

# Gemeinde Aarbergen



## Kläranlage Rückershausen

# Ermittlung des Investitionskostenbedarfs Teil B

Dezember 2023  
Ordner 1/1



# **Gemeinde Aarbergen**



## **Kläranlage Rückershausen Ermittlung des Investitionskostenbedarfs**

Teil B

### Erläuterungsbericht

DAR - Ingenieurbüro für Umweltfragen  
Deutsche Abwasser-Reinigungs-GmbH  
Adolfsallee 27/29  
65185 Wiesbaden

Wiesbaden, Dezember 2023  
Merkel/Magg/pm

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1</b>	<b>Veranlassung</b> <b>5</b>
<b>2</b>	<b>Planungsgrundlagen</b> <b>6</b>
<b>3</b>	<b>Beschreibung der bestehenden Kläranlagen</b> <b>8</b>
3.1	Kläranlage Rückershausen 8
3.2	Kläranlage Breithardt 9
3.3	Kläranlage Hennethal 9
3.4	Kläranlage Holzhausen 9
3.5	Kläranlage Strinz-Margarethä 9
<b>4</b>	<b>Grundlagenermittlung</b> <b>11</b>
4.1	Angeschlossene Einwohner 11
4.2	Hydraulische Belastung 11
4.2.1	Täglicher Abfluss $Q_d$ und Trockenwetterabfluss $Q_{T,d}$ 12
4.2.2	Maximaler Trockenwetterabfluss $Q_{T,2h,max}$ und Mischwasserabfluss 13
4.3	Stoffliche Belastung 14
4.4	Weitere bemessungsrelevante Parameter 16
4.4.1	Temperatur 16
4.4.2	Schlammindex 17
4.5	Bemessungswerte zukünftige Belastung 17
<b>5</b>	<b>Wasserrechtliche Einleitbedingungen</b> <b>19</b>
<b>6</b>	<b>Variantenbetrachtung und verfahrenstechnische Vorbemessung</b> <b>21</b>
6.1	Variante 1: Aerobe Schlammstabilisierung 21
6.1.1	Belebung 21
6.1.2	Nachklärung, Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk 23
6.1.3	Phosphatfällung 24
6.1.4	Ablaufbauwerk 24
6.1.5	Nacheindicker 24
6.1.6	Schlammwässerung 24
6.1.7	Prozesswasserspeicher 24
6.2	Variante 2: Anaerobe Schlammstabilisierung 25
6.2.1	Vorklärung 25
6.2.2	Belebung 26
6.2.3	Nachklärung, Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk 27
6.2.4	Phosphatfällung 27
6.2.5	Ablaufbauwerk 27
6.2.6	Überschussschlammindickung 27
6.2.7	Faulbehälter 28
6.2.8	Nacheindicker/Schlamm Speicher 29
6.2.9	Schlammwässerung 29
6.2.10	Prozesswasserspeicher 29
6.2.11	Gasweg 29
6.2.12	Maschinengebäude 31

<b>7</b>	<b>Flächenbedarf der Varianten</b>	<b>32</b>
7.1	Variante 1: Aerobe Schlammstabilisierung	32
7.2	Variante 2: Anaerobe Schlammstabilisierung	32
<b>8</b>	<b>Erforderliche Planungsbeteiligte</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>	<b>35</b>
9.1	Investitionskosten	35
9.1.1	Variante 1: Aerobe Schlammstabilisierung	36
9.1.2	Variante 2: Anaerobe Schlammstabilisierung	36
9.1.3	Anmerkung zum Preisniveau	37
9.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	38
9.2.1	Reinvestitionskosten	38
9.2.2	Betriebskosten	38
9.2.3	Kostenvergleichsrechnung	39
9.2.4	Sensitivitätsanalyse Preissteigerungen Stromkosten	40
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>42</b>

## Anlagen

- Anlage 1: Betriebsdatenauswertung
- Anlage 2: Bemessung Nachklärung Variante 1 und 2
- Anlage 3: Bemessung Belebung Variante 1
- Anlage 4: Bemessung Schlammweg Variante 1
- Anlage 5: Bemessung Vorklärung Variante 2
- Anlage 6: Bemessung Belebung Variante 2
- Anlage 7: Bemessung Schlammweg Variante 2
- Anlage 8: Investitionskostenschätzung Variante 1
- Anlage 9: Investitionskostenschätzung Variante 2
- Anlage 10: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Anlage 11: Pläne

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Angeschlossene Einwohner	11
Tab. 2	Mittlerer täglicher Abfluss $Q_{d,aM}$ und mittlerer Trockenwetterabfluss $Q_{T,d,aM}$	12
Tab. 3	Aktuelle stoffliche Belastung an allen Tagen mit Rückbelastung im Zulauf	16
Tab. 4	Zukünftige stoffliche Belastung an allen Tagen mit Rückbelastung im Zulauf	16
Tab. 4	Bemessungswerte zukünftige Belastung im Zulauf	17
Tab. 5	Frachten im Zulauf der biologischen Stufe – Bestand und Prognose	26
Tab. 6	Investitionskostenschätzung Variante 1 - Aerobe Schlammstabilisierung	36
Tab. 7	Investitionskostenschätzung Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung	37
Tab. 8	Ergebnisse Wirtschaftlichkeit PKBW / Jahreskosten brutto (gerundet)	40

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Lage der Kläranlage Rückershausen [1]	8
Abb. 1	Projektkostenbarwert abhängig von den Stromkosten (2 - 6 %)	41

## 1           **Veranlassung**

Die Gemeinde Aarbergen möchte in Rahmen der Daseinsvorsorge mögliche erforderliche Investitionskosten für den sicheren zukünftigen Betrieb der Kläranlage Rückershausen ermitteln.

Im ersten Teil der Studie wurde eine qualifizierte Beurteilung der Kläranlage hinsichtlich der Anlagenauslastung, des verfahrens-, maschinen- und bautechnischen Zustandes und der Arbeitssicherheit durchgeführt. Die Auslastung sowohl für den Ist-Zustand als auch für eine zukünftige Belastung durch einen möglichen Bevölkerungszuwachs wurden bestimmt und der kurz-, mittel- und langfristige Investitionsbedarf dargestellt.

In diesem zweiten Schritt der Studie soll nun geprüft werden, ob das Abwasser, das aktuell in vier Teichkläranlagen der Gemeinde Hohenstein behandelt wird, zukünftig auf der Kläranlage Rückershausen mitbehandelt werden kann und ob sich dies wirtschaftlich darstellen lässt. Dazu wird die zusätzliche Belastung durch den Anschluss Hohensteins bestimmt und die Kläranlage Rückershausen unter der Berücksichtigung dieser ausgelegt. In diesem Zuge wird auch die Verfahrensumstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung mittels Faulung geprüft und eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dazu durchgeführt. Der Investitionsbedarf der Varianten wird abschließend dargestellt.

## 2 Planungsgrundlagen

Folgende Unterlagen wurden für die Bearbeitung herangezogen:

- [1] Google Maps: Luftbild der Kläranlage Rückershausen, online verfügbar unter: <https://goo.gl/maps/AwptCyMbg512cjqv7>, letzter Zugriff am 26.01.2023
- [2] Geoportal Hessen: Überschwemmungsgebiet HQ100, online verfügbar unter: <https://www.geoportal.hessen.de/mapbender/frames/index.php?>, letzter Zugriff am 14.03.2023
- [3] Untere Wasserbehörde Rheingau-Taunus Kreis: Einleiterlaubnis von geklärtem Abwasser aus der Kläranlage Aarbergen Rückershausen in die Aar, 12.01.2006
- [4] Untere Wasserbehörde: Einleiterlaubnis von geklärtem Abwasser aus der Kläranlage Aarbergen Rückershausen in die Aar, 21.01.2021
- [5] Kläranlage Aarbergen: Betriebstagebuch Jahresberichte 2018 – 2022, 25.01.2023
- [6] ATV-DVKW Arbeitsblatt A 198: Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen, April 2003
- [7] Telefonate mit Herrn Burkhardt
- [8] DWA-Arbeitsblatt 131: Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, 2016
- [9] Ingenieurbüro W. Häuser: Bestandsplan Querschnitt I-I Belebungsbecken, Nachklärbecken, 1984
- [10] Ingenieurbüro W. Häuser: Entwurf zum Bau einer Kläranlage für den Abwasserverband Untere Aar, 1980
- [11] Rosenwinkel, Karl-Heinz et al.: Anaerobtechnik. Abwasser-, Schlamm und Reststoffbehandlung, Biogasgewinnung, 2015
- [12] Passavant: Kläranlage Aarbergen-Rückershausen Nachrechnung des vorhandenen Beckenvolumens zum Nachweis des Reinigungsvermögens, 1991
- [13] Kläranlage Aarbergen: Erklärung zur Abwasserabgabe für die Einleitung aus der Kläranlage Aarbergen Rückershausen, 2022
- [14] Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen Maßnahmenprogramm 2021-2027, 20.12.2021
- [15] Kläranlage Aarbergen: Diverse Übersichtspläne, Grundrisse, Längs- und Querschnitte der Kläranlage, 1980-1984
- [16] DWA-Merkblatt 350: Aufbereitung von synthetischen polymeren Flockungsmitteln zur Klärschlammkonditionierung, August 2014
- [17] Gretzschel, O et al.: Schlammfäulung statt aerober Stabilisierung?, erschienen in: wwt Wasserwirtschaft Wassertechnik Nr.3, 2012
- [18] DWA-Arbeitsblatt 261: Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen, Dezember 2015

- [19] Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Juli 2012
- [20] Gemeinde Hohenstein: Simultanteichanlage der Gemeinde Hohenstein im Ortsteil Breithardt (Lageplan ohne Planstempel)
- [21] Gemeinde Hohenstein: Simultanteichanlage der Gemeinde Hohenstein im Ortsteil Hennethal (Lageplan ohne Planstempel)
- [22] Gemeinde Hohenstein: Simultanteichanlage der Gemeinde Hohenstein im Ortsteil Holzhausen (Lageplan ohne Planstempel)
- [23] Gemeinde Hohenstein: Simultanteichanlage der Gemeinde Hohenstein im Ortsteil Strinz-Margarethä (Lageplan ohne Planstempel)
- [24] DWA Arbeitsblatt 198: Ermittlung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen, Gelbdruck Februar 2022



### 3 Beschreibung der bestehenden Kläranlagen

#### 3.1 Kläranlage Rückershausen

Die Kläranlage Rückershausen ist eine Kläranlage mit mechanisch-biologischer Reinigung, intermittierender Denitrifikation, sowie anschließender Schlammbehandlung und chemischer Schlammstabilisierung. Bei der chemischen Schlammstabilisation wird Kalk dem in der Abwasserbehandlung nicht stabilisierten Schlamm zugefügt.

Die Kläranlage wurde von 1984 bis 1986 errichtet. Die Ausbaugröße der Anlage beträgt 9.900 Einwohnerwerte. Somit ist die Kläranlage der Größenklasse 3 zugeordnet. Der Mischwasserabfluss ist gemäß Genehmigungsbescheid mit 147 l/s bzw. 529 m<sup>3</sup>/h festgelegt. In der Kläranlage Rückershausen wird das Abwasser aus den Gemeinden Michelbach, Kettenbach, Hausen, Rückershausen, Panrod und Daisbach behandelt.



Abb. 1 Lage der Kläranlage Rückershausen [1]

### **3.2 Kläranlage Breithardt**

Die Kläranlage Breithardt hat eine Ausbaugröße von 3.600 E und ist der Größenklasse 2 zugeordnet.

Das Abwasser fließt der Kläranlage Breithardt über ein Betriebsgebäude zu. Die Reinigung des Abwassers findet in drei belüfteten Teichen mit insgesamt 8.800 m<sup>3</sup> Volumen, die nacheinander durchflossen werden, statt. Dahinter ist ein Schönungsteich angesiedelt von dem aus das behandelte Abwasser durch ein Venturi-Gerinne zur Durchflussmessung in den Breithardter Bach eingeleitet wird. [20]

### **3.3 Kläranlage Hennethal**

Die Kläranlage Hennethal hat eine Ausbaugröße von 600 E und ist der Größenklasse 1 zugeordnet.

Das Abwasser fließt ebenfalls durch ein Betriebsgebäude den zwei belüfteten Teichen zu. Diese haben zusammen ein Volumen von 1.270 m<sup>3</sup>. Dem zweiten Teich ist ein Venturi-Gerinne zur Durchflussmessung nachgeschaltet, durch die das behandelte Abwasser in einen Schönungsteich gelangt. Von dort wird es in den Aubach eingeleitet. [21]

### **3.4 Kläranlage Holzhausen**

Die Kläranlage Holzhausen hat eine Ausbaugröße von 1.500 E und ist der Größenklasse 2 zugeordnet.

Das Abwasser wird zunächst durch das Betriebsgebäude geführt und durchfließt anschließend ein Venturi-Gerinne zur Durchflussmessung. Die biologische Reinigung besteht aus drei hintereinander durchflossenen belüfteten Teichen mit einem Volumen von 3.101 m<sup>3</sup>. Über einen Schönungsteich und ein zweites Venturi-Gerinne gelangt das behandelte Abwasser in den Michelbach. [22]

### **3.5 Kläranlage Strinz-Margarethä**

Die Kläranlage Strinz-Margarethä hat eine Ausbaugröße von 1.500 E und ist der Größenklasse 2 zugeordnet.

Das Abwasser fließt der Kläranlage über das Betriebsgebäude mit Rechen zu. Die beiden belüfteten Teiche haben ein Volumen von 3.917 m<sup>3</sup>. Hinter dem folgenden Venturi-Gerinne zur

Durchflussmessung sind zwei Schönungsteiche und ein Schönungsteich mit Feuchtbiotop angeschlossen, die in Reihe durchflossen werden. Das behandelte Abwasser wird in den Aubach eingeleitet. [23]

## 4 Grundlagenermittlung

### 4.1 Angeschlossene Einwohner

Für die vier Teichkläranlagen liegen die angeschlossenen Einwohnerzahlen vor. Um Kleingewerbe im Einzugsgebiet zu berücksichtigen, wird die Zahl der Einwohner um 10 % erhöht.

Tab. 1 Angeschlossene Einwohner

Kläranlage	Einwohner [E]	Einwohner- werte [E]	Einwohner Prognose [E]	Einwohner- werte Prognose [E]
Rückershausen	-	6.960	-	7.118
Breithardt	2.464	2.710	2.639	2.903
Hennethal	376	414	496	546
Holzhausen	1.126	1.239	1.246	1.371
Strinz- Margarethä	1.138	1.252	1.138	1.252
<b>Summe</b>	-	<b>12.575</b>	-	<b>13.190</b>

Durch den Anschluss des Abwassers, das bisher in den vier Teichkläranlagen behandelt wurde, an die Kläranlage Rückershausen würde damit die Zahl der aktuell angeschlossenen Einwohnerwerte von 6.960 E auf 12.575 E steigen. Für die Prognose werden 13.190 E angesetzt werden. Für die Prognose wird für die zusätzlichen Einwohnerwerte mit  $120 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{d})$  gerechnet, um den zukünftigen Abfluss zu bestimmen.

Dadurch muss die Ausbaugröße der Kläranlage Rückershausen, die aktuell bei 9.900 E liegt, erhöht werden auf ca. 12.000 E. Außerdem würde die Kläranlage zukünftig der Größenklasse 4 zugeordnet werden.

### 4.2 Hydraulische Belastung

Die Auswertung erfolgt nach den Vorgaben des DWA-Arbeitsblattes 198 (2003) [6] und umfasst die Auswertung der täglichen Abflüsse, der Trockenwetterabflüsse, des maximalen Trockenwetterabflusses als 2-Stunden-Mittel sowie des Mischwasserabflusses. Darüber hinaus ist zur Berechnung der Bemessungskonzentration aus den Bemessungsfrachten  $Q_{d,Konz}$  durch

die Auswertung der Trockenwetterabflüsse bei Bemessungstemperatur von 12 °C festzulegen.

Die ausführliche Betriebsdatenauswertung ist in Anlage 1 enthalten.

#### 4.2.1 Täglicher Abfluss $Q_d$ und Trockenwetterabfluss $Q_{T,d}$

In Tab. 2 sind die Abflüsse an allen Tagen und die Abflüsse an Trockenwettertagen nach gleitendem Minium dargestellt.

Die Teichkläranlagen haben einen sehr hohen Fremdwasseranteil, der zwischen 46 und 90 % liegt. Daraus resultiert, dass der Trockenwetterabfluss in den Winter- und teilweise Frühlingmonaten stark ansteigt, dies ist anhand der Jahresgänge der Abflüsse ablesbar. Grund dafür könnten durch höhere Niederschläge verursachte ansteigende Grundwasserstände sein, die zu höheren Fremdwasserabflüssen führen.

Tab. 2 Mittlerer täglicher Abfluss  $Q_{d,aM}$  und mittlerer Trockenwetterabfluss  $Q_{T,d,aM}$

Kläranlage	Mittlerer täglicher Abfluss $Q_{d,aM}$ [m <sup>3</sup> /d]	Mittlerer täglicher TW-Abfluss $Q_{T,d,aM}$ [m <sup>3</sup> /d]
Rückershausen	2.256	1.297
Breithardt	1.040	651
Hennethal	362	267
Holzhausen	415	197
Strinz-Margarethä	375	182
<b>Gesamt</b>	<b>4.449</b>	<b>2.595</b>
<b>Prognose</b>	-	<b>2.669</b>

Der mittlere Trockenwetterabfluss aller Kläranlagen liegt bei ca. 2.595 m<sup>3</sup>/d für die aktuelle Belastung, bzw. 2.669 m<sup>3</sup>/d für die zukünftige Belastung.

Zur Berechnung der maßgebenden Frachten für die verfahrenstechnische Berechnung ist der mittlere Abwasserabfluss an Trockenwettertagen, an denen eine Temperatur von 12 °C vorlag, heranzuziehen [6]. Da für dieses Vorgehen jedoch nicht ausreichend Werte zur Auswertung verfügbar waren, wurden für die Kläranlage Rückershausen der maßgebende Abfluss über

einen Abgleich der ermittelten Frachten mit den gemessenen Konzentrationen bei Trockenwetter aus dem Betriebstagebuch ermittelt.

Für die Teichkläranlagen wurde die Abwassertemperatur auch nur circa ein Mal pro Monat gemessen. Da die Datenmenge insgesamt so gering war, wurde der Trockenwetterabfluss jeweils als maßgebender Abfluss gewählt.

Der maßgebende Abfluss beläuft sich für eine Zusammenlegung der Kläranlage auf ca. **3.098 m³/d**. Für die Prognose beträgt er ca. **3.172 m³/d**.

#### 4.2.2 Maximaler Trockenwetterabfluss $Q_{T,2h,max}$ und Mischwasserabfluss

Der maximale Mischwasserabfluss  $Q_M$  der einzelnen Kläranlagen wurde aus den Erlaubnisbescheiden entnommen. Dieser beträgt für die Teichkläranlagen zwischen 43 und 126 m³/h.

Kläranlage	Fremdwasseranteil $q_F$ [%]	max. TW-Abfluss $Q_{T,2h,max}$ [m³/h]	MW-Abfluss $Q_M$ [m³/h]		max. MW-Abfluss aus Genehmigungen $Q_M$ [m³/h]
			Min	Max	
Rückershausen	43,9	74	Min	166	529
			Max	260	
Breithardt	63	34	Min	72	126
			Max	102	
Hennethal	90	12	Min	17	43
			Max	20	
Holzhausen	50	11	Min	28	104
			Max	41	
Strinz-Margarethä	46	10	Min	27	72
			Max	39	
<b>Gesamt</b>	<b>54</b>	<b>131</b>	<b>Min</b>	<b>282</b>	<b>875</b>
			<b>Max</b>	<b>431</b>	
<b>Prognose</b>	<b>54</b>	<b>135</b>	<b>Min</b>	<b>287</b>	<b>-</b>
			<b>Max</b>	<b>438</b>	

Wie bereits im ersten Teil der Studie beschrieben, ist der maximale Mischwasserabfluss  $Q_M$  der Kläranlage Rückershausen bereits sehr hoch angesetzt, auch für die Teichkläranlagen ist der jeweilige Wert deutlich höher als der berechnete Optimalbereich. Dadurch wird der Betrieb unwirtschaftlich.

**Daher wird für die Variante des Anschlusses sowohl für den aktuellen Zustand als auch für die Prognose von einer Beibehaltung des maximalen Mischwasserabflusses  $Q_M$  von 529 m<sup>3</sup>/h bzw. 147 l/s ausgegangen.**

**Es wird darauf hingewiesen, dass die Beibehaltung des maximalen Mischwasserabflusses in einer Überarbeitung der SMUSI Berücksichtigung finden muss, um eventuell noch nicht vorhandenes Volumen im Kanalnetz zu schaffen.**

Somit ändert sich im Vergleich zum ersten Teil der Studie nur die stoffliche Belastung der Kläranlage durch eine erhöhte Zahl der Einwohnerwerte.

### **4.3 Stoffliche Belastung**

Die stoffliche Belastung der Kläranlage Rückershausen wird dem Teil A der Ermittlung des Investitionskostenbedarfs entnommen.

Die Zulaufbelastung der vier Teichkläranlagen wurde einmal wöchentlich bestimmt. Damit liegen für die Jahre 2020 – 2022 ca. 36 Messwerte vor. Für die Kläranlage Hennethal kann die Zulauffracht lediglich für 20 Messwerte bestimmt werden, da im Jahr 2020 die Zulaufmenge nicht gemessen wurde. Es handelt sich bei der Probenahme um 2-Stunden-Mischproben.

Für die Teichkläranlagen wurden im Zulauf nur die Konzentrationen der Parameter CSB und BSB<sub>5</sub> bestimmt. Die Frachten der anderen Parameter (AFS, NO<sub>3</sub>-N, TKN, NH<sub>4</sub>-N und P<sub>ges</sub>) wurden über die Einwohnerzahlen und einwohnerspezifischen Frachten gemäß dem DWA-A 198 bestimmt. [6] Die Festlegungen der Zulaufkonzentrationen der Kläranlage Rückershausen können Teil A der Studie entnommen werden.

Die Nitratkonzentration wurde nur im Zulauf der Kläranlage Rückershausen gemessen. Es wird davon ausgegangen, dass sich dieser Wert durch den Anschluss der Teichkläranlagen nicht wesentlich ändert.

Für TKN und den Ammoniumstickstoff wird von einer Rückbelastung von 15 % ausgegangen, auf die Phosphorkonzentration wird jeweils ein Aufschlag von 5 % berechnet [6].

Die Stofflichen Belastungen in den folgenden

Tab. 3 und Tab. 4 sind als Zulaufkrachten zur biologischen Stufe bzw. Vorklärung, sofern eine vorhanden ist, zu verstehen.



Tab. 3 Aktuelle stoffliche Belastung an allen Tagen mit Rückbelastung im Zulauf

Kläranlage	CSB-Fracht [kg/d]	AFS-Fracht [kg/d]	NO <sub>3</sub> -N-Fracht [kg/d]	TKN-Fracht [kg/d]	NH <sub>4</sub> -N-Fracht [kg/d]	P <sub>ges</sub> -Fracht [kg/d]
Rückershausen	602	351	10	63,5	44	10,5
Breithardt	510	190		34	24	5,1
Hennethal	85	29		5	4	0,8
Holzhausen	239	87		16	11	2,3
Strinz-Margarethä	147	88		16	11	2,4
<b>Gesamt</b>	<b>1.583</b>	<b>744</b>	<b>10</b>	<b>134</b>	<b>94</b>	<b>21,1</b>

Tab. 4 Zukünftige stoffliche Belastung an allen Tagen mit Rückbelastung im Zulauf

Kläranlage	CSB-Fracht [kg/d]	AFS-Fracht [kg/d]	NO <sub>3</sub> -N-Fracht [kg/d]	TKN-Fracht [kg/d]	NH <sub>4</sub> -N-Fracht [kg/d]	P <sub>ges</sub> -Fracht [kg/d]
Rückershausen	621	362	10	65	46	10,8
Breithardt	534	203		37	26	5,5
Hennethal	101	38		7	5	1,0
Holzhausen	254	96		17	12	2,6
Strinz-Margarethä	162	88		16	11	2,4
<b>Gesamt</b>	<b>1.673</b>	<b>787</b>	<b>10</b>	<b>142</b>	<b>100</b>	<b>22,3</b>

## 4.4 Weitere bemessungsrelevante Parameter

### 4.4.1 Temperatur

Die Temperatur des Abwassers wird auf den Teichkläranlagen ebenfalls ca. 12-mal im Jahr gemessen. Dadurch ist keine Auswertung anhand des gleitenden 14-Tage-Mittelwerts möglich. Es werden die maßgebenden Temperaturen angesetzt, die in Teil A für die Kläranlage Rückershausen bestimmt wurden. Die Bemessungstemperatur liegt bei 12 °C. Die maßgebende tiefste Abwassertemperatur ergibt sich zu 8 °C und die maßgebende höchste Abwassertemperatur zu 20 °C.

#### 4.4.2 Schlammindex

Der Schlammindex (ISV) beschreibt das Absetzverhalten des belebten Schlammes im Nachklärbecken und ist über den kritischen Lastfall des Jahresganges als 2-Wochenmittel, möglichst über drei Jahre zu ermitteln. [6]

In Teil A der Studie wurde der ISV zur Neuauslegung des Nachklärbeckens gemäß den Literaturwerten nach dem DWA-Arbeitsblatt A 131 gewählt. Laut diesem Arbeitsblatt ist ein Index von 50 l/kg bis 200 l/kg zulässig. Da der gewerbliche Einfluss im Einzugsgebiet der Kläranlage eher gering und daher als „günstig“ eingestuft wird, wird ein ISV von 75 – 120 l/kg vorgeschlagen. Um auf der sicheren Seite zu sein, wird der höchste Wert mit 120 l/kg gewählt [8].

#### 4.5 Bemessungswerte zukünftige Belastung

In der folgenden Tabelle sind die Bemessungswerte für die zukünftige Belastung noch einmal zusammengefasst.

Tab. 5 Bemessungswerte zukünftige Belastung im Zulauf

Parameter	Kurzzeichen	Einheit	Wert
<b>Abwassermengen</b>			
maßgebender TW-Abfluss	$Q_{d,Konz}$	m <sup>3</sup> /d	3.172
max. Trockenwetterzufluss	$Q_{T,2h,max}$	m <sup>3</sup> /h	135
max. Mischwasserzufluss (inkl. interner Rückläufe)	$Q_M$	m <sup>3</sup> /h	529
<b>Zulauffrachten zur Biologie inkl. Rückbelastung</b>			
CSB-Fracht	$B_{d,CSB,ZB}$	kg/d	1.673
AFS-Fracht	$B_{d,AFS,ZB}$	kg/d	787
TKN-Fracht	$B_{d,TKN,ZB}$	kg/d	142
NH <sub>4</sub> -Fracht	$B_{d,NH4,ZB}$	kg/d	100
NO <sub>3</sub> -Fracht	$B_{d,NO3,ZB}$	kg/d	10
P <sub>ges</sub> -Fracht	$B_{d,P,ZB}$	kg/d	22,3

Parameter	Kurzzeichen	Einheit	Wert
<b>Errechnete Konzentrationen</b>			
CSB-Konzentration	$C_{CSB,ZB}$	mg/l	527
AFS- Konzentration	$C_{AFS,ZB}$	mg/l	248
TKN- Konzentration	$C_{TKN,ZB}$	mg/l	45
NH <sub>4</sub> - Konzentration	$C_{NH_4,ZB}$	mg/l	31
NO <sub>3</sub> - Konzentration	$C_{NO_3,ZB}$	mg/l	3,3
P <sub>ges</sub> - Konzentration	$C_{P,ZB}$	mg/l	7,0
<b>Sonstige Parameter</b>			
Bemessungstemperatur	$T_{Bem}$	°C	12
Minimale Abwassertemperatur	$T_{min}$	°C	8
Maximale Abwassertemperatur	$T_{max}$	°C	20
Schlammindex	ISV	ml/g	120

## 5 Wasserrechtliche Einleitbedingungen

Mit der zukünftigen Belastung der zusammengeschlossenen Kläranlagen sind diese in die Größenklasse 4 einzuordnen.

Aufgrund des Verschlechterungsverbot sind auch für die Erweiterung der Kläranlage Rückershausen die bisherigen Überwachungswerte anzunehmen. Lediglich der Wert für den Phosphor wird nach dem zukünftig geforderten Überwachungswert nach dem Maßnahmenprogramm 2021 – 2027 [4] gewählt.

Damit ergeben sich die Überwachungswerte wie folgt:

- Abfluss	≤	1.058	m <sup>3</sup> /2h	Gültig ab 01.02.2021
- CSB	≤	25	mg/l	Gültig ab 01.02.2021
- BSB <sub>5</sub>	≤	15	mg/l	Gültig ab 01.02.2021
- N <sub>ges anorg</sub> *)	≤	5	mg/l	Gültig ab 01.02.2021
- P <sub>ges</sub>	≤	0,45	mg/l	Gültig ab 01.02.2021
- NH <sub>4</sub> -N *)	≤	4	mg/l	Gültig ab 01.02.2021
- pH		6,5 - 8,5		

\*) Diese Anforderung gilt bei einer Abwassertemperatur von 12 °C und größer am Ablauf des biologischen Reaktors der Abwasserbehandlungsanlage

Darüber hinaus ist die Kläranlage Rückershausen auch im Anhang 7 in der Tabelle gelistet, die kommunale Kläranlagen mit Einleitung in Oberflächengewässerkörper aufführt, die keinen guten ökologischen Zustand aufweisen und in denen der Orientierungswert für NH<sub>4</sub>-N nach der OGewV überschritten ist. Hierzu sollen die konkreten Maßnahmen noch Ende 2023 bekannt gegeben werden [14].

Die Betreiber der Kläranlagen sind verpflichtet die Maßnahmen jeweils bis Ende 2027 umzusetzen [14].

Im Oktober 2022 veröffentlichte die europäische Kommission zudem einen Legislativvorschlag zur Überarbeitung der kommunalen Abwasserrichtlinie. Darin werden Maßnahmen zu einem weitergehenden Umweltschutz vorgeschlagen. Ab 2030 sollen bereits 50 % aller Kläranlagen, mit einer Ausbaugröße von 100.000 Einwohnerwerte und mehr, mit einer 4. Reinigungsstufe ausgestattet sein. Bis 2035 sollen alle Kläranlagen dieser Größe die Spurenstoffelimination durchführen. Weiterhin soll für Kläranlagen der Größe 10.000 bis 100.000 Einwohnerwerte ein

Risikobewertungsverfahren entwickelt werden, wodurch sich für diese Kläranlagen entscheiden lässt, ob eine 4. Reinigungsstufe notwendig ist. Betroffen werden hier insbesondere Kläranlagen sein, die in Risikogebiete einleiten. Hierzu zählen bspw. Wasserkörper mit Entnahme für den menschlichen Gebrauch und Flüsse, deren Verdünnungsverhältnis  $< 10$  ist.

Am 26. Oktober 2022 veröffentlichte die Europäische Kommission ihren Legislativvorschlag für die Überarbeitung der kommunalen Abwasserrichtlinie (91/271/EWG). Die Kommission möchte die vierte Reinigungsstufe bis 31.12.2035 verpflichtend für alle Kläranlagen größer oder gleich 100.000 EW einführen. Gleichzeitig soll bis zum 31.12.2040 die vierte Reinigungsstufe ebenfalls für Siedlungsgebiete zwischen 10.000 und 100.000 EW überall dort eingeführt werden, wo höhere Mikroschadstoffkonzentrationen ein Risiko für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt darstellen. Mit der zukünftigen Ausbaugröße von ca. 12.000 E liegt die Kläranlage Rückershausen somit in einer für eine Spurenstoffelimination relevanten Größenordnung, sollte der Legislativvorschlag so angenommen und verabschiedet werden.

## 6 Variantenbetrachtung und verfahrenstechnische Verbesserung

Mit dem Anschluss der Teichkläranlagen der Gemeinde Hohenstein steigt die Einwohnerzahl auf über 10.000 EW, damit könnte sich eine Schlammfäulung zur anaeroben Schlammstabilisierung und Energieerzeugung als wirtschaftlich darstellen [17]. Bei Anlagen in diesem Größenbereich ist dies eine Einzelfallentscheidung, weshalb die folgenden Varianten betrachtet und verglichen werden:

- Variante 1: Aerobe Schlammstabilisierung
- Variante 2: Anaerobe Schlammstabilisierung

### 6.1 Variante 1: Aerobe Schlammstabilisierung

Die aerobe Schlammstabilisierung findet im Belebungsbecken statt. Dafür wird ein Schlammalter von 25 Tagen benötigt, wodurch ein größeres Beckenvolumen erforderlich ist. Der Vorteil liegt darin, dass der entstehende Überschussschlamm nur noch entwässert und einer Entsorgung zugeführt werden muss. Die nötige Maschinentchnik ist dabei vergleichsweise gering. Nachteilig ist, dass dieser Prozess durch die hohen Sauerstoffmengen zur aeroben Stabilisierung einen hohen Energiebedarf aufweist, jedoch keine Energie produziert.

#### 6.1.1 Belebung

Aufgabe der biologischen Stufe ist die biogene Umsetzung der im Abwasser enthaltenen Schmutzstoffe. Dazu zählt neben dem Abbau der Kohlenstoffverbindungen vor allem die gezielte Nährstoffelimination mit weitest gehender Nitrifikation, Denitrifikation sowie Phosphorelimination. In dieser Variante soll die Belebung zudem der aeroben Stabilisierung dienen.

Es handelt sich auf der Kläranlage Rückershausen um eine intermittierende Denitrifikation. Von dieser Betriebsweise wird zunächst auch weiter ausgegangen.

Die folgenden Bemessungen der Belebung und Nachklärung werden nach den Ansätzen der allgemein anerkannten Regeln der Technik (a. a. R. d. T.) des DWA-Arbeitsblattes 131 (2016) vorgenommen. [8]

Bei den folgenden Berechnungen sollte immer beachtet werden, dass die Messwerte für CSB, Stickstoffverbindungen und Phosphor auf qualifizierten Stichproben beruhen, daher nur eine

Momentaufnahme wiedergeben und nicht so belastbar sind wie beispielsweise 24 h-Mischproben. Für eine weitergehende Planung wird empfohlen mindestens eine wöchentliche Bestimmung der Tagesfracht (24 h-Mischprobe) an wechselnden Wochentagen. Diese sind gemäß dem neuen DWA-A 198 (GD Februar 2022) für die Bemessung auf Basis der Perzentil-Fracht nötig. [24] Die folgenden Parameter sollten mindestens wöchentlich bestimmt werden:

- Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)
- Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB<sub>5</sub>)
- Abfiltrierbare Stoffe
- Nitrat; Nitrit, Ammonium, TKN
- Phosphor gesamt

Der Trockensubstanzgehalt im Ablauf der Biologie ergibt sich anhand des gewählten Schlammindex von 120 l/kg zu 3,15 kg TS/m<sup>3</sup>. Mit diesem werden die folgenden Bemessungen durchgeführt.

Wie bereits im Teil A der Ermittlung des Investitionskostenbedarfs aufgeführt wurde, ist das aktuelle Belebungsbecken für eine aerobe Schlammstabilisierung zu klein bemessen. Deshalb wurde empfohlen, das Volumen des innenliegenden Nachklärbeckens für eine Erweiterung des Belebungsbeckens zu nutzen und ein neues Nachklärbecken zu errichten. Das neue Belebungsbecken, das aus dem alten Belebungsbecken und dem innenliegenden ehemaligen Nachklärbecken besteht, hat ein Gesamtvolumen von ca. 3.040 m<sup>3</sup>.

Mit dem umgebauten Becken ergäbe sich ein resultierendes Schlammalter bei der Bemessungstemperatur von 12 °C von 12 Tagen. Die für die aerobe Stabilisierung benötigten 25 Tage werden nicht erreicht.

**Das Belebungsbecken ist mit einem Volumen von 3.040 m<sup>3</sup> rechnerisch nicht ausreichend für eine simultane aerobe Stabilisierung. Es wird ein zweites Belebungsbecken mit zusätzlich ca. 2.620 m<sup>3</sup> für die aktuelle Belastung bzw. ca. 2.946 m<sup>3</sup> für die zukünftige Belastung benötigt.**

Eine detailliertere verfahrenstechnische Berechnung der Belebung kann Anlage 3 dieses Berichtes entnommen werden.

Das zweite Belebungsbecken wird neben dem vorhandenen gebaut, außerdem ist ein Verteilerbauwerk notwendig, das den Abwasserstrom zwischen den Becken aufteilt. Dahinter wird das neue Nachklärbecken angeordnet, dieses liegt bei einem 100-jährigen Hochwasser (HQ<sub>100</sub>) im Überschwemmungsbereich, daher muss das Gelände aufgefüllt werden. Da sich

durch diese Maßnahme der Retentionsraum der Aar verringert, wird in der weiteren Planung die Ausarbeitung eines Hochwasserschutzkonzepts erforderlich.

### 6.1.2 Nachklärung, Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk

Da sich der Mischwasserabfluss durch den Anschluss der Teichkläranlagen der Gemeinde Hohenstein nicht ändert, ist die Neuauslegung des Nachklärbeckens des ersten Teils der Studie sowohl für die aerobe als auch die anaerobe Schlammstabilisierung gültig. Die Ergebnisse wurden in diesen Bericht übernommen.

**Mit einer Schlammvolumenbeschickung  $q_{sv}$  in Höhe von 269 l/(m<sup>2</sup>·h) ergibt sich bei der gegebenen Tiefe auf 2/3-Fließweg ein zulässiger Mischwasserabfluss von 347 m<sup>3</sup>/h. Somit kann der festgelegte Mischwasserabfluss in Höhe von 529 m<sup>3</sup>/h durch das Nachklärbecken nicht aufgenommen werden.** Das Nachklärbecken ist nicht ausreichend groß dimensioniert, nach Vorgaben des DWA-A 131 (2016) muss die Beckentiefe auf zwei Drittel des Fließweges mindestens 3 m betragen, das vorhandene Becken hat nur ca. 2,68 m Beckentiefe. [9]

Ebenso weist die Einlaufgestaltung große Abweichungen von den Empfehlungen des DWA-A 131 (2016) auf. Die Aufenthaltszeit und Oberflächenbelastung im Einlaufbauwerk sind zu groß. Der G-Wert in der Einlaufkammer, der ein Maß für die turbulente Scherbeanspruchung der Flocken ist, ist mehr als doppelt so hoch wie die Empfehlung. Das ergibt sich aus dem zu kleinen Zulaufrohr und hat einen negativen Einfluss auf die Flockenstabilität und –absetzbarkeit. Zusätzlich sind die Einläufe aus dem Einlaufbauwerk ins Nachklärbecken zu klein bemessen. Dadurch ergibt sich eine mittlere Einlaufgeschwindigkeit von ca. 64 cm/s, diese sollte laut DWA-A 131 (2016) maximal 7 cm/s betragen. Die ungünstigen Einlaufbedingungen gibt auch die densimetrische Froudezahl wieder. Wenn diese Zahl 1 beträgt nimmt die eingetragene Energie ein Minimum an wodurch die Flocken stabil bleiben und sich schneller absetzen. Für das vorhandene Nachklärbecken ergibt sich die densimetrische Froudezahl zu 14,5.

Eine detailliertere verfahrenstechnische Berechnung der Nachklärung kann Anlage 2 dieses Berichtes entnommen werden.

Es wird ein neues Nachklärbecken erforderlich. Die grobe Vordimensionierung ergibt ein Becken mit den folgenden Abmessungen:

Durchmesser: ca. 28 m  
Tiefe auf 2/3-Fließweg: ca. 3,3 m

Das Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk ist neu zu errichten.



### **6.1.3 Phosphatfällung**

Das Phosphat wird chemisch mit einem Eisen-III-Salz im Belebungsbecken gefällt. Es wird eine neue Fällmittelstation gebaut, bestehend aus einem Lagertank und einem Dosier- und Schaltschrank. Zukünftig sollte die Fällmittelzugabe dem Bedarf angepasst werden. Außerdem muss eine Abfüllfläche für die Anlieferung des Fällmittels neu errichtet werden, aktuell ist keine auf der Kläranlage vorhanden.

### **6.1.4 Ablaufbauwerk**

Das Ablaufbauwerk muss durch die Lage des neuen Nachklärbeckens weiter flussabwärts neu errichtet werden.

### **6.1.5 Nacheindicker**

Das Volumen des Nacheindickers ist nicht ausreichend, um die entstehenden Überschussschlammengen aufgrund des Zusammenschlusses zu speichern. Daher wurde ein neuer Nacheindicker mit einem Volumen von 350 m<sup>3</sup> geplant. Es ergibt sich eine Speicherzeit von etwa 3 Tagen.

Eine detailliertere verfahrenstechnische Berechnung des Schlammwegs kann Anlage 4 dieses Berichtes entnommen werden.

### **6.1.6 Schlammmentwässerung**

Die Schlammmentwässerung dient der Erhöhung des Trockenrückstandes des Schlammes. Somit wird eine Volumen- und Gewichtsreduktion des Schlammes bewirkt und die Entsorgungskosten verringert. Das anfallende Prozesswasser ist der Anlage idealerweise gleichmäßig zurückzuführen.

Auch für den Anschluss von Hohenstein an die Kläranlage Rückershausen wird eine Schneckenpresse empfohlen. Die Schneckenpresse im ersten Teil der Studie wurde mit 20 m<sup>3</sup>/h großzügig ausgelegt, da es kaum kleinere Modelle auf dem Markt gibt. Dieselbe Größe kann auch für die Belastung des Zusammenschlusses angenommen werden, die Anlage ist dann ca. 7 h/d an 5 d/Wo anstatt ca. 4 h/d an 5 d/Wo (Teil A) zu betreiben.

### **6.1.7 Prozesswasserspeicher**

Der Prozesswasserspeicher dient der gleichmäßigen Abgabe des Prozesswassers in den Abwasserstrom. Das Prozesswasser besteht aus dem Zentrat/Filtrat der Schlammmentwässerung

und dem Trübwasser aus dem Eindicker. Es ist mit hohen Konzentrationen von Stickstoff und Phosphor belastet und sollte daher vergleichmäßig in den Zulauf/die Biologie zugegeben werden, damit keine Spitzenbelastungen auftreten. Die Speicherzeit im Prozesswasserbehälter beträgt ca. 1 Tag, daraus ergibt sich ein Volumen von ca. 150 m<sup>3</sup>.

## 6.2 Variante 2: Anaerobe Schlammstabilisierung

Die anaerobe Schlammstabilisierung ist charakterisiert durch die Faulung, bei der energiereiches Methangas produziert wird, welches anschließend zu Strom und Wärme umgewandelt werden kann. Der Strom und die Wärme können genutzt werden, um die Betriebskosten auf der Kläranlage sowie den Ausstoß von klimawirksamen Gasen zu senken. Eine energetische Autarkie ist in dieser Größenklasse jedoch nicht zu erreichen.

Um eine anaerobe Schlammstabilisierung zu realisieren, muss die Kläranlage weitreichend umgebaut werden. Es wird ein Vorklärbecken benötigt um den energiereichen Primärschlamm vor der Belebung abzutrennen. Zusätzlich wird ein Faulbehälter, ein Gasbehälter, eine Gasreinigung sowie ein Aggregat zur Stromerzeugung, meist ein Blockheizkraftwerk, benötigt.

### 6.2.1 Vorklärung

Für die anaerobe Schlammstabilisierung wird dem Belebungsbecken ein Vorklärbecken vorgeschaltet. Die Vorklärung dient bei einstufigen Belebungsanlagen zur Abscheidung partikulärer Stoffe vor der biologischen Behandlung.

Der in der Vorklärung abgeschiedene energiereiche Primärschlamm wird zusammen mit dem Überschussschlamm aus der biologischen Behandlungsstufe in einer anaeroben Stabilisierung (Faulbehälter) behandelt.

Für die Bemessung wird ein  $Q_{T,h,max}$  von 155 m<sup>3</sup>/h (Prognosewert) zugrunde gelegt. Ein Notumlaufgerinne, das auch als Bypass genutzt wird, ist erforderlich, um eine ausreichende Kohlenstoffversorgung des Belebungsbeckens zu sichern.

Zur Sicherung einer ausreichend hohen Abscheideleistung bei maximalem Mischwasserabfluss  $Q_M$  sollte die Aufenthaltszeit in diesem Lastfall mindestens 20 Minuten betragen. [8]

Daraus ergeben sich die folgenden Kenndaten des Vorklärbeckens:

Anzahl der Straßen: 1 Stück

Länge: 15,00 m

Breite je Becken: 4,00 m  
Mittlere Tiefe: 2,00 m

Bei mittlerem täglichen Trockenwetterabfluss  $Q_{T,d,aM}$  ergibt sich eine Aufenthaltszeit von 1,7 h für den Bestand bzw. 1,6 h für die Prognose in der Vorklärung. Ausgehend von dieser Aufenthaltszeit ergibt sich unter Berücksichtigung der Abscheideleistung in der Vorklärung nach [8] eine reduzierte Fracht im Zulauf zur biologischen Stufe, die in der folgenden Tabelle zusammengestellt ist.

Tab. 6 Frachten im Zulauf der biologischen Stufe – Bestand und Prognose

	<b>CSB-Fracht</b> [kg/d]	<b>AFS-Fracht</b> [kg/d]	<b>NO<sub>3</sub>-N-Fracht</b> [kg/d]	<b>TKN-Fracht</b> [kg/d]	<b>NH<sub>4</sub>-N-Fracht</b> [kg/d]	<b>P<sub>ges</sub>-Fracht</b> [kg/d]
<b>Bestand</b>	1.029	372	10	121	85	19
<b>Prognose</b>	1.087	394	10	128	90	20

Eine detailliertere verfahrenstechnische Berechnung der Vorklärung kann Anlage 5 dieses Berichtes entnommen werden.

## 6.2.2 Belebung

In dieser Variante wird bei der Bemessung der Belebung die Betriebsweise einer Kläranlage mit anaerober Schlammstabilisierung berücksichtigt bei der keine aerobe Stabilisierung des Schlammes erwünscht ist, sondern lediglich eine Nährstoffelimination stattfinden soll. Die Bemessung wird für die Temperaturen 12°C und 20°C vorgenommen.

Wie in Teil A der Studie beschrieben, kann das innenliegende Nachklärbecken umgebaut und zum Volumen des außenliegenden Belebungsbeckens hinzugefügt werden. Dies ergibt ein Volumen für das neue Belebungsbecken von ca. 3040 m<sup>3</sup>. Für dieses Volumen ergibt sich eine Schlammalter von ca. 24 Tagen für die aktuelle Belastung und ca. 22 Tage für die zukünftige Belastung. Damit ist das neue Belebungsbecken (ehemaliges Kombibecken) ausreichend dimensioniert.

Eine detailliertere verfahrenstechnische Berechnung der Belebung kann Anlage 6 dieses Berichtes entnommen werden.

### **6.2.3 Nachklärung, Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk**

Da sich der Mischwasserabfluss durch den Anschluss der Teichkläranlagen der Gemeinde Hohenstein nicht ändert, ergibt sich das in Kapitel 6.1.2 neu erforderliche Nachklärbecken.

Auch in dieser Variante ist das Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk neu zu errichten.

### **6.2.4 Phosphatfällung**

Das Phosphat wird chemisch mit einem Eisen-III-Salz im Belebungsbecken gefällt. Es wird eine neue Fällmittelstation gebaut, bestehend aus einem Lagertank und einem Dosier- und Schaltschrank. Zukünftig sollte die Fällmittelzugabe dem Bedarf angepasst werden. Außerdem muss eine Abfüllfläche für die Anlieferung des Fällmittels neu errichtet werden, aktuell ist keine auf der Kläranlage vorhanden.

### **6.2.5 Ablaufbauwerk**

Auch in dieser Variante muss das Ablaufbauwerk durch die Lage des neuen Nachklärbeckens weiter flussabwärts neu errichtet werden.

### **6.2.6 Überschussschlammeindickung**

Derzeit wird der Schlamm auf der Kläranlage Rückershausen lediglich statisch eingedickt. Für eine Umstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung wird eine maschinelle Überschussschlammeindickung, bspw. mittels Bandeindicker, empfohlen. Diese ermöglicht höhere Eindickgrade und reduziert somit den Volumenstrom zur Faulung.

Ein Bandeindicker mit einer Durchsatzmenge von 15 m<sup>3</sup>/h wird gemeinsam mit einer Polymerstation für die Dosierung von polymeren Flockungsmitteln im neuen Maschinengebäude (siehe 6.2.12) untergebracht. Er wird über die neuen Überschussschlammumpen mit vorgeschaltetem Zerkleinerer beschickt. Der eingedickte Überschussschlamm wird anschließend durch eine Exzenterschneckenpumpe direkt in den Faulbehälter gefördert.

Eine detailliertere verfahrenstechnische Berechnung des Schlammwegs kann Anlage 7 dieses Berichtes entnommen werden.

## 6.2.7 Faulbehälter

Die Schlammbehandlung im Faulbehälter beruht auf dem Prinzip der anaeroben Schlammstabilisierung. Unter Sauerstoffausschluss findet der weitgehende Abbau der eingetragenen organischen Anteile des Primär- und Überschussschlammes statt, um einen möglichst hohen Stabilisierungsgrad des Schlammes zu erhalten. Zudem werden dabei Krankheitserreger vermindert. Bei diesem Faulungsprozess entsteht Faulgas, das anschließend in elektrische und thermische Energie umgewandelt werden kann.

Es wird eine Mindestfaulzeit von 25 Tagen angesetzt. Ausgehend von dem angenommenen Schlammanfall wird ein erforderliches Faulbehältervolumen von ca. 600 m<sup>3</sup> gewählt.

Gebaut werden derzeit unterschiedliche Behälterformen wie z.B. die Eiform (Stahl oder Stahlbeton), Wandzylinder mit steilen Sohlkegel und Deckenkegel sowie Wandzylinder mit flachen Sohlkegel und Decken mit geringer Neigung. Für die Kläranlage Rückershausen wird die Bauform mit einem flachen Sohlkegel, bzw. einer flache Sohle auf der Geländeoberkante empfohlen.

Diese Faulbehälter können mit Faulgaseinpressung und mit Rührwerken umgewälzt werden. Die Umwälzung des Faulbehälterinhaltes mit Faulgaseinpressung ist verglichen mit einem Rührwerk energetisch ungünstiger bzw. gleichwertig, jedoch ist der Installations- und Betreuungsaufwand sehr viel höher und für die Größe der zukünftigen Kläranlage Rückershausen nicht anzustreben. Es wird der Einsatz eines Rührwerks empfohlen, das im laufenden Betrieb entnommen werden kann.

Der Kostenschätzung wird ein zylindrischer Faulbehälter aus Stahl mit flacher Sohle auf einem Stahlbetonfundament mit geneigtem Dach und Isolierung – Umwälzung über zentrales Rührwerk angesetzt.

Der Faulbehälter wird in Stahl (V4A oder emailliert, geschraubt) ausgeführt, das Behälterdach ist um ca. 15 ° geneigt, der Behälter wird mit Mineralwolle isoliert und mit Trapez- und Glattblech verkleidet.

Zur Behälterdurchmischung wird ein Rührwerk vorgesehen, der Behälterkopf wird so gestaltet, dass das Rührwerk im Betrieb gezogen werden kann. Daneben werden ein Gasentnahmedom, eine Überdrucksicherung und eine Schaumfalle vorgesehen.

Die Faulschlammmentnahme erfolgt über einen angesetzten Schlammmentnahmekasten. Die Beschickungsleitung und Schlammsteigleitung wird im Behälter verlegt, die Entnahmeleitung wird außerhalb verlegt und entsprechend isoliert.

Der ausgefaulte Schlamm wird zur Zwischenspeicherung in einen Nacheindicker/Schlamm-speicher eingeleitet. Die erforderlichen Aggregate zur Beheizung des Schlammes (Impfmischer, Wärmetauscher, Heizschlamm-pumpen und Heizungskessel) werden im neuen Maschi-nengebäude (siehe 6.2.12) untergebracht.

### **6.2.8 Nacheindicker/Schlamm-speicher**

Im Nacheindicker bzw. Schlamm-speicher wird der aus dem Faulturm ausgetragene Faul-schlamm zwischengespeichert, bis er in die diskontinuierlich laufende Entwässerung gefördert wird. Eine Eindickung findet dabei im Normalfall nicht mehr statt, da der Schlamm ausreichend in der Faulung stabilisiert wurde. Daher findet auch kein Trübwasserabzug statt. Der Schlamm-speicher sollte ein Volumen von etwa 100 m<sup>3</sup> aufweisen.

### **6.2.9 Schlamm-entwässerung**

Ebenso wie für die aerobe Schlamm-stabilisierung wird für die Entwässerung eine Schnecken-pressen empfohlen, die im Entwässerungsgebäude untergebracht wird. Es wird hier ebenfalls von einer Schnecken-pressen mit 20 m<sup>3</sup>/h Durchsatz ausgegangen, die Anlage ist dann ca. 3,5 h/d an 5 d/Wo zu betreiben. Aufgrund der Speicher-kapazität des Nacheindickers muss hier nicht jeden Tag entwässert werden. Je nach Wahl der Entwässerungszeiten ist später noch die Größe des Prozesswasserspeichers anzupassen.

Der entwässerte Schlamm kann in Containern bis zu Abholung gelagert werden.

### **6.2.10 Prozesswasserspeicher**

Der Prozesswasserspeicher dient der gleichmäßigen Abgabe des Prozesswassers in den Ab-wasserstrom. Das Prozesswasser besteht aus dem Zentrat/Filtrat der Schlamm-eindickung und Schlamm-entwässerung und dem Trübwasser aus dem Eindicker. Es ist mit hohen Konzentra-tionen von Stickstoff und Phosphor belastet und sollte daher vergleichmäßig in den Zulauf/die Biologie zugegeben werden, damit keine Spitzenbelastungen auftreten. Die Speicherzeit im Prozesswasserbehälter beträgt ca. 1 Tag, daraus ergibt sich ein Volumen von ca. 120 m<sup>3</sup>.

### **6.2.11 Gasweg**

#### **Gasbehälter**

Der Gasbehälter dient der Zwischenspeicherung des Faulgases aus dem Faulbehälter für eine gleichmäßige und bedarfsabhängige Beschickung des BHKWs.

Der Gasspeicher ist auf 40 % des täglichen Gasanfalls ausgelegt und benötigt ein Volumen von ca. 120 m<sup>3</sup>.

Das anfallende Faulgas wird zur Aufheizung des Primär- und Überschussschlamm zur Faulung sowie zur Heizung des bestehenden Betriebsgebäudes genutzt. Daneben kann das anfallende Faulgas auch zur Erzeugung von Strom- und Wärmeenergie in einer Blockheizkraftanlage genutzt werden.

Für die Kostenschätzung wird ein Niederdruckgasbehälter mit nachgeschalteter Druckerhöhungsanlage angenommen. Dem Gasbehälter wird eine Schaumfalle am Faulbehälterkopf, sowie ein Schacht mit Kondensatabscheider und Kiesfilter vorgelagert. Durch diesen wird die Zu- und Ablaufgasleitung geführt.

### **Gasfackel**

Die Gasfackel dient einem kontrollierten Abbrennen von überschüssigem Gas im Falle eines Ausfalls des BHKW oder einer erforderlichen Außerbetriebnahme des Gasspeichers. Dabei wird keine Energie erzeugt, es handelt sich lediglich um eine Sicherheitseinrichtung (Notfackel).

### **Gasreinigung**

Das Faulgas enthält unter Umständen für die Verbraucher schädliche Stoffe. Daher ist eine Gasreinigung nötig, diese besteht beispielweise aus einem Keramikfilter zur Partikelentfernung, einer Entschwefelung und einer Siliziumentfernung mittels Aktivkohlefilter.

Die Gasreinigung muss einen Gasvolumenstrom von 280 m<sup>3</sup>/d bzw. einen Maximalwert von 23 m<sup>3</sup>/h für die aktuelle Belastung behandeln können. Für die zukünftige Belastung entsteht ein Volumenstrom von 297 m<sup>3</sup>/d bzw. ein Maximalwert von 25 m<sup>3</sup>/h.

### **BHKW**

Das Blockheizkraftwerk dient der Verwertung des Faulgases. Sowohl die entstehende elektrische als auch die thermische Energie werden auf der Kläranlage eingesetzt. So können die Betriebskosten gesenkt werden.

Neben dem BHKW wird zusätzlich eine Heizung für Erd- und/oder Faulgas vorgesehen, um die Inbetriebnahme der Faulung zu ermöglichen, sowie den erforderlichen Wärmebedarf decken zu können.

An die Wärmeversorgung soll neben der Faulung, das Betriebsgebäude angeschlossen werden.

### **6.2.12 Maschinengebäude**

Da die Verfahrensumstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung zusätzliche Behandlungsstufen bzw. Einrichtungen bedingt, wird ein zusätzliches Maschinengebäude geplant. In diesem sollen sich die folgenden Anlagen befinden:

- Keller für erforderliche Umwälzpumpen und Wärmetauscher
- Raum im EG mit maschineller Überschussschlammverdickung, Dickschlamm-pumpen und Flockungsmittelstation
- Raum im EG als Gasmessraum, Gasreinigung
- Raum im EG für BHKW, Heizung mit Erdgasanschluss, Heizungsverteiler
- Raum im EG für NSHV



## 7 Flächenbedarf der Varianten

Für beide Varianten muss brachliegendes Gelände erschlossen werden, da neue Bauwerke errichtet werden müssen. Im Folgenden sind die Bauwerke jeweils für die Varianten aufgelistet, ihre Lage auf dem Gelände ist in den angefügten Plänen dargestellt.

### 7.1 Variante 1: Aerobe Schlammstabilisierung

Für die aerobe Schlammstabilisierung wird ein weiteres Belebungsbecken, sowie ein neues Nachklärbecken benötigt. Außerdem wird ein neues Rücklaufschlamm- und- Überschusschlammumpwerk errichtet, sowie ein neuer, größerer Eindicker und ein Prozesswasserspeicher an der Stelle des alten Eindickers.

**Diese Bauwerke werden alle auf dem aktuellen Kläranlagengelände errichtet. Allerdings wird dabei im Bereich eines Hochwasserschutzgebietes gebaut, weshalb eine Aufschüttung des Geländes notwendig wird.**

Die Flächennutzung kann dem Lageplan in Anlage 11 entnommen werden.

### 7.2 Variante 2: Anaerobe Schlammstabilisierung

Für die Variante 2 wird auf dem aktuellen Kläranlagengelände ein Vorklärbecken errichtet, ein Nachklärbecken mit ebenfalls einem neuen Pumpwerk und ein Prozesswasserspeicher.

Für eine anaerobe Schlammstabilisierung werden wie in Kapitel 6.2 beschrieben einige zusätzliche Bauwerke und Anlagenteile benötigt. Es entsteht ein Flächenbedarf durch die folgenden Bauwerke:

- Eindicker
- Faulbehälter
- Gasfackel
- Gasbehälter
- Maschinengebäude

**Für diese Bauwerke wird zusätzliche Fläche benötigt. Daher muss das Flurstück 56 gekauft werden. Idealerweise sollte in diesem Zuge auch das Flurstück 57 erworben werden, um ausreichend Platz für aktuelle und zukünftige Planungen zu schaffen.**

Für diese Variante wird das Gelände in südlicher Richtung erweitert wird, der hochwassergefährdete Teil im Norden wird nicht bebaut. Da jedoch bautechnisch in diese Richtung erweitert wird, wird trotzdem eine Geländeaufschüttung zum Hochwasserschutz in die Kostenschätzung aufgenommen.

Die Flächennutzung kann dem Lageplan in Anlage 12 entnommen werden.

## 8 Erforderliche Planungsbeteiligte

Für die weiterführende Planung sind Gutachten zu erstellen, um und Fachplaner zu beauftragen.

Auf der Kläranlage sind Betongutachten mit Sanierungskonzept für die zu sanierende Anlagenteile sowie Schadstoffgutachten von rückzubauenden Anlagenteilen zu erstellen.

Da ein Wohnhaus in ca. 80 m Entfernung vorhanden ist, kann für die Erweiterung eventuell ein Geräusch- und Geruchgutachten notwendig werden.

Außerdem muss aufgrund der Bebauung brachliegender Fläche unter Umständen eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden. Zumindest mit einer UVP-Vorprüfung ist zu rechnen.

Außerdem muss ein Gutachten bezüglich des Kanalnetzes zum Anschluss der zusätzlichen Einwohnerwerte durchgeführt werden.

Es werden die folgenden Fachplaner benötigt:

- Fachplaner Ingenieurbauwerke
- Fachplaner Prozess-und Verfahrenstechnik
- Fachplaner EMSR- Technik
- Tragwerksplanung
- Landschaftspflegerische Begleitplanung

Die Liste ist nicht abschließend und in der weitergehenden Planung zu prüfen.

## 9 Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Im Folgenden werden die Investitionskosten der beiden Varianten dargestellt. Es ist zu beachten, dass in der Kostenschätzung der Grundstückskauf für Variante 2 sowie der Rückbau der Teichkläranlagen in der Kostenschätzung nicht berücksichtigt wurden.

Zur Bestimmung der wirtschaftlichen Vorzugsvariante wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt. Für diese werden lediglich die Aspekte einbezogen, in denen sich die Varianten unterscheiden. Für die Variante 2 kann der Grundstückskauf nicht abgeschätzt werden und wird daher weder in der Kostenschätzung noch in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt.

### 9.1 Investitionskosten

Die Grundlagen für die Erstellung der Kostenschätzung stellen aktuelle Anfragen bei verschiedenen Herstellern sowie Erfahrungswerte durch aktuelle Projekte der DAR dar und spiegeln den derzeitigen Markt wider. Es handelt sich im Rahmen der Ermittlung des Investitionskostenbedarfs um eine grobe Kostenschätzung, die bei weitergehenden Planungen noch überprüft und angepasst werden muss. Insbesondere im Bereich der EMSR-Technik und der Betonsanierung muss für die Anlagenteile auf der Kläranlage Rückershausen im Rahmen weiterer Planungen ein Fachplaner hinzugezogen werden.

Für die Investitionskosten der Variante wurde die Kostenschätzung des ersten Teils der Studie jeweils um die erweiterten Bau-, Maschinen- und EMSR-Technik ergänzt.

Im Rahmen dieser Studie wurde keine Überprüfung der hydraulischen Gegebenheiten für die Varianten durchgeführt.

Die EMSR-Kosten wurden pauschal mit 100 % der Summe aus Maschinenteknik angesetzt.

Der Mehrwertsteuersatz beträgt 19 %.

Die Baunebenkosten in Höhe von ca. 25 % der Nettoinvestitionskosten wurden berücksichtigt.

### 9.1.1 Variante 1: Aerobe Schlammstabilisierung

Durch den Anschluss der Teichkläranlagen an die Kläranlage Rückershausen wird auf dieser ein zusätzliches Belebungsbecken inklusive Belüftung benötigt. Dadurch verschiebt sich das Nachklärbecken in den Bereich des Hochwasserschutzgebietes, wodurch zusätzliche Maßnahmen nötig sind. Außerdem fällt der Eindicker und weitere Aggregate größer aus.

Die Kosten sind in der folgenden Tabelle aufgeführt und detailliert in Anlage 8 enthalten.

Tab. 7 Investitionskostenschätzung Variante 1 - Aerobe Schlammstabilisierung

	<b>Variante 1 Aerobe Schlammstabilisierung</b>
Bautechnik	3.955.000 €
Maschinenteknik	1.531.000 €
EMSR-Technik (100 % der Maschinenteknik)	1.531.000 €
<b>Gesamtsumme (netto)</b>	<b>7.017.000 €</b>
zzgl. Mehrwertsteuer (19 %)	1.333.230 €
<b>Gesamtsumme (brutto)</b>	<b>8.350.230 €</b>
zzgl. Baunebenkosten (25 %)	2.087.558 €
<b>Gesamtsumme (brutto, inkl. BNK)</b>	<b>10.437.788 €</b>
<b>Gesamtsumme (brutto, inkl. BNK, gerundet)</b>	<b>10.450.000 €</b>

### 9.1.2 Variante 2: Anaerobe Schlammstabilisierung

Durch die Umstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung wird der gesamte Schlammweg umgebaut und ein Gasweg errichtet. Die Kosten für den Grundstückskauf sind nicht abschätzbar und werden deshalb nicht in der Kostenschätzung betrachtet.

Die Kosten sind in der folgenden Tabelle aufgeführt und detailliert in Anlage 9 enthalten.

Tab. 8 Investitionskostenschätzung Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung

	<b>Variante 2 Anaerobe Schlammstabilisierung</b>
Bautechnik	3.853.000 €
Maschinentechnik	2.116.000 €
EMSR-Technik (100 % der Maschinentechnik)	2.116.000 €
<b>Gesamtsumme (netto)</b>	<b>8.210.000 €</b>
zzgl. Mehrwertsteuer (19 %)	1.559.900 €
<b>Gesamtsumme (brutto)</b>	<b>9.769.900 €</b>
zzgl. Baunebenkosten (25 %)	2.442.475 €
<b>Gesamtsumme (brutto, inkl. BNK)</b>	<b>12.212.375 €</b>
<b>Gesamtsumme (brutto, inkl. BNK, gerundet)</b>	<b>12.250.000 €</b>

Die Investitionskosten der Variante 2 sind mit ca. 9.800.000 € (brutto) um rund 15 % höher als die der Variante 1 mit ca. 8.350.000 € (brutto).

### 9.1.3 Anmerkung zum Preisniveau

Erfahrungen aus aktuellen Ausschreibungen anderer Projekte zeigen, dass derzeit die berechneten Kosten für Bau- und Maschinentechnik sehr deutlich schwanken können.

Die Preisbildung der Firmen ist auf Grund der Weltmarktgegebenheiten und des Krieges in der Ukraine erschwert und unbeständig, mit der Tendenz zu weiteren Preiserhöhungen. Es ist mit hohen Auslastungen der Firmen zu rechnen, mit weiterer Materialverknappung und damit höheren Preisen.

In einem gewissen Rahmen wurde dieser Preissituation bereits in den aufgeführten Kosten Rechnung getragen. Es ist aber zu beachten, dass sich die oben genannten Kosten im Rahmen der Ausschreibung je nach Marktsituation weiter erhöhen können. Die Preissituation kann derzeit nicht abschließend bewertet werden!

## **9.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen**

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung ermöglicht es, die Projektkostenbarwerte bzw. Jahreskosten der Varianten über den gewählten Betrachtungszeitraum zu vergleichen. Dadurch werden nicht nur die Investitionskosten betrachtet, sondern auch Reinvestitions- und Betriebskosten.

Zusätzlich werden die Kosten auf Schwankungen bezüglich unterschiedlicher Zinssätze und Stromkostensteigerungen untersucht.

### **9.2.1 Reinvestitionskosten**

Als Betrachtungszeitraum werden gemäß Empfehlung der LAWA 30 Jahre zugrunde gelegt. Die Nutzungsdauern der Anlagenteile werden angelehnt an die Empfehlungen der LAWA mit 30 Jahren für den baulichen Teil und 15 Jahren für die technische Ausrüstung gewählt.

Die Reinvestitionen umfassen daher die gesamte maschinentechnische und die EMSR-technische Ausrüstung.

In der Varianten 1 wird für das neue Belebungsbecken nach 15 Jahren eine Sanierung angesetzt.

In der Variante 2 wird für die Sanierung des Vorklärbeckens und des Maschinengebäudes Reinvestitionskosten nach 15 Jahren angesetzt.

### **9.2.2 Betriebskosten**

Im Bereich der Betriebskosten werden die jährlichen Kosten für Wartung, Instandhaltung und Reparatur, für Personal und die Stromkosten berücksichtigt. Für die Kläranlage werden zusätzlich die Kosten für Flockungsmittel, Wasser, Fällmittel und Schlamm Entsorgung bewertet.

Grundsätzlich werden die Kosten für Wartung, Instandhaltung und Reparatur pauschal mit 2% der Investitionskosten für Maschinen-/EMSR-Technik abgeschätzt. Es wird davon ausgegangen, dass diese Arbeiten durch das Betriebspersonal eigenständig durchgeführt werden.

Die Berechnung der Personalkosten erfolgt anhand der Abschätzung des bei der jeweiligen Variante erforderlichen Personaleinsatzes für Betrieb und Wartung der Anlagenteile. Diese Zeiten werden mit einem Brutto-Stundenlohn von rd. 26 €/h verrechnet.

Die Stromkosten werden wie folgt ermittelt

- Einwohnerspezifische Verbräuche nach DWA-A 261 (2015) [18]
- Aggregatgrößen für Kleinaggregate und der entsprechenden Laufzeit
- Umwälzung von Becken: Spezifische Umwälzenergie für Rührwerke von  $2,2 \text{ W/m}^3$  und der entsprechenden Laufzeit
- Pumpen: spezifischer Energiebedarf bezogen auf die Förderhöhe und -menge von  $6 \text{ W}\cdot\text{h}/(\text{m}^3\cdot\text{h}\cdot\text{m})$  und der entsprechenden Laufzeit
- Angaben des Auftraggebers zu bisherigen Verbräuchen

Für den Fällmittelbedarf für die Phosphatfällung werden die spezifischen Werte aus den verfahrenstechnischen Berechnungen zugrunde gelegt.

Die spezifischen Kosten für die Schlamm Entsorgung werden mit  $120 \text{ €/t}$  (brutto) angenommen.

Die detaillierten Berechnungen der Betriebskosten der einzelnen Varianten sind in Anlage 10 angefügt.

### 9.2.3 Kostenvergleichsrechnung

Um die Gesamtwirtschaftlichkeit der Varianten beurteilen zu können, ist die Ermittlung des Projektkostenbarwertes und der Jahreskosten erforderlich. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird anhand der Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien) durchgeführt. [19]

Gemäß der Empfehlung der Leitlinie werden bei den nachfolgenden Kostenvergleichsrechnungen langfristige Zinssätze mit 3 % Realzinsen als Standardwert zugrunde gelegt. Daneben wird dieser mit einem Zinssatz von 5 % verglichen.

Die Preissteigerung für die Betriebskosten wird mit 1 % angenommen und für die Stromkosten mit 2 %.

Der Ermittlung der Kostenbarwerte und der Jahreskosten wird gemäß Empfehlung der LAWA ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren zugrunde gelegt. Die Nutzungsdauern der Anlagenteile werden angelehnt an die Empfehlungen der LAWA mit 30 Jahren für den baulichen Teil und 15 Jahren für die technische Ausrüstung gewählt.

Die finanzmathematischen Berechnungen der Projektkostenbarwerte und Jahreskosten der einzelnen Varianten mit unterschiedlichen Zinssätzen sind in Anlage 10 durchgeführt.



Die Projektkostenbarwerte und die Jahreskosten werden für die beiden Varianten zusammengefasst und gegenübergestellt.

Folgende Tabelle stellt die Ergebnisse (brutto, gerundet) dar:

Tab. 9 Ergebnisse Wirtschaftlichkeit PKBW / Jahreskosten brutto (gerundet)

	<b>Variante 1 Aerobe Stabilisierung</b>	<b>Variante 2 Anaerobe Stabilisierung</b>
<b>PKBW (Zinssatz 3%)</b>	24.300.000 €	21.900.000 €
<b>PKBW (Zinssatz 5%)</b>	21.100.000 €	19.600.000 €
<b>Jahreskosten (Zinssatz 3%)</b>	1.240.000 €/a	1.116.000 €/a
<b>Jahreskosten (Zinssatz 5%)</b>	1.371.000 €/a	1.277.000 €/a

Sowohl bei einem Zinssatz von 3 %, als auch bei 5 % ergeben sich ein geringerer Projektkostenbarwert sowie geringere Jahreskosten für die Variante 2. Die Investitionskosten sind zwar deutlich höher als bei Variante 1, aber durch die geringeren Betriebskosten der Variante 2 ist diese über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren als vorteilhafter anzusehen. Je höher der Zinssatz angesetzt wird, desto vorteilhafter wird Variante 2 gegenüber Variante 1.

Variante 2 stellt sich damit als Vorzugsvariante dar. **Es wird empfohlen die Kläranlage Rückershausen vor dem Anschluss der Teichkläranlagen als anaerobe Schlammstabilisierung auszubauen und umzustellen.**

Die gesamte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Aufführung der Betriebskosten ist in Anlage 10 enthalten.

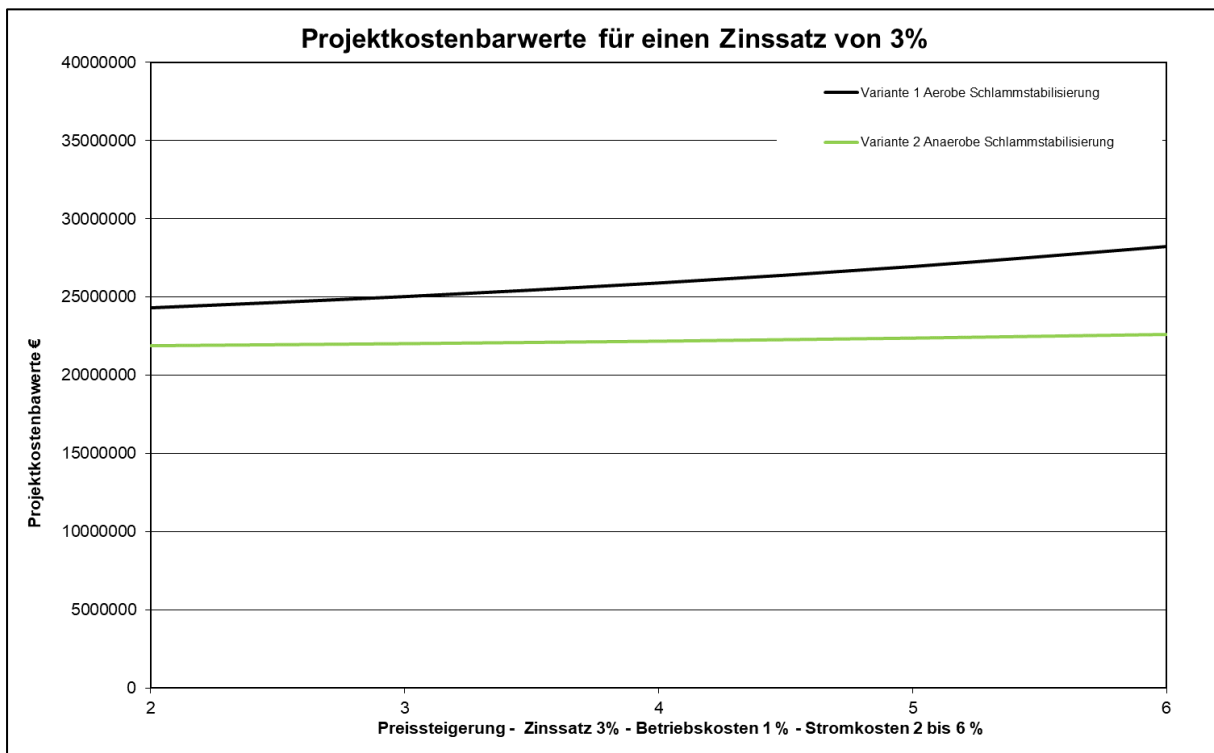
An dieser Stelle wird noch einmal darauf hingewiesen, dass die aktuelle Entwicklung der Baukonjunktur starke Auswirkungen auf die Investitionskosten der Varianten haben kann. Diese kann somit auch Auswirkungen auf das Ergebnis der Kostenvergleichsrechnung haben.

#### **9.2.4 Sensitivitätsanalyse Preissteigerungen Stromkosten**

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden im Folgenden die Stromkosten variiert, um herauszufinden welche kritischen Punkte die Variantenbewertung verändern könnten.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Betriebskosten und damit die ermittelten Jahreskosten von den Stromkosten abhängig sind und diese aufgrund der Eigenenergieerzeugung der Variante 2 die Kostendifferenz zwischen den Varianten noch durch mögliche Preiserhöhungen ändern kann. Es wird davon ausgegangen, dass die Stromkosten in den nächsten Jahren nicht sinken werden.

Daher werden die verschiedenen Varianten im Rahmen der Sensitivitätsanalyse unter der Berücksichtigung einer Preissteigerung der Betriebskosten von 1 % und einer Steigerung des Strompreises von 2 bis 6 % untersucht und grafisch gegenübergestellt (vgl. Abbildung 2).



**Abb. 2** Projektkostenbarwert abhängig von den Stromkosten (2 - 6 %)

Für jede Preissteigerung der Stromkosten bleibt Variante 2 die Vorzugsvariante. Je stärker die Stromkosten steigen, desto größer wird die Differenz zwischen den Varianten. Da in Variante 2 Eigenenergie hergestellt wird und daher geringere Mengen an Strom eingekauft werden müssen, wird diese Variante kaum durch Strompreise beeinflusst. Mit Variante 1 ist die Kläranlage für ihren gesamten Strombedarf auf den Markt angewiesen, daher steigen der Projektkostenbarwert durch erhöhte Strompreise deutlich an.

## 10 Zusammenfassung und Ausblick

Die Gemeinde Aarbergen betreibt die Kläranlage Rückershausen. Die Kläranlage wird als intermittierende Denitrifikation mit chemischer Schlammstabilisierung betrieben und weist eine Ausbaugröße von 9.900 EW auf. Durch einen Anschluss von vier Teichkläranlagen der Gemeinde Hohenstein würde die angeschlossene Einwohnerzahl von 6.690 E auf 12.575 E (aktuelle Belastung, bzw. 13150 E (zukünftige Belastung) steigen.

Die Zielsetzung der hier vorgelegten Ermittlung des Investitionskostenbedarfs bestand zum einen darin, den Investitionskostenbedarf der Kläranlage Rückershausen für die Erweiterung durch den Anschluss der Teichkläranlagen der Gemeinde Hohenstein zu bestimmen. Zum anderen soll für diesen Fall die Möglichkeit einer Verfahrensumstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung, also einer Faulung mit Eigenenergieerzeugung untersucht werden. Die beiden Varianten aerobe und anaerobe Schlammstabilisierung wurden in einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gegenübergestellt.

Grundsätzlich sind durch eine Grundstückserweiterung beide Verfahrensvarianten auf der Kläranlage Rückershausen umsetzbar. Die Variante 2 mit der anaeroben Schlammstabilisierung hat aufgrund aufwändigerer Verfahrenstechnik mit ca. 9.800.000 € (brutto, ohne BNK) deutlich höhere Investitionskosten als die Variante 1 mit der aeroben Schlammstabilisierung für die im Vergleich nur ein zweites Belebungsbecken benötigt wird und Investitionskosten in Höhe von ca. 8.400.000 € (brutto, ohne BNK) € anfallen.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigte, dass die Variante 2 über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren mit ca. 21.900.000 € einen geringeren Projektkostenbarwert hat als Variante 1 mit ca. 24.300.000 €. Daher stellt sich Variante 2, die Verfahrensumstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung, als Vorzugsvariante heraus.

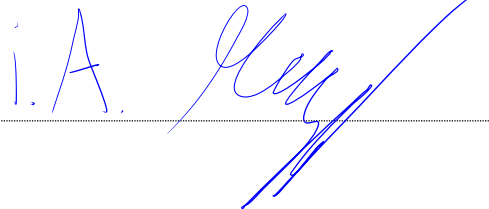
Im Rahmen dieser Studie wurden die Kosten für die Betonsanierung vorläufig abgeschätzt und in die Gesamtbewertung mit entsprechenden Sicherheiten für den Kostenvergleich einbezogen. Es ist jedoch in jedem Fall eine fachlich fundierte Bewertung der Betonbauteile durch einen fachkundigen Planer für Betoninstandsetzung durchzuführen und die Kosten ggf. anzupassen. Außerdem muss ein Gutachten bezüglich des Kanalnetzes zum Anschluss der zusätzlichen Einwohnerwerte durchgeführt werden.

DAR - Ingenieurbüro für Umweltfragen  
Deutsche Abwasser-Reinigungs-GmbH  
Adolfsallee 27/29  
65185 Wiesbaden

Wiesbaden, Dezember 2023

i.V. 

---

i.A. 

---

# Anlage 1

## Betriebsdatenauswertung

## Betriebsdatenauswertung Rückershausen+Hohenstein

### Herleitung der Bemessungswerte nach DWA A 198 (2003):

#### Abwassermengen:

	Kurzzeichen	Dimension	Rückershausen		Breithardt		Hennethal		Holzhausen		Strinz-Margarethä		Gesamt	
täglich Abfluss - Mittelwert	Q <sub>d,aM</sub>	m <sup>3</sup> /d	2.256		1.040		362		415		375		4.449	
		m <sup>3</sup> /h	94		43		15		17		16		185	
täglich TW-Abfluss - Mittelwert	Q <sub>T,d,aM</sub>	m <sup>3</sup> /d	1.297		651		267		197		182		2.595	
		m <sup>3</sup> /h	54		27		11		8		8		108	
Bemessungswassermenge (bei T=12°C)	Q <sub>d,Konz</sub>	m <sup>3</sup> /d	<b>1.800</b>		<b>651</b>		<b>267</b>		<b>197</b>		<b>182</b>		<b>3.098</b>	
		m <sup>3</sup> /h	75		27		11		8		8		129	
Fremdwasseranteil	q <sub>F</sub>	%	43,9		63		90		50		46		54	
täglich Fremdwasserabfluss - Mittelwert	Q <sub>F,d,aM</sub>	m <sup>3</sup> /d	569		411		240		98		84		1.402	
		m <sup>3</sup> /h	24		17		10		4		4		58	
täglich Schmutzwasserabfluss -Mittelwert	Q <sub>S,d,aM</sub>	m <sup>3</sup> /d	728		240		27		100		98		1.193	
		m <sup>3</sup> /h	30		10		1		4		4		50	
Einwohner	EW	E	6.960		2.710		414		1.239		1.252		12.575	
spez. Einwohnerverbrauch	EW <sub>spez</sub>	l/(E·d)	105		89		66		80		78		---	
Stundenfaktor Fremdwasser	x <sub>F</sub>	h/d	24		24		24		24		24		24	
Stundenfaktor Schutzwasser	x <sub>Qmax,h</sub>	h/d	---		---		---		---		---		13	
max. TW-Abfluss	Q <sub>T,h,max</sub>	m <sup>3</sup> /h	---		---		---		---		---		150	
		l/s	---		---		---		---		---		41,7	
Stundenfaktor Schutzwasser	x <sub>Qmax,2h</sub>	h/d	14,5		14,5		14,5		14,5		14,5		16,5	
max. TW-Abfluss	Q <sub>T,2h,max</sub>	m <sup>3</sup> /h	<b>74</b>		<b>34</b>		<b>12</b>		<b>11</b>		<b>10</b>		<b>131</b>	
		l/s	20,5		9,4		3,3		3,0		2,8		36,3	
Faktor Mischwasserabfluss	f <sub>S,QM,1</sub>	-	4,7		5,5		5,9		5,8		5,7		4,5	
		f <sub>S,QM,2</sub>	-	7,8		8,5		8,9		8,8		8,7		7,5
max. MW-Abfluss	Q <sub>M</sub>		<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
		m <sup>3</sup> /h	166	260	72	102	17	20	28	41	27	39	282	431
		l/s	46,2	72,3	20,0	28,4	4,7	5,6	7,8	11,3	7,4	10,8	78,4	119,8
max. MW-Abfluss aus Genehmigungen	Q <sub>M</sub>	m <sup>3</sup> /h	<b>529</b>		<b>126</b>		<b>43</b>		<b>104</b>		<b>72</b>		<b>875</b>	

#### Zulauf Biologische Stufe berechnet aus Verhältniswerten - alle Tage (inkl. Rückbelastung):

	85%-Wert Rückershausen	85%-Wert Breithardt	85%-Wert Hennethal	85%-Wert Holzhausen	85%-Wert Strinz-Margarethä	85%-Wert Gesamt	Konzentrationen	Einwohnerwerte 85%
	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[mg/l]	[EW]
CSB	602	510	85	239	147	1.583	511	13.193
AFS	351	190	29	87	88	744	240	10.632
NO <sub>3</sub> -N	10					10	3,2	---
TKN	63	34	5	16	16	134	43,4	12.227
NH <sub>4</sub> -N	44	24	4	11	11	94	30,4	---
P <sub>ges</sub>	10,5	5,1	0,8	2,3	2,4	21,1	6,8	11.706

## Betriebsdatenauswertung Rückershausen+Hohenstein Prognose

### Herleitung der Bemessungswerte nach DWA A 198 (2003):

#### Abwassermengen:

	Kurzzeichen	Dimension	Prognose Rückershausen		Prognose Breithardt		Prognose Hennethal		Prognose Holzhausen		Prognose Strinz-Margarethä		Gesamt	
täglicher TW-Abfluss - Mittelwert	Q <sub>T,d,aM</sub>	m³/d	1.316		675		283		213		182		2.669	
		m³/h	55		28		12		9		8		111	
Bemessungswassermenge (bei T=12°C)	Q <sub>d,Konz</sub>	m³/d	<b>1.819</b>		<b>675</b>		<b>283</b>		<b>213</b>		<b>182</b>		<b>3.172</b>	
		m³/h	76		28		12		9		8		132	
Fremdwasseranteil	q <sub>F</sub>	%	43,9		63		90		50		46		54	
täglicher Fremdwasserabfluss - Mittelwert	Q <sub>F,d,aM</sub>	m³/d	569		426		254		106		84		1.439	
		m³/h	24		18		11		4		4		60	
täglicher Schmutzwasserabfluss -Mittelwert	Q <sub>S,d,aM</sub>	m³/d	747		248		29		108		98		1.230	
		m³/h	30		10		1		4		4		50	
zusätzliche Einwohner Prognose	EW	E	158		193		132		132		0		615	
Einwohner Prognose	EW	E	7.118		2.903		546		1.371		1.252		13.190	
spez. Einwohnerverbrauch	EW <sub>spez</sub>	l/(E·d)	105		86		53		79		78		---	
Stundenfaktor Fremdwasser	x <sub>F</sub>	h/d	24		24		24		24		24		24	
Stundenfaktor Schmutzwasser	x <sub>Qmax, h</sub>	h/d	---		---		---		---		---		13	
max. TW-Abfluss	Q <sub>T,h,max</sub>	m³/h	---		---		---		---		---		<b>155</b>	
		l/s	---		---		---		---		---		42,9	
Stundenfaktor Schmutzwasser	x <sub>Qmax, 2h</sub>	h/d	14,5		14,5		14,5		14,5		14,5		16,5	
max. TW-Abfluss	Q <sub>T,2h,max</sub>	m³/h	<b>74</b>		<b>35</b>		<b>13</b>		<b>12</b>		<b>10</b>		<b>135</b>	
		l/s	20,5		9,7		3,5		3,3		2,8		37,4	
Faktor Mischwasserabfluss	f <sub>S,QM,1</sub>	-	4,7		5,5		5,9		5,8		5,7		4,5	
		-	7,8		8,5		8,9		8,8		8,7		7,5	
max. MW-Abfluss	Q <sub>M</sub>		<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
		m³/h	<b>166</b>	<b>260</b>	<b>75</b>	<b>106</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>44</b>	<b>27</b>	<b>39</b>	<b>287</b>	<b>438</b>
		l/s	46,2	72,3	20,7	29,4	4,9	5,9	8,5	12,2	7,4	10,8	79,7	121,8
max. MW-Abfluss aus Genehmigungen	Q <sub>M</sub>	m³/h	<b>529</b>		<b>126</b>		<b>43</b>		<b>104</b>		<b>90</b>		<b>893</b>	

#### Zulauf Biologische Stufe berechnet aus Verhältniswerten - alle Tage (inkl. Rückbelastung):

	85%-Wert Rückershausen	85%-Wert Breithardt	85%-Wert Hennethal	85%-Wert Holzhausen	85%-Wert Strinz-Margarethä	85%-Wert Gesamt	Konzentrationen	Einwohnerwerte 85%
	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[mg/l]	[EW]
CSB	621	534	101	254	162	1.673	527	13.940
AFS	362	203	38	96	88	787	248	11.247
NO <sub>3</sub> -N	10					10	3,3	---
TKN	65	37	7	17	16	142	44,9	12.934
NH <sub>4</sub> -N	46	26	5	12	11	100	31,4	---
P <sub>ges</sub>	10,8	5,5	1,0	2,6	2,4	22,3	7,0	12.369

## **Anlage 2**

### Bemessung Nachklärung Variante 1 und 2



Bemessung der Nachklärung nach dem Arbeitsblatt DWA-A 131 (2016)					
Auftraggeber:	Gemeinde Aarbergen				
Projekt:	Kläranlage Rückershausen			Projektnummer:	3101 - 3741
Auftragsbezeichnung:	Ermittlung des Investitionskostenbedarfs			Stand:	25.10.2023
Parameter	Kurzzeichen	Berechnungsformel	Dimension	Wert	
<b>Zuflüsse:</b>					
maximaler MW-Zufluss	$Q_M$		[l/s]	147	
			[m³/h]	529	
<b>Sonstige Parameter:</b>					
vorh. Schlammindex	ISV		[ml/g]	100	
gew. Eindickzeit	$t_E$		[h]	2,0	
Verhältnis $TS_{RS}/TS_{BS}$	$TS_{RS}/TS_{BS}$		[-]	0,7	
gew. Rücklaufverhältnis	RV		[-]	0,75	
Schlammvolumenbeschickung	$q_{SV}$		[l/(m²·h)]	350	horizontal durchströmt
<b>Ermittlung der Trockensubstanzgehalte:</b>					
Bodenschlamm	$TS_{BS}$	$= 1000/ISV \cdot t_E^{1,3}$	[kg/m³]	12,6	
Rücklaufschlamm	$TS_{RS}$	$= TS_{RS}/TS_{BS} \cdot TS_{BS}$	[kg/m³]	8,82	
rechn. TS-Gehalt, Ablauf Belebung	$TS_{AB}$	$= RV \cdot TS_{RS}/(1+RV)$	[kg/m³]	3,78	
gew. TS-Gehalt, Ablauf Belebung	$TS_{AB}$		[kg/m³]	3,78	
vorh. Vergleichsschlammvolumen	VSV	$= TS_{AB} \cdot ISV$	[l/m³]	378	
<b>Ermittlung der Beckenoberfläche:</b>					
erf. Flächenbeschickung	$q_A$	$= q_{SV}/VSV = q_{SV}/(TS_{AB} \cdot ISV)$	[m/h]	0,93	< 1,6 m/h bei horizontal durchströmten Becken
erf. effektive Beckenoberfläche	$A_{NB,eff}$	$= Q_M/q_A$	[m²]	572	
Anzahl Becken	n		[-]	1	
erf. effektive Oberfläche je Becken	$A_{NB,eff}$	$= A_{NB,eff}/n$	[m²]	572	
<b>Festlegung des Beckendurchmessers:</b>					
gew. Innendurchmesser des Einlaufbauwerks	$D_i$		[m]	4,50	
Außendurchmesser Einlaufbauwerk	$D_a$		[m]	5,10	(bei Wandstärke d = 0,30 m)
res. Fläche des Einlaufbauwerks (Außenmaße)	$A_{EB}$		[m²]	20,4	
ges. erf. Oberfläche je Nachklärbecken	$A_{NB,ges}$	$= A_{eff} + A_{EB}$	[m²]	592	
res. Durchmesser je Nachklärbecken	$D_{NB}$		[m]	27,5	
gew. Durchmesser je Nachklärbecken	$D_{NB}$		[m]	28,0	
Oberfläche je Nachklärbecken (gesamt)	$A_{NB,ges}$		[m²]	616	
res. effektive Oberfläche je Nachklärbecken	$A_{NB,eff}$		[m²]	595	
res. Oberflächenbeschickung	$q_{A,res}$		[m/h]	0,89	
res. Schlammvolumenbeschickung	$q_{SV,res}$		[l/(m²·h)]	336	
<b>Berechnung der Beckentiefe:</b>					
Klarwasserzone	$h_1$		[m]	0,50	
Übergangs- und Pufferzone	$h_{23}$	$= q_A \cdot (1 + RV) \cdot [500/(1000-VSV) + VSV/1100]$	[m]	1,79	
Eindick- und Räumzone	$h_4$	$= TS_{AB} \cdot q_A \cdot (1 + RV) \cdot t_E/TS_{BS}$	[m]	0,93	
erf. Gesamthöhe auf 2/3 Fließweg	$h_{ges,erf}$		[m]	3,22	
<b>Festlegung weiterer konstruktiver Daten:</b>					
gewählte Sohneigung	$\alpha$		[%]	8,0	
rechnerische Randwassertiefe	$h_{Rand}$		[m]	2,91	nach DWA-A 131: > 2,5 m bei Rundbecken
gewählte Randwassertiefe	$h_{Rand}$		[m]	3,00	
gewählter Durchmesser Schlammsichter	$D_{Tr}$		[m]	3,00	
rechnerische Wassertiefe am Trichterrand	$h_{Tr}$		[m]	3,91	
gewählte Wassertiefe am Trichterrand	$h_{Tr}$		[m]	4,00	
resultierende Sohneigung	$\alpha$		[°]	3,5	
			[%]	8,0	
			[-]	1 : 12,5	
res. Gesamthöhe auf 2/3 Fließweg	$h_{ges,res}$		[m]	3,31	nach DWA-A 131: > 3,0 m bei Rundbecken

# Anlage 3

## Bemessung Belebung Variante 1

### Bemessung von Belebungsanlagen nach dem Arbeitsblatt DWA-A 131 (2016)

Auftraggeber:	Gemeinde Aarbergen		
Projekt:	Ermittlung des Investitionskostenbedarf der Kläranlage Rückershausen	Projektnummer:	3101-3741
Auftragsbezeichnung:	Studie	Stand:	05.10.2023

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Parameter	Kurzzeichen	Dimension	Wert	
			bei $T_{Bem}$	bei $T_{max}$
<b>Zuflüsse:</b>				
tägl. Abfluss zur Berechnung der Konzentrationen aus Frachten	$Q_{d,Konz}$	[m³/d]	3.172	3.172
max. TW-Abfluss als 2h-Mittel	$Q_{T,2h,max}$	[m³/h]	135	135
max. MW-Abfluss	$Q_M$	[m³/h]	529	529
<b>Frachten im Zulauf zur biologischen Stufe:</b>				
Chemischer Sauerstoffbedarf	$B_{d,CSB,ZB}$	[kg/d]	1.673	1.673
Chemischer Sauerstoffbedarf, gelöst	$B_{d,S,CSB,ZB}$	[kg/d]	792	792
Abfiltrierbare Stoffe	$B_{d,TS,ZB}$	[kg/d]	787	787
Total Kjeldahl-Stickstoff	$B_{d,TKN,ZB}$	[kg/d]	142	142
Ammonium-Stickstoff	$B_{d,NH4,ZB}$	[kg/d]	100	100
Nitrat-Stickstoff	$B_{d,NO3,ZB}$	[kg/d]	10,0	10,0
Gesamtphosphor	$B_{d,P,ZB}$	[kg/d]	22,3	22,3
<b>Ergebnisse Belebungsbeckenbemessung:</b>				
Art der Denitrifikation			bei $T_{Bem}$	bei $T_{max}$
			intermittierende Denitrifikation	
Biologische P-Elimination			kein Bio-P	
Schlammstabilisierung			simultane aerobe Stabilisierung	
Bemessungstemperatur	$T_{Bem}$	[°C]	12,0	20,0
TS-Gehalt Belebung	$TS_{BB}$	[kg TS/m³]	3,15	3,15
erforderliches Schlammalter	$t_{TS,Bem,erf}$	[d]	25,0	14,3
erforderliches Belebungsbeckenvolumen	$V_{BB,erf}$	[m³]	6.101	3.498
vorhandenes/gewähltes Belebungsbeckenvolumen	$V_{BB,gew/vorh}$	[m³]	3.092	3.097
resultierendes Schlammalter	$t_{TS,Bem,res}$	[d]	11,3	12,5
resultierendes aerobes Schlammalter	$t_{TS,aerob,Bem,res}$	[d]	6,4	7,2
DN-Anteil	$V_D/V_{BB}$	[%]	43,4	42,1
<b>Überschussschlammproduktion:</b>				
Schlammproduktion aus Kohlenstoffabbau	$\dot{U}S_{d,C}$	[kg/d]	783	707
Schlammproduktion aus P-Fällung	$\dot{U}S_{d,P}$	[kg/d]	76	76
Tägliche Überschussschlammproduktion	$\dot{U}S_d$	[kg/d]	858	782
<b>Ablaufwerte:</b>				
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	[mg/l]	2,0	2,0
Ammoniumkonzentration im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	[mg/l]	0,0	0,0
Nitratkonzentration im Ablauf	$S_{NO3,AN}$	[mg/l]	3,5	3,5
Ablaufkonzentration $P_{ges}$	$C_{P,AN}$	[mg/l]	0,3	0,3
Säurekapazität im Ablauf der Belebung	$S_{KS,AB}$	[mmol/l]	1,1	1,1

### Bemessung von Belebungsanlagen nach dem Arbeitsblatt DWA-A 131 (2016)

Auftraggeber: **Gemeinde Aarbergen**  
 Projekt: **Ermittlung des Investitionskostenbedarf der Kläranlage Rückershausen** Projektnummer: **3101-3741**  
 Auftragsbezeichnung: **Studie** Stand: **05.10.2023**

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Parameter	Kurzzeichen	Dimension	Wert	Wert
<b>P-Fällung:</b>				
zu fällender Phosphor	$X_{P, Fall}$	[mg/l]	3,0	3,0
mittlerer Me-Fällmittelbedarf	$B_{d, FM}$	[kg Me/d]	26,1	26,1
<b>Dosierung externe C-Quelle:</b>				
Dosiermenge	$C_{CSB, dos}$	[mg CSB/l]	0,0	0,0
externe C-Quelle	$B_{d, CSB, dos}$	[kg CSB/d]	0,0	0,0
tägliche Dosiermenge der C-Quelle	$Q_{d, CSB, dos}$	[l/d]	0,0	0,0
<b>Erforderliche Rückführung bzw. Taktdauer:</b>				
erforderliche Rückführung	$RF_{eff}$	[-]	8,9	9,6
Taktdauer	$t_R$	[h]	2,3	2,2
Nitrifikationszeit	$t_T$	[h]	1,3	1,2
Denitrifikationszeit	$t_N$	[h]	1,0	0,9
<b>Sonstige Kenndaten:</b>				
CSB-Schlammbelastung	$B_{TS}$	[kg CSB/(kg TS *d)]	0,17	0,17
Raumbelastung	$B_R$	[kg CSB/(m <sup>3</sup> *d)]	0,54	0,54
<b>Ermittlung des erforderlichen Sauerstoffbedarfs:</b>				
Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination	$OV_{d, C}$	[kg O <sub>2</sub> /d]	871	970
Sauerstoffverbrauch durch Denitrifikation gedeckt	$OV_{d, D}$	[kg O <sub>2</sub> /d]	284	306
Sauerstoffverbrauch durch Nitrifikation	$OV_{d, N}$	[kg O <sub>2</sub> /d]	431	465
mittlerer täglicher Sauerstoffverbrauch	$OV_d$	[kg O <sub>2</sub> /d]	1.149	1.129
mittlerer stündlicher Sauerstoffverbrauch	$OV_{h, aM}$	[kg O <sub>2</sub> /h]	82	81
maximaler stündlicher Sauerstoffverbrauch	$OV_{h, max}$	[kg O <sub>2</sub> /h]	91	98

# Anlage 4

## Bemessung Schlammweg Variante 1

<b>Nachweis Schlammweg</b>						
Auftraggeber:		Gemeinde Aarbergen				
Projekt:		Ermittlung des Investitionskostenbedarf der Kläranlage Rückershausen			Projektnummer: 3101 - 3741	
Auftragsbezeichnung:		Studie			Stand: 20.11.2023	
Parameter	Kurzzeichen	Berechnungsformel	Dimension	Bestand 12.575 E 85-Perzentil	Prognose 13.190 E 85-Perzentil	
<b>Faktor für die Prognoseberechnung</b>						
<b>Überschussschlamm:</b>						
Überschussschlammfall	M <sub>US</sub>	Nachrechnung Belebungsbecken	[kg TS/d]	796,0	844	
Trockenrückstand ÜS aus Biologie (DWA-M 368 (2014))	TR <sub>US</sub>	DWA-M 368	[%]	0,7	0,7	
Überschussschlammmenge aus der Biologie	Q <sub>US</sub>	= M <sub>PS</sub> / (TR <sub>PS</sub> * 10)	[m³/d]	113,7	120,6	
<b>Statische Überschussschlammverdickung:</b>						
<b>Eindicker:</b>						
Volumen des Eindickers	V <sub>NE</sub>	gegeben	m³	350,0	350,0	
Speicherzeit Eindicker	t <sub>NE</sub>	= V <sub>NE</sub> / Q <sub>US</sub>	d	3,1	2,9	
Trockensubstanzgehalt im Austrag des Eindickers	TS <sub>US,e</sub>	gewählt	kg/m³	2,0	2,0	
Schlammmenge im Austrag des Eindickers	Q <sub>US,e</sub>	= M <sub>US</sub> / (TS <sub>US,e</sub> * 10)	m³/d	39,8	42,2	
vorhandene Oberfläche	A <sub>O,NE</sub>	gegeben	m²	87,5	87,5	
Oberflächenbelastung	TS <sub>s,NE</sub>	= M <sub>PS,d</sub> / A <sub>O,NE</sub> (für Bestand mit gegebenem Wert)	kg TS/(m²·d)	9,1	9,6	
zulässige Oberflächenbelastung (DWA-M 381 (2007))	TS <sub>s,NE,zul</sub>	aus DWA-M 381 (2007) für mittelmäßig eindickbare Schlämme	kg TS/(m²·d)	40-80	40-80	
Trübwasseranfall	Q <sub>Trüw,NE</sub>	= Q <sub>US</sub> - Q <sub>US,e</sub>	m³/d	73,9	78,4	
<b>Technische Daten Dünn- und Dickschlammpumpe</b>						
<b>Dünnschlammpumpe</b>						
Anzahl Aggregate			-	2	2	
davon Redundanz			-	1	1	
Aggregate zeitgleich in Betrieb			-	1	1	
<b>Schlammwässerung Schneckenpresse</b>						
<b>Bemessungswerte</b>						
Wöchentlicher eingedickter Schlammfall	M <sub>US,e,Wo</sub>	= M <sub>US</sub> * 7 d/Wo	kg TS/Wo	5.572	5.908	
Trockenrückstand eingedickter Schlamm	TR <sub>US,e</sub>	gewählt	%	2,0	2,0	
Trockenrückstand nach Schlammwässerung (DWA-M 366 (2013))	TR <sub>SE</sub>	gewählt	%	21	21	
Wöchentliche eingedickte Schlammmenge	Q <sub>US,e,Wo</sub>	= M <sub>US,e,Wo</sub> / (TR <sub>US,e</sub> * 10)	m³/Wo	279	295	
Betriebstage pro Woche	A <sub>d,Wo</sub>	gewählt	d/Wo	5,0	5,0	
Betriebsstunden pro Tag	A <sub>h,d</sub>	gewählt	h/d	6,0	6,0	
Betriebsstunden pro Woche	A <sub>h,Wo</sub>	gewählt	h/Wo	30	30	
Durchsatzmenge Schlamm im Eintrag pro Entwässerungstag (d <sub>s</sub> )	Q <sub>Schl,zu,d5</sub>	= Q <sub>Schl,zu,Wo</sub> / A <sub>d</sub>	[m³/d <sub>s</sub> ]	56	59	
Feststofffracht im Eintrag pro Entwässerungstag (d <sub>s</sub> )	B <sub>TM,zu,d5</sub>	= B <sub>TM,zu,Wo</sub> / A <sub>d</sub>	[kg TM/d <sub>s</sub> ]	114	1182	
Durchsatzmenge Schlamm und pFM im Eintrag pro Entwässerungstag (d <sub>s</sub> )	Q <sub>z,u,d5</sub>	= (Q <sub>Schl,zu,h</sub> + Q <sub>pFM,zu,h</sub> )	[m³/h]	66,9	70,9	
Durchsatzmenge Schlamm im Eintrag pro Entwässerungsstunde	Q <sub>Schl,zu,h</sub>	= Q <sub>Schl,zu,d5</sub> / A <sub>h</sub>	[m³/h]	9,3	9,8	
Feststofffracht im Eintrag pro Entwässerungsstunde	B <sub>TM,zu,h</sub>	= B <sub>TM,zu,d5</sub> / A <sub>h</sub>	[kg TS/h]	185,7	196,9	
Durchsatzmenge Schlamm und pFM im Eintrag pro Entwässerungsstunde	Q <sub>z,u,h</sub>	= (Q <sub>Schl,zu,h</sub> + Q <sub>pFM,zu,h</sub> )	[m³/h]	11,1	11,8	
<b>Technische Daten</b>						
Anzahl Aggregate			-	1	1	
davon Redundanz			-	0	0	
Aggregate zeitgleich in Betrieb			-	1	1	
Stündliche Durchsatzmenge je Aggregat	Q <sub>E,h</sub>		m³/h	11,1	11,8	
Stündlicher Feststoffdurchsatz je Aggregat	M <sub>E,h</sub>		kg TR/h	185,7	196,9	
Stündliche Durchsatzmenge gesamt	Q <sub>E,h</sub>		m³/h	11,1	11,8	
Stündlicher Feststoffdurchsatz gesamt	M <sub>E,h</sub>		kg TR/h	185,7	196,9	
Gewählte Nenndurchsatzmenge je Aggregat	Q <sub>E,h</sub>		m³/h	20,0	20,0	
Gewählter Nennfeststoffdurchsatz je Aggregat	M <sub>E,h</sub>		kg TR/h	350,0	350,0	
Auslastungsgrad - Durchsatzmenge gesamt		= Q <sub>z,u,h</sub> / Q <sub>E,h</sub> * 100%	[%]	55,7	59,1	
Auslastungsgrad - Feststofffracht gesamt		= B <sub>TM,zu,h</sub> / B <sub>TM,1max,h</sub> * 100 %	[%]	53,1	56,3	
Betriebszeit pro Entwässerungstag Durchsatzmenge je Aggregat	t <sub>Qz,u,1max</sub>	= Q <sub>Schl,zu,d5</sub> / Q <sub>z,u,1max,h</sub> * 0,5	[h/d <sub>s</sub> ]	6,7	7,1	
Betriebszeit pro Entwässerungstag Feststofffracht je Aggregat	t <sub>BTM,1max</sub>	= B <sub>TM,zu,d5</sub> / B <sub>TM,1max,h</sub> * 0,5	[h/d <sub>s</sub> ]	6,4	6,8	

<b>Fällmittelzugabe</b>					
<b>Bemessung pFM-Menge</b>					
Spezifischer pFM-Bedarf (Dichte = 1 kg/l) (DWA-M 366 (2013))	$pFM_{WS}$	gewählt DWA-M 366	kg WS/t TR	10,0	10,0
Durchsatzmenge WS pro Entwässerungstag	$m_{WS,d5}$	$= B_{TM,Zu,d5} * Q_{pFM,Spez} / 1000 \text{ kg TM/Mg TM}$	[kg WS/d <sub>5</sub> ]	11,1	11,8
Durchsatzmenge WS pro Entwässerungstunde	$m_{WS,h}$	$= B_{TM,Zu,h} * Q_{pFM,Spez} / 1000 \text{ kg TM/Mg TM}$	[kg WS/h]	1,9	2,0
Wirksubstanz pFM (Flüssigprodukt)	$c_{WS}$	Annahme	%	50	50
Durchsatzmenge Handelsware flüssig pro Entwässerungstag	$V_{HW,d5}$	$= m_{WS,d5} / (c_{WS,flüssig} / 100 \%)$	[l HW/d <sub>5</sub> ]	22,3	23,6
Ansatzlösung	$c_{SL}$		%	0,1	0,1
Durchsatz pFM-Anlage	$Q_{pFM}$	$= m_{WS,h} / (c_{SL} / 100 \%)$	[l/h]	1857	1969
<b>Bemessung pFM-Station</b>					
Reifezeit (DWA-M 350 (2014))	$t_R$	nach DWA-M 350 (2014)	[min]	45	45
Befüllzeit (DWA-M 350 (2014))	$t_B$	nach DWA-M 350 (2014)	[min]	15	15
Ansatzzeit	$t_{pFM}$	gewählt	[min]	60	60
Benötigtes Volumen pFM-Anlage	$V_{pFM,ber}$	$= t_{pFM} / 60 \text{ min/h} * Q_{pFM,verdr,h}$	[l]	1857,3	1969,3
Gewähltes Volumen pFM-Anlage	$V_{pFM,gew}$	gewählt (150% des benötigten Volumen)	[l]	2954,0	2954,0
Anzahl der Anlagen	$n_A$	gewählt	-	1,0	1,0
Anzahl der Kammern	$n_K$	gewählt	-	2,0	2,0
Größe einer Kammer	$V_{pFM,K}$	$= V_{pFM,gew} / n_A / n_K$	[l]	1477,0	1477,0
Volumen Betriebswasser	$V_{BW}$	$= V_{pFM,erf} * (100 \% - c_{SL}) / 100 \%$	[l]	1855,5	1967,4
Durchsatzmenge Betriebswasser in Befüllzeit	$Q_{BW}$	$= V_{BW} / t_B / 60 \text{ s/min}$	[l/s]	2,1	2,2
<b>Dickschlamm- und Zentratmenge:</b>					
Stündliche Menge entwässerter Schlamm	$Q_{FS,a,h}$	$= Q_{FS,h} * (TR_{FS} / TR_{FS,e})$	m <sup>3</sup> /h	0,9	0,9
Tägliche Menge entwässerter Schlamm (5-Tage-Woche)	$Q_{FS,a,d}$	$= Q_{FS,a,h} * A_{h,Wo}$	m <sup>3</sup> /d <sub>5</sub>	5,3	5,6
Stündlich anfallendes Zentrat	$Q_{Z,h}$	$= Q_{FS,h} / Q_{FS,a,h}$	m <sup>3</sup> /h	10,3	10,9
Täglich anfallendes Zentrat (5-Tage Woche)	$Q_{Z,d}$	$= Q_{Z,h} * A_{h,Wo}$	m <sup>3</sup> /d <sub>5</sub>	61,6	65,3
<b>Prozesswasser:</b>					
Prozesswassermenge von Entwässerung und Eindicker	$Q_{PW,E+NE}$	s.o.	m <sup>3</sup> /d	135,5	143,6
gewähltes Speichervolumen Prozesswasser	$V_{PW,verh}$		m <sup>3</sup>	150	150
Speicherzeit Prozesswasserspeicher	$t_{PW}$	berechnet	d	1,1	1,0

# Anlage 5

## Bemessung Vorklärung Variante 2



<b>Bemessung der Vorklärung nach DWA A 131 (2016)</b>					
Auftraggeber:		Gemeinde Aarbergen			
Projekt:		Ermittlung des Investitionskostenbedarf der Kläranlage Rückershausen		Projektnummer:	3101-3741
Auftragsbezeichnung:		Studie		Stand:	31.10.2023
Parameter	Kurzzeichen	Berechnungsformel	Dimension	Bemessungsfall 1: $Q_{T,h,max}$	Bemessungsfall 2: $Q_{max}$
angeschlossene Einwohnerwerte			E	13.190	13.190
<b>Zuflüsse:</b>					
mittlerer täglicher TW-Abfluss	$Q_{T,d,aM}$		[m³/d]	2.669	---
max. TW-Abfluss als h-Mittel	$Q_{T,h,max}$		[m³/h]	155	---
max. MW-Abfluss	$Q_M$		[m³/h]	529	529
<b>Sonstige Parameter:</b>					
Aufenthaltszeit	$t_{VK,gew}$		[h]	0,75	---
<b>Ermittlung des Volumens und der Beckenmaße</b>					
benötigtes Volumen Vorklärbecken	$V_{VK,ber}$	$= t_{VK,gew} \cdot Q_{T,h,max}$	[m³]	116,3	---
	$V_{VK,gew}$	(gerundet)	[m³]	120	120
Anzahl der Vorklärbecken	$n_{VK}$	(gewählt)	[-]	1	1
Volumen je Vorklärbecken			[m³]	120	120
Höhe	$h$	(gewählt)	[m]	2,0	2,0
Flächenbeschickung je Becken	$q_A$	$= h/t_R/n_{VK}$	[(m³/m²·h)]	1,9	8,8
Oberfläche	$A$	$= V_{VK,gew}/h$	[m²]	60,00	60,00
Breite	$B$	(gewählt)	[m]	3,50	3,50
Länge	$L$	$= A/B$	[m]	17,14	17,14
Verhältnis Breite/Länge	$B/L$	$= B/L$	[m]	0,20	0,20
<b>Ermittlung des Primärschlammanfalls:</b>					
Abscheideleistung der Vorklärung (in Abhängigkeit der Aufenthaltszeit)	$\eta_{TS}$		[%]	60	60
täglicher Primärschlammanfall	$Q_{PS,d}$	$= \eta_{TS}/100 \cdot B_{d,TS,z}$	[kg TR/d]	472,2	472,2
TR des Primärschlamm	$TR_{PS}$		[%]	3,0	3,0
täglicher Primärschlammanfall	$M_{PS,d}$		[m³/d]	15,7	15,7
<b>Nachweis für <math>Q_M</math>:</b>					
minimale Aufenthaltszeit bei Mischwasserabfluss	$t_{VK,min}$	$= V_{VK,gew}/Q_M$	[h]	0,23	0,23
			[min]	14	14
<b>Aufenthaltszeit mittlerer TW-Abfluss</b>					
Aufenthaltszeit bei mittlerem täglichen Trockenwetterabfluss	$t_{VK,T}$	$= V_{VK,gew} / (Q_{T,d,aM} / 24 \text{ h/d})$	[h]	1,1	---
<b>Abscheideleistung der Vorklärung für Aufenthaltszeit bei mittlerem TW-Abfluss</b>					
Chemischer Sauerstoffbedarf	$\eta_{CSB}$		[%]	35	
Abfiltrierbare Stoffe	$\eta_{TS}$		[%]	60	
Total Kjeldahl-Stickstoff	$\eta_{TKN}$		[%]	10	
Gesamtposphor	$\eta_P$		[%]	10	

<b>Bemessung der Vorklärung nach DWA A 131 (2016)</b>					
Auftraggeber:	Gemeinde Aarbergen				
Projekt:	Ermittlung des Investitionskostenbedarf der Kläranlage Rückershausen			Projektnummer:	3101-3741
Auftragsbezeichnung:	Studie			Stand:	31.10.2023
Parameter	Kurzzeichen	Berechnungsformel	Dimension	Bemessungsfall 1: $Q_{T,h,max}$	Bemessungsfall 2: $Q_{max}$
<b>Frachten im Zulauf zur biologischen Stufe:</b>					
Chemischer Sauerstoffbedarf	$B_{d,CSB,ZB}$	$= (100 - \eta_{CSB})/100 \cdot B_{d,CSB,Z}$	[kg/d]	1.087	
Abfiltrierbare Stoffe	$B_{d,TS,ZB}$	$= (100 - \eta_{TS})/100 \cdot B_{d,TS,Z}$	[kg/d]	315	
Total Kjeldahl-Stickstoff	$B_{d,TKN,ZB}$	$= (100 - \eta_{TKN})/100 \cdot B_{d,TKN,Z}$	[kg/d]	127,8	
Ammonium-Stickstoff	$B_{d,NH_4,ZB}$	$= B_{d,NH_4,Z}$	[kg/d]	100,0	
Nitrat-Stickstoff	$B_{d,NO_3,ZB}$	$= B_{d,NO_3,Z}$	[kg/d]	10,0	
Gesamtposphor	$B_{d,P,ZB}$	$= (100 - \eta_p)/100 \cdot B_{d,P,Z}$	[kg/d]	20,1	
<b>Konzentrationen im Zulauf zur biologischen Stufe:</b>					
Chemischer Sauerstoffbedarf	$C_{CSB,ZB}$	$= B_{d,CSB,ZB} \cdot Q_{T,d,aM}/1000$	[mg/l]	343	
Abfiltrierbare Stoffe	$X_{TS,ZB}$	$= B_{d,TS,ZB} \cdot Q_{T,d,aM}/1000$	[mg/l]	99	
Total Kjeldahl-Stickstoff	$C_{TKN,ZB}$	$= B_{d,TKN,ZB} \cdot Q_{T,d,aM}/1000$	[mg/l]	40,3	
Ammonium-Stickstoff	$S_{NH_4,ZB}$	$= B_{d,NH_4,ZB} \cdot Q_{T,d,aM}/1000$	[mg/l]	31,5	
Nitrat-Stickstoff	$S_{NO_3,ZB}$	$= B_{d,NO_3,ZB} \cdot Q_{T,d,aM}/1000$	[mg/l]	3,2	
Gesamtposphor	$C_{P,ZB}$	$= B_{d,P,ZB} \cdot Q_{T,d,aM}/1000$	[mg/l]	6,3	

# Anlage 6

## Bemessung Belebung Variante 2

### Bemessung von Belebungsanlagen nach dem Arbeitsblatt DWA-A 131 (2016)

Auftraggeber:	Gemeinde Aarbergen		
Projekt:	Ermittlung des Investitionskostenbedarf der Kläranlage Rückershausen	Projektnummer:	3101-3741
Auftragsbezeichnung:	Studie	Stand:	16.03.2023

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Parameter	Kurzzeichen	Dimension	Wert	
			bei $T_{Bem}$	bei $T_{max}$
<b>Zuflüsse:</b>				
tägl. Abfluss zur Berechnung der Konzentrationen aus Frachten	$Q_{d,Konz}$	[m³/d]	3.172	3.172
max. TW-Abfluss als 2h-Mittel	$Q_{T,2h,max}$	[m³/h]	135	135
max. MW-Abfluss	$Q_M$	[m³/h]	529	529
<b>Frachten im Zulauf zur biologischen Stufe:</b>				
Chemischer Sauerstoffbedarf	$B_{d,CSB,ZB}$	[kg/d]	1.087	1.087
Chemischer Sauerstoffbedarf, gelöst	$B_{d,S\_CSB,ZB}$	[kg/d]	685	685
Abfiltrierbare Stoffe	$B_{d,TS,ZB}$	[kg/d]	315	315
Total Kjeldahl-Stickstoff	$B_{d,TKN,ZB}$	[kg/d]	128	128
Ammonium-Stickstoff	$B_{d,NH4,ZB}$	[kg/d]	90	90
Nitrat-Stickstoff	$B_{d,NO3,ZB}$	[kg/d]	10,0	10,0
Gesamtphosphor	$B_{d,P,ZB}$	[kg/d]	20,1	20,1
<b>Ergebnisse Belebungsbeckenbemessung:</b>				
Art der Denitrifikation	intermittierende Denitrifikation			
Biologische P-Elimination	kein Bio-P			
Schlammstabilisierung	anaerobe Stabilisierung			
Bemessungstemperatur	$T_{Bem}$	[°C]	12,0	20,0
TS-Gehalt Belebung	$TS_{BB}$	[kg TS/m³]	3,15	3,15
erforderliches Schlammalter	$t_{TS,Bem,erf}$	[d]	24,3	10,6
erforderliches Belebungsbeckenvolumen	$V_{BB,erf}$	[m³]	3.222	1.553
vorhandenes/gewähltes Belebungsbeckenvolumen	$V_{BB,gew/vorh}$	[m³]	3.040	3.040
resultierendes Schlammalter	$t_{TS,Bem,res}$	[d]	22,6	24,8
resultierendes aerobes Schlammalter	$t_{TS,aerob,Bem,res}$	[d]	9,3	10,7
Prozessfaktor	PF	[-]	2,04	5,12
DN-Anteil	$V_D/V_{BB}$	[%]	58,8	56,9
<b>Überschussschlammproduktion:</b>				
Schlammproduktion aus Kohlenstoffabbau	$\dot{U}_{S,d,C}$	[kg/d]	338	301
Schlammproduktion aus P-Fällung	$\dot{U}_{S,d,P}$	[kg/d]	85	85
Tägliche Überschussschlammproduktion	$\dot{U}_{S,d}$	[kg/d]	423	386
<b>Ablaufwerte:</b>				
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	[mg/l]	2,0	2,0
Ammoniumkonzentration im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	[mg/l]	0,0	0,0
Nitratkonzentration im Ablauf	$S_{NO3,AN}$	[mg/l]	3,5	3,5
Ablaufkonzentration $P_{ges}$	$C_{P,AN}$	[mg/l]	0,3	0,3
Säurekapazität im Ablauf der Belebung	$S_{KS,AB}$	[mmol/l]	1,2	1,2

### Bemessung von Belebungsanlagen nach dem Arbeitsblatt DWA-A 131 (2016)

Auftraggeber:	Gemeinde Aarbergen		
Projekt:	Ermittlung des Investitionskostenbedarf der Kläranlage Rückershausen	Projektnummer:	3101-3741
Auftragsbezeichnung:	Studie	Stand:	16.03.2023

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Parameter	Kurzzeichen	Dimension	Wert	Wert
<b>P-Fällung:</b>				
zu fällender Phosphor	$X_{P, Fall}$	[mg/l]	3,6	3,6
mittlerer Me-Fällmittelbedarf	$B_{d, FM}$	[kg Me/d]	31,1	31,1
<b>Dosierung externe C-Quelle:</b>				
Dosiermenge	$C_{CSB, dos}$	[mg CSB/l]	0,0	0,0
externe C-Quelle	$B_{d, CSB, dos}$	[kg CSB/d]	0,0	0,0
tägliche Dosiermenge der C-Quelle	$Q_{d, CSB, dos}$	[l/d]	0,0	0,0
<b>Erforderliche Rückführung bzw. Taktdauer:</b>				
erforderliche Rückführung	$RF_{eff}$	[-]	9,3	9,7
Taktdauer	$t_R$	[h]	2,2	2,1
Nitrifikationszeit	$t_T$	[h]	0,9	0,9
Denitrifikationszeit	$t_N$	[h]	1,3	1,2
<b>Sonstige Kenndaten:</b>				
CSB-Schlammbelastung	$B_{TS}$	[kg CSB/(kg TS *d)]	0,11	0,11
Raumbelastung	$B_R$	[kg CSB/(m <sup>3</sup> *d)]	0,36	0,36
<b>Ermittlung des erforderlichen Sauerstoffbedarfs:</b>				
Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination	$OV_{d, C}$	[kg O <sub>2</sub> /d]	671	720
Sauerstoffverbrauch durch Denitrifikation gedeckt	$OV_{d, D}$	[kg O <sub>2</sub> /d]	296	307
Sauerstoffverbrauch durch Nitrifikation	$OV_{d, N}$	[kg O <sub>2</sub> /d]	450	467
mittlerer täglicher Sauerstoffverbrauch	$OV_d$	[kg O <sub>2</sub> /d]	832	879
mittlerer stündlicher Sauerstoffverbrauch	$OV_{h, aM}$	[kg O <sub>2</sub> /h]	84	85
maximaler stündlicher Sauerstoffverbrauch	$OV_{h, max}$	[kg O <sub>2</sub> /h]	129	130

# Anlage 7

## Bemessung Schlammweg Variante 2

Nachweis der Schlammbehandlung						
Auftraggeber:		Gemeinde Aarbergen				
Projekt:		Ermittlung des Investitionskostenbedarf der Kläranlage Rückershausen			Projektnummer: 3101 - 3741	
Auftragsbezeichnung:		Studie			Stand: 27.11.2023	
Parameter	Kurzzeichen	Berechnungsformel	Dimension	Bestand 12.575 E 85-Perzentil	Prognose 13.190 E 85-Perzentil	
<b>Faktor für die Prognoseberechnung</b>				1	1,05	
<b>Primärschlamm:</b>						
Primärschlammfall	$M_{PS}$	$t_{VK} = 1 \text{ h}$	[kg TS/d]	446,4	472,2	
Trockenrückstand PS aus VKB	$TR_{PS}$	DWA-M 368	[%]	3,0	3,0	
Primärschlamm	$Q_{PS}$	$= M_{PS} / (TR_{PS} \cdot 10)$	[m³/d]	14,9	15,7	
Glühverlust Primärschlamm	$GV_{PS}$	DWA-M 383	[%]	71,5	71,5	
org. Feststoffmasse Primärschlamm	$oM_{PS}$	$= M_{PS} \cdot GV_{PS}/100$	[kg oTS/d]	319,2	337,6	
<b>Überschussschlamm:</b>						
Überschussschlammfall	$M_{US}$	DWA-M 368	[kg TS/d]	376,0	402,0	
Trockenrückstand US aus Biologie	$TR_{US}$	DWA-M 368	[%]	0,7	0,7	
Überschussschlammmenge aus der Biologie	$Q_{US}$	$= M_{PS} / (TR_{PS} \cdot 10)$	[m³/d]	53,7	57,4	
<b>Maschinelle Überschussschlammdeickung:</b>						
<b>Bemessungswerte</b>						
Wöchentliche Überschussschlammfall	$M_{US,Wo}$	$= M_{US,d} \cdot 7 \text{ d/Wo}$	[kg TS/Wo]	2.632	2.814	
Trockenrückstand Überschussschlamm	$TR_{US}$	aus Betriebstagebuchdaten	[%]	0,7	0,7	
Trockenrückstand eingeickter Überschussschlamm	$TR_{US,e}$	DWA-M 381	[%]	5,0	5,0	
Wöchentliche Überschussschlammmenge	$Q_{US,Wo}$	$= M_{US,Wo} / (TR_{US} \cdot 10)$	[m³/Wo]	376	402	
Betriebstage pro Woche	$A_{d,Wo}$	gewählt	[d/Wo]	5,0	5,0	
Betriebsstunden pro Tag	$A_{h,d}$	gewählt	[h/d]	7,0	7,0	
Betriebsstunden pro Woche	$A_{h,Wo}$	$= A_{d,Wo} \cdot A_{h,d}$	[h/Wo]	35	35	
Durchsatzmenge Schlamm im Eintrag pro Eindicktag ( $d_d$ )	$Q_{SCH,Zu,d}$	$= Q_{SCH,Zu,Wo} / A_d$	[m³/d]	75	80	
Feststofffracht im Eintrag pro Eindicktag ( $d_d$ )	$B_{TM,Zu,d}$	$= B_{TM,Zu,Wo} / A_d$	[kg TM/d]	526	563	
Durchsatzmenge Schlamm und pFM im Eintrag pro Eindicktag ( $d_d$ )	$Q_{Zu,h}$	$= (Q_{SCH,Zu,h} + Q_{pFM,Zu,h})$	[m³/d]	75,2	80,4	
Durchsatzmenge Schlamm im Eintrag pro Eindickstunde	$Q_{SCH,Zu,h}$	$= Q_{SCH,Zu,d} / A_h$	[m³/h]	10,7	11,5	
Feststofffracht im Eintrag pro Eindickstunde	$B_{TM,Zu,h}$	$= B_{TM,Zu,d} / A_h$	[kg TS/h]	75,2	80,4	
Durchsatzmenge Schlamm und pFM im Eintrag pro Eindickstunde	$Q_{Zu,h}$	$= (Q_{SCH,Zu,h} + Q_{pFM,Zu,h})$	[m³/h]	11,3	12,0	
<b>Technische Daten Maschinelle Überschussschlammdeickung</b>						
Anzahl Aggregate			-	1	1	
davon Redundanz			-	0	0	
Aggregate zeitgleich in Betrieb	$n_A$		-	1	1	
Stündliche Durchsatzmenge je Aggregat	$Q_{e,h}$	Erfahrungswert Anlagenbetrieb	m³/h	11,3	12,0	
Stündlicher Feststoffdurchsatz je Aggregat	$M_{e,h}$		kg TR/h	75,2	80,4	
Stündliche Durchsatzmenge gesamt	$Q_{e,h}$		m³/h	11,3	12,0	
Stündlicher Feststoffdurchsatz gesamt	$M_{e,h}$		kg TR/h	75,2	80,4	
Gewählte Nenndurchsatzmenge je Aggregat	$Q_{e,h}$	Erfahrungswert Anlagenbetrieb	m³/h	15,0	15,0	
Gewählter Nennfeststoffdurchsatz je Aggregat	$M_{e,h}$		kg TR/h	140,0	140,0	
Auslastungsgrad - Durchsatzmenge gesamt		$= Q_{Zu,h} / Q_{e,h} \cdot 100\%$	[%]	75,1	80,3	
Auslastungsgrad - Feststofffracht gesamt		$= B_{TM,Zu,h} / B_{TM,1max,h} \cdot 100\%$	[%]	53,7	57,4	
Betriebszeit pro Eindicktag Durchsatzmenge je Aggregat	$t_{Zu,1max}$	$= Q_{SCH,Zu,d} / Q_{Zu,1max,h}$	[h/d]	5,0	5,4	
Betriebszeit pro Eindicktag Feststofffracht je Aggregat	$t_{FM,1max}$	$= B_{TM,Zu,d} / B_{TM,1max,h}$	[h/d]	3,8	4,0	
Stündliche Spülwassermenge (Annahme: 10 % der Überschussschlammmenge $Q_{Sp,h}$ )		$= 0,1 \cdot Q_{SCH,Zu,h}$	m³/h	1,1	1,1	
<b>Fällmittelzugabe</b>						
<b>Bemessung pFM-Menge</b>						
Spezifischer pFM-Bedarf (Dichte $\approx 1 \text{ kg/l}$ )	$pFM_{WS}$	gewählt DWA-M 381	kg WS/t TR	7,0	7,0	
Durchsatzmenge WS pro Eindicktag	$m_{WS,d}$	$= B_{TM,Zu,d} \cdot q_{pFM,spez} / 1000 \text{ kg TM/Mg TM}$	[kg WS/d]	3,7	3,9	
Durchsatzmenge WS pro Eindickstunde	$m_{WS,h}$	$= B_{TM,Zu,h} \cdot q_{pFM,spez} / 1000 \text{ kg TM/Mg TM}$	[kg WS/h]	0,5	0,6	
Wirksubstanz pFM (Flüssigprodukt)	$c_{WS}$	Annahme	%	50	50	
Durchsatzmenge Handelsware flüssig pro Eindicktag	$V_{HW,d}$	$= m_{WS,d} / (c_{WS,flüssig} / 100 \%)$	[l HW/d]	7,4	7,9	
Ansatzlösung	$c_{SL}$		%	0,1	0,1	
Durchsatz pFM-Anlage	$Q_{pFM}$	$= m_{WS,h} / (c_{SL} / 100 \%)$	[l/h]	526,4	562,8	
<b>Bemessung pFM-Station</b>						
Reifezeit	$t_R$	nach DWA-M 350 (2014)	[min]	45	45	
Befüllzeit	$t_B$	nach DWA-M 350 (2014)	[min]	15	15	
Ansetzzeit	$t_{pFM}$	gewählt	min	60	60	
Benötigtes Volumen pFM-Anlage	$V_{pFM,ber}$	$= t_{pFM} / 60 \text{ min/h} \cdot Q_{pFM,versch}$	l	526,4	562,8	
Gewähltes Volumen pFM-Anlage	$V_{pFM,gew}$	gewählt (150% des benötigten Volumen)	l	789,6	844,2	
Anzahl der Anlagen	$n_A$	gewählt	-	1,0	1,0	
Anzahl der Kammern	$n_K$	gewählt	-	2,0	2,0	
Größe einer Kammer	$V_{pFM,K}$	$= V_{pFM,gew} / n_A / n_K$	l	394,8	422,1	
Volumen Betriebswasser	$V_{BW}$	$= V_{pFM,ber} \cdot (100\% - c_{SL}) / 100\%$	[l]	525,9	562,2	
Durchsatzmenge Betriebswasser in Befüllzeit	$Q_{BW}$	$= V_{BW} / t_B / 60 \text{ s/min}$	[l/s]	0,6	0,6	
<b>Bemessung Dickschlamm- und Filtratmenge</b>						
Dickschlammmenge pro Eindickstunde	$Q_{US,e,h}$	$= Q_{US,d} \cdot (TR_{US} / TR_{US,e})$	m³/h	1,5	1,6	
Dickschlammmenge pro Eindicktag ( $d_d$ )	$Q_{US,e,d}$	$= Q_{US,e,h} \cdot A_{h,d}$	m³/d	10,5	11,3	
Anfallendes Filtrat pro Eindickstunde	$Q_{F,h}$	$= Q_{Zu,h} / A_{h,d}$	m³/h	9,8	10,4	
Anfallendes Filtrat pro Eindicktag ( $d_d$ )	$Q_{F,d}$	$= Q_{US,d} \cdot Q_{US,e,d}$	m³/d	68,4	73,1	

<b>Rohschlamm (Überschussschlämme + Primärschlamm):</b>					
Primärschlammfall	$M_{PS}$		[kg TS/d]	446,4	472,2
Trockenrückstand Primärschlamm	$TR_{PS,e}$		[%]	3,5	3,5
Primärschlammmenge	$Q_{PS,e}$	$= M_{PS} / (TR_{PS,e} \cdot 10)$	[m³/d]	12,8	13,5
Überschussschlammfall	$M_{US}$		[kg TS/d]	376	402
Trockenrückstand nach Eindickung	$TR_{US,e}$		[%]	5,0	5,0
Überschussschlammmenge	$Q_{US,e,d}$	$= M_{US} / (TR_{US,e} \cdot 10)$	[m³/d]	7,5	8,0
Rohschlammfall	$M_{RS}$	$= M_{PS} + M_{US}$	kg TS/d	822	874
Schlammrockensubstanz Rohschlamm	$TR_{RS}$	$= M_{RS} / (Q_{RS} \cdot 10)$	%	4,1	4,1
Rohschlammmenge	$Q_{RS}$		m³/d	20,3	21,5
<b>Faulung:</b>					
erforderliche Aufenthaltszeit im Faulbehälter	$t_{F,erf}$	gewählt nach DWA-M 368 (2014)	d	20-28	20-28
gewählte Aufenthaltszeit im Faulbehälter	$t_{F,gew}$		d	25,0	25,0
erforderliches Faulbehältervolumen	$V_{FB,erf}$	$= Q_{RS} \cdot t_{F,erf}$	m³	507	538
gewähltes Faulbehältervolumen	$V_{FB,gew}$		m³	600	600
Sicherheitsvolumen	SV	gewählt	%	10	10
zur Verfügung stehendes Faulbehältervolumen	$V_{FB}$	$= V_{FB,gew} \cdot (100 - SV) / 100$	m³	540	540
berechnete Aufenthaltszeit im Faulbehälter	$t_{F,ber}$	$= V_{FB} / Q_{RS}$	d	26,6	25,1
Glühverlust Primärschlamm	$GV_{PS}$	DWA-M 368	%	75,0	75,0
Glühverlust ÜSS	$GV_{US}$	DWA-M 368	%	72,0	72,0
org. Feststoffmasse Primärschlamm	$oM_{PS}$	$= M_{PS} \cdot GV_{PS} / 100$	kg oTM/d	334,8	354,2
org. Feststoffmasse ÜSS	$oM_{US}$	$= M_{US} \cdot GV_{US} / 100$	kg oTM/d	270,7	289,4
org. Feststoffmasse im Eintrag	$oM_{e,S}$	$= oM_{PS} + oM_{US}$	kg oTM/d	605,5	643,6
Abbau der org. Feststoffmasse Primärschlamm	$\eta_{ab,PS}$	gewählt nach DWA-M 368 (2014)	%	70,0	70,0
Abbau der org. Feststoffmasse ÜSS	$\eta_{ab,US}$	gewählt nach DWA-M 368 (2014)	%	45,0	45,0
abgebaute org. Feststoffmasse Primärschlamm nach Faulung	$oM_{PS,vergast}$	$= oM_{PS} \cdot \eta_{ab,PS} / 100$	kg oTM <sub>ab</sub> /d	234,4	247,9
abgebaute org. Feststoffmasse ÜSS nach Faulung	$oM_{US,vergast}$	$= oM_{US} \cdot \eta_{ab,US} / 100$	kg oTM <sub>ab</sub> /d	121,8	130,2
abgebaute org. Feststoffmasse nach Faulung	$oM_{vergast}$	$= oM_{PS,vergast} + oM_{US,vergast}$	kg oTM <sub>ab</sub> /d	356,2	378,2
org. Raumbelastung	$oQ_{R,FB}$	$= oM_{vergast} / V_{FB}$	kg oTM <sub>ab</sub> /(m³·d)	0,7	0,7
zulässige org. Raumbelastung	$oQ_{R,FB,zul}$	gewählt nach DWA-M 368 (2014)	kg oTM <sub>ab</sub> /(m³·d)	1,1-4	1,1-4
CSB-Gehalt pro kg oTM Rohschlamm	$C_{CSB,RS}$	Urban, Scheer, Co-Vergärung in kommunalen Faulbehältern (2011)	kg CSB/kg oTR	1,67	1,67
CSB-Fracht PS + ÜS	$B_{CSB,PS+US}$	$= C_{CSB,RS} \cdot (oM_{PS,vergast} + oM_{US,vergast})$	kg CSB <sub>ab</sub> /d	594,8	631,5
CSB-Raumbelastung	$oQ_{R,FB,CSB}$	$= B_{CSB,PS+US} / V_{FB}$	kg CSB <sub>ab</sub> /(m³·d)	1,1	1,2
zulässige CSB-Raumbelastung	$oQ_{R,FB,CSB,zul}$	gewählt nach DWA-M 368 (2014)	kg CSB <sub>ab</sub> /(m³·d)	1,7-2,3	1,7-2,3
org. Feststoffmasse im Austrag	$oM_{e,S}$	$= oM_{e,S} - oM_{vergast}$	kg TS/d	249,3	265,4
Faulschlammfall	$M_{FS,d}$	$= M_{RS} - oM_{vergast}$	kg TS/d	466,2	496,0
Faulschlammmenge im Austrag	$Q_{FS}$	$= Q_{RS}$	m³/d	20,3	21,5
Schlammrockensubstanz im Austrag	$TR_{FS}$	$= M_{FS,d} / (Q_{FS} \cdot 10)$	%	2,3	2,3
<b>Nacheindicker/Schlamm Speicher:</b>					
Volumen des Nacheindickers	$V_{NE}$	vorhanden	m³	100,0	100,0
Speicherzeit Nacheindicker	$t_{NE}$	$= V_{NE} / Q_{FS,abS}$	d	4,9	4,6
Trockensubstanzgehalt im Austrag des Nacheindickers	$TS_{PS,e}$	gewählt	kg/m³	2,3	2,3
Schlammmenge im Austrag des Nacheindickers	$Q_{FS,e}$	$= M_{FS,d} / (TS_{PS,e} \cdot 10)$	m³/d	20,3	21,5
vorhandene Oberfläche	$A_{o,NE}$	gegeben	m²	28,3	28,3
Oberflächenbelastung	$TS_{A,NE}$	$= M_{FS,d} / A_{o,NE}$ (für Bestand mit gegebenem Wert)	kg TS/(m²·d)	16,5	17,5
zulässige Oberflächenbelastung	$TS_{A,NE,zul}$	aus DWA-M 381 (2007) für mittelmäßig eindickbare Schlämme	kg TS/(m²·d)	40-80	40-80
Trübwasserfall	$Q_{Trüb,NE}$	$= Q_{FS} - Q_{FS,e}$	m³/d	0,0	0,0
<b>Schlammentwässerung Schneckenpresse</b>					
<b>Bemessungswerte</b>					
Wöchentliche Faulschlammfall	$M_{FS,e,Wo}$	$= M_{FS,d} \cdot 7 \text{ d/Wo}$	kg TS/Wo	3,264	3,472
Trockenrückstand Faulschlamm	$TR_{FS,e}$	gewählt	%	2,3	2,3
Trockenrückstand nach Schlammentwässerung	$TR_{SE}$	gewählt	%	20,0	20,0
Wöchentliche Faulschlammmenge	$Q_{FS,e,Wo}$	$= M_{FS,e,Wo} / (TR_{FS,e} \cdot 10)$	m³/Wo	142	151
Betriebsstage pro Woche	$A_{d,Wo}$	gewählt	d/Wo	5,0	5,0
Betriebsstunden pro Tag	$A_{h,d}$	gewählt	h/d	6,0	6,0
Betriebsstunden pro Woche	$A_{h,Wo}$	gewählt	h/Wo	30	30
Durchsatzmenge Schlamm im Eintrag pro Entwässerungstag ( $d_d$ )	$Q_{SCH,zul,dS}$	$= Q_{SCH,zul,Wo} / A_{d}$	[m³/d <sub>d</sub> ]	28	30
Feststofffracht im Eintrag pro Entwässerungstag ( $d_d$ )	$B_{TM,zul,dS}$	$= B_{TM,zul,Wo} / A_{d}$	[kg TM/d <sub>d</sub> ]	653	694
Durchsatzmenge Schlamm und pFM im Eintrag pro Entwässerungstag ( $d_d$ )	$Q_{zuhl}$	$= (Q_{SCH,zul,dS} + Q_{pFM,zul,dS})$	[m³/d <sub>d</sub> ]	34,9	37,1
Durchsatzmenge Schlamm im Eintrag pro Entwässerungsstunde	$Q_{SCH,zul,h}$	$= Q_{SCH,zul,dS} / A_{h}$	[m³/h]	4,7	5,0
Feststofffracht im Eintrag pro Entwässerungsstunde	$B_{TM,zul,h}$	$= B_{TM,zul,dS} / A_{h}$	[kg TS/h]	108,8	115,7
Durchsatzmenge Schlamm und pFM im Eintrag pro Entwässerungsstunde	$Q_{zuhl,h}$	$= (Q_{SCH,zul,h} + Q_{pFM,zul,h})$	[m³/h]	5,8	6,2
<b>Technische Daten</b>					
Anzahl Aggregate			-	1	1
davon Redundanz			-	0	0
Aggregate zeitgleich in Betrieb			-	1	1
Stündliche Durchsatzmenge je Aggregat	$Q_{e,h}$		m³/h	5,8	6,2
Stündlicher Feststoffdurchsatz je Aggregat	$M_{e,h}$		kg TR/h	108,8	115,7
Stündliche Durchsatzmenge gesamt	$Q_{e,h}$		m³/h	5,8	6,2
Stündlicher Feststoffdurchsatz gesamt	$M_{e,h}$		kg TR/h	108,8	115,7
Gewählte Nenndurchsatzmenge je Aggregat	$Q_{e,h}$		m³/h	20,0	20,0
Gewählter Nenndurchsatz je Aggregat	$M_{e,h}$		kg TR/h	400,0	400,0
Auslastungsgrad - Durchsatzmenge gesamt		$= Q_{zuhl} / Q_{e,h} \cdot 100\%$	[%]	29,1	30,9
Auslastungsgrad - Feststofffracht gesamt		$= B_{TM,zul,h} / B_{TM,max,h} \cdot 100 \%$	[%]	27,2	28,9
Betriebszeit pro Entwässerungstag Durchsatzmenge je Aggregat	$t_{dzu,1max}$	$= Q_{SCH,zul,dS} / Q_{zuhl,max,h} \cdot 2$	[h/d <sub>d</sub> ]	3,5	3,7
Betriebszeit pro Entwässerungstag Feststofffracht je Aggregat	$t_{BTM,1max}$	$= B_{TM,zul,dS} / B_{TM,1max,h} \cdot 2$	[h/d <sub>d</sub> ]	3,3	3,5



<b>Fällmittelzugabe</b>						
<b>Bemessung pFM-Menge</b>						
Spezifischer pFM-Bedarf (Dichte = 1 kg/l)	pFM <sub>WS</sub>	gewählt DWA-M 366	kg WS/t TR	10,0	10,0	
Durchsatzmenge WS pro Entwässerungstag	m <sub>WS,dS</sub>	= B <sub>TM,zu,dS</sub> * Q <sub>pFM,spez</sub> / 1000 kg TMMg TM	[kg WS/d <sub>S</sub> ]	6,5	6,9	
Durchsatzmenge WS pro Entwässerungstunde	m <sub>WS,h</sub>	= B <sub>TM,zu,h</sub> * Q <sub>pFM,spez</sub> / 1000 kg TMMg TM	[kg WS/h]	1,1	1,2	
Wirksubstanz pFM (Flüssigprodukt)	c <sub>WS</sub>	Annahme	%	50	50	
Durchsatzmenge Handelsware flüssig pro Entwässerungstag	V <sub>HW,dS</sub>	= m <sub>WS,dS</sub> / (c <sub>WS</sub> * 1000 / 100 %)	[l HW/d <sub>S</sub> ]	13,1	13,9	
Ansatzlösung	C <sub>SL</sub>		%	0,1	0,1	
Durchsatz pFM-Anlage	Q <sub>pFM</sub>	= m <sub>WS,h</sub> / (C <sub>SL</sub> / 100 %)	[l/h]	1087,8	1157,4	
<b>Bemessung pFM-Station</b>						
Reifezeit	t <sub>R</sub>	nach DWA-M 350 (2014)	[min]	45	45	
Befüllzeit	t <sub>B</sub>	nach DWA-M 350 (2014)	[min]	15	15	
Ansetzzeit	t <sub>pFM</sub>	gewählt	[min]	60	60	
Benötigtes Volumen pFM-Anlage	V <sub>pFM,ber</sub>	= t <sub>pFM</sub> / 60 min/h * Q <sub>pFM,verch</sub>	[l]	1087,8	1157,4	
Gewähltes Volumen pFM-Anlage	V <sub>pFM,gew</sub>	gewählt (150% des benötigten Volumen)	[l]	1631,8	1736,2	
Anzahl der Anlagen	n <sub>A</sub>	gewählt	-	1,0	1,0	
Anzahl der Kammern	n <sub>K</sub>	gewählt	-	2,0	2,0	
Größe einer Kammer	V <sub>pFM,K</sub>	= V <sub>pFM,gew</sub> / n <sub>A</sub> / n <sub>K</sub>	[l]	815,9	868,1	
Volumen Betriebswasser	V <sub>BW</sub>	= V <sub>pFM,ber</sub> * (100 % - C <sub>SL</sub> ) / 100 %	[l]	1086,7	1156,3	
Durchsatzmenge Betriebswasser in Befüllzeit	Q <sub>BW</sub>	= V <sub>BW</sub> / t <sub>B</sub> / 60 s/min	[l/s]	1,2	1,3	
<b>Dickschlamm- und Zentratmenge:</b>						
Stündliche Menge entwässerter Schlamm	Q <sub>S,a,h</sub>	= Q <sub>S,h</sub> * (TR <sub>FS</sub> / TR <sub>FS,a</sub> )	m <sup>3</sup> /h	0,5	0,6	
Tägliche Menge entwässerter Schlamm (5-Tage-Woche)	Q <sub>S,a,d</sub>	= Q <sub>S,a,h</sub> * A <sub>h,Wo</sub>	m <sup>3</sup> /d <sub>S</sub>	3,3	3,5	
Stündlich anfallendes Zentrat	Q <sub>Z,h</sub>	= Q <sub>S,h</sub> / Q <sub>S,a,h</sub>	m <sup>3</sup> /h	5,3	5,6	
Täglich anfallendes Zentrat (5-Tage Woche)	Q <sub>Z,d</sub>	= Q <sub>Z,h</sub> * A <sub>h,Wo</sub>	m <sup>3</sup> /d <sub>S</sub>	31,6	33,6	
<b>Faulgas:</b>						
Faulgasanfall pro org. Anteil für Primärschlamm	Q <sub>G,org,PS</sub>	gewählt nach DWA-M 368 (2014)	l Gas/kg oTS <sub>zu</sub>	570,0	570,0	
Faulgasanfall pro org. Anteil für ÜSS	Q <sub>G,org,ÜS</sub>	gewählt nach DWA-M 368 (2014)	l Gas/kg oTS <sub>zu</sub>	330,0	330,0	
Faulgasanfall pro Tag aus PS	Q <sub>G,d,PS</sub>	= Q <sub>G,org,PS</sub> * oM <sub>PS</sub> / 1000 l/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /d	191	202	
Faulgasanfall pro Tag aus ÜSS	Q <sub>G,d,ÜS</sub>	= Q <sub>G,org,ÜS</sub> * oM <sub>ÜS</sub> / 1000 l/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /d	89	96	
berechneter Faulgasanfall insgesamt pro Tag	Q <sub>G,d,ber</sub>	= Q <sub>G,d,PS</sub> + Q <sub>G,d,ÜS</sub>	m <sup>3</sup> /d	280	297	
Max. Gasanfall pro Stunde (1/12 des Tagesanfall)		= 1/12 * Q <sub>G,d</sub>	m <sup>3</sup> /h	23	25	
spez. Faulgasanfall pro Einwohnerwert		gewählt nach DWA-M 368 (2014)	l Gas/E	25,5	25,5	
täglicher Faulgasanfall nach Einwohnerwert			m <sup>3</sup> /d	321	336	
Methananteil PS + ÜSS	C <sub>CH4,PS+ÜS</sub>	gewählt nach DWA-M 368 (2014)	%	64	64	
<b>Gasbehälter:</b>						
erforderliches Volumen Gasbehälter	V <sub>G,art</sub>	gewählt nach DWA-Themen T1/2015 (30 - 50 % von Q <sub>G,d</sub> )	m <sup>3</sup>	112	119	
gewählte Speicherzeit Gasbehälter	t <sub>G,gew</sub>	= Q <sub>G,d</sub> * t <sub>G,gew</sub>	d	0,4	0,4	
gewähltes Volumen Gasbehälter	V <sub>G,gew</sub>		m <sup>3</sup>	120	120	
vorhandene Speicherzeit Gasbehälter	t <sub>G</sub>	= V <sub>G,gew</sub> / Q <sub>G,d</sub>	d	0,43	0,40	
<b>Heizung des Schlammes:</b>						
Temperatur des Schlammes im Winter	T <sub>S,Winter</sub>	gewählt nach ATV-Handbuch Klärschlamm (1996)	°C	5	5	
Temperatur im Faulbehälter	T <sub>FB</sub>	gewählt	°C	34	34	
Temperaturdifferenz zw. Schlamm und Faulbehälter	Δ T <sub>S,Winter,FB</sub>	= T <sub>FB</sub> - T <sub>S,Winter</sub>	°C bzw. K	29	29	
spezifische Wärmekapazität Schlamm	c <sub>S</sub>	gewählt nach Böhne et al. (1993)	kJ/(l·K)	4,19	4,19	
		* 1000 l/m <sup>3</sup> * (1/3600 h/s)	kWh/(m <sup>3</sup> ·K)	1,164	1,164	
Täglicher Wärmebedarf Heizung des Schlammes	Q <sub>S,zu,d</sub>	= c <sub>S</sub> * Δ T <sub>S,Winter,FB</sub> * Q <sub>S</sub>	kWh/d	684,3	726,7	
<b>Heizung des Faulbehälters:</b>						
Oberfläche Mantelfläche und Deckel	O <sub>FB</sub>		m <sup>2</sup>	330	330	
Wärmedurchgangskoeffizient Faulbehälter	U <sub>B</sub>	gewählt	kJ/(m <sup>2</sup> ·K·h)	1,5	1,5	
Tiefste Temperatur im Außenbereich	T <sub>A,min</sub>	gewählt nach ATV-Handbuch Klärschlamm (1996)	°C	-12	-12	
Temperaturdifferenz zw. Faulbehälter und Außenbereich	Δ T <sub>FB,A,min</sub>	=   T <sub>A,min</sub> - T <sub>FB</sub>	°C bzw. K	46	46	
Täglicher Wärmeverlust des Faulbehälters durch Mantelfläche und Deckel	Q <sub>FB,d</sub>	= O <sub>FB</sub> * U <sub>B</sub> * Δ T <sub>FB,A,min</sub> * 24 h/d / 3600 s/h	kWh/d	152	152	
Oberfläche Boden	O <sub>FB,Bo</sub>		m <sup>2</sup>	79	79	
Wärmedurchgangskoeffizient Faulbehälter	U <sub>FB,Bo</sub>	gewählt nach ATV-Handbuch Klärschlamm (1996)	kJ/(m <sup>2</sup> ·K·h)	1,5	1,5	
Tiefste Temperatur Erdreich	T <sub>E,min</sub>	gewählt nach ATV-Handbuch Klärschlamm (1996)	°C	0	0	
Temperaturdifferenz zw. Faulbehälter und Außenbereich	Δ T <sub>FB,Bo,E,min</sub>	=   T <sub>E,min</sub> - T <sub>FB</sub>	°C bzw. K	34	34	
Täglicher Wärmeverlust des Faulbehälters durch Boden	Q <sub>FB,Bo,d</sub>	= O <sub>FB,Bo</sub> * U <sub>FB,Bo</sub> * Δ T <sub>FB,Bo,E,min</sub> * 24 h/d / 3600 s/h	kWh/d	26,7	26,7	
Täglicher Gesamtwärmebedarf des Schlammes	Q <sub>S,d</sub>	= Q <sub>S,zu,d</sub> + Q <sub>FB,d</sub>	kWh/d	836,1	878,5	
Täglicher Wärmeverluste über Rohrleitungen	Q <sub>RL,d</sub>	= 0,1 * Q <sub>S,zu,d</sub>	kWh/d	83,6	87,8	
Täglicher Gesamtwärmebedarf	Q <sub>S,d,ges</sub>	= Q <sub>S,d</sub> + Q <sub>RL,d</sub>	kWh/d	919,7	966,3	
Betriebszeit Faulbehälter pro Tag	t <sub>FB,h,d</sub>	gewählt	h/d	24	24	
Stündlicher Wärmebedarf des Schlammes	Q <sub>S,h</sub>	= Q <sub>S,d,ges</sub> / t <sub>FB,h,d</sub>	kWh/h	38,3	40,3	
<b>Wärmetauscher:</b>						
Wärmedurchgangskoeffizient Wärmetauscher	U <sub>WT</sub>	gewählt	kW/(m <sup>2</sup> ·K)	0,8	0,8	
Vorlauftemperatur der Heizung	T <sub>H,vor</sub>	gewählt	°C	70	70	
Rücklauftemperatur der Heizung	T <sub>H,rück</sub>	gewählt	°C	50	50	
Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur	Δ T <sub>H</sub>	= T <sub>H,vor</sub> - T <sub>H,rück</sub>	°C bzw. K	20	20	
Erforderliche Wärmetauscherfläche	A <sub>WT,erf</sub>	= Q <sub>S,h</sub> / (U <sub>WT</sub> * Δ T <sub>H</sub> )	m <sup>2</sup>	2,4	2,5	
gewählte Wärmetauscherfläche	A <sub>WT,gew</sub>		m <sup>2</sup>	2,4	2,5	

<b>BHKW:</b>						
spezifischer Energieinhalt des Faulgases	$e_G$	gewählt nach ATV (1996)	kWh/m <sup>3</sup>	6,4	6,4	
Tägliches Energieangebot aus Faulgas	$E_{G,d}$	$= Q_{G,d} \cdot e_G$	kWh/d	1.793	1.903	
Anzahl BHKW	$n_{BHKW}$		-	1	1	
Brennstoffleistung BHKW 1	$P_{Brennstoff,BHKW1}$		kW	93	93	
Brennstoffleistung gesamt	$P_{Brennstoff,ges}$	$= P_{Brennstoff,BHKW1} + P_{Brennstoff,BHKW2}$	kW	93	93	
Betriebszeit bei Vollast für beide BHKW	$t_{BHKW}$	$= E_{G,d} / P_{Brennstoff,ges}$	h/d	19,3	20,5	
elektrischer Wirkungsgrad des BHKWs	$\eta_{el}$	gewählt	%	34	34	
Tägliche elektrische Energieerzeugung des BHKWs	$E_{el,BHKW,d}$	$= E_{G,d} \cdot \eta_{el} / 100$	kWh/d	610	647	
thermische Wirkungsgrad	$\eta_{th}$	gewählt	%	55	55	
Tägliche thermische Energieerzeugung des BHKWs	$E_{th,BHKW,d}$	$= E_{G,d} \cdot \eta_{th} / 100$	kWh/d	986	1.047	
<b>Prozesswasser:</b>						
Prozesswassermenge für Entwässerung und Eindicker	$Q_{PW,E+NE}$	s. o.	m <sup>3</sup> /d	100,0	106,7	
gewähltes Speichervolumen Prozesswasser	$V_{PW,verh}$		m <sup>3</sup>	120,0	120,0	
Speicherzeit Prozesswasserspeicher	$t_{PW}$	berechnet	d	1,2	1,1	

# Anlage 8

## Investitionskosten schätzung Variante 1

**Kostenschätzung**  
**Inhaltsverzeichnis**

**Projekt:** 31013741 **KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..**  
**LV:** 02 **Teil B Variante 1 - Aerobe Stabilisierung**

<b>Titel</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Seite</b>
1.	Bauarbeiten.....	2
1.1.	Baustelleneinrichtung und Vorbereitenden Arbeiten.....	2
1.2.	Rechengebäude.....	2
1.3.	Abbruch Sandfang, Neubau Kompaktanlage.....	2
1.4.	Belebungsbecken.....	2
1.5.	Nachklärbecken und Rücklauf- Überschussschlammwerk.....	2
1.6.	Schlammwässerung.....	3
1.7.	Betriebsgebäude.....	3
1.8.	Eindicker.....	3
1.9.	Prozesswasserbehälter.....	3
1.10.	Trafostation.....	3
1.11.	Sonstiges.....	3
2.	Maschinentechnik.....	3
2.1.	Baustelleneinrichtung.....	3
2.2.	Rechengebäude/Zulauf.....	4
2.3.	Kompaktanlage Rechen und Sandfang.....	4
2.4.	Belebungsbecken.....	4
2.5.	Fällmittelstation.....	4
2.6.	Nachklärbecken, Rücklauf- und Überschussschlammwerk.....	4
2.7.	Schlammwässerung.....	4
3.	EMSR-Technik.....	5
3.1.	EMSR-Technik.....	5
	Zusammenstellung.....	6

### Kostenschätzung

Projekt: 31013741 KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 02 Teil B Variante 1 - Aerobe Stabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
<b>1.</b>	<b>Bauarbeiten</b>				
<b>1.1.</b>	<b>Baustelleneinrichtung und Vorbereitenden Arbeiten</b>				
1.1.10.	Baustelleneinrichtung 5 %	1,000	psch		188.800,00
	<b>Summe 1.1.</b>				<b>188.800,00</b>
	<b>Baustelleneinrichtung und Vorbereitend..</b>				
<b>1.2.</b>	<b>Rechengebäude</b>				
1.2.10.	Sanierung Fassade	1,000	psch		15.000,00
1.2.20.	Sanierung Dachinkl. Gerüst	1,000	psch		15.000,00
1.2.30.	Sanierung Abbruchbereichen Rechen	1,000	psch		5.000,00
1.2.40.	Betonsanierung Zulaufschächte	1,000	psch		15.000,00
1.2.50.	Abbruch Schlammschächte einschl. Fäkal..	1,000	psch		10.000,00
	<b>Summe 1.2.</b>				<b>60.000,00</b>
	<b>Rechengebäude</b>				
<b>1.3.</b>	<b>Abbruch Sandfang, Neubau Kompaktanlage</b>				
1.3.10.	Rückbau Rundsandfang	1,000	psch		10.000,00
1.3.20.	Rückbau Bandsammelcontainer	1,000	psch		2.000,00
1.3.30.	Halle	1,000	psch		130.000,00
	<b>Summe 1.3.</b>				<b>142.000,00</b>
	<b>Abbruch Sandfang, Neubau Kompaktanlage</b>				
<b>1.4.</b>	<b>Belebungsbecken</b>				
1.4.10.	Betonsanierung altes Nachklärbecken	1,000	psch		420.000,00
1.4.20.	Sanierung Belebungsbecken	1,000	psch		350.000,00
1.4.30.	Gebälsestation als Stahlkonstruktion ..	1,000	psch		150.000,00
1.4.40.	Erdarbeiten	3.000,000	m3	30,00	90.000,00
1.4.50.	Verfüllen Arbeitsraum	880,000	m3	40,00	35.200,00
1.4.60.	Neubau Belebungsbecken	1,000	psch		670.000,00
1.4.70.	Verteiler auf zwei Belebungsbecken	1,000	psch		50.000,00
1.4.80.	Zulaufdüker	1,000	psch		30.000,00
	<b>Summe 1.4.</b>				<b>1.795.200,00</b>
	<b>Belebungsbecken</b>				
<b>1.5.</b>	<b>Nachklärbecken und Rücklauf- Überschussschlammumpwerk</b>				
1.5.10.	Rodungsarbeiten Fläche Nachklärbecken	1,000	psch		20.000,00
1.5.20.	Erdarbeiten	2.500,000	m3	30,00	75.000,00
1.5.30.	Hochwasserschutz NKB liegt vom Standor..	2.500,000	m3	50,00	125.000,00
1.5.40.	Neubau Nachklärbecken	1,000	psch		570.000,00
1.5.50.	Zulaufdüker	1,000	psch		60.000,00
1.5.60.	Ablaufleitung	1,000	psch		90.000,00
1.5.70.	Rücklaufschlammleitung und Überschusss..	1,000	psch		70.000,00
1.5.80.	Ablaufaufbauwerk und Probenahmeschacht	1,000	psch		80.000,00
1.5.90.	Rücklaufschlamm- und Überschussschlamm..	1,000	psch		90.000,00

### Kostenschätzung

Projekt: 31013741 KA Rückershhausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 02 Teil B Variante 1 - Aerobe Stabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
<b>Summe 1.5.</b>		<b>Nachklärbecken und Rücklauf- Überschus..</b>			<b>1.180.000,00</b>
<b>1.6.</b>	<b>Schlammmentwässerung</b>				
1.6.10.	Sanierung Schlammmentwässerung	1,000	psch		90.000,00
1.6.20.	Ertüchtigung Flächenlast	1,000	psch		5.000,00
1.6.30.	Abbruch der Fundamente und Anpassung	1,000	psch		5.000,00
<b>Summe 1.6.</b>		<b>Schlammmentwässerung</b>			<b>100.000,00</b>
<b>1.7.</b>	<b>Betriebsgebäude</b>				
1.7.10.	Schaltanlagenraum und sonstige Räume -..	1,000	psch		100.000,00
<b>Summe 1.7.</b>		<b>Betriebsgebäude</b>			<b>100.000,00</b>
<b>1.8.</b>	<b>Eindicker</b>				
1.8.10.	Neubau Eindicker	1,000	psch		65.000,00
1.8.20.	Rückbau Eindicker	1,000	psch		10.000,00
<b>Summe 1.8.</b>		<b>Eindicker</b>			<b>75.000,00</b>
<b>1.9.</b>	<b>Prozesswasserbehälter</b>				
1.9.10.	Neubau Prozesswasserbehälter	1,000	psch		60.000,00
<b>Summe 1.9.</b>		<b>Prozesswasserbehälter</b>			<b>60.000,00</b>
<b>1.10.</b>	<b>Trafostation</b>				
1.10.10.	Fertigteilgarage für Trafostation	1,000	psch		50.000,00
<b>Summe 1.10.</b>		<b>Trafostation</b>			<b>50.000,00</b>
<b>1.11.</b>	<b>Sonstiges</b>				
1.11.10.	Unvorhergesehenes 5 %	1,000	psch		179.000,00
1.11.20.	Dokumentation	1,000	psch		20.000,00
1.11.30.	Stundenlohnarbeiten	1,000	psch		5.000,00
<b>Summe 1.11.</b>		<b>Sonstiges</b>			<b>204.000,00</b>
<b>Summe 1.</b>		<b>Bauarbeiten</b>			<b>3.955.000,00</b>
<b>2.</b>	<b>Maschinentechnik</b>				
<b>2.1.</b>	<b>Baustelleneinrichtung</b>				
2.1.10.	Baustelleneinrichtung 5 %	1,000	psch		72.000,00

### Kostenschätzung

Projekt: 31013741 KA Rückershhausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 02 Teil B Variante 1 - Aerobe Stabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
<b>Summe 2.1. Baustelleneinrichtung</b>					<b>72.000,00</b>
<b>2.2.</b>	<b>Rechengebäude/Zulauf</b>				
2.2.10.	Rückbau Fäkalschlammannahme	1,000	psch		5.000,00
<b>Summe 2.2. Rechengebäude/Zulauf</b>					<b>5.000,00</b>
<b>2.3.</b>	<b>Kompaktanlage Rechen und Sandfang</b>				
2.3.10.	Demontage Rechen, Rechengutwaschpresse	1,000	psch		3.000,00
2.3.20.	Demontage Sandfangbelüftung	1,000	psch		1.000,00
2.3.30.	Kompaktanlage	1,000	psch		318.000,00
<b>Summe 2.3. Kompaktanlage Rechen und Sandfang</b>					<b>322.000,00</b>
<b>2.4.</b>	<b>Belebungsbecken</b>				
2.4.10.	Gebälsestation 1	1,000	psch		138.000,00
2.4.20.	Belüftungseinrichtung Belebungsbecken 1	1,000	psch		95.000,00
2.4.30.	Gebälsestation 2	1,000	psch		110.000,00
2.4.40.	Belüftungseinrichtung Belebungsbecken 2	1,000	psch		100.000,00
<b>Summe 2.4. Belebungsbecken</b>					<b>443.000,00</b>
<b>2.5.</b>	<b>Fällmittelstation</b>				
2.5.10.	Lagertank, Dosierschrank mit Schaltsch..	1,000	psch		120.000,00
<b>Summe 2.5. Fällmittelstation</b>					<b>120.000,00</b>
<b>2.6.</b>	<b>Nachklärbecken, Rücklauf- und Überschussschlammwerk</b>				
2.6.10.	Rundräumer mit Zwangantrieb	1,000	psch		150.000,00
2.6.20.	Ablaufrinne mit Tauchwand	1,000	psch		100.000,00
2.6.30.	Tauchpumpe Rinnenreinigung	1,000	psch		2.000,00
2.6.40.	Tauchpumpe Schwimmschlamm	1,000	psch		2.000,00
2.6.50.	Rückbau Rücklauf- und Überschussschlamm..	1,000	psch		2.000,00
2.6.60.	Rücklaufschlammumpen	2,000	St	5.000,00	10.000,00
2.6.70.	Überschussschlammumpen	2,000	St	2.000,00	4.000,00
<b>Summe 2.6. Nachklärbecken, Rücklauf- und Überschus..</b>					<b>270.000,00</b>
<b>2.7.</b>	<b>Schlammmentwässerung</b>				
2.7.10.	Zerkleinerer	1,000	psch		8.000,00
2.7.20.	Beschickungspumpe Schlammmentwässerung	1,000	psch		6.000,00
2.7.30.	Schneckenpresse	1,000	psch		150.000,00
2.7.40.	Polymeranlage	1,000	psch		60.000,00
2.7.50.	Kompressoranlage Reinigung Scheckenpre..	1,000	psch		10.000,00

### Kostenschätzung

Projekt: 31013741 KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 02 Teil B Variante 1 - Aerobe Stabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
2.7.60.	Spiralförderer Containerbefüllung entw..	1,000	psch		50.000,00
2.7.70.	Filtratpumpe	1,000	psch		5.000,00
2.7.80.	Demontage Kalksilo, Salzsäurebehälter,..	1,000	psch		10.000,00
<b>Summe 2.7.</b>	<b>Schlammwässerung</b>				<b>299.000,00</b>
<b>Summe 2.</b>	<b>Maschinentechnik</b>				<b>1.531.000,00</b>
<b>3.</b>	<b>EMSR-Technik</b>				
<b>3.1.</b>	<b>EMSR-Technik</b>				
3.1.10.	EMSR-Technik (grobe Schätzung, 100 % ..	1,000	psch		1.531.000,00
<b>Summe 3.1.</b>	<b>EMSR-Technik</b>				<b>1.531.000,00</b>
<b>Summe 3.</b>	<b>EMSR-Technik</b>				<b>1.531.000,00</b>



**Kostenschätzung  
 Zusammenstellung**

**Projekt:** 31013741 **KA Rückershhausen - Ermittlung des Investitionsbe..**  
**LV:** 02 **Teil B Variante 1 - Aerobe Stabilisierung**

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Betrag in EUR
<b>1.</b>	<b>Bauarbeiten</b>	
1.1.	Baustelleneinrichtung und Vorbereitenden Arbeiten	188.800,00
1.2.	Rechengebäude	60.000,00
1.3.	Abbruch Sandfang, Neubau Kompaktanlage	142.000,00
1.4.	Belebungsbecken	1.795.200,00
1.5.	Nachklärbecken und Rücklauf- Überschussschlammumpwerk	1.180.000,00
1.6.	Schlammwässerung	100.000,00
1.7.	Betriebsgebäude	100.000,00
1.8.	Eindicker	75.000,00
1.9.	Prozesswasserbehälter	60.000,00
1.10.	Trafostation	50.000,00
1.11.	Sonstiges	204.000,00
<b>Summe 1.</b>	<b>Bauarbeiten</b>	<b>3.955.000,00</b>
<b>2.</b>	<b>Maschinentechnik</b>	
2.1.	Baustelleneinrichtung	72.000,00
2.2.	Rechengebäude/Zulauf	5.000,00
2.3.	Kompaktanlage Rechen und Sandfang	322.000,00
2.4.	Belebungsbecken	443.000,00
2.5.	Fällmittelstation	120.000,00
2.6.	Nachklärbecken, Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk	270.000,00
2.7.	Schlammwässerung	299.000,00
<b>Summe 2.</b>	<b>Maschinentechnik</b>	<b>1.531.000,00</b>
<b>3.</b>	<b>EMSR-Technik</b>	
3.1.	EMSR-Technik	1.531.000,00
<b>Summe 3.</b>	<b>EMSR-Technik</b>	<b>1.531.000,00</b>
<b>LV</b>	<b>02</b>	
1.	Bauarbeiten	3.955.000,00
2.	Maschinentechnik	1.531.000,00
3.	EMSR-Technik	1.531.000,00
<b>Summe LV</b>	<b>02 Teil B Variante 1 - Aerobe Stabilis..</b>	<b>7.017.000,00</b>

Zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer aus  
 in Höhe von 19,00 %

7.017.000,00 EUR  
 1.333.230,00 EUR

**8.350.230,00 EUR**

## **Anlage 9**

### Investitionskosten schätzung Variante 2

**Kostenschätzung**  
**Inhaltsverzeichnis**

Projekt: 31013741 KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 03 Teil B Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung

Titel	Bezeichnung	Seite
1.	Bauarbeiten.....	2
1.1.	Baustelleneinrichtung und Vorbereitenden Arbeiten.....	2
1.2.	Vorklärbecken.....	2
1.3.	Rechengebäude.....	2
1.4.	Abbruch Sandfang, Neubau Kompaktanlage.....	2
1.5.	Belebungsbecken.....	2
1.6.	Nachklärbecken und Rücklauf- Überschussschlammumpwerk.....	2
1.7.	Faulung.....	3
1.8.	Eindicker.....	3
1.9.	Schlammwässerung.....	3
1.10.	Gasspeicherung.....	3
1.11.	Maschinengebäude.....	3
1.12.	Trafostation.....	3
1.13.	Betriebsgebäude.....	3
1.14.	Prozesswasserbehälter.....	3
1.15.	Außenanlagen.....	4
1.16.	Sonstiges.....	4
2.	Maschinentechnik.....	4
2.1.	Baustelleneinrichtung.....	4
2.2.	Rechengebäude/Zulauf.....	4
2.3.	Kompaktanlage Rechen und Sandfang.....	4
2.4.	Belebungsbecken.....	4
2.5.	Fällmittelstation.....	4
2.6.	Nachklärbecken, Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk.....	5
2.7.	Maschinelle Überschussschlammindickung.....	5
2.8.	Faulung.....	5
2.9.	Schlammwässerung.....	5
2.10.	Gasspeicherung und -reinigung.....	5
2.11.	BHKW und Heizung.....	5
3.	EMSR-Technik.....	6
3.1.	EMSR-Technik.....	6
	Zusammenstellung.....	7

### Kostenschätzung

Projekt: 31013741 KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 03 Teil B Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
<b>1.</b>	<b>Bauarbeiten</b>				
<b>1.1.</b>	<b>Baustelleneinrichtung und Vorbereitenden Arbeiten</b>				
1.1.10.	Baustelleneinrichtung 5 %	1,000	psch		183.000,00
	<b>Summe 1.1.</b>			<b>Baustelleneinrichtung und Vorbereitend..</b>	<b>183.000,00</b>
<b>1.2.</b>	<b>Vorklärbecken</b>				
1.2.10.	Neubau Vorklärbecken	1,000	psch		130.000,00
	<b>Summe 1.2.</b>			<b>Vorklärbecken</b>	<b>130.000,00</b>
<b>1.3.</b>	<b>Rechengebäude</b>				
1.3.10.	Sanierung Fassade	1,000	psch		15.000,00
1.3.20.	Sanierung Dachinkl. Gerüst	1,000	psch		15.000,00
1.3.30.	Sanierung Abbruchbereichen Rechen	1,000	psch		5.000,00
1.3.40.	Betonsanierung Zulaufschächte	1,000	psch		15.000,00
1.3.50.	Abbruch Schlammschächte einschl. Fäkal..	1,000	psch		10.000,00
	<b>Summe 1.3.</b>			<b>Rechengebäude</b>	<b>60.000,00</b>
<b>1.4.</b>	<b>Abbruch Sandfang, Neubau Kompaktanlage</b>				
1.4.10.	Rückbau Rundsandfang	1,000	psch		10.000,00
1.4.20.	Rückbau Bandsammelcontainer	1,000	psch		2.000,00
1.4.30.	Halle	1,000	psch		130.000,00
	<b>Summe 1.4.</b>			<b>Abbruch Sandfang, Neubau Kompaktanlage</b>	<b>142.000,00</b>
<b>1.5.</b>	<b>Belebungsbecken</b>				
1.5.10.	Betonsanierung altes Nachklärbecken	1,000	psch		420.000,00
1.5.20.	Sanierung Belebungsbecken	1,000	psch		350.000,00
1.5.30.	Unterstand Gebläsestation als Stahlkon..	1,000	psch		40.000,00
	<b>Summe 1.5.</b>			<b>Belebungsbecken</b>	<b>810.000,00</b>
<b>1.6.</b>	<b>Nachklärbecken und Rücklauf- Überschussschlammwerk</b>				
1.6.10.	Rodungsarbeiten Fläche Nachklärbecken	1,000	psch		20.000,00
1.6.20.	Erdarbeiten	2.500,000	m3	30,00	75.000,00
1.6.30.	Hochwasserschutz NKB liegt vom Standor..	2.500,000	m3	50,00	125.000,00
1.6.40.	Neubau Nachklärbecken	1,000	psch		570.000,00
1.6.50.	Zulaufdüker	1,000	psch		60.000,00
1.6.60.	Ablaufleitung	1,000	psch		90.000,00
1.6.70.	Rücklaufschlammleitung und Überschuss..	1,000	psch		70.000,00
1.6.80.	Ablaufaufbauwerk und Probenahmeschacht	1,000	psch		80.000,00
1.6.90.	Rücklaufschlamm- und Überschussschlamm..	1,000	psch		90.000,00

### Kostenschätzung

Projekt: 31013741 KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 03 Teil B Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
<b>Summe 1.6.</b>		<b>Nachklärbecken und Rücklauf- Überschus..</b>		<b>1.180.000,00</b>
<b>1.7.</b>	<b>Faulung</b>			
1.7.10.	Faulturm mit Treppenturm	1,000 psch		433.000,00
1.7.20.	Rohrleitungsarbeiten	1,000 psch		15.000,00
<b>Summe 1.7.</b>		<b>Faulung</b>		<b>448.000,00</b>
<b>1.8.</b>	<b>Eindicker</b>			
1.8.10.	Neubau Eindicker	1,000 psch		65.000,00
1.8.20.	Rückbau Eindicker	1,000 psch		10.000,00
<b>Summe 1.8.</b>		<b>Eindicker</b>		<b>75.000,00</b>
<b>1.9.</b>	<b>Schlammmentwässerung</b>			
1.9.10.	Sanierung Schlammmentwässerung	1,000 psch		90.000,00
1.9.20.	Ertüchtigung Flächenlast	1,000 psch		5.000,00
1.9.30.	Abbruch der Fundamente und Anpassung	1,000 psch		5.000,00
<b>Summe 1.9.</b>		<b>Schlammmentwässerung</b>		<b>100.000,00</b>
<b>1.10.</b>	<b>Gasspeicherung</b>			
1.10.10.	Gasbehälter- und Gasfackelfundament	1,000 psch		15.000,00
<b>Summe 1.10.</b>		<b>Gasspeicherung</b>		<b>15.000,00</b>
<b>1.11.</b>	<b>Maschinengebäude</b>			
1.11.10.	Maschinengebäude eingeschößig	1,000 psch		300.000,00
<b>Summe 1.11.</b>		<b>Maschinengebäude</b>		<b>300.000,00</b>
<b>1.12.</b>	<b>Trafostation</b>			
1.12.10.	Fertigteilvergarage für Trafostation	1,000 psch		50.000,00
<b>Summe 1.12.</b>		<b>Trafostation</b>		<b>50.000,00</b>
<b>1.13.</b>	<b>Betriebsgebäude</b>			
1.13.10.	Schaltanlagenraum und sonstige Räume -..	1,000 psch		100.000,00
<b>Summe 1.13.</b>		<b>Betriebsgebäude</b>		<b>100.000,00</b>
<b>1.14.</b>	<b>Prozesswasserbehälter</b>			
1.14.10.	Neubau Prozesswasserbehälter	1,000 psch		60.000,00

### Kostenschätzung

Projekt: 31013741 KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 03 Teil B Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
<b>Summe 1.14. Prozesswasserbehälter</b>					<b>60.000,00</b>
<b>1.15. Außenanlagen</b>					
1.15.10.	Außenanlagen	2.500,000	m2	50,00	125.000,00
<b>Summe 1.15. Außenanlagen</b>					<b>125.000,00</b>
<b>1.16. Sonstiges</b>					
1.16.10.	Unvorhergesehenes 5 %	1,000	psch		175.000,00
1.16.20.	Dokumentation	1,000	psch		20.000,00
1.16.30.	Stundenlohnarbeiten	1,000	psch		5.000,00
<b>Summe 1.16. Sonstiges</b>					<b>200.000,00</b>
<b>Summe 1. Bauarbeiten</b>					<b>3.978.000,00</b>
<b>2. Maschinenteknik</b>					
<b>2.1. Baustelleneinrichtung</b>					
2.1.10.	Baustelleneinrichtung 5 %	1,000	psch		100.000,00
<b>Summe 2.1. Baustelleneinrichtung</b>					<b>100.000,00</b>
<b>2.2. Rechengebäude/Zulauf</b>					
2.2.10.	Rückbau Fäkalschlammannahme	1,000	psch		5.000,00
<b>Summe 2.2. Rechengebäude/Zulauf</b>					<b>5.000,00</b>
<b>2.3. Kompaktanlage Rechen und Sandfang</b>					
2.3.10.	Demontage Rechen, Rechengutwaschpresse	1,000	psch		3.000,00
2.3.20.	Demontage Sandfangbelüftung	1,000	psch		1.000,00
2.3.30.	Kompaktanlage	1,000	psch		318.000,00
<b>Summe 2.3. Kompaktanlage Rechen und Sandfang</b>					<b>322.000,00</b>
<b>2.4. Belebungsbecken</b>					
2.4.10.	Gebälsestation	1,000	psch		138.000,00
2.4.20.	Belüftungseinrichtung Belebungsbecken	1,000	psch		95.000,00
<b>Summe 2.4. Belebungsbecken</b>					<b>233.000,00</b>
<b>2.5. Fällmittelstation</b>					
2.5.10.	Lagertank, Dosierschrank mit Schaltsch..	1,000	psch		120.000,00

### Kostenschätzung

Projekt: 31013741 KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 03 Teil B Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
<b>Summe 2.5. Fällmittelstation</b>					<b>120.000,00</b>
<b>2.6.</b>	<b>Nachklärbecken, Rücklau- und Überschussschlammwerk</b>				
2.6.10.	Rundräumer mit Zwangantrieb	1,000	psch		150.000,00
2.6.20.	Ablaufrinne mit Tauchwand	1,000	psch		100.000,00
2.6.30.	Tauchpumpe Rinnenreinigung	1,000	psch		2.000,00
2.6.40.	Tauchpumpe Schwimmschlamm	1,000	psch		2.000,00
2.6.50.	Rückbau Rücklauf- und Überschussschlamm..	1,000	psch		2.000,00
2.6.60.	Rücklaufschlammumpen	2,000	St	5.000,00	10.000,00
2.6.70.	Überschussschlammumpen	2,000	St	2.000,00	4.000,00
<b>Summe 2.6. Nachklärbecken, Rücklau- und Überschus..</b>					<b>270.000,00</b>
<b>2.7.</b>	<b>Maschinelle Überschussschlammeindickung</b>				
2.7.10.	Bandeindicker	1,000		130.000,00	130.000,00
2.7.20.	Dickschlammpumpe einschl. Leitung	1,000		7.000,00	7.000,00
2.7.30.	Polymeranlage	1,000		30.000,00	30.000,00
<b>Summe 2.7. Maschinelle Überschussschlammeindickung</b>					<b>167.000,00</b>
<b>2.8.</b>	<b>Faulung</b>				
2.8.10.	Faulbehälterausrüstung	1,000		220.000,00	220.000,00
<b>Summe 2.8. Faulung</b>					<b>220.000,00</b>
<b>2.9.</b>	<b>Schlammmentwässerung</b>				
2.9.10.	Zerkleinerer	1,000	psch		8.000,00
2.9.20.	Beschickungspumpe Schlammmentwässerung	1,000	psch		6.000,00
2.9.30.	Schneckenpresse	1,000	psch		150.000,00
2.9.40.	Polymeranlage	1,000	psch		60.000,00
2.9.50.	Kompressoranlage Reinigung Scheckenpre..	1,000	psch		10.000,00
2.9.60.	Spiralförderer Containerbefüllung entw..	1,000	psch		50.000,00
2.9.70.	Filtratpumpe	1,000	psch		5.000,00
2.9.80.	Demontage Kalksilo, Salzsäurebehälter,..	1,000	psch		10.000,00
<b>Summe 2.9. Schlammmentwässerung</b>					<b>299.000,00</b>
<b>2.10.</b>	<b>Gasspeicherung und -reinigung</b>				
2.10.10.	Fackelanlage	1,000		60.000,00	60.000,00
2.10.20.	Gasbehälter	1,000		90.000,00	90.000,00
<b>Summe 2.10. Gasspeicherung und -reinigung</b>					<b>150.000,00</b>
<b>2.11.</b>	<b>BHKW und Heizung</b>				

### Kostenschätzung

Projekt: 31013741 KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 03 Teil B Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
2.11.10.	BHKW mit Gasreinigung	1,000	180.000,00	180.000,00
2.11.20.	Heizungsanlage	1,000	50.000,00	50.000,00
<b>Summe 2.11.</b>		<b>BHKW und Heizung</b>		<b>230.000,00</b>
<b>Summe 2.</b>		<b>Maschinentechnik</b>		<b>2.116.000,00</b>
<b>3.</b>	<b>EMSR-Technik</b>			
<b>3.1.</b>	<b>EMSR-Technik</b>			
3.1.10.	EMSR-Technik (grobe Schätzung)	1,000 psch		2.116.000,00
<b>Summe 3.1.</b>		<b>EMSR-Technik</b>		<b>2.116.000,00</b>
<b>Summe 3.</b>		<b>EMSR-Technik</b>		<b>2.116.000,00</b>



**Kostenschätzung  
 Zusammenstellung**

Projekt: 31013741 KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
 LV: 03 Teil B Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Betrag in EUR
<b>1.</b>	<b>Bauarbeiten</b>	
1.1.	Baustelleneinrichtung und Vorbereitenden Arbeiten	183.000,00
1.2.	Vorklärbecken	130.000,00
1.3.	Rechengebäude	60.000,00
1.4.	Abbruch Sandfang, Neubau Kompaktanlage	142.000,00
1.5.	Belebungsbecken	810.000,00
1.6.	Nachklärbecken und Rücklauf- Überschussschlammumpwerk	1.180.000,00
1.7.	Faulung	448.000,00
1.8.	Eindicker	75.000,00
1.9.	Schlammmentwässerung	100.000,00
1.10.	Gasspeicherung	15.000,00
1.11.	Maschinengebäude	300.000,00
1.12.	Trafostation	50.000,00
1.13.	Betriebsgebäude	100.000,00
1.14.	Prozesswasserbehälter	60.000,00
1.15.	Außenanlagen	125.000,00
1.16.	Sonstiges	200.000,00
<b>Summe 1.</b>	<b>Bauarbeiten</b>	<b>3.978.000,00</b>
<b>2.</b>	<b>Maschinentechnik</b>	
2.1.	Baustelleneinrichtung	100.000,00
2.2.	Rechengebäude/Zulauf	5.000,00
2.3.	Kompaktanlage Rechen und Sandfang	322.000,00
2.4.	Belebungsbecken	233.000,00
2.5.	Fällmittelstation	120.000,00
2.6.	Nachklärbecken, Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk	270.000,00
2.7.	Maschinelle Überschussschlammeindickung	167.000,00
2.8.	Faulung	220.000,00
2.9.	Schlammmentwässerung	299.000,00
2.10.	Gasspeicherung und -reinigung	150.000,00
2.11.	BHKW und Heizung	230.000,00
<b>Summe 2.</b>	<b>Maschinentechnik</b>	<b>2.116.000,00</b>
<b>3.</b>	<b>EMSR-Technik</b>	
3.1.	EMSR-Technik	2.116.000,00
<b>Summe 3.</b>	<b>EMSR-Technik</b>	<b>2.116.000,00</b>
<b>LV</b>	<b>03</b>	
1.	Bauarbeiten	3.978.000,00
2.	Maschinentechnik	2.116.000,00
3.	EMSR-Technik	2.116.000,00
<b>Summe LV</b>	<b>03 Teil B Variante 2 - Anaerobe Schlam..</b>	<b>8.210.000,00</b>

**Kostenschätzung**  
**Zusammenstellung**

Projekt: 31013741 KA Rückershausen - Ermittlung des Investitionsbe..  
LV: 03 Teil B Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Betrag in EUR
	Zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer aus in Höhe von 19,00 %	8.210.000,00 EUR 1.559.900,00 EUR
		<b>9.769.900,00 EUR</b>

# Anlage 10

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

				<b>Variante 1 - Aerobe Schlammstabilisierung</b>		
				<b>Bauarbeiten</b>	<b>Maschinentechnik</b>	<b>EMSR-Technik</b>
<b>Investitionskosten netto</b>						
Baustelleneinrichtung und Vorbereitende Arbeiten			188.800	72.000		
Abrissarbeiten, Demontagen (Rechen, Sandfang, Pumpwerk)			22.000	11.000		
Sanierung Rechengebäude und Gerinne			50.000			
Neubau Kompaktanlage			130.000	318.000		
Sanierung Kombibecken			770.000			
Neubau Belebungsbecken			875.200			
Gebläsestation, Belüftung			150.000	443.000		
Fällmittelstation				120.000		
Neubau Nachklärbecken, Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk			1.180.000	268.000		
Eindicker			75.000			
Schlammwässerung Abbruch			5.000	10.000		
Schlammwässerung Neubau			95.000	289.000		
Prozesswasserbehälter			60.000			
Betriebsgebäude			100.000			
Trafostation			50.000			
Sonstiges			204.000			
EMSR-Technik						1.531.000
<b>zusätzliche Reinvestitionen</b>						
Betonsanierung Kombibecken			654.500			
<b>Investitionskosten netto</b>						
Summe (netto)			3.955.000	1.531.000		1.531.000
<b>Gesamtsumme (netto)</b>				<b>7.017.000</b>		
<b>Investitionskostenzusammenstellung für Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>						
Investitionskosten (netto)			3.955.000	3.062.000		
Mehrwertsteuer				19%		
<b>Investitionskosten (brutto)</b>			<b>4.706.450</b>	<b>3.643.780</b>		
Baunebenkosten			25%			
Baunebenkosten (brutto)			2.087.558			
			<b>6.794.008</b>	<b>3.643.780</b>		
<b>Investitionskosten, mit Baunebenkosten (brutto)</b>						
<b>Reinvestitionen nach 15 Jahren, mit Baunebenkosten (brutto)</b>			<b>1.022.247</b>	<b>1.438.000</b>		

	<b>Variante 2 - Anaerobe Schlammstabilisierung</b>		
	<b>Bauarbeiten</b>	<b>Maschinentechnik</b>	<b>EMSR-Technik</b>
<b>Investitionskosten netto</b>			
Baustelleneinrichtung und Vorbereitende Arbeiten	183.000	100.000	
Abrissarbeiten, Demontagen (Rechen, Sandfang, Pumpwerk)	22.000	11.000	
Sanierung Rechengebäude und Gerinne	50.000		
Neubau Kompaktanlage	130.000	318.000	
Neubau Vorklärecken	130.000		
Sanierung Kombibecken	770.000		
Gebläsestation, Belüftung	40.000	233.000	
Fällmittelstation		120.000	
Neubau Nachklärbecken, Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk	1.180.000	268.000	
Überschussschlammverdickung		167.000	
Faulung	448.000	220.000	
Eindicker	75.000		
Schlammwässerung Abbruch	5.000	10.000	
Schlammwässerung Neubau	95.000	289.000	
Gasspeicherung, Reinigung	15.000	150.000	
BHKW, Heizung		230.000	
Maschinengebäude	300.000		
Prozesswasserbehälter	60.000		
Betriebsgebäude	100.000		
Trafostation	50.000		
Außenanlagen	125.000		
Sonstiges	200.000		
EMSR-Technik			2.116.000
<b>zusätzliche Reinvestitionen</b>			
Betonsanierung Kombibecken	654.500		
<b>Investitionskosten netto</b>			
<b>Summe (netto)</b>	<b>3.978.000</b>	<b>2.116.000</b>	<b>2.116.000</b>
<b>Gesamtsumme (netto)</b>		<b>8.210.000</b>	
<b>Investitionskostenzusammenstellung für Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>			
Investitionskosten (netto)	3.978.000	4.232.000	
Mehrwertsteuer		19%	
<b>Investitionskosten (brutto)</b>	<b>4.733.820</b>	<b>5.036.080</b>	
Baunebenkosten	25%		
Baunebenkosten (brutto)	2.442.475		
<b>Investitionskosten ohne stationäre Schlammwässerung, mit Baunebenkosten und Förderung (brutto)</b>	<b>7.176.295</b>	<b>5.036.080</b>	
<b>Reinvestitionen nach 15 Jahren, mit Baunebenkosten (brutto)</b>	<b>1.022.247</b>	<b>1.995.000</b>	

<b>Betriebskosten Variante 1 - Anschluss der Gemeinde Hohenstein; Aerobe Schlammstabilisierung</b>					
Alle Betriebskosten basieren auf Abschätzungen anhand der vorhandenen Aggregate					
<b>Rückershausen</b>					
					Bemerkungen:
<b>Wartung/Instandhaltung/Reparatur</b>					
Investitionskosten MT/EMSR brutto				1.438.000 €	
Wartungskosten davon ca.				2 %	
<b>Wartungskosten ca.</b>				<b>28.760 €a</b>	
<b>Personal (Abschätzung anhand des DWA M 271 (2017) für Teilbereiche der Kläranlage)</b>					
Mechanische Reinigung	395,0 h/a			1,8 h/d	
Biologische Reinigung	770,0 h/a			3,5 h/d	
Management und Infrastruktur	1664,0 h/a			7,6 h/d	
Summe				12,9 h/d	
Arbeitszeit pro Jahr				2.829 h/a	
spez. Stundenlohn (brutto,inkl. AG-Beiträge)				26,00 €/h	Angabe AG: 24 - 28 €
<b>Personalkosten ca.</b>				<b>73.554 €a</b>	
<b>Strom</b>					
<b>Belebung + NKB</b>					
Belüftung	2x 15,10 kW/(E*a)		13190 E	398.338 kWh/a	DWA-A 216 (2015)
Rührwerke BB	2x 3,70 kW/(E*a)		13190 E	97.606 kWh/a	
Nachklärung	1x 1,00 kW/h		24 h/d	8.760 kWh/a	
RS-Pumpwerk	1x 2,60 kW/(E*a)		13190 E	34.294 kWh/a	
Summe Belebung + NKB				538.998 kWh/a	
<b>Eindicker</b>					
ÜS-Pumpwerk	3,9 Wh/m³*m	120 m³/d	10 m	1.708 kWh/a	
Rührwerk	2,20 W/m³	350 m³	12 h/d	3.373 kWh/a	Annahme: Rührwerk läuft nur 50 % der Zeit
Summe Eindicker				5.081 kWh/a	
<b>Schlammwässerung</b>					
Dickschlammumpwerk	6 Wh/m³hm	42,2 m³/d	85 m	7.856 kWh/a	
Entwässerung	0,8 kWh/m³	42,2 m³/d		12.322 kWh/a	
Schneckenförderer	6 Wh/m³hm	4,0 m³/d	5,0 m	0,12 kWh/a	
Summe Schlammwässerung				20.178 kWh/a	
<b>Prozesswasserspeicher</b>					
Prozesswasserpumpe	6 Wh/m³hm	144 m³/d	5,0 m	1.572 kWh/a	
Rührwerk	2,20 W/m³	150 m³	24 h/d	2.891 kWh/a	Annahme: Rührwerk läuft nur 50 % der Zeit
Summe Prozesswasserspeicher				4.463 kWh/a	
<b>Betriebsgebäude</b>					
Beheizung				20.550 kWh/a	Angabe AG: Mittel der letzten 3 a
Summe Prozesswasserspeicher				20.550 kWh/a	
Strommenge, gesamt				589.270 kWh/a	
Strompreis				0,30 €/kWh	Angabe AG: 0,27€/kWh (2021/22); 0,26 €/kWh (2023); 0,3 €/kWh (2024)
<b>Stromkosten ca.</b>				<b>176.781 €a</b>	
<b>Fällmittel</b>					
Fällmittelbedarf				26,1 kg/d	aus verfahrenstechnischen Berechnungen
Jährlicher Verbrauch				9,5 t/a	
Einkaufspreis Fällmittel				148 €/t	Angabe AG: 148 €/t
<b>Kosten Fällmittel ca.</b>				<b>1.410 €a</b>	
<b>Wasser</b>					
<b>Wasserverbrauch FM-Station</b>					
Wasserverbrauch FM-Station ca.				3.069 m³/a	
Wasserpreis				4,43 €/m³	Angabe AG: 4,14 €/m³ (netto) zzgl. 7% Ust.
<b>Wasserkosten gesamt ca.</b>				<b>13.595 €a</b>	

<b>Flockungsmittel</b>		
Täglicher Verbrauch Flockungsmittel	8,44 kgWS/d <sub>7</sub>	
Wirksubstanz Flüssigprodukt	50 %	
Täglicher Produktverbrauch	16,9 kg/d	
Jährlicher Verbrauch	6,2 t/a	
Einkaufspreis Flockungsmittel	2.700 €/t	Annahme: 2,7 €/kg
<b>Kosten Flockungsmittel ca.</b>	<b>16.635 €a</b>	
<b>Schlamm Entsorgung</b>		
jährl. Schlammfall entwässert	1.463 m <sup>3</sup> /a	aus verfahrenstechnischen Berechnungen
spez. Schlammgewicht	1,1 t/m <sup>3</sup>	
jährl. Schlammmasse entwässert	1.609 t/a	
spez. Entsorgungskosten	130,00 €/t	
<b>Entsorgungskosten ca.</b>	<b>209.199 €a</b>	

**Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante 1 - Anschluss der Gemeinde Hohenstein; Aerobe Schlammstabilisierung**

Es wird dabei eine Betriebskostensteigerung von ca. 3% pro Jahr berücksichtigt. Dabei wird gem. der Leitlinie zur Durchführung von Kostenvergleichrechnungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser für die Abschreibung der Zinssatz zwischen 3% und 5% variiert. Es werden zunächst die Projektkostenbarwerte zum Planungsbeginn ermittelt.

**Kalkulatorische Ansätze**

Lebensdauer der Anlagen/ Planungszeitraum	N	30 Jahre	
Nutzungsdauer	n	15 Jahre	
Zinssatz der Abschreibung :	i	3,0%	5,0%
Preissteigerung der Betriebskosten :	r	1,0%	
Preissteigerung der Stromkosten :	r <sub>s</sub>	2,0%	
Diskontierungsfaktor der Reinvestition	DFAKE = 1/(1+i) <sup>n</sup>		
Diskontierungsfaktor der Betriebskosten(Progressiv)	DFAKRP = (1+r)*(((1+i) <sup>n</sup> -(1+r) <sup>n</sup> )/((1+i) <sup>n</sup> *(i-r))		

<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>	<b>Zinssatz 3,0%</b>	<b>Zinssatz 5,0%</b>
<b>Investition Bau und BNK</b>	<b>6.794.008 €</b>	<b>6.794.008 €</b>
<b>Investitionskosten MT/EMSR</b>	<b>3.643.780 €</b>	<b>3.643.780 €</b>
<b>Reinvestitionskosten nach 15 Jahren</b>	2.460.247 €	2.460.247 €
<b>DFAKE = 1/(1+i)<sup>n</sup></b>	0,64186	0,48102
<b>Barwert der Reinvestition</b>	<b>1.579.139 €</b>	<b>1.183.421 €</b>
Wartung, Instandhaltung, Reparatur	28.760 €/a	28.760 €/a
Personal	73.554 €/a	73.554 €/a
Strom	176.781 €/a	176.781 €/a
Fällmittel	1.410 €/a	1.410 €/a
Wasser	13.595 €/a	13.595 €/a
Flockungsmittel	16.635 €/a	16.635 €/a
Schlamm Entsorgung	209.199 €/a	209.199 €/a
Heizung	0 €/a	0 €/a
<b>Summe der Betriebskosten (ohne Strom)</b>	<b>343.153 €/a</b>	<b>343.153 €/a</b>
<b>Summe der Stromkosten</b>	<b>176.781 €/a</b>	<b>176.781 €/a</b>
<b>DFAKRP/Betriebskosten</b>	22,45756	17,37549
<b>DFAKRP/Stromkosten</b>	25,88179	19,75032
<b>Barwert der Betriebskosten</b>	<b>12.281.784 €</b>	<b>9.453.931 €</b>
	24.298.711 €	21.075.139 €
<b>Projektkostenbarwert</b> rd.	<b>24.300.000 €</b>	<b>21.100.000 €</b>
<b>Umrechnung auf Jahreskosten</b>		
<b>KFAKR = i*(1+i)<sup>N</sup>/((1+i)<sup>N</sup>-1)</b>	<b>0,05102</b>	<b>0,06505</b>
	1.239.702 €/a	1.370.968 €/a
<b>Jahreskosten</b> rd.	<b>1.240.000 €/a</b>	<b>1.371.000 €/a</b>



## Betriebskosten Variante 2 - Anschluss der Gemeinde Hohenstein; Anaerobe Schlammstabilisierung

Alle Betriebskosten basieren auf Abschätzungen anhand der vorhandenen Aggregate

Bemerkungen:

### Wartung/Instandhaltung/Reparatur

Investitionskosten MT/EMSR brutto	1.995.000 €
Wartungskosten davon ca.	2 %
<b>Wartungskosten ca.</b>	<b>39.900 €/a</b>

### Personal (Abschätzung anhand des DWA M 271 (2017) für Teilbereiche der Kläranlage)

Mechanische Reinigung	520,0 h/a	2,4 h/d	
Biologische Reinigung	770,0 h/a	3,5 h/d	
Schlammstabilisierung	370,0 h/a	1,7 h/d	
Management und Infrastruktur	2303,0 h/a	10,5 h/d	
Eigenenergieerzeugung	170,0 h/a	0,8 h/d	
Summe		18,8 h/d	
Arbeitszeit pro Jahr		4.133 h/a	
spez. Stundenlohn (brutto, inkl. AG-Beiträge)		26,00 €/h	Angabe AG
<b>Personalkosten ca.</b>		<b>107.458 €/a</b>	

### Strom

#### Belebung + NKB

Belüftung	1x	15,10 kW/(E*a)	13190 E	199.169 kWh/a	DWA-A 216 (2015)
Rührwerke BB	1x	3,70 kW/(E*a)	13190 E	48.803 kWh/a	
Nachklärung	1x	1,00 kW/h	24 h/d	8.760 kWh/a	
RS-Pumpwerk	1x	2,60 kW/(E*a)	13190 E	34.294 kWh/a	
ÜS-Pumpwerk	1x	3,9 Wh/m³m	57 m³/d	12.256 kWh/a	
Summe Belebung + NKB				303.282 kWh/a	

#### Überschussschlammindickung

Dünnschlammumpwerk	6 Wh/m³hm	57,4 m³/d		0 kWh/a	
maschinelle ÜSS-Eindickung	0,2 kWh/m³	57,4 m³/d		4.192 kWh/a	0,2 kWh/m³
Dickschlammumpwerk	6 Wh/m³hm	8 m³/d	20,0 m	960 kWh/a	
Flockungsmittelstation	2,25 kW		2 h/d	1.643 kWh/a	
Summe Schlammbehandlung				6.795 kWh/a	

#### Faulung

Heizschlammpumpe	10,0 m	50 m³/d	6 Wh/m³hm	1.095 kWh/a	
Rührwerk	2,20 W/m³	600 m³	24 h/d	11.563 kWh/a	
Summe Faulung				12.658 kWh/a	

#### Nacheindicker

Rührwerk	2,20 W/m³	100 m³	12 h/d	964 kWh/a	Annahme: Rührwerk läuft nur 50 % der Zeit
Summe Eindicker				964 kWh/a	

#### Schlammwässerung

Faulschlammumpwerk	6 Wh/m³hm	21,5 m³/d	155 m	7.298 kWh/a	
Entwässerung	0,8 kWh/m³	21,5 m³/d		6.278 kWh/a	
Schneckenförderer	6 Wh/m³hm	2,5 m³/d	5,0 m	0,07 kWh/a	
Summe Schlammwässerung				13.576 kWh/a	

#### Gasbehälter

Verdichter	3,00 kW		3 h/d	2.628 kWh/a	
Summe Gasbehälter				2.628 kWh/a	

#### Prozesswasserspeicher

Prozesswasserpumpe	6 Wh/m³hm	118 m³/d	20,0 m	5.182 kWh/a	
Rührwerk	2,20 W/m³	150 m³	24 h/d	2.891 kWh/a	Annahme: Rührwerk läuft nur 50 % der Zeit
Summe Prozesswasserspeicher				8.072 kWh/a	

#### Energieerzeugung BHKW

elektrische Energieerzeugung BHKW				236.155 kWh <sub>el</sub> /a	
Summe BHKW				236.155 kWh <sub>el</sub> /a	

gesamt 111.821 kWh/a

Strompreis		0,30 €/kWh		Angabe AG: 0,27€/kWh (2021/22); 0,26 €/kWh (2023); 0,3 €/kWh (2024)
<b>Stromkosten ohne Druckstation ca.</b>		<b>33.546 €a</b>		
<b>Wärmebedarf</b>				
<b>Betriebsgebäude</b>				
Beheizung		20.550 kWh/a		Angabe AG: Mittel der letzten 3 a (ca. 22°C)
Summe Prozesswasserspeicher		20.550 kWh/a		
<b>Maschinengebäude</b>				
Beheizung		15.413 kWh/a		2/3 des Betriebsgebäude (ca. 18°C)
Summe Prozesswasserspeicher		15.413 kWh/a		
<b>Faulung</b>				
Faulschlammwärmung	1,16 kWh/(m³*K)	21,5 m³/d	29,0 K	263.990 kWh/a
Transmissionsverluste Faulbehälter	0,40 W/(m²*K)	330 m²	46,0 K	53.191 kWh/a
Summe Faulung				317.181 kWh/a
<b>Energieerzeugung BHKW</b>				
thermische Energieerzeugung BHKW				382.155 kWh/a
Summe BHKW				382.155 kWh/a
<b>gesamt</b>				<b>-29.012 kWh<sub>e</sub>/a</b>
<b>Fällmittel</b>				
Fällmittelbedarf		31,1 kg/d		aus verfahrenstechnischen Berechnungen
Jährlicher Verbrauch		11,4 t/a		
Einkaufspreis Fällmittel		148 €/t		Angabe AG: 148 €/t
<b>Kosten Fällmittel ca.</b>		<b>1.680 €a</b>		
<b>Wasser</b>				
<b>Wasserverbrauch FM-Station</b>				
Wasserverbrauch FM-Station ca.		2.681 m³/a		ÜSS-Eindickung & Entwässerung
Wasserpreis		4,43 €/m³		Angabe AG: 4,14 €/m³ (netto) zzgl. 7% Ust.
<b>Wasserkosten gesamt ca.</b>		<b>11.876 €a</b>		
<b>Flockungsmittel</b>				
Täglicher Verbrauch Flockungsmittel		7,77 kgWS/d,		ÜSS-Eindickung & Entwässerung
Wirksubstanz Flüssigprodukt		50 %		
Täglicher Produktverbrauch		15,5 kg/d		
Jährlicher Verbrauch		5,7 t/a		
Einkaufspreis Flockungsmittel		2.700 €/t		Annahme: 2,7 €/kg
<b>Kosten Flockungsmittel ca.</b>		<b>15.315 €a</b>		
<b>Schlamm Entsorgung</b>				
jährl. Schlamm anfall entwässert		903 m³/a		aus verfahrenstechnischen Berechnungen
spez. Schlammgewicht		1,1 t/m³		
jährl. Schlammmasse entwässert		993 t/a		
spez. Entsorgungskosten		130,00 €/t		
<b>Entsorgungskosten ca.</b>		<b>129.102 €a</b>		

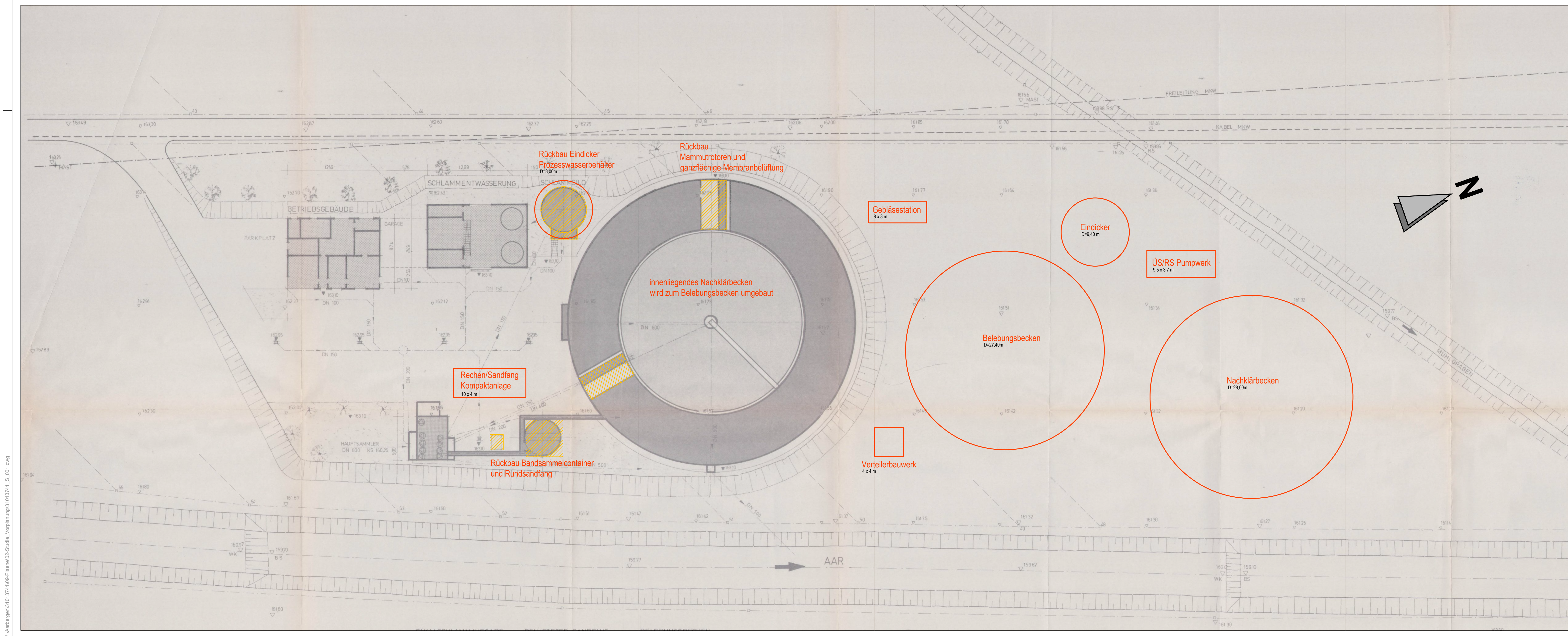
<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante 2 - Anschluss der Gemeinde Hohenstein; Anaerobe Schlammstabilisierung</b>		
Es wird dabei eine Betriebskostensteigerung von ca. 3% pro Jahr berücksichtigt. Dabei wird gem. der Leitlinie zur Durchführung von Kostenvergleichrechnungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser für die Abschreibung der Zinssatz zwischen 3% und 5% variiert. Es werden zunächst die Projektkostenbarwerte zum Planungsbeginn ermittelt.		
<b>Kalkulatorische Ansätze</b>		
Lebensdauer der Anlagen/ Planungszeitraum	N	30 Jahre
Nutzungsdauer	n	15 Jahre
Zinssatz der Abschreibung :	i	3,0% 5,0%
Preissteigerung der Betriebskosten :	r	1,0%
Preissteigerung der Stromkosten :	r <sub>s</sub>	2,0%
Diskontierungsfaktor der Reinvestition	DFAKE = $1/(1+i)^n$	
Diskontierungsfaktor der Betriebskosten(Progressiv)	DFAKRP = $(1+r)*(((1+i)^n - (1+r)^n)/((1+i)^n * (i-r)))$	
<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>	<b>Zinssatz 3,0%</b>	<b>Zinssatz 5,0%</b>
<b>Investition Bau und BNK</b>	<b>7.176.295 €</b>	<b>7.176.295 €</b>
<b>Investitionskosten MT/EMSR</b>	<b>5.036.080 €</b>	<b>5.036.080 €</b>
<b>Reinvestitionskosten nach 15 Jahren</b>	3.017.247 €	3.017.247 €
<b>DFAKE = <math>1/(1+i)^n</math></b>	0,64186	0,48102
<b>Barwert der Reinvestition</b>	<b>1.936.656 €</b>	<b>1.451.347 €</b>
Wartung, Instandhaltung, Reparatur	39.900 €/a	39.900 €/a
Personal	107.458 €/a	107.458 €/a
Strom	33.546 €/a	33.546 €/a
Fällmittel	1.680 €/a	1.680 €/a
Wasser	11.876 €/a	11.876 €/a
Flockungsmittel	15.315 €/a	15.315 €/a
Schlamm Entsorgung	129.102 €/a	129.102 €/a
<b>Summe der Betriebskosten (ohne Strom)</b>	<b>305.330 €/a</b>	<b>305.330 €/a</b>
<b>Summe der Stromkosten</b>	<b>33.546 €/a</b>	<b>33.546 €/a</b>
<b>DFAKRP/Betriebskosten</b>	22,45756	17,37549
<b>DFAKRP/Stromkosten</b>	25,88179	19,75032
<b>Barwert der Betriebskosten</b>	<b>7.725.207 €</b>	<b>5.967.811 €</b>
	21.874.238 €	19.631.533 €
<b>Projektkostenbarwert</b>	<b>rd. 21.900.000 €</b>	<b>19.600.000 €</b>
<b>Umrechnung auf Jahreskosten</b>		
<b>KFAKR = <math>i*(1+i)^N/((1+i)^N - 1)</math></b>	<b>0,05102</b>	<b>0,06505</b>
	1.116.007 €/a	1.277.059 €/a
<b>Jahreskosten</b>	<b>rd. 1.116.000 €/a</b>	<b>1.277.000 €/a</b>

<b>Kostenzusammenstellung</b>		
<b>EURO/brutto</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>
<b>Baulicher Teil und Baunebenkosten (brutto)</b>	6.794.008 €	7.176.295 €
<b>Maschinentechnik und E-Technik (brutto)</b>	3.643.780 €	5.036.080 €
<b>Reinvestitionen (brutto)</b>	2.460.247 €	3.017.247 €
<b>Gesamtsumme (brutto)</b>	<b>10.437.788 €</b>	<b>12.212.375 €</b>
<b>Gesamtsumme (brutto, gerundet)</b>	<b>10.438.000 €</b>	<b>12.212.000 €</b>
<b>Projektkostenbarwert (Zinssatz 3%)</b>	24.300.000 €	21.900.000 €
<b>Projektkostenbarwert (Zinssatz 5%)</b>	21.100.000 €	19.600.000 €
<b>Wirtschaftlichkeit / Jahreskosten (Zinssatz 3%)</b>	1.240.000 €/a	1.116.000 €/a
<b>Wirtschaftlichkeit / Jahreskosten (Zinssatz 5%)</b>	1.371.000 €/a	1.277.000 €/a

# Anlage 11

## Pläne





**Legende:**

- Bestand
- Rückbau
- Planung
- Planungsbereich

**Plangrundlage:**  
 Lageplan zum 1. Nachtrag  
 Kläranlage Untere Aar  
 Blatt Nr. 24  
 Datum: 4. Juli 1984

Vorabzug Stand: 01.12.2023

**Gemeinde Aarbergen**

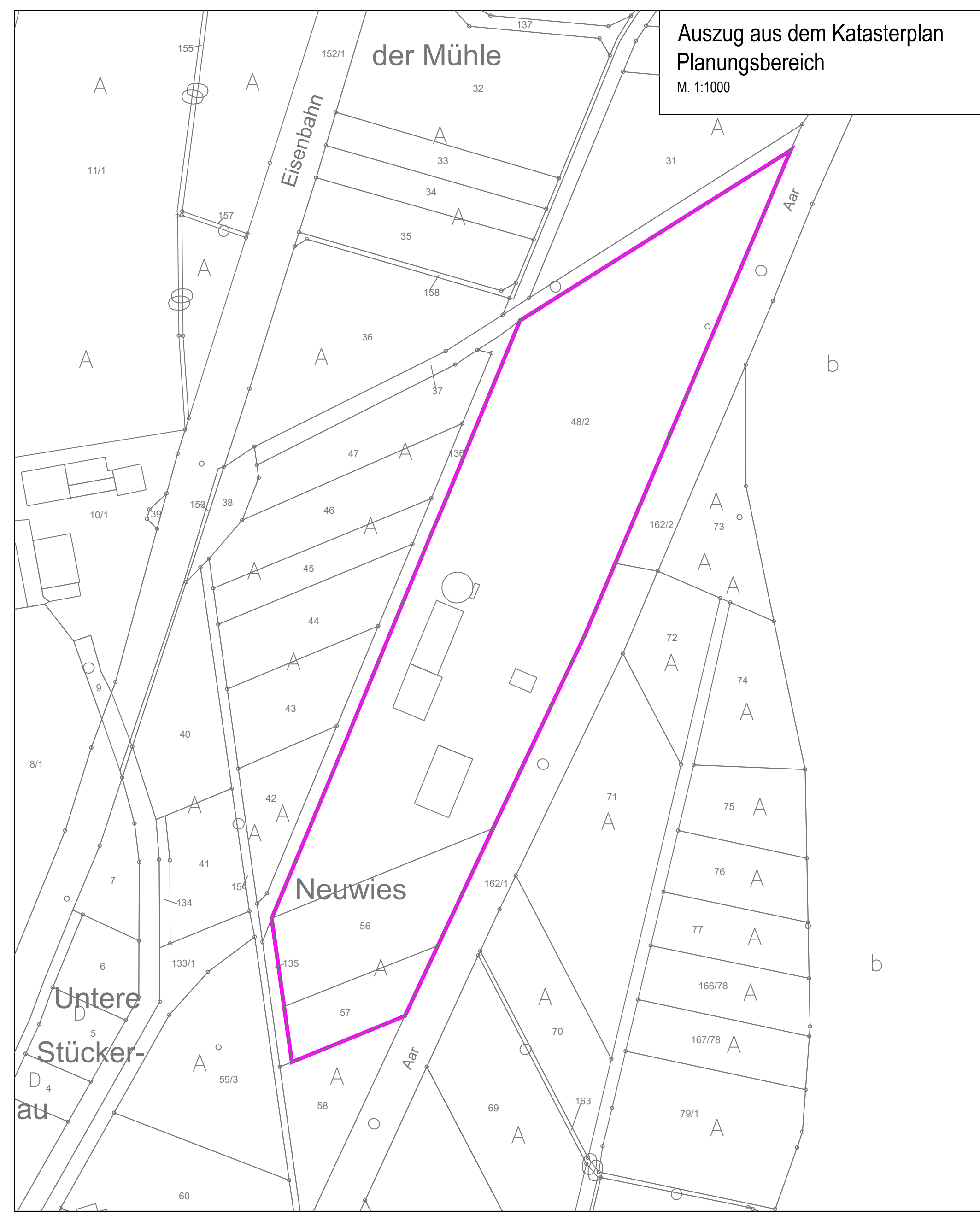
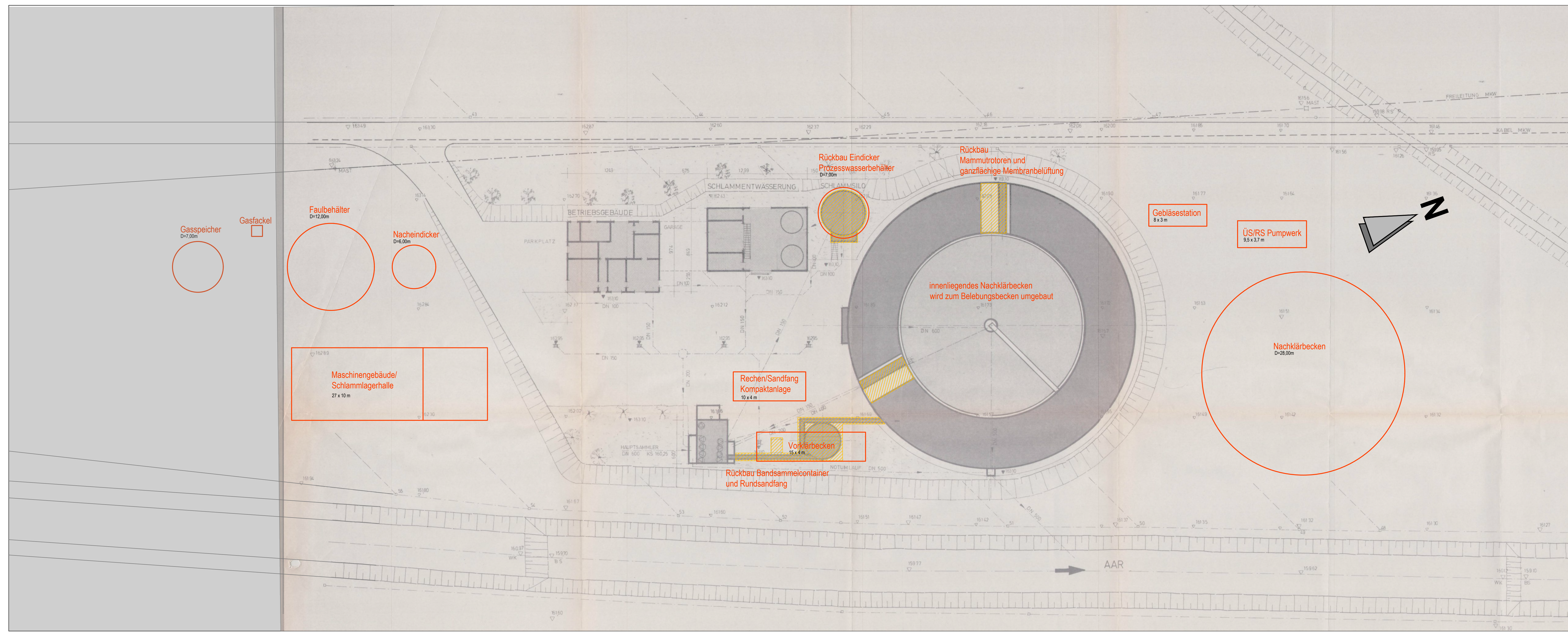
Projekt Nr.: 31013741	<b>Kläranlage Rückershausen</b>	Plan Nr.: S02
Dateiname: 31013741_S_001.dwg	<b>Ermittlung des Investitionskostenbedarfs</b>	Datum: Dezember 2023
Bearbeitet: Magg, Merkel	<b>- Studie -</b>	Maßstab: 1 : 250
Gezeichnet: Fenzlein	<b>Teil B</b>	Format: 1085 x 365
Geprüft:	<b>(Anschluss Hohenstein)</b>	EDV-Grundlage: AutoCAD 2018
<b>Variante 1-Erweiterung aerobe Schlammstabilisierung</b>		

**DAR**  
 Ingenieurbüro für Umweltfragen  
 Deutsche Abwasser-Reinigungs-Gesellschaft mbH  
 D-65185 Wiesbaden • Adolfsallee 27/29 • Telefon 0611/36096-0 • Fax 0611/36096-12 • wiesbaden@dar.de • http://www.dar.de/

P:\Aarbergen\31013741\09\_Planung\02-Studie\_Vorabzug\31013741\_S\_001.dwg



P:\Aarbergen\31013741\09\_Planung\02-Studie\_Vorplanung\31013741\_S\_001.dwg





**Legende:**

- Bestand
- Rückbau
- Planung
- Planungsbereich

**Plangrundlage:**  
Lageplan zum 1. Nachtrag  
Kläranlage Untere Aar  
Blatt Nr. 24  
Datum: 4. Juli 1984

**Vorabzug** Stand: 01.12.2023

 <b>Gemeinde Aarbergen</b>		Projekt Nr.: 31013741 Dateiname: 31013741_S_001.dwg Bearbeiter: Magg, Merkel Gezeichnet: Fenzlein Geprüft:	<b>Kläranlage Rückershausen</b> <b>Ermittlung des Investitionskostenbedarfs</b> <b>- Studie -</b> <b>Teil B</b> <b>(Anschluss Hohenstein)</b> Variante 2-Erweiterung anaerobe Schlammstabilisierung	Plan Nr.: S03 Datum: Dezember 2023 Maßstab: 1 : 250 Format: 1085 x 365 EDV-Grundlage: AutoCAD 2018
 DAR Ingenieurbüro für Umweltfragen Deutsche Abwasser-Reinigungs-Gesellschaft mbH D-65185 Wiesbaden • Adolfsallee 27/29 • Telefon 0611/36096-0 • Fax 0611/36096-12 • wiesbaden@dar.de • http://www.dar.de/				