



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Potenzialstudie

Kläranlage Oberes Trierbachtal (Bauler)

Abwasserzweckverband Oberes Trierbachtal

Auftraggeber : Abwasserzweckverband Oberes Trierbachtal
Dauner Straße 22
53539 Kelberg

Datum : 10.02.2021

Projekt-Nr. : 20 072

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung.....	3
1. Vorbemerkung	4
2. Bestandsaufnahme	4
2.1 Aufnahme der Bestandssituation der Kläranlage.....	4
2.1.1 Angeschlossene Einwohnerwerte und Alter der Anlage	6
2.1.2 Kurzdarstellung des Reinigungsverfahrens	6
2.1.3 Produzierte Faulgasmenge und Nutzung	12
2.1.4 Art der Schlammentsorgung.....	12
2.1.5 Anfallende und entsorgte Schlammengen.....	12
2.1.6 Grad der Automatisierung der Anlagen	12
2.1.7 Sanierungsbedarf von Bau-, Maschinen- und EMSR-Technik.....	13
2.1.8 Lokale Rahmenbedingungen	13
2.1.9 Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen	15
2.2 Sensor-/Messtechnik und Kontrolle der Abwasserqualität.....	16
2.3 Personalsituation	17
2.3.1 Weiterbildungsbedarf	17
2.3.2 Darstellung der Qualität der Betriebsführung der Anlage	17
2.3.3 Teilnahme an Benchmarks der Verbände	18
2.3.4 Relevanz und Knowhow zum Energieverbrauch	18
2.4 Beabsichtigte Planungen.....	18
2.5 Analyse des Energieverbrauchs.....	19
2.5.1 Aufnahme aller wichtigen Stromverbraucher (geordnet nach Anlagenteilen).....	19
2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten.....	20
2.5.3 Wärmebedarf auf der Anlage	24
2.6 Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz	25
2.7 Zusammenfassung aktuelle energetische Situation.....	25
2.8 Bewertung anhand energetischer Beurteilungskriterien und Ermittlung spezifischer Kennzahlen	26
2.8.1 Idealwertbestimmung nach DWA-A 216.....	26
2.9 Gegenüberstellung von verbrauchter und erzeugter Energie	28
2.9.1 Eigenversorgungsgrad Strom.....	28
2.9.2 Eigenversorgungsgrad Wärme.....	28
3. Potenzialanalyse	29
3.1 Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienzpotenziale	29
3.1.1 Identifizierung von Ansatzpunkten.....	29
3.1.2 Ansätze zur Nutzung Erneuerbarer Energie	32
3.1.3 Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen durch Digitalisierung und Energiemanagementsysteme.....	33

3.2	Definition von kurz-, mittel- und langfristigen Einspar- und Versorgungszielen	33
3.3	Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele	33
4.	Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung.....	34
4.1	Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen.....	34
4.2	Detaillierte Beschreibung möglicher Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen, von Maßnahmen zur klimafreundlichen Betriebsoptimierung und zur effizienten und klimaschonenden Energieerzeugung	34
4.2.1	Erneuerung der Belüftung	35
4.2.2	Neubau Vorklämung und Umstellung auf Faulung	37
4.2.3	Klärschlammverwertung im Verbund.....	40
4.2.4	Erneuerung Zwischenpufferentleerungspumpen	42
4.2.5	Implementierung eines Energiemanagements	42
4.2.6	Erneuerung der mechanischen Vorreinigung	43
4.2.7	Errichtung von PV-Module zur Eigenstromerzeugung	43
4.2.8	Umstellung der Heizung des Betriebsgebäudes	44
4.3	Umsetzungsfahrplan (Priorisierung/Zeitplanung/Akteure).....	45
4.4	Entwicklung geeigneter Indikatoren für die Erfolgskontrolle der Maßnahmen.....	45
4.5	Vorplanung der kurzfristig und mittelfristig umsetzbaren Maßnahmen.....	46
4.6	Prüfung der Sicherstellung der Mindestziele	53
4.6.1	Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme	53
4.6.2	Spezifischer jährlicher Strombedarf der gesamten Anlage (inkl. lokal umgewandelter Energie)	54

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: entsorgte Schlammengen (2017-2019)	12
Tab. 2: Kenndaten umliegende Kläranlagen	15
Tab. 3: Zusammenstellung der wichtigsten Stromverbraucher	19
Tab. 4: Aufteilung Stromverbrauch auf die Abwasserreinigungsstraßen	20
Tab. 5: Zusammenstellung Stromverbräuche Teich-Abwasserbehandlungsstraße (Jahr 2019)	21
Tab. 6: Zusammenstellung Stromverbräuche SBR-Abwasserbehandlungsstraße (Jahr 2019)	22
Tab. 7: Zusammenstellung spezifischer Stromverbräuche und Idealwerte (Betriebsjahr 2019; normiert auf 7.599 EW)	26
Tab. 8: Gegenüberstellung Stromverbrauch und Stromerzeugung (Jahr 2019).....	28
Tab. 9: Energetische Effekte bei Neubau Vorklärung und Umstellung auf Faulung.....	39
Tab. 10: Schlammengen Satellitenanlagen Klärschlammverwertung im Verbund	40
Tab. 11: Transportaufwand Satellitenanlagen Klärschlammverwertung im Verbund ...	41
Tab. 12: Energetische Effekte bei der Klärschlammverwertung im Verbund	41
Tab. 13: Investitionskosten Erneuerung der Belüftung	47
Tab. 14: Investitionskosten Verfahrensumstellung auf Faulung	49
Tab. 15: Investitionskosten Klärschlammverwertung im Verbund	51
Tab. 16: Investitionskosten Erneuerung Zwischenpufferentleerungspumpen	51
Tab. 17: Investitionskosten Implementierung Energiemanagement	52
Tab. 18: Investitionskosten Erneuerung mechanische Vorreinigung	52
Tab. 19: Deckungsquote des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien.....	53

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Standort der Kläranlage Oberes Trierbachtal	5
Abb. 2: Luftbild Kläranlage Oberes Trierbachtal	5
Abb. 3: Trommelsiebrechen	7
Abb. 4: Sandabsetzcontainer	7
Abb. 5: Belüfteter Teich	7
Abb. 6: Zwischenpufferbehälter	8
Abb. 7: Gebläse	9
Abb. 8: Schlauchbelüfter bei Installation und Rührwerk SBR-Behälter	9
Abb. 9: Verfahrensschema KA Oberes Trierbachtal.....	11
Abb. 10: Jahresgang mittlere Zulaufbelastung (Teich und SBR; 2016-2019)	14
Abb. 11: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2019)	23
Abb. 12: Wärmebedarf KA Bauler (2010-2019).....	24
Abb. 13: Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren [DWA A-216].....	29
Abb. 14: Spezifischer Stromverbrauch der Belüftung [DWA-A 2016]	30
Abb. 15: Retrospektive Stromverbrauch (nach Abwasserbehandlungsstraßen)	34
Abb. 16: Zeitplan der kurzfristigen und mittelfristigen Maßnahmen	45
Abb. 17: Verfahrensschema nach den Maßnahmen	50

Kurzfassung

Die Kläranlage Oberes Trierbachtal (Bauler, Rheinland-Pfalz) besteht aus zwei Abwasserreinigungsstraßen mit einer Gesamtausbaugröße von 9.400 EW. Die Abwasserreinigung erfolgt aufgrund der unterschiedlichen Abwassercharakteristik des Einzugsgebiets über zwei Reinigungsstraßen mit unterschiedlichen Abwasserreinigungsverfahren. Die kommunalen Abwässer aus dem im Mischsystem entwässerten Einzugsbereich werden einer Teich-Abwasserreinigungsstraße zugeführt. Der im Trennsystem gesammelten höher belasteten Abwässer aus dem Einzugsbereich des Nürburgrings werden mit einer separaten Rohrleitung zur Kläranlage geführt und in einer SBR-Abwasserreinigungsstraße gereinigt.

Der Stromverbrauch im Jahr 2019 betrug 406.760 kWh. Es wurde keine Energie selbst erzeugt, so dass der Bedarf vollständig fremdbezogen wurde.

Bei der aktuellen mittleren Belastung mit 7.599 EW berechnet sich der spezifische Energieverbrauch zu **53,53 kWh/(EW·a)**.

Es wird beabsichtigt Förderanträge für folgende Förderschwerpunkte (KRL) zu stellen:

- Erneuerung der Belüftungseinrichtung
- Neubau einer Vorklärung und Verfahrensumstellung auf Faulung
- Erneuerung von Pumpen und Motoren
- Klärschlammbehandlung im Verbund
- Energiemanagementsysteme

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

Maßnahme	Einsparung/Erzeugung	Investitionskosten und Zeitpunkt der Fördermittelbeantragung
Erneuerung der Belüftungseinrichtung	178.815 kWh _{el} /a	788.000,00 € (2. Quartal 2022)
Neubau eines Vorklärbeckens und Umstellung auf Faulung	88.805 kWh _{el} /a 18.935 kWh _{th} /a	2.389.000,00 € (2. Quartal 2022)
Erneuerung von Pumpen und Motoren	2.212 kWh _{el} /a	27.000,00 € (2. Quartal 2022)
Klärschlammbehandlung im Verbund	29.658 kWh _{el} /a 30.080 kWh _{th} /a	901.000,00 € (2. Quartal 2022)
Implementierung eines Energiemanagements		55.000,00 € (2. Quartal 2024)

Nach Umsetzung dieser und weiterer Maßnahmen entspricht der spezifische Energieverbrauch **32,03 kWh/(EW·a)**. Aufgrund des eigen erzeugten Stroms reduziert sich der Fremdstrombezug nach Umsetzung der Maßnahmen auf nur noch **11,82 kWh/(EW·a)**, woraus sich ein Deckungsgrad von **63 %_{el}** ergibt (91 % elektrisch und thermisch).

1. Vorbemerkung

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

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

Die Gliederung dieser Potenzialstudie bzw. deren inhaltliche Ausgestaltung basiert auf den konkreten Vorgaben gemäß Vorhabensbeschreibung für den Förderschwerpunkt *2.6.2 Potenzialstudie Abwasserbehandlungsanlage (PTJ, Version: 12/2019)*. Ergänzend wurden konkretisierende Vorgaben des *Hinweisblatts für strategische Förderschwerpunkte (Stand: 1. Januar 2020)* berücksichtigt.

2. Bestandsaufnahme

2.1 Aufnahme der Bestandssituation der Kläranlage

Die Kläranlage Oberes Trierbachtal (Bauler) ist eine Kläranlage des Abwasserzweckverbandes Oberes Trierbachtal, der Betrieb erfolgt durch die Verbandsgemeindewerke Kelberg in Rheinland-Pfalz. Die Kläranlage ist an einem Wirtschaftsweg zwischen Müllbach und Bauler, in der Nähe des Nürburgrings gelegen.

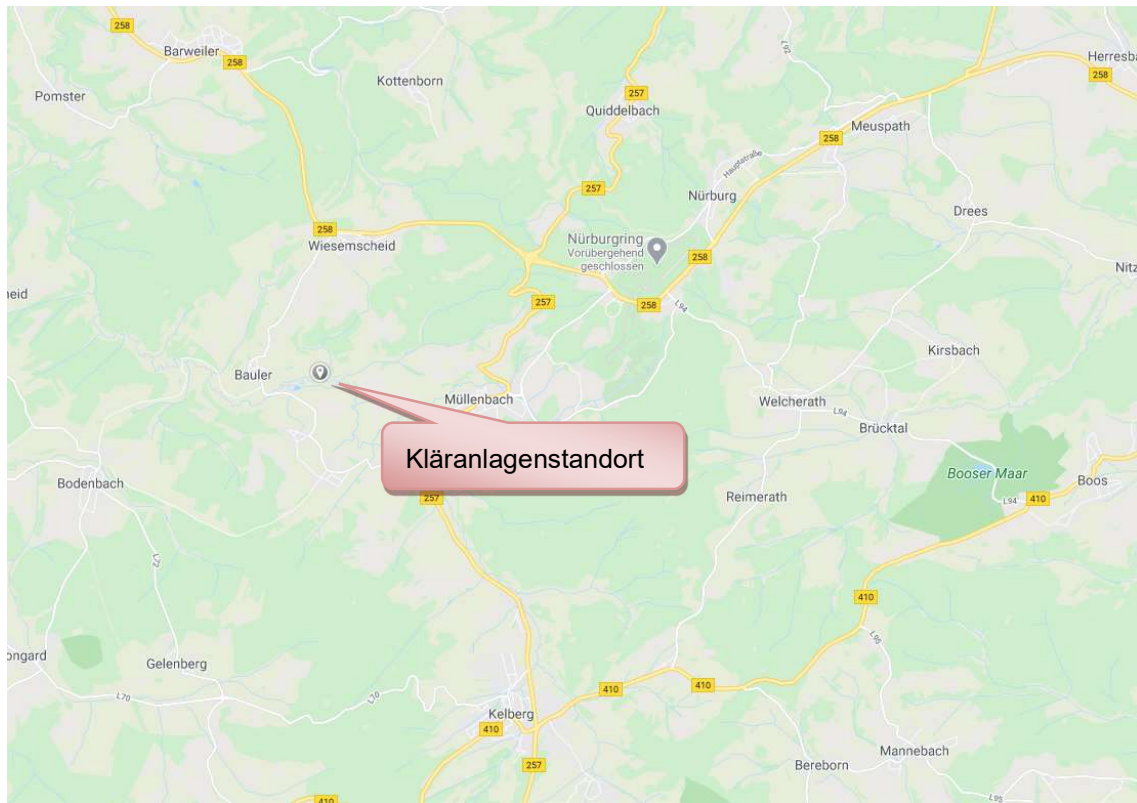


Abb. 1: Standort der Kläranlage Oberes Trierbachtal

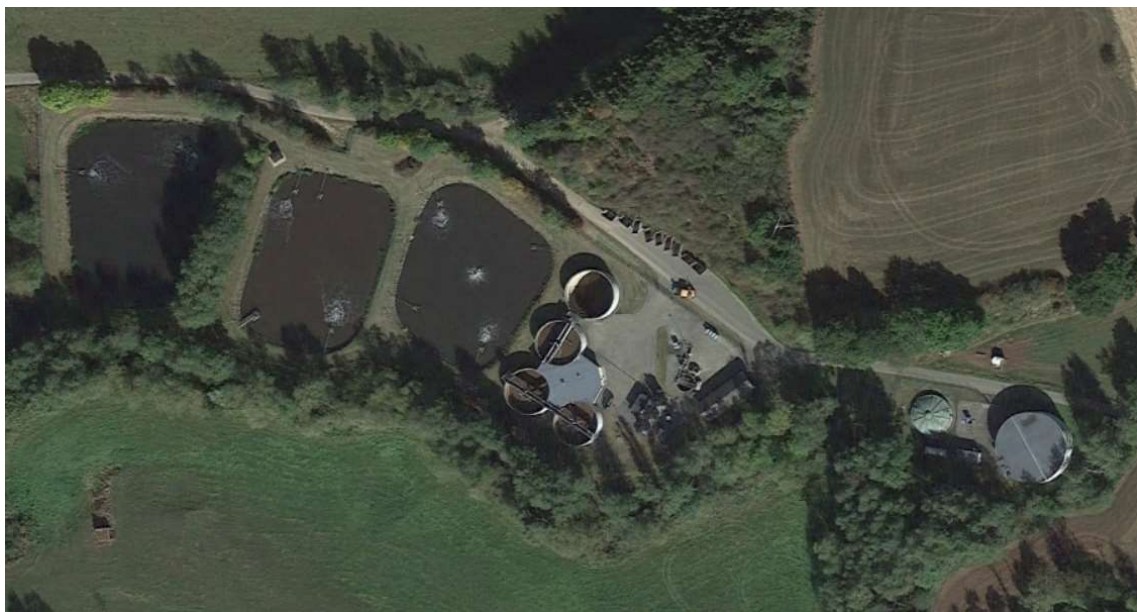


Abb. 2: Luftbild Kläranlage Oberes Trierbachtal

2.1.1 Angeschlossene Einwohnerwerte und Alter der Anlage

Objekt	:	Kläranlage Oberes Trierbachtal (Bauler)
Baujahr/Inbetriebnahme	:	Reinigungsstraße Teich 1989
		Reinigungsstraße SBR 1999
Ausbaugröße	:	9.400 EW ¹
aktuelle Belastung ²	:	7.599 EW ³

Die Kläranlage Oberes Trierbachtal (Bauler) besteht aus zwei separaten Abwasserbehandlungsstraßen auf einem zusammenhängenden Grundstück, mit unterschiedlichen Reinigungsverfahren. Die erste Abwasserbehandlungsstraße wird aus einer Teichkläranlage zur Reinigung der anfallenden kommunalen Abwässer aus den umliegenden Ortschaften (Ausbaugröße: 3.200 EW). Die zweite Abwasserbehandlungsstraße basiert auf dem SBR-Verfahren zur Reinigung von hochbelasteten Schmutzwässern aus dem im Trennsystem entwässerten Einzugsbereiches des Nürburgrings und des Campingplatzes Müllenbach (Ausbaugröße: 6.200 EW). Die Trennung der beiden Behandlungsstraßen ist auf die unterschiedlichen Abwasserzusammensetzungen zurückzuführen. Das SBR-Verfahren bietet dabei ideale Voraussetzungen für die Reinigung der mengenmäßig geringen, jedoch hoch belasteten Abwässer. Für die kommunalen Abwässer, zeigt sich aus hydraulischer Sicht eine konventionelle Durchlaufanlage vorteilhaft.

2.1.2 Kurzdarstellung des Reinigungsverfahrens

Abwasserbehandlungsstraße 1 „Teichkläranlage“ (kommunal)

Das kommunale Abwasser wird zunächst durch einen Trommelsiebrechen (Fa. Huber) mechanisch vorgereinigt. Im anschließenden Rundsandfang erfolgt die weitere mechanische Vorreinigung zur Abscheidung von Sand und sonstigen mineralischen Abwasserinhaltsstoffen. Der Sand wird mittels Mammutpumpe in einen Sandabsetzcontainer gefördert. Im Ablauf des Rundsandfanges erfolgt die Dosierung von Eisen-3-Chlorid (FeCl_3) oder Poly-Aluminium-Chlorid (PAC) zur Phosphat-Fällung. Im weiterführenden Gerinne erfolgt die Messung der Zulaufmenge.

¹ 3.200 EW Teichkläranlage kommunal, 6.200 EW SBR-Anlage Nürburgring

² bezogen auf 120 g CSB/(EW · d), Jahr 2018

³ 2.448 EW Teichkläranlage kommunal, 5.151 EW SBR-Anlage Nürburgring



Abb. 3: Trommelsiebrechen



Abb. 4: Sandabsetzcontainer

Die Regenwasserbehandlung erfolgt durch einen Aufstaubetrieb des belüfteten Teiches 1. Dazu ist vor dem Zulauf in den Teich 1 ein Überlaufbauwerk angeordnet, welches in Kombination mit einem schwimmenden Abflussbegrenzer (im Teich) die in die nachfolgenden Teiche abzugebende Abwassermenge drosselt. Über eine Überlaufschwelle des Überlaufbauwerks erfolgt der Abschlag des nicht klärpflichtigen verdünnten Mischwasser in den Trierbach.

Die biologische Abwasserreinigung erfolgt in dem belüfteten Teich 1 ($V = 3.600 \text{ m}^3$) und dem in Reihe geschalteten belüfteten Teich 2 ($V = 4.000 \text{ m}^3$). Die Belüftung erfolgt jeweils durch schwimmende Oberflächenbelüfter (Wendelbelüfter Fa.Fuchs).



Abb. 5: Belüfteter Teich

Die Abscheidung suspendierter Schlammflocken erfolgt im Nachklärteich ($V = 4.000 \text{ m}^3$). Der Klarwasserablauf durchläuft anschließend den Ablaufmessschacht und wird dem Vorfluter Trierbach zugeführt.

Abwasserbehandlungsstraße „SBR-Anlage“ (Nürburgring)

Das Abwasser aus dem Einzugsbereichs des Nürburgrings wird über eine separate Leitung zugeführt und durchläuft zuerst einen handgeräumten Grobrechen mit anschließender Zulaufmengenmessung.

Der mechanisch vorgereinigte Abwasserstrom wird in einem Zwischenpufferbehälter ($V = 350 \text{ m}^3$) gesammelt und durch ein Beschickungspumpwerk (2 St. Kreiselpumpen) in einen der 3 SBR-Reaktoren (je $V = 800 \text{ m}^3$) gefördert. Zur weiteren Pufferung bei z. B. Großveranstaltungen auf dem Nürburgring, steht ein zusätzlicher Pufferbehälter ($V = 2.000 \text{ m}^3$) zur Verfügung. Der Zwischenpufferbehälter ist zur Vermeidung von Geruchsemissionen abgedeckt und die Abluft wird durch einen Biofilter mit Vorwäscher gereinigt.



Abb. 6: Zwischenpufferbehälter

Die Abwasserreinigung in den SBR-Reaktoren erfolgt jeweils im Batchbetrieb bei zyklischer Beschickung alle 8 h. Zur Einstellung eines zur Abwasserreinigung günstigen Nährstoffverhältnisses ist eine Dosieranlage für eine Kohlenstoffquelle (Acetol) vorhanden. Die Dosierung erfolgt in Abhängigkeit der gemessenen Stickstoffkonzentrationen. Ebenfalls kann zur Einstellung eines günstigen PH-Wertes Natronlauge dosiert werden. Zur chemischen Phosphatfällung wird Poly-Aluminium-Chlorid (PAC) zudosiert. Jede Dosieranlage verfügt über eine separate Pumpe je SBR-Behälter, zur Reserve sind Ersatzpumpen auf der Kläranlage vorrätig.

Zum Abzug von Schwimmschlamm verfügt jeder Reaktor über einen entsprechenden Räumer.

Zur Belüftung der SBR-Behälter werden Schlauchbelüfter eingesetzt. Es sind 4 St. Gebläse (Fa. Aerzen, 2 St. BJ 2008, 2 St. BJ 2012) vorhanden, die im Betriebsgebäude aufgestellt sind. Eines der Gebläse wird als Reserve vorgehalten. Die Gebläse werden mittels Frequenzumrichter angesteuert.



Abb. 7: Gebläse



Abb. 8: Schlauchbelüfter bei Installation und Rührwerk SBR-Behälter

Das gereinigte Abwasser wird bei abgeschlossenem Reinigungszyklus durch den Ablaufmessschacht geleitet und dem Pufferteich zugeführt. Aus dem Pufferteich erfolgt die Ableitung in den Vorfluter Trierbach.

Der Überschussschlamm wird den SBR-Behältern mit Schneckenpumpen (Fa. Netzsch, BJ 2020) entnommen und in ein Schlammstilo ($V= 1.000 \text{ m}^3$) gepumpt. Die Verwertung des Schlammes erfolgt als Nassschlamm, bisher vollständig landwirtschaftlich.

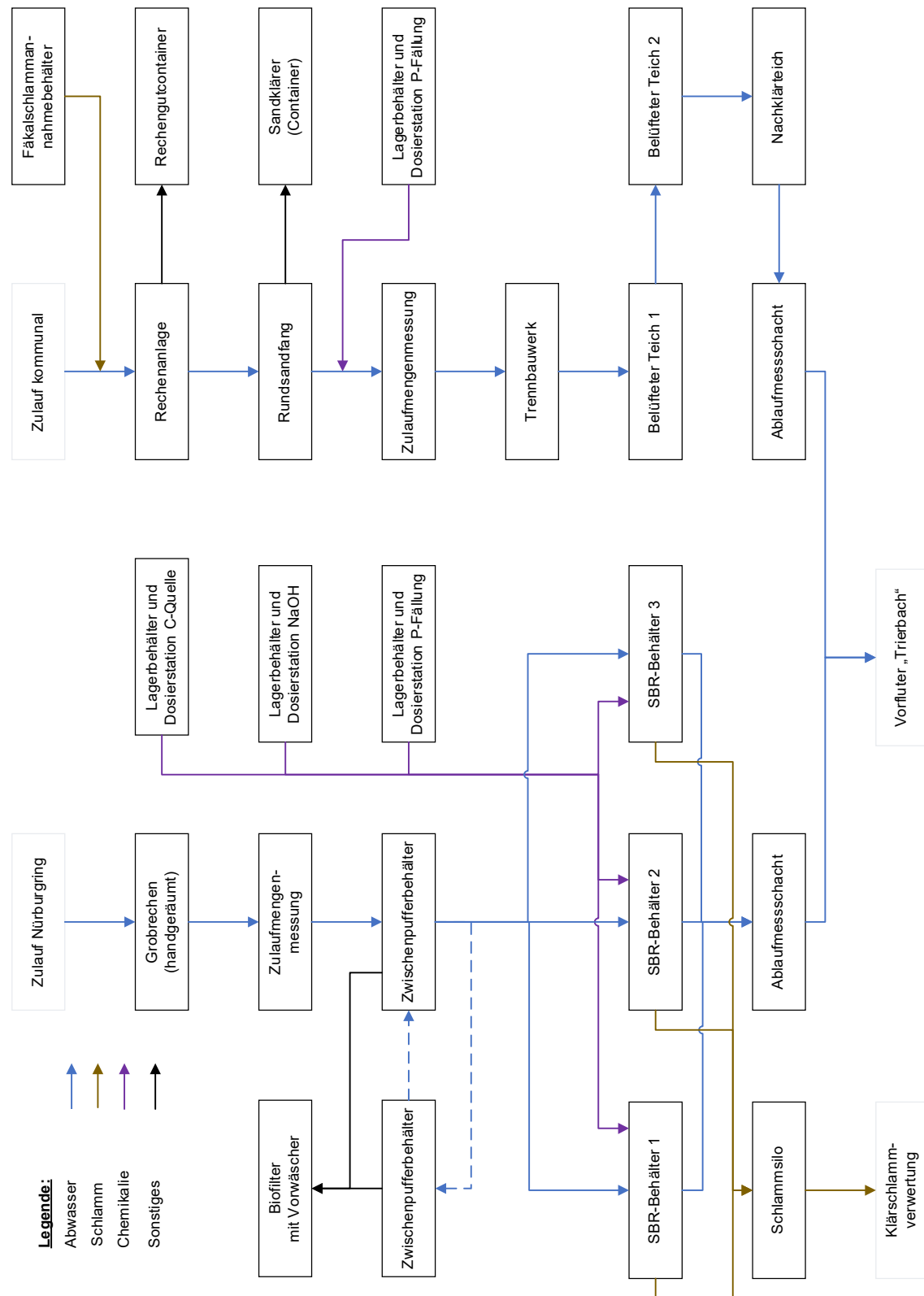


Abb. 9: Verfahrensschema KA Oberes Trierbachtal

2.1.3 Produzierte Faulgasmenge und Nutzung

Die Kläranlage Bauler verfügt über keine Faulung, so dass kein Faulgas gewonnen und genutzt wird.

2.1.4 Art der Schlamm Entsorgung

Der anfallende Klärschlamm der SBR-Reinigungsstraße wird als Nassschlamm gespeichert und überwiegend landwirtschaftlich verwertet.

Der Schlamm der Teich-Reinigungsstraße setzt sich in den Teichen ab. Eine Schlammräumung erfolgt turnusmäßig im Abstand von mehreren Jahren.

2.1.5 Anfallende und entsorgte Schlamm mngen

Der Schlamm der SBR-Abwasserreinigungsstraße wurde 2016 einer Verbrennung zugegeben. Seit dem Jahre 2017 erfolgte die Klärschlammverwertung vollständig landwirtschaftlich. Aufgrund der landwirtschaftlichen Prägung der Eifel kann die Verwertung in der Region und ohne großen Transportaufwand erfolgen.

Tab. 1: entsorgte Schlamm mngen (2017-2019)

Jahr	Volumen m ³	TS-Gehalt Kg/m ³	Trockenmasse t
2017	1.075	31,79	34,173
2018	1.050	27,30	28,666
2019	1.565	20,41	31,941

Der Klärschlamm der kommunalen Abwasserreinigungsstraße wird bei Bedarf aus den Teichen entnommen. In der Regel ist eine Räumung der Teiche alle 5 – 10 Jahre erforderlich.

2.1.6 Grad der Automatisierung der Anlagen

Durch implementierte Mess- und Regeltechnik (vgl. Kap. 2.2) kann die Regelung der SBR-Reinigungsstraße automatisiert erfolgen.

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

Aufgrund der bisherigen Nutzungsdauer ist bei einigen Aggregaten ein Erneuerungs- und Optimierungsbedarf gegeben. Im Folgenden sind aus betriebstechnischer Sicht die sanierungsbedürftigen Verfahrensstufen aufgeführt:

Teich-Abwasserbehandlungsstraße

- a) Erneuerung mechanische Vorreinigung
- b) Trafo - Schaltanlage
- c) kein „Prozessleitsystem“ vorhanden

SBR-Abwasserbehandlungsstraße

- a) Betonsanierung SBR-Behälter
- b) Schaltanlage – Leitsystem
- c) Messtechnik SBR-Behälter
- d) Abdeckung Zwischenpufferbehälter (bereits beauftragt)

2.1.8 Lokale Rahmenbedingungen

Das Einzugsgebiet der kommunalen Abwasserbehandlungsstraße umfasst die überwiegend im Mischsystem entwässerten Gemeinden Kötterbach, Hünnerbach, Kelberg, Zermüllen, Meisenthal, Rothenbach, Müllenbach, Wiesemscheid und Bauler.

Die SBR-Anlage dient zur Behandlung des im Trennsystem zugeführten Abwassers des Bereiches Nürburgring und des Campingplatzes „Müllenbach“.

Die kommunale Abwasserbehandlungsstraße ist insbesondere aufgrund der heutigen Anforderungen an die Nährstoffelimination als erneuerungsbedürftig einzustufen. In Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde soll die kommunale Abwasserbehandlungsstraße auf eine Technische Anlage umgestellt werden. Durch eine Zunahme und engere Abfolge von Großereignissen auf dem Nürburgring sind ebenfalls teilweise Überlastungserscheinungen der SBR-Abwasserreinigungsstraße zu erkennen, so dass im Rahmen der Maßnahmen an der kommunalen Abwasserreinigungsstraße ebenfalls die Kapazitäten der SBR-Anlagenstraße erweitert werden sollten.

Die Zulaufkraft der SBR-Abwasserbehandlungsstraße ist starken saisonalen Schwankungen unterlegen, da ein Großteil der Belastung aus dem Tourismus und Großveranstaltungen des Nürburgrings resultiert. In Abb. 10 ist ersichtlich, dass in den Jahren 2016 bis 2019 während der Tourismus-Saison von April bis September die mittlere Belastung bei rd. 9.540 EW_{CSB} und hingegen außerhalb der Saison bei rd. 3.297 EW_{CSB} lag. Die mittlere Belastung konnte mit rd. 6.418 EW_{CSB} quantifiziert werden.

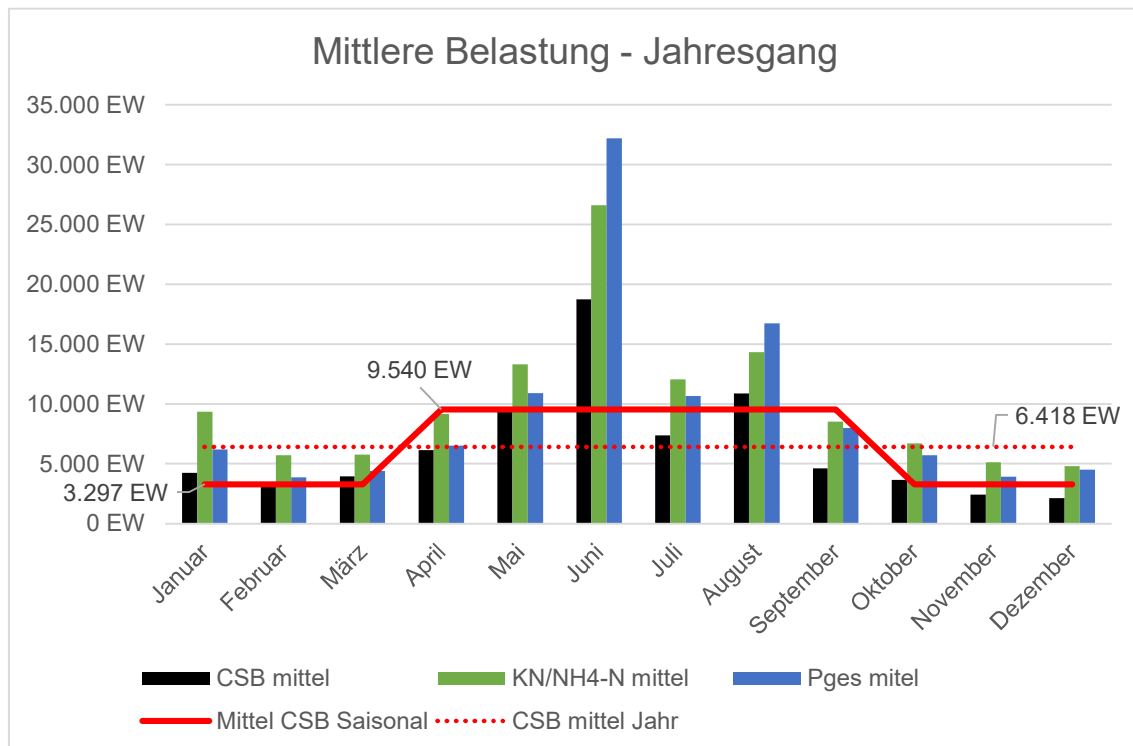


Abb. 10: Jahresgang mittlere Zulaufbelastung (Teich und SBR; 2016-2019)

Die bisherige Aufteilung der Abwasserströme auf die beiden Reinigungsverfahren, soll aufgrund der Abwasserzusammensetzungen beibehalten werden. Das SBR-Verfahren bietet dabei Vorteile bei der Reinigung stark belasteter, aber geringer Abwassermengen. Für das im Mischsystem entwässerte kommunale Einzugsgebiet bietet ein konventionelles Durchlaufverfahren hydraulische Vorteile.

Der Vorfluter Trierbach, ist ein Gewässer 2. Ordnung. Die Kläranlage liegt im Bereich des leistungsschwachen Oberlaufes. Aufgrund der hohen saprobiellen Belastung des Trierbachs durch die Kläranlageneinleitung wird eine Selbstreinigungsstrecke von 7 bis 8 km benötigt, um wieder einen guten ökologischen Zustand des Gewässers zu erreichen. Zur Entschärfung dieser Problematik ist ein besonderes Augenmerk auf die Optimierung der Abwasserbehandlung und die Verbesserung der Reinigungsleistung zu legen.

Die Verbandsgemeinde Kelberg betreibt auf ihrem Verwaltungsgebiet noch 3 weitere Kläranlagen, auf denen der anfallende Klärschlamm energetisch aufwändig simultan aerob stabilisiert wird. Dies sind die Kläranlagen Obers Elztal (Oberelz), Borlerbachtal (Borler) und Nitzbachtal (Lind). Ebenfalls nach diesem Verfahren arbeitet die nördlich gelegene Kläranlage Adenauer Bach (Dümpelfeld), der Verbandsgemeinde Adenau. Die Verbandsgemeinden Kelberg und Adenau bilden den Abwasserzweckverband Oberes Trierbachtal. Zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit einer Zentralisierung der Schlammbehandlung werden die vorgenannten Kläranlagen in die folgenden Untersuchungen einbezogen.

Kläranlage	Ausbaugröße	Mittlere Belastung (2016-2019)	Strecke zur KA Bauler
Adenauer Bach	20.000 EW	12.474 EW	22 km
Oberelz	5.700 EW	2.646 EW	19 km
Nitzbachtal	1.200 EW	441 EW	14 km
Borlerbachtal	800 EW	460 EW	5 km

Tab. 2: Kenndaten umliegende Kläranlagen

2.1.9 Darstellung aller Energieerzeugungsanlagen

Auf der Anlage sind keine PV-Module oder andere Aggregate zur Stromerzeugung vorhanden.

Der Wärmebedarf wird vollständig elektrisch gedeckt.

2.2 Sensor-/Messtechnik und Kontrolle der Abwasserqualität

Die Betriebsparameter der kommunalen Abwasserbehandlungsstraße werden handschriftlich erfasst.

Im Prozessleitsystem der Kläranlage werden folgende für die Abwasserreinigung signifikante Parameter erfasst:

Kommunale Abwasserreinigungsstraße:

- Zulaufmenge
- Ablaufmenge

SBR-Abwasserbehandlungsstraße:

- Zwischenpuffer
 - Füllstand
 - Temperatur
 - pH-Wert
 - Zulaufmenge
- SBR-Anlage Zulauf
 - Zulaufmenge
- Je SBR-Behälter
 - Füllstand
 - Druck Luftleitung
 - NO_x-N Konzentration
 - Sauerstoffkonzentration
 - Temperatur
 - pH-Wert
- SBR-Anlage Ablauf
 - Ablaufmenge
 - Temperatur
 - pH-Wert

Die Beprobung der Abwasserqualität erfolgt durch Stichproben.

2.3 Personalsituation

Die Kläranlage wird von insgesamt 5 Mitarbeitern betrieben. Die Betreuung der Kläranlage erfolgt dabei durch 2 von Abwasserzweckverband Oberes Trierbachtal angestellten Mitarbeitern und 3 Mitarbeitern der Verbandsgemeindewerke Kelberg, die ebenfalls weitere Aufgaben für die Werke ausführen. Die Mitarbeiter besitzen folgende Qualifikationen:

- 1 Klärwärter (Elektromeister)
- 1 Klärwärter (Abwassermeister)
- 1 Klärwärter (z. Zt. Meisterkurs Abwassermeister)
- 2 Klärwärter

Die übergeordnete Betriebsführung erfolgt durch die Verbandsgemeindewerke Kelberg über den zuständigen Werkleiter, Herrn Loscheider sowie den stellvertretenden Werkleiter Hr. Susanich.

2.3.1 Weiterbildungsbedarf

Das Personal nimmt regelmäßig an Schulungsveranstaltungen sowie den Treffen der Kläranlagennachbarschaften teil. Durch kontinuierliche Weiterbildungen verfügt das Personal über eine hohe Qualifikation. Einer der Klärwärter besucht zurzeit einen Meisterkurs, um die Qualifikation eines Abwassermeisters zu erlangen.

2.3.2 Darstellung der Qualität der Betriebsführung der Anlage

Mit Verweis auf die unmittelbar vor- und nachstehenden Kapitel ist eine hohe Qualität der Betriebsführung der Anlage festzustellen. Besonders hervorzuheben ist die flexible Anlagenführung der SBR-Anlage, in Phasen der Spitzenbelastungen durch aufeinanderfolgende Großveranstaltungen, wodurch die Überwachungswerte eingehalten werden können. Ebenfalls hervorzuheben ist eine hohe Affinität des Betriebspersonals zu den Themen Strom und Energieeffizienz.

2.3.3 Teilnahme an Benchmarks der Verbände

Die Verbandsgemeindewerke Kelberg nehmen regelmäßig am Benchmarking *Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz* teil. Die Teilnahme ist ein Beleg für die besonderen Anstrengungen der Werke zur Steigerung seiner technischen und wirtschaftlichen Leistungen.

Weiterhin sind die VG-Werke Mitglied in folgenden Organisationen:

- Gesetzlicher Klärschlammfonds bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Frankfurt/Main
- Freiwillige Klärschlammfonds BLE (Bundesarbeitsgemeinschaft Deutscher Kommunalversicherer)
- DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- KRT AÖR / KVRT GmbH, Kommunalen Klärschlammverwertung Region Trier

2.3.4 Relevanz und Knowhow zum Energieverbrauch

Die Reduzierung des Energieverbrauchs nimmt bereits seit vielen Jahren einen hohen Stellenwert ein.

Durch das speziell im Bereich Elektrotechnik geschulte Personal ist diesbezüglich viel Knowhow vorhanden.

2.4 Beabsichtigte Planungen

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

- Erneuerung der Belüftungseinrichtung beider Abwasserreinigungsstraßen
- Erneuerung von Pumpen und Motoren
- Klärschlammverwertung im Verbund
- Neubau einer Vorklärung und Umstellung auf Faulung
- Implementierung eines Energiemanagementsystems

2.5 Analyse des Energieverbrauchs

2.5.1 Aufnahme aller wichtigen Stromverbraucher

(geordnet nach Anlagenteilen)

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

Tab. 3: Zusammenstellung der wichtigsten Stromverbraucher

Anlagenstufe	Aggregat	Nennleistung [kW]
Teich-Abwasserbehandlungsstraße		
Mechanische Vorreinigung	Rechen	1,5
	Sandfang Belüftung	0,37
	Sandfang Räumer	2
Biologische Reinigung	Oberflächenbelüfter 1	4
	Oberflächenbelüfter 2	4
	Oberflächenbelüfter 3	4
	Oberflächenbelüfter 4	4
	Oberflächenbelüfter 5	4
	Oberflächenbelüfter 6	2,2
	Centrox Belüfter	4
SBR-Abwasserbehandlungsstraße		
Biologische Reinigung	4 St. Gebläse (1 Reserve)	je 37
	3 St. Rührwerke SBR	je 2,3
	3 St. Acetol Dosierpumpen	je 0,22
	3 St. Fällmitteldosierpumpen	je 0,22
Schmutzwasserpuffer	Rührwerk Pufferspeicher	2,5
	Rührwerk Zwischenpuffer	2,5
	Entleerungspumpe 1 Zwischenpuffer	11
	Entleerungspumpe 2 Zwischenpuffer	11,8
	Biofilter	5,01
Schlamm Speicher	Rührwerk Schlammsilo	2,5
	Schlammpumpe 1	7,5
	Schlammpumpe 2	7,5
	Schmutzwasserpumpe	4,04
Sonstiges	Brauchwasserpumpe	7,5

2.5.2 Ermittlung des gesamten Stromverbrauchs sowie einzelner großer Verbrauchsdaten

Der Gesamtstromverbrauch der Kläranlage Oberes Trierbachtal lag im Betriebsjahr 2019 bei **406.760 kWh/a**⁴. Dies entspricht einem spezifischen Stromverbrauch von ca. 53,53 kWh/(EW·a).

Der Stromverbrauch und die mittlere Belastung sind dabei wie folgt auf die Abwasserreinigungsstraßen aufgeteilt:

Tab. 4: Aufteilung Stromverbrauch auf die Abwasserreinigungsstraßen

Reinigungsstraße	Stromverbrauch	Mittlere Belastung	Spez. Stromverbrauch
Teich-Abwasserbehandlungsstraße	230.931 kWh/a	2.448 EW	94,33 kWh/(EW·a)
SBR-Abwasserbehandlungsstraße	175.829 kWh/a	5.151 EW	23,14 kWh/(EW·a)
Summe	406.760 kWh/a	7.599 EW	53,53 kWh/(EW·a)

Der spezifische Stromverbrauch der Teich-Reinigungsstraße liegt demnach um den Faktor 4 höher als der spez. Verbrauch der SBR-Reinigungsstraße.

Hinweis: Das Verfahrensziel der aeroben Schlammstabilisierung wird durch die SBR-Behandlungsstraße nicht erreicht. Entsprechend ist der geringe spezifische Stromverbrauch dieser Anlagenstraße zu relativieren.

Der Verbrauch einzelner Anlagenteile wurde über den gemessenen mittleren Strom bei entsprechender Nutzung, die Nennspannung sowie den Cosinus Phi der Aggregate und die hergeleiteten Betriebsstunden errechnet.

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

Der Verbrauch der weiteren Anlagenteile wurde über die Nennleistungen der Aggregate, die durch das Prozessleitsystem aufgezeichneten Betriebsstunden und einen Faktor zur tatsächlichen Leistungsaufnahme errechnet.

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

Zur Plausibilisierung wurden weitere Faktoren zur Ermittlung der tatsächlichen Leistungsaufnahme aggregatspezifisch abgeschätzt und mit den Strommessungen abgeglichen.

Der Verbrauch kann wie folgt auf die einzelnen Anlagenstufen aufgeteilt werden (M=Messung, sonst Faktor in Prozent):

⁴ Wert aus Eigenüberwachungsberichten

Tab. 5: Zusammenstellung Stromverbräuche Teich-Abwasserbehandlungsstraße
(Jahr 2019)

Anlagenstufe	Aggregat	Faktor [%]	Stromverbrauch [kWh]
Teich-Abwasserbehandlungsstraße			
Mechanische Vorreinigung	Rechen	95	2.081
	Sandfang Belüftung	95	2.887
	Sandfang Räumer	95	1.040
Biologische Reinigung	Oberflächenbelüfter 1	95	33.288
	Oberflächenbelüfter 2	95	33.288
	Oberflächenbelüfter 3	95	33.288
	Oberflächenbelüfter 4	95	33.288
	Oberflächenbelüfter 5	95	33.288
	Oberflächenbelüfter 6	95	18.308
	Centrox Belüfter	95	33.288
Sonstiges	Sonstiges und Kleingeräte		6.887
Summe Teich-Abwasserbehandlungsstraße			230.931

Demnach entfallen annähernd 95% des Gesamtstromverbrauchs der Teich-Reinigungsstraße auf die Belüftungseinrichtung!

Tab. 6: Zusammenstellung Stromverbräuche SBR-Abwasserbehandlungsstraße
(Jahr 2019)

Anlagenstufe	Aggregat	Faktor [%]	Stromverbrauch [kWh]
SBR-Abwasserbehandlungsstraße			
Biologische Reinigung	<i>Gebläse 1</i>	<i>M</i>	<i>47.960</i>
	<i>Gebläse 2</i>	<i>M</i>	<i>33.730</i>
	<i>Gebläse 3</i>	<i>M</i>	<i>32.334</i>
	Σ Gebläse		114.024
	<i>Rührwerk SBR 1</i>	<i>M</i>	<i>9.588</i>
	<i>Rührwerk SBR 2</i>	<i>M</i>	<i>10.267</i>
	<i>Rührwerk SBR 3</i>	<i>M</i>	<i>7.520</i>
	Σ Rührwerke		27.374
	<i>Acetol Dosierpumpe 1</i>	<i>85</i>	<i>40</i>
	<i>Acetol Dosierpumpe 2</i>	<i>85</i>	<i>55</i>
	<i>Acetol Dosierpumpe 3</i>	<i>85</i>	<i>38</i>
	Σ Acetol Dosierpumpen		133
	<i>Fällmitteldosierpumpe 1</i>	<i>85</i>	<i>46</i>
	<i>Fällmitteldosierpumpe 2</i>	<i>85</i>	<i>36</i>
	<i>Fällmitteldosierpumpe 3</i>	<i>85</i>	<i>42</i>
	Σ Fällmitteldosierpumpen		124
Schmutzwasserpuffer	Rührwerk Pufferspeicher	85	181
	Rührwerk Zwischenpuffer	85	3.523
	<i>Entleerpumpe 1 Zwischenpuffer</i>	<i>85</i>	<i>2.076</i>
	<i>Entleerpumpe 2 Zwischenpuffer</i>	<i>85</i>	<i>2.257</i>
	Σ Entleerpumpen		4.332
Schlamm Speicher	Biofilter	85	12.162
	Rührwerk Schlammsilo	85	117
	<i>Schlammpumpe 1</i>	<i>85</i>	<i>261</i>
	<i>Schlammpumpe 2</i>	<i>85</i>	<i>536</i>
	Σ Schlamm pumpen		797
Sonstiges	Brauchwasserpumpe	85	2.423
	Schmutzwasserpumpe	85	1.332
	Sonstiges und Kleingeräte		9.307
Summe SBR-Abwasserbehandlungsstraße			175.829

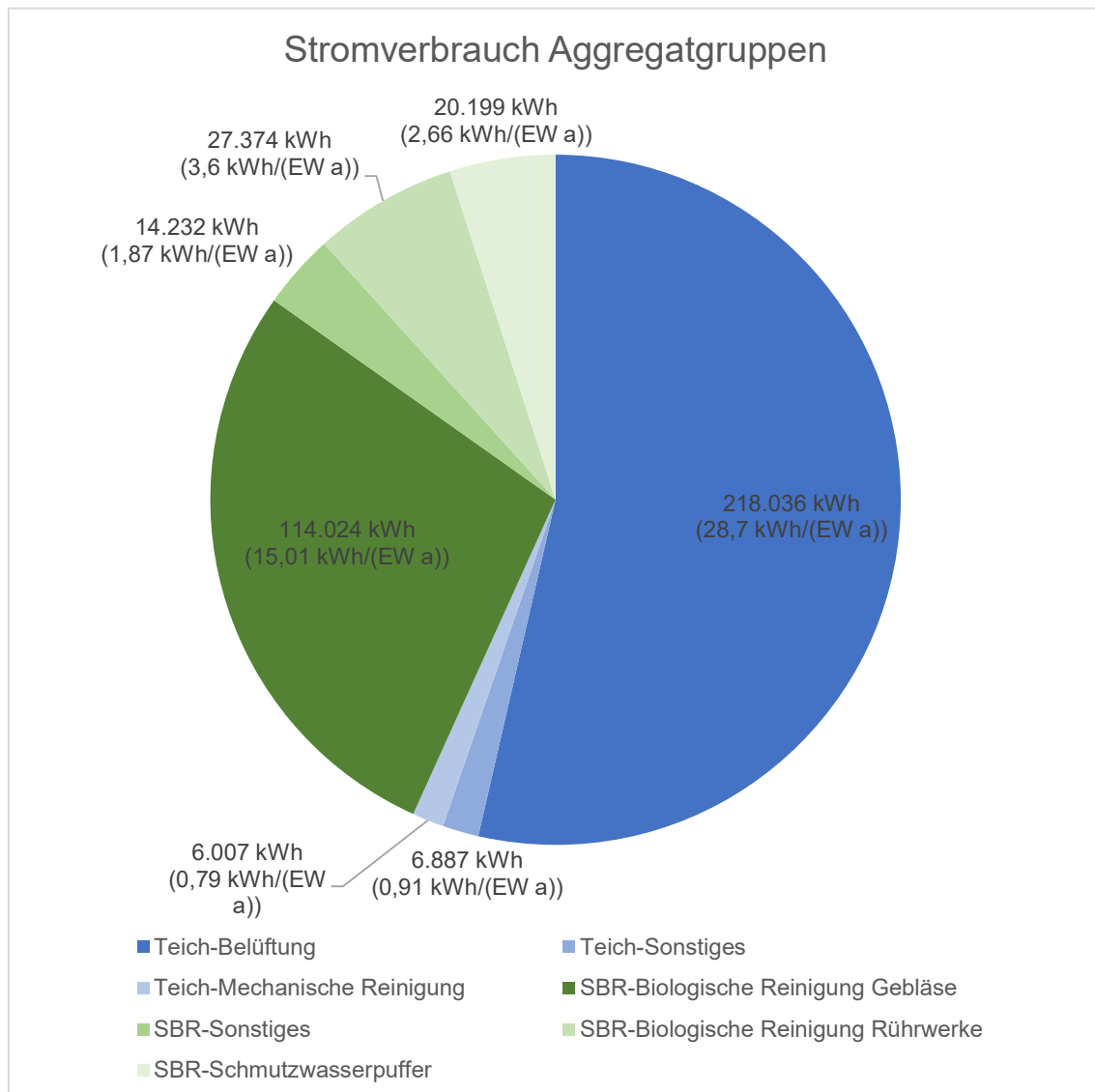


Abb. 11: Zusammenstellung der Energieverbräuche der Aggregate (Jahr 2019)

Besonders zu erwähnen ist, dass die Teich-Abwasserreinigungsstraße rd. 57 % des Stromverbrauches der KA Bauler verursacht, jedoch nur 32 % der zu behandelnden Frachten in diese Reinigungsstraße eingeleitet werden.

2.5.3 Wärmebedarf auf der Anlage

Der Wärmebedarf wurde einschließlich bis zum Jahre 2018 durch Nachtspeicherheizungen, mit separater Verbrauchszählung, gedeckt. Seit 2019 werden elektrische Klimageräte verwendet. Der Frostschutz in den weiteren Gebäuden wird ebenfalls durch elektrische Wandheizgeräte gewährleistet.

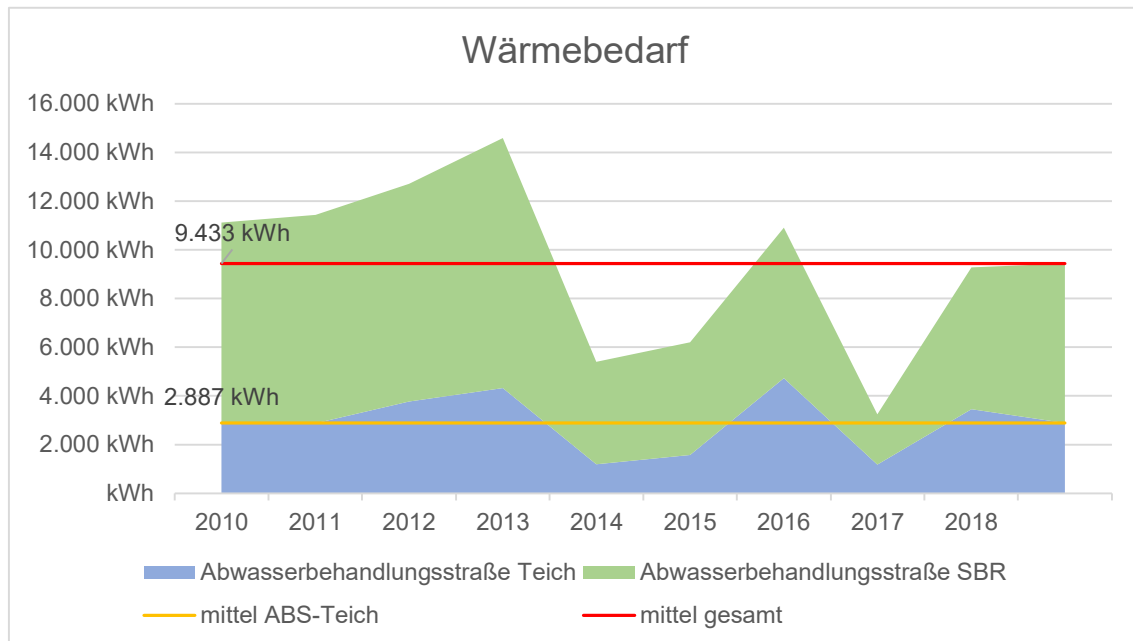


Abb. 12: Wärmebedarf KA Bauler (2010-2019)

Aufgrund der neuen Klimageräte wird der Energieverbrauch zur Wärmebereitstellung nicht mehr separat erfasst. Als Energiebedarf zur Wärmebereitstellung 2019 wird der mittlere Energiebedarf⁵ zur Beheizung aus den Jahren 2010 bis 2018 angenommen.

$$\begin{aligned}
 E_{th,Teich} &= 2.887 \text{ kWh} \\
 E_{th,SBR} &= 6.546 \text{ kWh} \\
 E_{th,KA Bauler} &= 9.433 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Bei angenommen gleichem Wirkungsgrad, nahe 100 % bei der Umwandlung von Strom in Wärme, von Nachtspeicherheizungen und Klimageräten entspricht der elektrische Energiebedarf ebenfalls dem thermischen Energiebedarf.

Der Wärmebedarf zur Warmwasserbereitstellung wird durch elektrische Durchlauferhitzer gedeckt. Dieser Strombedarf wird nicht gesondert aufgezeichnet und ist bei der Aufzählung der aggregatspezifischen Stromverbräuche im Punkt „Sonstiges“ inbegriffen.

⁵ Werte thermischer Energiebedarf gemäß der Eigenüberwachungsberichte

2.6 Ableitung einer Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Bilanzierung erfolgt nach dem Prinzip der „endenergiebasierten Territorialbilanz“⁶.

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

Die Abwasserbehandlungsanlage Oberes Trierbachtal bezog im Jahr 2019 ca. 406.760 kWh/a Strom. Demnach kann die CO₂-Emission, für diesen Fremdstrombezug, wie folgt berechnet werden:

$$406.790 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 218,430 \text{ Mg CO}_2/\text{a}$$

Es wurden keine weiteren fossilen Energieträger bezogen, denen Treibhausgasemissionen zugeordnet werden können.

2.7 Zusammenfassung aktuelle energetische Situation

Die Kläranlage Oberes Trierbachtal weist einen spezifischen Stromverbrauch von **53,53 kWh/(EW·a)** auf. Es sind keine Aggregate zur Gewinnung von Erneuerbaren Energien auf dem Gelände der Kläranlage vorhanden, so dass die Deckungsquote sowohl thermisch wie auch elektrisch 0 % beträgt. Der Stromverbrauch der Anlage entspricht somit dem Stromfremdbezug.

	Aktuell	Zielwert
Spezifischer Energiebedarf _{el}	53,53 kWh/(EW·a)	<= 23 kWh/(EW·a)
Deckungsquote	0 %	>= 70%

⁶ Fokus Energie- und Treibhausgasbilanzierung für Kommunen, Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2018

2.8 Bewertung anhand energetischer Beurteilungskriterien und Ermittlung spezifischer Kennzahlen

2.8.1 Idealwertbestimmung nach DWA-A 216

Gemäß dem Arbeitsblatt DWA A-216 sind folgend die spezifischen Stromverbräuche der Aggregate mit den anlagenspezifischen Idealwerten verglichen, um Optimierungspotenziale abzubilden. Zur Berechnung der Idealwerte wurden Kennzahlen des Arbeitsblattes DWA A-216 sowie die aus dem Prozessleitsystem ausgelesenen Betriebsdauern sowie weitere anlagenspezifische Randbedingungen genutzt.

Tab. 7: Zusammenstellung spezifischer Stromverbräuche und Idealwerte
(Betriebsjahr 2019; normiert auf 7.599 EW)

Anlagenstufe	Aggregat	Spezifischer Stromverbrauch [kWh/(EW·a)]	Anlagenspezifischer Idealwert [kWh/(EW·a)]
Mechanische-Vorreinigung	Rechen (Teich)	0,27	0,1
	Sandfanggebläse (Teich)	0,38	0,13
Biologische Reinigung (Teich)	Belüftung	28,69 ⁷	8,11 ⁸
Biologische Reinigung (SBR)	Belüftung	15,01	
	Rührwerke	3,6	
	Summe	18,61	15,66
Zwischenpuffer	Zwischenpufferentleerung	0,57	0,28
Schlammbehandlung	Schlammumpfen	0,1	0,04

Die Fläche des Betriebsgebäudes beträgt ca. 180 m². Von diesen können rd. 60 m² als vollständig beheizt angenommen werden. Der spezifische Heizenergiebedarf beträgt bei einem Energieverbrauch von 9.433 kWh/a rd. 160 kWh/(m²·a). Dieser Wert entspricht dem für das Baujahr und der Gebädekubatur angemessenem Erwartungswert⁹.

⁷ Aufgrund des Verfahrens nahezu ohne Stickstoffelimination

⁸ Bei technischer Durchlaufanlage (aerobe Schlammstabilisierung und Stickstoffelimination)

⁹ 140 – 200 kWh/m² a bei älteren Gebäuden, 40 – 100 kWh/m² a bei neuen Gebäuden [Energie auf Abwasseranlagen, Handbuch NRW]

Mechanische Vorreinigung

Sowohl der spezifische Stromverbrauch des Rechens wie auch des Sandfanggebläses liegen deutlich oberhalb der spezifischen Idealwerte. Daran ist ein energetisches Optimierungspotential zu erkennen.

Zwischenpufferentleerung

Der spezifische Stromverbrauch der Zwischenpufferentleerungspumpen liegt oberhalb des Idealwertes. Allerdings werden die Pumpen sowohl zur Befüllung der SBR-Reaktoren wie auch zur Befüllung des Pufferbehälters genutzt und die Förderhöhen sind stark variierend, so dass die berechnete Stromaufnahme teils oberhalb der tatsächlichen Stromaufnahme liegt.

Biologische Abwasserreinigung

Die biologischen Abwasserreinigungsstufen sind die größten Stromverbraucher der Anlage. Es ist eine große Abweichung zwischen den spezifischen Kennzahlen und deren Idealwerten zu erkennen, so dass Maßnahmen zur Optimierung notwendig sind. Besonders der Sauerstoffeintrag durch die Oberflächenbelüfter der Teich-Abwasserreinigungsstraße ist höchst ineffizient und es sollte zur energetischen Optimierung ein Umbau zu einer technischen Abwasserreinigungsstufe mit Druckbelüftung realisiert werden. Durch den Einsatz effizienter Plattenbelüfter und bei geeigneter Beckengeometrie kann bei Realisierung der Rohrströmungstechnologie auf eine zusätzliche Umwälzung des Abwasser-Belobtschlammgemisches durch Rührwerke verzichtet werden.

Die Abweichung des Stromverbrauchs der biologischen Abwasserreinigung der SBR-Abwasserreinigungsstraße ist geringer, weist aber ebenfalls ein energetisches Optimierungspotential auf, so dass hier ebenfalls Maßnahmen vorzusehen sind.

Schlammumpen

Der spezifische Stromverbrauch der Schlammumpen weicht nur in geringem Maße von dem berechneten Idealwert ab. Unter Berücksichtigung der bereits erfolgten Erneuerung der Pumpen, kann daraus kein signifikantes Optimierungspotential abgeleitet werden.

2.9 Gegenüberstellung von verbrauchter und erzeugter Energie

Auf der Kläranlage Oberes Trierbachtal wird derzeit nur Energie in Form von Strom bezogen. Dies resultiert daraus, dass der thermische Bedarf zur Beheizung und Warmwasserbereitung ebenfalls vollständig elektrisch erzeugt wird.

Tab. 8: Gegenüberstellung Stromverbrauch und Stromerzeugung (Jahr 2019)

Verbraucher [kWh/a]		Erzeuger [kWh/a]	
Mechanische Vorreinigung	6.007		
Belüftung (Teich)	218.036		
Belüftung (SBR)	114.024		
Rührwerke (SBR)	27.374		
Pufferspeicher (SBR)	20.119		
Sonstiges	21.200		
Summe	406.760	Summe	-

2.9.1 Eigenversorgungsgrad Strom

Auf dem Standort der Kläranlage Oberes Trierbachtal wird derzeit kein Strom erzeugt. Folglich beträgt der elektrische Eigenversorgungsgrad 0 %.

2.9.2 Eigenversorgungsgrad Wärme

Der Wärmebedarf der Anlage wird vollständig durch elektrische Heizaggregate gedeckt. Der Strom wird vollständig fremdbezogen, so dass der Eigenversorgungsgrad 0 % beträgt.

3. Potenzialanalyse

Entsprechend den Abweichungen von berechneten tatsächlichen spezifischen Verbrauchswerten und Idealwerten können mögliche Potentiale zur Verbrauchsoptimierung aufgezeigt werden. Folgend werden ebenfalls Potentiale zur Optimierung der Eigenstromerzeugung sowie der sonstigen Reduktion von Treibhausgasemissionen untersucht.

3.1 Ermittlung der kurz-, mittel- und langfristigen Energieeffizienzpotenziale

3.1.1 Identifizierung von Ansatzpunkten

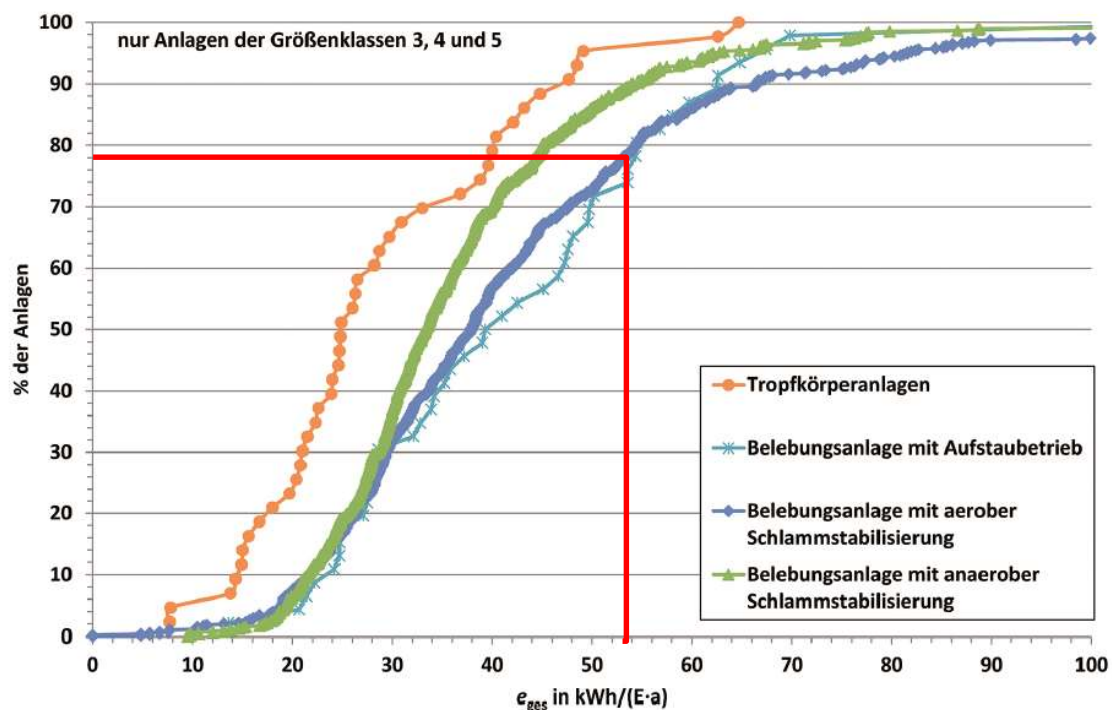


Abb. 13: Spezifischer Gesamtstromverbrauch in Abhängigkeit vom Reinigungsverfahren [DWA A-216]

Bei dem spezifischen Energiebedarf von 53,53 kWh/(EW·a) sind ca. 78 % der Kläranlagen mit aerober Schlammstabilisierung energiesparender. Aufgrund der zwei verschiedenen Abwasserreinigungsverfahren erfolgt hier die Einordnung als „Belebungsanlage mit aerober Schlammstabilisierung“.

Kurzfristige Potentiale

Die Belüftung der biologischen Abwasserreinigungsstufe ist je Abwasserreinigungsstraße der größte Stromverbraucher und bietet signifikante energetische Potentiale, die jeweils durch die Erneuerung der Belüftung erschlossen werden sollen. Im Vergleich des spezifischen Stromverbrauches zur Belüftung der Kläranlage Oberes Trierbachtal zu anderen Kläranlagen, wird die Bedeutung dieses energetischen Potentials nochmals deutlich. Der aktuelle spezifische Stromverbrauch ist höher als der von rd. 95 % der Anlagen.

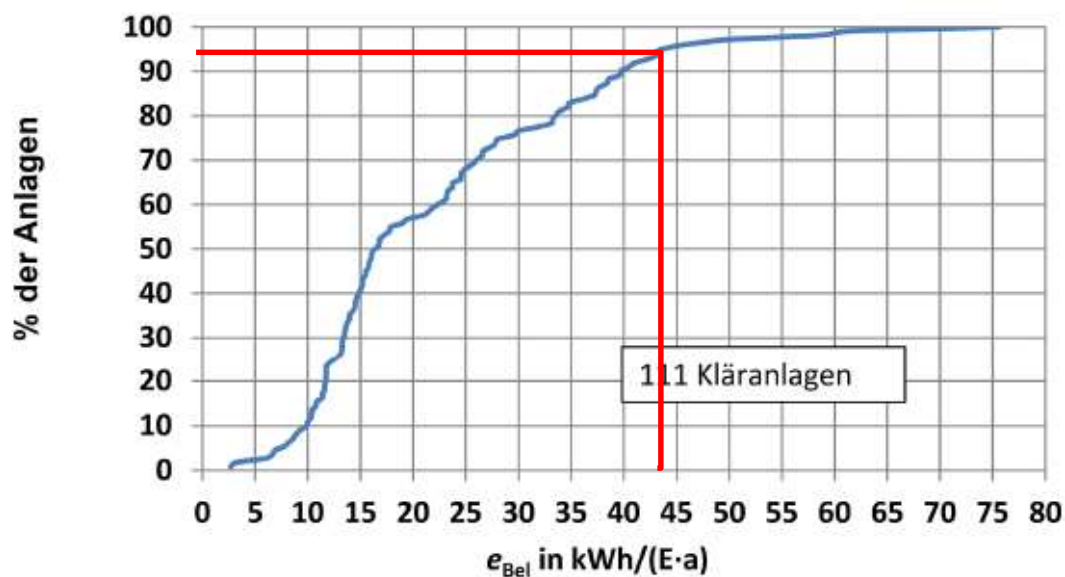


Abb. 14: Spezifischer Stromverbrauch der Belüftung [DWA-A 2016]

Durch den Bau eines Vorklärbeckens und Umstellung der Klärschlammbehandlung auf Faulung soll der Stromverbrauch zur Belüftung gesenkt werden, die Schlammmenge reduziert und gleichzeitig Faulgas gewonnen werden. Dieses soll auf der Anlage zur Strom- und Wärmeerzeugung mittels Kraft-Wärme-Kopplung umgewandelt werden, so dass der Fremdenergiebezug reduziert und die Eigendeckungsquote gesteigert werden kann. Ebenfalls wird so die Klärschlammmenge gesenkt, was den Transport- und Verwertungsaufwand reduziert.

Mittelfristige Potentiale

Im Rahmen der Verfahrensumstellung soll die Kläranlage Oberes Trierbachtal zu dem Klärschlammbehandlungszentrum der VG Kelberg ausgebaut werden. Im Rahmen eines Konzeptes zur Klärschlammverwertung im Verbund sollen weitere Schlämme der umliegenden Kläranlagen angenommen und in der Faulung mitbehandelt werden, wodurch zusätzliches Faulgas gewonnen werden kann. Zur weiteren Klärschlammverwertung soll die gesamte Faulschlammmenge im Anschluss maschinell entwässert werden. Der entwässerte Schlamm wird anschließend bis zur Verwertung zwischengelagert.

Um ein weiteres energetische Potential zu erschließen soll mittelfristig die Erneuerung der Zwischenpufferentleerungspumpen erfolgen. Dabei ist besonderes Augenmerk auf die Dimensionierung und die Regelbarkeit der Pumpen zu legen, um den Betrieb optimal an den Bedarf anzupassen.

Durch die Erneuerung der mechanischen Reinigungsstufe der Teich-Abwasserreinigungsstraße soll das bestehende energetische Optimierungspotential, dass aus dem Vergleich des spezifischen Stromverbrauches zu den Idealwerten abgeleitet werden kann erschlossen werden. Parallel zur energetischen Optimierung kann durch den Einsatz z. B. einer Rechen-Sandfangkompaktanlage die technische Leistungsfähigkeit im Vergleich zur Bestandssituation (Rechen und Rundsandfang in aufgelöster Bauweise) gesteigert werden.

Nach Umsetzung der energetischen Optimierungsmaßnahmen kann durch die Implementierung eines Energiemanagementsystems eine Systematik geschaffen werden, durch die der energetische Verbrauch kontinuierlich erfasst wird und fortlaufend weitere Optimierungspotentiale abgeleitet werden können.

Langfristige Potentiale

Durch die Installation von PV-Modulen sollen die günstig ausgerichteten Dachflächen der Gebäude zur Eigenstromerzeugung aus Erneuerbaren Energien genutzt werden.

Nach der Umstellung auf Faulung und durch die Mitbehandlung der Fremdschlämme kann bilanziell ein Wärmeüberschuss erzeugt werden. Dieser kann genutzt werden, um die Beheizung des Betriebsgebäudes auf ein mit Heizwasser gespeistes System umzustellen.

3.1.2 Ansätze zur Nutzung Erneuerbarer Energie

Aktuell erfolgt die Klärschlammstabilisierung auf der Kläranlage Oberes Trierbachtal aerob. Bei einer Verfahrensumstellung auf anaerobe Klärschlammstabilisierung durch Faulung, kann energiereiches Faulgas gewonnen werden. Dieses kann durch ein Aggregat mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zur Strom- und Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien genutzt werden. Das erwartete Potential wurde durch die Vordimensionierung einer Faulungsanlage bestimmt und ist in Kapitel 4.2.2 abgebildet. Durch die Mitbehandlung von Fremdschlämmen umliegender Kläranlagen kann die erzeugte Faulgasmenge gesteigert und die Treibhausgasemission bei geringerem Transportaufwand reduziert werden.

Die Dachflächen der bestehenden Gebäude sind nicht optimal zur Erzeugung von Strom durch Nutzung von PV-Modulen ausgerichtet. Das Flachdach des Betriebsgebäudes fällt leicht in Richtung Nord-Osten ab, durch eine geeignete Aufständigung könnte ggf. eine PV-Anlage mit im Vergleich zur Dachfläche reduzierter Modulfläche installiert werden. Bei der Errichtung neuer Gebäude im Rahmen der vorgesehenen Maßnahmen sollte bei der Dachgestaltung bei technischer Möglichkeit eine günstige Ausgangssituation zur Belegung mit PV-Modulen geschaffen werden.

Der Standort der Kläranlage ist wegen leichter Tallage und naher Wohnbebauung (rd. 200 m bis zur Meisenthaler-Mühle, rd. 500 m bis zur Ortslage Bauler, rd. 600 m bis zur Ortslage Meisenthal) nicht gut für die Stromgewinnung mittels Windenergie geeignet. Ggf. könnte jedoch eine Mid-Size-Windkraftanlage¹⁰ interessant sein.

Durch den nur sehr geringen Höhenunterschied (rd. 1 m) zwischen dem Kläranlagenablauf und dem Vorfluter Trierbach eignet sich die Anlage nur im geringen Maße zur Stromerzeugung aus Wasserkraft. Der Durchfluss mit ca. 25 l/s (Jahr 2019: 660.977 m³/a Teich, 135.924 m³/a SBR, 796.921 m³/a gesamter behandelter Zufluss) gering, so dass lediglich eine Leistung <1 kW gewonnen werden könnte.

Die Wärmergewinnung aus dem gereinigten Abwasser mithilfe einer Wärmepumpe ist möglich. Jedoch benötigt die Kläranlage keine weitere Wärme. Vorrangig ist der eigene Strombedarf möglichst vollständig zu decken. Deshalb ist die Nutzung einer Wärmepumpe vorerst nicht als sinnvoll zu erachten. Bei optionaler Umsetzung einer Klärschlamm-trocknung auf dem Standort und einem damit verbundenen gesteigerten Wärmebedarf wäre eine neue Beurteilung der Situation erforderlich.

¹⁰ Windkraftanlagen mit rd. 250 kW Leistung, maximale Höhe < 50 m, dadurch nur Baugenehmigung und kein Zulassungsverfahren nach Bundesimmissionsschutzgesetz erforderlich

3.1.3 Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen durch Digitalisierung und Energiemanagementsysteme

Durch Zertifizierung eines Energiemanagementsystems wird eine Auswerteroutine implementiert, die auch im Sinne einer Erfolgsbewertung umgesetzter Maßnahmen (s. Kap. 4.4) einen stundenaktuellen Einblick in zu definierende Prüfwerte ermöglicht. Durch ein solches Energiemanagementsystem¹¹ wird durch Aufzeichnung der Energieströme die Identifikation energetischer Potentiale erleichtert und eine kontinuierliche Verbesserung der energetischen Nutzung ermöglicht.

Um eine gute Datengrundlage für das Energiemanagementsystem zu schaffen, sind weitere Messungen erforderlich. Zur Auswertung sollte eine geeignete Software beschafft werden. Die Erstzertifizierung kann durch einen fachkundigen Dienstleister erfolgen.

Die meisten größeren Stromverbraucher werden nahezu kontinuierlich betrieben und bieten kein Potenzial, um den Stromverbrauch zu flexibilisieren. Entsprechend ist bei der Errichtung von Energiegewinnungsanlagen auf mögliche Flexibilisierungspotentiale zu achten, so dass ggf. die Stromerzeugung an den Verbrauch angepasst werden.

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

Durch die o. g. kurzfristigen Sanierungsmaßnahmen soll der einwohnerspezifische Stromverbrauchswert weiter reduziert werden. Zusätzlich soll die Eigenstromerzeugung gesteigert und der energetische Deckungsgrad durch erneuerbare Energien erhöht werden.

3.3 Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung dieser Ziele

Aufgrund der gestiegenen Anforderungen an die Reinigungsleistung der Kläranlage Oberes Trierbachtal, besonders der Teich-Abwasserreinigungsstraße sind aus technischer Sicht Anpassungen der Verfahrensführung erforderlich. Die bestehende Teich-Reinigungsstraße kann die Vorgaben nicht sicher erfüllen. Auf Grund dessen wurde sich bereits mit dem Bau einer technischen Abwasserreinigungsstraße für den kommunalen Abwasserstrom befasst.

Ebenfalls ist eine Erhöhung der SBR-Abwasserreinigungskapazität erforderlich, um auf die gestiegene und konzentriertere Belastung durch aufeinanderfolgende Großveranstaltungen angepasst zu sein.

Die Maßnahmen zur Erhöhung der Reinigungsqualität sowie der Reinigungskapazität, sollen unter Berücksichtigung dieser Studie gezielt unter energetischen Aspekten geplant und umgesetzt werden. Die energetische Optimierung soll als eine wesentliche Zielgröße bei der Bewertung möglicher Umbauvarianten berücksichtigt werden.

¹¹ Energiemanagementsystem gemäß DIN EN ISO 50001

4. Ableitung von Optimierungsmaßnahmen und Fahrplan zur Umsetzung

4.1 Retrospektive – Zusammenstellung bereits umgesetzter Maßnahmen

Die Stromverbrauchswerte der Kläranlage, aufgeteilt auf die beiden Abwasserbehandlungsstraßen für die Betriebsjahre von 2010 bis 2019 kann der nachfolgenden Grafik entnommen werden.

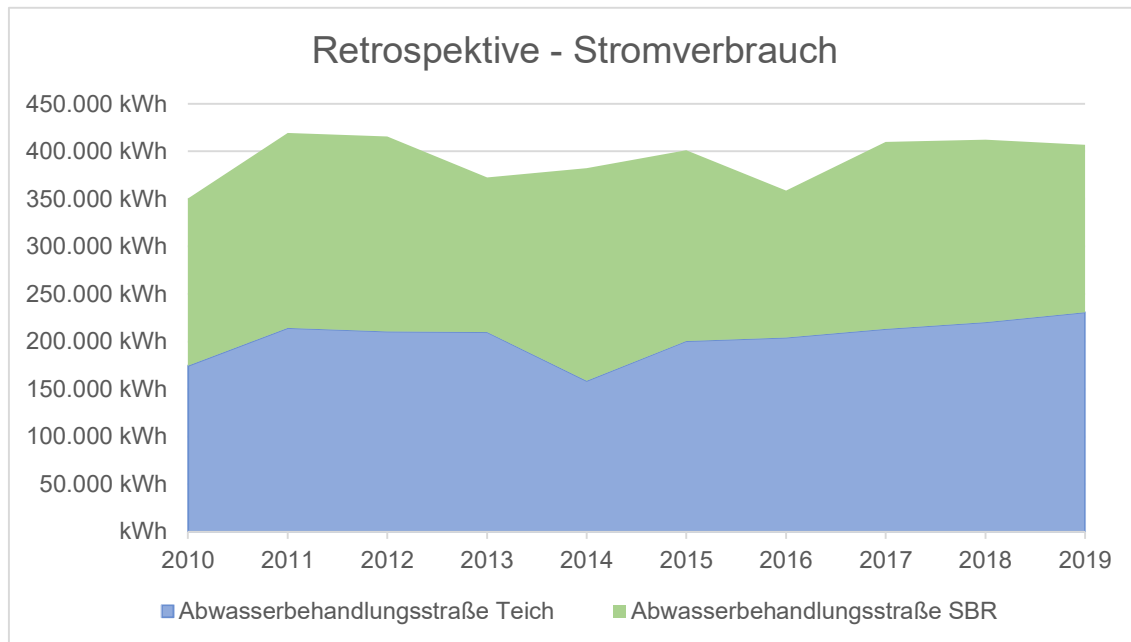


Abb. 15: Retrospektive Stromverbrauch (nach Abwasserbehandlungsstraßen)

In den letzten Jahren wurden immer wieder Maßnahmen zur energetischen Optimierung durchgeführt. Im Jahr 2012 wurden zwei Gebläse der SBR-Abwasserreinigungsstufe erneuert, dadurch konnte der Verbrauch dieser Reinigungsstraße vom Jahr 2013 im Vergleich zum Vorjahr um rd. 60.000 kWh/a gesenkt werden.

4.2 Detaillierte Beschreibung möglicher Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen, von Maßnahmen zur klimafreundlichen Betriebsoptimierung und zur effizienten und klimaschonenden Energieerzeugung

Die folgenden Ausführungen treffen eine Aussage zu

- erwarteten Energieeinsparungen (Strom und Wärme)
- erwarteten Kosten der Umsetzung
- erwarteten Einsparungen oder Mehraufwand an Betriebskosten bei bezogenen Energieträgern und THG-Emissionen¹²
- erwarteten Einsparungen oder Mehraufwand an Energieträgern bei einer erhöhten Rückgewinnung an weiteren Ressourcen

Zu allen Maßnahmen erfolgt eine Kurzbeschreibung (inkl. relevanter Betriebsparameter, Grundannahmen, Anlagenzustände, Abgrenzungen usw.).

¹² Stromverbrauchsdaten geplanter Maßnahmen wurden auf Basis des DWA-A 216 abgeschätzt

4.2.1 Erneuerung der Belüftung

Zur energetischen Optimierung sollen die Oberflächenbelüfter der Teich-Abwasserbehandlungsstraße außer Betrieb genommen und das Belüftungssystem auf eine Druckbelüftung mit effizienten Plattenbelüftern und bedarfsgesteuerten Gebläsen umgestellt werden. Zur Quantifizierung des energetischen Einspareffektes wurde der theoretische Sauerstoffbedarf zur Abwasserreinigung mittels einer technischen Kläranlage gemäß dem DWA Arbeitsblatt 131 berechnet und so die spezifische Sauerstoffzufuhr der Oberflächenbelüfter im Vergleich mit Idealwerten eines Druckbelüftungssystems gesetzt. Der tatsächliche Sauerstoffeintrag durch die Oberflächenbelüfter ist als noch geringer anzunehmen, weil aktuell nahezu kein Stickstoffabbau erfolgt (nach Berechnung gemäß DWA-A 131: 205.021 kg O₂/a).

$$\begin{aligned}
 \text{SOTR}_{\text{vergleich}}^{13} &= 228.110 \text{ kg O}_2/\text{a} \\
 E_{b,k} &= 218.036 \text{ kWh/a} \\
 \text{SAE}_{b,k,\text{aktuell}} &= \text{SOTR} / E_{b,k} = 228.110 \text{ kg O}_2/\text{a} / 218.036 \text{ kWh/a} \\
 &= 1,05 \text{ kg O}_2/\text{kWh} \\
 \text{SAE}_{\text{idela}}^{14} &= 3,7 \text{ kg O}_2/\text{kWh} \\
 E_{\text{ideal},k} &= \text{SOTR}_{\text{vergleich}} / \text{SAE}_{\text{idela}} = 228.110 \text{ kg O}_2/\text{a} / 3,7 \text{ kg O}_2/\text{kWh} \\
 &= 61.651 \text{ kWh/a} \\
 E_{\text{spar},k} &= E_{b,k} - E_{\text{ideal},k} = 218.036 \text{ kWh/a} - 61.651 \text{ kWh/a} \\
 &= 156.385 \text{ kWh/a}
 \end{aligned}$$

Zur energetischen Optimierung der SBR-Abwasserreinigungsstraße soll die Belüfertechnik der SBR-Reaktoren durch eine flächige Anordnung effizienter Plattenbelüfter erneuert werden. Aufgrund der flächigen Anordnung erfolgt eine ausreichende Umwälzung, so dass die bestehenden Tauchmotorrührwerke nicht mehr benötigt werden. Um das volle energetische Potential auszuschöpfen, soll eine Regelung installiert werden, um die Sauerstoffzufuhr an den Bedarf anzupassen und den Stromverbrauch der Gebläse zu optimieren. Der Sauerstoffbedarf der SBR-Anlage wird im Rahmen der weiteren Planungen durch eine dynamische Simulation berechnet. Anhand der Grundlagen nach dem DWA Arbeitsblatt 131 wurde vorliegend die benötigte Sauerstoffmenge zur Abwasserreinigung des Jahres 2019 anhand der Zulauffrachten und Ablaufrachten lediglich in Näherung bestimmt.

¹³ Wert nach DWA-A 131 für eine technische Vergleichsanlage bei Belasutngsparametern des Jahres 2019

¹⁴ SAE-Wert für Belüftung und Umwälzung (3,7 – 4,2 kg O₂/kWh)

Auslegung und Energieeinsparung:

$$\begin{aligned}
 \text{SOTR}_g &= 499.670 \text{ kg O}_2/\text{a}^{15} \\
 E_{b,k} &= 114.024 \text{ kWh/a}^{16} \\
 E_{U,k} &= 27.374 \text{ kWh/a}^{17} \\
 \text{SAE}_{b,g} &= \text{SOTR}_g / E_{b,k} = 499.670 \text{ kg O}_2/\text{a} / 114.024 \text{ kWh/a} \\
 &= 4,38 \text{ kg O}_2/\text{kWh (Belüftung)} \\
 \text{SAE}_{id} &= 4,2 \text{ kg O}_2/\text{kWh (Belüftung inkl. Umwälzung)} \\
 E_{ideal} &= \text{SOTR}_k / \text{SAE}_{id} = 499.670 \text{ kg O}_2/\text{a} / 4,2 \text{ kg O}_2/\text{kWh} \\
 &= 118.969 \text{ kWh/a} \\
 E_{spar,g} &= (E_{b,g} + E_{U,g}) - E_{ideal,g} = (114.024 \text{ kWh/a} + 27.374 \text{ kWh/a}) - 118.969 \text{ kWh/a} \\
 &= 22.430 \text{ kWh/a}
 \end{aligned}$$

Das energetische Optimierungspotential durch die Erneuerung der Belüftung beider Abwasserbehandlungsstraßen setzt sich wie folgt zusammen:

$$E_{spar} = E_{spar,k} + E_{spar,g} = 156.385 \text{ kWh/a} + 20.430 \text{ kWh/a} = \mathbf{178.815 \text{ kWh/a}}$$

Der spezifische Stromverbrauch der biologischen Abwasserreinigung (Belebung) wird entsprechend von 47,3 kWh/(EW·a) auf 20,1 kWh/(EW·a) gesenkt.

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

$$178.815 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = \mathbf{96.024 \text{ kg CO}_2/\text{a}}$$

Investitionskosten: 915.000,00 € brutto (vgl. Kapitel 4.5)

¹⁵ Nach Berechnung entsprechend DWA-A 131 (aktuelle Belastung)

¹⁶ Strombedarf Gebläse SBR-Abwasserbehandlungsstraße 2019

¹⁷ Strombedarf Umwälzung (Rührwerke) SBR-Abwasserbehandlungsstraße 2019

4.2.2 Neubau Vorklärung und Umstellung auf Faulung

Durch eine Verfahrensumstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung kann der Stromverbrauch der biologischen Abwasserreinigungsstufe reduziert und die Eigenenergieversorgung durch Faulgasnutzung gesteigert werden.

Um energiereichen Primärschlamm zu gewinnen soll dazu ein Vorklärbecken in der kommunalen Abwasserbehandlungsstraße integriert werden. Zum Abzug des Primärschlammes dient ein Primärschlammumpwerk.

Energieverbrauch Zulaufpumpwerk (ZPW):

$$E_{\text{ZPW}} = 4,5 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) \cdot 2 \text{ m} \cdot 660.977 \text{ m}^3/\text{a}^{18} = 5.949 \text{ kWh/a}$$

Energieverbrauch Vorklärbecken (VKB):

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

Energieverbrauch Primärschlammumpwerk (PSPW):

$$E_{\text{PSPW}} = 4,5 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) \cdot 16 \text{ m} \cdot 2.117 \text{ m}^3/\text{a}^{19} = 152 \text{ kWh/a}$$

Um das nötige Faulraumvolumen, sowie den Wärmebedarf zur Rohschlammerwärmung zu minimieren, wird der Überschussschlamm maschinell eingedickt.

Energieverbrauch maschinell Überschussschlammeindickung (MÜSE):

$$Q_{\text{ÜSS}} = (446 \text{ kg/d}^{20} \cdot 365 \text{ d}) / 8 \text{ kg/m}^3 = 20.349 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$E_{\text{MÜSE}} = e_{\text{spez}} \cdot Q_{\text{ÜSS}} = < 0,2 \text{ kWh/m}^3^{21} \cdot 20.349 \text{ m}^3/\text{a} = \text{rd. } 4.000 \text{ kWh/a}$$

Durch das Vorklärbecken und die daraus resultierende Frachtreduzierung der biologischen Reinigungsstufe sowie die Herabsetzung des Schlammalters in den Belebungsbecken wird der Strombedarf der Belüftung im Vergleich zur aeroben simultanen Schlammstabilisierung bei der kommunalen Abwasserbehandlungsstraße gesenkt. Der Stromverbrauch der SBR-Abwasserbehandlungsstraße wird als gleichbleibend angenommen, weil die Sauerstoffeinsparung (Senkung des Schlammalters), durch die zusätzliche Filtratwasserbehandlung und den daraus resultierenden Sauerstoffbedarf ausgeglichen wird:

$$\text{SOTR}_{\text{aerob}} = 228.110 \text{ kg O}_2/\text{a}^{22}$$

$$\text{SOTR}_{\text{anaerob}} = 198.677 \text{ kg O}_2/\text{a}^{23}$$

$$\text{SOTR}_{\text{spar}} = 228.110 \text{ kg O}_2/\text{a} - 198.677 \text{ kg O}_2/\text{a} = 29.433 \text{ kg O}_2/\text{a}$$

$$\text{SAE} = 3,7 \text{ kg O}_2/\text{kWh}^{24}$$

Daraus resultiert folgende Stromeinsparung:

¹⁸ Behandelte Abwassermenge Teichanlage (2019)

¹⁹ Angenommener Primärschlammfall KA Oberes Trierbachtal (5,8 m³/d)

²⁰ TR-Fracht ÜSS Gemäß Vordimensionierung Faulung, Teich und SBR

²¹ Bei Bandeindicker, Trommeleindicker, Scheibeneindicker spez. Verbrauch <0,2 kWh/m³ [DWA-M 366]

²² Gemäß Berechnung nach DWA-A 131 bei simultan-aerober Schlammstabilisierung 2019

²³ Gemäß Berechnung nach DWA-A 131 bei Faulung und VKB 2019

²⁴ Energiehandbuch NRW bei Druckbelüftung zur Umwälzung und Belüftung vgl. Kap. Belüftung

$$E_{\text{spar}} = 29.433 \text{ kg O}_2/\text{a} / 3,7 \text{ kg O}_2/\text{kWh}^{25} = 7.955 \text{ kWh/a}$$

Im Rahmen der Studie wird eine 2-stufige Kompaktfaulung mit einem Faulraumvolumen von 400 m³ vorgesehen. Daraus resultiert eine im Durchschnitt lange Schlammaufenthaltszeit, jedoch können so auch die erhöhten Stoßbelastungen im Sommer behandelt werden. Ggf. kann bei geringer Belastung im Winter einer der Faulbehälter außer Betrieb genommen werden, bzw. als nicht-durchmischter, unbeheizter Nachgärer genutzt werden. Ebenfalls werden so Kapazitäten zur möglichen Fremdschlammmitbehandlung, Co-Substratbehandlung und für Belastungssteigerungen berücksichtigt.

Der Strombedarf zur Durchmischung der Faulung wird entsprechend abgeschätzt:

$$E_{\text{Durchmischung}} = 400 \text{ m}^3 \cdot 3 \text{ W/m}^3 \cdot 8.760 \text{ h} = \text{rd. } 10.512 \text{ kWh/a}$$

Zur Erwärmung des Rohschlammes und der Deckung der Abstrahlverluste des Faulbehälters an die Umgebung, wird der Schlamm durch Rohrwärmetauscher beheizt. Als Temperatur des Faulschlammes werden ganzjährig 37 °C vorgesehen. Die erforderliche Wärmemenge kann wie folgt berechnet werden:

Abstrahlverluste²⁶:

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

$$E_{\text{ab,Sommer}} = 68 \text{ kWh/d}$$

$$E_{\text{ab,Winter}} = 97 \text{ kWh/d}^{27}$$

$$E_{\text{ab}} = (0,5 \cdot 68 \text{ kWh/d} + 0,5 \cdot 97 \text{ kWh/d}) \cdot 365 \text{ d} = 30.111 \text{ kWh/a}$$

Rohschlammerwärmung:

$$T_{\text{Faulung}} = 37 \text{ °C}; T_{\text{RS,Sommer}} = 15 \text{ °C}; T_{\text{RS,Winter}} = 10 \text{ °C}$$

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

$$E_{\text{Sommer}} = 13,9 \text{ m}^3/\text{d} \cdot (37 \text{ °C} - 15 \text{ °C}) \cdot 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) = 357 \text{ kWh/d}$$

$$E_{\text{Winter}} = 13,9 \text{ m}^3/\text{d} \cdot (37 \text{ °C} - 10 \text{ °C}) \cdot 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) = 438 \text{ kWh/d}$$

$$E_{\text{th,FS}} = (0,5 \cdot 357 \text{ kWh/d} + 0,5 \cdot 438 \text{ kWh/d}) \cdot 365 \text{ d} = 145.000 \text{ kWh/a}$$

Bei Nutzung des Faulgases (147 m³/d; 53.482 m³/a) in einem BHKW kann Strom und Wärme gewonnen werden.

Entsprechend der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Vordimensionierung können die gewonnenen Energiemengen wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned} E_{\text{Brennstoff}} &= 147 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 63 \text{ \%Methan} \cdot 10 \text{ kWh/m}^3_{\text{Methan}} \cdot 365 \text{ d/a} \\ &= 336.934 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

Faulgasnutzung durch ein Blockheizkraftwerk (BHKW):

²⁵ vgl. Maßnahme „Erneuerung der Belüftung“ (Kapitel 4.2.1)

²⁶ Entsprechend Vordimensionierung IG Dr. Siekmann + Partner mbH

²⁷ Ansatz für Außerbetriebnahme eines Faulbehälters nicht berücksichtigt

30 kW_{el}, 55 kW_{th}, 96 kW_{Br}, 31,4 %η_{el}, 57,6 % η_{th}

$$E_{el} = 336.934 \text{ kWh/a} \cdot 31,4 \%_{el} = 105.843 \text{ kWh}_{el}/a$$

$$E_{th} = 336.934 \text{ kWh/a} \cdot 57,6 \%_{th} = 194.046 \text{ kWh}_{th}/a$$

Tab. 9: Energetische Effekte bei Neubau Vorklärung und Umstellung auf Faulung

	Elektrisch [kWh/a]	Thermisch [kWh/a]
Zulaufpumpwerk	5.949	
Vorklärbecken	4.380	
Primärschlammumpwerk	152	
MÜSE	4.000	
Entlastung Biologie	-7.955	
Betrieb Faulung	10.512	30.111
Rohschlammerwärmung		145.000
Faulgasnutzung	-105.843	-194.046
Summe	-88.805	-18.935

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

$$88.805 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{47.688 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Die Investitionskosten können mit rd. 2.329.000,00 € brutto abgeschätzt werden (vgl. Kapitel 4.5).

4.2.3 Klärschlammverwertung im Verbund

Bei einer Verfahrensumstellung auf anaerobe Klärschlammstabilisierung kann die Faulung so dimensioniert werden, dass ausreichende Kapazitäten zur Mitbehandlung von Schlämmen weiterer umliegender Kläranlagen vorhanden sind. Die Kläranlage Oberes Trierbachtal soll durch eine anschließende stationäre Klärschlammmentwässerung zu der zentralen Schlammbehandlungsanlage der VG Kelberg werden. Als weitere Option wurde im Rahmen einer Kostenvergleichsberechnung die Wirtschaftlichkeit einer zusätzlichen Mitbehandlung der Schlämme der KA Adenauer Bach untersucht. Im Ergebnis ist festzuhalten, dass sich dies aufgrund der hohen Transportkosten sowie eines Eigenstromüberschusses auf der KA Oberes Trierbachtal, der in das öffentliche Netz eingespeist werden müsste nicht wirtschaftlich darstellen lässt. Die Schlämme der KA Adenauer Bach wurden daher im Rahmen der Potenzialstudie nicht berücksichtigt.

Tab. 10: Schlamm-mengen Satellitenanlagen Klärschlammverwertung im Verbund

Satellitenanlagen	Ausbaugröße [EW]	85-Perzentil (Jahr 2019) [EW]	Schlamm-menge
KA Oberelz	5.700	2.720	rd. 60 Mg TM ÜSS/a
KA Nitzbachtal	1.200	950	rd. 14 Mg TM ÜSS/a
KA Borlerbachtal	800	620	rd. 21 Mg TM ÜSS/a

Zur Annahme der Fremdschlämme ist die Errichtung eines Rohschlammannahmebehälters erforderlich.

Aufgrund der zusätzlichen Schlamm-mengen wird eine größere Wärmemenge zur Rohschlamm-erwärmung benötigt. Die zusätzliche Schlamm-menge wird mit 4,7 m³/d angenommen. Daraus resultiert folgender zusätzlicher Wärmebedarf:

$$\begin{aligned}
 E_{\text{Sommer}} &= 4,7 \text{ m}^3/\text{d} \cdot (37 \text{ °C} - 15 \text{ °C}) \cdot 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) &= 120 \text{ kWh/d} \\
 E_{\text{Winter}} &= 4,7 \text{ m}^3/\text{d} \cdot (37 \text{ °C} - 10 \text{ °C}) \cdot 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) &= 147 \text{ kWh/d} \\
 E_{\text{h,Fremd}} &= (0,5 \cdot 120 \text{ kWh/d} + 0,5 \cdot 147 \text{ kWh/d}) \cdot 365 \text{ d} &= 48.663 \text{ kWh/a}
 \end{aligned}$$

Durch die Mitbehandlung der Fremdschlämme im Faulbehälter wird der Faulgas-ertrag gesteigert. In der im Rahmen der Potenzialstudie durchgeführten Vordimensionierung kann ein zusätzlicher Gas-ertrag von 59 m³/d angenommen werden (von 147 m³/d auf 206 m³/d). Entsprechend können die gewonnenen zusätzlichen Energiemengen durch die Faulgas-nutzung wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned}
 E_{\text{Brennstoff}} &= 59 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 63 \text{ \%Methan} \cdot 10 \text{ kWh}/\text{m}^3_{\text{Methan}} \cdot 365 \text{ d/a} \\
 &= 136.727 \text{ kWh/a} \\
 E_{\text{el}} &= 136.727 \text{ kWh/a} \cdot 31,4 \text{ \%el} &= 42.951 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{a} \\
 E_{\text{th}} &= 136.727 \text{ kWh/a} \cdot 57,6 \text{ \%th} &= 78.743 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a}
 \end{aligned}$$

Die Emissionen, die aus dem Transport der Schlämme zur KA Oberes Trierbachtal resultieren werden mit der Emissionsreduktion verrechnet. In folgender Tabelle sind die

Transportemissionen abgebildet. Es wird eine spezifische Transportemission²⁸ von 0,112 kg CO₂-Äq/tkm angenommen.

Tab. 11: Transportaufwand Satellitenanlagen Klärschlammverwertung im Verbund

Satellitenanlagen	Transportstrecke [km]	Schlammmenge [Mg/a]	THG-Emission [kg CO ₂ -Äq/a]
KA Oberelz	19	1.083	20.578
KA Nitzbachtal	14	247	3.456
KA Borlerbachtal	5	378	1.891
Summe			25.926

Entsprechend können die Transportemissionen wie folgt berechnet werden:

$$25.926 \text{ tkm} \cdot 0,112 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/tkm} = 2.904 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}$$

Zur Entwässerung des ausgefaulten Schlammes, inkl. Beschickungspumpe und Konditionierungsanlage, kann folgender Stromverbrauch angenommen werden:

$$\begin{aligned} B_{aM, TM} &= 607 \text{ kg/d} \cdot 365 \text{ d} &&= 221.555 \text{ kg/a} \\ E_{SEW} &= e_{spez} \cdot B_{aM, TM} = 60 \text{ kWh/Mg}^{29} \cdot 221,555 \text{ Mg/a} &&= 13.293 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

Tab. 12: Energetische Effekte bei der Klärschlammverwertung im Verbund

	Elektrisch [kWh/a]	Thermisch [kWh/a]
Faulgasnutzung	-42.951	-78.743
Betrieb Faulung		48.663
Schlammmentwässerung	13.293	
Summe	-29.658	-30.080

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

$$29.658 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/kWh} = 15.926 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}$$

Bei Berücksichtigung der Transportemissionen, die beim Schlammtransport von den Satellitenkläranlagen zur Kläranlage Oberes Trierbachtal emittiert werden, beträgt die Reduktion der Treibhausgasemissionen rd. **13.022 kg CO₂-Äq/a**.

Investitionskosten: 901.000,00 € brutto (vgl. Kapitel 4.5).

Auf den Satellitenanlagen kann durch eine Senkung des Schlammalters der Sauerstoffbedarf der Belebung gesenkt werden. Die daraus resultierenden Stromeinsparungen werden nicht positiv für die Kläranlage Oberes Trierbachtal berücksichtigt.

²⁸ 0,112 kg CO₂-Äq/tkm [Umweltbundesamt, 2020]

²⁹ Zentrifuge $e_{spez} = 60\text{--}90 \text{ kWh/Mg}$, Filterpresse $e_{spez} = 60\text{--}70 \text{ kWh/Mg}$, Bandfilterpresse $e_{spez} = 40\text{--}50 \text{ kWh/Mg}$ (inkl. Beschickung und Konditionierung)

4.2.4 Erneuerung Zwischenpufferentleerungspumpen

Die Erneuerung der Zwischenpufferentleerungspumpen soll durch Austausch der bestehenden Pumpen und der Antriebsmotoren erfolgen. Es sollen gezielt Pumpen mit einem niedrigen Energieeffizienzindex und energieeffizienten Motoren vorgesehen werden. Bei der Dimensionierung sollte zusätzlich auf ein gutes Wirkungsgradverhalten im Teillastbetrieb geachtet werden um bei den wechselnden Förderhöhen je nach Nutzung der Pumpen einen optimalen Stromverbrauch aufzuweisen.

$$E_{\text{ideal}} = 135.928 \text{ m}^3/\text{a}^{30} \cdot 4 \text{ m} \cdot 3,9 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m}) = 2.120 \text{ kWh/a}$$

$$E_{\text{spar}} = 4.332 \text{ kWh/a} - 2.120 \text{ kWh/a} = \mathbf{2.212 \text{ kWh/a}}$$

Dem entsprechend werden folgende THG-Emissionen eingespart:

$$2.212 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{1.188 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Investitionskosten: 27.000,00 € brutto (vgl. Kapitel 4.5).

4.2.5 Implementierung eines Energiemanagements

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

Dafür sollten die von den übrigen Maßnahmen betroffenen Aggregat bei Erneuerung mit separaten Strommessungen ausgestattet werden.

Die Kosten zur Erstzertifizierung eines Energiemanagementsystems werden mit 30.000 € brutto abgeschätzt. Für zusätzliche Messtechnik und Software werden weitere 25.000 € brutto vorgesehen.

³⁰ Gesamt behandeltes Abwasser SBR-Abwasserbehandlungsstraße

4.2.6 Erneuerung der mechanischen Vorreinigung

Sowohl der Stromverbrauch der Rechenanlage wie auch des Sandfanges weisen ein signifikantes Optimierungspotential auf. Neben einer getrennten Erneuerung der Aggregate bietet sich in diesem Fall der Einsatz einer Rechen-Sandfang-Kompaktanlage an. Diese Anlage zeichnen sich neben der platzsparenden Ausführung durch den geringen Stromverbrauch aus. Zusätzlich soll das Gebläse zur Belüftung des Sandfanges mittels Frequenzumrichter gesteuert werden können, wodurch der Betrieb in Abhängigkeit zur Zulaufmenge erfolgen kann.

Durch Erreichen des spezifischen Idealwertes der Rechenanlage kann folgende Strommenge eingespart werden:

$$\begin{aligned} E_{\text{ideal}} &= 0,1 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a}) \cdot 7.599 \text{ EW} &= 760 \text{ kWh/a} \\ E_{\text{spar}} &= 2.081 \text{ kWh/a} - 760 \text{ kWh/a} &= \mathbf{1.321 \text{ kWh/a}} \end{aligned}$$

Durch Erreichen des spezifischen Idealwertes der Sandfangbelüftung kann folgende Strommenge eingespart werden:

$$\begin{aligned} E_{\text{ideal}} &= 0,13 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a}) \cdot 7.599 \text{ EW} &= 951 \text{ kWh/a} \\ E_{\text{spar}} &= 2.887 \text{ kWh/a} - 951 \text{ kWh/a} &= \mathbf{1.936 \text{ kWh/a}} \end{aligned}$$

Dem entsprechend wird der Fremdstrombezug insgesamt um **3.257 kWh/a** reduziert und dadurch folgende THG-Emissionen eingespart:

$$3.257 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/ kWh} = \mathbf{1.749 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Investitionskosten: 602.000,00 € brutto (vgl. Kapitel 4.5).

4.2.7 Errichtung von PV-Module zur Eigenstromerzeugung

Entsprechend Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind Potenzial zur Stromerzeugung durch PV-Anlagen gegeben. Durch eine geeignete Aufständerung können Solarmodule mit einer Fläche von rd. 40 m² auf dem bestehenden Betriebsgebäude installiert werden. Entsprechend kann die Leistung bei rd. 5 kWp³¹ eingeordnet werden. Bei einem angenommenen spezifischen Jahresertrag von 950 kWh/(kWp·a) könnten so rd. **4.750 kWh/a** Strom zur Eigennutzung gewonnen werden.

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

$$4.750 \text{ kWh/a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/kWh} = \mathbf{2.550 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/a}}$$

Investitionskosten: 11.500,00 € brutto ³²

³¹ Ansatz: 8 m²/kWp

³² Annahme: 1.600 €/kWp + 3.500 € Wechselrichter

4.2.8 Umstellung der Heizung des Betriebsgebäudes

Nach der Verfahrensumstellung auf Faulung und die Mitbehandlung der Klärschlämme der Satellitenanlagen kann bilanziell ein Wärmeüberschuss erzielt werden. Dieser kann zur Beheizung des Betriebsgebäudes genutzt werden. Dadurch kann der Strom, der aktuell zum Betrieb der elektrischen Heizkörper genutzt wird, eingespart werden.

$$E_{\text{th,Strom}} = 9.433 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a}$$

$$E_{\text{Strom}} = 9.433 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{a} \cdot 1 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{kWh}_{\text{th}} = 9.433 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{a}$$

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

$$9.433 \text{ kWh}/\text{a} \cdot 0,537 \text{ kg CO}_2\text{-Äq}/\text{kWh} = \mathbf{5.066 \text{ kg CO}_2\text{-Äq}/\text{a}}$$

Investitionskosten: 22.000,00 € brutto

4.3 Umsetzungsfahrplan (Priorisierung/Zeitplanung/Akteure)

Planungsleistungen zum Umbau der Kläranlage wurden bereits ausgeschrieben. Die erarbeiteten energetischen Optimierungsmaßnahmen sollen dabei berücksichtigt werden. Folgender Umsetzungsfahrplan ist für die Umsetzung der Maßnahmen mit kurzfristigem und mittelfristigem Potential vorgesehen:

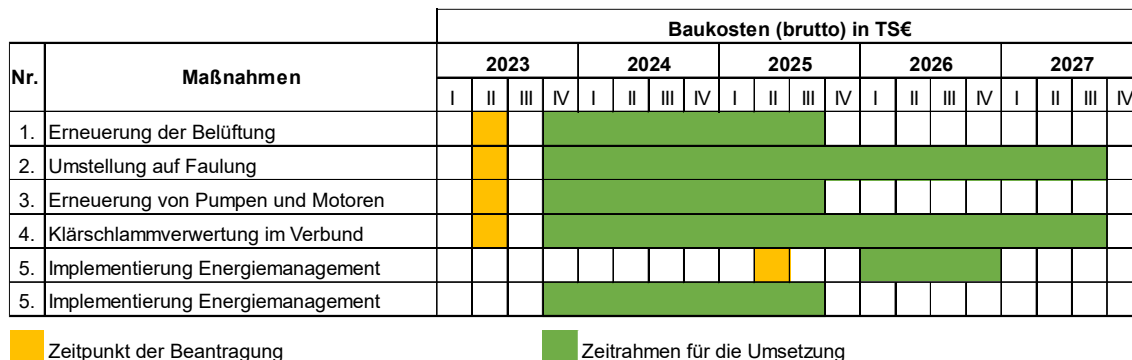


Abb. 16: Zeitplan der kurzfristigen und mittelfristigen Maßnahmen

Ergänzend sollen die weiteren Maßnahmen nach den Kapiteln 4.2.6 bis 4.2.8 zur Steigerung der Eigenstromversorgung umgesetzt werden. Bei möglichen Vorteilen durch eine zeitnahe Umsetzung im Rahmen der kurz- und mittelfristigen Maßnahmen, sollen dieses ebenfalls zeitig ausgeführt werden.

4.4 Entwicklung geeigneter Indikatoren für die Erfolgskontrolle der Maßnahmen

Es wird empfohlen, nach der Umsetzung durch regelmäßige Energiechecks die energetische Entwicklung der Anlage zu überwachen. Durch Integration eines Energiemanagementsystems (vgl. Kapitel 4.2.4) wird dies standardisiert in die Jahresroutine übernommen.

Empfohlene Indikatoren:

- Spezifischer Fremdstromverbrauch Gesamt $e_{ges,F} < IST$
- Spezifischer Stromverbrauch Belüftung $e_B \leq \text{Referenzanlagen DWA-A 216}$
- Spezifische Faulgasproduktion $e_{FG} \geq 20 \text{ l(EW} \cdot \text{d)}$
- Eigenversorgungsgrad Wärme $V_W \text{ ca. } 100 \%$
- Eigenversorgungsgrad Strom $V_E \text{ ca. } 60 \%$

4.5 Vorplanung der kurzfristig und mittelfristig umsetzbaren Maßnahmen

Erneuerung der Belüftung

Aufgrund der gestiegenen Reinigungsanforderungen und der Umstellung der Schlammbehandlung soll die kommunale Abwasserreinigungsstraße nicht mehr als Teichkläranlage sondern als technische Belebtschlammanlage erfolgen. Die aktuellen Oberflächenbelüfter erfordern aufgrund ihres schlechten Sauerstoffertrags einen sehr hohen spezifischen Stromverbrauch, so dass diese zukünftig durch ein effizientes Druckbelüftungssystem ersetzt werden soll. Weiterhin soll die Durchmischung des Abwasser-Belebtschlammgemisches nicht durch Tauchmotorrührwerke sondern verfahrensimmanent durch den Energieeintrag über die aufsteigende Luft erfolgen.

Charakteristisch für dieses Verfahren ist die Tatsache, dass demnach kein zusätzlicher Energieaufwand für den Betrieb von Mischeinrichtungen (Rührwerke) benötigt wird. Die Belüftungselemente werden im gesamten Belebungsbecken (Rohrreaktor) großflächig und möglichst bodennah angeordnet und dienen während der unbelüfteten Denitrifikationsphase auch zur Belebtschlamm-Homogenisierung mittels der sog. Impulsbelüftung, ohne dabei den Denitrifikationsprozess zu unterbrechen.

Durch den Einsatz von Turboverdichtern kann die zugeführte Luftmenge belastungsorientiert bei nahezu gleichbleibendem Wirkungsgrad im Teillastbetrieb geregelt werden.

Die Gebläse der SBR-Abwasserreinigungsstraße entsprechen dem Stand der Technik. Auch unter energetischen Aspekten besteht kein Bedarf zum Austausch. Durch eine Optimierung der bestehenden mess- und regelungstechnischen Einrichtungen kann der Betrieb der Gebläseaggregate jedoch kann der Stromverbrauch jedoch nochmals reduziert werden. Weiterhin sollen die vorhandenen Schlauchbelüfter durch Plattenbelüfter ausgetauscht werden. Der Austausch sollte in einer Phase mit geringer Belastung erfolgen, so dass nacheinander jeweils ein SBR-Behälter temporär außer Betrieb genommen werden kann und die verbleibenden SBR-Behälter ausreichen, um den Abwasservolumenstrom zu reinigen. Die Fläche der Belüfter ist so groß zu wählen, dass durch intermittierende Druckstoßbelüftung eine ausreichende Durchmischung in der unbelüfteten Phase erfolgen kann und die bestehenden Rührwerke außer Betrieb genommen werden können.

Tab. 13: Investitionskosten Erneuerung der Belüftung

Nr.	Maßnahme	Gesamt
1.	Erneuerung der Belüftung	
	Demontage und Installation Plattenbelüfter (SBR bestehend)	180.000,00
	Installation Plattenblüfter (SBR neu)	105.000,00
	Installation Plattenbelüfter (kommunal)	135.000,00
	Gebläse (inkl. Frequenzumrichter) (kommunal)	70.000,00
	Messtechnik	50.000,00
	Regelungstechnik	50.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	25.000,00
	Zwischensumme	615.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	153.750,00
	Gesamt, netto	768.750,00
	zzgl. 19% MwSt.	146.062,50
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	915.000,00

Umstellung auf Faulung

Als Faulungsanlage soll eine zweistufige Kompaktfaulung dienen. Durch dieses Verfahren können abbaukinetische Vorteile und höhere Gaserträge gegenüber einer einstufigen Faulung mit gleichem Faulraumvolumen erzielt werden. Die Faulbehälter sind jeweils mit einem quadratischen Grundriss vorgesehen. Durch Integration eines Vorklärbeckens in den Verfahrensablauf der kommunalen Abwasserreinigung der Kläranlage Oberes Trierbachtal kann energiereicher Primärschlamm gewonnen werden. Der im Nachklärbecken abgezogene Überschussschlamm soll mechanisch eingedickt und gemeinsam mit dem Primärschlamm der Faulung als gemischter Rohschlamm zugegeben werden. Zur Rohschlamm-pufferung soll ein Rohschlammbehälter errichtet werden.

Der Rohschlamm wird in das Heizschlammumwälzsystem gepumpt, in dem die notwendige Heizenergie überein Doppelmantelwärmetauscher zugeführt wird. Durch die stetige Umwälzung des Faulbehälterinhalts über außenliegende Pumpen wird dabei neben der Rohschlammaufheizung auch ein Ausgleich der Abstrahlverluste kompensiert. Zur weitergehenden Durchmischung ist jeder Faulbehälter mit einem Zentralrührwerk ausgerüstet.

Das produzierte Faulgas soll in einem BHKW verstromt werden. Der erzeugte Strom wird in das Netz der Kläranlage eingespeist und führt damit zu einer entsprechenden Reduktion des Fremdstrombezuges. Die anfallende Abwärme wird zur Deckung des Wärmebedarfes der Faulung genutzt. Die Überschusswärme kann zur Beheizung der Betriebsgebäude eingesetzt werden.-

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

Um im Revisionsfall das Faulgas ordnungsgemäß entsorgen zu können wird eine Notgasfackel errichtet werden.

In Tab. 14 sind die Investitionskosten, die bei der Beantragung von Fördermitteln zur Verfahrensumstellung auf Faulung berücksichtigt werden können, aufgelistet. Nicht in den Kosten enthalten sind z. B. die Investitionskosten zur Errichtung eines Blockheizkraftwerkes zur Faulgasnutzung.

Tab. 14: Investitionskosten Verfahrensumstellung auf Faulung

Nr.	Maßnahme	Gesamt
2.	Umstellung auf Faulung und Errichtung eines Vorklärbeckens	
	Zulaufpumpwerk	135.000,00
	Vorklärbecken	80.000,00
	Primärschlammumpwerk	28.000,00
	Überschussschlammeindickung	105.000,00
	Schlammstilo	140.000,00
	Rohschlammvorlagebehälter	88.000,00
	Kompaktfaulbehälter	390.000,00
	Technikgebäude	470.000,00
	Gasspeicher und Gasfackel	130.000,00
	Zwischensumme	1.566.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	391.500,00
	Gesamt, netto	1.957.500,00
	zzgl. 19% MwSt.	371.925,00
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	2.329.000,00

Klärschlammverwertung im Verbund

Im Rahmen der Klärschlammverwertung im Verbund soll der ausgefaulte Schlamm entwässert werden. Durch die damit einhergehende Volumenreduktion nimmt der Lageraufwand deutlich ab. Zusätzlich wird der Transportaufwand zur Klärschlammverwertung, unabhängig vom gewählten Verwertungsverfahren, deutlich gesenkt. Durch die Reduktion des Transportaufwandes werden ebenfalls die damit einhergehenden Transportemissionen reduziert.

Die Annahme der voreingedickten Fremdschlämme kann direkt in den Rohschlammbehälter erfolgen, wo eine Vermischung bzw. Homogenisierung mit dem mit dem Schlamm der KA Oberes Trierbachtal erfolgt.

Zur Flexibilisierung der Schlammentwässerung soll ein Faulschlammbehälter errichtet werden, in dem der Faulschlamm zwischengepuffert werden kann.

Das bei der Entwässerung anfallende Filtratwasser kann in der SBR-Abwasserbehandlungsstraße behandelt werden. Das SBR-Verfahren bietet im Vergleich zum Durchlaufverfahren verfahrenstechnische Vorteile bei der Reinigung hoch belasteter Abwasserströme. Zur Pufferung des Filtratwassers kann der Zwischenpufferbehälter für die Nürburgring-Abwässer genutzt werden.

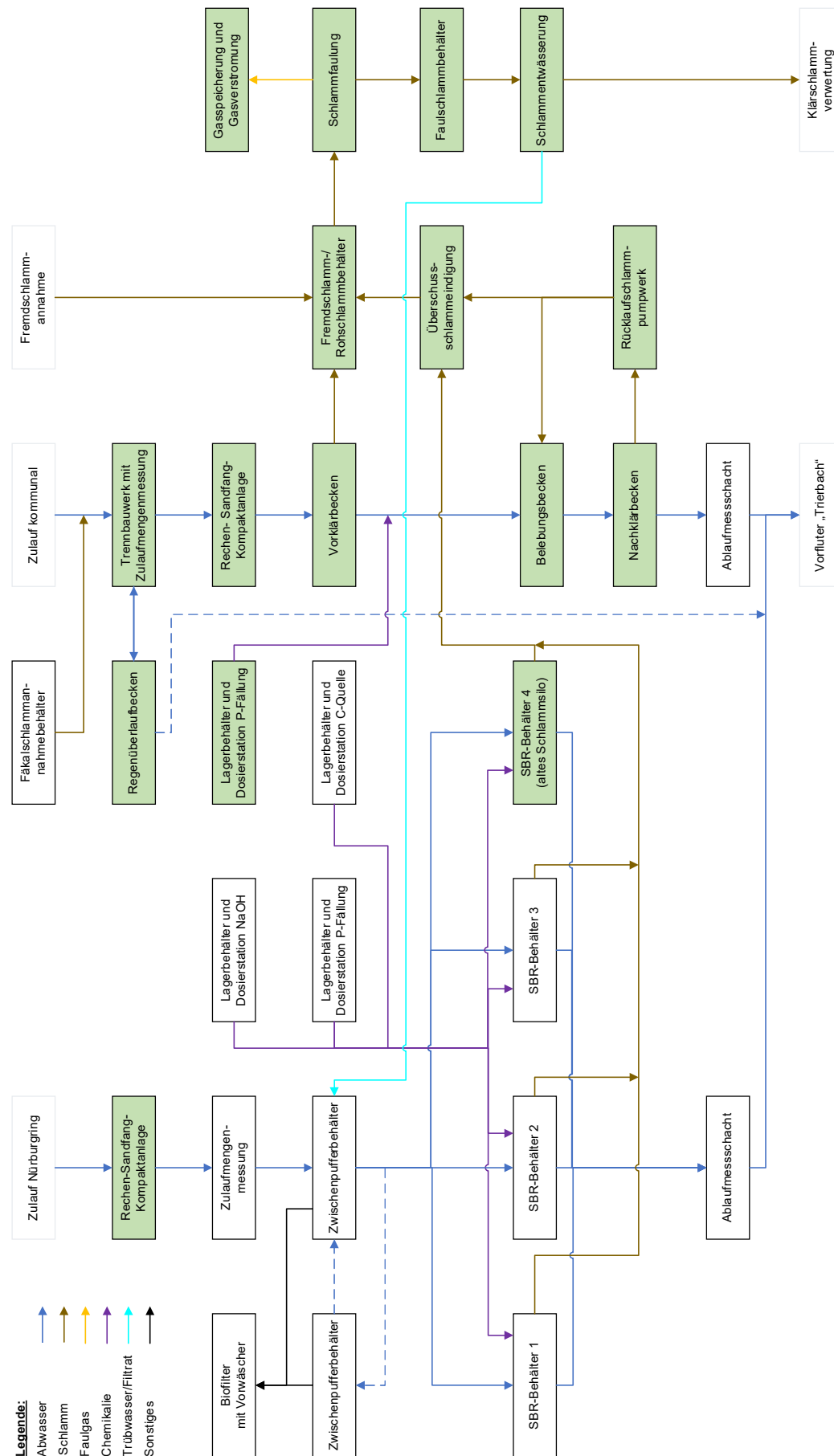


Abb. 17: Verfahrensschema nach den Maßnahmen

Die Investitionskosten können wie folgt abgeschätzt werden:

Tab. 15: Investitionskosten Klärschlammverwertung im Verbund

Nr.	Maßnahme	Gesamt
3.	Klärschlammverwertung im Verbund	
	Fremdschlammannahmebehälter	48.000,00
	Schlammmentwässerung	335.000,00
	Faulschlamm-pufferbehälter	48.000,00
	Zwischenlager/Verladung (entwässerter Klärschlamm)	175.000,00
	Zwischensumme	606.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	151.500,00
	Gesamt, netto	757.500,00
	zzgl. 19% MwSt.	143.925,00
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	901.000,00

Erneuerung der Zwischenpufferentleerungspumpen

Die energetische Optimierung der Zwischenpufferentleerungspumpen kann durch einen Austausch der Pumpaggregate inkl. Antriebsmotor erfolgen. Bei dem Austausch ist die Dimensionierung der Pumpen zu prüfen und auf eine optimale Regelbarkeit z. B. durch Frequenzumrichter zu achten.

Tab. 16: Investitionskosten Erneuerung Zwischenpufferentleerungspumpen

Nr.	Maßnahme	Gesamt
4.	Erneuerung Zwischenpufferentleerungspumpen	
	Demontage Altanlagentechnik	2.500,00
	2 St. Pumpen	15.000,00
	Sonstige Kleinarbeiten	750,00
	Zwischensumme	18.250,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	4.562,50
	Gesamt, netto	22.812,50
	zzgl. 19% MwSt.	4.334,38
	Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet	27.000,00

Implementierung eines Energiemanagements

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

Zur Erhöhung der Analysegenauigkeit soll weitere Messtechnik angeschafft werden. Zum Beispiel sind die einzelnen Gebläseaggregate, als größte Stromverbraucher der Kläranlage mit einzelnen Messungen zu versehen.

Tab. 17: Investitionskosten Implementierung Energiemanagement

Nr.	Maßnahme	Gesamt
5.	Implementierung eines Energiemanagements	
	Erstzertifizierung	30.000,00
	Messtechnik	20.000,00
	Software	5.000,00
Summe, brutto		55.000,00

Erneuerung der mechanischen Vorreinigung

Zur energetischen Optimierung soll die mechanische Vorreinigung der kommunalen Abwasserbehandlungsstraße erneuert werden. Dabei hat sich der Einsatz einer Rechen-Sandfang-Kompaktanlage als energetisch vorteilhafter gegenüber der konventionellen Ausführung in aufgelöster Bauweise herausgestellt. Es werden für beide Beckenstraßen getrennte Anlagen vorgesehen, die jeweils witterungsgeschützt in einem Gebäude aufgestellt werden.

Tab. 18: Investitionskosten Erneuerung mechanische Vorreinigung

Nr.	Maßnahme	Gesamt
6.	Erneuerung mechanische Vorreinigung	
	Errichtung Rechen-Sandfang-Kompaktanlage (inkl. Peripherie)	405.000,00
	Zwischensumme	405.000,00
	zzgl. Baunebenkosten; Ansatz 25%	101.250,00
	Gesamt, netto	506.250,00
	zzgl. 19% MwSt.	96.187,50
Summe, brutto inkl. Baunebenkosten, gerundet		602.000,00

4.6 Prüfung der Sicherstellung der Mindestziele

4.6.1 Deckungsquote des Energiebedarfs für Strom und Wärme

Nach Umsetzung der Maßnahmen werden die folgenden Deckungsquoten erreicht:

Tab. 19: Deckungsquote des Eigenenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien

	Strom			Wärme		
	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungs- grad	Verbrauch [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	Deckungs- grad
2019	406.760	0	0 %	0	0	0 %
Nach kurz- fristigen Maßnah- men	244.983	105.843	43 %	175.111	194.046	100 %
Nach allen Maßnah- men	243.375	153.544	63 %	233.207	272.789	100 %

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

Der gesamte spezifische Strombedarf beträgt nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen:

$$E_{\text{spez}} = (406.760 \text{ kWh/a} - 161.777 \text{ kWh/a}) / 7.599 \text{ EW} = 32,24 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a})$$

Der gesamte spezifische Strombedarf beträgt nach Umsetzung aller Maßnahmen:

$$E_{\text{spez}} = (406.760 \text{ kWh/a} - 163.385 \text{ kWh/a}) / 7.599 \text{ EW} = 32,03 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a})$$

Bei dem nach den Maßnahmen erzielten Stromverbrauch beträgt der spezifische Fremdstrombezug nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen:

$$\begin{aligned} e_{\text{spez, Fremd, el}} &= (406.760 \text{ kWh/a} - 161.777 \text{ kWh/a} - 105.843 \text{ kWh/a}) / 7.599 \text{ EW} \\ &= 18,31 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a}) \end{aligned}$$

Bei Umsetzung aller Maßnahmen ergibt sich folgender spezifischer Fremdbezug:

$$\begin{aligned} e_{\text{spez, Fremd, el}} &= (406.760 \text{ kWh/a} - 163.385 \text{ kWh/a} - 153.544 \text{ kWh/a}) / 7.599 \text{ EW} \\ &= 11,82 \text{ kWh}/(\text{EW} \cdot \text{a}) \end{aligned}$$

Entsprechend wird der Zielwert³³ eines spezifischen Stromverbrauchs von 23 kWh/(EW·a) erreicht.

Der Gesamtdeckungsgrad der Anlage (elektrisch und thermisch) beträgt nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen rd. 67 % und nach Umsetzung aller Maßnahmen rd. 81 %.

Thür, 10.02.2021



Jürgen Jakob

i. A.



Lukas Ellerich

**Ingenieurgesellschaft
Dr. Siekmann + Partner mbH**

³³ Entsprechend Mail von Franziska Brade (PTJ) an Sebastian Bauer-Bahrdrdt (1.2.2019): „... Es handelt sich um den spezifischen Energiebedarf der aus Fremdenergie zur Verfügung gestellt werden muss.“