

Betreff

Beratung und Beschluss über eine energetische Optimierung des Klärwerkes

Sachbearbeitende Dienststelle:

Bauamt

Datum

25.04.2023

Sachbearbeitung:

Johannes Volpert

Beratungsfolge (Zuständigkeit)

Gemeindevertretung der Gemeinde Gelting (Beratung und Beschluss)

Sitzungstermin

09.05.2023

Status

Ö

Sachverhalt:

Bereits seit geraumer Zeit beschäftigt sich die Gemeinde Gelting gemeinsam mit der Verwaltung und dem Fachpersonal vor Ort mit der Frage nach möglichen technischen Optimierungen der Kläranlage. Das Ziel hierbei ist es in erster Linie, eine nachhaltige sowie gleichzeitig auch wirtschaftliche Betriebssicherheit zu schaffen und dauerhaft zu gewährleisten.

In einem ersten unverbindlichen Gespräch im Rahmen eines Ortstermins des gemeindlichen Infrastrukturausschusses am 24.03.2022 auf der Kläranlage Verlobungsweg wurden seitens der Beteiligten bereits einige mögliche Ansätze zur Optimierung von Prozessen diskutiert.

Nach Sondierung des Marktes und Prüfung der Kapazitäten möglicher Projektbeteiligter Ingenieure hat es sich nach Auswertung durch die Verwaltung abschließend ergeben, den Auftrag an das Büro Ingenieurgesellschaft Siebert & Partner mbH aus Itzehoe auszusprechen. Der Auftrag wurde dann am 07.12.2022 schriftlich erteilt.

Nach einigen Ortsterminen wurde ein Vorabzug der Studie am 22.03.2023 durch die Ingenieure per Mail vorgelegt. Die hierin ermittelten Daten wurden vorab inhaltlich mit der Verwaltung und dem örtlichen Fachpersonal erörtert.

Am 17.04.2023 hat sich der Infrastrukturausschuss im Beisein von Herrn Wollborn (Autor der Konzeptstudie aus dem Büro ISP) eingehend mit dem Thema befasst. Es wurde festgehalten, dass die durch den Planer vorgeschlagenen Investitionen sehr sinnvoll erscheinen, jedoch aufgrund der zu erwartenden finanziellen Belastungen für die Gemeinde nicht alle sofort umgesetzt werden können und müssen. Eine geeignete Reihenfolge der stufenweise angelegten Umsetzungsstrategie bringt einen nachhaltigeren Umgang mit den zur Verfügung stehenden Mitteln bei nahezu gleichbleibenden Erfolgsaussichten. Darüber hinaus müssen im Hinblick auf die laufenden Betriebsprozesse auch Prioritäten gesetzt werden, beispielsweise um tatsächliche Havarien oder technische Ausfälle (aktuell der PC mit der Steuerungssoftware) auch bearbeiten, reparieren und ersetzen zu können.

Investitionen im Zeitraum 2023 / 2024

1. 50.000 € Sanierung / Erneuerung des digitalen Prozessleitsystems
2. 70.000 € Errichtung PV-Anlage 30 kWp mit Batteriespeicher (Dachflächen)
3. 26.000 € Ersatz eines Gebläses gegen ein effizienteres Schraubengebläse

Die Finanzierung soll in einem entsprechenden Nachtragshaushalt dargestellt werden. Weitere Investitionen sollen nach Bewertung der ersten Erfahrungen mit den bis dato getätigten Maßnahmen planmäßig dann ab 2025 erfolgen.

Am 18.04.2023 hat sich ebenfalls der Haupt- und Finanzausschuss der Gemeinde Gelting mit diesem Thema befasst, und ist wohlwollend der Empfehlung aus dem Fazit des Infrastrukturausschusses gefolgt. Es wird der Gemeindevertretung empfohlen, die weitere Veranlassung bzw. Beauftragung zur Optimierung der Kläranlage wie folgend sowie in anliegender Studie dargestellt zu beschließen.

Beschlussvorschlag:

Die Gemeindevertretung folgt den fachlich begründeten Investitions-Empfehlungen aus dem Infrastrukturausschuss zur Optimierung der Kläranlage Verlobungsweg wie dargestellt und beauftragt die Verwaltung, entsprechende weitere Schritte zur Ausschreibung und Vergabe der erforderlichen Leistungen zu veranlassen.

Der Bürgermeister wird ermächtigt, die nach Ausschreibung und Vergabeempfehlung ermittelten jeweilig erfolgreichen Bieter im Namen der Gemeinde Gelting zu beauftragen.

Anlagen:

Bericht Studie Kläranlage Gelting 17-04-2023

Gemeinde Gelting



Kläranlage Gelting

Studie zur Energieeffizienz Erläuterungsbericht und Berechnungen

Gemeinde Gelting
über Amt Geltinger Bucht
Holmlück 2
24972 Steinbergkirche



Stubbendorfer Ring 10
23858 Wesenberg
Tel. 0451 79901-0, Fax -40
Mail: info@siebert-partner.de
Web: www.siebert-partner.de

Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung	3
2.	Projektbeteiligte	4
3.	Bestand	6
3.1	Anlagenkomponenten	6
3.2	Zulaufwerte	8
3.3	Nachbemessung	11
3.4	Leistungsbedarf	14
4.	Energieeffizienzmaßnahmen	18
4.1	Biologische Reinigungsanlage	18
5.	Photovoltaik	27
5.1	Ermittlung des Energiebedarfes	27
5.1.1	Varianten	27
5.1.2	Empfehlung	29
6.	Mechanische Vorreinigung	32
7.	Schlammbehandlung	34
8.	Fazit	37
9.	Handlungsempfehlung	38
	Fotos der bestehenden Anlage	40

Anlagen

1. Nachberechnung Kläranlage mit 3.100 EW Belebungs-Expert Version 3.03

1. Veranlassung

Die Gemeinde Gelting betreibt eine zweizügige SBR-Kläranlage für die Reinigung des Abwassers der angeschlossenen Einwohner. Die Auslegung erfolgte Ende der Neunzigerjahre für insgesamt 6.000 EW. Die Anlage arbeitet nach dem SBR-Aufstauverfahren mit einem wechselnden Wasserspiegel. Für die diskontinuierliche Beschickung der beiden Reaktoren ist ein Vorlagebecken vorhanden. Zur Vergleichmäßigung des Ablaufstromes der Dekanter wird ein Erdbecken (Schönungsteich) genutzt.

Die Anlage erfüllt durchgehend die Anforderungen an die Reinigungsleistung und weist keine erkennbaren Defizite auf.

Im Rahmen dieses Konzeptes soll eine Überprüfung der Auslastung sowie der Energieeffizienz der Anlage erfolgen. Aufzuzeigen sind mögliche Reserven der Auslegung und potentielle Betriebsanpassungen oder Aggregateänderungen, die zu einer höheren Effektivität und Nachhaltigkeit, insbesondere von Seiten des Energieeinsatzes führen.

2. Projektbeteiligte

Auftraggeber: Gemeinde Gelting
über Amt Geltinger Bucht
Holmlück 2
24972 Steinbergkirche

Ansprechpartner: Hr. Johannes Volpert

Tel.: 04632/ 8491-63
Fax: 04632 / 8491-30
E-mail: johannes.volpert@amt-geltingerbucht.de

Betriebsleiter:
Hr. Axel Zöhner

Unt. Wasserbehörde: Kreis Schleswig-Flensburg
Wasserwirtschaft
Flensburger Straße 7
24837 Schleswig

Ansprechpartner: Hr. J. Jäger
Telefon Amt: 04621 87 375
E-mail: Joern.Jaeger@schleswig-flensburg.de

Entwurfsverfasser: Ingenieurgesellschaft Siebert & Partner mbH
Emmy-Noether-Straße 19
25524 Itzehoe

Ansprechpartner: Hr. Dipl.-Ing. Frank Niehuus
Tel.: 04821 14846-22
Fax: 04821 14846-29
E-mail: f.niehuus@siebert-partner.de

Stubbendorfer Ring 10
23858 Wesenberg

Ansprechpartner: Hr. Dipl.-Ing. Laurenz Wollborn

Tel.: 0451 79901-13

Fax: 0451 79901-40

E-mail: l.wollborn@siebert-partner.de

3. Bestand

3.1 Anlagenkomponenten

Die Kläranlage Gelting ist eine SBR Anlage die für einen Anschlussgrad von 6.000 EW ausgelegt wurde. Sie besteht aus einer mechanischen Vorreinigung mit einer Kompaktanlage aus Rechen und Sandfang, einem Vorspeicher der SBR-Anlage, zwei SBR Reaktoren sowie zwei Schlamm-Speicherbecken. Zudem ist eine chemische Reinigungsstufe in Form einer Phosphat Fällungsanlage mittels Eisen drei Chlorid installiert.

Als Ausgleichsspeicher ist ein Schönungsteich nachgeschaltet.

Folgende Anlagenkomponenten sind vorhanden:

- a) Rechen- und Sandfanganlage vom Typ Noggerath NOGCO GSI Kombi 1200, in einem massiven Gebäudeteil
- b) Vorlagebehälter mit maximalem Aufstauvolumen von 480 m³ (12,97 m Durchmesser, 3,65 m Nutzhöhe) aus glasemaillierten Stahl-Plattenmaterial
- c) Beschickungspumpwerk innerhalb des Vorlagebehälters mit Flygt-Tauchmotorpumpen 3152.091 mit 280 m³/h Förderleistung bei ca. 5 m manom. Förderhöhe
- d) Zwei SBR-Reaktoren mit je einem max. Volumen von 1.134 m³ (18,32 m Durchmesser, 4,30 m Nutzhöhe), aus glasemaillierten Stahl-Plattenmaterial
- e) Ausgleichsspeicher als Schönungsteich (Erdbecken) mit knapp 730 m² Fläche
- f) Zwei Schlamm Speicher mit Nutzvolumen von je 385 m³ (10,68 m Durchmesser, 4,30 m Nutzhöhe) aus glasemaillierten Stahl-Plattenmaterial, zur Aufnahme des Überschussschlammes
- g) Betriebsgebäude mit Unterbringung der Schaltwarte, Sozialräumen, Lager und Labor
- h) Gebläsestation mit 2+1 Drehkolbengebläsen, Schieberkammern und P-Fällmittelanlage als Gebäude zwischen den SBR-Reaktoren

- i) Prozeßwasserpumpwerk mit Flygt-Tauchmotorpumpen 3085.92 mit 50 m³/h Förderleistung bei ca. 5 m manom. Förderhöhe

Zustand der Anlagenkomponenten

- *Rechen-Sandfanganlage*

Die Noggerath NOGCO GSI Kombi 1200 Anlage ist aus dem Jahr 1999. Sie ist damit relativ veraltet und hat mit 24 Betriebsjahren auch nahezu ihr maximales Lebensalter erreicht. Der Zustand ist bereits als angegriffen zu bezeichnen, es zeigen sich Korrosionserscheinungen. Die Schaltanlagentechnik ist ebenfalls veraltet.

Die Anlage sollte kurz- bis mittelfristig ersetzt werden.

- *Vorlagebecken*

Visuelle Kontrolle zeigt keine sichtbaren Mängel.

- *Beschickungspumpen*

Keine visuelle Kontrolle möglich

- *SBR-Becken*

Visuelle Kontrolle zeigt keine sichtbaren Mängel, Rührwerke visuell i.O., Dekanter visuell i.O., Belüftungskontrolle nicht möglich

- *Ausgleichsspeicher*

Visuelle Kontrolle zeigt keine sichtbaren Mängel

- *Schlamm Speicher*

Visuelle Kontrolle zeigt keine sichtbaren Mängel

- *Fällmitteldosieranlage*

Unterirdische Tankanlage (Fabrikat HAASE) mit 10 m³ Nutzinhalt für Eisen-III Chlorid, visuell nicht kontrollierbar

- *Betriebsgebäude*

Visuell i.O., Anlagentechnik weitgehend i.O.

3.2 Zulaufwerte

Die Einleitungsgrenzwerte betragen:

CSB	60 mg/l
BSB ₅	10 mg/l
N _{ges}	12 mg/l
P	1,6 mg/l

Eine Auswertung der Zulaufwerte der SüVo-Messungen des Jahres 2021 ergab folgendes Bild:

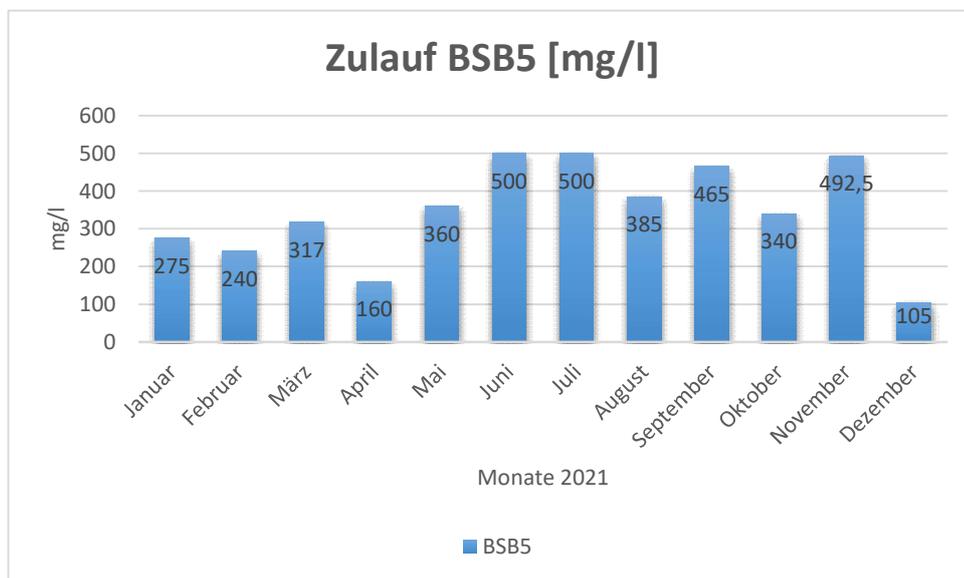


Diagramm 1: BSB₅- Zulaufkonzentration 2021

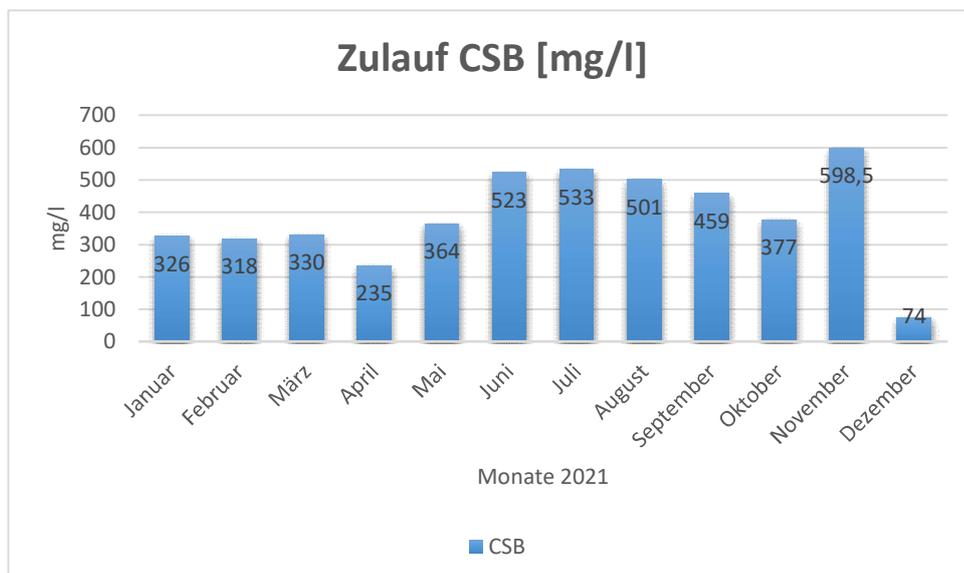


Diagramm 2: CSB- Zulaufkonzentration 2021

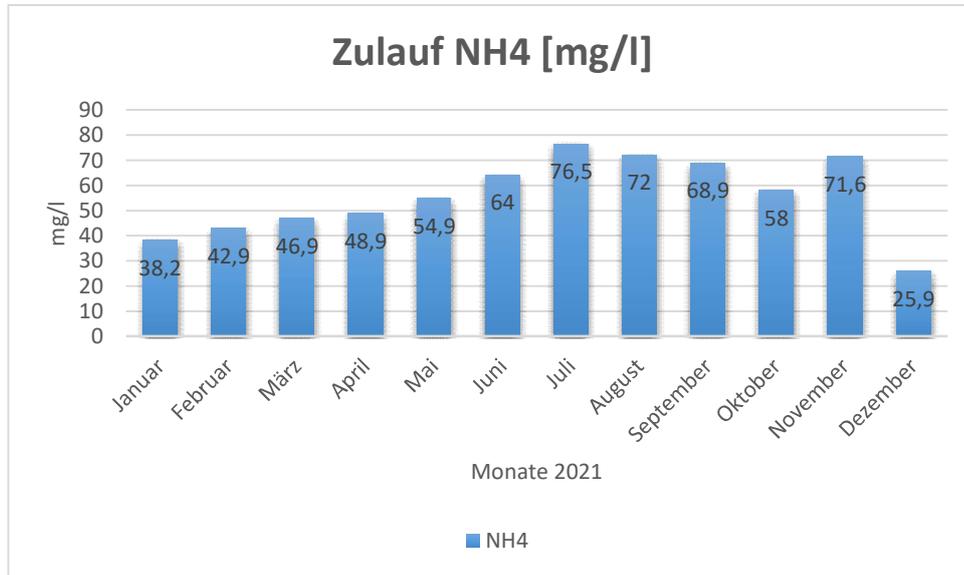


Diagramm 3: NH₄/N_{ges}- Zulaufkonzentration 2021

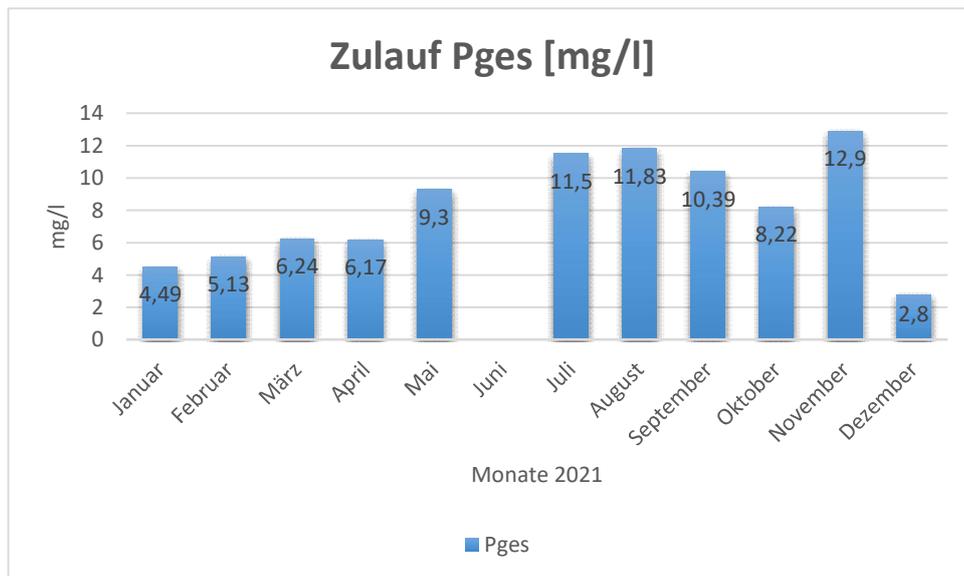


Diagramm 4: P- Zulaufkonzentration 2021

Auffallend ist eine sehr geringe CSB-Belastung, es spricht entweder für sehr wenig biologisch nicht abbaubare organische bzw. anorganische Stoffe oder die BSB-Werte sind fehlerbehaftet. Die niedrigen CSB-Werten korrespondieren mit einem eher geringen N_{ges}-Wert, der ebenfalls eher unterdurchschnittlich ist. Durch die Kombination bleibt das N/CSB Verhältnis noch in einem Rahmen, der eine Denitrifikation ohne Ersatzstoffe möglich macht. Die Ablaufwerte des Jahres 2021 zeigen

allerdings keine Auffälligkeiten bei den Parametern $\text{NO}_3\text{-N}$ bzw. $\text{NO}_2\text{-N}$. Die Werte liegen alle unterhalb 1 mg/l.

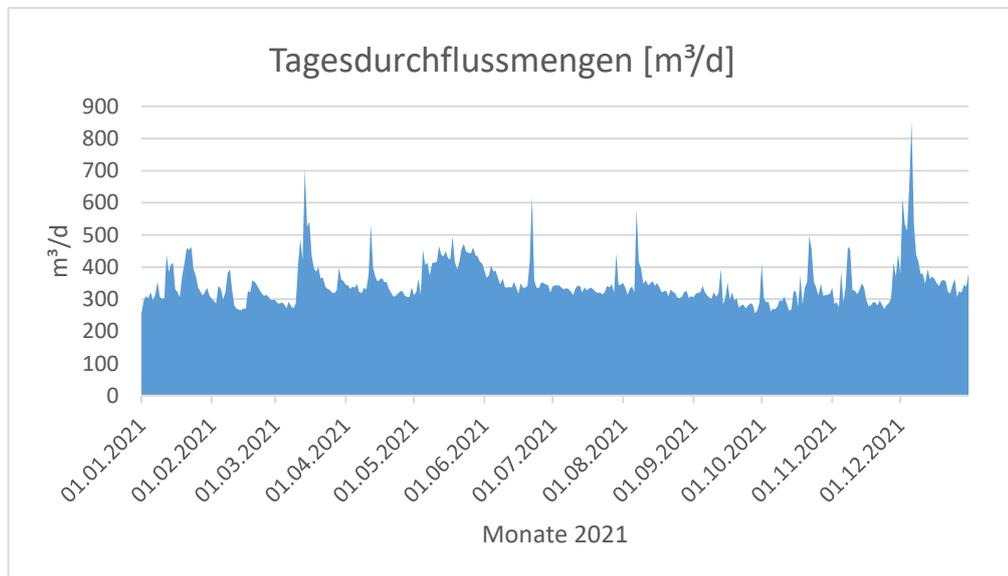


Diagramm 5: Tageszulaufmengen 2021

Die Zuflussmengen schwanken in einem Bereich von knapp unterhalb 300 m³/d bis in der Spitze von etwas über 800 m³/d. Das 85% Quantil wurde ermittelt und liegt bei 389 m³/d. Dieser Werte entspricht einer hydraulischen Belastung von ca. 3.100 EW.

3.3 Nachbemessung

Die Anlage ist den Werten nach gering ausgelastet. Die CSB-Ablaufwerte sind stabil und die Reinigungsleistung ist gut.

Eine Nitrifikation und Denitrifikation finden ausreichend statt, ein Zeichen dafür, dass die Belüftung ebenfalls ausreichend dimensioniert ist.

Die bestehende Anlage wurde mit den 85% Quantil-Werten des Jahres 2021 überprüft und eine Nachbemessung durchgeführt (**Anlage 1**).

Einwohnergleichwerte		3.100 EGW
Parameter		
BSB ₅	pro Einwohner	62 g/(EW*d)
CSB	pro Einwohner	67 g/(EW*d)
TKN	pro Einwohner	9,0g/(EW*d)
NH ₄ -N	pro Einwohner	7,0g/(EW*d)
P	pro Einwohner	1,5 g/(EW*d)
TS ₀	pro Einwohner	50 g/(EW*d)
		150
Schmutzfrachten im Zulauf		
Parameter		
B _{BSB}		192 kg/d
B _{CSB}		206 kg/d
B _{TKN}		28 kg/d
B _{NH₄-N}		22 kg/d
B _P		5 kg/d
B _{TS₀}		155 kg/d
TS ₀ /BSB ₅		0,81
Abwassermengen, Zulauf		
Trockenwetterzulauf	Q _d	389 m ³ /d
	Q _{h,TW,max}	39 m ³ /h
Regenwetterzulauf	Q _{d,RW}	778 m ³ /d
	Q _{h,RW,max}	78 m ³ /h

Tabelle 1: Zulaufparameter (Eingangsdaten aus 85% Quantil aus 2021)

Eine Nachbemessung der Anlage nach dem Arbeitsblatt A-131 und dem Merkblatt M 210 der DWA ergibt folgendes Bild.

Folgende Randbedingungen wurden aufgrund der tatsächlichen Verhältnisse gewählt bzw. ermittelt:

Schlammalter = 25 d, d.h. aerobe Stabilisierung

ISV (geschätzt)= 100 ml/g

Ablaufzielwerte = BSB 10 mg/l

CSB 60 mg/l

$N_{\text{ges,anorg}}$ = 12 mg/l

P_{ges} = 1,6 mg/l

Ergebnisse:

Maßgebend ist das größere Volumen $V_{\text{erf.}}$	1.353 m ³
Wahl der SB-Reaktoren	
Anzahl:	2 Stück
erforderliches Volumen:	677 m ³ pro Reaktor
Durchmesser:	18,32 m
Höhe:	4,80 m
Freibord:	0,50 m
Max. Wasserspiegel:	4,30 m
Wasserspiegel, Trockenwetter:	3,43 m
Min. Wasserspiegel:	3,12 m
Austauschhöhe:	1,18 m
V_{min}:	822 m ³ pro Reaktor
ΔV:	311 m ³ pro Reaktor
V_{R}:	1.133 m ³ pro Reaktor
V_{ges}:	2.267 m ³

TS_{BB} = mind. 2,0 kg/m³, max. 2,7 kg/m³

Ablaufwerte = $N_{\text{ges,anorg}}$ = weitgehend < 12 mg/l

Sauerstoffbedarf = 25 - 30 kg/h unter Betriebsbedingungen

Schlammproduktion = ca. 140 kg TS/d

Das erforderliche Belebungsbeckenvolumen von $2 \times 677 \text{ m}^3 = 1.353 \text{ m}^3$ wird mit den vorhandenen Kapazitäten von $2 \times 1.133 \text{ m}^3 = 2.267 \text{ m}^3$ deutlich überschritten. Die Anlage weist demnach Reserven auf.

Die Belüfterleistung ist mit $(2+1) \times 900 \text{ Nm}^3/\text{h}$ Luftleistung ausreichend groß und weist ebenfalls Reserven auf.

3.4 Leistungsbedarf

Vorliegend ist eine Betriebsstundenaufstellung aus dem Jahr 2022. Zudem sind die Abrechnungsdaten für den Stromverbrauch des Jahres 2021 bekannt. Die untenstehende Liste führt die vorhandenen Aggregate mit deren Laufzeit und Anschlussleistung auf. Aufgelistet sind nicht die Antriebe der mechanischen Reinigungsanlage, diese sind somit noch zusätzlich zu berücksichtigen. Das folgt in der zweiten Tabelle zum Zwecke einer Plausibilitätsprüfung:

	2022			Rechnerisch auf Stromverbrauch 2021 angepasst			
	Betriebsstunden 22	kW	kWh/a	Betriebsstunden 21	kWh/a	kWh/a	pro Monat
Vorlage Pumpe 1	205	7,1	1.456	197	1.401	2.897	241
Vorlage Pumpe 2	219	7,1	1.555	211	1.496		
Vorlage Rührwerk 1	642	5	3.210	618	3.089	3.089	257
SBR-Rührwerk 1	5117	2,2	11.257	4.924	10.833	21.569	1.797
SBR-Rührwerk 2	5071	2,2	11.156	4.880	10.736		
SBR-Schlammpumpe 1	116	1,4	162	112	156	287	24
SBR-Schlammpumpe 2	97	1,4	136	93	131		
SBR Gebläse 1	1344	22	29.568	1.293	28.454	60.529	5.044
SBR Gebläse 2	1515	22	33.330	1.458	32.075		
SBR Gebläse 3	0	22	0	0	0	0	
Fällmittelpumpe 1	177	0,2	35	170	34	68	6
Fällmittelpumpe 2	177	0,2	35	170	34		
ÜS-Speicher Rührwerk 1	0	2,5	0	0	0	0	
ÜS-Speicher Rührwerk 2	0	2,5	0	0	0	0	
Prozesswasserpumpe 1	72	2,2	158	69	152	303	25
Prozesswasserpumpe 2	71	2,2	156	68	150		
Summe			92.216	88.742	88.742	88.742	

Tabelle 2: Laufzeiten und Stromverbrauch der wesentlichen Aggregate 2021/22

Die Belüftungsaggregate laufen jedoch nicht ständig unter Vollast, sondern werden über die FU's hauptsächlich im Teillastbetrieb betrieben. Die Ansteuerung erfolgt dabei über eine Sauerstoffsonde. Der Maximalwert liegt bei 2,0 mg/l, Zeitdauerabhängig werden die Gebläse in Teillast angefahren und je nach Dauer der Istwertveränderung vom System her hochgefahren. Nach Auskunft des Betriebspersonals laufen die Aggregate in Schwachlastzeiten nur sehr kurz und schalten mit Erreichen des Sollwertes ab, in Hochlastzeiten laufen sie dagegen durch und erreichen den Sollwert oftmals gar nicht.

Um einen plausiblen Abgleich durchzuführen, werden die Monatsabrechnungswerte des Jahres 2021 in nachfolgender Tabelle mit den Werten der übrigen Aggregaten subtrahiert, um in der letzten Spalte damit den tatsächlichen Bedarf der Belüftung zu ermitteln.

2021	Strom gesamt	Pumpen SBR	Rührwerk Vorlage	Rührwerk SBR	Mechanische Reinigung	Sonstiges	Belüftung
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Januar	6.391	241	257	1.797	210	100	3.786
Februar	5.676	241	257	1.797	210	100	3.071
März	6.919	241	257	1.797	210	100	4.314
April	7.355	241	257	1.797	210	100	4.750
Mai	8.172	241	257	1.797	210	100	5.567
Juni	8.026	241	257	1.797	210	100	5.421
Juli	8.664	241	257	1.797	210	100	6.059
August	8.872	241	257	1.797	210	100	6.267
September	7.881	241	257	1.797	210	100	5.276
Oktober	7.583	241	257	1.797	210	100	4.978
November	6.724	241	257	1.797	210	100	4.119
Dezember	6.479	241	257	1.797	210	100	3.874
Mittelwert	7.395	241	257	1.797	210	100	4.790
Jahr	88.742	2.892	3.084	21.564	2.520	1.200	57.482

Tabelle 3: Laufzeiten und Stromverbrauch der wesentlichen Aggregate 2021/22

Eine weitere Plausibilitätskontrolle lässt sich mit dem rechnerischen Luftbedarf bei der vorhandenen Auslastung der Anlage durchführen.

In der **Anlage 1** ist die Nachbemessung der Anlage mit dem Programm Belebungs-Expert auf der Basis des DWA- Regelwerkes A 131 durchgeführt. Der Sauerstoffbedarf pro Tag liegt danach bei:

$$OV_d = 186 \text{ bis } 188 \text{ kg/d}$$

Bei einer Aufteilung auf 24 Stunden ergeben sich demnach im Mittel

$$OV_{R,mittel} = 188 / 24 = 7,8 \text{ kg/h}$$

Das Sauerstoffzuführvermögen SOTR der Belüftungsaggregate ist darüberhinaus von mehreren Faktoren abhängig. Sie errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{SOTR} = \text{OV}_R \cdot \frac{f_d \cdot C_{S,20}}{(f_d \cdot C_{S,T} - C) \cdot \theta^{(T-20)} \cdot \alpha} [\text{kg/h}]$$

f_d = Tiefenfaktor = $1 + h_D / 20,7$

$C_{S,20}$ = Sauerstoffsättigungskonzentration bei $20^\circ = 9,09 \text{ mg/l}$

$C_{S,12}$ = Sauerstoffsättigungskonzentration bei $12^\circ = 10,80 \text{ mg/l}$

$\Theta^{(12-20)}$ = Temperaturkorrektur Koeffizient = 0,83

c = Sauerstoffsättigungskonzentration bei $12^\circ = 2 \text{ mg/l}$

α = Sauerstoffzufuhrfaktor bei feinblasiger Belüftung = 0,60

$$\begin{aligned} \text{SOTR} &= (1 + 4,3/20,7) \cdot 9,09 / ((1 + 4,3/20,7) \cdot 10,8 - 2) \cdot 0,83 \cdot 0,6) \cdot \text{OV}_R \\ &= (1,207 \cdot 9,09) / (11,03 \cdot 0,83 \cdot 0,6) \cdot \text{OV}_R \\ &= 2 \cdot \text{OV}_R \\ &= 15,6 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Am Tag werden somit im Mittel $15,6 \cdot 24 = 375 \text{ kg/d}$ benötigt.

Unter mittleren bis günstigen Betriebsbedingungen kann bei flächendeckenden Elementen ein Sauerstofftrag von 2,0 bis 2,7 kg/kWh erreicht werden.

Es ergibt sich damit ein täglicher Energiebedarf von:

$$\begin{aligned} P &= 375 / 2,0 = 188 \text{ kWh/d bei mittleren Bedingungen} \\ &= 375 / 2,7 = 139 \text{ kWh/d bei günstigen Bedingungen} \end{aligned}$$

im Monat damit:

$$\begin{aligned} &= 188 \cdot 30 = 5.640 \text{ kWh/Monat bei mittleren Bedingungen} \\ &= 139 \cdot 30 = 4.167 \text{ kWh/Monat bei günstigen Bedingungen} \end{aligned}$$

Die theoretisch ermittelte Menge (4.167 bis 5.640 kWh/Monat) ist damit im Bereich der tatsächlichen Menge (siehe Tabelle 3)

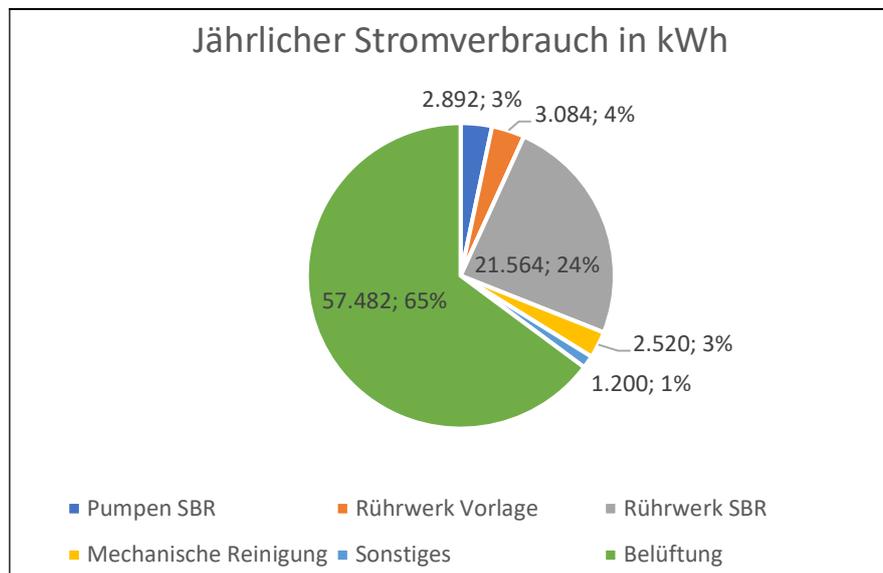


Diagramm 5: Aufteilung des Stromverbrauches auf der KA Gelting

Die Verteilung des Verbrauchs zeigt eine typische Aufspaltung bei Anlagen ohne maschinelle Schlammbehandlung. Zwei Drittel des Bedarfs wird durch die Belüftung beansprucht, ca. ein Viertel von der Umwälzung in den SBR-Reaktoren. Damit gehen 89% des gesamten Strombedarfs zu Lasten der biologischen Reinigung.

4. Energieeffizienzmaßnahmen

4.1 Biologische Reinigungsanlage

Wie aus dem Vorkapitel ersichtlich lohnt sich im Prinzip nur eine Betrachtung der biologischen Reinigungsstufe. Alle anderen Antriebe sind relativ klein und von untergeordneter Natur. So bringen z.B. Pumpen für die SBR-Beschickung, den Schlammabzug oder das Prozeßwasser mit höheren Effizienzeinstufungen von IE3 oder IE4 wenig bis keine Veränderungen, da neben dem kleinen Verbrauchsanteil sie alle mit Vollastdrehzahlen arbeiten. Die höheren Wirkungsgrade moderner Motoren bringen im Grunde nur bei Teillastbedingungen erkennbare Reduzierungen im Strombedarf.

Gebälse

Es gäbe zwei Ansatzpunkte:

- Effizientere Aggregate
- Optimierung der Ansteuerung und Laufzeiten

1. Effizientere Aggregate

Es sind heute mit der Schraubengebläsetechnik deutlich energieärmere Aggregate auf dem Markt. Bei Ihnen wird durch eine veränderte Verdichtungstechnik gegenüber der Drehkolbentechnologie weniger Energie in Wärme umgewandelt. Das kommt der Luftausbeute daher zugute.

Die bisherigen Drehkolbengebläse laufen mit der Sauerstoffsteuerung in einem Teil- bis Vollastbetrieb. Dabei wird für einen Vergleich der Aggregate von einer Verteilung des Luftbedarfes in Abhängigkeit von der aufgenommenen Leistung, den Betriebsstunden und des Gesamtjahresverbrauchs ausgegangen. Da nur die Betriebsstunden gemessen werden, ist eine andere Annäherung messtechnisch nicht möglich.

Vergleichsbedingungen:

- Gesamtgedruck ca. 600 mbar (bei Vollfüllung, bei Teilfüllung auch weniger)
- Im Jahr 2022 gab es eine Gesamtlaufzeit von ca. 3.000 Stunden für zwei Drehkolbengebläse
- Der Energiebedarf lag wie gem. Tabelle 3 bei 55.000 bis 60.000 kWh/a
- Die Aerzen GM 15 L Gebläse werden nach Leistungskurven des Herstellers eingestuft

Die nachfolgende Tabelle zeigt dabei annähernd einen Vergleich zwischen dem vorhandenen Drehkolbengebläse vom Typ Aerzen GM 15 L und neuen Schraubengebläsen:

			Schraubenkolben		Drehkolben Aerzen GM 15 L	
Volumenstrom	Zeit		P Maschine	W Maschine	P Maschine	W Maschine
m ³ /min	h/a	%	kW	kWh	kW	kWh
7	200	6,5	6,5	1.300	10,6	2.120
9	200	6,5	7	1.400	12,3	2.460
11	1000	32,3	9,5	9.500	15,5	15.500
13	850	27,4	11,2	9.520	18,9	16.065
15	850	27,4	12,9	10.965	20,9	17.765
Summe	3100			32.685		53.910
					Differenz	
			€/kWh	€/a	in €/a	€/a
Energiekosten pro Jahr			0,30	9.806	-6.368	16.173
in Euro			0,35	11.440	-7.429	18.869
			0,40	13.074	-8.490	21.564
			0,45	14.708	-9.551	24.260
			0,50	16.343	-10.613	26.955

Tabelle 4: Vergleich Energiebedarf Schraubengebläse/Drehkolbengebläse

Die Werte sind an die vorhandenen Bedingungen weitgehend angepasst, es sind ca. 3.100 Betriebsstunden pro Jahr berücksichtigt und der Strombedarf der vorhandenen Gebläse liegt hier rechnerisch im Bereich von 54.000 kWh/a.

Bei dieser Aufteilung werden ca. 2,28 Mio Nm³ Luft pro Jahr produziert, das wären im Mittel ca. 6.200 Nm³/d.

Der rechnerische Bedarf liegt im Stundenmittel bei:

$$Q_L = (1000 * SOTR) / (SSOTR * h_D)$$

Dabei:

SSOTR = zwischen 4 und 4,8 %/m * 3 (mittlere bis günstige Bedingungen)

h_D = Maximale Wassertiefe

$$Q_L = (1000 * 15,6) / (4,8 * 3 * 4,3)$$

$$Q_L = 15.600 / 62 = 252 \text{ Nm}^3/\text{h} = 6.048 \text{ Nm}^3/\text{d} \approx 6.200 \text{ Nm}^3/\text{d}$$

Damit bildet diese angenommene Verteilung die tatsächlichen Verhältnisse u.E. relativ gut ab.

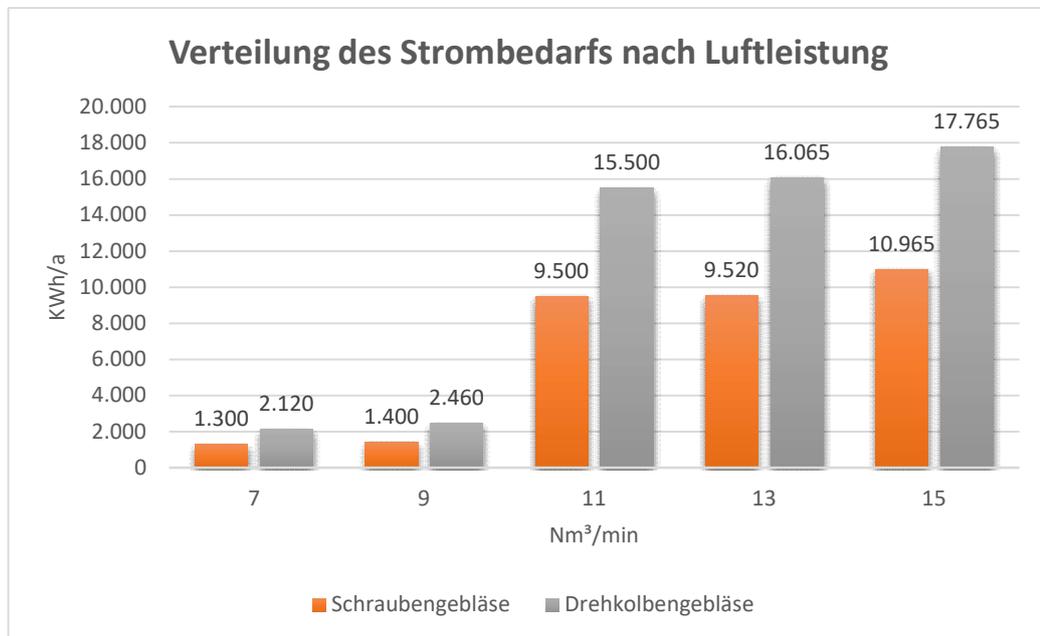


Diagramm 6: Strombedarfsvergleich Schrauben-/Drehkolbengebläse

Die Stromeinsparungen mit neuen Gebläsen sind somit nicht unerheblich. Im Schnitt sind ca. 40% Einsparung realisierbar.

Die Tabelle 4 zeigt dabei in der unteren Hälfte das mögliche Sparpotential. Abhängig vom Strompreis können hier ca. 6.400 Euro/a (bei 30 Cent/kWh) bis 10.600 Euro/a (bei 50 Cent/kWh) eingespart werden.

Demgegenüber ist die Neuinvestition zur Anschaffung der neuen Schraubengebläse allerdings auch nicht unerheblich. Pro Aggregat im 22 kW-Leistungsbereich ist mit ca. 26.000 Euro Kosten zu rechnen. Die Aggregate arbeiten mit Synchron Reluktanz-Motoren, d.h. sie können nur über FU's betrieben werden und sie haben einen verbesserten Motorenwirkungsgrad.

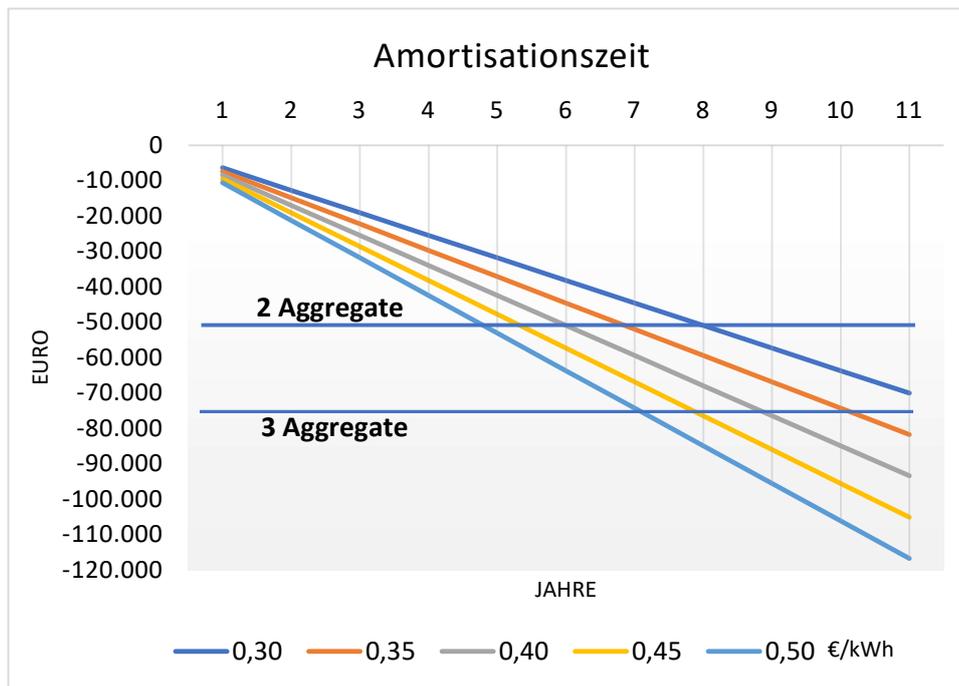


Diagramm 7: Amortisationszeit bei variablen Strompreisen

2. Optimierung der Ansteuerung und Laufzeiten

Bisher wird die Belüftungstechnik nur über den Sauerstoffgehalt im Becken angesteuert. Effektiver wäre die Einbeziehung des Parameters Stickstoff in die Sauerstoffregelung, da insbesondere der Ammonium- und Nitratgehalt einen wesentlichen Einfluß auf den Sauerstoffbedarf haben. So ist der Bedarf für die Nitrifizierung deutlich höher als für den Kohlenstoffabbau.

1. Redox-Messung

Anstatt einer alleinigen Sauerstoffsonde zur Ansteuerung der Gebläse ist der Einsatz des Redoxpotentials eine erweiterte Möglichkeit.

Das nachfolgende Diagramm zeigt den Phasenablauf und das dazugehörige gemessene Potential. So wird bei einer simultanen Denitrifikation wie sie im SB-Reaktor erfolgt, die Anschaltung der Belüftung erst nach Abschluß der anoxischen Phase (also bei $\text{NO}_3\text{-N} \approx 0 \text{ mg/l}$) vorgenommen (Abschaltung Gebläse bei Punkt II, Anschaltung bei Punkt III „Redox-Knick“)

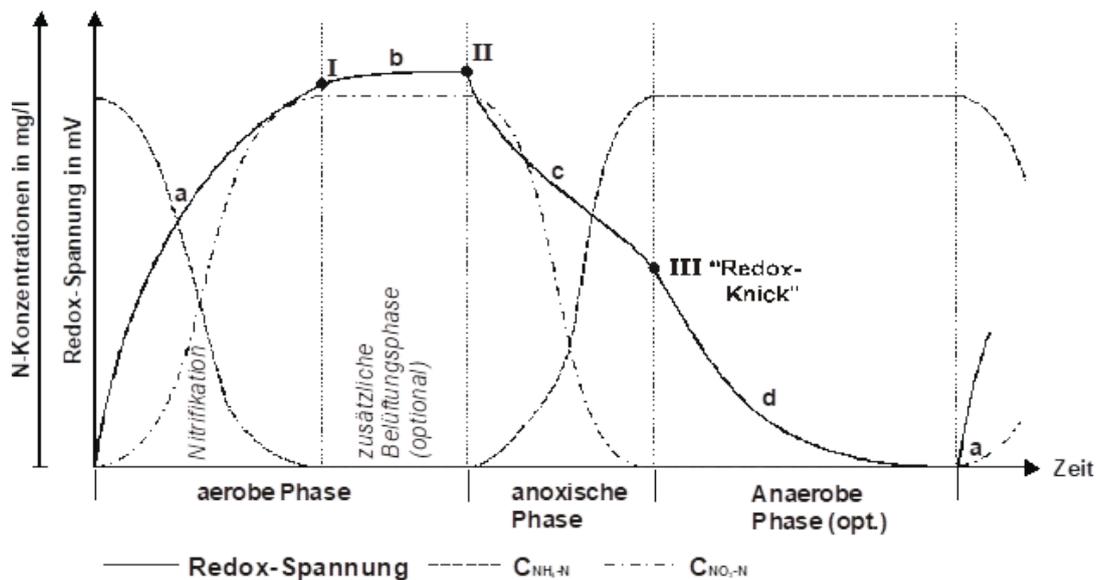


Diagramm 8: Idealtypischer Verlauf des Redox-Potenzials während der biologischen Nährstoffelimination (Quelle: Baumann/Reichert Redox-Arbeitsbericht 2011)

Zusätzlich zur Sonde wäre eine Steuerung über eine nachzurüstende SPS einzubauen, die das gemessene Potential entsprechend auswertet und die entsprechenden Schaltungen vornimmt.

Diese Schaltung ist auf die Parameter Stickstoff und deren Optimierung fokussiert, erlaubt jedoch auch keine wirkliche Drehzahlsteuerung und damit Anpassung der Gebläseleistung auf den tatsächlichen vorhandenen aktuellen Bedarf.

Die Effizienzsteigerung dieser Maßnahme ist schwer zu prognostizieren. Sie liegt wahrscheinlich im Bereich von 5 bis 10%.

2. $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ -Messung

Eine Online-Messung der beiden wesentlichen Parameter zuzüglich der Sauerstoffmessung lässt eine sensiblere und feinere Steuerung der Gebläse zu.

So kann über die SPS-Steuerung beispielsweise bei geringem $\text{NH}_4\text{-N}$ Gehalt und gleichzeitigem Anstieg der O_2 -Konzentration eine Herunterregelung der Gebläseleistung erfolgen und je nach dynamischer Veränderung der Parameter eine Erhöhung oder Reduzierung der Gebläseleistung eingeleitet werden.

Kombiniert mit einer Fuzzy-Logic wie sie z.B. von der Fa. Hach-Lange als integrierte Steuerung oder von Aqseptance als PC-basierte Lösung angeboten wird, kann diese Ansteuerung noch von weiteren Parametern und deren Veränderungen abhängig ge-

macht werden. Ziel ist dabei die Erreichung eines möglichst geringen Einsatzes der Gebläseenergie.

Mit Einsatz dieser Techniken ist eine Reduzierung der Energiekosten für die Belüftungstechnik von bis zu 15% durchaus realistisch.

Die nachfolgende Tabelle zeigt ungefähre Richtwerte für die Implementierung der verschiedenen erwähnten Mess- und Steuersysteme.

Position	Menge	Einheit	EP	GP
Redoxmessung	2	Stck	5.000,00	10.000,00
Befestigungssätze	2	Stck	900,00	1.800,00
Parametrierung/Implementierung	1	psch	3.000,00	3.000,00
Steuerungstechnik	1	psch	4.000,00	4.000,00
Verkabelung	1	psch	3.500,00	3.500,00
Summe netto				22.300,00
NH4-NO3 Kombimessung	2	Stck	6.500,00	13.000,00
Befestigungssätze	2	Stck	1.200,00	2.400,00
Parametrierung/Implementierung	1	psch	5.000,00	5.000,00
Zentralmodul	1	psch	3.500,00	3.500,00
Display	1	psch	2.900,00	2.900,00
Verkabelung	1	psch	4.500,00	4.500,00
Summe netto				31.300,00
Übergeordnete Fuzzy-Logic Steuerung				
Rechnermodul	1	psch	5.400,00	5.400,00
Steuerungsmodul/Software	1	psch	13.500,00	13.500,00
Parametrierung/Implementierung	1	psch	4.500,00	4.500,00
Verkabelung	1	psch	4.500,00	4.500,00
Summe netto				27.900,00

Tabelle 5: Kostenschätzung Belüftungsmessung und-steuerung

Umwälztechnik SBR-Reaktoren

Bei den Rührwerken gibt es ebenfalls zwei Eingriffsmöglichkeiten:

- Laufzeiten
- Einsatz von IE 3 Rührwerken

1. Laufzeiten

Die Rührwerke weisen mit je ca. 5.100 Stunden Laufzeiten pro Reaktor und Jahr, also in Summe knapp 10.200 Stunden pro Jahr, eine relativ hohe Betriebszeit auf. Nach Auskunft des Betriebspersonals werden die Rührwerke auch während der Belüftung betrieben. Dies ist u.E. wegen der guten Belegung der Becken mit Belüftungselementen nicht unbedingt nötig. In einigen Fällen kann ein Betrieb während der Belüftung auch zu Schäden an den Rührwerken führen, insbesondere dann, wenn der Abstand zwischen Belüfterelementen und Rührwerk zu gering ist. Durch die Zerschlagung von Luftblasen ist eine Gefahr von Kavitation gegeben, die Schäden an Lagern verursachen kann.

Wir würden hier einen Eingriff in die Steuerung der Anlage empfehlen, so dass keine automatische Umwälzung bei Betrieb der Gebläse mehr stattfindet. Ggf. kann man einen Pause-Betrieb-Intervall implementieren, der durch das Betriebspersonal verändert und dem Betriebsbedarf angepasst werden kann.

Wir würden hier eine Reduzierung um die Belüftungszeiten von ca. je 1.500 h/a, also in Summe knapp 3.000 h/a, empfehlen.

2. Einsatz von IE 3 Rührwerken

Die Wirkungsgradklasse IE 3 lässt deutliche Reduzierungen der einzusetzenden Leistung zu. Bei den vorhandenen runden Becken mit 18,6 m Durchmesser und einem maximalen Wasserspiegel von 4,30 m könnten anstatt der bisherigen 2,3 kW Aggregate nunmehr 0,9 kW Maschinen eingesetzt werden.

		IE 3 Banana-Rührwerk		Bisheriges Rührwerk	
Volumenstrom	Zeit	P Maschine	W Maschine	P Maschine	W Maschine
m ³ /min	h/a	kW	kWh	kW	kWh
SBR I	3600	0,9	3.240	2,2	7.920
SBR II	3600	0,9	3.240	2,2	7.920
Summe	7200		6.480		15.840
				Differenz	
		€/kWh	€/a	in €/a	€/a
Energiekosten pro Jahr		0,30	1.944	-2.808	4.752
in Euro		0,35	2.268	-3.276	5.544
		0,40	2.592	-3.744	6.336
		0,45	2.916	-4.212	7.128
		0,50	3.240	-4.680	7.920

Tabelle 6: Vergleich Energiebedarf IE 3/ bisherige Rührwerke

Die Tabelle 6 zeigt dabei in der unteren Hälfte das mögliche Sparpotential. Abhängig vom Strompreis können hier ca. 2.800 Euro/a (bei 30 Cent/kWh) bis 4.700 Euro/a (bei 50 Cent/kWh) eingespart werden.

Pro Rührwerks-Aggregat mit 0,9 kW-Leistung ist mit ca. 14.000 Euro Investitionskosten zu rechnen, in Summe somit ca. 28.000 Euro.

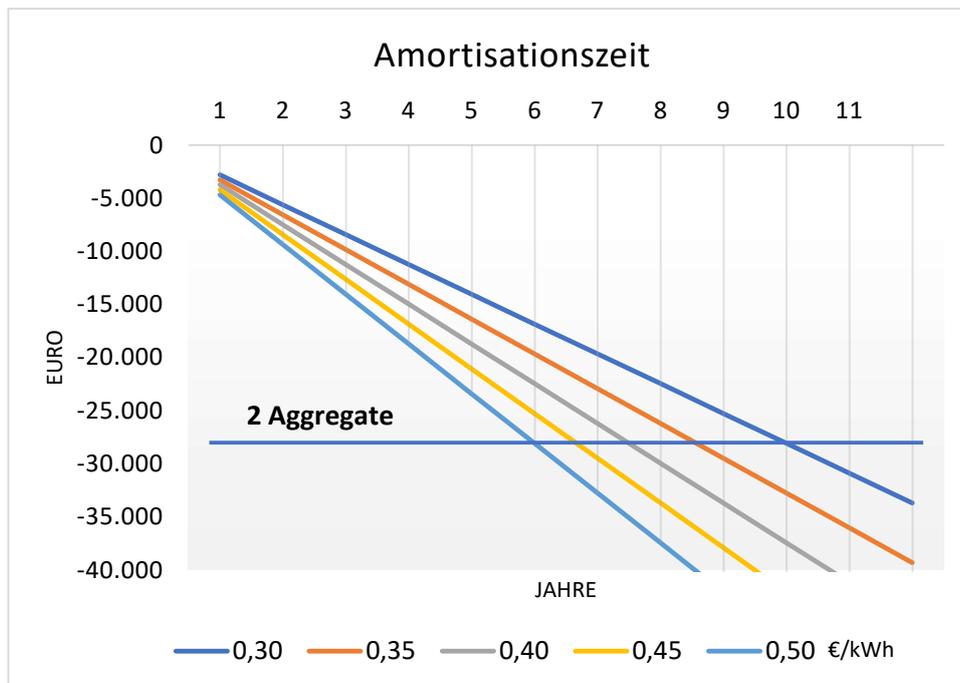


Diagramm 9: Amortisationszeit bei variablen Strompreisen

Das gesamte mögliche Einsparpotential zeigt folgende Tabelle:

	2022			Einsparpotential		
	Betriebs- stunden 22	kW	kWh/a	Betriebs- stunden neu	kW neu	kWh/a
Vorlage Pumpe 1	205	7,1	1.456	205	unverändert	1.456
Vorlage Pumpe 2	219	7,1	1.555	219	unverändert	1.555
Vorlage Rührwerk 1	642	5	3.210	642	unverändert	3.210
SBR-Rührwerk 1	5117	2,2	11.257	3.600	0,90	3.240
SBR-Rührwerk 2	5071	2,2	11.156	3.600	0,90	3.240
SBR-Schlammpumpe 1	116	1,4	162	116	unverändert	162
SBR-Schlammpumpe 2	97	1,4	136	97	unverändert	136
SBR Gebläse 1	1344	22	29.568		22,00	19.000
SBR Gebläse 2	1515	22	33.330		22,00	20.000
SBR Gebläse 3	0	22	0			0
Fällmittelpumpe 1	177	0,2	35	177	unverändert	35
Fällmittelpumpe 2	177	0,2	35	177	unverändert	35
ÜS-Speicher Rührwerk 1	0	2,5	0	0	unverändert	0
ÜS-Speicher Rührwerk 2	0	2,5	0	0	unverändert	0
Prozesswasserpumpe 1	72	2,2	158	72	unverändert	158
Prozesswasserpumpe 2	71	2,2	156	71	unverändert	156
Summe			92.216			52.384

Tabelle 7: Vergleich Energiebedarf bisher vs. neue Gebläse und Rührwerke

In der Summe wären somit bis zu 40.000 kWh/a Reduzierung möglich.

5. Photovoltaik

5.1 Ermittlung des Energiebedarfes

2021	Wirkleistung kWh	Wirkleistung Spitze kW
Januar	6.391	21
Februar	5.676	20
März	6.919	29
April	7.355	28
Mai	8.172	33
Juni	8.026	33
Juli	8.664	35
August	8.872	38
September	7.881	32
Oktober	7.583	33
November	6.724	26
Dezember	6.479	21
Summe	88.742	38

Tabelle 8: Wirkleistung in Summe und in der Spitze auf Basis 2021

Aus den Abrechnungen des EVU ergeben sich für 2021 ein Energiebedarf der Anlage 2021 von 88,7 MWh und eine Spitzen Wirkleistung 38 KW.

5.1.1 Varianten

Vorgeschlagen wird eine Aufstellung der Photovoltaik (PV) Anlage als Dach- und /oder Freiflächenanlage.

Das Anlagengelände bietet geeignete Flächen und aus naturschutzfachlicher Sicht sollten eigentlich keine Aspekte gegen die Planung einer Freiflächenanlage sprechen.

Wir haben die folgenden Varianten betrachtet, grundsätzlich sind alle Varianten wirtschaftlich darstellbar.

-
- Variante 1: Dachfläche 30 kWp PV, ca. 150 m² Fläche mit 10 KV Batteriespeicher:
PV Ertrag: ca. 25 MWh
Eigenverbrauch: ca. 30 MWh
Investition: ca. 70.000,- €
- Variante 2: Freifläche 60 kWp PV, ca. 300 m² Fläche:
PV Ertrag: ca. 55 MWh
Eigenverbrauch: ca. 30 MWh
Investition: ca. 110.000,- €
- Variante 3: Freifläche 90 kWp PV, ca. 450 m² Fläche:
PV Ertrag: ca. 82 MWh
Eigenverbrauch: ca. 45 MWh
Investition: ca. 165.000,- €
- Variante 4: Freifläche 60 kWp PV mit ca. 100 kWh Batteriespeicher:
PV Ertrag: ca. 55 MWh
Eigenverbrauch: ca. 55 MWh
Investition: ca. 210.000,- €
- Variante 5: Freifläche 90 kWp PV mit ca. 100 kWh Batteriespeicher:
PV Ertrag: ca. 82 MWh
Eigenverbrauch: ca. 65 MWh
Investition: ca. 265.000,- €



Bild 1: Beispielhafte Anordnung südlich Funkmast, Platzbedarf für ca. 225 Module (ca. 380 m²)



Bild 2: Beispielhafte Anordnung nördlich Funkmast, Platzbedarf für ca. 200 Module (ca. 340 m²)

5.1.2 Empfehlung

Nach technischer und wirtschaftlicher Betrachtung empfehlen wir im Endausbau die Variante 5 mit Batteriespeicher. Da es sich um eine SBR-Anlage mit diskontinuierlichem Betrieb handelt, ist eine Batteriespeicheranlage empfehlenswert. Der Platzbedarf wäre ca. 450 m², dieser würde auf dem Gelände zur Verfügung stehen.

Der Eigenbedarf kann hier am effektivsten abgedeckt werden.

Die Amortisationszeit variiert je nach Energiepreis und Strombedarf. Exemplarisch haben wir nachfolgend einmal für einen Bedarf von 65 MWh/a und für 52 MWh/a die Amortisationszeit in Abhängigkeit der Stromkosten dargestellt.

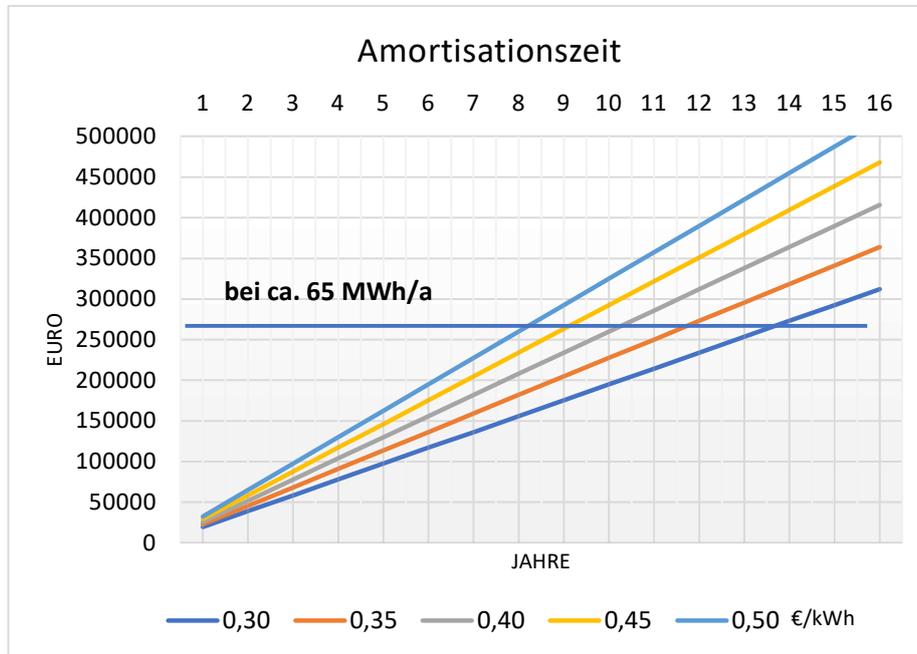


Diagramm 10: Amortisationszeit bei ca. 65 MWh/a Bedarf und variablen Strompreisen

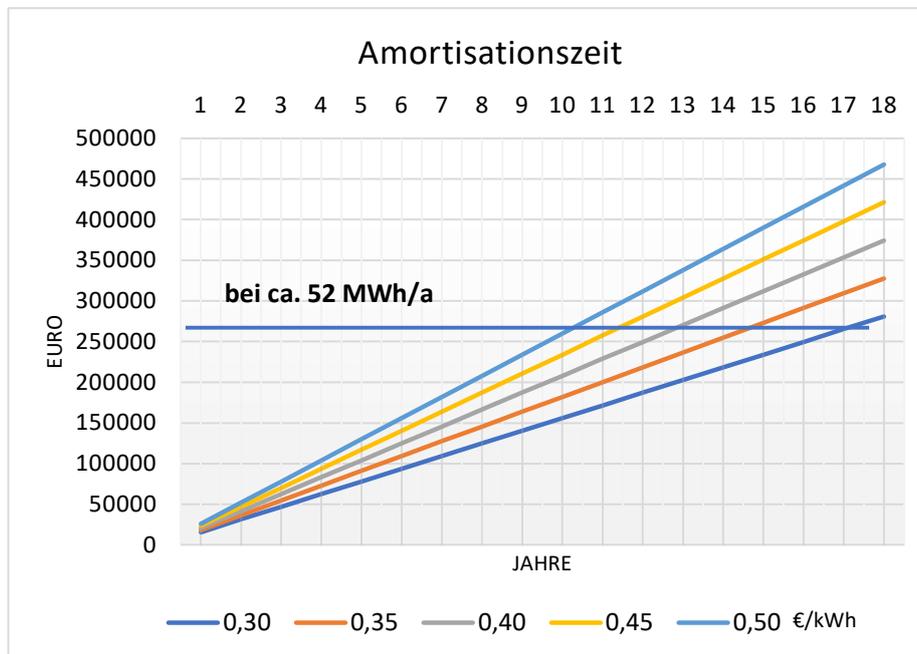


Diagramm 11: Amortisationszeit bei ca. 52 MWh/a Bedarf und variablen Strompreisen

Natürlich kann auch ein schrittweiser Aufbau einer PV-Anlage erfolgen, bei dem bspw. anfänglich die Dachfläche genutzt wird und erst in einem zweiten Schritt auf Freiflächen ausgewichen wird.

Je nach Erneuerungsumfang in Bezug auf Gebläse- und Rührwerkstechnik wird sich der Energiebedarf und damit die Amortisationszeit verändern.

Eine Installation einer entsprechenden Anlage ist in jedem Fall empfehlenswert.

6. Mechanische Vorreinigung

Die mechanische Vorreinigung ist aufgrund ihres Alters schadhaft und sollte kurz- bis mittelfristig ersetzt werden.

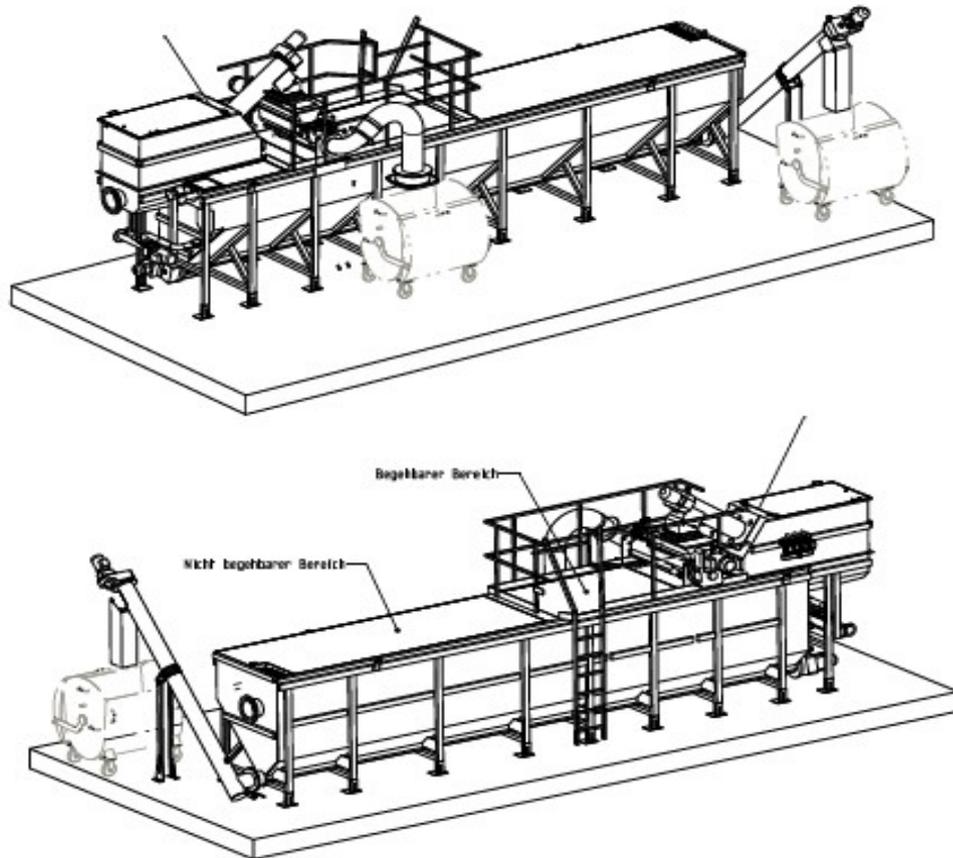


Bild 3: Kompaktanlage mit Rechen und Sandfang in 3D-Darstellung

Die Rechenanlage erhält eine nachgeschaltete Waschpresse. Damit wird eine optimale Abscheideleistung erreicht und die Rechengutübergabe zeichnet sich durch eine hohe Betriebssicherheit aus.

Der Sandfang ist nach DWA für 90 % der Kornfraktion 0,2 – 0,25 mm ausgelegt. Der Fettabzug erfolgt mit einem Fettpaddelwerk, das dafür sorgt, dass der Wasseranteil im Fett beschränkt bleibt. Ferner ist das Fettpaddel sehr betriebssicher, da der Fettfang mit dem Räumschild am Paddel zwangsgereinigt wird.

Der Sandfang der Kompaktanlage wird mit einer glatten, nicht begehbare Blechabde-

ckung ausgeführt. Der Bereich an der Waschpresse ist als begehbare Riffelblechabdeckung (oder GFK) ausgeführt. Zur Absturzsicherung wird ein Geländer vorgesehen. Damit kann das Betriebspersonal auf der Kompaktanlage den Sand- oder Fettfang durch die abnehmbaren Deckel einsehen.

Die Kosten für diesen Austausch werden wie folgt geschätzt:

Position	Menge	Einheit	EP	GP
Anlagen/Maschinen				
Kompaktanlage 40 l/s / 144 m ³ /h	1	Stck	210.000,00	210.000,00
Verrohrung/Installation	1	Stck	70.000,00	70.000,00
DEA Brauchwasser	1	Stck	25.000,00	NEP
E-Technik Anlage/Gebäude	1	Stck	15.000,00	15.000,00
Messtechnik	1	psch	10.000,00	10.000,00
Engineering/Technische Bearbeitung	1	psch	12.000,00	12.000,00
Summe netto				317.000,00
Summe netto aufgerundet				320.000,00

Tabelle 8: Kostenschätzung neue mechanische Vorreinigung

7. Schlammbehandlung

Der statisch eingedickte Schlamm wird derzeit bei Erreichen des maximalen Speichervolumens der Schlamm Speicher mit einer mobilen Entwässerungsanlage (aktuell beauftragt Fa. Beraldi) maschinell entwässert und anschließend der thermischen Verwertung zugeführt.

Während der statischen Eindickung wird das Trüb- und Überstandswasser mittels einem schwimmenden Abzug per Hand abgelassen und über das Prozesswasserpumpwerk wieder in die SBR-Vorlage zurückgepumpt.

Die thermische Verwertung ist obligatorisch, da der Schlamm wegen erhöhter Kupferwerte die Grenzwerte der Klärschlammverordnung für landwirtschaftliche Verwertung nicht einhält.

Die thermische Verwertung wird ohnehin der zukünftig vorherrschende Entsorgungsweg sein, so dass sich hieran zukünftig nichts verändern wird.

Folgende Alternative wären denkbar:

- Eigene Schlamm entwässerungsanlage, die die Dienstleistung der Fa. Beraldi ersetzen würde, im Anschluss weiterhin Abfuhr zur thermischen Verwertung
- Klärschlammvererdung auf eigens erstellten Vererdungsbeeten. Abfuhr des Schlammes nach 5 bis 10 Jahren, je nach Größenordnung der Beete

1. Schlamm entwässerung

Die Entwässerung der Schlämme kann über eine Schneckenpresse, Siebbandpresse oder Zentrifuge als Mobileinheit (Im Container eingebaut und per Hänger verfahrbar) oder als stationäre Anlage (Halle) erfolgen. Für die Lagerung wäre eine Containerstellfläche, am besten überdacht, erforderlich.

Die kleinsten Schneckenpressen laufen bei 30 bis 70 kg TS/h, das sind ca. 1 bis 1,5 m³/h Durchsatzleistung. Das wären für Gelting ca. 2 h Betrieb pro Tag bei ungefähr 100 bis 120 kg TS/d. Da nicht jeden Werktag für 2 Stunden die Anlage in und ausser Betrieb genommen werden kann, müsste man die Menge auf zwei Arbeitstage aufteilen. Damit läuft eine solche Anlage aber wirtschaftlich immer noch nicht optimal.

Für die Bedienung müsste eine Fachkraft mit mind. 50% Arbeitskapazität zur Verfügung stehen.

Nachfolgende Tabelle zeigt exemplarisch die Investkosten für eine kleine Anlage:

	Bau	Euro
1	BE	10.000,00
2	Überdachung Containerplatz	30.000,00
3	Rohrleitungen	25.000,00
4	Oberflächen Containerplatz	20.000,00
	Anlagen	
1	BE	10.000,00
2	Schlamm entwässerungsanlage	200.000,00
3	Schlammverbringung/Schnecken/verladung	20.000,00
4	Anschlüsse Rohrtechnik	30.000,00
5	Dosieranlage Hilfsstoffe	20.000,00
	EMSR	
1	Energieversorgung	10.000,00
2	NS-Technik	15.000,00
3	Messtechnik	15.000,00
4	Automatisierungstechnik	20.000,00
5	Installation	10.000,00
6	Allgemeines	10.000,00
	Nebenkosten/Rundung	60.000,00
	Gesamt netto	505.000,00
	19% MwSt.	95.950,00
	Gesamt brutto	600.950,00

Tabelle 9: Kostenschätzung maschinelle Schlamm entwässerung

Je nach Entsorgungspreis für den entwässerten Schlamm müssen mit Kosten > 1,10 Euro pro m³ Abwasser und Einwohner gerechnet werden (Basis ca. 200 Euro/t OS zur thermischen Verwertung).

Diese Anlagen lassen sich erfahrungsgemäß wirtschaftlich erst ab ca. 8 bis 10.000 angeschlossenen Einwohnern betreiben. Dann stehen die Fixkosten für Abschreibung, Zinsen, Wartung und zum großen Teil auch Bedienungsaufwand in einem günstigeren Verhältnis.

Die Installation einer Anlage würde daher bei einer interkommunalen Zusammenarbeit, amtsweit oder sogar amtsübergreifend, wirtschaftlich sinnvoller sein.

2. Klärschlammvererdung

Hierzu wären mindestens zwei Beete mit Foliendichtung, Flächendränage, Tragschichtaufbau und einer umlaufenden Beschickungsleitung einzurichten. Als Beckentiefe wären 1,5 bis 2 m zu veranschlagen.

Um einen Räumungszyklus von 5 bis 10 Jahren zu erreichen wären ca. 0,50 m²/EW anzusetzen, d.h. bei der Auslegungsgröße von 4.800 EW wären dies ca. 2.400 m² Fläche (2 x 1.200 m²). Da derzeit nur ca. 3.100 EW angeschlossen sind, wären ca. 1.500 m² gesamt (2 x 750 m²) vorerst auch ausreichend.

Die Entwässerung ist im allgemeinen gut und kann sehr hohe Werte erreichen, wenn die Becken fachgerecht beschickt und kontrolliert werden. Es gibt allerdings erfahrungsgemäß auch Anlagen, bei denen es zu Funktionseinschränkungen kommt.

Wenige Aussagen kann man zu der zukünftigen Verwertung des vererdeten Schlammes sagen. Aktuell werden von den thermischen Verwertungsanlagen TS-Gehalte um die 25 bis 30% favorisiert, was der Leistungsfähigkeit von Vererdungsbeeten eigentlich entgegensteht. Es können generell bessere Werte erzielt werden. Der vererdete Schlamm wird daher meist mit flüssigem Schlamm vor der thermischen Verwertung wieder gemischt.

Schwierig ist daher eine Zukunftsprognose, da die Verwertung zeitlich verschoben wird und die genauen Bedingungen und Konditionen zum eigentlichen ersten Verwertungszeitpunkt aktuell nicht bekannt sind.

8. Fazit

Die Kläranlage in Gelting ist derzeit mit ca. 3.100 Einwohnerwerten ausgelastet. Die Anlage weist damit noch erhebliche Reserven in der Reinigungsleistung auf, die sich sowohl in dem vorhandenen Reaktionsvolumen als auch in der Belüftungstechnik zeigen.

Energetisch wurden die tatsächlichen Verbräuche mit dem theoretischen Bedarf bei dem derzeitigen Auslastungsgrad zur Plausibilitätsprüfung abgeglichen und es konnten gute Korrelationen ermittelt werden. Der Energiebedarf für die Biologie beträgt demnach ca. 89%. Dort ergibt sich bei Austausch der Aggregate gegen effizientere Maschinen und eine Anpassung von Betriebszeiten ein nicht unerhebliches Einsparpotential. Möglich wären bei aktueller Auslastung bis zu 40.000 kWh/a Einsparung.

Die Installation einer Dach- oder-Freiflächen-PV-Anlage ist grundsätzlich eine zu empfehlende Investition. Die Flächen sind vorhanden und mittels einer Batteriespeicheranlage kann ein großer Anteil des Strombedarfes der Anlage abgedeckt werden.

Anpassungen der Prozesssteuertechnik an den aktuellen Stand der Technik sind möglich, u.E. aber nicht zwingend angezeigt. Eine Aktualisierung würde zwar eine bessere Dokumentation und Nachvollziehbarkeit von Betriebsprozessen ermöglichen, wird aber keinen wesentlichen Einfluss auf die Energieeffizienz der Anlage haben. Es könnte eine Arbeitserleichterung des Personals und eine Überprüfung der Effizienz verschiedener Eingriffsmöglichkeiten bedeuten, vorrangig würden aber Investitionen in die Hardware, also die Belüftungs- und Umwälzaggregate, deutlich sinnvoller sein.

Die mechanische Vorreinigungsanlage hat das Ende ihrer Betriebszeit nahezu erreicht und sollte kurz- bis mittelfristig ersetzt werden.

Bei der Schlammbehandlung ist die derzeitige Methode der mobilen Fremdentwässerung die momentan idealste Alternative. Bei Zusammenführung von Schlämmen mehrerer Gemeinden wird die Installation einer eigenen Anlage wirtschaftlich interessanter. Betrachtet werden muss dabei jedoch auch die Mehrbelastung der Kläranlage durch Trüb- und Überstandswässer. Da in Gelting noch Leistungsreserven vorhanden sind (3.100 zu 4.800 EW) könnte sich die Anlage dafür gut geeignet sein.

Eine Vererdungsanlage bedarf eines größeren Flächenzukaufes und ist von den späteren Entsorgungskosten her derzeit schwer kalkulierbar.

9. Handlungsempfehlung

Nach einer Diskussion der vorliegenden Studie im Rahmen des Infrastrukturausschusses der Gemeinde Gelting am 17.04.2023 wurde folgende Handlungsempfehlung entwickelt (Kosten geschätzt und gerundet):

Zeitschiene: aktuell bis Ende 2025

- Priorität für die Erneuerung des Prozessrechners, der ausgefallen ist.
Zudem Ertüchtigung und Erweiterung des PLS (Prozessleitsystems) → 50.000 €
- PV-Anlage mit ca. 30 kWp für die Dachfläche des Betriebsgebäudes (ohne Aufständ-
erung) mit 10 kW Batteriespeicher → 70.000 €
- Ersatz eines Gebläses Aerzen GM 15 L gegen ein Schraubengebläse → 26.000 €

Zeitschiene: ab Anfang 2026

- Austausch der Kompaktanlage der mechanischen Reinigung → 300.000 €
- Austausch der Rührwerke in den SBR-Reaktoren → 2 x 14.000 €
- Ersatz eines weiteren Gebläses Aerzen GM 15 L gegen ein Schrauben-
gebläse nach zwei- bis dreijähriger Erprobung des ersten → 26.000 €
- Mögliche Erweiterung der PV-Anlage auf Freifläche und ggf. mit zusätzlichem Batte-
riespeicher nach zwei- bis dreijähriger Erfahrung mit der Dachanlage.

Aufgestellt:

Wesenberg, den 19.04.2023



Ingenieurgesellschaft Siebert & Partner mbH

Stubbendorfer Ring 10

23858 Wesenberg

Literatur/Quellen:

1. Ablaufwerte der SÜVo aus den Jahren 2021 vom Betriebspersonal
2. Stromabrechnungen der Kläranlage Gelting des Jahres 2021
3. Betriebsstundenliste Aggregate der Kläranlage Gelting des Jahres 2022
4. Bestandslagezeichnung und Einzelzeichnungen der Anlagenelemente der Kläranlage Gelting (Quelle: Fa. Farmatic)
5. Maschinentechnikliste Aggregate mit Leistungsangaben
6. DWA Regelwerk A 131 Belebungsanlagen > 5.000 EW
7. DWA Regelwerk M 210 Aufstauanlagen

Fotos der bestehenden Anlage



Bild 4: SBR-Reaktoren



Bild 5: Gebläse- und Rohrtechnikgebäude SBR-Reaktoren



Bild 6: Kompaktanlage



Bild 7: Vorspeicher



Bild 8: Betriebsgebäude



Bild 9: Dekanter im Reaktor



Bild 10: SBR- Reaktor



Bild 11: Schlammstapelbehälter

DWA-Regelwerk

Belebungs-Expert
Berechnung von einstufigen Belebungsanlagen
nach dem DWA-Arbeitsblatt A131(2016)

Projekt: Kläranlage Gelting

bearbeitet von: Dipl.-Ing. L. Wollborn

berechnet am: 01.03.2023

Anlagenkonfiguration:

- Belebungsbecken
- Nachklärung

Reinigungsziele:

- Abbau des org. Kohlenstoffs
- Nitrifikation
- Denitrifikation
- Simultane aerobe Schlammstabilisierung
- Phosphor-Simultanfällung

Denitrifikationsverfahren: intermittierende Denitrifikation

Fällmittel: dreiwertiges Eisen

Lastannahmen:

Größenklasse: 206 kg CSB/d

Berechnete Lastfälle:

- Lastfall 1: Maximaler Sauerstoffbedarf
- Lastfall 2: Mittlerer Sauerstoffbedarf

	Lastfall	2	3
Zulaufmenge:			
Abwassermenge	Q _d	389	389 m ³ /d
	Q _t	38	38 m ³ /h

Zulaufkonzentrationen:			
CSB	CCSB,ZB	530	530 mg/l
Gelöster CSB	Sscsb,ZB	400	400 mg/l
Abfiltrierbare Stoffe	XTS,ZB	390	390 mg/l
Kjeldahl-Stickstoff	CKN,ZB	72,0	72,0 mg/l
Ammoniumstickstoff	SNH ₄ ,ZB	57,0	57,0 mg/l
Nitratstickstoff	SNO ₃ ,ZB	0,0	0,0 mg/l
Phosphor	CP,ZB	12,0	12,0 mg/l
Säurekapazität	SKS,ZB	20,00	20,00 mmol/l

Zulauffrachten:			
CSB	B _d ,CSB	206	206 kg/d
Gelöster CSB	B _d ,SCSB	156	156 kg/d
Abfiltrierbare Stoffe	B _d ,XTS	152	152 kg/d
Kjeldahl-Stickstoff	B _d ,KN	28,0	28,0 kg/d
Ammoniumstickstoff	B _d ,NH ₄	22,2	22,2 kg/d
Nitratstickstoff	B _d ,NO ₃	0,0	0,0 kg/d
Phosphor	B _d ,P	4,7	4,7 kg/d

Belebungsbecken, Lastfall maximaler Sauerstoffbedarf:

Temperatur im Belebungsbecken	T	20,0 Grad C
-------------------------------	---	-------------

Stickstoffbilanz:

Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	C_N	72,0 mg/l
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	2,9 mg/l
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	1,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	65,8 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	$S_{NO3,AN}$	3,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	$S_{NO3,D}$	62,8 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V_D/V_{BB}	0,60 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	58,1 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	58,1 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	7,6 mg/l
Maximale Taktzeit	t_T	3,36 h

Phosphorelimination:

Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	12,0 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	2,6 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	0,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	$X_{P,Fäll}$	8,3 mg/l
Fällmittel: Dreiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	8,8 kg Me/d

Schlammrockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlammrockensubstanz im Ablauf BB	TS_{AB}	2,70 kg/m ³
Gewählte Schlammrockensubstanz im Ablauf BB	TS_{AB}	2,70 kg/m ³

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	t_{TS}	27,7 d
--------------------------	----------	--------

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\dot{U}_{Sd,C}$	85 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\dot{U}_{Sd,BioP}$	0 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	$\dot{U}_{Sd,F}$	22 kg/d
Schlammproduktion gesamt	\dot{U}_{Sd}	106 kg/d

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	144 kg/d
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	110 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-66 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV_d	188 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f_C	1,10 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f_N	1,50 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV_h	25,3 kg/h

Säurekapazität:

Säurekapazität im Ablauf	SKS_{AN}	14,37 mmol/l
--------------------------	------------	--------------

Belebungsbecken, Lastfall mittlerer Sauerstoffbedarf:

Temperatur im Belebungsbecken	T	12,0 Grad C
-------------------------------	---	-------------

Stickstoffbilanz:

Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	C_N	72,0 mg/l
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	4,7 mg/l
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	1,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	64,3 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	$S_{NO3,AN}$	3,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	$S_{NO3,D}$	61,3 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V_D/V_{BB}	0,65 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	59,3 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	59,3 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	5,0 mg/l
Maximale Taktzeit	t_T	2,26 h

Phosphorelimination:

Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	12,0 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	2,6 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	0,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	$X_{P,Fäll}$	8,3 mg/l
Fällmittel: Dreiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	8,8 kg Me/d

Schlammrockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlammrockensubstanz im Ablauf BB	TS_{AB}	2,70 kg/m ³
Gewählte Schlammrockensubstanz im Ablauf BB	TS_{AB}	2,70 kg/m ³

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	t_{TS}	26,1 d
--------------------------	----------	--------

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\dot{U}_{Sd,C}$	91 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\dot{U}_{Sd,BioP}$	0 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	$\dot{U}_{Sd,F}$	22 kg/d
Schlammproduktion gesamt	\dot{U}_{Sd}	113 kg/d

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	135 kg/d
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	108 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-67 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV_d	176 kg/d

Säurekapazität:

Säurekapazität im Ablauf	SKS_{AN}	14,55 mmol/l
--------------------------	------------	--------------

BELÜFTUNG:

Lastfall:		Max. OV	Mittl. OV
-----------	--	------------	--------------

Lastfallspezifische Daten:

Erf. Sauerstoffzufuhr unter Betriebsbed.	Alpha*SOTR	30	25 kg/h
Alpha-Wert	Alpha	0,60	0,60 -
Salzkonzentration	TDS	10	10 mg/l
Atm. Luftdruck (bezogen auf NN)	P _{amb}	1030	1030 hPa
O2-Sättigungswert	cs	11,2	13,2 mg/l
O2-Sollwert im Betrieb	cx	2,0	2,0 mg/l
Erf. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	51	41 kg/h

System:

Gewähltes Belüftungssystem:

Druckbelüftung

Bezeichnung der Belüfter:

Supratec Oxiflex MS70

Einblastiefe	h _E	4,30 m		
		Maximum	Mittel	Minimum
Erf. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	50,6	41,3	41,3 kg/h
Vorh. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	76,9	41,3	29,7 kg/h
Vorh. Luftvolumenstrom	QL	940	424	424 m ³ _N /h

Gebälse bzw. Verdichter:

Auslegungsdaten:

Ansaugtemperatur	T _{amb}	20,0 Grad C
Atm. Luftdruck (bezogen auf NN)	P _{amb}	1030 hPa
Geodätische Höhe des Aufstellortes	h _{geo}	5 m
Relative Luftfeuchte	rF _{amb}	50,0 %
Differenzdruck am Verdichterausgang	dP	537 mbar
Anzahl Verdichter		1 -

Gebälse 1: Aerzener Maschinenfa, Typ GM 15 L

Drehzahl	n	4680 1/h
Förderleistung	QL _N	940 m ³ _N /h
Kupplungsleistung	P _K	18,0 KW