g/(E*d)):				
Parameter	Rohabwasser	Durchflusszeit VK bei Qt		
		0,75 - 1,0 h	1,5 - 2,0 h	> 2,5 h
BSB5	60	42 (70%)	39 (65%)	36 (60%)
CCSB	120	42 (70%)	39 (65%)	36 (60%)
TSO	70	35 (50%)	28 (40%)	25 (35%)
TKN	11	10 (90%)	10 (90%)	10 (90%)
P	1,8	1,6 (90%)	1,6 (90%)	1,6 (90%)

Durchflusszeit: $t_D = 3,00 \text{ h}$

Frachten nach Vorklärung in Prozent

BSB5	60	%
CSB	60	%
TSO	35	%
TKN	90	%
P	90	%

Abwasserverschmutzung (nach Vorklärung)	g/(E*d)	kg/d	mg/l
CSB-Kommunal	72,00	1.063,22	282,35
CSB-Gesamt		1.063,22	282,35
BSB5-Kommunal	36,00	531,61	141,18
BSB5-Gesamt		531,61	141,18
TSO-Kommunal	24,50	361,79	96,08
TSO-Gesamt		361,79	96,08
TKN-Kommunal	13,50	199,35	52,94
TKN-Gesamt		199,36	52,94
P-Kommunal	1,62	23,92	6,35
P-Gesamt		23,92	6,35

Primärschlammanfall

TSO-Fracht (Primärschlamm): 671,90 kg/d
 TS-Konzentration im Primärschlamm: 25 kg/m³
 2,5 %

Primärschlammmenge: 26,88 m³/d

Gewählte Abmessungen Vorklärbecken

Erforderliches Volumen:

$$\text{Verf} = Q_{t,aM} \cdot tD = 470,70 \text{ m}^3$$

Anzahl der Becken: 2 Stück

Erforderliches Volumen (pro Becken): 235,35 m³

Breite: 6,00 m

Länge: 35,00 m

Wassertiefe: 2,30 m

Gewähltes Volumen (pro Becken): 483,00 m³

Gewähltes Volumen (gesamt): 966,00 m³

Durchflusszeit (tatsächlich): 6,16 h

5.2.3 Interne Rückbelastung

Stundenmittel für interne Rückbelastung: 8,0 h/d

Berechnen der Trübwassermengen

CSB-Fracht: 1.063,22 kg/d

ÜS-Produktion (Abschätzung): 0,50

kgTS/kgCSB

Überschussschlammmenge (Abschätzung): 531,61 kgTS/d

TS im Überschussschlamm: 10 kg/m³

Überschussschlamm (Abschätzung): 53,16 m³/d

Primärschlammmenge: 671,90 kg/d

TS-Konzentration im Primärschlamm: 25 kg/m³

Primärschlamm: 26,88 m³/d

TS nach Eindickung: 50 kg/m³

TS nach Entwässerung: 320 kg/m³

Trübwassermenge nach Eindickung: 55,97 m³/d

Trübwassermenge nach Entwässerung:	20,31 m ³ /d
Trübwassermenge (gesamt):	76,28 m ³ /d
Tagesspitze Trübwasser:	9,53 m ³ /h
Trübwasser im Jahresmittel:	3,18 m ³ /h

Konzentrationen und Frachten

	Eindickung	Entwässerung	Eindickung	Entwässerung
	mg/l	mg/l	kg/d	kg/d
BSB5-Rückbelastung	2.000,00	1.000,00	111,93	20,31
CSB-Rückbelastung	4.000,00	2.000,00	223,87	40,62
TKN-Rückbelastung	100,00	500,00	5,60	10,15
NO3-Rückbelastung	0,00	0,00	0,00	0,00
P-Gesamt-Rückbelastung	12,00	90,00	0,67	1,83

	gesamt	gesamt
	mg/l	kg/d
BSB5-Rückbelastung	1.733,74	132,24
CSB-Rückbelastung	3.467,48	264,49
TKN-Rückbelastung	206,50	15,75
NO3-Rückbelastung	0,00	0,00
P-Gesamt-Rückbelastung	32,77	2,50

5.2.4 Gewähltes Verfahren

Berechnungsverfahren

- Berechnung der Biologie nach DWA-A131 (2016)
- Bemessung auf der Basis des CSB
- Berechnung der Nachklärung nach DWA-A131

Reinigungsverfahren

- Belebungsverfahren
- vorgeschaltet/intermittierend Denitrifikation
- Umwälzung und Belüftung

Gewählte Bauform

- Horizontal durchströmtes Nachklärbecken
- Separates Belebungsbecken

5.2.5 Biologische Stufe

Belebungsanlage mit kombinierter Denitrifikation

Abwasserverschmutzung (nach Vorklärung)			
	g/(E*d)	kg/d	mg/l
CSB-Kommunal	72,00	1.063,22	282,35
CSB-Rückbelastung		264,49	3.467,48
CSB-Gesamt		1.327,71	345,59
BSB5-Kommunal	36,00	531,61	141,18
BSB5-Rückbelastung		132,24	1.733,74
BSB5-Gesamt		663,86	172,80
TSo-Kommunal	24,50	361,79	96,08
TSo-Gesamt		361,79	94,17
TKN-Kommunal	13,50	199,35	52,94
TKN-Rückbelastung		15,75	206,50
TKN-Gesamt		215,11	55,99
P-Kommunal	1,62	23,92	6,35
P-Rückbelastung		2,50	32,77
P-Gesamt		26,42	6,88

Qd,konz:

3.841,87 m³/d

Konstanten

Anteil anorganische Stoffe an den abfiltrierbaren Stoffen:

$$f_B = 0,20$$

Inerter Anteil am partikulären CSB:

$$f_A = 0,30$$

Anteil des leicht abbaubaren CSB am abbaubaren CSB (0,15 - 0,25):

$$f_{CSB} = 0,20$$

Zerfallskoeffizient:

$$b = 0,17$$

Ertragskoeffizient:

$$Y = 0,67$$

Anteil des gelösten inerten CSB:

$$f_S = 0,05$$

Zusätzliche ÜS-Produktion:

$$Y_{CSB,dos} = 0,00$$

Konzentrationen der Fraktionen der Abwasserinhaltsstoffe im Zulauf zur Biologie

Partikulärer CSB: $X_{CSB,ZB} = 120,54 \text{ mg/l}$

Gelöster CSB: $S_{CSB,ZB} = 225,05 \text{ mg/l}$

Gelöster inerter CSB:	SCSB,inert,ZB =	17,28 mg/l
partikulärer inerter CSB:	XCSB,inert,ZB =	36,16 mg/l
abbaubarer CSB in der homogenisierten Probe:	CCSB,abb,ZB =	292,15 mg/l
leicht abbaubarer CSB in der homogen. Probe:	CCSB,la,ZB =	58,43 mg/l
abfiltrierbare anorganische Stoffe:	Xanorg,TS,ZB =	18,83 mg/l
Aufstockung des CSB durch externen Kohlenstoff:	CCSB,dos =	0,00 mg/l

Dimensionierung der Belebung

Reaktionstemperatur:	T	=	12,00 °C
Prozessfaktor:	PF	=	1,60
Erforderliches aerobes Schlammalter:			

$$t_{TS,aerob,Bem} = PF * 3,4 * 1,103^{(15-T)} = 7,30 \quad d$$

Temperaturfaktor FT:

$$FT = 1,072^{(T-15)} = 0,81$$

Stickstoffbilanz		kg/d	mg/l
TKN (Zulauf)	CTKN,ZB	215,11	55,99
Nitrat-N (Zulauf)	SNO3,ZB	0,00	0,00
N-Inkorporation (Biomasse)	XorgN,BM	15,62	4,06
N-Einlagerung	XorgN,inert	7,34	1,91
Ammonium-N (Ablauf)	SNH4-N,AN	7,68	2,00
organisch-N (Ablauf)	CorgN,AN	7,68	2,00
Nitrat-N (Ablauf)	SNO3,AN	15,37	4,00
Zu denitrifizierendes Nitrat	SNO3,D	161,41	42,01

$$SNO3,D = CTKN,ZB - SorgN,AN - SNH4-N,AN - XorgN,BM - XorgN,inert - SNO3,AN \quad [mg/l]$$

Gesamtschlammalter:

$$t_{TS} = \frac{tTSa}{1-VD/VBB} = 17,18 \quad d$$

Trockensubstanzkonzentration:	TSBB	=	3,15 kg/m ³
-------------------------------	------	---	------------------------

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 43 von 68
	5 Anhang	Version: 08

Rezirkulationsverhältnis gesamt: RF = 2,74
 Rezirkulationsverhältnis intern: RZ = 1,99

Rezirkulationsmenge

$$Q_{aM} = Q_{T,aM} + Q_{ind,mittel} + Q_{TrW,mittel} \quad [m^3/h]$$

$$Q_{aM} = 160,08 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{RZ} = RZ * Q_{aM} \quad [m^3/h]$$

$$Q_{RZ} = 318,50 \text{ m}^3/h$$

Rezirkulationspumpe: Kreiselpumpe

Maschinendaten

Anzahl der Aggregate: 1 Stück
 Fördermenge je Aggregat pro Becken: 360,00 m³/h
 Fördermenge gesamt pro Becken: 360,00 m³/h
 Fördermenge gesamt (1 Becken): 360,00 m³/h

Nennleistung: 4,80 kW
 Leistungsaufnahme: 2,00 kW
 Förderhöhe je Aggregat: 1,5 m

Nennleistung, gesamt: 4,80 kW
 Leistungsaufnahme, gesamt: 2,00 kW

Geforderte Ablaufwerte

Nitrat-N im Ablauf: 4,00 mg/l
 Ammonium-N im Ablauf: 2,00 mg/l
 Organisch-N im Ablauf: 2,00 mg/l

erforderliches Denitrifikationsverhältnis: VD/VBB = 0,575
 Verhältnis Nitrifikationsvolumen zu Gesamtvolumen: VN/V = 0,42
 Anteil des vorgeschalteten Denitrifikationsvolumens: VD/V,vg = 0,15
 Anteil des intermittierenden Denitrifikationsvolumens: VD/V,int = 0,43

Ergebnis der Bemessung

Überschussschlammproduktion aus Kohlenstoffelimination

$$XCSB,ÜS = XCSB,inert,ZB + XCSB,BM + XCSB,inert,BM \quad [mg/l]$$

$$XCSB,BM = \frac{CCSB,abb,ZB * Y + CCSB,dos * YCSB,dos}{1 + b * tTS * FT} \quad [mg/l]$$

CSB der Biomasse: XCSB,BM= 58,07 mg/l

$$XCSB,inert,BM = 0,2 * XCSB,BM * tTS * b * FT \quad [mg/l]$$

inertes Anteil des CSB in der Biomasse: XCSB,inert,BM = 27,53 mg/l

auf den Abwasserzufluss bezogene CSB-Konzentration des Überschussschlammes:

$$XCSB,ÜS = 121,77 \text{ mg/l}$$

Tägliche Schlammproduktion aus der Kohlenstoffelimination:

$$\begin{aligned} \ddot{U}Sd,C = \\ \frac{Qd,konz * (XCSB,inert,ZB / 1,33 + (XCSB,BM + XCSB,inert,BM) / (0,92 * 1,42) + fB * XTS,ZB)}{1000} \end{aligned}$$

$$\ddot{U}Sd,C = 428,56 \text{ kg/d}$$

$$\begin{aligned} \ddot{U}Sd,P = \\ \frac{Qd,konz * (3 * XPbioP + (AMFe/AMP) * \beta * 2,5 * XPfaellFe + (AMAl/AMP) * \beta * 4,0 * XPfaellAl)}{1000} \quad [kg/d] \end{aligned}$$

β-Wert:		1,50
Atommasse, Fe:	AMFe	55,8 g/mol
Atommasse, Al:	AMAl	27 g/mol
Atommasse, P:	AMP	30,97 g/mol
Spezifische Schlammproduktion, Fe:		2,5 gTS/gFe
Spezifische Schlammproduktion, Al:		4,0 gTS/gAl

$$\ddot{U}Sd,P = 77,46 \text{ kg/d}$$

$$\ddot{U}Sd = \ddot{U}Sd,C + \ddot{U}Sd,P \quad [kg/d]$$

$$\ddot{U}Sd = 506,02 \text{ kg/d}$$

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 45 von 68
	5 Anhang	Version: 08

Sauerstoffbedarf für den Kohlenstoffabbau:

$$OVC = CCSB,abb,ZB + CCSB,dos - XCSB,BM - XCSB,inert,BM \quad [mg/l]$$

$$OVC = 206,55 \text{ mg/l}$$

Anteil des Sauerstoffbedarfs aus leicht abbaubarem CSB und extern dosiertem CSB für kombiniert Denitrifikation:

$$OVC,la,int = CCSB,dos * (1-YCSB,dos)$$

$$OVC,la,vorg = fCSB * CCSB,abb,ZB * (1-Y) + CCSB,dos * (1-YCSB,dos)$$

$$OVC,la = 19,28 \text{ mg/l}$$

Gesamter Sauerstoffverbrauch in der Denitrifikationszone für kombiniert Denitrifikation:

$$OVC,D,int = 0,75 * (OVC,la,int + (OVC - OVCla,int) * VD/VBB)$$

$$OVC,D,vg = 0,75 * (OVC,la,vorg + (OVC - OVCla,vorg) * VD,vg/VBB^{0,68})$$

$$OVC,D = OVC,D,int + OVC,D,vg$$

$$OVC,D = 118,97 \text{ mg/l}$$

Vergleich Sauerstoffzehrung zu Sauerstoffangebot:

$$x = \frac{OVC,D}{2,86 * SNO3,D} = 0,99$$

Schlammmasse: MTS = 8.693,51 kg

Erforderliches Gesamtvolumen: Vmin = 2.759,84 m³

Gewählte Abmessungen des Belebungsbeckens

Wassertiefe: WT = 4,72 m

Volumen: VBB = 4.654,39 m³

Volumen (pro Einwohnergleichwert): 315,19 l/EW

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 46 von 68
	5 Anhang	Version: 08

Gesamtschlammalter:	tTS	=	17,18 d
Rücklaufverhältnis bei Trockenwetter:	RV(Qt)	=	1
Trockenwetterzufluss:	Qtd	=	3.841,87 m ³ /d

Aufenthaltszeit

$$tR_{min} = \frac{VBB}{Qtd \cdot (1+RV)} = 0,61 \text{ d}$$

$$= 14,54 \text{ h}$$

Nachweis

$$BR,CSB = \frac{1327,71 \text{ kgCSB/d}}{4654,39 \text{ m}^3} = 0,285 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

$$BR,BSB5 = \frac{663,86 \text{ kgBSB5/d}}{4654,39 \text{ m}^3} = 0,143 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

$$BTS,CSB = \frac{0,285 \text{ kgCSB}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})}{3,15 \text{ kg}/\text{m}^3} = 0,091 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$$

$$BTS,BSB5 = \frac{0,143 \text{ kgBSB5}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})}{3,15 \text{ kg}/\text{m}^3} = 0,045 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$$

Säurekapazität

Säurekapazität im Zulauf:	KSo	=	8,00 mmol/l
Ammonium-N im Zulauf (0,50 * TKN):	NH4-No	=	27,99 mg/l
Ammonium-N im Ablauf:	NH4-Ne	=	2,00 mg/l
Nitrat-N im Ablauf:	NO3-Ne	=	4,00 mg/l
Aluminiumkonzentration:	Al3	=	4,51 mg/l
Gefällter Phosphor:	Po-Pe	=	3,46 mg/l

$$KSe = KSo - [0,07 \cdot (NH4No - NH4Ne + NO3Ne) + 0,06 \cdot Fe3 + 0,04 \cdot Fe2 + 0,11 \cdot Al3 - 0,03 \cdot (Po - Pe)]$$

Theoretische Säurekapazität im Ablauf:	KSe	=	2,43 mmol/l
--	-----	---	-------------

Der von der DWA vorgegebene Minimalwert der verbleibenden Säurekapazität im Ablauf der Belebungsanlage von 1,5 mmol/l wird nicht unterschritten.

Sauerstoffbedarf / Kombinierte Denitrifikation

Die Berechnung des Sauerstoffbedarfs erfolgt über eine Bilanzierung nach DWA-M 229-1.

Lastfall 0 = Bemessung

Lastfall 1 = Mittlerer Luftbedarf

Lastfall 2 = Luftbedarf für die Bemessung des Belüftungssystems

Lastfall 3 = Minimaler Luftbedarf

Lastfall 4 = Prognose

Lastfall 5 = Winter

Stickstoffbilanz

Lastfall	CTKN,ZB mg/l	SNO3,ZB mg/l	SNH4-N,AN mg/l	XorgN,BM mg/l	XorgN,inert mg/l
0	55,99	0,00	2,00	4,06	1,91
1	55,99	0,00	2,00	1,34	2,14
2	55,99	0,00	2,00	1,46	2,13
3	55,99	0,00	2,00	1,65	2,12
4	55,99	0,00	2,00	2,05	2,08
5	55,99	0,00	2,00	2,87	2,01

Parameter Biologie

Erforderliches aerobes Schlammalter:

$$t_{TS,aerob} = PF * 3,4 * 1,103^{(15-T)} \quad [d]$$

Prozessfaktor:

PF

Reaktionstemperatur:

T [°C]

Denitrifikationsverhältnis

$$VD/V_{BBmax} = 1 - t_{TS,aerob} / t_{TS}$$

SNO3,D1 : Zu denitrifizierendes Nitrat, Ablaufanforderungen

SNO3,D2 : denitrifiziertes Nitrat, aufgrund der gewählten Denitrifikationskapazität

SNO3,D3 : denitrifiziertes Nitrat, tatsächlich

VD/V2 : Denitrifikationsverhältnis, gewählt

$$SNO3,D1 = CTKN,ZB + SNO3,ZB - SorgN,AN - SNH4-N,AN - SNO3,AN - XorgN,BM \quad [mg/l]$$

$$SNO3,D2 = \text{Denitrifikationskapazität} * CCSB,ZB \quad [mg/l]$$

$$SNO3,D3 = CTKN,ZB + SNO3,ZB - SorgN,AN - SNH4-N,AN - SNO3,AN,tatsächlich - XorgN,BM$$

Nitratkonzentration im Ablauf SNO_{3,AN}, gewähltes Denitrifikationsverhältnis

$$SNO_{3,AN} = CTKN,ZB - SorgN,AN - SNH_4-N,AN - XorgN,BM - SNO_{3,D3}$$

Lastfall	Belastung	TW	TSBB	üsd	tTS	PF	tTS,aerob	tTS,aerob2
	%	°C	kg/m ³	kg/d	d		d	d
0	100,0	12,00	3,15	506,0	17,18	1,60	7,30	
1	65,0	15,00	3,15	270,0	54,30	1,60	5,44	25,49
2	100,0	20,00	3,15	419,2	34,97	1,60	3,33	16,35
3	65,0	12,00	3,15	276,7	52,98	1,60	7,30	24,58
4	100,0	15,00	3,15	439,3	33,37	1,60	5,44	15,25
5	100,0	10,00	3,15	466,9	31,40	1,60	8,88	13,86

Lastfall	VD/VBBmax	VD/V2	SNO _{3,Dist}	SNO _{3,AN}	x
	-	-	mg/l	mg/l	
0	0,575	0,575	42,01	4,00	0,99
1	0,900	0,531	44,55	3,96	1,00
2	0,905	0,533	44,44	3,96	1,00
3	0,862	0,536	44,27	3,96	1,00
4	0,837	0,543	43,89	3,96	1,00
5	0,717	0,558	43,14	3,96	1,00

Sauerstoffbedarf

Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination

$$OVC = CCSB,abb,ZB + CCSB,dos - XCSB,BM - XCSB,inert,BM \quad [mg/l]$$

$$OVd,C = \frac{Qd,konz * OVC}{1000} \quad [kgO_2/d]$$

$$XCSB,BM = \frac{(CCSB,abb,ZB * Y + CCSB,dos * YCSB,Dos)}{1 + b * tTS * FT} \quad [mg/l]$$

$$XCSB,inert,BM = 0,2 * XCSB,BM * tTS * b * FT \quad [mg/l]$$

Sauerstoffverbrauch für die Nitrifikation

$$OVd,N = \frac{Qd * 4,3 * (SNO_{3,D} - SNO_{3,ZB} + SNO_{3,AN})}{1000} \quad [kgO_2/d]$$

SNO3 Konzentration des Nitratstickstoffs mg/l
in der filtrierten Probe als N

Sauerstoffverbrauch für die Denitrifikation

$$OV_{d,D} = \frac{Q_d * 2,86 * SNO_{3,D}}{1000} \quad [kgO_2/d]$$

Sauerstoffbedarf für die verschiedenen Lastfälle OVh

$$OV_h = \frac{(OV_{d,C} - OV_{d,D}) * f_C + OV_{d,N} * f_N}{24} \quad [kgO_2/h]$$

Für die Lastfälle 2 und 3 gilt:

Lastfall 2: f_C, f_N aus Tabelle 8, A131

Lastfall 3, minimaler Sauerstoffverbrauch

$$OV_{hmin} = \frac{OV_{d,C}}{(3,92 / (t_{TS} * 1,072^{(TW-15)}) + 1,66) * 24} \quad [kgO_2/h]$$

Lastfall 3, alternativ bei signifikantem Nachtzufluss

$$OV_h = \frac{(OV_{d,C} - OV_{d,D}) * f_{C,min} + OV_{d,N} * f_{N,min}}{24} \quad [kgO_2/h]$$

Erhöhungsfaktor für intermittierende Belüftung:

$$f_{int} = \frac{1}{1 - (VD/VBB,inter - VD/VBB,vorg)}$$

Lastfall	XCSB,BM	XCSB,inert,BM	ÜSC	OVC,la	OVCD	OVC
	mg/l	mg/l	kg/d	mg/l	mg/l	mg/l
0	58,07	27,53	428,56	19,28	118,97	206,55
1	19,13	35,32	219,02	19,28	127,41	237,70
2	20,79	34,99	340,85	19,28	127,09	236,37
3	23,55	34,44	225,78	19,28	126,60	234,16
4	29,34	33,28	360,96	19,28	125,53	229,53
5	41,03	30,94	388,47	19,28	123,39	220,18

Lastfall	OVd,C	OVd,N	OVd,D	OVh	fC	fN	fint
	kgO2/d	kgO2/d	kgO2/d	kgO2/h			
0	793,52	760,16	461,64	45,50	1,00	1,00	1,74
1	593,58	520,86	318,17	33,18	1,00	1,00	1,61
2	908,10	799,57	488,28	69,22	1,10	1,50	1,62
3	584,74	517,82	316,15	32,77	1,00	1,00	1,63
3			OVhmin =	13,91			
4	881,83	790,54	482,27	49,59	1,00	1,00	1,65
5	845,89	778,17	474,04	47,92	1,00	1,00	1,69

Sauerstoffbedarf OVh, und notwendige Sauerstoffzufuhr SOTR

$$SOTR = \frac{fD * \beta_{St} * c_{S,20} * f_{St,ST}}{\alpha * f_{S,\alpha} * (fD * \beta_{\alpha} * c_{S,T} * (P_{atm}/1.013) - C_x) * \Theta^{(TW-20)}} * OVh * f_{int} \quad [kgO2/h]$$

$$fD = 1 + \frac{hD}{20.7} = 1,21$$

fD	Tiefenfaktor
β_{St}	Salzfaktor Sauerstoffsättigungswert in Reinwasser
β_{α}	Salzfaktor Sauerstoffsättigungswert unter Betriebsbedingungen
fSt,ST	Salzfaktor Belüftungskoeffizient in Reinwasser
fS, α	Salzfaktor Belüftungskoeffizient unter Betriebsbedingungen
cS,20	Sauerstoffsättigung bei 20°C [mg/l]
cS,T	Sauerstoffsättigung bei Bemessungstemperatur [mg/l]
cx	Betrieb Sauerstoffkonzentrationen [mg/l]
Θ	Temperaturfaktor, 1,024
hD	Einblastiefe

Salzfaktor	β_{St}	β_{α}	fSt,ST	fS, α
	1,00	1,00	1,00	1,00

Lastfall	tL	α	cS,T	cx	SOTR
	h/d		mg/l	mg/l	kgO2/h
0	13,80	0,85	10,78	1,50	111,42
1	14,86	0,85	10,09	1,50	75,75
2	14,82	0,65	9,10	1,50	207,49
3	14,74	0,85	10,78	1,50	31,90
4	14,57	0,65	10,09	1,50	151,07
5	14,20	0,65	11,29	1,50	148,41

Notwendige Luftmenge

$$Q_{L,N} = \frac{1000 * SOTR}{SSOTR * hD} \quad [mN3/h]$$

Umrechnung von Normbedingungen auf Ansaugbedingungen
 Atmosphärischer Druck

$$p_{atm} = \left(\frac{288 - 0,0065 * h_{geo}}{288} \right)^{5,255} * 1013,25 = 980,05 \text{ [hPa]}$$

Ansaugdruck

$$p_{1,abs} = p_{atm} - \Delta p_1$$

Sättigungsdampfdruck

$$p_s = 6,112 * \text{EXP}((17,62 * TL_1)/(243,12 + TL_1)) \quad [\text{hPa}]$$

Ansaugvolumenstrom Q1

$$Q_1 = \frac{(T_N + TL_1) * p_N * Q_{L,N}}{T_N * (p_{1,abs} - \varphi * p_s)} \quad [m^3/h]$$

Q1	Ansaugvolumenstrom	m ³ /h
TN	Normtemperatur	273,15 k
TL,1	Ansaugtemperatur, Standardwert	30°C
pN	Normluftdruck	1.013,25 hPa (1hPa = 1 mbar)
φ	relative Luftfeuchte	0,3

Lastfall	SSOTR gO2/(mN3*m)	hD m	QL,N mN3/h
0	24,00	4,42	1.050,30
1	24,00	4,42	714,06
2	24,00	4,42	1.955,99
3	24,00	4,42	300,69
4	24,00	4,42	1.424,15
5	24,00	4,42	1.399,08

Luftmenge für die Bemessung der Belüftungseinrichtung, Lastfall 2

Kapazität der gewählten Gebläse :

QL,N (pro Becken):	2.026,20 m ³ /h
QL,N (Gesamt: 1 Becken):	2.026,20 m ³ /h
Q1 (pro Becken):	2.437,85 m ³ /h
Q1 (Gesamt: 1 Becken):	2.437,85 m ³ /h

Gegendruck für die Auslegung der Gebläse Gebläseauswahl 1:	600,00 mbar
Gegendruck für die Auslegung der Gebläse Gebläseauswahl 2:	600,00 mbar

Technische Ausrüstung

Belebungsbecken

Belüftung

Verdichter: Drehkolbengebläse

Gebläse: Gebläseauswahl 1

Maschinendaten

Anzahl der Aggregate:	1 Stück
Fördermenge je Aggregat pro Becken:	1.512,00 m ³ /h
Fördermenge gesamt pro Becken:	1.512,00 m ³ /h
Fördermenge gesamt (1 Becken):	1.512,00 m ³ /h

Nennleistung:	37,00 kW
Leistungsaufnahme:	33,60 kW
Gegendruck:	600,0 mbar

Gebläse : Gebläseauswahl 2

Anzahl der Aggregate:	1 Stück
Fördermenge je Aggregat:	514,20 m ³ /h
Fördermenge gesamt pro Becken:	514,20 m ³ /h
Fördermenge Gesamt (1 Becken):	514,20 m ³ /h

Nennleistung:	15,00 kW
Leistungsaufnahme:	11,70 kW

Gegendruck:	600,0 mbar
-------------	------------

Gebälseauswahl gesamt

Fördermenge gesamt pro Becken: 2.026,20 m³/h
 Fördermenge gesamt (1 Becken): 2.026,20 m³/h

Belüftung: Membranbelüfter

Maximale Belüfterbeaufschlagung: 4,00m³/(m*h)
 Notwendige Gesamtlänge: 378,00 m
 Anzahl Belüftergitter: 14 Stück
 Anzahl Belüfterkerzen je Gitter: 27 Stück
 Effektive Belüfterlänge, je Kerze: 1,00 m
 Effektive Gesamtlänge: 378,00 m

Umwälzaggregate

Notwendiger spezifischer Energieeintrag: 3,00 W/m³
 Notwendiger Energieeintrag: 2.094,00 W

Maschinendaten

Anzahl der Aggregate: 1 Stück
 Nennleistung: 2,30 kW
 Leistungsaufnahme: 2,09 kW
 Rührwerksdurchmesser: 1.700,00 mm

5.2.6 Phosphatelimination

Ermittlung der zu fällenden Phosphatfracht

		mg/l	kg/d
P-Konzentration Zulauf	CP,Z	7,06	26,58
P-Konzentration Zulauf Belebung	CP,ZB	6,88	26,42
Biologisch gebundener Phosphor	XP,BM	1,73	6,64
Biologische P-Elimination	XP,BioP	0,69	2,66
P-Konzentration (Ablauf)	CP,AN	1,00	3,84

Zu fällender Phosphor

$$XP_{\text{Fäll}} = CP_{\text{ZB}} - CP_{\text{AN}} - XP_{\text{BM}} - XP_{\text{BioP}} \quad [\text{mg/l}]$$

BITControl	Potenzialstudie	Seite: 54 von 68
	5 Anhang	Version: 08

Zulaufende Fracht:	26,42 kg/d
In die Biomasse eingebauter Phosphor XP,BM:	0,005 kg/kg
Vermehrte biologische P-Elimination XP,bioP:	0,002 kg/kg
Ablaufende P-Fracht (1,0 mg/l):	3,84 kg/d
Zu fallende P-Fracht (Auslegung):	13,29 kg/d

Erforderliche tägliche Fällmittelmenge

Fällmittel: AlCl₃

Molverhältnis:	β	=	1,50 molAl/molP
Verhältnis der Molekulargewichte:	Al/P	=	0,87
Notwendige Aluminiummenge (Auslegung):	$PO_4\text{-P} * Al/P * \beta$	=	17,34 kg/d
Tägliche Dosiermenge (40 % Aluminiumchloridlösung):			214,12 kg/d
Dichte der Lösung:	ρ	=	1,50 kg/l
Erforderliche Aluminiumsalzmenge (Auslegung):			142,75 l/d

Überschussschlammanfall aufgrund der Phosphatelimination

$$\frac{\dot{U}_{Sd,P} = Q_{d,konz} * (3 * X_{PbioP} + (AM_{Fe}/AM_P) * \beta * 2,5 * X_{PFaellFe} + (AM_{Al}/AM_P) * \beta * 4,0 * X_{PFaellAl})}{1000} \quad [\text{kg/d}]$$

Atommasse, Fe:	AM _{Fe}	55,8 g/mol
Atommasse, Al:	AM _{Al}	27 g/mol
Atommasse, P:	AM _P	30,97 g/mol
Spezifische Schlammproduktion, Fe:		2,5 gTS/gFe
Spezifische Schlammproduktion, Al:		4,0 gTS/gAl

Spezifischer Überschussschlammanfall (gesamt):	\dot{u}_{sP}	=	0,058 kgTS/kgCSB
Spezifischer Überschussschlammanfall (biologische P-El., 3 gTS/gbioP):			0,002 kgTS/kgCSB
Täglicher Überschussschlammanfall:			77,46 kg/d
Anteil der TS am Belebtschlamm:	T _{Sp}	=	3,14 kg/m ³

Gesamte Überschussschlammproduktion:

$$\dot{U}_{Sd} = \dot{U}_{Sd,C} + \dot{U}_{Sd,P} = 506,02 \quad \text{kg/d}$$

5.2.7 Horizontal durchströmtes Nachklärbecken

Die Berechnung erfolgt nach Arbeitsblatt A131.

Abwasserzufluss			
	m ³ /d	m ³ /h	l/s
Schmutzwasser Qh	2.510,39	232,70	64,64
Fremdwasser Qf	1.255,20	52,30	14,53
Trockenwetter Qt	3.841,87	285,00	79,17
Regenwetter Qm		684,00	190,00
Trübwasser	76,28	9,53	2,65

Maximale Schlammvolumenbeschickung:	qSVmax =	500,0 l/(m ² *h)
Schlammvolumenindex:	ISV =	120,0 ml/g
Rücklaufverhältnis:	RV =	0,75
Eindickzeit:	tE =	2,00 h
Räumfaktor:	fR =	0,70
Vergleichsschlammvolumen:	VSV = TSBB * ISV =	378,0 ml/l

$$TSBB = \frac{RV * TSRS}{1 + RV}$$

Trockensubstanzkonzentration:	TSBB =	3,15 kg/m ³
TS-Konzentration an der Beckensohle:	TSBS =	10,50 kg/m ³
TS-Konzentration im Rücklaufschlamm:	TSRS =	7,35 kg/m ³

Berechnung der Oberfläche

Maximale Flächenbeschickung: qAmax

$$qA = \frac{qSV}{TSBB * ISV}$$

$$qA = \frac{500}{3,15 * 120}$$

$$qAmax = 1,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

Erforderliche Oberfläche:	ANB,theo =	524,28 m ²
Erforderlicher Durchmesser Mittelbauwerk:	dMB =	4,31 m
Erforderliche Gesamtoberfläche:	ANBmin =	14,56 m ²
Erforderlicher Durchmesser:	DNBmin =	26,19 m

Gewählte Abmessungen

Gewählter Durchmesser:	DNB	=	43,50 m
Gewählter Durchmesser Mittelbauwerk:	dMB	=	5,00 m
Gewählte Gesamtoberfläche:	ANBges	=	1.486,17 m ²
Gewählte Oberfläche Nachklärbecken:	ANB	=	1.466,54 m ²
Einlaufhöhe:	he	=	1,80 m
Tatsächliche Schlammvolumenbeschickung:	qSV	=	179 l/(m ² *h)
Tatsächliche Flächenbeschickung:	qA	=	0,47 m/h

Berechnung der Wassertiefe

Klarwasserzone:

$$h1 = \text{const.} = 0,50 \text{ m}$$

Übergangs- und Pufferzone:

$$h23 = qA * (1+RV) * [500 / (1000 - VSV) + VSV / 1100] = 0,95 \text{ m}$$

Rücklaufverhältnis:

$$RV = 0,75$$

TS-Konzentration im Rücklaufschlamm:

$$TSRS = 7,35 \text{ kg/m}^3$$

TS-Konzentration an der Beckensohle:

$$TSBS = 10,50 \text{ kg/m}^3$$

Eindickzeit:

$$tE = 2,00 \text{ h}$$

Maximale TS-Konzentration im Belebungsbecken:

$$TSBB_{\text{max}} = 3,15 \text{ kg/m}^3$$

Eindickzone:

$$h4 = \frac{TSBB_{\text{max}} * qA * (1+RV) * tE}{TSBS} = 0,50 \text{ m}$$

Erforderliche Gesamthöhe:

$$1,95 \text{ m}$$

Gewählte Gesamthöhe:

$$2,11 \text{ m}$$

Tatsächliche Höhe der Klarwasserzone:

$$0,66 \text{ m}$$

Neigung der Beckensohle:

$$3,8^\circ$$

Mindesttiefe am Beckenrand:

$$HR = 1,69 \text{ m}$$

Gesamthöhe am Mittelbauwerk:

$$HM = 2,96 \text{ m}$$

Volumen (ohne Einlaufdüker):

$$VNB = 3.184,44 \text{ m}^3$$

Nachweis der Aufenthaltszeit:

$$VNB / Q_m = 4,59 \text{ h}$$

Technische Ausrüstung

Nachklärbeckenlauf

Durchmesser des Mittelbauwerkes:		5,00 m
Einlauftiefe:	he	1,80 m
Fließgeschwindigkeit im Zulaufrohr:		1,00 m/s
Durchflussmenge im Zulaufrohr:	$Q_e = Q_m * (1+RV)$	1.213,69 m ³ /h
Durchmesser Zulaufrohr:		655,17 mm

In das Einlaufbauwerk eingetragene Leistung PE

Dichte des Belebtschlammes:	ρ_0	= 1.001,00 kg/m ³
	PE	= 168,74 Nm/s

Turbulente Scherbeanspruchung G

Volumen Einlaufbauwerk:	VE	= 35,34 m ³
Dynamische Viskosität des belebten Schlammes:	η	= 0,0013 Ns/m ²
G-Wert (40 - 80 1/s):	$(PE / \mu / VE)^{0,5}$	= 60,60 1/s

Eingeleitete Energie FD

Höhe Einlaufspalt:	hES	= 350,00 m
Umfang Mittelbauwerk:	UMB	= 15,71 m
Fläche Einlaufspalt:	AES	= 5,50 m ²
Geschwindigkeit im Einlaufspalt:	u	= 6,13 m/s
Froudezahl (ca. 1):	$u / ((\rho_0 - \rho) / \rho * g * h)^{0,5}$	= 1,05 1/s

Rücklaufschlammstrom

Differenz Einlauf zur Trichterspitze:	hRS	= 1,16 m
Rücklaufschlammstrom bei RV= 1:	QRS	= 693,53 m ³ /h
Rücklaufschlammstrom:	QRS	= 520,15 m ³ /h
Strömungsgeschwindigkeit unter dem MB:	VRS	= 0,80 cm/s

Ablaufrinne mit einseitigem Überfall

Rinnenlänge bei 0,50 Meter Abstand von der Wand:	Länge	= 133,52 m
Wehrbelastung (Trockenwetter):	$(Q_t / (1 * \text{Länge}))$ m ³ /(m*s)	= 2,16
		0,60 l/(m*s)
Wehrbelastung (Regenwetter):	$(Q_m / (1 * L\text{-Rinne}))$	= 5,19 m ³ /(m*s)
		1,44 l/(m*s)

Ablaufrohr

Fließgeschwindigkeit: 1,0 m/s
 Durchmesser des Ablaufrohres: 495 mm

5.2.8 Rücklaufschlammumpwerk

Abwasserzufluss			
	m ³ /d	m ³ /h	l/s
Schmutzwasser Qh	2.510,39	232,70	64,64
Fremdwasser Qf	1.255,20	52,30	14,53
Trockenwetter Qt	3.841,87	285,00	79,17
Regenwetter Qm		684,00	190,00
Trübwasser	76,28	9,53	2,65

Bemessungswerte

Maximales Rücklaufverhältnis bei Regenwetter: 1,00
 Maximaler Rücklaufschlammförderstrom bei Regenwetter: 684,00 m³/h
 Maximales Rücklaufverhältnis bei Trockenwetter: 1,80
 Maximaler Rücklaufschlammstrom bei Trockenwetter: 513,00 m³/h

5.2.9 Überschussschlamm

Täglicher Überschussschlammfall (Biologie): 58,31 m³/d
 Täglicher Überschussschlammfall (Phosphatfällung): 10,54 m³/d
 Täglicher Überschussschlammfall (gesamt): 68,85 m³/d
 Feststoffkonzentration: 7,35 kg/m³

5.3 Belastung Bitburg-Ost

spez. Fracht 120,00 g/E/d

Datum	CSB Z	Zulauf	Fracht	Einwohner
	mg/l	m3/d	kg/d	E
04.01.2019	246,00	2.739,41	673,89	5.615,79
08.01.2019	239,00	6.469,31	1.546,16	12.884,71
15.01.2019	216,00	4.181,96	903,30	7.527,53
24.01.2019	588,00	2.688,02	1.580,56	13.171,29
31.01.2019	292,00	5.344,14	1.560,49	13.004,08
05.02.2019	236,00	5.501,24	1.298,29	10.819,10
13.02.2019	242,00	9.154,91	2.215,49	18.462,40
19.02.2019	305,00	4.298,58	1.311,07	10.925,56
25.02.2019	336,00	2.873,62	965,54	8.046,15
06.03.2019	298,00	7.340,34	2.187,42	18.228,52
11.03.2019	185,00	7.657,99	1.416,73	11.806,06
20.03.2019	235,00	5.176,53	1.216,48	10.137,37
26.03.2019	190,00	3.350,85	636,66	5.305,52
02.04.2019	311,00	2.757,21	857,49	7.145,78
11.04.2019	368,00	3.299,02	1.214,04	10.117,00
15.04.2019	403,00	2.994,20	1.206,66	10.055,52
24.04.2019	403,00	5.744,18	2.314,91	19.290,88
29.04.2019	323,00	3.609,30	1.165,80	9.715,03
07.05.2019	456,00	2.172,38	990,60	8.255,04
14.05.2019	251,00	3.283,66	824,20	6.868,31
21.05.2019	328,00	2.810,59	921,87	7.682,28
27.05.2019	375,00	2.907,94	1.090,48	9.087,30
03.06.2019	387,00	2.145,05	830,13	6.917,78
11.06.2019	358,00	2.119,88	758,92	6.324,31
17.06.2019	441,00	1.848,36	815,12	6.792,71
25.06.2019	380,00	1.853,45	704,31	5.869,25
02.07.2019	583,00	1.706,45	994,86	8.290,51
08.07.2019	352,00	1.753,19	617,12	5.142,69
17.07.2019	329,00	1.758,68	578,60	4.821,71
24.07.2019	354,00	1.552,20	549,48	4.578,99
29.07.2019	215,00	5.051,51	1.086,08	9.050,63
06.08.2019	345,00	3.336,93	1.151,24	9.593,69
12.08.2019	237,00	3.943,29	934,56	7.788,00
20.08.2019	260,00	2.688,63	699,04	5.825,36
27.08.2019	479,00	1.813,63	868,73	7.239,40
05.09.2019	408,00	1.784,11	727,92	6.065,97
11.09.2019	373,00	1.948,76	726,89	6.057,38

17.09.2019	458,00	1.847,87	846,32	7.052,69
24.09.2019	300,00	3.784,89	1.135,47	9.462,22
30.09.2019	127,00	5.837,54	741,37	6.178,07
09.10.2019	169,00	10.712,85	1.810,47	15.087,26
15.10.2019	296,00	5.986,58	1.772,03	14.766,89
23.10.2019	181,00	4.520,64	818,24	6.818,63
28.10.2019	218,00	3.357,08	731,84	6.098,69
04.11.2019	143,00	12.447,64	1.780,01	14.833,44
12.11.2019	204,00	6.535,11	1.333,16	11.109,68
19.11.2019	249,00	7.531,51	1.875,35	15.627,89
25.11.2019	267,00	3.198,68	854,05	7.117,05
03.12.2019	232,00	3.917,10	908,77	7.573,07
11.12.2019	90,70	14.743,23	1.337,21	11.143,43
17.12.2019	233,00	10.997,47	2.562,41	21.353,42
23.12.2019	125,00	8.662,59	1.082,82	9.023,53
				9.572,22

Stufe	Straße	Maschine	E (kWh)	Bh	Methode
Regenbecken			1.212,14		
Regenbecken		Regenwasserschnecke 1	648,08	168,33	Betriebsstunden
Regenbecken		Regenwasserschnecke 2	537,14	139,52	Betriebsstunden
Regenbecken		Regenbeckenräumer Fahrtrieb 1 und 2	26,92	96,15	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung			45.223,76		
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage		4.136,89		
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Rechengutpresse	972,23	925,93	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Rechengutwaschpresse	769,86	366,60	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Motor Abstreifwalze Filterrechen	180,93	172,32	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Motor Antrieb Filterrechen	90,47	172,32	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Antrieb Bürste Filterrechen	164,31	156,48	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Filterrechen Antrieb Waschpresse	0,00	0,00	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Druckerhöhung Huber Rechen	687,85	893,32	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Greiferrechen Antrieb Förderschnecke	0,00	0,00	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Rechenanlage	Siebrechen	1.271,23	1.210,70	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang		35.936,06		
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Sandklassierer	0,03	0,10	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Sandfangräumer	917,53	8.738,37	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Sandfangpumpe	1.466,85	952,50	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Sandfanggebläse 1	18.521,77	4.810,85	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Sandfanggebläse 2	15.029,89	3.903,87	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Sandfang	Fettfangpumpe	0,00	0,00	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung		5.150,82		
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	Antrieb Räumer Vorklärbecken 1+ 2	1.061,50	3.791,07	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	VKB Räumer Querbühne	0,00	0,05	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	Frischschlammpumpe 1	226,45	37,62	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	Frischschlammpumpe 2	2.108,77	547,73	Betriebsstunden

Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	Tauchpumpe ÜSS	942,73	561,15	Betriebsstunden
Mechanische Vorreinigung	Vorklärung	Zentratwasserpumpe	811,36	482,95	Betriebsstunden
Rezirkulation			15.284,88		
Rezirkulation		Rezirkulationspumpe 1	15.284,88	8.734,22	Betriebsstunden
Rezirkulation		Rezirkulationspumpe 2	0,00	0,00	Betriebsstunden
Umwälzung BB			22.010,23		
Umwälzung BB		Rührwerk Kaskade 1	5.502,56	8.734,22	Betriebsstunden
Umwälzung BB		Rührwerk Kaskade 2	5.502,56	8.734,22	Betriebsstunden
Umwälzung BB		Rührwerk Kaskade 3	5.502,56	8.734,22	Betriebsstunden
Umwälzung BB		Rührwerk Kaskade 4	5.502,56	8.734,22	Betriebsstunden
Rücklaufschlamm			15.844,82		
Rücklaufschlamm		Rücklaufschlammschnecke 1	15.844,82	8.729,17	Leistungsmessung
Rücklaufschlamm		Rücklaufschlammschnecke 2	0,00	0,00	Betriebsstunden
Überschussschlamm			1.591,58		
Überschussschlamm		Exenterschneckenpumpe 1	57,93	37,62	Betriebsstunden
Überschussschlamm		Exenterschneckenpumpe 2	1.533,65	547,73	Betriebsstunden
Nachklärung			18.828,97		
Nachklärung		NKB Räumer Fahrtrieb	6.709,32	8.713,40	Betriebsstunden
Nachklärung		NKB Räumer Pumpe 1 Skimirne	1,62	1,22	Betriebsstunden
Nachklärung		NKB Räumer Pumpe 2 Skimirne	11.620,92	8.737,53	Betriebsstunden
Nachklärung		NKB Räumer Rinnenreinigungsgerät	497,11	946,88	Betriebsstunden
Gebälsestation			138.254,36		
Gebälsestation		Gebälse 1	4.015,55	104,30	Betriebsstunden
Gebälsestation		Gebälse 2	0,00	0,00	Betriebsstunden
Gebälsestation		Gebälse 3	134.238,81	6.785,52	Leistungsmessung
Phosphatfällung			1.094,57		
Phosphatfällung		Pumpe 1 PO4-Fällung	0,03	0,20	Betriebsstunden
Phosphatfällung		Pumpe 2 PO4-Fällung	1.094,55	8.686,87	Betriebsstunden

Schlammbehandlung			63.864,34		
Schlammbehandlung	Fettspeicher		223,05		
Schlammbehandlung	Fettspeicher	Fettspeicher Substratpumpe	90,30	43,00	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Fettspeicher	Krählwerk Fettbunker	66,45	527,42	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Fettspeicher	Matzerator Fettspeicher	66,30	43,05	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Fettspeicher	Kellerentwässerungspumpe	0,00	0,02	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Faulturm		33.430,32		
Schlammbehandlung	Faulturm	Schwimmdeckenverhinderer FT 1	0,00	0,00	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Faulturm	Schwimmdeckenverhinderer FT 2	0,00	0,00	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Faulturm	Umwälzpumpe 1	0,00	0,00	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Faulturm	Umwälzpumpe 2	33.430,32	8.683,20	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Schlammeindickung		30.210,97		
Schlammbehandlung	Schlammeindickung	Aufgabepumpe neu	63,20	37,62	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Schlammeindickung	Aufgabepumpe alt	920,19	547,73	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Schlammeindickung	Mazerator Seepex	66,30	43,05	Betriebsstunden
Schlammbehandlung	Schlammeindickung	Dekanter	29.161,28	8.737,53	Leistungsmessung
Brauchwasser			4.574,81		
Brauchwasser		Kompressor Brauchwasser	0,00	0,00	Betriebsstunden
Brauchwasser		Pumpe Eigenwasserversorgung	4.574,81	2.178,48	Betriebsstunden
Verbrauch Maschinen			327.784,47		
Sonstige Verbraucher			94.203,13		
Verbrauch			421.987,60		

5.4 Kostenschätzung Modernisierung Elektrotechnik

	Bezeichnung	Anzahl	EP	GP
1	Demontagen			
1.1	Demontage Schaltschrankfelder	9	500,00	4.500,00
1.2	Demontage Verteiler	1	100,00	100,00
1.3	Demontage Steuerschrank	1	200,00	200,00
1.4	Demontage Mosaik	1	5.000,00	5.000,00
1.5	Demontage Doppelboden	1	2.000,00	2.000,00
1.6	Demontage Aufputz Installation	1	1.000,00	1.000,00
1.7	Versetzen Kompensation	1	500,00	500,00
1.8	Versetzen Zählerschrank	1	500,00	500,00
				13.800,00
2	Erstellung Schaltraum			
2.1	Statik Betrachtung	1	1.500,00	1.500,00
2.2	Durchbrüche	1	2.500,00	2.500,00
2.3	Doppelboden, Ausgleichsarbeiten	1	18.000,00	18.000,00
2.4	Gebäudeeintritt, Rahmen	1	3.500,00	3.500,00
2.5	Herstellung Trockenwand, Türe	1	2.500,00	2.500,00
2.6	Klimatisierung	1	8.000,00	8.000,00
2.7	Verlegesystem Innen	1	10.000,00	10.000,00
2.8	Brandmeldeanlage	1	5.000,00	5.000,00
				51.000,00
3	Automatisierungstechnik			
3.1	SIMATIC S7-1500, CPU 1515-2 PN	1	2.795,00	2.795,00
3.2	Kommunikationsmodul RS232	1	494,00	494,00
3.3	Analogeingabemodul AI 8	6	715,00	4.290,00
3.4	Analogausgabemodul AA 8	6	325,00	1.950,00
3.5	Digitaleingabemodul DI 32xDC 24V	8	377,00	3.016,00
3.6	Digitalausgabemodul, DO 32xDC 24V	8	461,50	3.692,00

3.7	SIMATIC ET 200MP PROFINET IO-DEVICE	2	351,00	702,00
3.8	Kleinteile und Zubehör	1	500,00	500,00
3.9	Anwendersoftware SPS	1	20.000,00	20.000,00
				37.439,00

4	Vernetzung/Kommunikation			
4.1	16 Port Switch PN	1	780,00	780,00
4.2	8 Port Switch ETH	1	650,00	650,00
4.3	Störmelder wieder verwenden	1	100,00	100,00
4.5	Verkabelung	1	500,00	500,00
				2.030,00

5	Schaltanlage			
5.1	Schaltschrank B800 x H2.000 x T600 Eintürig, einschließl. Sockel	8	1.440,00	11.520,00
5.2	Schaltschrank B600 x H2.000 x T600 Eintürig, einschließl. Sockel	5	1.320,00	6.600,00
5.3	Eckfeld B600 x H2.000 x T600 einschließlich Sockel	1	1.320,00	1.320,00
5.4	Trennwand	5	120,00	600,00
5.5	Seitenteil	2	120,00	240,00
5.6	Innenbeleuchtung LED	13	150,00	1.950,00
5.7	60mm - Sammelschienensystem	12	240,00	2.880,00
5.8	Filterlüfter	7	144,00	1.008,00
5.9	Austrittsfilter	7	48,00	336,00
5.10	Innentemperaturregler	4	36,00	144,00
5.11	Zählerwandlerschrank B700 x H1.100 entsprechend TAB Westnetz montiert im Einspeisefeld	1	2.500,00	2.500,00
5.12	Abstimmung WESTNETZ, Zähler beantragen	1	650,00	650,00
5.13	4-poliger, modularer ÜS-Ableiter	1	520,00	520,00
5.14	Netzüberwachung	1	130,00	130,00
5.15	Leistungsschalter 250A	1	2.340,00	2.340,00
5.16	Lastumschalter 4polig 250A für Notstromeinspeisung	1	1.170,00	1.170,00
5.17	Steuerspannung 230V AC	1	1.040,00	1.040,00

5.18	Steuerspannung 24V DC, akkugepuffert	1	1.040,00	1.040,00
5.19	Frequenzumformer 3kW	3	960,00	2.880,00
5.20	Frequenzumformer 4kW	3	1.020,00	3.060,00
5.21	Sinusfilter für Frequenzumformer	2	480,00	960,00
5.22	Motorabgang bis 4 kW	30	220,00	6.600,00
5.23	Motorabgang bis 7,5 kW	5	275,00	1.375,00
5.24	Motorabgang bis 11 kW	5	385,00	1.925,00
5.25	Motorabgang bis 18,5 kW	5	550,00	2.750,00
5.26	Kompensation, mit Regler für 6 Stufen und Verdrosselung	1	4.500,00	4.500,00
5.27	Langzeitmessung	1	1.500,00	1.500,00
5.28	Ausrüstung, Schütze, Sicherungen, Hilfsmaterial usw.	5	3.000,00	15.000,00
5.29	Universalmeßgerät	5	780,00	3.900,00
5.30	Wirkleistungszähler bis 63 A	15	230,00	3.450,00
5.31	Wandlermessungen	12	240,00	2.880,00
5.32	Not-Aus	3	1.800,00	5.400,00
5.33	Vorortsteuerstelle Leitwarte	22	225,00	4.950,00
5.34	Rollenzählwerk	23	39,00	897,00
5.35	Umrichter IP54 Gebläse xy kw	2	5.000,00	10.000,00
5.36	Umrichter IP54 Gebläse xy kw	1	3.000,00	3.000,00
5.37	Provisorium Umschluss	1	3.500,00	3.500,00
				114.515,00
6	Außenanlage			
6.1	Verlegesystem	1	5.000,00	5.000,00
6.2	Ringraumdichtung	7	150,00	1.050,00
6.3	Schaltschrank Räumler	3	2.500,00	7.500,00
				13.550,00
7	Haustechnik			
7.1	Beleuchtung Ex	5	192,00	960,00
7.2	Lichtschalter AP Ex	3	144,00	432,00
7.3	Abzweigdosen Ex	5	72,00	360,00
7.4	Beleuchtung	1	500,00	500,00
7.5	Wandkonvektor 2 kW	1	360,00	360,00
7.6	Verkabelung Haustechnik	1	300,00	300,00

7.7		Verlegesystem halogenfrei	1	300,00	300,00
					3.212,00
8	Sonstiges				
8.1		Verkabelung halogenfrei	1	15.000,00	15.000,00
8.2		Überspannungsschutz	1	3.000,00	3.000,00
8.3		Erdung	1	8.000,00	8.000,00
8.4		Pflichtenheft	1	2.500,00	2.500,00
8.5		Dokumentation und Inbetriebnahme	1	3.500,00	3.500,00
8.6		Werkplanung ET	1	4.500,00	4.500,00
8.7		Werkplanung, Konzept Kabelführung	1	1.500,00	1.500,00
					38.000,00
9	Fällmitteldosierung				
9.1		Erneuerung Fällmitteldosierung	1	12.500,00	12.500,00
					12.500,00
10	Messtechnik				
10.1		Analysemesstechnik	1	30.000,00	30.000,00
10.2		Niveau Messtechnik	2	900,00	1.800,00
10.3		Durchfluss Messtechnik	2	1.600,00	1.600,00
10.4		Druck Messtechnik	2	500,00	500,00
					33.900,00
11	Kabelwege				
11.1		Asphaltbefestigung trennen und aufnehmen	1	6.000,00	6.000,00
11.2		Leitungsgraben herstellen, Zulage Handarbeit	1	12.500,00	12.500,00
11.3		Rohrbettung, Leerrohre, Trassenwarnband	1	7.500,00	7.500,00
11.4		Kabelzugschacht	5	1.500,00	7.500,00
11.5		Asphaltbefestigung wiederherstellen, Fugen	1	2.500,00	2.500,00
11.6		Lastplattendruckversuch	1	1.500,00	1.500,00
					37.500,00

