



VERBANDSGEMEINDE

RÖMERBERG - DUDENHOFEN

**KLIMASCHUTZTEILKONZEPT FÜR
DIE KLÄRANLAGE RÖMERBERG**

- ERLÄUTERUNGEN -

Projekt: 100375

SCHRIFTLICHER TEIL

- ERLÄUTERUNGEN
- VERBRAUCHSBERECHNUNG
- KOSTENBERECHNUNG

Mai 2019

Büro Rheinland-Pfalz:

Landauer Straße 109, 67434 Neustadt / Wstr.
Tel.: 0 63 21 / 91 81-0, Fax: 0 63 21 / 91 81 71
e-mail info@ifa-consult.de

Büro Niedersachsen:

Auf der Riehe 11, 31555 Suthfeld
Tel./Fax: 0 57 23 / 7 98 02 45
www.ifa-consult.de



VERBANDSGEMEINDE RÖMERBERG - DUDENHOFEN

Betreff: **Klimaschutzteilkonzept für die Kläranlage Römerberg**

Projekt Nr.: 100375

ERLÄUTERUNGEN

Inhaltsverzeichnis:

	Seite:
1. Anlass	6
2. Anlagenbestand der Kläranlage Römerberg (IST-Zustand)	8
2.1 Historie	8
2.2 Planunterlagen	8
2.3 Verfahrenstechnischer Ablauf und zugehörige Anlagenteile der Kläranlage Römerberg	8
2.4 Auswertung der Betriebstagebücher	10
2.4.1 <i>Zulaufmengen und -konzentrationen</i>	10
2.4.2 <i>Ablaufkonzentrationen und Abbauleistung</i>	13
2.4.3 <i>Einwohnergleichwerte</i>	14
3. Energie- und THG-Bilanz	16
3.1 Gesamtstromverbrauch	16
3.2 Stromverbrauch der einzelnen Verfahrensstufen	17
3.2.1 <i>Einlaufpumpwerk</i>	18
3.2.2 <i>RÜB</i>	19
3.2.3 <i>Rechen</i>	20
3.2.4 <i>Sandfang</i>	21
3.2.5 <i>Vorklärung</i>	23
3.2.6 <i>Belebungsbecken</i>	24
3.2.7 <i>Nachklärung</i>	25
3.2.8 <i>Schlammrückführung</i>	26
3.2.9 <i>Schlammbehandlung</i>	27
3.2.10 <i>Hochwasserpumpwerk</i>	28
3.2.11 <i>Infrastruktur (u.a. Betriebsgebäude)</i>	29
3.3 THG-Emissionen der Kläranlage Römerberg	31
3.4 THG-Emissionen der einzelnen Verfahrensstufen	32
4. Ergebnisse der energetischen Überprüfung und vorhandene THG- Belastungen	33
5. Energie- und THG-Einsparpotentiale durch Optimierung von Prozessabläufen (Potentialanalyse, Teil 1)	34
5.1 Einlaufpumpwerk	34
5.2 RÜB	34
5.3 Mechanische Reinigung	34
5.4 Belebungsbecken	35
5.5 Nachklärung	35
5.6 Schlammrückführung	36
5.7 Schlammbehandlung	36



5.8	Infrastruktur (u.a. Heizung der Betriebsgebäude)	37
6.	Einsparpotentiale durch Energiegewinnung (Potentialanalyse, Teil 2)	39
6.1	Sonnenenergie	39
6.2	Abwasserwärme	39
6.3	Faulgas	41
6.4	Sonstige Energiequellen	41
7.	Maßnahmen und zugehörige Kostenbetrachtungen	42
7.1	Vergleich von Belüftungssysteme für die KA Römerberg	43
7.1.1	<i>Bemessung der Belüftung</i>	45
7.1.2	<i>Investitionskosten</i>	47
7.1.3	<i>Betriebskosten</i>	48
7.1.4	<i>Kostenbarwertvergleich</i>	49
7.2	Eigenes Schlammmentwässerungskonzept	50
7.2.1	<i>Investitionskosten</i>	51
7.2.2	<i>Betriebskosten</i>	51
7.2.3	<i>Kostenbarwertbetrachtung und Empfindlichkeitsuntersuchung</i>	52
7.3	Abdeckung Schlammsilo	54
7.4	Sonstige kostentechnische Betrachtungen	54
8.	Maßnahmenkatalog	55
8.1	Sofortige bzw. kurzfristige Maßnahmen	55
8.2	Mittelfristige Maßnahmen	55
8.3	Langfristige Maßnahmen	56
8.4	Minderungspotentiale der vorgenannten Maßnahmen	57
9.	Akteursbeteiligung	58
10.	Strategien zur Überprüfung der Maßnahmen (Controlling Konzept)	59
11.	Zusammenfassung und Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit	60
12.	Abkürzungsverzeichnis	61
13.	Literaturangaben	62



Anlagen:

- Anlage 1: Theoretische Stromverbrauch der Verfahrensstufen
- Anlage 2: Kostenschätzung Belüftung
- Anlage 3.1: Kostenschätzung neue Schlammwässerung
- Anlage 3.2: Kostenschätzung Abdeckung Schlammsilo
- Anlage 4: Kostenbarwertermittlung Belüftung
- Anlage 5: Kostenbarwertermittlung Schlamm
- Anlage 6: Ablaufschema KA Römerberg

1. Anlass

Die Verbandsgemeinde Römerberg - Dudenhofen ist eine Gebietskörperschaft im Rhein-Pfalz-Kreis und süd-/südwestlich der Stadt Speyer. Zur Verbandsgemeinde Römerberg - Dudenhofen gehören die beiden Kläranlagen Hanhofen und Römerberg. An die hier betrachtete Kläranlage Römerberg sind insgesamt ca. 10.210 Einwohner angeschlossen. Die Kläranlage wurde um die 1970er Jahre errichtet und sukzessive über die Jahre erneuert. Die derzeitige Ausbaugröße der Kläranlage umfasst einen theoretischen Einwohnerwertgleichwert von 12.000 EWG.



Bild 1: Luftaufnahme vom Einzugsgebiet der Kläranlagen der VG Römerberg - Dudenhofen [QUELLE: GOOGLE EARTH]

Die Kläranlage Römerberg gehört zu dem größten Stromverbraucher innerhalb der Verbandsgemeinde Römerberg - Dudenhofen (VG). Unter Beibehaltung der Reinigungsleistung sind aus energetischen Gesichtspunkten Optimierungsmöglichkeiten auf der Anlage zu erwarten.

Das Ingenieurbüro **ifa consult gmbh** wurde damit beauftragt ein Klimaschutzteilkonzept zu erstellen, um die Emissionen und den Gesamtverbrauch der Kläranlage zu ermitteln, Einsparpotentiale abzuschätzen, Schwachstellen zu lokalisieren und Optimierungsvorschläge zu erar-

Büro Rheinland-Pfalz:

Landauer Straße 109, 67434 Neustadt / Wstr.
Tel.: 0 63 21 / 91 81-0, Fax: 0 63 21 / 91 81 71
e-mail info@ifa-consult.de

Büro Niedersachsen:

Auf der Riehe 11, 31555 Suthfeld
Tel./Fax: 0 57 23 / 7 98 02 45
www.ifa-consult.de



beiten. Gemeinsam mit der Verbandsgemeinde Römerberg - Dudenhofen wird so eine strategische Planungs- und Entscheidungshilfe entwickelt, um Treibhausgase und Energiekosten nachhaltig zu reduzieren. Gefördert wurde die Untersuchung vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.



2. Anlagenbestand der Kläranlage Römerberg (IST-Zustand)

2.1 Historie

Durch die VG Römerberg - Dudenhofen wird seit Einrichtung der Kläranlage um 1978 regelmäßig in die Anlage investiert, um den jeweiligen Stand der Technik genüge zu tragen.

Die Betreuung der Kläranlagen, des Kanalnetzes und der Pumpwerke der Einzugsgebiete der Kläranlagen in der Verbandsgemeinde Römerberg - Dudenhofen erfolgt durch derzeit 7 Beschäftigte. Für die regelmäßige Weiterbildung der Mitarbeiter werden zudem durch die VG jährlich Mittel bereitgestellt.

2.2 Planunterlagen

Für das Klimaschutzteilkonzept wurden von der VG Römerberg - Dudenhofen folgende Unterlagen für die Kläranlage Römerberg zur Verfügung gestellt und verwendet:

Allgemeine Unterlagen:

- Betriebstagebücher (monatlich) der Jahre 2016 bis 2017.
- Aufstellung des monatlichen Gesamtstromverbrauchs des Jahres 2017.
- Lageplan / Revisionsplan Kläranlage Römerberg, erstellt durch Ingenieurbüro Kittelberger, Februar 1980.
- Bauwerksplan / Revisionsplan Belebungs- und Nachklärbecken, Schöpfwerk, M 1:50 / M 1:20 / M 1:2, , erstellt durch Ingenieurbüro Kittelberger, Februar 1980.
- Bauwerksplan / Revisionsplan Vorklärbecken, M 1:50, erstellt durch Ingenieurbüro Kittelberger, Februar 1980.

2.3 Verfahrenstechnischer Ablauf und zugehörige Anlagenteile der Kläranlage Römerberg

Der Ablauf der Klärprozesse und zugehöriger Vorgänge auf der Kläranlage Römerberg mit der Ausbaugröße von 12.000 EWG wurde als Systemskizze den Erläuterungen (siehe Anlage 4) beigelegt.

Die Kläranlage besteht aus nachfolgenden Anlagenteilen (siehe Bild 2):

- Zulauf – Schneckenhebewerk
- Mechanische Vorreinigung (Rechen, Langsandfang)

- Vorklärung (1 x Becken, V ca. 270 m³)
- Biologische Abwasserreinigung (1 x Becken, V ca. 860 m³)
- Nachklärung (2 x Rechteckbecken, 2 x V ca. 860 m³)
- Schlammbehandlung (1 x Eindicker, V ca. 88 m³; 2 x Schlammsilos, 1 x V ca. 760 m³ und 1 x V ca. 360 m³; maschinelle Schlammwässerung)
- Betriebsgebäude und sonstige Einrichtungen der Kläranlage.

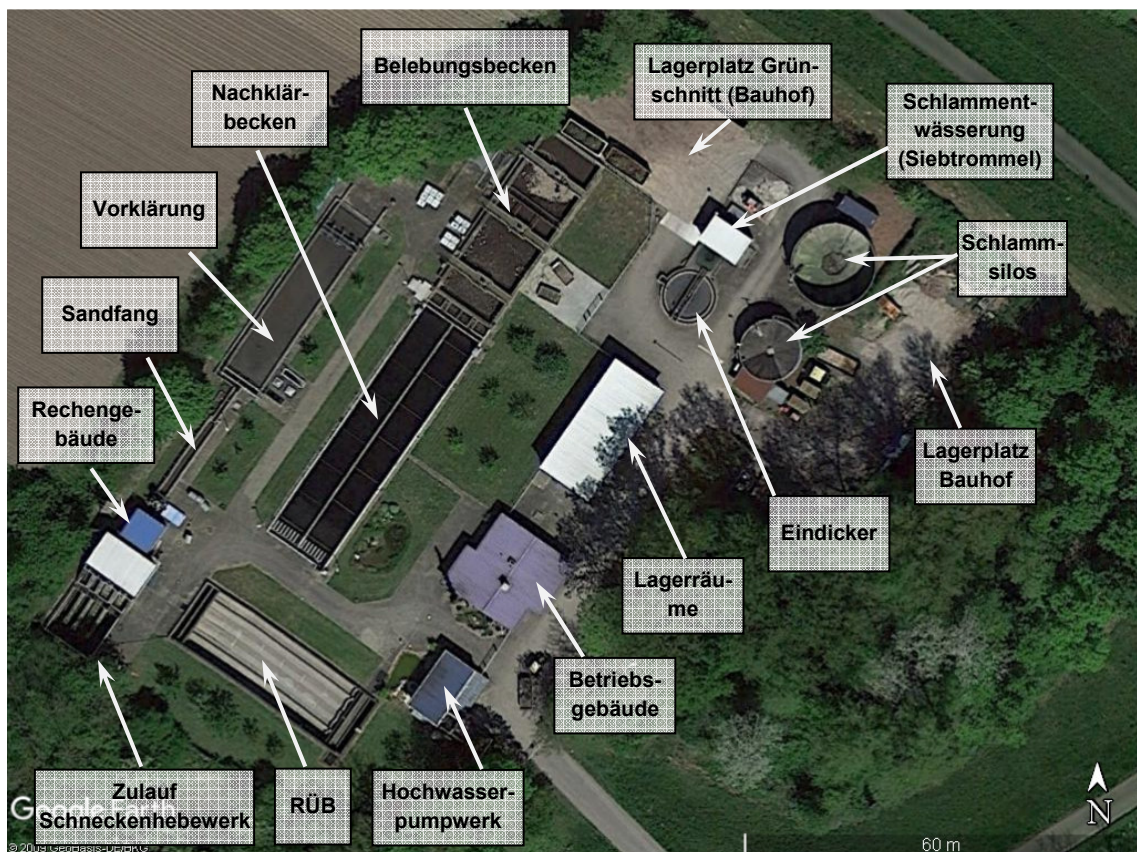


Bild 2: Luftaufnahme der örtliche Situation KA Römerberg [na. QUELLE: GOOGLE EARTH]

Für die nachfolgenden Betrachtungen wird in folgende Verfahrensstufen unterschieden:

- | | |
|---------------------|---|
| 1. Zulaufhebewerk; | 7. Nachklärung; |
| 2. RÜB; | 8. Schlammrückführung; |
| 3. Rechen; | 9. Schlammbehandlung; |
| 4. Sandfang; | 10. Hochwasserpumpwerk |
| 5. Vorklärung; | 11. Infrastruktur (u.a. Betriebsgebäude). |
| 6. Belebungsbecken; | |

2.4 Auswertung der Betriebstagebücher

Von der VG Römerberg - Dudenhofen wurden zur Feststellung der aktuellen Belastungen und der Reinigungsleistung auf der KA Römerberg die Betriebstagebücher von den Jahren 2016 und 2017 zur Verfügung gestellt. Die Betriebstagebücher enthalten die tageweisen Auswertungen der relevanten Messdaten der Abwasserbehandlung. Tagesganglinien werden im Leitsystem festgehalten.

2.4.1 Zulaufmengen und -konzentrationen

Die Zu- und Ablaufmengen der KA Römerberg werden Online über eine Venturi-Messung im Zulauf und ein MID-Messung im Ablauf erfasst. Die Zulauf- und Abauffrachten werden auf der Kläranlage Römerberg u.a. über regelmäßige Stichproben ermittelt.

Bei dem zugehörigen Einzugsgebiet der KA Römerberg handelt es sich um ein Mischsystem. Die nachfolgenden Darstellungen (Bild 3 – 4) umfassen die durchschnittlichen Tagesmittelmengen im Zulauf der KA Römerberg. Mit den umfassenden Daten aus den Jahren 2016 und 2017 konnten die Mittelwerte aus den täglichen Abwassermengen (aller Tage / Trockenwettertage) für die weiteren Betrachtungen einbezogen werden (vergleiche 2.4.3). Die mittlere Zulaufmenge für alle Tage beträgt $Q_d = 1.786 \text{ m}^3/\text{d}$ und für die Trockenwettertage $Q_{d,T} = 1.137 \text{ m}^3/\text{d}$.

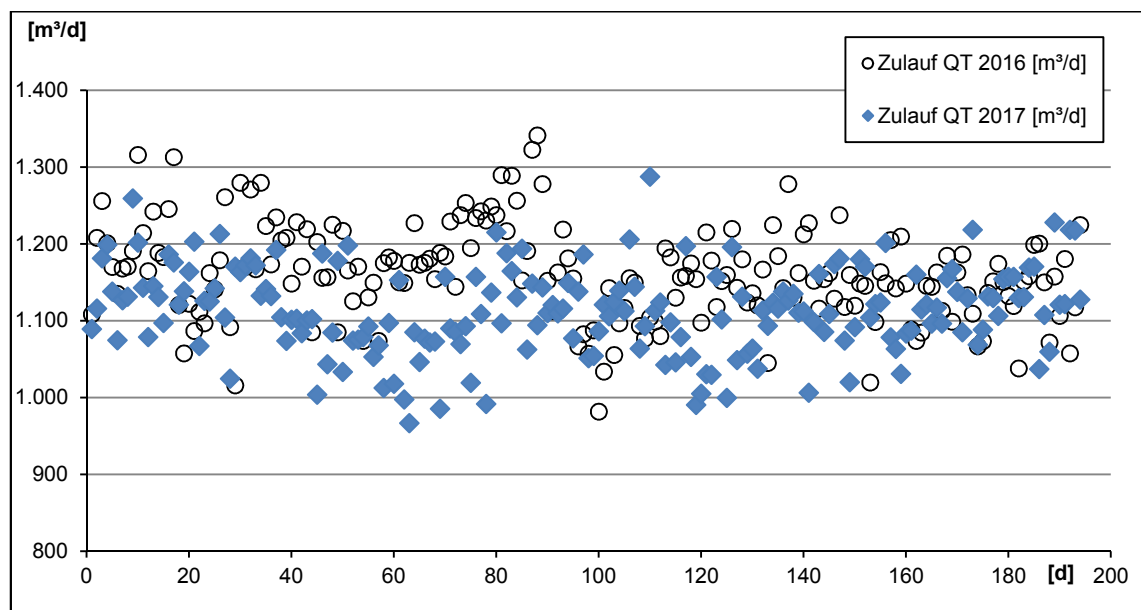


Bild 3: Vorhandene Zulaufmengen der Trockenwettertage der KA Römerberg von 2016 bis 2017

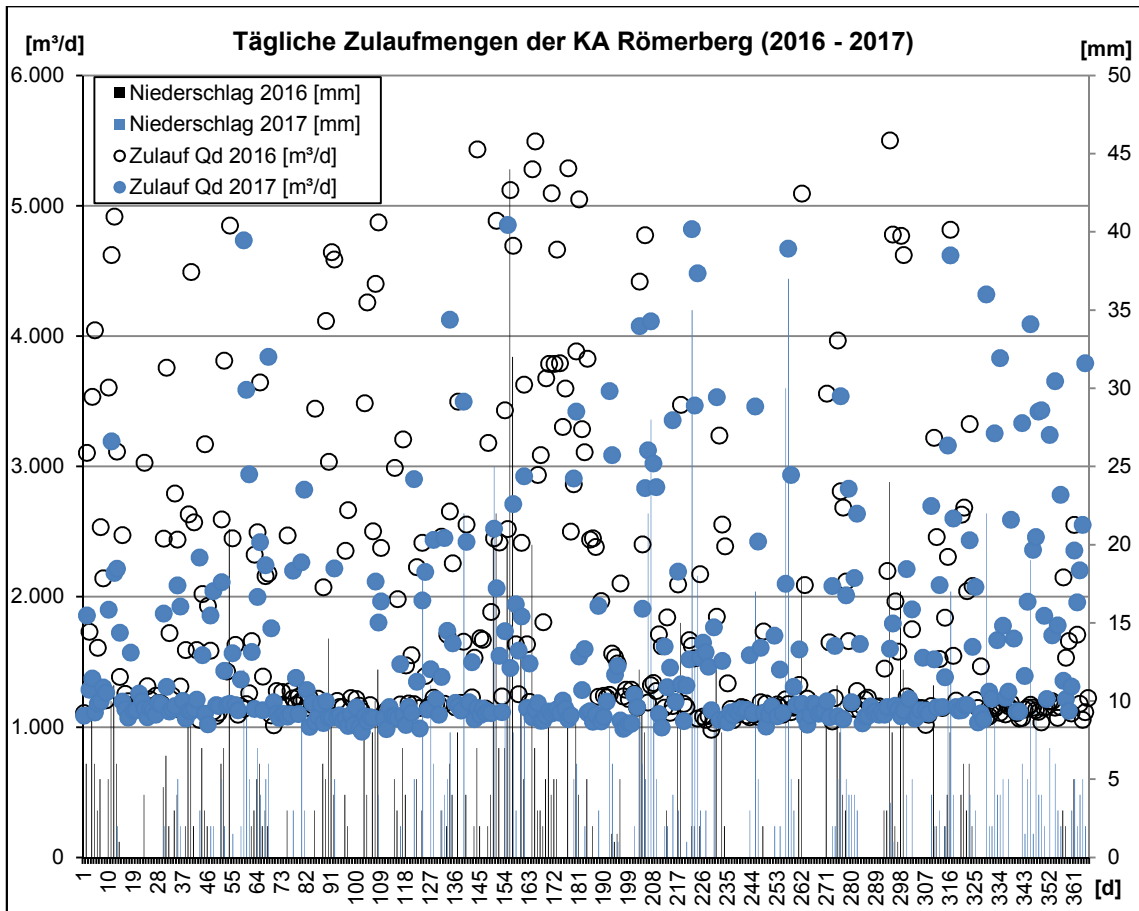


Bild 4: Vorhandene tägliche Ablaufmengen (= Zulauf) aller Tage der KA Römerberg von 2016 bis 2017

Die Temperaturen schwankten gemäß Betriebstagebuch von 2016 und 2017 um die 14,3°C im Mittel. Es lagen tägliche Messwerte vor, aus denen 4-Wochenmittelwerte gebildet wurden. Die niedrigste Temperatur im 4-Wochenmittel war 2016 bis 2017 bei 7,8°C und die höchste Temperatur bei 20,9°C. Mit den Minimal- und Maximaltemperaturwerten des Abwassers ist die Nitrifikation im Winter nachzuweisen und der max. Sauerstoffbedarf im Sommer zu berechnen. Nachfolgende Darstellung zeigt den jährlichen Temperaturverlauf im Zulauf. Zusätzlich ist die Bemessungstemperatur von 12°C dargestellt:

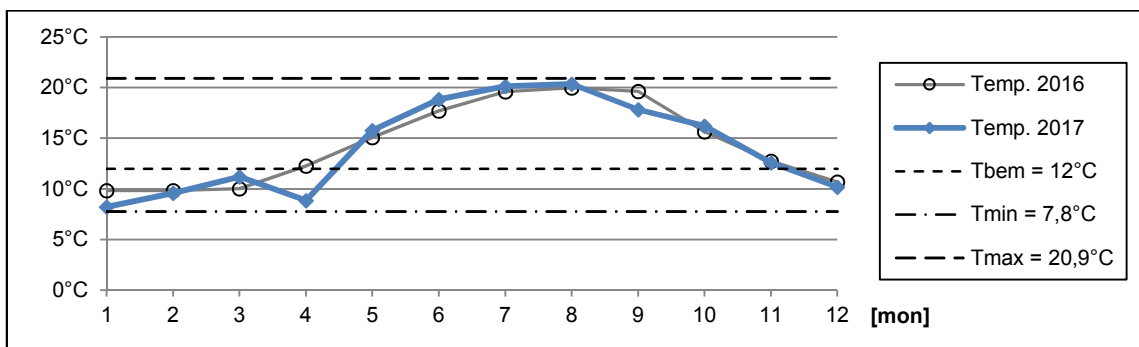


Bild 5: Abwassertemperatur der KA Römerberg 2016 -2017, 4-Wochenmittel



Bei der Bemessung und Überprüfung des vorhandenen Ist-Zustandes der Kläranlage Römerberg sind die vorhandenen Belastungskonzentrationen von wesentlicher Bedeutung. Nachfolgend wurden für die Ammonium-Stickstoff-, die Kohlenstoff- und Phosphorkonzentrationen die folgenden Parameter aus den Betriebstagebüchern entnommen:

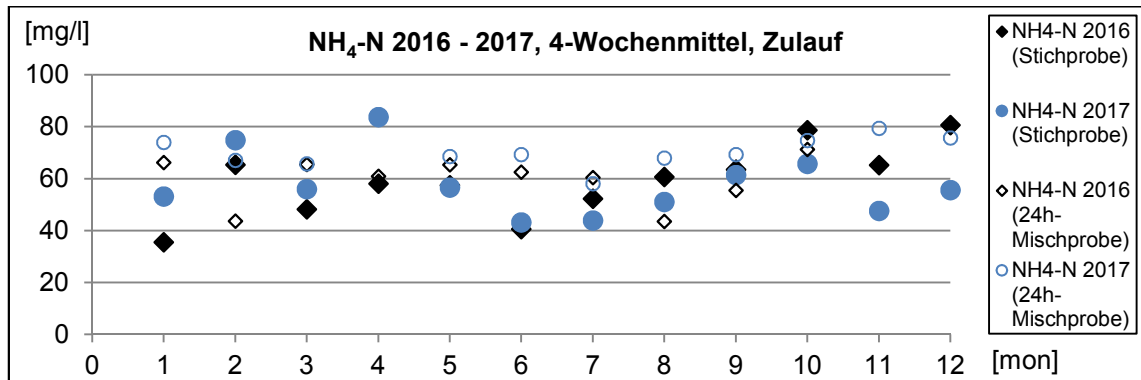


Bild 6: Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) im Zulauf 2016 - 2017, 4-Wochenmittelwert

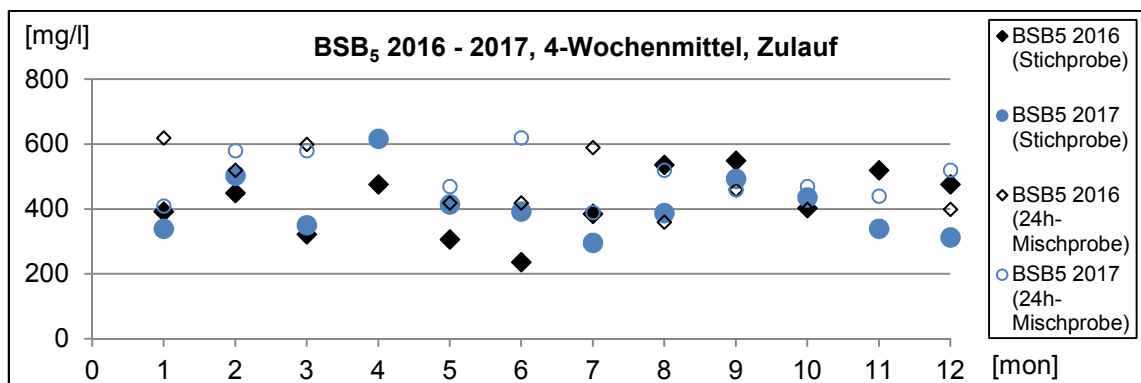


Bild 7: Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅) im Zulauf 2016 - 2017, 4-Wochenmittelwert

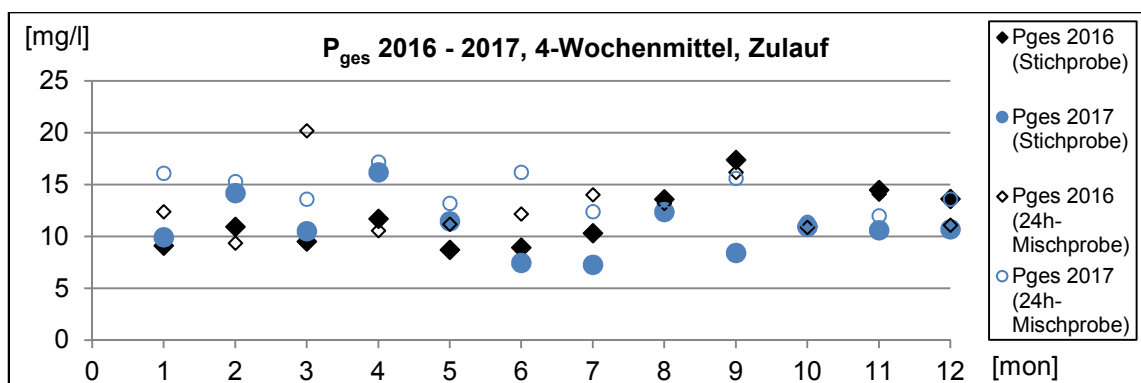


Bild 8: Phosphor-Konzentration (P) im Zulauf 2016 - 2017, 4-Wochenmittelwert



2.4.2 Ablaufkonzentrationen und Abbauleistung

Die Abbauleistungen der Kläranlage Römerberg werden über Stich- und 24 h-Mischproben im Ablauf des Nachklärbeckens ermittelt. Nachfolgend wurden, wie für den Zulauf, die Ammonium-Stickstoff-, die Kohlenstoff- und Phosphorkonzentrationen im Ablauf aus dem NKB aus den Betriebstagebüchern entnommen:

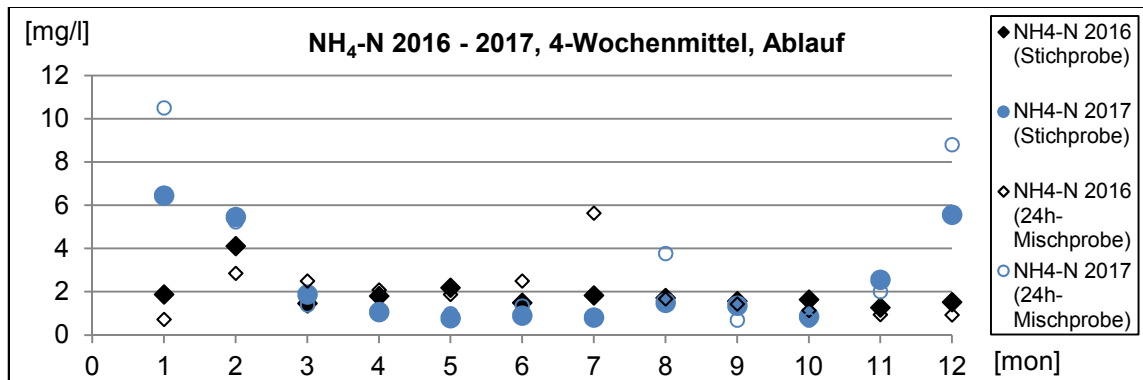


Bild 9: Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) im Ablauf des NKB 2016 - 2017, 4-Wochenmittelwert

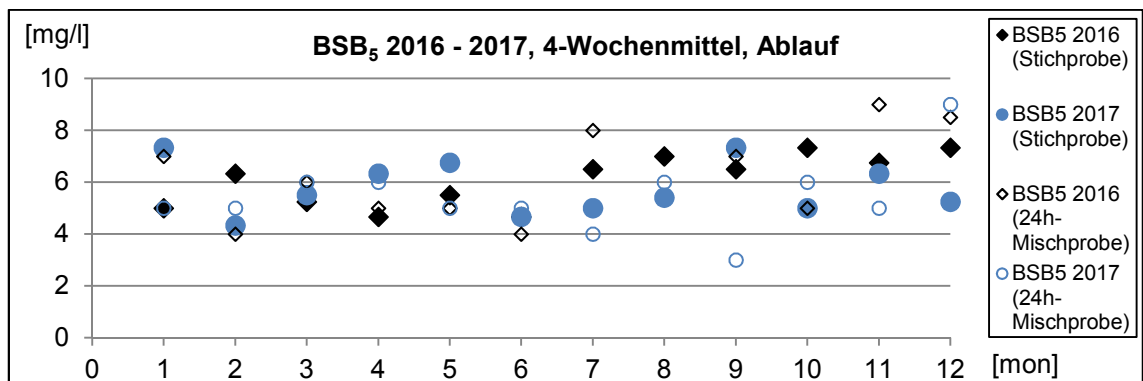


Bild 10: Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅) im Ablauf des NKB 2016 - 2017, 4-Wochenmittelwert

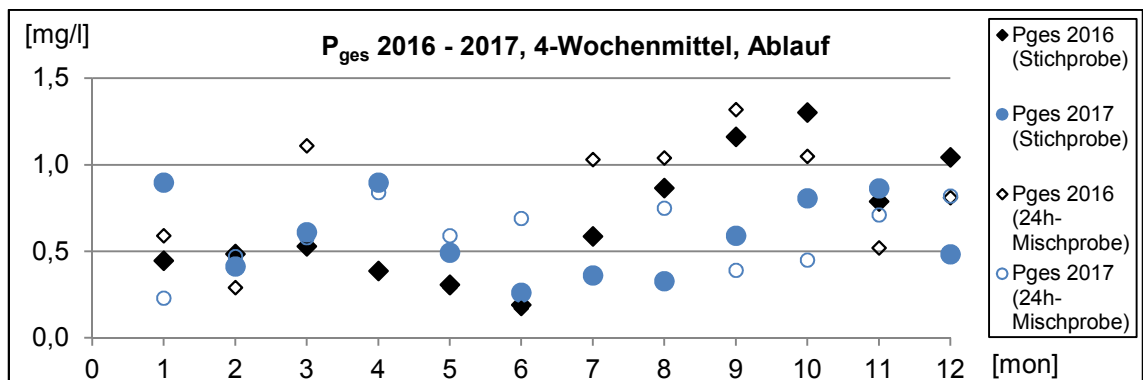


Bild 11: Ortho-Phosphat-Phosphor (PO₄-P) in Ablauf des NKB 2016 - 2017, 4-Wochenmittelwert



Die nachfolgende Tabelle zeigt den Abbaugrad einiger Belastungsparameter, der sich aus der mittleren Zu- und Abflafracht ergibt.

Tabelle 1: Vorhandene Abbauleistungen (Mittel 2016 - 2017) der KA Römerberg

	Mittel (aller Tage), Zulauf [mg/l]	Mittel (aller Tage), Abfluss, NKB [mg/l]	Abbauleistung (aller Tage) [%]
CSB	795	39	95%
BSB ₅	454	6	99%
Ammonium-Stickstoff	62	2,36	96%
Phosphor	12	0,64	95%

Bei allen Parametern werden sehr gute Abbaugrade erzielt.

2.4.3 Einwohnergleichwerte

Das Kanalnetz der Verbandsgemeinde Römerberg - Dudenhofen wird hauptsächlich im Mischsystem entwässert.

Unter Einbeziehung der monatlichen Daten über die CSB- und BSB₅-Belastung von 2016 und 2017 aus Stich- und 24-Mischproben bei Trockenwetter und einer zu erwartenden einwohnerspezifischen Fracht bei CSB von 120 g/(E*d) und bei BSB₅ von 60 g/(E*d) ergeben sich nachfolgende Anschlussgrößen aus klärtechnischer Sicht:

Tabelle 2: Angeschlossen Einwohner gemäß CSB-Belastung der KA Römerberg

Jahr	Mittlerer Zufluss (Trockenwetter) [m ³ /d]	CSB (jhl. Durchschnitt) [mg/l]	CSB (jhl. Durchschnitt) [kg/d]	Einwohner- gleichwert [EWG]
2016	1.161	804	934	7.782
2017	1.114	885	985	8.208
Mittel:	1.137	844	959	7.995

Tabelle 3: Angeschlossen Einwohner gemäß BSB₅-Belastung der KA Römerberg

Jahr	Mittlerer Zufluss (Trockenwetter) [m ³ /d]	BSB ₅ (jhl. Durchschnitt) [mg/l]	BSB ₅ (jhl. Durchschnitt) [kg/d]	Einwohner- gleichwert [EWG]
2016	1.161	479	556	9.262
2017	1.114	485	540	8.996
Mittel:	1.137	482	548	9.129



Aus hydraulischer Sicht ergeben sich unter Einbeziehung der monatlichen Daten über die Zuflussmengen bei Trockenwetter von 2016 und 2017 und einem zu erwartenden Schmutzwasseranfall von 125 l/(E*d) nachfolgende Anschlussgrößen:

Tabelle 4: Angeschlossen Einwohner gemäß hydraulische Belastung der KA Römerberg

Jahr	Zufluss (Trockenwetter) [m ³ /a]	Trockenwettertage [d]	Mittlerer Zufluss (Trockenwetter) [m ³ /d]	Einwohner- gleichwert [EWG]
2016	225.277	194	1.161	9.290
2017	216.037	194	1.114	8.909
Mittel:	220.657	194	1.137	9.099

Die KA Römerberg ist in Bezug auf die Schmutzfracht und die hydraulische Belastung zu rund 75 Prozent ausgelastet.

Anmerkung:

Im Zuge der vorliegenden Untersuchung wurden Differenzen in der Messanalytik zur Ermittlung des CSB-Wertes aufgedeckt. Es kommt zu Abweichungen bei den anzunehmenden angeschlossenen Einwohnern. Für die weiteren Betrachtungen werden der BSB-Wert bzw. die daraus ermittelbaren Einwohnergleichwerte in die Betrachtungen einbezogen.



3. Energie- und THG-Bilanz

Auf Grundlage der Betriebstagsbücher, der vorhandenen Aggregate der einzelnen Behandlungsstufen und den zugehörigen Energieverbräuchen wurden für die KA Römerberg und ihre Anlagenbestandteile die spezifischen Stromverbräuche ermittelt und mit entsprechenden Kennzahlen verglichen. Zudem erfolgte auf Grundlage der ermittelten verbrauchten Energie je betrachtete Verfahrensstufe die Ermittlung der dazu aufgewendeten CO₂-Emission bzw. Treibhausgas (THG)-Emission. Eine Eigenenergieerzeugung zur Verbesserung der THG-Bilanz erfolgt derzeit nicht auf der KA Römerberg.

3.1 Gesamtstromverbrauch

Der spezifische Gesamtstromverbrauch ermittelt sich aus dem Jahresstromverbrauch der KA Römerberg und der Anzahl der angeschlossenen Einwohner, die u.a. in Abhängigkeit des BSB₅- oder CSB-Wertes des Abwassers im Zulauf ermittelt werden können. Gemäß den vorliegenden Verbrauchszahlen der KA Römerberg von 2016 bis 2017 ergeben sich nachfolgende spezifische Stromverbräuche:

Tabelle 5: Einwohnerspezifischer Stromverbrauch KA Römerberg (BSB₅, CSB)

	Stromverbrauch [kWh]	Einwohner BSB ₅ [EW BSB]	Spezif. Stromverbrauch [kWh/(EW*a)]	Einwohner CSB [EW CSB]	Spezif. Stromverbrauch [kWh/(EW*a)]
2016	347.054	9.262	37,5	7.782	44,6
2017	352.349	8.996	39,2	8.208	42,9
Mittel	349.702	9.129	38,3	7.995	43,7

Die ermittelten Größen sind z.B. mit den Toleranzwerten nach BAUMANN/ ROTH [10] zu vergleichen. Die Toleranzwerte wurden durch eine Studie der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg ermittelt und spiegeln in Abhängigkeit der Größe der Kläranlage und des biologischen Grundverfahrens den durchschnittlichen Stromverbrauch wider. Bezugsgröße für die Einwohnergleichwerte ist jeweils die CSB-Belastung der Kläranlagen. Die Kläranlage Römerberg wird demnach in die „GK 4“ (10.001 – 100.000 EW) mit dem Grundverfahren „Belebungsanlage mit gleichzeitiger aerober Schlammstabilisierung (Bs)“ eingeordnet. Der spezifische Toleranzwert liegt bei 34 kWh/(EW*a). Andere Vergleichsansätze sind u.a. der DWA-A 216 [4] bzw. der Zeitschrift Korrespondenz Abwasser (KA, Nr. 9/2017, [9]) zu entnehmen. Die Werte umfassen statistische Auswertungen von Energieanalysen aus Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen.



Aufgrund von Differenzen in der Messanalytik für die CSB-Werte wird primär der spezifische Stromverbrauch in Bezug auf den BSB₅-Wert (Mittel: 38,3 kWh/(EW BSB₅*a)) berücksichtigt. Der Wert liegt damit über den Toleranzwert nach BAUMANN/ ROTH. Es ist von einem gewissen Einsparungspotential auszugehen.

In Abhängigkeit des jeweiligen theoretischen Toleranzwertes und des **durchschnittlichen Strompreises von 0,202 €/kWh** (Durchschnitt, Stand 2017, netto) für den **Stromverbrauch 2017 von 352.349 kWh der KA Römerberg** ergeben sich nachfolgende theoretische Einsparpotentiale:

Tabelle 6: Theoretisches Gesamtstromsparpotential KA Römerberg (CSB)

Spezif. Stromverbrauch KA Römerberg [kWh/(EW*a)]	Ansatz	Toleranzwert [kWh/(EW*a)]	Differenz [kWh/(EW*a)]	Differenz [kWh/a]	Einsparpotential (bei 0,202 €/kWh) [€/a]
38,3	Baumann/ Roth	34,0	4,3	39.311	7.925
	DWA-A 216	42,0	-3,7	0	0
	KA, Nr. 9/2017	39,0	-0,7	0	0

Das ermittelte theoretische Einsparpotential ist gering und liegt im Vergleich nach BAUMANN/ ROTH bei rd. **8.000 Euro im Jahr**. Es erfolgte eine detaillierte Prüfung der örtlichen Situation, um hohe Stromverbrauchsbereiche in der Kläranlage Römerberg mit Einsparpotential aufdecken zu können. Nachfolgende Abschnitte bieten eine Übersicht über die einzelnen Verbrauchsbereiche auf der Kläranlage Römerberg.

3.2 Stromverbrauch der einzelnen Verfahrensstufen

Der Stromverbrauch der einzelnen Verfahrensstufe wurde in Abhängigkeit der vorhandenen Fabrikate, ihrer Leistung und Betriebszeit für die einzelnen Abwasserbehandlungsstufen ermittelt. Da nur Aufzeichnungen über den gesamten Stromverbrauch und die einzelnen Betriebsstunden der Aggregate vorlagen, kann es zu Differenzen zwischen tatsächlichen und theoretischen Stromverbrauch kommen. Eine Übersicht über den theoretischen Stromverbrauch für die einzelnen Verfahrensstufen ist als Anlage beigefügt. Eine Übersicht bietet die nachfolgende Tabelle:



Tabelle 7: Theoretisches Stromverbrauch der Verfahrensstufen KA Römerberg

Verfahrensstufe		Theoretischer Stromverbrauch [kWh/a]	Anteil am Gesamtstromverbrauch [%]
1	Einlaufpumpwerk	41.621	11,9%
2	RÜB	4.570	1,3%
3	Rechen	1.421	0,4%
4	Sandfang	309	0,1%
5	Vorklärbecken	200	0,1%
6	Belebung	194.403	55,7%
7	Nachklärbecken	18.638	5,3%
8	Schlammrückführung	19.433	5,6%
9	Schlammbehandlung	26.458	7,6%
10	Hochwasserpumpwerk	1.392	0,4%
11	Infrastruktur	40.585	11,6%
Gesamt (Theorie)		349.028	100%

Die Belebung ist mit rund 56 % die größte stromverbrauchende Verfahrensstufe, gefolgt von dem Zulaufhebwerk und Schlammbehandlung. Die Infrastruktur stellt ebenfalls eine wesentliche stromverbrauchende Stelle der KA Römerberg dar.

Es erfolgt ein Vergleich des Stromverbrauchs u.a. mit den Toleranzwerten nach BAUMANN/ ROTH bzw. der Zeitschrift Korrespondenz Abwasser (KA, Nr. 9/2017). Die Toleranzwerte wurden durch Studien aus den Angaben zum jeweiligen Stromverbrauch verschiedener Kläranlagen ermittelt. Sie stellen die mittleren Stromverbrauchswerte aller Anlagen mit gleichwertiger Ausbaugröße dar.

Für einzelne Aggregate bzw. Aggregategruppen können gemäß der DWA-A 216 teilweise anlagenbezogene Idealwerte ermittelt werden. Der Idealwert dient einem genaueren Abbild des optimalen Strombedarfs der betrachteten Aggregate bzw. Aggregategruppen in Verbindung mit vorhandenen Betriebsgrößen (z.B. Durchfluss) [4]. In der vorliegenden Betrachtung wird der Idealwert für eine Spezifizierung des erforderlichen Handlungsbedarfs herangezogen.

3.2.1 Einlaufpumpwerk

Damit das anfallende Abwasser die verschiedenen Verfahrensstufen der Kläranlage Römerberg im Freigefälle durchfließen kann, muss das Abwasser im Zulauf durch ein Schneckenhebwerk ($Q_p = 0 - 65 \text{ l/s}$) gehoben werden. Die Förderhöhe wird mit 6,89 m seitens der VG Römerberg-Dudenhofen benannt. Gemäß Literaturangaben ist pro Höhenmeter im Jahr mit ca. 0,5 kWh/EW zu rechnen.

Der Idealwert bezieht sich auf die Schnecken in Zusammenhang mit der Jahresabwassermenge, der geodätische Förderhöhe und dem spezifischen Leistungsansatz gem. DWA-A 216, Anhang A.7.

Tabelle 8: Theoretisches Einsparpotential Einlaufpumpwerk KA Römerberg

Theo. Stromverbrauch [kWh/a]	Einw.-spezif. Stromverbrauch (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/E*a]	Toleranzwert [kWh/E*a]	Idealwert (Schnecken) [kWh/E*a]	Einsparpotential			
				zum Toleranzwert (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/a]	zum Idealwert (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/a]	bei 0,202 €/kWh [€/a]	Zum Gesamtjahresstromverbrauch [%]
41.621	4,6	3,4	2,4	10.171	19.300	2.050 €	3%



Bild 12 + 13: Lage [GoogleEarth] und Vorderansicht Schneckenhebewerk KA Römerberg

Aus theoretischer Sicht kann wesentlich Energie eingespart werden. Das theoretische Einsparpotential liegt bei rd. 3 % des derzeitigen Gesamtstromverbrauchs bzw. bei rd. 50 Prozent gegenüber dem direkten Leistungsbedarfs der Schnecken.

3.2.2 RÜB

Die KA Römerberg ist durch die Schnecken hydraulisch auf eine Zulaufmenge von rd. $Q = 65 \text{ l/s}$ begrenzt. Größere Zuflussmengen werden höhenstandsmäßig erfasst und über eine Schnecke ($Q_p = 240 - 480 \text{ l/s}$) dem RÜB (Volumen ca. 680 m^3) zugeführt. Nach einer Befüllung des RÜB's erfolgt händisch gesteuert eine Entleerung des Beckens im Freigefälle in Richtung Zulauf der KA Römerberg.



Bild 14: RÜB KA Römerberg

Der theoretische Energiebedarf in Abhängigkeit der vorhandenen Betriebszeiten der Schnecke zur Beckenbefüllung umfasst:

Tabelle 9: Theoretisches Einsparpotential RÜB KA Römerberg

Theo. Stromverbrauch [kWh/a]	Einw.-spezif. Stromverbrauch (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/E*a]	Toleranzwert [kWh/E*a]	Idealwert [kWh/E*a]	Einsparpotential			
				zum Toleranzwert (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/a]	zum Idealwert (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/a]	bei 0,202 €/kWh [€/a]	Zum Gesamtjahresstromverbrauch [%]
4.570	0,5	0,3	0,5	1.831	182	369 €	1%

Der theoretische Toleranzwert umfasst i.d.R. den energetischen Aufwand zur Entleerung der Becken. Unter Einbeziehung des Idealwertes wie beim Einlaufpumpwerk wird deutlich, dass nur ein geringes theoretisches Einsparpotential besteht.

3.2.3 Rechen

Das anfallende Abwasser fließt vom Zulaufbauwerk im Freigefälle dem Rechen zu. Der Rechen wird über den Wasserspiegel gesteuert (Echolot) und läuft rund 1,0 h/d. Das anfallende Rechengut wird über die Waschpresse gefördert und über die im Rechenhaus integrierte Containeranlage gesammelt. Die Container wird bei Bedarf abgefahren und das Rechengut wie Restmüll entsorgt.

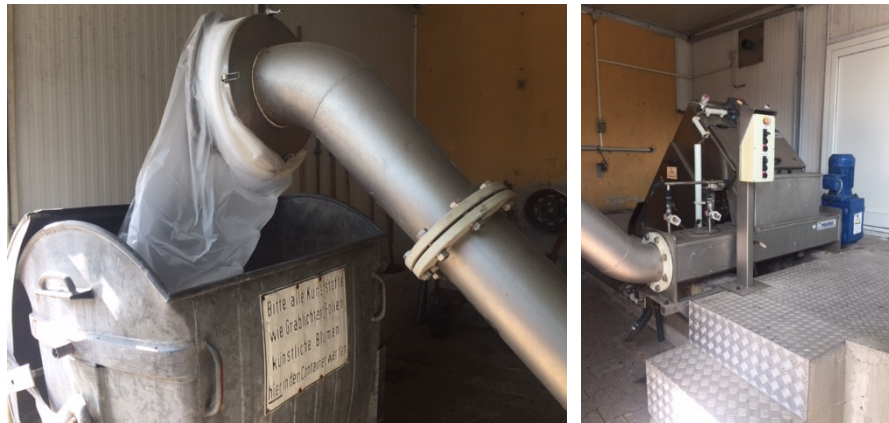


Bild 15 + 16: Sammelbehälter für das Rechengut und Rechen auf der KA Römerberg

Der theoretische Energieaufwand für den Rechen und die zugehörigen Anlagenteile liegen insgesamt ca. bei:

Tabelle 10: Theoretisches Einsparpotential Rechen der KA Römerberg

Theo. Stromverbrauch [kWh/a]	Einw.-spezif. Stromverbrauch (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/E*a]	Toleranzwert [kWh/E*a]	Idealwert [kWh/E*a]	Einsparpotential			
				zum Toleranzwert (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/a]	zum Idealwert (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/a]	bei 0,202 €/kWh [€/a]	Zum Gesamtjahresstromverbrauch [%]
1.421	0,2	0,2	0,1	-	508	-	-

Der Rechen ist ein untergeordneter Energieverbraucher auf der Kläranlage. Der Energieverbrauch entspricht Anlagen gleicher Ausbaugröße (vgl. Toleranzwert) und weicht nur gering von entsprechenden Idealwerten ab. Ein Energieeinsparpotential für die Rechenanlage besteht nicht.

3.2.4 Sandfang

Das Abwasser durchläuft nach dem Rechenhaus das Sandfangbecken (siehe Bild 17+18). Im Abwasser enthaltene mineralische Bestandteile werden im Sandfangbecken abgeschieden. Eine Belüftung des Sandfangs erfolgt nicht. Der sedimentierte Sand wird mittels per Hand angefahrenen Räumern zu einer baulichen Sammeltasche des Beckens transportiert und über die Sandfangpumpe in Richtung eines Containers gefördert. Die anfallenden Stoffe werden in dem Container gesammelt und entsorgt.



Bild 17 + 18: Sandfangbecken und Räumerbücke

Der theoretische Energieaufwand für den Sandfang und die zugehörigen Anlagenteile liegen insgesamt ca. bei:

Tabelle 11: Theoretisches Einsparpotential Sandfang der KA Römerberg

Theo. Stromverbrauch [kWh/a]	Einw.-spez. Stromverbrauch (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/E*a]	Toleranzwert [kWh/E*a]	Idealwert (Räumer) [kWh/E*a]	Einsparpotential			
				zum Toleranzwert (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/a]	zum Idealwert (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/a]	bei 0,202 €/kWh [€/a]	Zum Gesamtjahresstromverbrauch [%]
309	0,034	1,0	0,004	-	-	-	-

Der Toleranzwert aus der Literatur bezieht sich i.d.R. auf belüftete Sandfänge. Für den Idealwert wurde der Räumetrieb des Sandfangbeckens in die Betrachtungen einbezogen. Durch die fehlende Belüftung und den per Hand gesteuerten Räumetrieb besteht aus energetischer Sicht beim Sandfang kein Handlungsbedarf.

3.2.5 Vorklärung

Die Vorklärung dient dem Abzug von Primärschlamm. Die Räumung wird von Hand gesteuert. Der anfallende Schlamm wird zerkleinert (Mazerator) und über Exzentrerschnecken in Richtung Eindicker gefördert. Die Schlammförderung wird in der vorliegenden Betrachtung der Schlammrückführung zugeordnet (vgl. Kap 3.2.8).



Bild 19: Vorklärung KA Römerberg

Durch die Vorklärung erfolgt eine Entlastung der Belebung (Sauerstoffeintrag). Für den Vergleich des Energiebedarfs wird der Ansatz des Toleranzwertes einer Kläranlage mit anaerober Schlammstabilisierung angenommen. Der Idealwert umfasst den Räumetrieb des Beckens.

Tabelle 12: Theoretisches Einsparpotential Vorklärung der KA Römerberg

Theo. Stromverbrauch [kWh/a]	Einw.-spezif. Stromverbrauch (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/E*a]	Toleranzwert [kWh/E*a]	Idealwert (Räumer) [kWh/E*a]	Einsparpotential			
				zum Toleranzwert (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/a]	zum Idealwert (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/a]	bei 0,202 €/kWh [€/a]	Zum Gesamtjahresstromverbrauch [%]
200	0,022	0,2	0,037	-	-	-	-

Aus energetischer Sicht besteht kein Handlungsbedarf.

3.2.6 Belebungsbecken

Die Belebung ist die ausschlaggebende Stromverbrauchsstelle in einer Kläranlage. Es erfolgt ein intermittierender Betrieb der Belebungsbecken mit Belüftungs- und Stillstandsphasen des Lufteintrags. Der Lufteintrag erfolgt über 3 x Oberflächenbelüfter. Die Umwälzung erfolgt durch die Oberflächenbelüfter und ein Rührwerk. Die Steuerung wird über den Ammonium-/ Nitrat-/ Sauerstoffgehalt vorgenommen.

Tabelle 13: Theoretisches Einsparpotential Belebung der KA Römerberg

Theo. Stromverbrauch [kWh/a]	Einw.-spezif. Stromverbrauch (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/E*a]	Toleranzwert [kWh/E*a]	Idealwert (Oberflächenbelüfter) [kWh/E*a]	Einsparpotential			
				zum Toleranzwert (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/a]	zum Idealwert (bei 9,129 EW BSB5) [kWh/a]	bei 0,202 €/kWh [€/a]	Zum Gesamtjahresstromverbrauch [%]
194.403	21,3	17,4	19,7	35.556	14.318	7.168 €	10%



Bild 20: Belebungsbecken der KA Römerberg

Durch den Abzug von Primärschlamm im Vorklärbecken kann der erforderliche Sauerstoffeintrag geringer gehalten werden. Dennoch besteht ein erhöhter Energiebedarf der Verfahrensstufe in Vergleich zu anderen Kläranlagen, die häufig mit Druckbelüftungen ausgerüstet sind.

Zur Ermittlung des Idealwertes der Oberflächenbelüfter werden die aggregatabhängige Standard-Sauerstoffzufuhr (SOTR), der Sauerstofftrag (SAE; Annahme: 1,7 kg/kWh) und die jährliche Dauer der belüfteten Phasen herangezogen. Über die bestehenden Oberflächenbelüfter lagen keine Informationen über die anzusetzende Standard-Sauerstoffzufuhr vor. Es wurden

Leistungskennwerte von gleichwertigen Fabrikaten herangezogen (SOTR = ca. 55 kg/h). Die Laufzeit wurde mit ca. 50 Prozent zur theoretischen Gesamtlaufzeit gemäß Aggregatliste angenommen, um der bestehenden FU-Steuerung und Umwälzung der Belebung durch die Oberflächenbelüfter Rechnung zu tragen. Es zeigt sich, dass die bestehenden Oberflächenbelüfter im Hinblick auf verfahrensgleiche Belebungen bereits verfahrens- und ökonomisch angepasst laufen. Theoretisch (Idealwert) können bei gleicher Verfahrensweise nur ca. 4 Prozent zum derzeitigen Verbrauch eingespart werden.

3.2.7 Nachklärung

Nach dem Belebungsbecken fließt das Abwasser den Nachklärbecken I und II zu. Das gereinigte Abwasser wird vom Belebtschlamm getrennt. Der Schlamm wird kontinuierlich durch 2 x Bandräumer abgezogen. Der aufkonzentrierte Belebtschlamm wird mittels Pumpentechnik dem Eindicker zugeführt. Das gereinigte Abwasser fließt weiter in Richtung des Vorfluters Rhein.



Bild 21: Nachklärbecken der KA Römerberg

Die Nachklärung umfasst in der vorliegenden Betrachtung die Bandräumer, zum Abzug der Schlamms, und die Betriebswasserpumpe, die zum Besprühen der Wasseroberfläche zur Verminderung von Schwimmschlamm genutzt wird. Es ergibt sich nachfolgender theoretischer Energieaufwand:

Tabelle 14: Theoretisches Einsparpotential Nachklärbecken der KA Römerberg

Theo. Stromverbrauch [kWh/a]	Einw.-spezif. Stromverbrauch (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/E*a]	Toleranzwert [kWh/E*a]	Idealwert (Räumer) [kWh/E*a]	Einsparpotential			
				zum Toleranzwert (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/a]	zum Idealwert (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/a]	bei 0,202 €/kWh [€/a]	Zum Gesamtjahresstromverbrauch [%]
18.638	2,0	0,7	1,2	12.248	2.102	2.469 €	4%

Der Toleranzwert ist u.a. durch die betriebsbedingt notwendige Betriebswasserpumpe deutlich überschritten. Es besteht ein theoretisches Einsparpotential. Die Leistung der Bandräumer ist im Vergleich mit dem zu erwartenden Idealwert überhöht. Es sind theoretisch Einsparungen von 4 Prozent zum Gesamtjahresstromverbrauch möglich.

3.2.8 Schlammrückführung

Der in der Vorklärung abgezogene Primärschlamm wird zerkleinert (Mazerator) und über Exzenterschnecken in Richtung Eindicker gefördert. Der Überschussschlamm wird auf Höhe der Nachklärung abgezogen und ebenfalls mittels Schlammumpfen dem Eindicker-Becken zugeführt. Der Nassschlamm hat i.d.R. einen TS-Gehalt von ca. 6,5 g/l (Mittel 2016/2017).

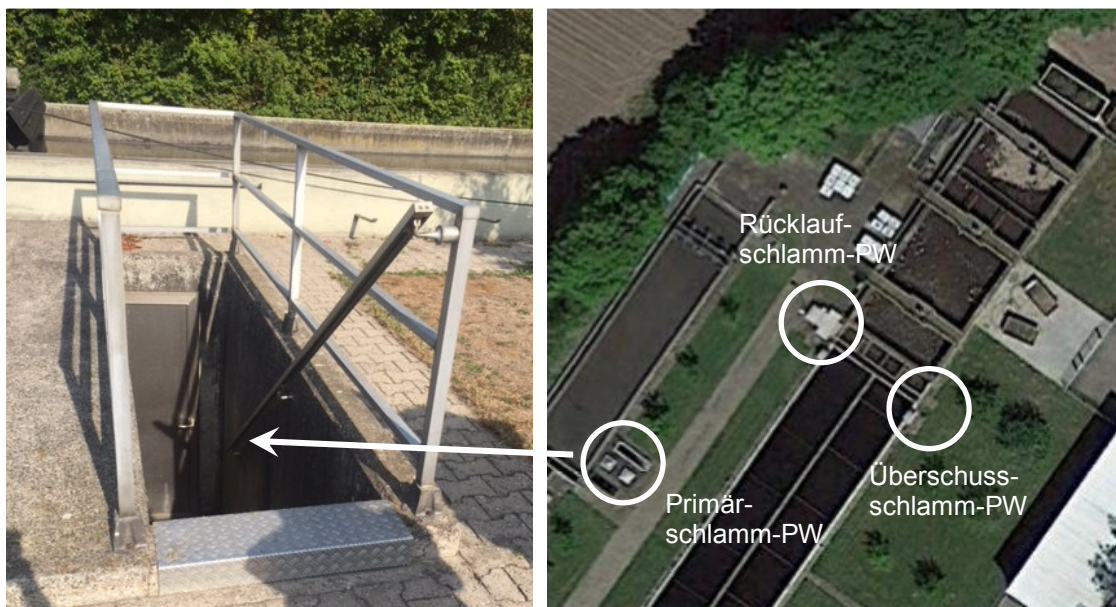


Bild 22 + 23: Schlammumpfstationen der KA Römerberg

Der theoretische Energieaufwand für die Schlammrückführung liegt insgesamt ca. bei:

Tabelle 15: Theoretisches Einsparpotential Schlammrückführung der KA Römerberg

Theo. Stromverbrauch [kWh/a]	Einw.-spezif. Stromverbrauch (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/E*a]	Toleranzwert [kWh/E*a]	Idealwert [kWh/E*a]	Einsparpotential			
				zum Toleranzwert (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/a]	zum Idealwert (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/a]	bei 0,202 €/kWh [€/a]	Zum Gesamtjahresstromverbrauch [%]
19.433	2,1	2,5	-	-	-	-	-

Der vorhandene Energiebedarf liegt im Durchschnitt der erfassten Kläranlagen gleichwertiger Ausbaugröße. Es besteht aus energetischer Sicht kein Handlungsbedarf.

3.2.9 Schlammbehandlung

Der Schlamm aus der Vorklärung und der Nachklärung wird im Eindicker-Becken gesammelt. Hinzukommend wird das Eindicker-Becken wöchentlich mit dem anfallenden Schlamm aus der KA Hanhofen (TR-Gehalt ca. 2,4 – 3,2 %) beschickt und vermischt. Der Schlamm wird gefördert und unter Zugabe von Zugabestoffen erfolgt über eine Siebtrommel die Entwässerung des anfallenden Schlammes auf einen TR-Gehalt von rd. 6 – 7 %. Der entwässerte Schlamm wird über Pumpen i.d.R. einem Schlammsilo zugeführt. Das 2., größere Schlammsilo dient der Überbrückung von verfahrenstechnischen Engpässen und wird selten beschickt.

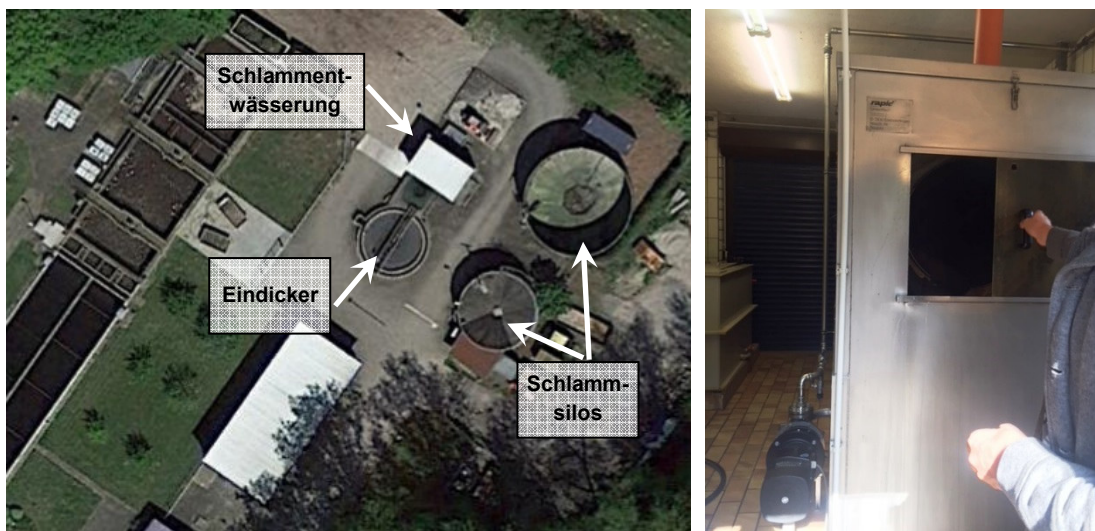


Bild 24 + 25: Eindickerbecken und Schlammwässerung (Siebtrommel) der KA Römerberg

Der Schlamm in den Schlammsilos setzt sich weiter ab. Die Aufenthaltszeit beträgt ca. 1 – 2 Wochen. Trübwasser wird nicht aus den Schlammsilos abgezogen. Zu Vergleichmäßigung



des TR-Gehaltes in den 2 Schlammsilos wird der Schlamm mittels eines umsetzbaren Rührwerks vermischt. Über ein Subunternehmen erfolgt der Abzug des Schlammes aus den Silos und der Transport zur KA Speyer. Auf der KA Speyer wird der Klärschlamm der Schlammfäulung zugeführt.

Der theoretische Energieaufwand für die Schlammbehandlung bzw. die Schlammmentwässerung liegen insgesamt ca. bei:

Tabelle 16: Theoretisches Einsparpotential Schlammbehandlung KA Römerberg

Theo. Stromverbrauch [kWh/a]	Einw.-spezif. Stromverbrauch (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/E*a]	Toleranzwert [kWh/E*a]	Idealwert (Siebtrommel) [kWh/E*a]	Einsparpotential			
				zum Toleranzwert (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/a]	zum Idealwert (bei 9.129 EW BSB5) [kWh/a]	bei 0,202 €/kWh [€/a]	Zum Gesamtjahresstromverbrauch [%]
26.458	2,9	1,3	0,2	14.590	1.884	2.941 €	4%

Die theoretischen Energieaufwendungen für die Schlammbehandlung sind höher wie bei anderen Kläranlagen gleicher Ausbaugröße. Es erfolgt jedoch die gleichzeitige Behandlung der Klärschlammengen aus den beiden Kläranlagen Römerberg und Hanhofen. Das theoretische Einsparpotential ist folglich kritisch zu sehen. Einsparungen ergeben sich ggf. durch eine eigene Klärschlammmentwässerung bei der KA Hanhofen.

Der Idealwert bezieht sich auf die Leistung der Siebtrommel-Entwässerung. Es ist von einem theoretischen Einsparpotential auszugehen, da in der Betrachtung der durchschnittliche Leistungsbedarf in Abhängigkeit der gesamten Schlammmenge einbezogen wird.

3.2.10 Hochwasserpumpwerk

Der Vorfluter der Kläranlage Römerberg für das gereinigte Abwasser ist der Rhein. Bei einem Hochwasserstand des Rheins von 5,70 m ist der Abfluss der anfallenden Wassermengen nur über ein Pumpwerk zu gewährleisten. Ein Leistungsvergleich mit anderen Kläranlagen ist als kritisch zu sehen, da die jeweiligen Bedingungen sehr verschieden sein können und bei Hochwasser im Vordergrund die gesicherte Vorflut steht.



Bild 26: Hochwasserpumpen der KA Römerberg

Der theoretische Energieaufwand für das Hochwasserpumpwerk liegt insgesamt ca. bei:

Stromverbrauch HW-Pumpwerk (ca.):	1.392 kWh/a
Einwohnerspezifischer Stromverbrauch:	0,2 kWh/(EW BSB ₅ *a)
Toleranzwert:	1,0 kWh/(EW*a)

Der vorhandene Energiebedarf liegt unter dem Durchschnitt der erfassten Kläranlagen gleichwertiger Ausbaugröße. Es besteht aus energetischer Sicht kein Handlungsbedarf.

3.2.11 Infrastruktur (u.a. Betriebsgebäude)

Sonstige Energieverbrauchsstellen auf der Kläranlage sind diverse Kleinverbraucher, Messstellen, Notstromaggregat und Betriebsgebäude. Der Stromverbrauch wird auf der KA Römerberg nicht gesondert erfasst und wird in der vorliegenden Betrachtung ausschließlich abgeschätzt.

Tabelle 17: Theoretisches Einsparpotential Infrastruktur KA Römerberg

Theo. Stromverbrauch [kWh/a]	Einw.-spezif. Stromverbrauch (bei 7.995 EW CSB) [kWh/E*a]	Toleranzwert [kWh/E*a]	Idealwert [kWh/E*a]	Einsparpotential			
				zum Toleranzwert (bei 7.995 EW CSB) [kWh/a]	zum Idealwert (bei 7.995 EW CSB) [kWh/a]	bei 0,202 €/kWh [€/a]	Zum Gesamtjahresstromverbrauch [%]
40.585	5,1	2,3	-	22.197	-	4.475 €	6%



Bild 27: Betriebsgebäude der KA Römerberg

Im Vergleich zu anderen Kläranlagen ist der abgeschätzte Energieaufwand für die Infrastruktur der KA Römerberg sehr hoch. Es besteht ein theoretisches energetisches Einsparpotential (vgl. Kap. 5.8).

3.3 THG-Emissionen der Kläranlage Römerberg

Treibhausemissionen ergeben sich indirekt aus dem Energieverbrauch und dem Betriebsmittelverbrauch sowie direkt durch Emissionen bei den biologischen Abbauprozessen [13]. Im Abwasserreinigungsprozess gebildetes CO₂ wird allerdings als klimaneutral bewertet [13]. In der vorliegenden Betrachtung werden die indirekten Belastungen für den Strombezug für die Ermittlung der Treibhausgasemissionen berücksichtigt, da für die direkten Emissionen keine genauen Bezugsgrößen bestehen.

Die Kläranlage Römerberg hat einen Energieverbrauch von rd. 350.000 Kilowattstunden pro Jahr. Nach Angaben des Umweltbundesamt fielen im Jahr 2016 rund 516 g Kohlendioxid (CO₂) pro Kilowattstunde an, d.h. die Kläranlage Römerberg verursacht jährlich ca. 180 t CO₂-Emissionen.

Den indirekten Emission durch den Stromverbrauch sind die Transportaufwendungen für den Klärschlamm von der KA Hanhofen in Richtung KA Römerberg und von der KA Römerberg in Richtung KA Speyer hinzuzufügen. Gemäß Umweltbundesamt ist für einen LKW mit 104 g THG/tkm (Stand 2016) zu rechnen. Der anfallende Klärschlamm der KA Hanhofen wird mit Subunternehmen in ca. 8 m³-Behältern in die ca. 14,0 km entfernte KA Römerberg transportiert. Auf der KA Römerberg erfolgt die Vermischung mit dem Klärschlamm der KA, die weitere Entwässerung des Klärschlammes und der Weitertransport in ca. 8 m³Behältern zur ca. 12,2 km entfernten KA Speyer. Auf der KA Speyer wird der anfallende Klärschlamm einer Faulung zugeführt. Unter der Annahme, dass der Klärschlamm von 8 m³ einem Gewicht von 8 Tonnen entspricht, ergeben sich für den Transport rund 112 Tonnenkilometer (tkm) pro Fuhre in Richtung KA Römerberg und rund 98 Tonnenkilometer (tkm) pro Fuhre in Richtung KA Speyer. Gemäß den monatlichen Schlammengen werden rund 12 Fuhren pro Monat in Richtung KA Römerberg und 37 Fuhren pro Monat in Richtung KA Speyer unternommen. Der jährlichen CO₂-Bilanz für die KA Römerberg sind folglich rd. 7 t/CO₂-Äquivalent hinzuzufügen.

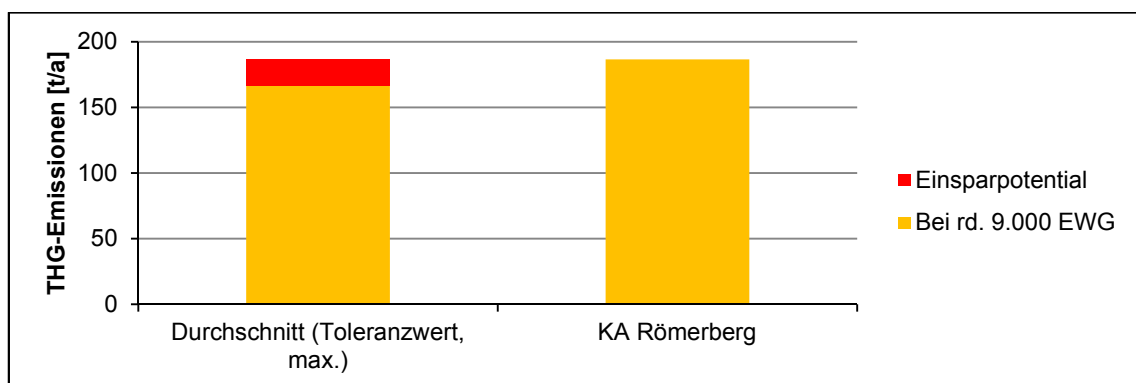


Bild 28: Vorhandene CO₂-Emissionen und das vorhandene Einsparpotential bezüglich dem jährlichen Strombezug der KA Römerberg

Nach dem Vergleich der Energieverbrauchswert mit Kläranlagen gleichwertiger Ausbaugröße und Verfahren könnten jährlich ca. 40.000 kWh/a eingespart werden (vgl. Kap. 3.1). Entsprechend könnten THG-Emissionen von ca. 20 t pro Jahr weniger ausgestoßen werden. Das Einsparpotential für die indirekten Emissionen durch den Strombezug (ohne Berücksichtigung des Schlammtransportes) umfassen theoretisch rd. 11 Prozent pro Jahr.

3.4 THG-Emissionen der einzelnen Verfahrensstufen

In Abhängigkeit der ermittelten Stromverbrauchszahlen für die einzelnen Verfahrensstufen ergeben sich nachfolgende CO₂-Mengen für die indirekten CO₂-Emissionen (Strom):

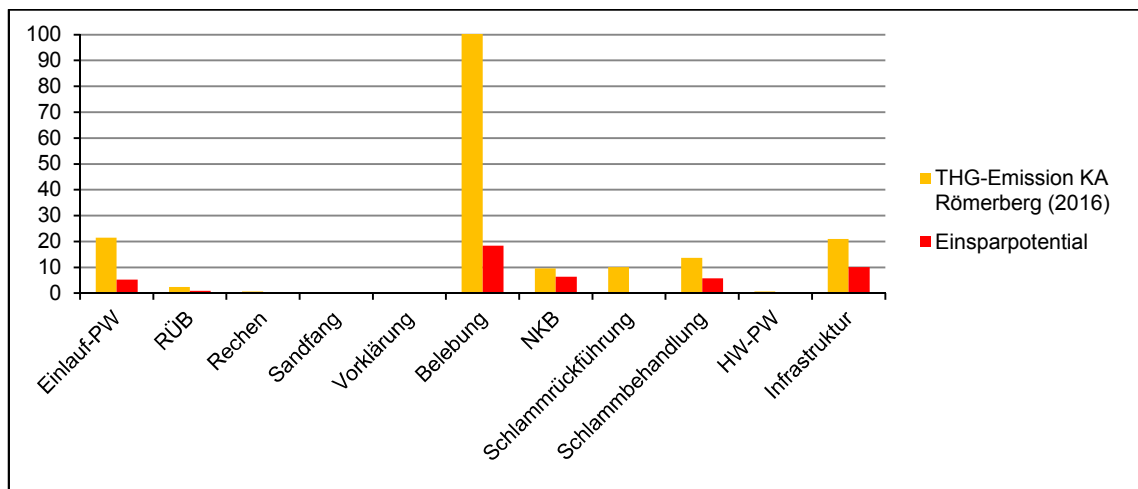


Bild 29: CO₂-Emissionen der Verfahrensstufen bezüglich dem jährlichen Strombezug auf der Kläranlage Römerberg

Nicht erfasst wurden bei dieser Betrachtung die direkten Emissionen, die u.a. durch Ausgasungen von Faulgasen aus den Schlammstillbehältern auf der KA Römerberg entstehen. In Ermangelung von Literatur- und Messwerten können die u.a. zu erwartenden Methan (CH₄)-Emissionen nicht bestimmt werden. Das klimaschädliche Methan (CH₄) trägt ca. 25-mal mehr zum Treibhauseffekt bei wie CO₂. [12]

4. Ergebnisse der energetischen Überprüfung und vorhandene THG-Belastungen

Der Energieverbrauch der Kläranlage Römerberg der Verbandsgemeinde Römerberg - Dudenhofen ist im Vergleich zum Durchschnitt (siehe Bild 29) in manchen Verfahrensstufen leicht erhöht. Es ist von einem Einsparpotential auszugehen.

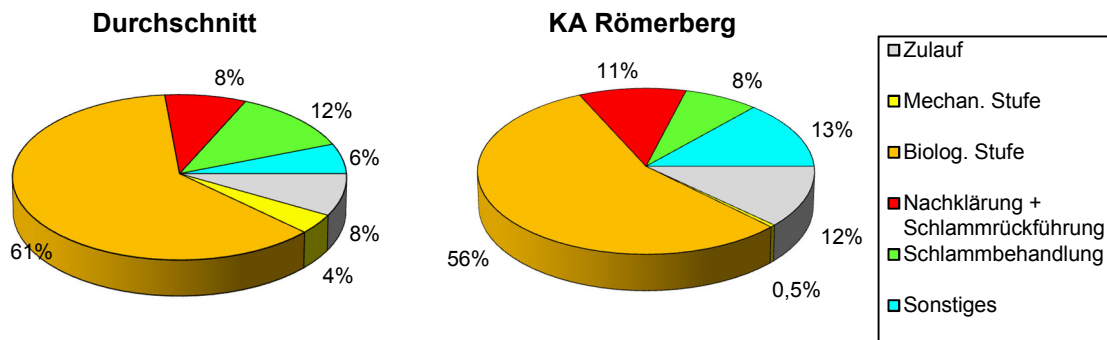


Bild 30: Diagramm mit dem durchschnittlichen Strombedarf einer Kläranlage [9] und der KA Römerberg

Energieeinsparungen sind möglich durch kontinuierliche Optimierung von Prozessabläufen u.a. mittels Anpassung bzw. Erneuerung der zugehörigen Aggregate. Durch Gewinnung von Energie in „Eigenproduktion“ direkt auf dem Kläranlagengelände können gleichfalls Stromkosten eingespart werden. Durch die entsprechend erforderlichen Maßnahmen können parallel die THG-Emissionen stark reduziert werden.

Des Weiteren ist der Klärschlammtransport in der VG Römerberg-Dudenhofen zu überprüfen. Der Klärschlamm der KA Hanhofen wird nicht vor Ort weiter behandelt. Der Schlamm wird mit einem TR-Gehalt von ca. 2,4 bis 3,2 Prozent zur KA Römerberg transportiert und dort gemeinsam mit dem Klärschlamm der KA Römerberg mittels einer Siebtrommel unter Zugabe von Floccungsmitteln (Polymere) entwässert. Zur Erhaltung der Fließfähigkeit des Klärschlammes wird der TR-Gehalt auf 6,0 bis 7,0 Prozent eingestellt. Es erfolgt der weitere Transport zur KA Speyer. Die TR-Gehalte sind relativ gering und verursachen hohe Transportkosten und THG-Emissionen.

Nachfolgende Abschnitte bieten eine Übersicht über die vorhandenen Möglichkeiten zur Energie- und THG-Einsparung.



5. Energie- und THG-Einsparpotentiale durch Optimierung von Prozessabläufen (Potentialanalyse, Teil 1)

Bei Energie- und THG-Sparmaßnahmen durch die Optimierung der Prozessabläufe auf der Kläranlage Römerberg sind in erster Linie die **Stabilität der einzelnen Prozesse und die Betriebssicherheit sicher zu stellen.**

Im Vorfeld jeder Optimierung sollte zudem der vorhandene IST-Zustand eindeutig erfasst werden. Es sollten u.a. die vorhandenen Bauwerke in ihrer Dimension und Auslegung klar definiert sein. Ergänzend sind vorhandene Belastungen und die entsprechende Steuer- und Regeltechnik zu prüfen und aufeinander abzustimmen, um die vorhandenen Prozessabläufe nachvollziehen und optimieren zu können.

5.1 Einlaufpumpwerk

Das Schneckenhebwerk mit der Wirkungsweise einer archimedischen Schnecke ist robust und unempfindlich gegen Grobstoffe. Der Energieverbrauch ist gegenüber vergleichbaren Fabrikaten (Idealwert) jedoch erhöht. Es empfehlen sich u.a. der Austausch zu leistungseffizienteren Motoren und eine leistungsangepasste FU-Steuerung. Zudem ist die Zulaufsituation zu prüfen. Bei einer unzureichenden Trogfüllung durch zu geringen Wasserspiegel im Pumpensumpf reduziert sicher der Wirkungsgrad der Schneckenpumpen [12] und damit die Leistungseffizienz. Gemäß Angaben der VG Römerberg-Dudenhofen ist eine Anpassung der örtlichen Situation bereits erfolgt. Ein weiter erhöhter Einstau ist durch den flachen vorgelagerten Zulaufkanal nicht umsetzbar.

5.2 RÜB

Die Befüllung des RÜB's erfolgt ebenfalls über das Schneckenhebwerk. Es gelten die gleichen Aussagen wie im Kap. 5.1.

5.3 Mechanische Reinigung

Der Rechen und die Waschpresse der Kläranlage verfügen nur über eine geringe Einschalt-dauer und haben einen geringen Energieverbrauch. Ähnlich ist es für den unbelüfteten Sandfang und die Vorklärung. Die Räumerrücken werden von Hand bei Bedarf betrieben. Es bestehen keine Optimierungsmöglichkeiten mit großen Einsparpotential.



Für das anfallende Sandfanggut ist ggf. der Einsatz eines Sandklassierers oder einem Sandwäscher zu überprüfen.

5.4 Belebungsbecken

Die Belüftung der Belebungsbecken erfolgt über 3 x vorhandene Oberflächenbelüfter. Oberflächenbelüfter tragen auf mechanischen Weg Sauerstoff in das Abwasser ein. Die Oberflächenbelüfter erzeugen gleichzeitig Umwälzströmungen, wodurch der belebte Schlamm und die Schmutzstoffe des Abwassers vermischt werden und Schlammablagerungen verhindert werden. Die Steuerung der Oberflächenbelüftung erfolgt derzeit über den Ammonium-/ Nitratgehalt. Wie viel Luft zugeführt werden muss, hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Sauerstoffbedarf, in Abhängigkeit von:
 - BSB₅-Raumbelastung,
 - α -Wert,
 - Umfang der Nitrifikation und Denitrifikation,
 - Sauerstoffgehalt im Becken,
 - Schlamm Trockensubstanzgehalt,
 - Abwassertemperatur;
- Spezifischer Sauerstoffeintrag des Belüftungssystems;
- Art der Umwälzung.

Die vorhandene Belüftung und die Belüftungszeiten können vermutlich verringert werden ohne die Prozessstabilität und die Ablaufqualität zu gefährden. Beispielsweise ist die vorhandene Steuer- und Regeltechnik zu überprüfen, um den Sauerstoffeintrag weiter optimieren zu können.

Mit dem bestehenden System sind jedoch keine erheblichen Einsparungen zu erwarten. Ggf. ist die Art der Belüftung langfristig durch eine Druckbelüftung zu ersetzen.

5.5 Nachklärung

Bei den Nachklärbecken sind ausschließlich Aggregate mit kleiner Motorleistung im Einsatz. Ein Austausch mit leistungseffizienteren Maschinen ist erst nach Erreichen der Abschreibungszeiträume vorzusehen. Ggf. ist die Betriebsweise der Betriebswasserpumpe zur Vermeidung von Schwimmschlamm zu überprüfen, um die energetischen Aufwendungen absenken zu können.



5.6 Schlammrückführung

Bei der KA Römerberg erfolgt die Förderung des Primär-, Rücklauf- und des Überschuss-schlammes mittels Pumpentechnologie. Der energetische Aufwand ist höher gegenüber anderer Kläranlagen gleicher Ausbaugröße. Es ist der Austausch mit leistungseffizienteren Maschinen nach Erreichen des Abschreibzeitraums zu prüfen.

5.7 Schlammbehandlung

KA Hanhofen

Der Klärschlamm der KA Hanhofen wird nicht vor Ort weiter behandelt. Der Schlamm wird mit einem TR-Gehalt von ca. 2,4 bis 3,2 Prozent zur KA Römerberg transportiert und dort gemeinsam mit dem Klärschlamm der KA Römerberg mittels einer Siebtrommel unter Zugabe von Flockungsmitteln (Polymere) auf einen TR-Gehalt von ca. 6 bis 7 % entwässert.

Der TR-Gehalt ist relativ gering und verursacht hohe Transportkosten und THG-Emissionen. Es ergeben sich nachfolgende Einsparungen allein für den Transport:

Nach dem derzeitigen Entsorgungskonzept (KA Hanhofen)

Schlammmenge KA Hanhofen Jun - Dez 2017:	681 m ³ / Jun-Dez
Schlammmenge pro Jahr (Annahme):	1.162 m ³ / a
TR - Gehalt:	2,50 %
TR - Anteil:	29 m ³ /a
Wasseranteil:	1.132 m ³ /a
Spezif. Transportkosten (Annahme):	7,735 € /m ³
Spezif. Transportkosten:	8.984 € /a

Erhöhung des TR-Anteils mit Eindickereinrichtung (KA Hanhofen)

TR - Gehalt nach Entwässerung (ca.):	6,5 %
TR - Anteil:	29 m ³ /a
Wasseranteil:	418 m ³ /a
Differenz Schlammfall zur Entsorgung:	64% weniger Schlamm
Spezif. Transportkosten (ca.):	3.456 € €/a
Ersparnis:	5.529 €/a

Auf die Eindicker-Einrichtung wurde aufgrund der Vermischung der Schlämme aus Hanhofen und Römerberg bisher verzichtet. Im Hinblick auf die THG-Emissionen durch den Transport und höhere Betriebsaufwendungen auf der KA Römerberg sollte die bestehende Verfahrensweise überdacht werden. Es empfiehlt sich eine eigene Klärschlammmentwässerung auf Höhe der KA Hanhofen in Betracht zu ziehen.



KA Römerberg

Der Klärschlamm der KA Römerberg wird in den vorhandenen Schlammsilos zwischengespeichert und zur Weiterbehandlung zur KA Speyer geliefert. Um u.a. die Förderfähigkeit des Schlammes sicherzustellen wird ein TR-Gehalt von 6 % angestrebt. Der Trockensubstanzgehalt hat einen wesentlichen Einfluss auf den Betrieb der nachfolgenden Pumpen, Rohrleitungen, Umwälzeinrichtungen etc. Eine Reduzierung des TR-Gehaltes bei der KA Römerberg ist dementsprechend nur zu empfehlen, wenn ein eigenes Konzept (z.B. solare Klärschlamm-trocknung) zur Schlammbehandlung und -entsorgung vorgesehen wird.

Dazu nachfolgende Beispielrechnung:

Nach der derzeitigen Schlammentwässerung

Schlammmenge 2017:	3.550 m ³ /a
TR - Gehalt:	6,50 %
TR - Anteil:	231 m ³ /a
Wasseranteil:	3.320 m ³ /a
Spezif. Entsorgungskosten (Annahme):	22,50 € /m ³
Spezif. Entsorgungskosten:	79.884 € /a

Erhöhung des TS-Anteils durch weitergehende Entwässerung

TR - Gehalt nach Entwässerung (ca.):	22,0 %
TR - Anteil:	213 m ³ /a
Wasseranteil:	818 m ³ /a
Differenz Schlammanfall zur Entsorgung:	75% weniger Schlamm

Erhöhung des TS-Anteils nach weiterer Trocknung

TR - Gehalt nach Entwässerung (ca.):	80,0 %
TR - Anteil:	213 m ³ /a
Wasseranteil:	58 m ³ /a
Differenz Schlammanfall zur Entsorgung:	98% weniger Schlamm

Durch entsprechende weitergehende Schlammentwässerungen können die derzeitigen Schlamm-mengen deutlich reduziert werden. Inwieweit Kosten durch alternative Verfahren eingespart werden können, ist nur durch detaillierte Kostenbetrachtungen feststellbar.

5.8 Infrastruktur (u.a. Heizung der Betriebsgebäude)

Die Betriebsgebäude der Kläranlage Römerberg bestehen bereits seit dem Bau der Kläranlage in den 70-Jahren. Lediglich das Rechengebäude wurde im Laufe der Jahre nachgerüstet. Energetische Betriebskosten bei der Infrastruktur entstehen in erster Linie durch die Belüftung und Klimatisierung / Heizung. Aufzeichnungen über die jeweiligen Energieverbräuche im Bereich

Infrastruktur lagen zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht vor und wurden abgeschätzt. Nachfolgende Annahmen (vgl. Kap. 3.2.11) über den Energieverbrauch wurden getroffen:

Betriebsgebäude KA Römerberg (Ist-Zustand, Annahmen)

Energieverbrauch Infrastruktur (Heizung):	34.300 kWh/a
Energieverbrauch Infrastruktur (Strom):	40.585 kWh/a
Grundfläche (Annahme):	488 m ²
Energieverbrauch pro m²:	154 kWh/m²*a

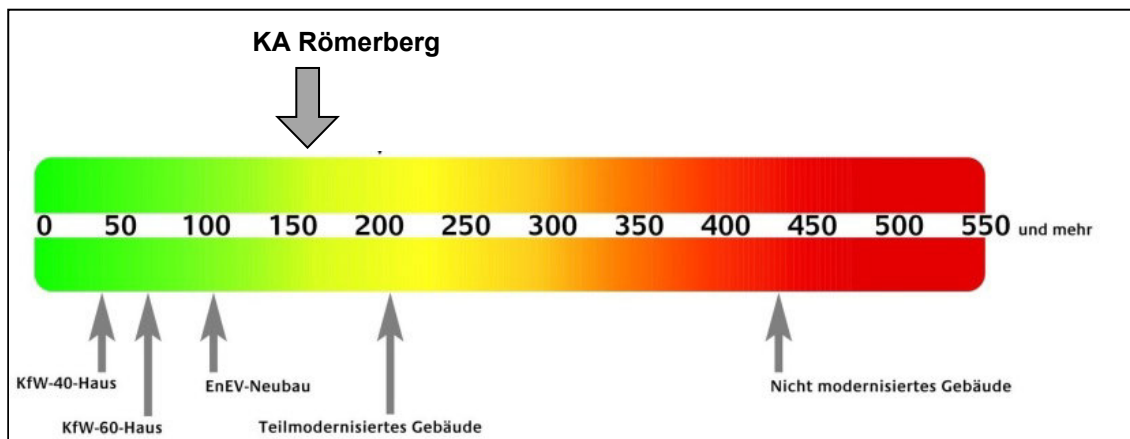


Bild 31: Energieverbrauch von Gebäuden [Quelle: Deutsche Energie-Agentur GmbH]

Der derzeitige Energieverbrauch für die Heizungen ist als niedrig einzuschätzen (vgl. Bild 31). Es besteht kein unmittelbarer Handlungsbedarf. In Hinblick auf den Gesamtbedarf empfiehlt sich jedoch eine Kontrolle der Ausstattungen je Gebäude, z.B. entspricht die Beheizung der Gebäude mit Strom nicht mehr dem heutigen Stand der Technik. Bei einer Umrüstung sind entsprechende aktuelle technische Standards einzubeziehen.



6. Einsparpotentiale durch Energiegewinnung (Potentialanalyse, Teil 2)

Derzeit wird alle notwendige Energie für die einwandfreien Prozessabläufe auf der Kläranlage Römerberg aus Fremdbezügen gewonnen. Es empfiehlt sich zu prüfen inwieweit durch Eigenenergiegewinnung auf der Kläranlage Energiekosten und THG-Emissionen gespart werden könnten. Nachfolgend einige Möglichkeiten, die in Betracht kommen:

6.1 Sonnenenergie

Die Betriebsgebäude der KA Römerberg können als Standorte für Sonnenkollektoren oder für eine Photovoltaische Anlagen genutzt werden.

Sonnenkollektoren dienen der Wärmeproduktion, wobei etwa 300 bis 450 kWh/a pro m² Kollektorenfläche genutzt werden können. Die produzierte Wärme kann derzeit ortsnah jedoch nur wenig genutzt werden. Es erfolgt keine weitergehende Betrachtung.

Photovoltaische Anlagen wandeln die Sonnenstrahlung in elektrische Energie um. Es sind ca. 70 bis 125 kWh/a pro m² Photovoltaikfläche möglich. Der durch Photovoltaik gewonnene Strom kann zur Eigennutzung und Reduzierung des derzeitigen Energiebedarfs genutzt werden.

Bei vollständiger Nutzung der Überdachung der Betriebsgebäude der KA Römerberg ist nachfolgende Energieproduktion und -nutzung möglich:

Elektrizität (durchschn.):	95 kWh/a pro m ²
Größe aller Betriebsgebäude:	488 m ²
Nutzbare Energie (Elektrizität):	46.325 kWh/a

Es sind in Bezug auf die Elektrizität folglich Einsparungen von ca. 13 Prozent gegenüber dem derzeitigen Stromverbrauch der KA Römerberg durch Eigenproduktion einzusparen.

Die Machbarkeit ist aufgrund des hohen Baumbestandes um die KA Römerberg und bezüglich der Tragfähigkeit der Betriebsgebäude im Detail zu prüfen.

6.2 Abwasserwärme

Das Abwasser enthält große Wärmemengen, die z.B. durch Heizprozesse (Warmwasser) hergeleitet sind. Diese Wärme kann mittels Wärmepumpentechnologie zu Heizzwecken genutzt

werden. Der Wärmeentzug kann nach der Kläranlage am Auslauf angeordnet werden. Es ist mit folgender nutzbarer Heizleistung der KA Römerberg zu rechnen:

Energiebedarf der Betriebsgebäude KA Römerberg

Energieverbrauch pro m ² Betriebsgebäude (min.):	140 kWh/m ² *a
Grundfläche Betriebsgebäude (Annahme):	488 m ²
Energiebedarf (gesamt):	68 kW
Energiebedarf (gesamt bei ca. 1.800 h Betriebsstunden):	122.883 kWh

Energiepotential für die KA Römerberg

Maximale Entzugsleistung (ca.):	Q [l/s] x 4
Mittlerer Zu- und Abfluss KA (Trockenwetter-Tage):	1.137 m ³ /d
	47 m ³ /h
	13 l/s
Nutzbare Leistung (max.):	53 kW
Abkühlung des Abwassers von z.B. 10°C auf 9°C:	1 K
Wärmeangebot Wärmetauscher:	1,16 kWh/m ³
Wärmeangebot ges. Heizzentrale mit Wärmepumpe (ca.):	1,56 kWh/m ³
Wärmeenergiepotential pro m³:	13.666 kWh/a*m³
Wärmeenergiepotential pro Jahr der KA Römerberg :	647.408 kWh/a

Nach Literaturangaben (u.a. DWA-M 114) empfiehlt sich eine Nutzung der Abwasserwärme ab 100 bis 150 kW Wärmeabnahmebedarf. Manche Herstellersysteme (z.B. HUBER, siehe Bild 32) arbeiten nach eigenen Angaben bereits ab einen Wärmeenergiebedarf von 40 bis 50 kW wirtschaftlich. Die Abwassertemperatur sollte für die Nutzung konstant sein und nicht unter 10°C sinken.

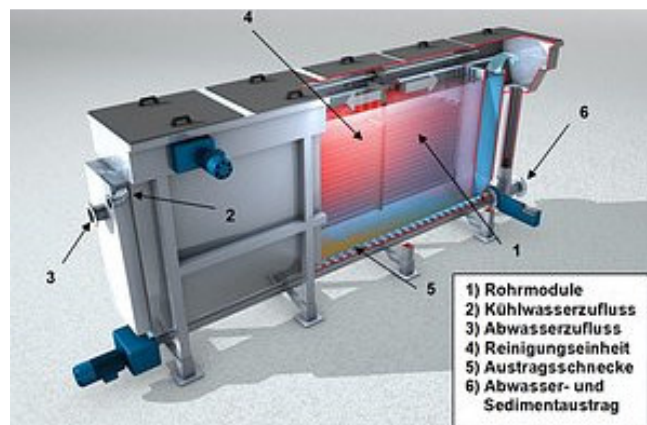


Bild 32: Beispiel Abwasserwärmetauscher Fa. HUBER

Gemäß den vorhandenen Zu- und Ablaufmengen könnten bis zu 53 kW Wärme genutzt werden. Der Wärmeenergiebedarf der KA Römerberg unter der Annahme der bestehenden Bedingungen (vgl. Kap. 5.8) liegt bei ca. 68 kW. Der Wärmebedarf könnte folglich nicht ausreichend abgedeckt werden. Eine weitergehende Betrachtung erfolgt nicht.



6.3 Faulgas

Ein hochwertiger Energieträger auf Kläranlagen ist das Faulgas. Es entsteht bei einer anaeroben mesophilen Schlammbehandlung. Für die Kläranlage Römerberg mit ihrem bisherigen Nassschlammtransport zur KA Speyer würde die Nutzung des Faulgases z.B. mittels Blockheizkraftwerk (BHKW) eine Umstellung der Prozessabläufe bedeuten.

Wirtschaftlich vertretbar ist diese Umstellung ab ca. 15.000 EWG, etwa bei einem gemeinsamen Konzept für die KA Hanhofen und KA Römerberg. Bei einer Umsetzung wäre mit nachfolgenden Gasanfall und Energiegewinnungspotential allein für die KA Römerberg zu rechnen:

Gasanfall:	20 l/(E*d)
Energiegewinnung:	6,5 kWh/m ³
davon Elektrizität:	32 %
davon Wärmeenergie:	50 %
Angeschlossene Einwohner:	7.995 E
Voraussichtlicher Gasanfall:	58.363 m ³ /a
Nutzbare Energie (Elektrizität):	121.395 kWh/a
Nutzbare Energie (Wärme):	189.679 kWh/a

Bei Nutzung von Faulgas könnten rund 35 Prozent des Energiebedarfs (Elektrizität) der KA Römerberg abgedeckt werden. Eine Steigerung auf rund 45 Prozent wäre bei einer gemeinsamen Verwertung mit dem Klärschlamm aus der KA Hanhofen umsetzbar.

Die Wärmeenergie könnte u.a. zur Verbesserung der Faulungsprozesse für die Faulbehälter genutzt werden. Durch die erforderlichen, hohen Investitionskosten ist jedoch eine weitergehende Untersuchung der Wirtschaftlichkeit unabdingbar.

6.4 Sonstige Energiequellen

Sonstige Nutzung von regenerativen Energien, wie Wasser- und Windkraft ist für die Kläranlage Römerberg durch die vorhandenen Verhältnisse unwirtschaftlich.



7. Maßnahmen und zugehörige Kostenbetrachtungen

Die Kostenbetrachtungen erfolgen für die Erneuerung der Belüftung (Druckbelüftung) des Belebungsbeckens und für eine ggf. vorzusehende eigene Schlammwässerung der KA Römerberg. Die einzelnen Varianten werden über eine Kosten-Nutzen-Analyse (LAWA) mit der bestehenden Ist-Situation verglichen.

Die verschiedenen Maßnahmen werden kostenmäßig verglichen über die verschiedenen Investitions- und Betriebskosten bzw. den daraus ermittelbaren Kostenbarwerten bzw. Jahreskosten. Die genaue Auflistung der Kosten ist im Anhang beigefügt.

Die Investitionskosten setzen sich zusammen aus den Kosten für die notwendigen baulichen Maßnahmen wie Demontage und Montage sowie für die entsprechende Maschinen- und Elektrotechnik. Die Kosten werden auf Grundlage von vergleichbaren Projekten angenommen. Es handelt sich hierbei ausschließlich um Orientierungspreise nach aktuellem Durchschnitt, so dass sich je nach der konjunkturellen Entwicklung Preisverschiebungen nach oben oder unten ergeben können. Die Baunebenkosten für Gutachten, Ingenieurgebühren etc. wurden bei der Kostenschätzung in Höhe von ca. 20 Prozent der Baukosten mit berücksichtigt.

Als Betriebskosten werden in die Betrachtungen die Energiekosten und Kosten, die für die Kontrolle und die Wartung der Anlagen zusätzlich anfallen, einbezogen. Zur Ermittlung der Stromkosten wird der Strompreis 2017 in Höhe von **netto 0,202 €/kWh** angesetzt. Es ergeben sich die jeweiligen Gesamtbetriebskosten pro Jahr.

Die Kostenbarwertermittlung der jährlichen Kosten (JK), netto über einen Zeitraum von 25 Jahren erfolgt nach nachfolgender Formel:

$$JK = IK/n + RW \cdot i + B \cdot r$$

Die jährlichen Kosten ermitteln sich folglich aus den Kosten für

- Abschreibung: Investitionskosten (netto) (IK) / Abschreibungssatz (n)
- Zinsen: Restwert (RW) · Zinssatz (i)
- Betriebskosten: Betriebskosten (netto) (B) · jährliche Preissteigerungsrate (r)

Der angenommene Zinssatz i beläuft sich auf 1 Prozent. Für die jährliche Preissteigerungsrate r wird von einem Wert von rund 2 Prozent ausgegangen. Die Abschreibungssätze ermitteln sich



aus der DWA-A 133 bzw. DWA-M 229-1 und werden für die Untersuchungen wie folgt angenommen:

Tabelle 18: Abschreibungssätze

	Abschreibung n [%]	Abschreibung n [Jahre]
Bautechnik	2,5	40
Maschinelle Schlammwässerung	4,0	25
Oberflächenbelüfter	5,0	20
Druckbelüftung (Belüfterelemente)	6,6	15
Ausrüstung (Rührwerke, Rohrleitungen, usw.)	5,0	20
Kompressor	6,6	15
Messtechnik, Schalt- und Steueranlage, etc.	10,0	10

Eine weitere Annahme, die für die Berechnungen übernommen worden ist, betrifft die nach dem Abschreibungszeitraum neu anfallenden Investitionskosten, die preislich je nach Zeitraum und Preissteigerungsrate gestiegen sind und um diese Spanne erhöht erneut anfallen und entsprechend in die Kostenbarwertermittlung einbezogen werden.

Die detaillierten Betrachtungen sind den nachfolgenden Kapiteln zu entnehmen.

7.1 Vergleich von Belüftungssysteme für die KA Römerberg

Bei den Belüftungssystemen unterscheidet man grundsätzlich zwischen der Druckbelüftung und der Oberflächenbelüftung, wie sie auf der KA Römerberg bereits erfolgt. Nachfolgende vergleichende Betrachtungen sollen einen kurzen Überblick über die Belüftungssysteme und ihre jeweiligen Eigenarten geben.

Druckbelüftung

Bei diesem System wird die Luft vom Beckenboden über Rohrleitungen und Belüfterelemente in das Belebungsbecken eingeblasen. Der Sauerstoffeintrag erfolgt durch die im Wasser aufsteigenden Blasen. Die Sauerstoffzufuhr wird hierbei maßgeblich bestimmt durch die Größe der Luftblasen, den Luftvolumenstrom, Einblastiefe, Strömungsverhältnissen und Abwasserinhaltsstoffe.



Je nach Blasengröße, Beckenform und Anordnung unterscheidet man einige charakteristische Belüfterarten. Zudem werden die Belüfterelemente nach Material und Form der Grundkörper (Streifenbelüfter, Teller-Belüfter, Plattenbelüfter) unterschieden.

Oberflächenbelüftung

Oberflächenbelüfter tragen auf mechanischen Weg Sauerstoff in das Abwasser ein. Die Oberflächenbelüfter erzeugen gleichzeitig Umwälzströmungen, wodurch der belebte Schlamm und die Schmutzstoffe des Abwassers vermischt werden und Schlammablagerungen verhindert werden. Man unterscheidet zwischen Kreiselbelüftern und Stabwalzenbelüftern (Rotoren).

Kreiselbelüfter drehen sich um eine vertikale Achse. Die Wirkungsweise entspricht der eines Pumpenlaufrades. Der in das Abwasser hineinragende Kreisel fördert Wasser von unten nach oben und wirft es über der Wasseroberfläche aus. An der Oberfläche erfolgt durch die Turbulenzen der Sauerstoffeintrag in das Abwasser. [20 - 22]

Die Stabwalzenbelüfter sind horizontal über dem Wasser angeordnet und schlagen durch Rotation mittels Paddeln Luft in das Wasser.

Vor- und Nachteile der Belüftungssysteme

Die verschiedenen Belüftungssysteme haben Vor- und Nachteile, welche die Wahl der Art der Belüftung auf verschiedene Einsatzgebiete beschränken. Die nachfolgende Tabelle bietet eine Übersicht:

Tabelle 19: Vergleich der Eigenschaften [20 - 22]

	Druckbelüftung	Oberflächenbelüftung
Alterung	Tritt bei Membranen auf	Tritt nicht auf
Beckengeometrie	Grundriss und Tiefe frei wählbar	Je nach System enge Grenzen
Betriebssicherheit; Redundanz	Mittel bis niedrig	Hoch
Emissionen	Mittel bis niedrig	Mittel bis hoch
Flächenbedarf	Im Normalfall kleiner	Im Normalfall größer
Lebensdauer	Mittel bis gering	Hoch
pH-Wert	Beeinträchtigung möglich	Kein Einfluss



Tabelle 19 (Fortsetzung): Vergleich der Eigenschaften [20 - 22]

	Druckbelüftung	Oberflächenbelüftung
Regelung	Aufwändig, besonders bei großen Anlagen mit vielen Becken bzw. Feldern	Einfach
Beckenreinigung	Aufwändig (Einbauten an der Sohle)	Einfach
Schaumbildung	Hoch	Gering
Reparatur	i.d.R. Beckenleerung notwendig	i.d.R. keine Beckenleerung notwendig
Verstopfungen	Anfällig	Nicht anfällig
Wartung	Mittlerer bis hoher Aufwand	Geringer Aufwand
Winterbetrieb	Keine Probleme	Probleme mit Eisbildung möglich
Wirtschaftlichkeit in Reinwasser	Hoch	Mittel bis niedrig
Wirtschaftlichkeit im Abwasser	Mittel	Mittel

7.1.1 Bemessung der Belüftung

In Abhängigkeit von Temperatur, Kohlenstoff- und Stickstoffelimination sowie dem Sauerstoffgewinn durch die Denitrifikation ergeben sich der spezifischen Sauerstoffbedarf der Belebung und der Spitzensauerstoffverbrauch, die den jeweils erforderlichen Sauerstoffeintrag für die Belüftungssysteme bedingen. Für die Oberflächen- und die Druckbelüftung wird die Sauerstoffzufuhr auf Grundlage von verschiedenen Ansätzen ermittelt, die zudem vom gewählten Reinigungsverfahren abhängig sind.

Es sind verschiedene Lastfälle zu der Denitrifikation und der Nitrifikation zu untersuchen, um die maximal erforderliche Sauerstoffzufuhr zu ermitteln, die zur Auslegung der Aggregate der Oberflächen- bzw. Druckbelüftung herangezogen werden. Die einzelnen Berechnungen wurden für den Ist-Zustand (rd. 10.000 EWG) und die Auslegungsgröße (12.000 EWG) mit einem EDV-Programm durchgeführt. Es ergeben sich nachfolgende maximale Werte für die Belebung unter Beibehaltung der derzeitigen Ist-Situation inklusive Vorklä rung (zwischen 1,0 bis 2,0 Stunden).

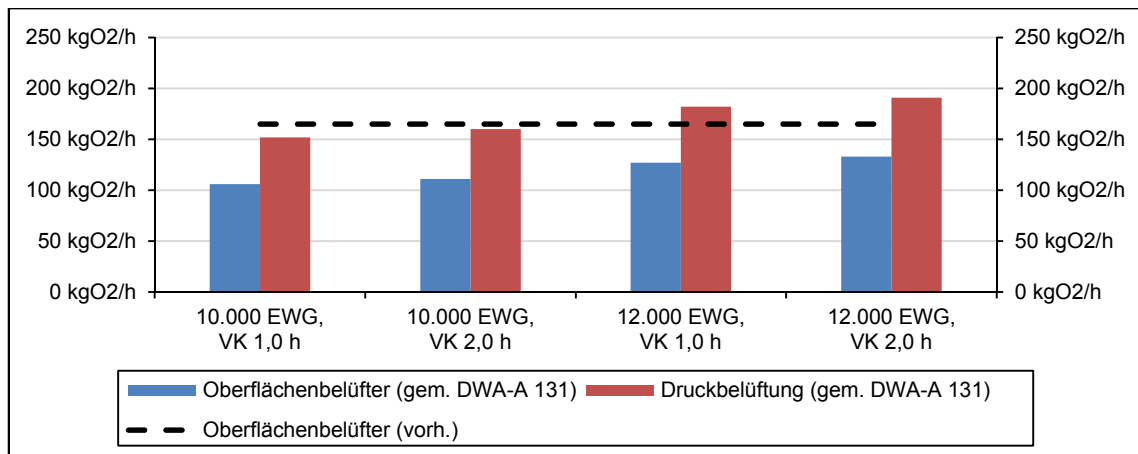


Bild 33: Erforderliche Sauerstoffzufuhr (Ist-Zustand und Ausbaugröße)

Ergebnis:

Die vorhandenen Oberflächenbelüfter sind für den derzeitigen Ist-Zustand ausreichend und können beibehalten werden. Druckbelüftungssysteme müssen i.d.R. weniger Sauerstoff in das Belebungsbecken zuführen, da sich die aufsteigende Luft vom Beckenboden günstiger auf das System auswirkt als der Eintrag über die Oberfläche. Durch die geringe Beckentiefe der Belebungsbecken auf der KA Römerberg liegt der Spitzenbedarf an Sauerstoff jedoch höher gegenüber der Oberflächenbelüftung.

Für den kostentechnischen Vergleich der vorhandenen Oberflächenbelüfter und einem Druckbelüftungssystem wird ausschließlich die bestehende Ist-Situation inklusive Vorklärung (Annahme 1 h) betrachtet. Durch die Vorklärung muss deutlich weniger Luft in die Belebungsbecken für die Umsetzungsprozesse eingebracht werden. Die Verminderung wird durch den Abzug des Primärschlammes und den damit verminderten abzubauenen Stoffe verursacht.

Bei einer Umsetzung der Maßnahme bzw. für zukünftige Betrachtungen bei z.B. Anschluss weiterer Teileinzugsgebiete oder von Indirekteinleitern ist die vorhandene Beckensituation vertiefend zu überprüfen. Die vorhandenen Belebungsbecken sind gem. EDV-Berechnungen für die derzeitigen Belastungen theoretisch nicht ausreichend (vgl. Bild 34), um stabile Ablaufwerte zu erhalten.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die vorhandenen Nachklärbecken puffernd wirken, so dass im Gegensatz zur Theorie die erforderlichen Ablaufwerte und die Schlammqualität dauerhaft auf der KA Römerberg eingehalten werden.

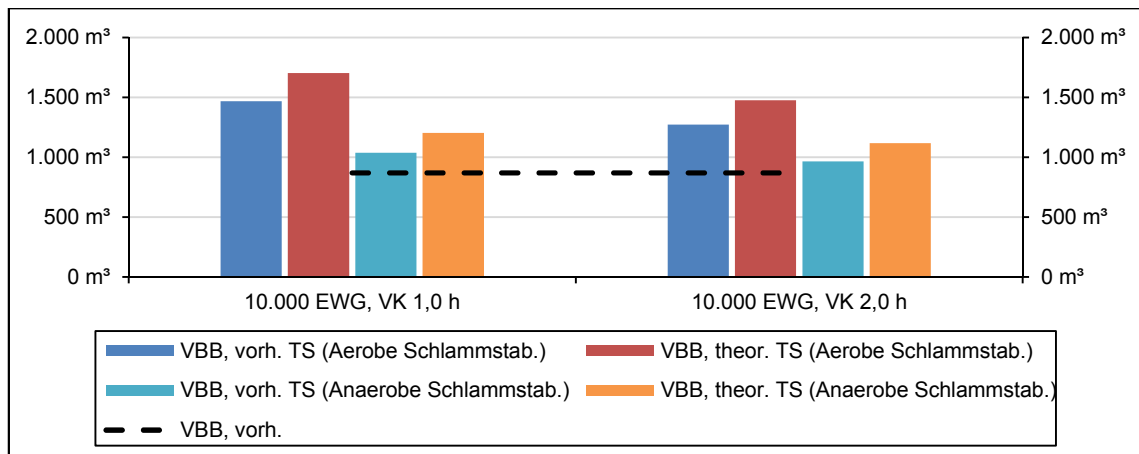


Bild 34: Erforderliches Beckenvolumen der Belebung dem. DWA-A 131 (Ist-Zustand)

7.1.2 Investitionskosten

Zur Ermittlung der erforderlichen Investitionskosten wurde bezüglich der Druckbelüftung (Streifenbelüfter) ein Richtpreisangebot der Fa. Aquaconsult herangezogen. Weitere Kostenangaben u.a. für die Oberflächenbelüftung beruhen auf Annahmen und Preisen vergleichbarer Projekte (z.B. Oberhausen-Rheinhausen) der ifa consult gmbh. Eine detaillierte Übersicht der Kostenschätzung für die Varianten ist als Anhang beigefügt. Eine Zusammenfassung bietet die nachfolgende Aufstellung:

Tabelle 20: Geschätzte Investitionskosten Belüftung der Belebung

	Oberflächenbelüfter (neu)	Druckbelüftung
Summe Kosten, Bautechnik	28.000,00 €	17.000,00 €
Summe Kosten, M-Technik	73.000,00 €	92.425,00 €
Summe Kosten, E-Technik	32.000,00 €	54.000,00 €
Summe Kosten, netto	133.000,00 €	163.425,00 €
Unvorhergesehenes und Rundung, ca. 10 %	13.358,55 €	15.846,71 €
Mehrwertsteuer, 19 %	27.808,12 €	34.061,62 €
Baukostensumme, brutto	174.166,67 €	213.333,33 €
Baunebenkosten, ca. 20 %	34.833,33 €	42.666,67 €
Gerundete Bau- und Baunebenkosten, brutto	209.000,00 €	256.000,00 €

Investitionen für die Oberflächenbelüfter sind unter den bestehenden Bedingungen vorerst nicht notwendig. Die Kosten für eine neue Oberflächenbelüftung dienen ausschließlich dem Vergleich mit der Druckbelüftung.



Für die Druckbelüftung wurden Streifenbelüfter (Fa. Aquaconsult) für die Betrachtungen gewählt. Andere Varianten wie Teller- und Plattenbelüfter sind ggf. zu prüfen. Zur Druckbelüftung gehören des weiteren Gebläse (Kompressoren). Es wird angenommen, dass die bestehenden Brücken der Oberflächenbelüfter als Aufstellungsort für einen notwendigen Kompressor verwendet werden können. Eine Einhausung wird nicht berücksichtigt.

Zudem wurde davon ausgegangen, dass die Maßnahmen am bestehenden Becken möglich sind. Dazu wurde eine theoretische Beckentiefe von 2,9 m angenommen. Maßnahmen am Becken (z.B. Betonsanierungen) wurden kostentechnisch nicht berücksichtigt.

7.1.3 Betriebskosten

Zur Ermittlung der Betriebskosten bzw. der Energiekosten für die Belüftung wurden verschiedene Annahmen auf Basis der vorhandenen Betriebsdaten der Kläranlage Römerberg getroffen und für die Kostenbarwertermittlung herangezogen:

- **Stromverbrauch**

Für die Ermittlung des Energieverbrauchs wurde der Berechnungsansatz gemäß DWA-A 216 herangezogen.

$$E = \frac{\text{SOTR} * t}{\text{SAE}}$$

SOTR – Standard-Sauerstoffzufuhr [kg/h] als Mittelwert der belüfteten Phasen gem. Merkblatt DWA-M 229-1

t – jährliche Dauer der belüfteten Phasen [h/a]

SAE – Sauerstoffertag in Reinwasser [kg/kWh]

Für den Stromverbrauch der Oberflächenbelüfter wurden die bekannten Verbrauchswerte (Betriebsstunden) von 2016 / 2017 herangezogen. Für die Druckbelüftung liegen hingegen auf der Kläranlage Römerberg keine Betriebserfahrungen vor. Es wird von täglich rd. 10 Stunden Laufzeit des erforderlichen Kompressors, d.h. 1/3 der Laufzeit der Oberflächenbelüfter, ausgegangen. Die weiteren Angaben wurden den Herstellerangaben bzw. der DWA-M 229-1 entnommen.

- **Personalkosten**

Es wird von gleichbleibenden Personalkosten für beide Varianten ausgegangen. Es erfolgt keine Berücksichtigung in den Betrachtungen.



- **Wartung und Instandhaltung**

Für die Wartung und Instandhaltung wurden die Ansätze in Abhängigkeit der zu tätigen- den Investitionen gemäß DWA-M 229-1 übernommen (vgl. Tabelle 20)

Es ergeben sich nachfolgende Betriebskosten für die Oberflächenbelüftung im Ist-Zustand und für eine neue Druckbelüftung:

Tabelle 21: Geschätzte jährliche Betriebskosten für die Belüftung der Belebung

		Ist-Zustand	Druckbelüftung
Stromkosten, netto	0,202 €/kWh	38.649 €/a	35.791 €/a
Wartung + Instandhaltung (Bautechnik), netto	0,5%/a	140 €/a	85 €/a
Wartung + Instandhaltung (M-Technik), netto	1,5%/a	1.095 €/a	1.386 €/a
Wartung + Instandhaltung (E-Technik), netto	2,5%/a	800 €/a	1.350 €/a
Betriebskosten, netto		40.684 €/a	38.612 €/a

7.1.4 Kostenbarwertvergleich

Für den wirtschaftlichen Vergleich der beiden Varianten werden aus den Investitions- und den Betriebskosten Kostenbarwerte ermittelt und über einen Zeitraum von 25 Jahren miteinander verglichen. Einen Überblick über die Kostenentwicklung in 25 Jahren liefern die nachfolgenden Diagramme:

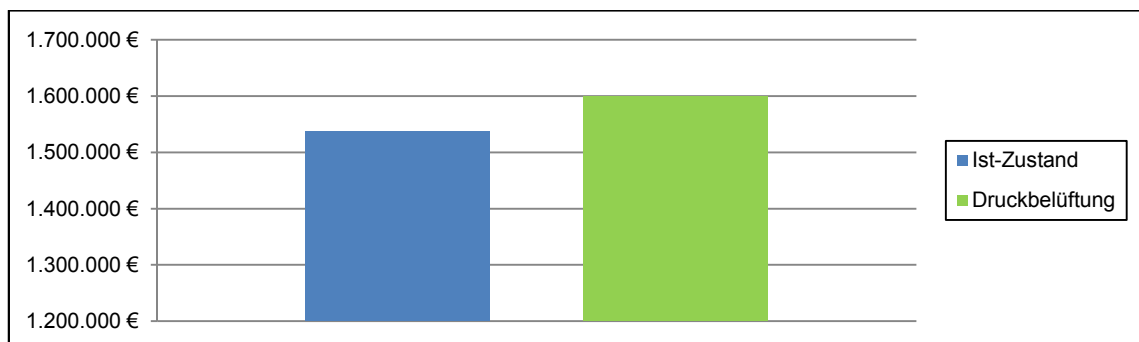


Bild 35: Gesamtkosten der Jahreskosten nach 25 Jahren für die Varianten

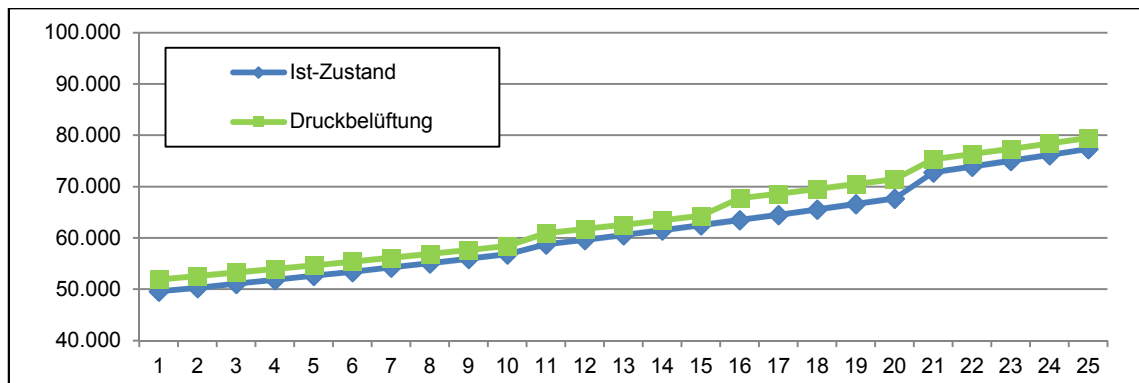


Bild 36: Jährliche Jahreskostenentwicklung über 25 Jahre für die Varianten

Die Beibehaltung des derzeitigen Betriebes der Oberflächenbelüfter (**Ist-Zustand**) ist in Bezug auf die Kostenentwicklung die günstigste Variante. Die **Druckbelüftung** ist durch den erhöhten Aufwand bei Wartung und Instandhaltung und kürzerer Abschreibung teurer.

Unter Beibehaltung der derzeitigen Anschlusssituation auf der Kläranlage Römerberg empfiehlt es sich die Fortführung der Belüftung mit den bestehenden Oberflächenbelüftern.

Bei Erweiterungen der angeschlossenen Einwohnerequivalente empfiehlt sich die spezifische Überprüfung der Leistungsfähigkeit der bestehenden biologischen Stufe und in dem Zusammenhang der Art des Belüftungseintrags. Wird etwa der Neubau eines Belebungsbeckens erforderlich, sind Alternativen zur derzeitigen Verfahrensweise (u.a. Oberflächenbelüftung) nochmal zu prüfen.

7.2 Eigenes Schlamm entwässerungskonzept

Der anfallende Schlamm der KA Hanhofen und der KA Römerberg wird zur KA Speyer transportiert und dort der Faulung zur weitergehenden Schlammbehandlung zugeführt. Die Abnahme des Schlammes wurde durch die KA Speyer vertraglich garantiert. In Hinblick auf die Transportaufwendungen ist seitens der VG Römerberg-Dudenhofen auch ein eigenes, örtliches Konzept zur Schlamm entwässerung zu prüfen.

Die örtliche Entwässerung erfolgt derzeit über eine Siebtrommel. Höhere Entwässerungsgehalte können z.B. durch eine Schneckenpresse oder Dekanter erreicht werden. Inwieweit der weiter entwässerte Schlamm entsorgt werden kann, gibt es keine gesicherten Aussagen. Eine Annahme bei der KA Speyer wäre nicht mehr möglich. Der Schlamm müsste voraussichtlich der Verbrennung zugeführt werden.



7.2.1 Investitionskosten

Für die bestehende Entwässerung wird nicht von weitergehenden Investitionen ausgegangen. Für die grobe Ermittlung der erforderlichen Investitionen einer eigenen Schlammentwässerung wurden Kostenrichtwerte [25] herangezogen. Der Kostenrichtwert bezieht sich auf die angeschlossenen Einwohnerzahlen von rd. 10.000 Einwohnergleichwerten.

Eine detaillierte Übersicht der Kostenschätzung für die neue maschinelle Entwässerungseinrichtung ist als Anhang beigefügt. Eine Zusammenfassung bietet die nachfolgende Aufstellung:

Tabelle 22: Geschätzte Investitionskosten eine neue maschinelle Entwässerungseinrichtung

	Neue Schlamm- entwässerung
Summe Kosten, Bautechnik	420.000,00 €
Summe Kosten, netto	420.000,00 €
Unvorhergesehenes und Rundung, ca. 10 %	42.184,87 €
Mehrwertsteuer, 19 %	87.815,13 €
Baukostensumme, brutto	550.000,00 €
Baunebenkosten, ca. 20 %	110.000,00 €
Gerundete Bau- und Baunebenkosten, brutto	660.000,00 €

7.2.2 Betriebskosten

Zur Ermittlung der Betriebskosten für die Schlammentwässerung wurden verschiedene Annahmen auf Basis der vorhandenen Betriebsdaten der Kläranlage Römerberg getroffen und für die Kostenbarwertermittlung herangezogen:

- **Transportkosten**

Die Transportkosten von 7,735 € pro m³ fallen für den vorentwässerten Schlamm der KA Hanhofen und KA Römerberg in Richtung KA Speyer an. Die Kosten wurden seitens der KA Römerberg angegeben. Die angenommene Menge beträgt 3.550 m³/a (vgl. 5.7).

- **Annahmekenkosten KA Speyer**

Der vorentwässerten Schlamm (ca. 3.550 m³, Stand 2017) wird auf der KA Speyer gemäß Angabe der KA Römerberg für 12,70 € pro m³ angenommen.

- **Betriebsstoffe (Polymer)**

Für eine verbesserte Entwässerung müssen dem Klärschlamm Polymere zugegeben werden. Die Kosten wurden pauschalisiert anhand der genannten durchschnittlichen der-



zeitigen jährlichen Kosten. Für die neue Schlammmentwässerung wird von mindestens doppelten Kosten zum derzeitigen Bestand ausgegangen.

• **Entsorgungskosten**

Die Entsorgung des entwässerten Schlamms ist zu prüfen. Für die Untersuchung wird von einer Verbrennung der anfallenden Schlammengen ausgegangen. Bei einem TR-Gehalt von 22 % ist jährlich mit Schlammengen von rd. 1.049 m³ bzw. 839 t (Umrechnung m³/t = 0,80) zu rechnen (vgl. Kap. 5.7). Die Kosten für die Verbrennung betragen gem. Umweltbundesamt [18] zwischen 50 bis 120 € pro Tonne. Es wird für die Betrachtungen von 80 € pro Tonne für die Entsorgung ausgegangen.

Weitere Kosten für Personal, Wartung und Instandhaltung wurden für beide Varianten als gleichbleibend angenommen und in den Betrachtungen nicht mit einbezogen. Die Betriebskosten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Tabelle 23: Geschätzte Betriebskosten der Schlammmentwässerung

		Ist-Zustand	Neue Schlamm-entwässerung
Transportkosten	7,735 €/m ³	27.462 €/a	-
Annahmekosten	12,700 €/m ³	45.090 €/a	-
Kosten Verbrauch Polymer	psch	6.500 €/a	13.000 €/a
Entsorgung	80 €/t	-	67.120 €/a
Betriebskosten, netto		79.053 €/a	80.120 €/a

7.2.3 Kostenbarwertbetrachtung und Empfindlichkeitsuntersuchung

Bei einem Vergleich der Kostenbarwerte für beide Varianten über einen Zeitraum von 25 Jahren stellt sich nachfolgende Kostensituation ein:

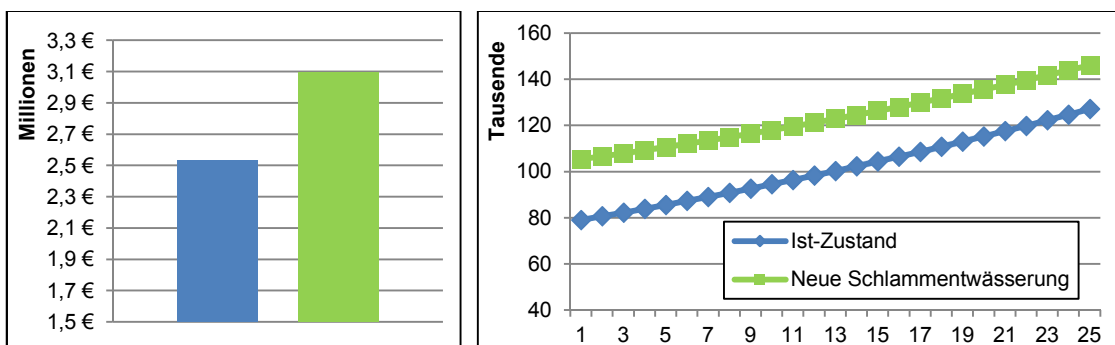


Bild 37 + 38: Gesamtkosten der Jahreskosten nach 25 Jahren und jährliche Jahreskostenentwicklung über 25 Jahre für die Varianten



Die bestehende Verfahrensweise in Bezug auf die anfallenden Schlamm-mengen der KA Hanh-
 ofen und KA Römerberg sind kostengünstiger gegenüber einer eigenen weitergehenden
 Schlamm-entwässerung auf Höhe der Kläranlage.

Abhängig ist die Wirtschaftlichkeit von den Kosten für die Klärschlammannahme bei der KA
 Speyer, dem Grad der Entwässerung der Schlämme und von den spezifischen Entsorgung-
 kosten (vgl. Bild 39+40). D.h. steigen die Annahmekosten für den Klärschlamm auf der KA
 Speyer über 15 €/m³ (Preissteigerung = rd. 20 Prozent) ist ein eigenes Entwässerungskonzept
 kostengünstiger über den Betrachtungszeitraum von 25 Jahren. Sind hingegen die Entsor-
 gungskosten höher wie angenommen, verschiebt sich die Wirtschaftlichkeit wieder in Richtung
 der bestehenden Ist-Situation und Transport zu KA Speyer.

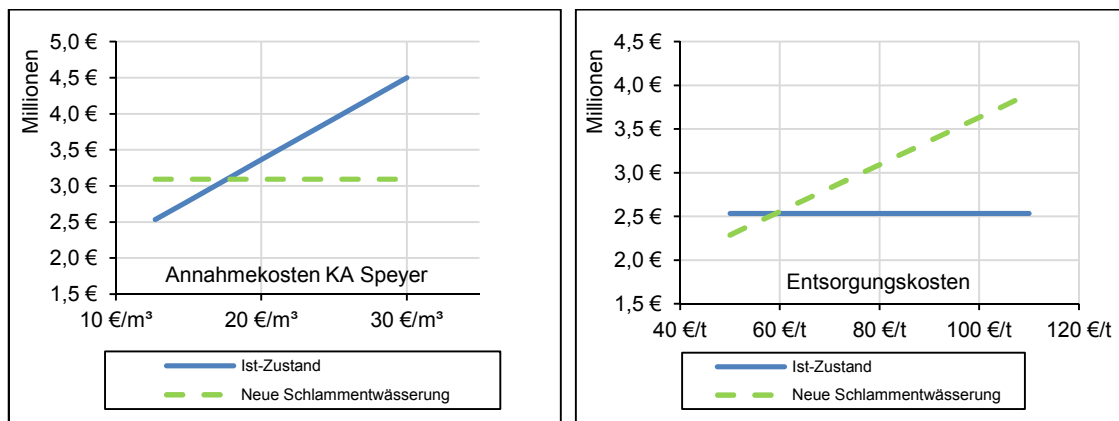


Bild 39 + 40: Empfindlichkeitsuntersuchung in Bezug auf die Annahme- bzw. Entsorgungskosten

Weitere Kostenverschiebungen können sich ergeben, wenn die KA Römerberg mit einem eigenen Faul-turm und einem BHKW versehen wird. Die entstehenden Faulgase können über das BHKW verstromt werden. Der eigenproduzierte Strom trägt zur positiven Bilanzierung der Wirtschaftlichkeit bei. Es ist jedoch auch mit erhöhten Personal-, Wartungs- und Instandhaltungskosten zu rechnen.

Die Wirtschaftlichkeit eines eigenen Schlamm-entwässerungskonzeptes ist etwa bei einem Ausbau der KA Römerberg detailliert zu prüfen.



7.3 Abdeckung Schlammsilo

Die Kläranlage Römerberg verfügt über 2 Schlammsilos. Ein Schlammsilo wird im Regelfall betrieben und das Zweite für Havariefälle genutzt. Über die Schlammbehälter kann es zu Ausgasungen von Faulgasen (u.a. Methan) kommen, die unkontrolliert in die Atmosphäre entweichen. Das klimaschädliche Methan (CH₄) trägt dabei ca. 25-mal mehr zum Treibhauseffekt bei wie CO₂.

Das im Regelfall genutzte Schlammsilo verfügt daher über eine Abdeckung. Um u.a. auch die entstehenden Geruchsbelästigung bei Nutzung des 2. Schlammsilos zu vermeiden, empfiehlt sich auch für diesen Behälter eine Abdeckung aus Kunststoff oder Stahl nachzurüsten. Es sind nachfolgende ungefähre Investitionen zu erwarten:

Tabelle 24: Geschätzte Investitionskosten Abdeckung Schlammsilo

	Abdeckung Schlammsilo
Summe Kosten, Bautechnik	52.000,00 €
Summe Kosten, netto	52.000,00 €
Unvorhergesehenes und Rundung, ca. 10 %	4.722,69 €
Mehrwertsteuer, 19 %	10.777,31 €
Baukostensumme, brutto	67.500,00 €
Baunebenkosten, ca. 20 %	13.500,00 €
Gerundete Bau- und Baunebenkosten, brutto	81.000,00 €

7.4 Sonstige kostentechnische Betrachtungen

Die Belüftung und die Schlammbehandlung auf der KA Römerberg bilden die grundlegenden Einflussgrößen gegenüber dem derzeitigen Energieverbrauch und der CO₂-Bilanz. Weitere Teilmaßnahmen (effizientere Steuerung, effizientere Motoren, etc.) können die Ist-Situation verbessern. Es ist jedoch mit geringeren Teilerfolgen bezüglich der Gesamtkosteneinsparung zu rechnen. In den vorliegenden Betrachtungen erfolgt folglich keine fortführende Wirtschaftlichkeitsuntersuchung.



8. Maßnahmenkatalog

Bei der Kläranlage Römerberg besteht nach den vorangegangenen Betrachtungen ein Optimierungsbedarf, so dass vorhandene Energieverbräuche und THG-Emissionen eingespart werden können. Die erforderlichen Maßnahmen wurden nachfolgend zusammengefasst.

8.1 Sofortige bzw. kurzfristige Maßnahmen

Nachfolgende sofortige bzw. kurzfristige Maßnahmen, die in den nächsten 2 bis 5 Jahren umsetzbar erscheinen, sind zu empfehlen:

- **Allgemein**

Bestandsaufnahme der Anlagenteile in Dimension und Ausdehnung, inkl. Dokumentation der vorhandenen Anlagenteile, um ein einheitliches Bild der KA Römerberg zu erhalten und darauf aufbauend neue Planung strukturierter umsetzen zu können.

- **Messungen**

Einrichtung von Messeinrichtungen zu genaueren Regulierbarkeit der Prozesse, wie etwa für den Phosphat-Gehalt (Umsetzung 2019), um die Zugabe von Fällmittel optimieren zu können.

- **Betriebsstundenzähler**

Nachrüstung von Betriebsstundenzählern u.a. im Betriebsgebäude, um erhöhten Stromverbrauch besser eingrenzen zu können.

8.2 Mittelfristige Maßnahmen

Nachfolgende mittelfristige Maßnahmen, die in den nächsten 5 bis 10 Jahren umsetzbar erscheinen, sind zu empfehlen:

- **Austausch Motoren**

Alle Aggregate, deren Motoren in den nächsten Jahren ausgetauscht werden sollen, sind mit Motoren der Effizienzklasse EFF 1 auszustatten. Entsprechende Maßnahmen sind durch die VG Römerberg - Dudenhofen für z.B. das Zulaufpumpwerk der KA Römerberg vorzusehen. Durch den Austausch kann mittelfristig Energie eingespart werden.



- **Infrastruktur (Betriebsgebäude)**

Modernisierung des vorhandenen Betriebsgebäudes durch Austausch der Beleuchtung etc.

- **Solarenergie**

Nutzung von Solaranlage zur Eigenenergieproduktion oder zu Nutzung von Wärme für zukünftige Prozessabläufe (z.B. Faulung).

8.3 Langfristige Maßnahmen

Nachfolgende langfristige Maßnahmen, die nach 10 Jahren umsetzbar erscheinen bzw. sich aus dem zukünftigen Bedarf (z.B. Hygienisierung des Schlammes etc.) ergeben, sind zu empfehlen:

- **Eigenes Schlammwässerungskonzept**

Die derzeitige Schlammbehandlung baut auf der Schlammannahme der KA Speyer und dortiger Faulung des Klärschlammes auf. Werden Änderungen am bestehenden Konzept durch erhöhte Anforderungen etc. absehbar, ist ein eigenes Schlammwässerungskonzept vorzusehen.

- **Belebungsbecken**

Erweiterung der vorhandenen Beckenvolumina, wenn der Anschluss weiterer Einwohner vorgesehen wird.

- **Umstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung (Faulung)**

Für die derzeitige Verfahrensweise ist das Belebungsbecken theoretisch knapp bemessen. Um u.a. den Belüftungsaufwand zu vermindern und Eigenenergie zu produzieren, empfiehlt sich die langfristige Umstellung auf eine Schlammfaulung mit allen erforderlichen Anlagenteilen (Faulturm, BHKW, Gasspeicher, etc.)

Es wird empfohlen im Bedarfsfall die vorgenannten Empfehlungen im Rahmen weiterer Untersuchungen zu überprüfen und abschließend entsprechend der Effektivität und Kosteneffizienz umzusetzen.

8.4 Minderungspotentiale der vorgenannten Maßnahmen

Wesentliche Einsparungen können unter Beibehaltung der derzeitigen Verfahrensweise nicht erreicht werden. Das Minderungspotential der Treibhausgasemissionen vom derzeitigen Zustand der Kläranlage Römerberg zum Toleranzwert liegt insgesamt bei 11 Prozent. D.h. die Kläranlage arbeitet im Vergleich zu anderen Kläranlagen gleicher Ausbaugröße und gleicher Verfahrensweise schon in einem guten Bereich.

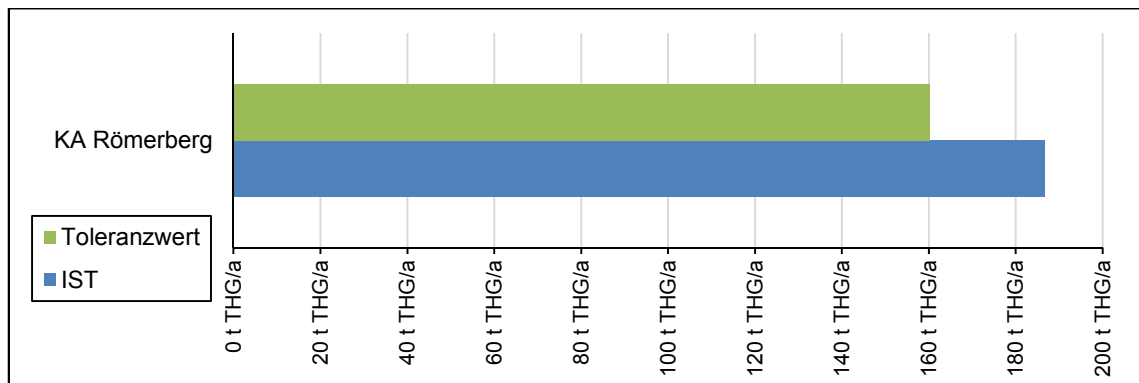


Bild 41: Treibhausgas-Minderungspotential in Bezug auf den Toleranzwert

Bei Umsetzung der sofortigen bzw. kurzfristigen Maßnahmen lassen sich keine wesentlichen THG-Emissionen einsparen.

Mit den mittel- und langfristigen Maßnahmen können erhöhte THG-Emissionen eingespart werden. Wesentlich Einsparungen sind bei einer erhöhten Produktion von Eigenenergie, etwa durch eine Umstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung (Faulung) unter Nutzung des Faulgases zur Energie- und Wärmeerzeugung, möglich.



9. Akteursbeteiligung

Die VG Römerberg-Dudenhofen und das Ingenieurbüro haben das vorliegende Konzept gemeinsam bei verschiedenen Terminen mit den Mitarbeitern der KA Römerberg und der Verwaltung der VG Römerberg-Dudenhofen diskutiert und relevante Maßnahmen für die Kläranlage abgesprochen. Die Vorschläge zur Öffentlichkeitsarbeit wurden mit der Verwaltung der VG Römerberg-Dudenhofen ermittelt und in die vorliegenden Erläuterungen eingearbeitet.

Nachfolgende gemeinsame Termine während der Bearbeitung haben stattgefunden:

- 29.08.2018 – Vorortbegehung der KA Römerberg mit dem Betriebspersonal der VG Römerberg-Dudenhofen.
- 31.10.2018 – Besprechungstermin KA Römerberg über vorhandene Teilergebnisse und weitergehende Betrachtungen der einzelnen Verfahrensstufen mit dem Betriebspersonal der VG Römerberg-Dudenhofen.
- 07.12.2018 – Besprechungstermin KA Römerberg über weitergehende Betrachtungen der einzelnen Verfahrensstufen mit dem Betriebspersonal und der Verwaltung der VG Römerberg-Dudenhofen.
- 25.04.2019 – Diskussion der vorgesehenen Maßnahmen mit dem Betriebspersonal und der Verwaltung der VG Römerberg-Dudenhofen .
- 13.05.2019 – Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse des Klimaschutzteilkonzeptes mit der VG Römerberg-Dudenhofen bei einem Gemeinderatsausschuss.



10. Strategien zur Überprüfung der Maßnahmen (Controlling Konzept)

Die Maßnahmen sind sofort bzw. kurzfristig, mittelfristig und langfristig umzusetzen. Für die Kontrolle der Maßnahmen empfehlen sich nachfolgende Kontrollstrategien:

- **Bestandskontrolle**

Kontrolle der bestehenden und neuen Aggregate und fortlaufende Dokumentation für die einzelnen Anlagenbestandteile.

- **Kontrolle prozessrelevanter Parameter**

Plausibilitätskontrolle der im Betriebsbuch dokumentierten Parameter und ggf. Anpassung an die jeweiligen Zielwerte (u.a. TS-Gehalte), um z.B. unnötig hohe Schlammbelastungen der Belebungsbecken zu vermeiden etc.

- **Kontrolle Stromverbrauch**

Der Stromverbrauch der einzelnen Anlagenstufen sollte regelmäßig überprüft werden. Dazu empfiehlt sich eine jährliche Kontrolle. Sind keine separaten Stromzähler je Verfahrensstufe vorhanden, sollten diese nachgerüstet werden. Dadurch kann der Stromverbrauch und der Erfolg von Maßnahmenumsetzungen kontrolliert werden.

- **Dokumentation von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten**

Dokumentation und Kontrolle des Arbeitsaufwands für Wartung und Instandhaltungsarbeiten je Anlagenstufe pro Jahr.

- **Vergleich mit anderen Anlagen**

Um aktuelle Entwicklungen mit verfolgen zu können, empfiehlt sich ein regelmäßiger Vergleich mit anderen Kläranlagen durch z.B. die Kanalnachbarschaften, Benchmarking, Energieanalysen etc.



11. Zusammenfassung und Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit

Die Kläranlage Römerberg der Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen ist einer der größten Energieverbraucher der Gemeinde. Für den sicheren Ablauf der Prozessabläufe fallen jedes Jahr hohe Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen an. Durch die VG Römerberg-Dudenhofen und die beauftragte ifa consult gmbh wurde im Zuge des vorliegenden Klimaschutz-Teilkonzeptes, gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, die bestehende Situation auf der Kläranlage Römerberg überprüft. Verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der bestehenden Situation wurden gemeinsam ermittelt (u.a. Umstellung Belüftung der Belebung, eigenes Schlammmentwässerungskonzept, etc.). Die Umsetzungen sind jedoch nur langfristig, eingebettet in einem größeren Konzept zur KA Römerberg, wirtschaftlich umsetzbar.

In den nächsten Jahren ist mit einer weiteren Verschärfung in Bezug auf die Klärschlammverwertung und -entsorgung sowie die Reinigungsleistung der Kläranlagen (Stichwort: 4. Reinigungsstufe) zu rechnen. Langfristig ist die Umstellung der derzeitigen Verfahrensweise auf eine anaerobe Schlammstabilisierung (Faulung) zu prüfen. Nach dem derzeitigen Stand der Technik sind Anlagen mit bereits 15.000 Einwohnerwerten wirtschaftlich. Mit der Nutzung von Faulgas zur Eigenenergieproduktion besteht zudem ein wesentliches Einsparpotential zur Verminderung der Fremdenergiebezug und Treibhausgasemissionen.

Maßnahmen können immer nur unter Kontrolle und Berücksichtigung der Betriebssicherheit und der Sicherheit der Prozessabläufe umgesetzt werden.

Die Arbeiten und Umsetzungsvorhaben der Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen auf der KA Römerberg sollten der Öffentlichkeit nicht vorenthalten werden. Es empfehlen sich u.a. nachfolgende Maßnahmen, um die Öffentlichkeit an der Entwicklung der KA Römerberg teilhaben zu lassen:

- Dokumentation der aktuellen Entwicklungen der KA im Internet (u.a. Kurzfassung des vorliegenden Klimaschutz-Teilkonzeptes).
- Broschüre zur KA Römerberg mit Informationen über Ausbau und Verfahren.
- Jährliche Informationstage auf der KA Römerberg, um die Arbeiten auf der Kläranlage einem breiten Publikum verdeutlichen zu können.

Aufgestellt: bo
ifa consult gmbh
Landauer Str. 109
67434 Neustadt / Wstr.
Mai 2019

Der Bauherr:
Verbandsgemeinde
Römerberg - Dudenhofen
.....
(Datum, Unterschrift)



12. Abkürzungsverzeichnis

BSB ₅	[mg/l]	Biochemischer Sauerstoffbedarf
CH ₄	[-]	Methan
CO ₂	[-]	Kohlenstoffdioxid
CSB	[mg/l]	Chemischer Sauerstoffbedarf
E	[E]	Einwohner
EWG	[EWG]	Einwohnergleichwert
GK	[-]	Größenklasse
H _{man}	[m]	Manometrische Förderhöhe
KA	[-]	Kläranlage
MID	[-]	Magnetisch induktive Durchflussmessung
NH ₄ -N	[mg/l]	Ammonium-Stickstoff
NKB	[-]	Nachklärbecken
P	[mg/l]	Phosphor
Q	[l/s]	Zulaufmenge
Q _d	[m ³ /d]	Tägliche Zulaufmenge, aller Tage
Q _{d,T}	[m ³ /d]	Tägliche Zulaufmenge, Trockenwettertage
VG	[-]	Verbandsgemeinde Römerberg - Dudenhofen
THG	[-]	Treibhausgas
TR	[%]	Trockenrückstand
TS	[kg/m ³]	Trockensubstanzgehalt
V	[m ³]	Volumen



13. Literaturangaben

- (1) Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198, Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen.
- (2) Arbeitsblatt DWA-A 131, Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, Juni 2016.
- (3) Arbeitsblatt DWA-A 133, Wertermittlung von Abwasseranlagen – Systematische Erfassung, Bewertung und Fortschreibung, August 2005.
- (4) Arbeitsblatt DWA-A 216, Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen, Dezember 2015.
- (5) Arbeitsblatt DWA-A 268, Automatisierung von einstufigen Belebungsanlagen, August 2016.
- (6) Merkblatt DWA-M 229-1, Systeme zur Belüftung und Durchmischung von Belebungsanlagen – Teil 1: Planung, Ausschreibung und Ausführung, September 2017.
- (7) Merkblatt DWA-M 368, Biologische Stabilisierung von Klärschlamm, Juni 2014.
- (8) Fachbeitrag, Treibhausgasemissionen bei der Abwasserreinigung, Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KA-6.7, Korrespondenz Abwasser, Nr. 9/2017.
- (9) Fachbeitrag, Energieverbrauch von Teilprozessen auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser, Nr. 9/2017.
- (10) Baumann, Roth „Senkung des Stromverbrauchs auf Kläranlagen – Leitfaden“, 2008, DWA Landesverband Römerbergen-Württemberg.
- (11) Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden Württemberg „Leitfaden Energieeffizienz auf Kläranlagen“, Oktober 2015.
- (12) Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, „Energie in Abwasseranlagen – Handbuch NRW“, Januar 2018.
- (13) Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, „Energieeinsparungen bei Membranbelebungsanlagen – Phase I“, Dezember 2011.
- (14) Bayrisches Landesamt für Umwelt, Hochschule Augsburg, „Anforderungen an die Schlammstabilisierung auf Kläranlagen“, Oktober 2016.

Büro Rheinland-Pfalz:

Landauer Straße 109, 67434 Neustadt / Wstr.
Tel.: 0 63 21 / 91 81-0, Fax: 0 63 21 / 91 81 71
e-mail info@ifa-consult.de

Büro Niedersachsen:

Auf der Riehe 11, 31555 Suthfeld
Tel./Fax: 0 57 23 / 7 98 02 45
www.ifa-consult.de



- (15) Aqua&Gas, Cunningham, Baier, Fachbericht „Methanemissionen auf Kläranlagen“, Februar 2015.
- (16) Umweltbundesamt, „Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2017“, April 2018.
- (17) Umweltbundesamt, Tabelle: „Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Güterverkehr – Bezugsjahr 2016“, März 2018.
- (18) Umweltbundesamt, „Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland“, Mai 2018.
- (19) Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz, „Umstellung von Kläranlagen auf Schlammfäulung – Energetisches und ökonomisches Optimierungspotential“, März 2014.
- (20) Artikel: W. Frey, „Einsatz von Oberflächenbelüftungssystemen – Heute wieder gerechtfertigt?“, 2002.
- (21) Artikel: W. Frey, „Wirtschaftlicher Einsatz von Belüftungssystemen“, 2003.
- (22) Vortrag: W. Frey, „Belüftungssysteme“, 2007.
- (23) Hosang, Bischof, „Abwassertechnik“, 1998.
- (24) Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), „Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien)“, 1998.
- (25) Artikel, Kostenrichtwerte Hessen, 2005.