



UNTERSUCHUNG
VON KLÄRANLAGEN
DER GK4

09|10|2013

GELSENWASSER

GELSENWASSER

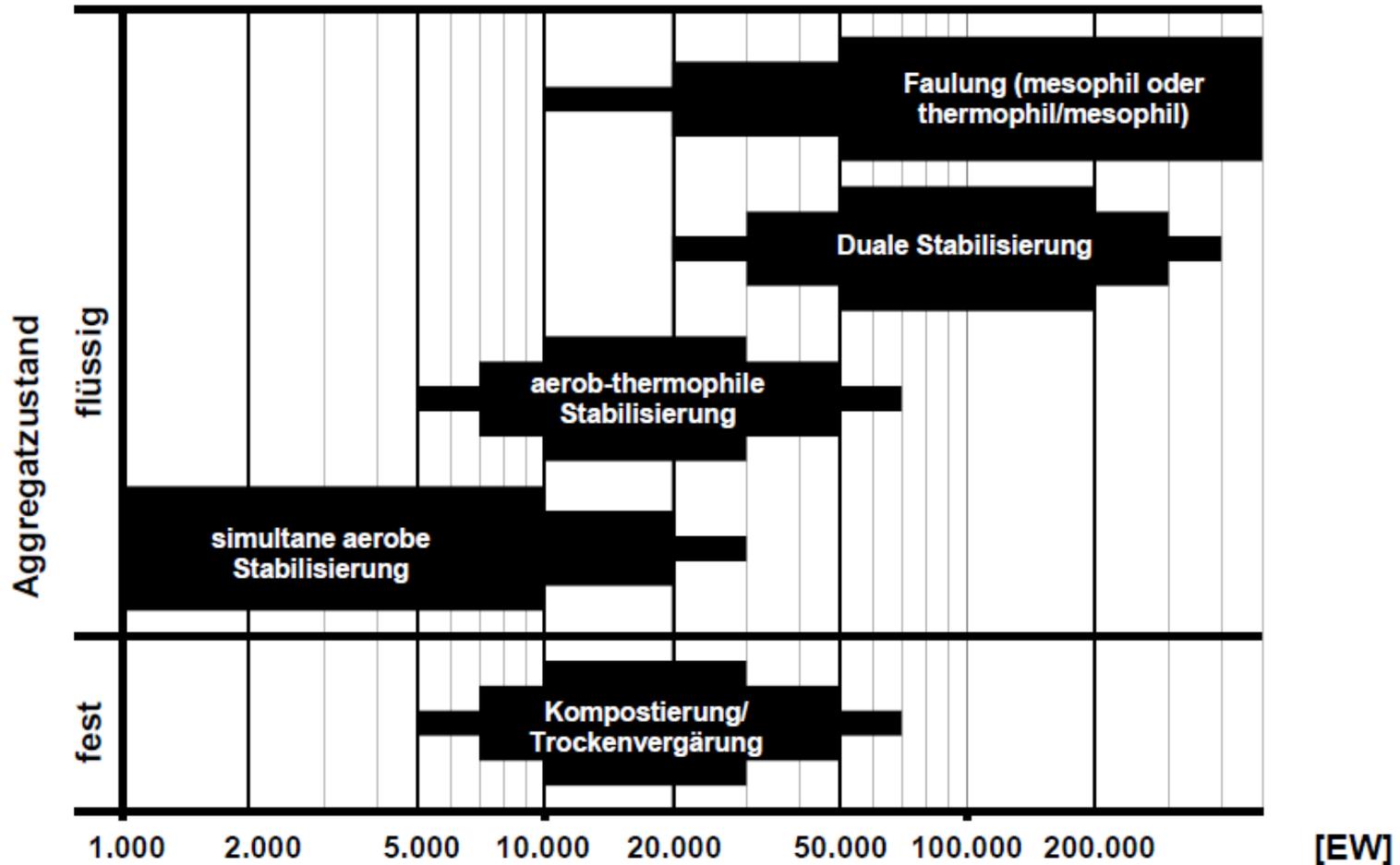


GAS. STROM. NATÜRLICH WASSER.

Gliederung

- Einleitung
- Vorteile der anaeroben Schlammstabilisierung
- Fall 1: Berechnung einer Faulungsanlage für 35.400 EW
- Fall 2: Berechnung einer Faulungsanlage für 25.000 EW

Empfohlene Einsatzbereiche der Faulung



Einleitung

Aktuelle Situation

- 10 000 kommunale Kläranlagen in Deutschland
 - 1 150 Kläranlagen mit Schlammfaulung behandeln 76 % des Abwassers, Ausbaugröße im Mittel 100 000 EW

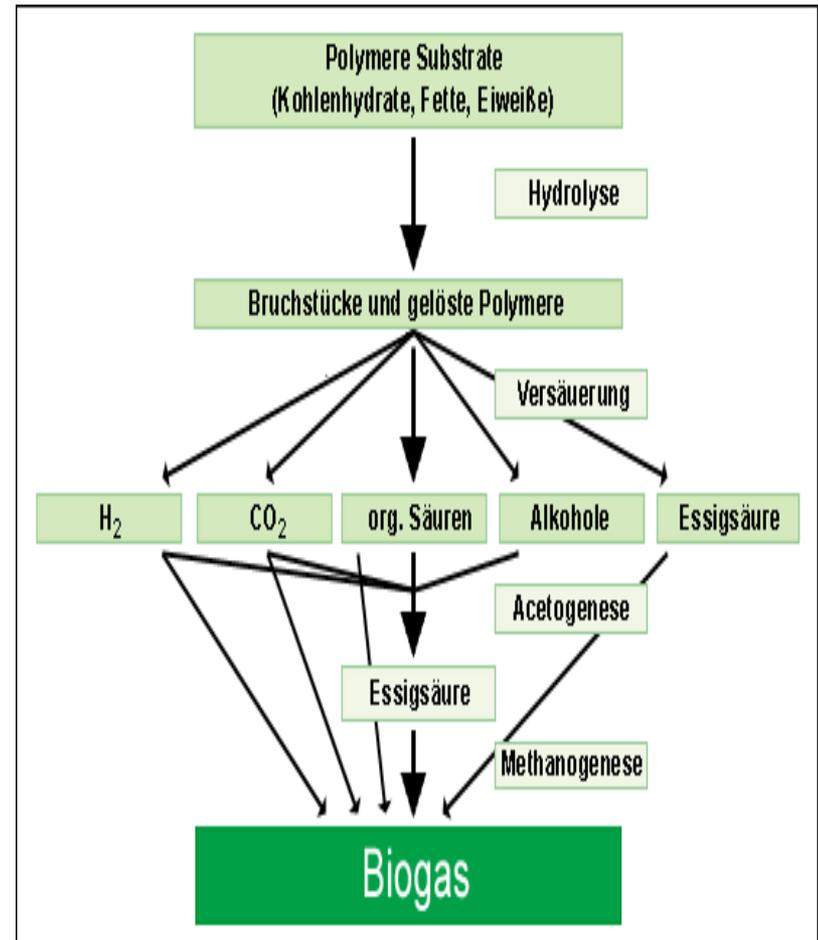
Szenario

- Schlammfaulung und BHKW für 85 % des Abwassers
- Umrüstung von 550 Anlagen mit im Mittel 25 000 EW (GK 4)
 - ▶ $200 \text{ MW}_{\text{el}}$ und $280 \text{ MW}_{\text{th}} = 350 \text{ Mio. €/a}$ Einsparung von Stromkosten
 - ▶ 33 Mio. €/a weniger Kosten für Schlamm Entsorgung
 - ▶ 100 000 t/a weniger CO_2 -Emission

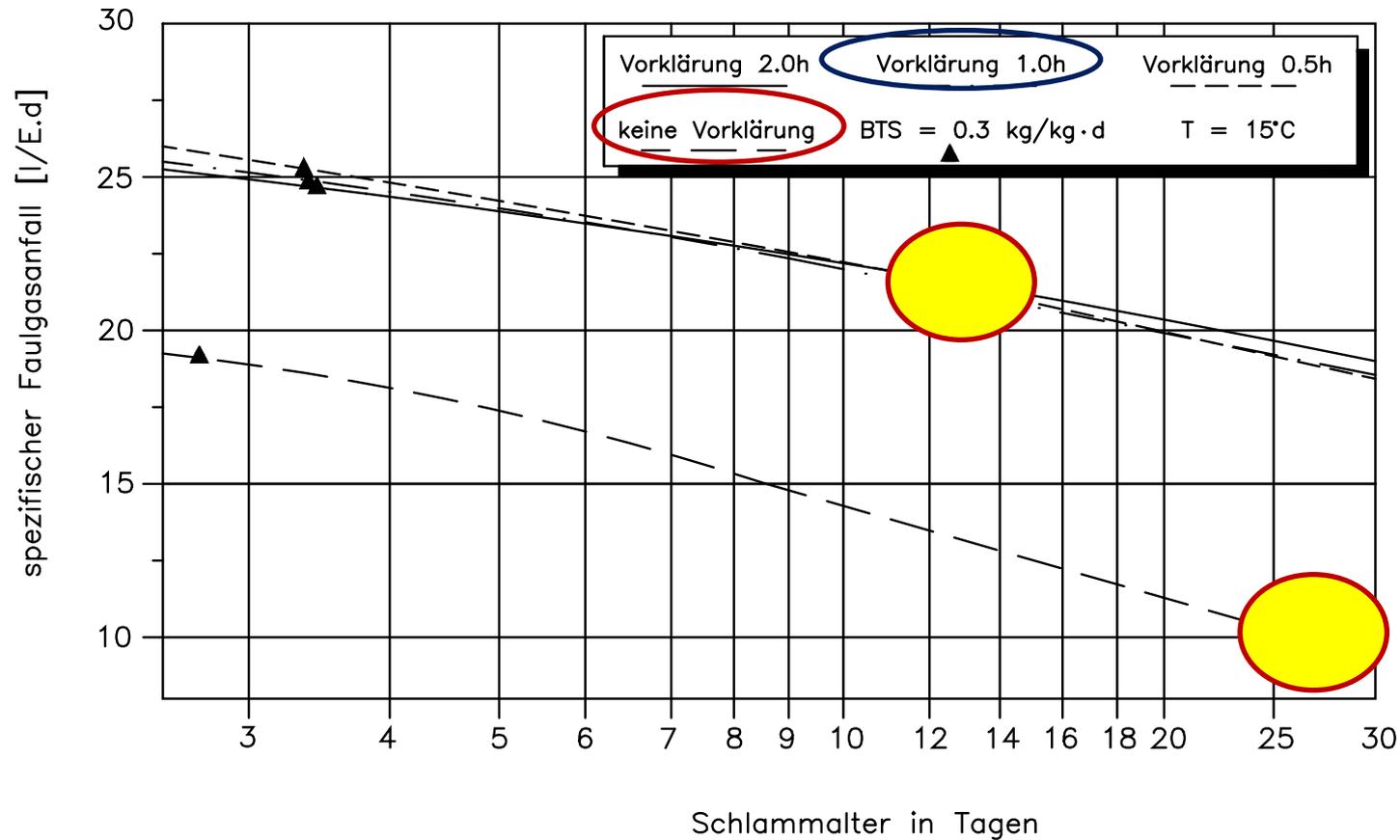
(22 l/(E·d) Faulgas, 90 % Verwertung in BHKW, $\eta_{\text{el}} = 35 \%$ und $\eta_{\text{th}} = 50 \%$, 0,2 €/kWh Strom, 100 €/t Klärschlamm)

Generelle Vorteile des Betriebes einer Faulungsanlage

- Einsparpotenzial bei der Belüftung durch Verkürzung des Schlammalters in der Biologie = **Energieeinsparung**
- Mögliche Außerbetriebnahme eines Belebungsbeckens = **Energieeinsparung**
- Stabilisierung des Substrats = **Geruchsminimierung**
- Verbesserung der Entwässerbarkeit und dadurch bedingte Verringerung der zu entsorgenden Schlammmenge = **Reduzierung der Entsorgungskosten**
- Biogasgewinnung = **Energiegewinnung**



Faulgasanfall – mit oder ohne Vorklärung



Faulung macht nur mit Vorklärung Sinn!

Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung: „Kleine Faulung“ KA 35.400 EW



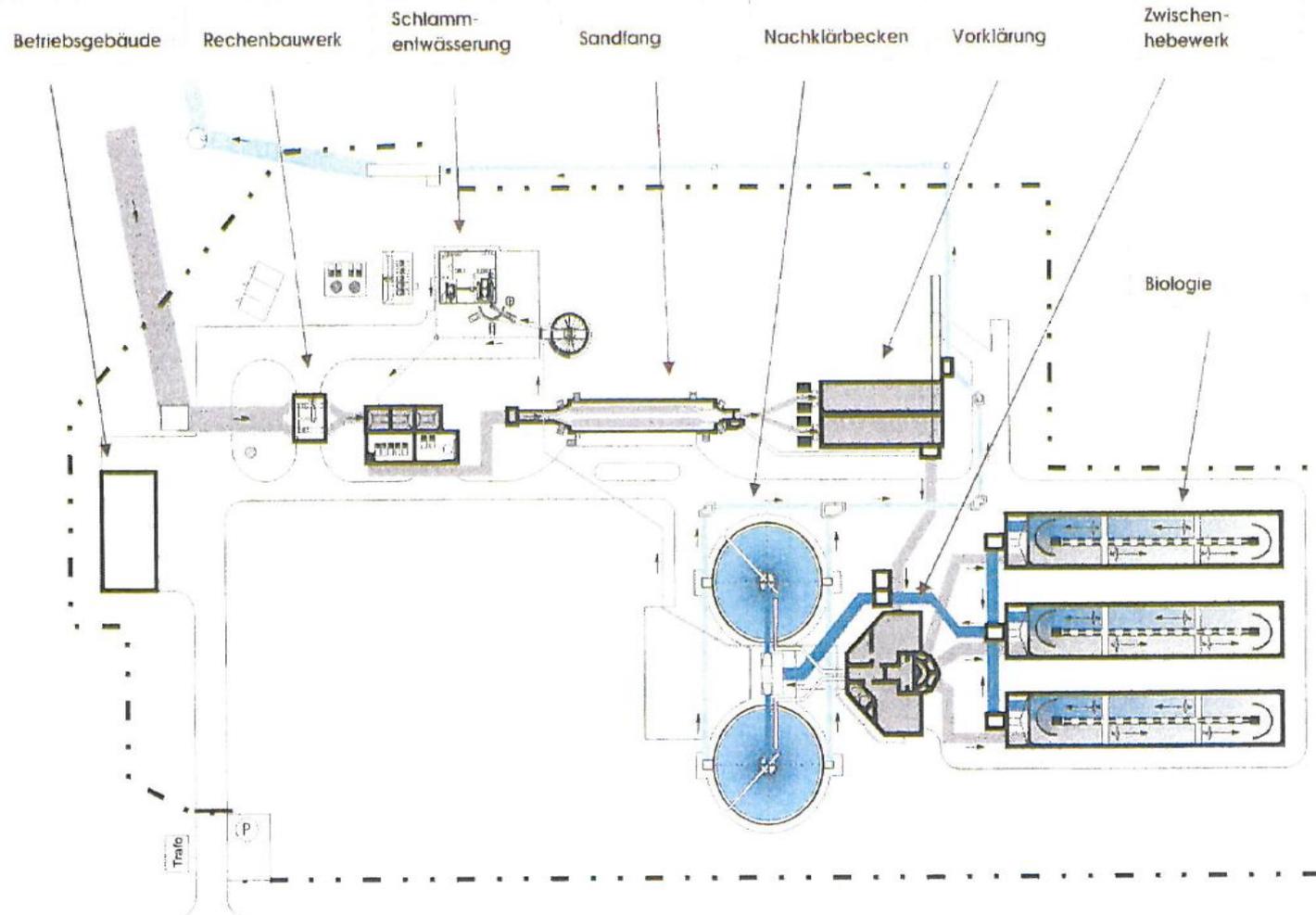
Grundlagen

- Betrachtung von bis zu vier verschiedenen Lastfälle:
 - Fall 1: Ursprüngliche Auslegung der Kläranlage (Modellabgleich)
 - Fall 2: Aktuelle Belastung der Kläranlage
 - Fall 3: Aktuelle Belastung der Kläranlage inkl. einer Faulungsanlage
 - Fall 4: Aktuelle Belastung der Kläranlage inkl. einer Faulungsanlage und getrennter Schlammwasserbehandlung

- Für diese Anlage werden die Fälle 2 und 3 unter folgenden Annahmen betrachtet (jeweils Mittelwerte aus 2010/2011):
 - Einwohnerwerte = 35.400 EW
 - Tagesschmutzwassermenge: 8.000 m³/Tag
 - BSB5- Tagesfracht: 2.124 kg/Tag

(Alle Betrachtungen beruhen auf den Berechnungsgrundlagen des A131)

Grundlagendaten



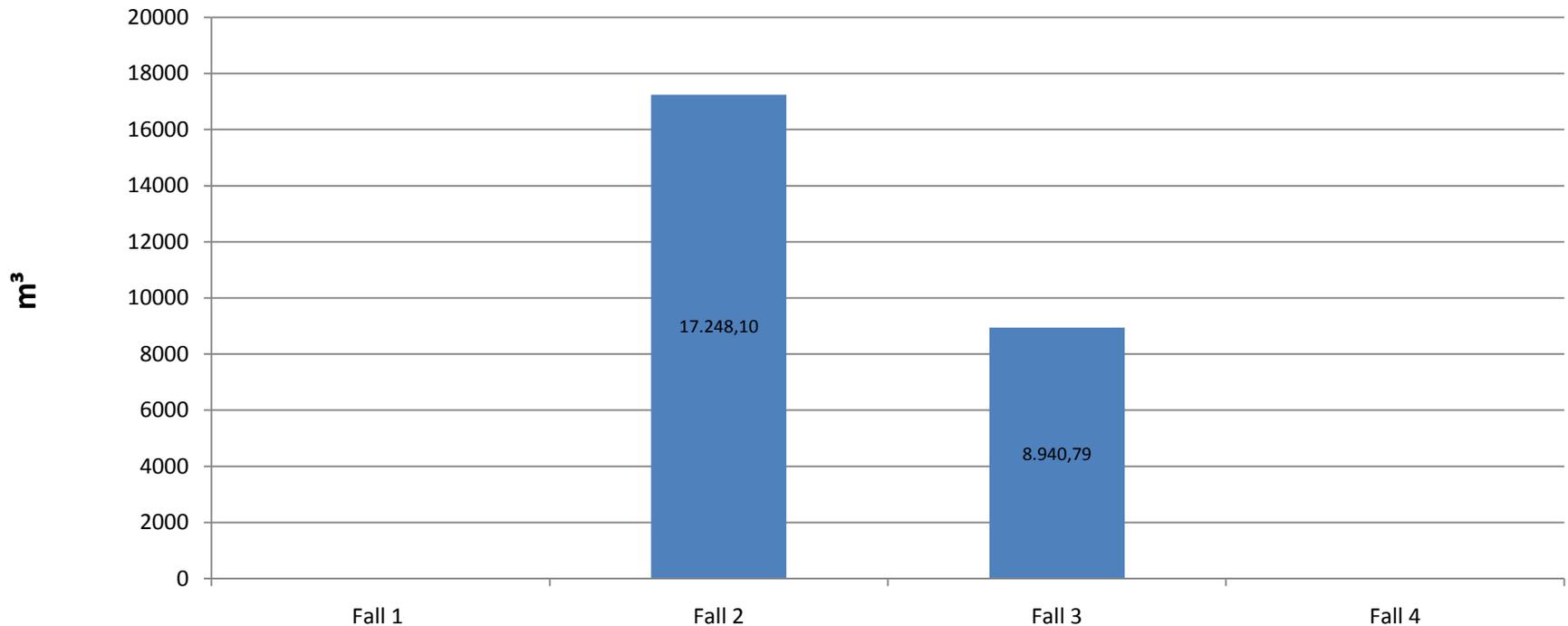
Grundlagendaten

	Aktuelle Belastung der Kläranlage	Auslegung der Anlage mit Vorklärung und Faulung	Einheiten
Wassermengen:			
<i>Tageswerte:</i>			
Q _{d,s,mit}	8.000	8.080	m ³ /d
Q _{d,s,max}	8.850	8.874	m ³ /d
Q _{d,t,mit}	8.200	8.280	m ³ /d
Q _{d,t,max}	9.050	9.074	m ³ /d
<i>Stundenwerte:</i>			
Q _{h,s,max}	1.333	1.337	m ³ /h
	370,39	371,31	l/s
Q _{h,t,max}	1.342	1.345	m ³ /h
	372,70	373,63	l/s
Q _{h,n}	25	25	m ³ /h
	6,99	6,99	l/s
Q _{h,m}	2.675	2.682	m ³ /h
	743,09	744,94	l/s
Frachten:			
<i>Tageswerte:</i>			
		vor VKB	
B _{d,BSB_5}	2.124	2.336	kg_BSB_5/d
B _{d,TS}	2.478	2.478	kg_TS/d
B _{d,TKN}	389	467	kg_N/d
B _{d,P}	64	67	kg_P/d
Q _{d,s}	<i>Schmutzwassermenge</i>		
Q _{d,t}	<i>Trockenwettermenge (Schmutz + Fremdwasser)</i>		
Q _{h,s,max}	<i>Maximale Schmutzwassermenge pro Stunde</i>		
Q _{h,t,max}	<i>Maximale Trockenwettermenge pro Stunde</i>		
Q _{h,n}	<i>Nachtwassermenge</i>		
Q _{h,m}	<i>Mischwasser bei Regen</i>		

Anlagendaten

- Alte Vorklärbecken: 2 x 500 m³ (als Regenwasserspeicher genutzt)
- Belebungsbecken: 3 x 6.000 m³
- Nachklärbecken: 2 x 4.000 m³

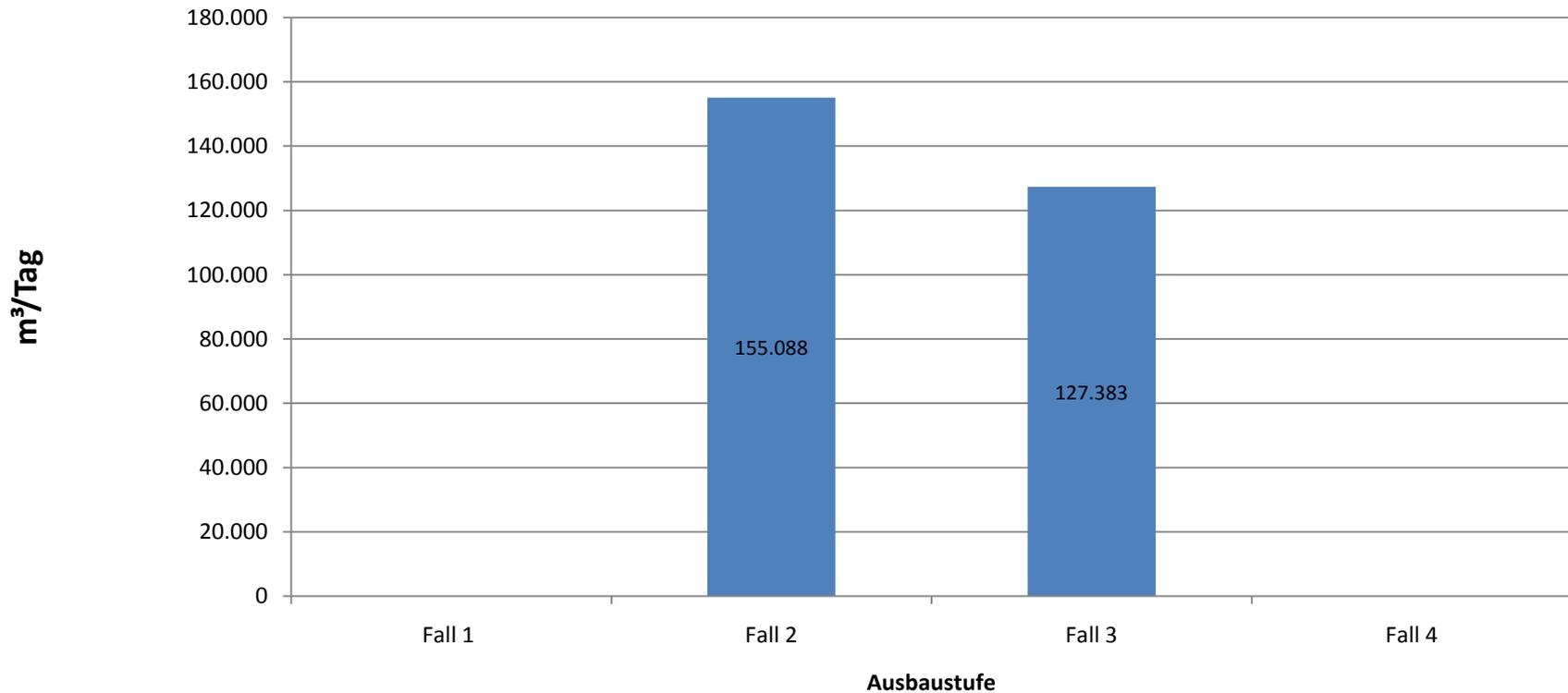
Vergleich der benötigten Beckenvolumina Belebung



Schlammalter Fall 2: 23 Tage
Schlammalter Fall 3: 16,5 Tage

Vergleich der benötigten Luftmenge

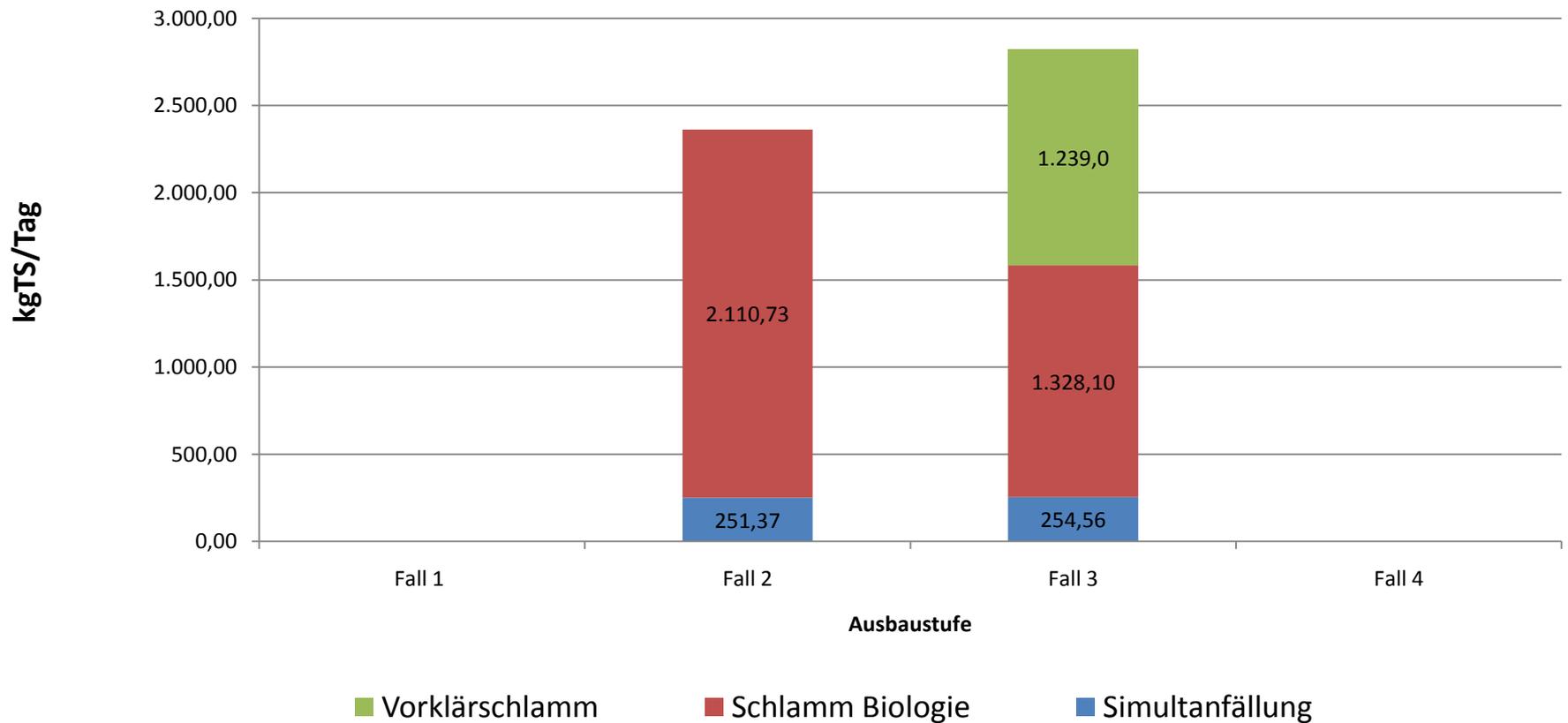
Benötigte Luftmenge



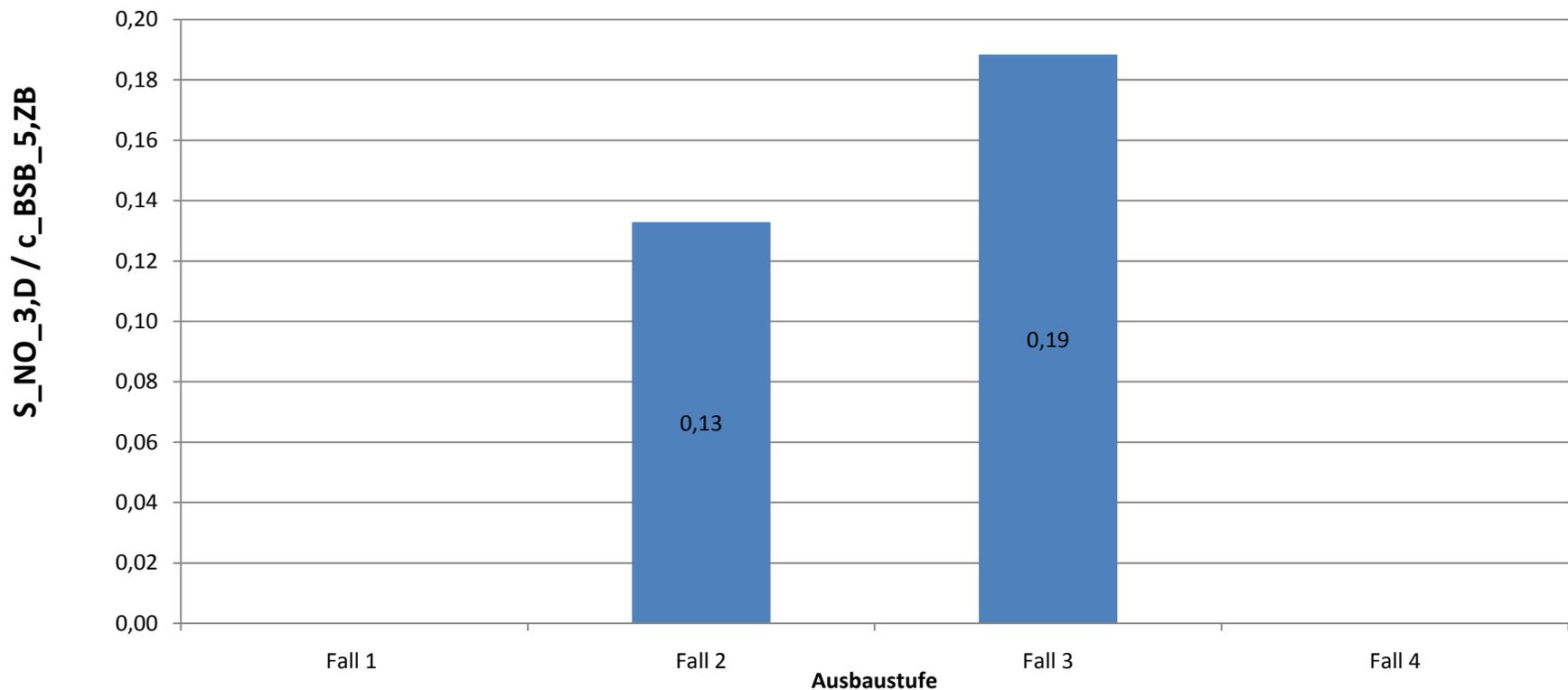
Einsparung von ca. 18 % möglich

Vergleich der anfallenden Schlämme

Schlammanfall kgTS/Tag



Verhältnis Stickstoff zu Kohlenstoff im Zulauf der Belebung



Verhältnis grenzwertig. Möglicherweise Dosage einer C-Quelle oder getrennte Schlammwasserbehandlung notwendig.

Kosten / Nutzen Vergleich einer Faulungsanlage Teil 1

Anlagengröße	35.400EW
Spezifische Angaben	
Spez. Kosten Schlamm Entsorgung (Schlamm entwässert)	40€/to
Spez. Kosten Schlamm Entsorgung andere Schlamm z.B. Flotatschlamm	0€/to
Spez. Kosten FHM	3,00€/Liter
Spez. Strompreis	0,16€/kWh
KWK-Vergütung	0,04€/kWhel
Spez. FHM (Originalsubstanz) Verbrauch Rohschlamm	10,00Liter FHM/t TS
Spez. FHM (Originalsubstanz) Verbrauch ausgefallter Schlamm	8,00Liter FHM/t TS
Einsparungen Schlamm	
Schlammvolumen Rohschlamm nach Entwässerung KA	4.900m ³ /a
Schlammvolumen Flotatschlamm	0m ³ /a
Schlammmenge gesamt	4.900m ³ /a
TS-Gehalt Rohschlamm nach Entwässerung	26%
Schlammvolumen Rohschlamm nach Entwässerung jetzt TS Gehalt	1.274,00toTS/a
Schlammmenge nach Faulung inkl. Fällungsschlamm und sonstiger Schlämme	864to TS/a
TS-Gehalt Schlamm nach Faulung	26,0%
Schlammvolumen nach Faulung	3.324m ³ /a
Reduktion der Schlammmenge	1.576to TS/a
Durch reduzierte Schlamm Entsorgung	63.040€/a
Durch reduzierter FHM-Verbrauch	47.280€/a
SUMME ERLÖSE	110.320€/a

Kosten / Nutzen Vergleich einer Faulungsanlage Teil 2

Strom/Wärme		
Einsparung Strom		
Belüftung Belebungsbecken	394.887kWh/a	
Reduzierte Durchmischung Denistufe	0kWh/a	
Stromproduktion im BHKW	621.286kWh/a	
Schlammwässerung	1.629kWh/a	
Summe Einsparungen	1.017.802kWh/a	
Aufwendungen Strom		
Vorklärbecken	7.080kWh/a	
Pumpstation Faulungsanlage	7.986kWh/a	
Faulungsanlage	88.500kWh/a	
Summe Aufwendungen	103.566kWh/a	
Summe Einsparung Strom	914.236kWh/a	
Wärmeproduktion	852.049kWh/a	
Erträge		
Einsparung Strom inkl. Einnahmen aus BHKW	146.278€/a	
KWK-Vergütung (75 % der Wärme)	26.231€/a	
	SUMME ERLÖSE	172.509€/a

Kosten / Nutzen Vergleich einer Faulungsanlage Teil 3

Betriebskosten Faulung	
FHM-Verbrauch Eindickung	7.277€/a
Personalkosten (1/2-Manntag)	24.000€/a
Wartung und Instandhaltung (2,0% Invest/a)	32.366€/a
sonstiges	€/a
	SUMME KOSTEN
	63.643€/a
Investkosten Faulungsanlage	
Preis für Kompaktfaulung (Berechnung über spez. Raumpreise)	758.286€
Preise für sonstige Komp. Zwischenpumpwerk, Primärschlammumpwerk, Technikgebäude, Rohschlammbehälter, Gasspeicher, Gasfackel (Berechnung über spez. Raumpreise)	400.000€
Mechanische Schlammeindickung	75.000€
Vorklärbecken	200.000€
Anbindung an der bestehende Anlage (Rohrleitungen etc.)	80.000€
Anbindung an der bestehende Anlage (Steuerung.)	30.000€
Außenanlagen	30.000€
Einholen Genehmigungen etc.	50.000€
Sonstiges	45.000€
	SUMME Invest
	1.668.286€
Abschreibungszeit	15,0a
Zinssatz	5,50%
Jährlicher Kapitaldienst	157.539€/a

Kosten / Nutzen Vergleich einer Faulungsanlage Teil 4

Zusammenfassung		
Einsparungen Schlamm	110.320	€/a
Einsparungen Strom / Wärme	172.509	€/a
Betriebskosten Faulung	63.643	€/a
Investkosten Faulungsanlage	157.539	€/a
	61.647	€/a

Fazit

- Durch den Bau einer Faulungsanlage:
 - werden Kapazitäten im Belebungsbecken frei.
 - sinkt der Luftbedarf.
 - sinkt die zu entsorgende Schlammmenge.

- Kosten / Nutzen Rechnung
 - Kosten fallen an für: Jährlichen Kapitaldienst; Betriebskosten Faulungsanlage
 - Einsparungen fallen an durch: Reduktion Schlammmenge, Betriebskosten Abwasseranlage, Biogasverwertung
 - Die Gegenüberstellung zeigt, dass pro Jahr Einsparungen von etwa 60.000 € erzielt werden können.

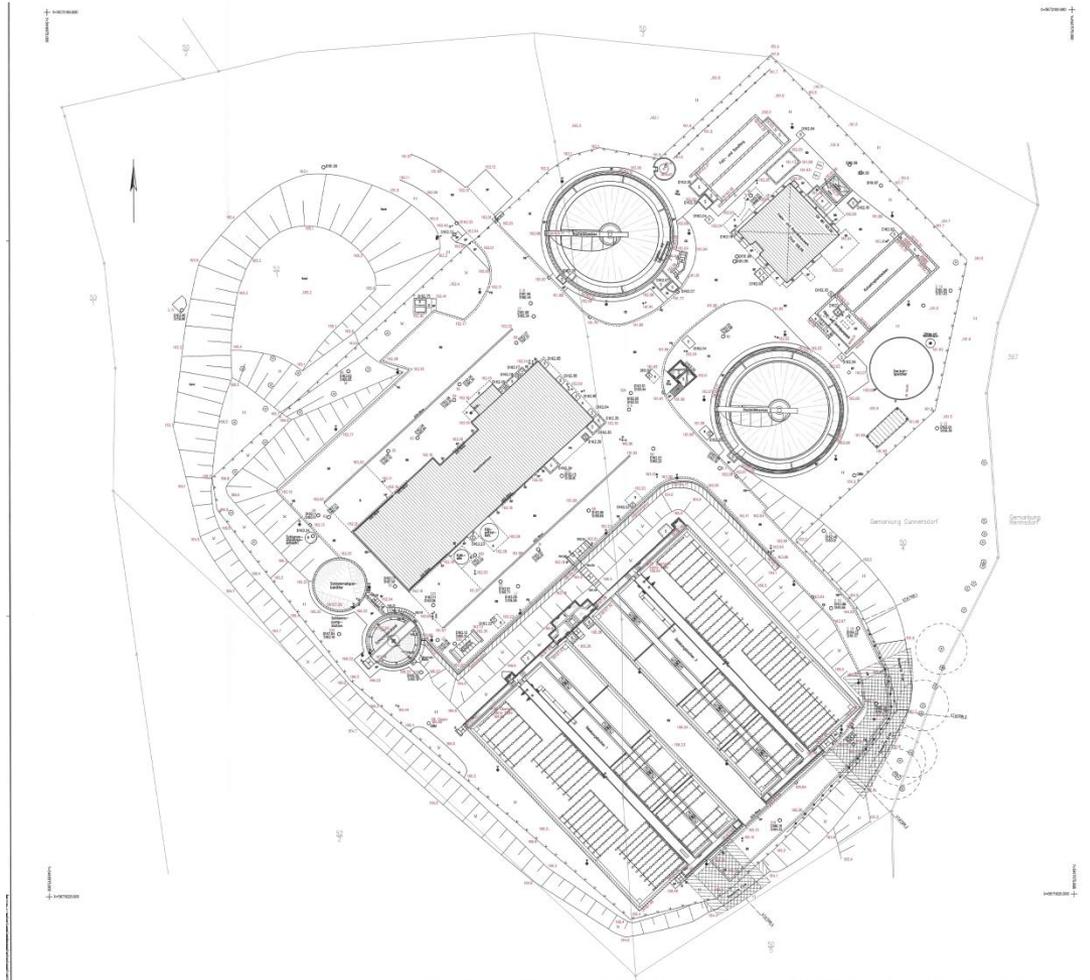
Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung: „Kleine Faulung“ KA 26.350 EW



Grundlagen

- **Vergleich verschiedener Kenngrößen (u.a. Belebungsbecken-volumina, benötigte Luftmenge, Schlammfall, usw.) für folgende Fälle:**
 - Ursprüngliche Auslegung (**Fall 1** für 26.350 EW)
 - Aktuelle Belastung der Kläranlage (**Fall 2** für 15.200 EW)
 - Betrieb der Kläranlage mit einer Faulung bei aktueller Belastung (**Fall 3** für 15.200 EW)
 - Betrieb der Kläranlage mit Faulung und getrennter Schlammwasserbehandlung (**Fall 4** für 15.200 EW)

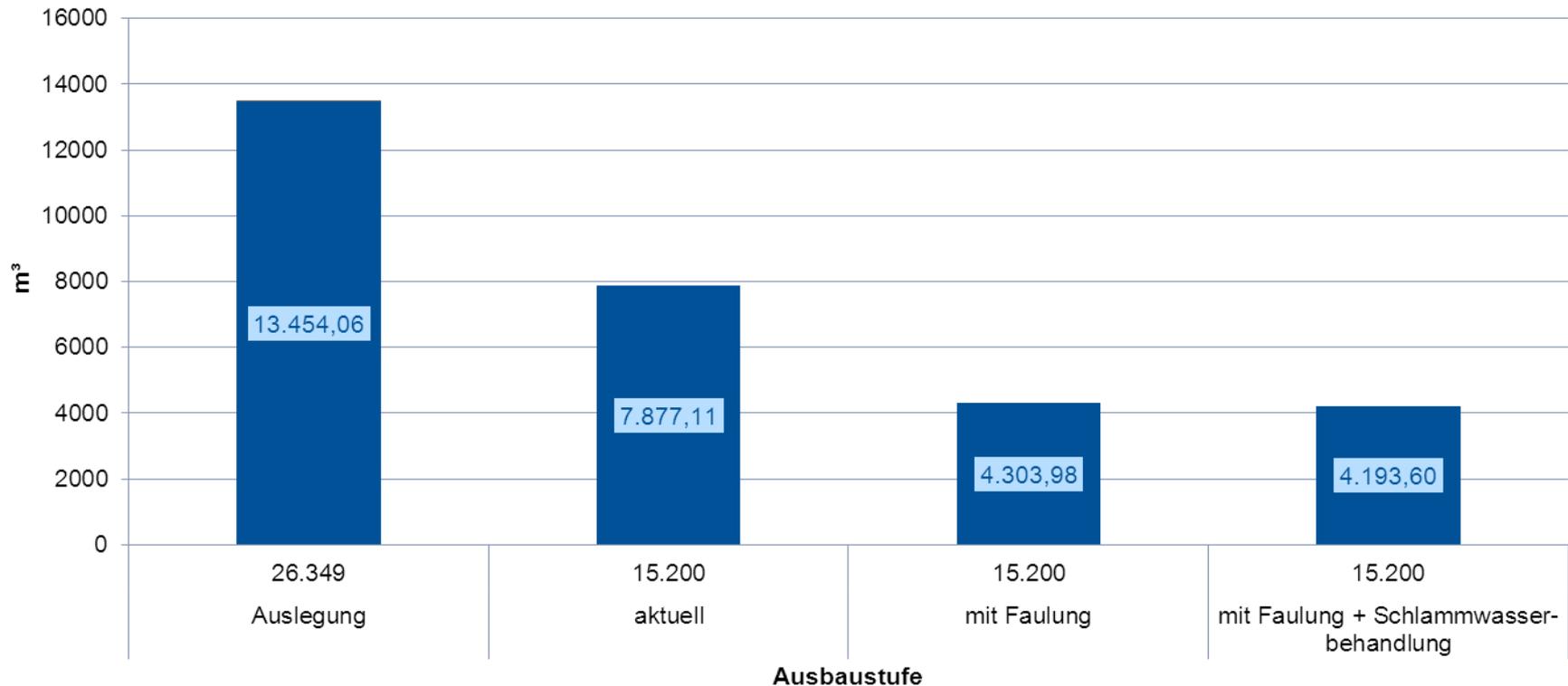
Grundlagen



Grundlagen

Frachten im Zulauf der Kläranlage:					
Frachten:					
	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	
Biochemischer Sauerstoffverbrauch (BSB 5):					
Zulauf KA	1.509,80	912,00	912,00	912,00	kg_BSB_5/d
Faulung (ca. 10% der Fracht)	0,00	0,00	91,20		kg_BSB_5/d
					kg_BSB_5/d
B_d,BSB_5	1.509,80	912,00	1.003,20	912,00	kg_BSB_5/d
Abfiltrierbare Stoffe (TS):					
Zulauf KA	2.371,41	1.368,00	1.368,00	1.368,00	kg_TS/d
					kg_TS/d
					kg_TS/d
B_d,TS	2.371,41	1.368,00	1.368,00	1.368,00	kg_TS/d
Stickstoff (TKN):					
Zulauf KA	309,86	267,00	267,00	267,00	kg_N/d
Faulung (ca. 20% der Fracht)	0,00	0,00	53,40	0,00	kg_N/d
					kg_N/d
B_d,TKN	309,86	267,00	320,40	267,00	kg_N/d
Phosphor (P):					
Zulauf KA	59,81	36,00	36,00	36,00	kg_P/d
Faulung (ca. 5% der Fracht)	0,00	0,00	1,80	0,00	kg_P/d
					kg_P/d
B_d,P	59,81	36,00	37,80	36,00	kg_P/d

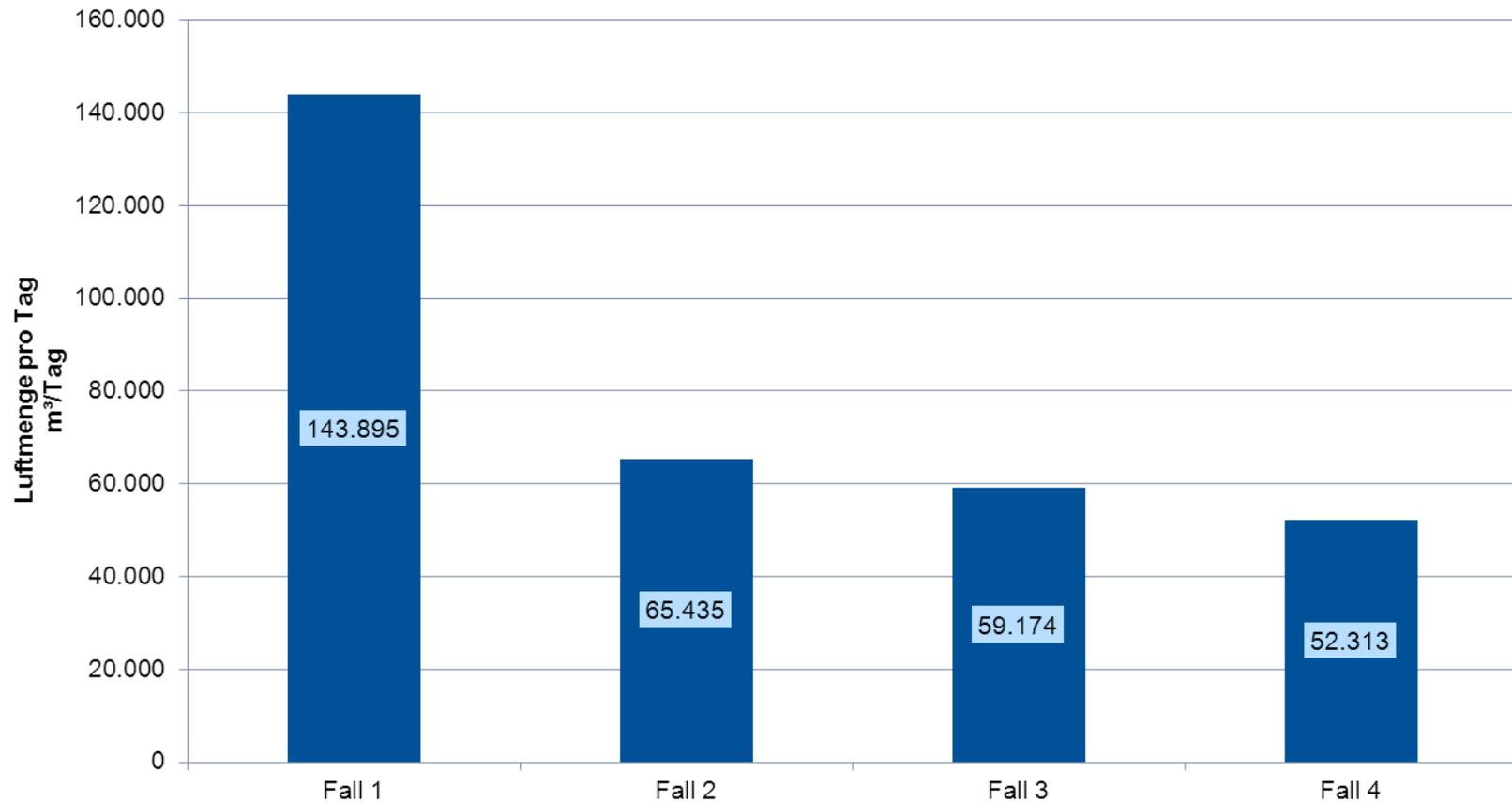
Vergleich der benötigten Beckenvolumina



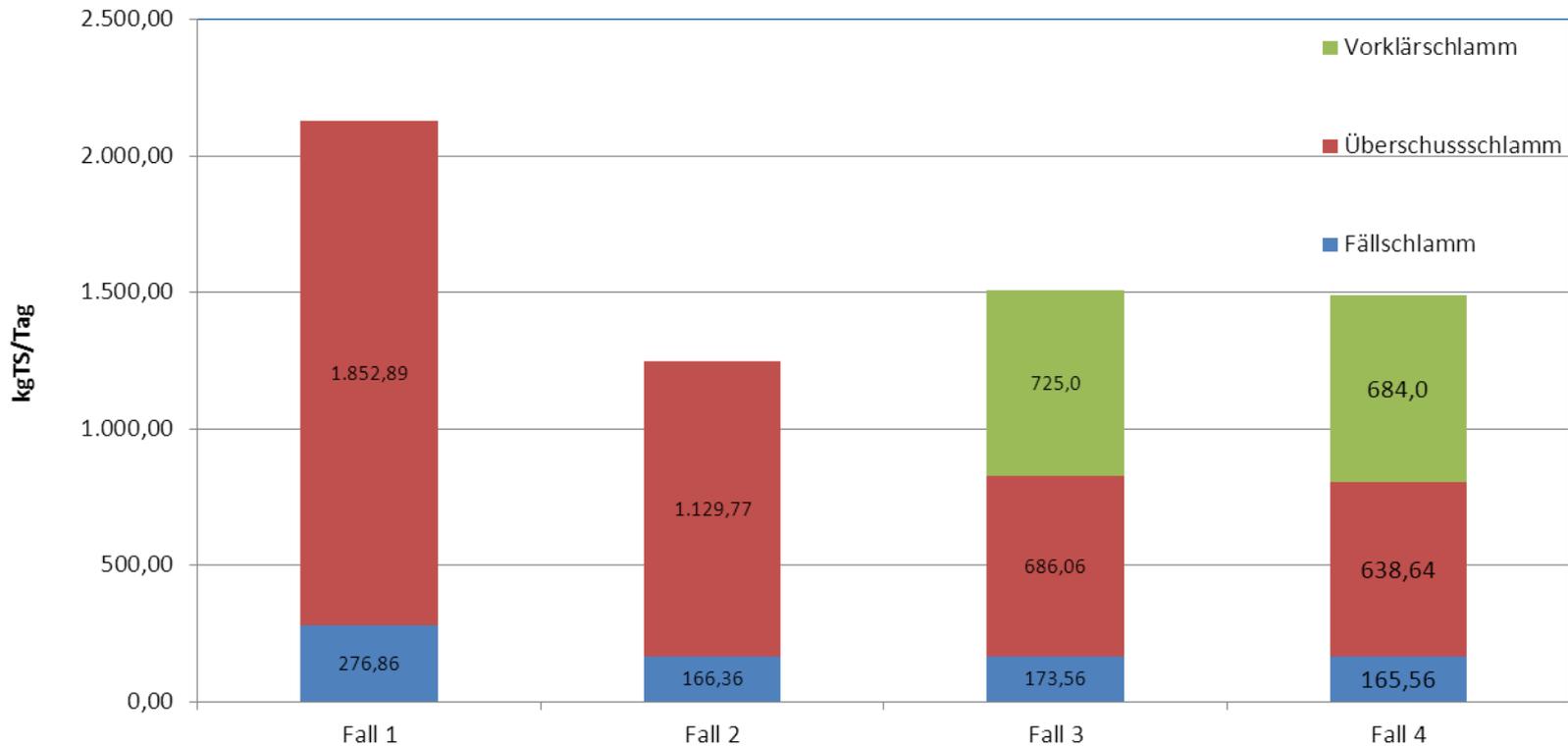
Vergleich: Wert der ursprünglichen Auslegung: 13.332,69 m³

*** Tatsächliches Schlammalter zwischen 40-50 Tage**

Vergleich der benötigten Luftmenge

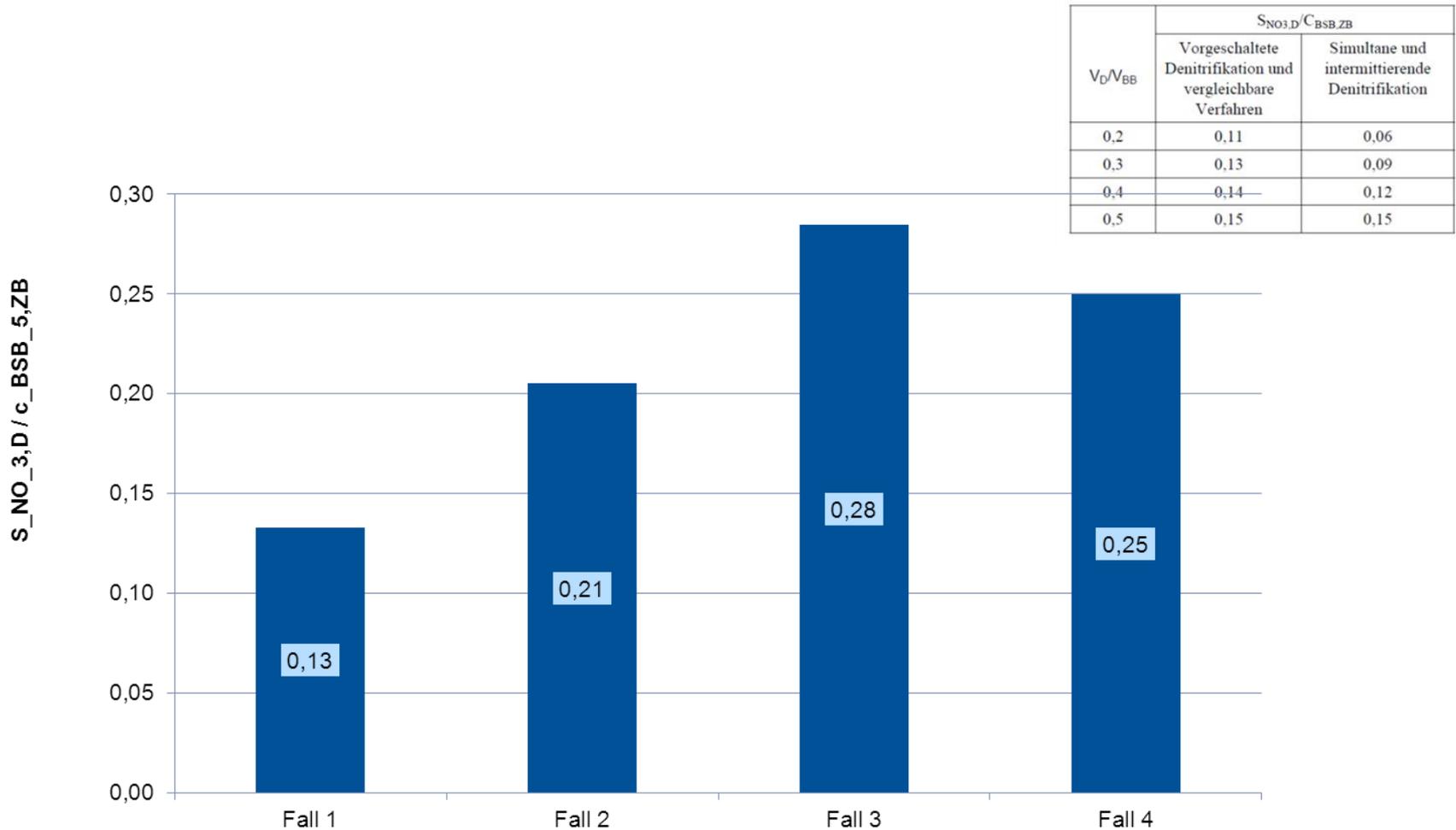


Vergleich der anfallenden Schlämme



* Schlammfall aktuell 856,85 kg TS/Tag

Verhältnis Stickstoff zu Kohlenstoff im Zulauf der Belebung



Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Anlagengröße	15.200EW
Spezifische Angaben	
Spez. Kosten Schlammentsorgung	38,75€/to
Spez. Kosten FHM	2,16€/Liter
Spez. Strompreis	0,09235€/kWh
KWK-Vergütung	0,0511€/kWhel
Spez. FHM (Originalsubstanz) Verbrauch Rohschlamm	10,00Liter FHM/t TS
Spez. FHM (Originalsubstanz) Verbrauch ausgefallter Schlamm	8,00Liter FHM/t TS
Einsparungen Schlamm	
Schlammvolumen Rohschlamm nach Entwässerung jetzt (Daten 2011)	1.344m³/a
TS-Gehalt Rohschlamm nach Entwässerung	23,27%
Schlammvolumen Rohschlamm nach Entwässerung jetzt TS Gehalt	312,75toTS/a
Schlammmenge nach Faulung inkl. Fällungsschlamm	379to TS/a
TS-Gehalt Schlamm nach Faulung	24,5%
Schlammvolumen nach Faulung	1.547m³/a
Reduktion der Schlammmenge	-203to TS/a
Durch reduzierte Schlammensorgung	-7.869€/a
Durch reduzierter FHM-Verbrauch	-4.387€/a
SUMME ERLÖSE	-12.256€/a
Strom/Wärme	
Einsparung Strom	
Belüftung Belebungsbecken	89.239kWh/a
Reduzierte Durchmischung Denistufe	58.061kWh/a
Stromproduktion im BHKW	275.483kWh/a
Summe Einsparungen	422.783kWh/a
Aufwendungen Strom	
Vorklärbecken	3.040kWh/a
Pumpstation Faulungsanlage	3.443kWh/a
Faulungsanlage	38.000kWh/a
Schlammwässerung	312kWh/a
Summe Aufwendungen	44.795kWh/a
Summe Einsparung Strom	377.988kWh/a
Wärmeproduktion	377.805kWh/a
Erträge	
Einsparung Strom inkl. Einnahmen aus BHKW	34.907€/a
KWK-Vergütung (75 % der Wärme)	18.969€/a
SUMME ERLÖSE	53.876€/a

Betriebskosten	
FHM-Verbrauch Eindickung	7.277€/a
Personalkosten (1/2-Manntag)	24.000€/a
Wartung und Instandhaltung (3,0% Invest/a)	41.746€/a
sonstiges	€/a
SUMME KOSTEN	73.023€/a
Investitionskosten	
Preis für Kompaktfaulung (Berechnung über spez. Raumpreise)	664.544€
Preise für sonstige Komp. Zwischenpumpwerk, Primärschlammumpwerk, Technikgebäude, Rohschlammbehälter, Gasspeicher, Gasfackel (Berechnung über spez. Raumpreise)	477.000€
Mechanische Schlammeindickung	75.000€
Vorklärbecken	100.000€
Anbindung an der bestehende Anlage (Rohrleitungen etc.)	0€
Anbindung an der bestehende Anlage (Steuerung.)	0€
Außenanlagen	30.000€
Einholen Genehmigungen etc.	50.000€
Sonstiges	45.000€
SUMME Invest	1.441.544€
Abschreibungszeit	
	15,0a
Zinssatz	5,50%
Jährlicher Kapitaldienst	136.128€/a
Summierung der jährlichen Einsparungen/ Kosten	-167.531€/a

FAZIT

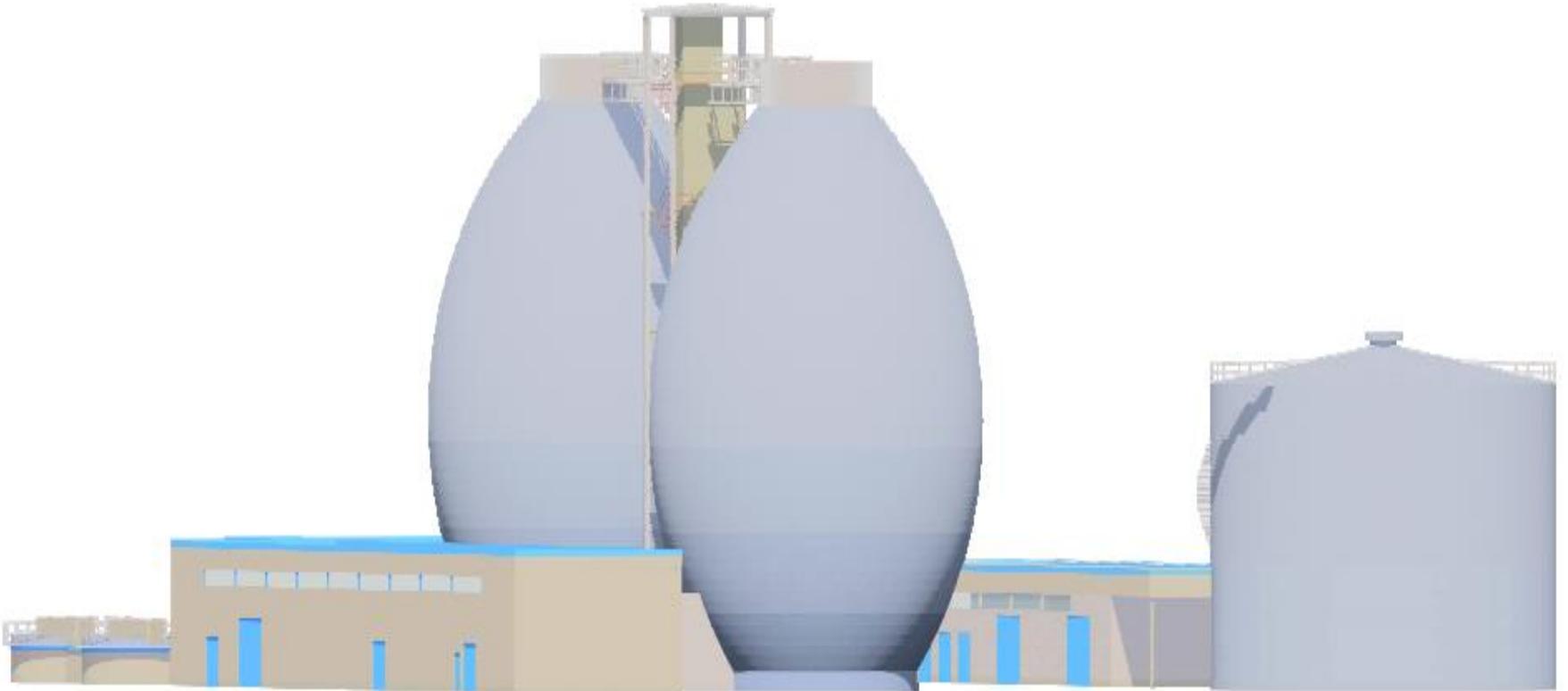
- Die aktuelle Belastung der Kläranlage liegt deutlich unter den Belastungswerten der ursprünglichen Auslegung.
- Aufgrund der aktuell niedrigen Schlammbelastung ergeben sich sehr geringe Mengen Überschussschlamm (hoch stabilisiert).
- Die aktuellen Abwasserdaten zeigen, einen Anstieg des Stickstoffanteils im Verhältnis zum Kohlenstoffanteil, im Vergleich zur ursprünglichen Auslegung.
- Die Verschiebung des Verhältnisses in Richtung Stickstoff wird durch die Installation eines Vorklärbeckens verstärkt, da die Reduktionsraten für Stickstoff geringer sind als für Kohlenstoff.
- Die Rückbelastung aus der Schlammfäulung führt zu einer weiteren Erhöhung der Stickstoffbelastung.
- Auch bei einer getrennten Schlammwasserbehandlung ist der Kohlenstoffanteil nicht ausreichend.
- Bei Implementieren einer Fäulung wird die Dosierung einer externen C-Quelle notwendig.

Ausblick

- Eine Verschiebung des Nährstoffverhältnis in Richtung Kohlenstoff würde sich positiv auswirken. (Zugabe von Co-Substrate)

Leistungsangebot der Gelsenwasser AG

- Wir erstellen eine individuelle Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bzgl. der Faulung für Ihre Kläranlage
- Wir planen die Faulung für Sie
- Wir errichten die Anlage für Sie
- Wir betreiben die Anlage bei Interesse für Sie



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!