

Aufgabenstellung Teil I

Belastungszustand der vorhandenen Faulungsstufe (2 Faulbehälter)

Aufgabe	Punkte	erreichte Punkte
Aufgabe I.1	10	
Aufgabe I.2	2	
Summe	12	

Bei Berechnungen ist der Lösungsweg anzugeben!!!

Prüf. Nr.: _____

(Vom Teilnehmer einzutragen!)

Datum

Prüfer 1

Prüfer 2

Um die geplante Außerbetriebnahme vor einem gesicherten Hintergrund beurteilen und planen zu können, ermitteln Sie zunächst die vorhandenen Belastungswerte der anaeroben Schlammbehandlung mit 2 Faulbehältern.

Aufgabe I.1

Ermitteln Sie

- a) die Belastung der beiden vorhandenen Faulbehälter (angeschlossene Einwohnerwerte)
- b) die Faulzeit (Tage)
- c) die organische Raumbelastung ($\text{kg oTR/ m}^3 \times \text{d}$)
- d) den Abbaugrad der organischen Substanz
- e) den spezifischen Gasanfall (l / kg oTR)

Lösung:

Aufgabe I.2

Beurteilen Sie die Schlammfäulung anhand der Orientierungswerte **(Anlage 5)**.

Lösung:

Aufgabenstellung Teil II

Betriebskonzept mit einem Faulbehälter

	Punkte	erreichte Punkte
Aufgabe	30	

Bei Berechnungen ist der Lösungsweg anzugeben!!!

Prüf. Nr.: _____

(Vom Teilnehmer einzutragen!)

Datum

Prüfer 1

Prüfer 2

Voraussetzung für die Außerbetriebnahme und Entleerung des einen Faulbehälters ist die Erstellung eines Betriebskonzepts für den Zeitraum, in dem nur ein Faulbehälter zur Verfügung steht.

Aufgabe

Entwerfen Sie unter Einhaltung der Orientierungswerte (**Anlage 5**) ein wirtschaftliches Betriebskonzept der Schlammbehandlung für den Zeitraum, in dem nur ein Faulbehälter zur Verfügung steht, (möglichst hohe Energie- Gaserzeugung; möglichst geringe Transportkosten) unter Nutzung der vorhandenen baulichen und maschinellen Einrichtungen. Begründen Sie Ihre Entscheidungen. Geben Sie tabellarisch an, wie und wo die einzelnen Schlamm-mengen zu behandeln sind.

Lösung:

Aufgabenstellung Teil III

Umstellung auf den Betrieb mit einem Faulbehälter sowie Außerbetriebnahme und Entleerung des zweiten Faulbehälters

Aufgabe	Punkte	erreichte Punkte
Aufgabe III.1	25	
Aufgabe III.2	5	
Summe	30	

Bei Berechnungen ist der Lösungsweg anzugeben!!!

Prüf. Nr.: _____

(Vom Teilnehmer einzutragen!)

Datum

Prüfer 1

Prüfer 2

Nachdem Sie ein schlüssiges Konzept für die Umstellung auf den Betrieb mit einem Faulbehälter entwickelt haben, können Sie nun die Umsetzung der Maßnahme planen. Gehen Sie dabei in folgenden Schritten vor:

Aufgabe III.1

Die Maßnahme erfordert eine gründliche Planung:

- a) Es ist eine Liste aller erforderlichen und wesentlichen Teilschritte für die Umstellung, die Außerbetriebnahme und Entleerung in einer sinnvollen (verfahrens- und sicherheitstechnischen) zeitlichen Abfolge zu erstellen.

Um sich über den zeitlichen Aufwand der Einzelmaßnahmen eine Übersicht zu verschaffen, sind, soweit die Dauer der einzelnen Arbeiten nicht rechnerisch zu ermitteln ist, nachvollziehbare Werte (Erfahrungs- bzw. Schätzwerte) anzugeben.

- b) Welche Arbeiten sind geeigneter Weise von Fremdfirmen durchzuführen? Begründen Sie dieses Vorgehen.

- c) Um die betriebliche Umstellung in möglichst kürzester Zeit umsetzen zu können, ist mithilfe obiger Liste ein **Zeitablaufplan** in (Gantt-Diagramm) zu erstellen.

Nutzen Sie dafür das vorbereitete DIN A4-Blatt.

Aufgabe III.2

Einige Arbeiten erfolgen in der EX-Zone I:

- a) Auf welche Gefahren müssen Sie als zuständiger Meister bei einer Unterweisung Ihre MitarbeiterInnen sowie die von Fremdfirmen hinweisen?

- b) Für welche **besondere** Ausstattung (Sicherheitsausrüstung) und Ausrüstung (Arbeitsmittel) haben Sie Sorge zu tragen?

Aufgabenstellung Teil **IV**

Energiekonzept

Aufgabe	Punkte	erreichte Punkte
Aufgabe IV.1	15	
Aufgabe IV.2	10	
Aufgabe IV.3	10	
Aufgabe IV.4	7	
Summe	42	

Bei Berechnungen ist der Lösungsweg anzugeben!!!

Prüf. Nr.: _____

(Vom Teilnehmer einzutragen!)

Datum

Prüfer 1

Prüfer 2

Die Außerbetriebnahme des einen Faulbehälters und der damit verbundene Rückgang der Eigen-Energieerzeugung (BHKW) sind Anlass, das Gesamtkonzept der Energieversorgung der KA Meistertal zu überdenken.

Gehen Sie dabei in folgenden Teilschritten vor:

Aufgabe IV.1

Erstellen Sie eine Energiebilanz für den Normalbetrieb der KA Meistertal mit beiden Faulbehältern.

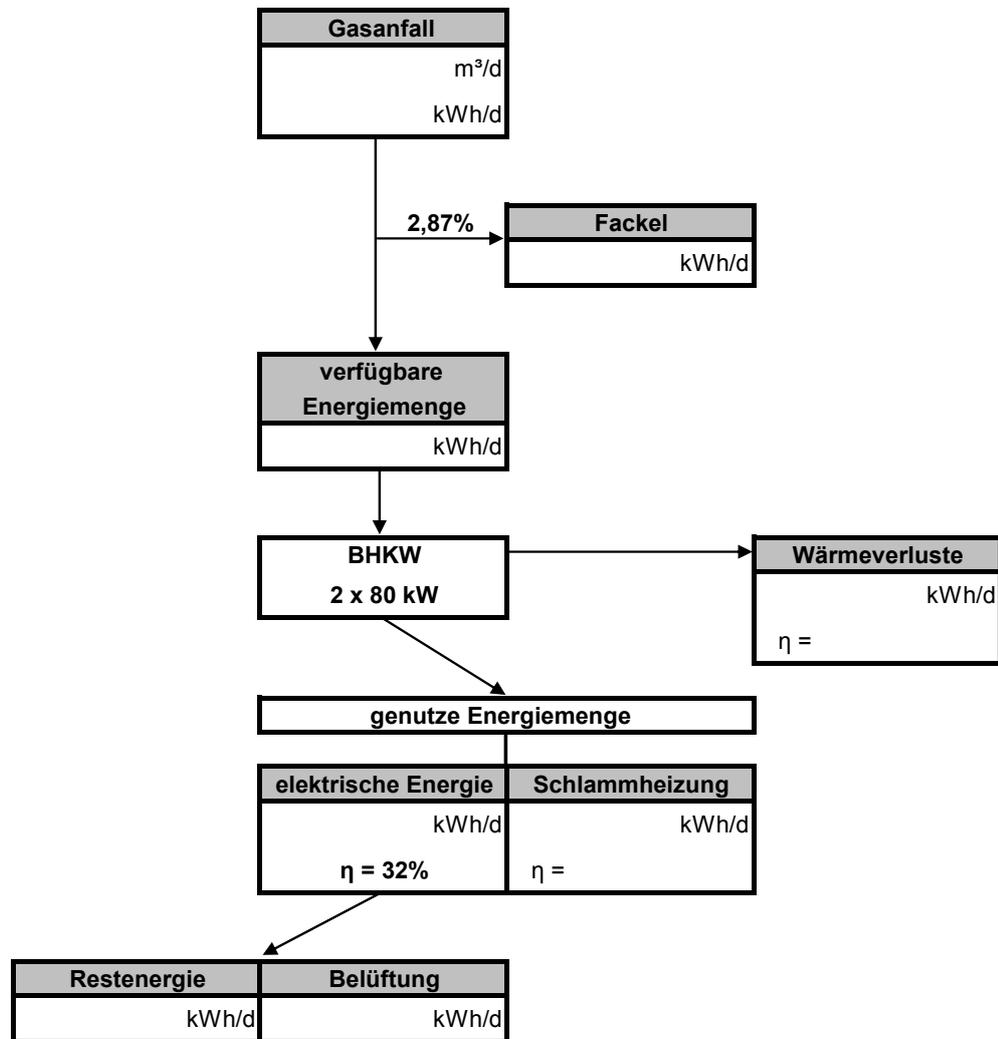
Tragen Sie die entsprechenden Werte in das beigefügte **Diagramm (Vordruck 1)** ein. Geben Sie an wie viel Fremdenergie bezogen werden muss.

Ermitteln Sie in Rahmen dieser Aufgabe:

- a) den täglichen Energiebedarf (kWh/d) zur Belüftung der Belebungsstufe.
- b) den täglichen Energiebedarf (kWh/d) zur Aufheizung des Rohschlammes.

Lösung:

zum Aufgabenteil IV.1
Energiebilanz KA Meistertal
Normalbetrieb



<i>Energiebedarf der KA Meistertal</i>		
<i>Restenergie</i>	<i>Belüftung</i>	<i>Schlammheizung</i>
2.670 kWh/d	kWh/d	kWh/d

Fremdenergie	Fremdenergie
kWh/d	0 kWh/d

Aufgabe IV.2

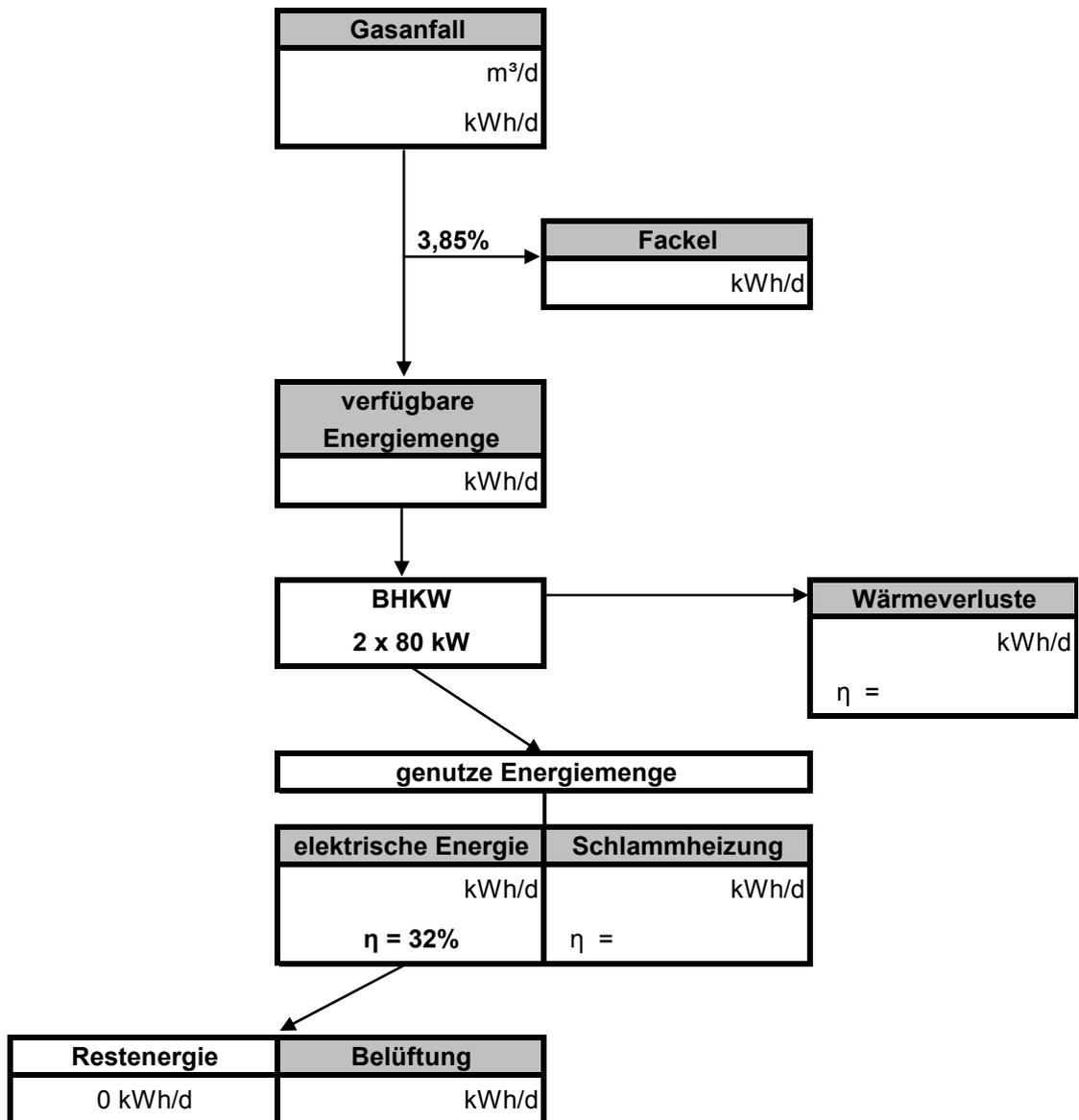
Erstellen Sie auf der Grundlage der bestehenden Energiebilanz eine Zweite (**Vordruck 2**) für die Situation der geänderten Betriebsführung mit einem Faulbehälter.

Während dieser Betriebsphase beträgt die auf der KA Meistertal zu behandelnde Rohschlammmenge $67 \text{ m}^3/\text{d}$ und der Gasanfall $1.300 \text{ m}^3/\text{d}$.

Kann der geforderte Anteil von max. 40 % bezogener Fremdenergie am aktuellen Energiebedarf eingehalten werden?

Lösung:

zum Aufgabenteil IV.2
Energiebilanz KA Meistertal
Außerbetriebnahme eines FB



<i>Energiebedarf der KA Meistertal</i>		
<i>Restenergie</i>	<i>Belüftung</i>	<i>Schlammheizung</i>
2.400 kWh/d	kWh/d	kWh/d

Fremdenergie	Fremdenergie
kWh/d	kWh/d

Aufgabe IV.3

Um die Rohschlamm-Aufheizung energieeffizienter (schlechte Wärmedurchgangskoeffizienten) zu machen, sollen die vorhandenen vier im Gegenstromprinzip betriebenen Wärmetauscher (Vorlauftemperatur: 60 °C) nacheinander erneuert werden. Es ist daher sicherzustellen, dass während der Umrüstung jeweils mit drei Wärmetauschern die gesamte, täglich anfallende Rohschlammmenge (Normalbetrieb mit zwei FB) auf 37 °C erwärmt werden kann. Welche Maßnahme ergreifen Sie, wenn bei der bestehenden Betriebsweise der Wärmetauscher eine ausreichende Aufheizung nicht möglich sein sollte?
(rechnerische Nachweise)

Lösung:

Aufgabe IV.4

Zur weiteren Verbesserung der Energiebilanz ist zu überprüfen:

- a) Wie viel Co-Substrat bis zur Belastungsgrenze der beiden Faulbehälter (Orientierungswerte) dem Faulprozess hinzugefügt werden kann?
- b) Wie viel zusätzliches Faulgas bei einem Abbaugrad von 46,2 % erzeugt werden kann?

Lösung:

Sachverhalt

Die Kläranlage Meistertal (Ausbaugröße: 80.000 EW) besitzt eine anaerobe Schlammstabilisierung mit zwei parallel, unabhängig von einander, betriebenen Faulbehältern. Ein Schaden am Schlammmischer des Faulbehälters 2 ist Anlass, diesen nach 20 Jahren störungsfreiem Betrieb außer Betrieb zu nehmen und für Wartungszwecke zu entleeren. Es ist mit einem mehrere Wochen dauernden Zeitraum für die Gesamtmaßnahme zu rechnen. Trotz der Außerbetriebnahme darf der Anteil an fremd bezogener elektrischer Energie aus vertraglichen Gründen nicht mehr als 40 % des jeweiligen Energiebedarfs ausmachen.

Die Maßnahme erfolgt in vier Teilschritten:

- I. Ermittlung der Belastung der vorhandenen Faulungsstufe
- II. Erstellung eines Konzepts für den Betrieb mit einem Faulbehälter
- III. Umstellung auf den Betrieb mit einem Faulbehälter sowie Außerbetriebnahme und Entleerung des zweiten Faulbehälters
- IV. Energiebilanz und Energieoptimierung

Alle erforderlichen Informationen über die KA sind den nachfolgenden Anlagen zu entnehmen

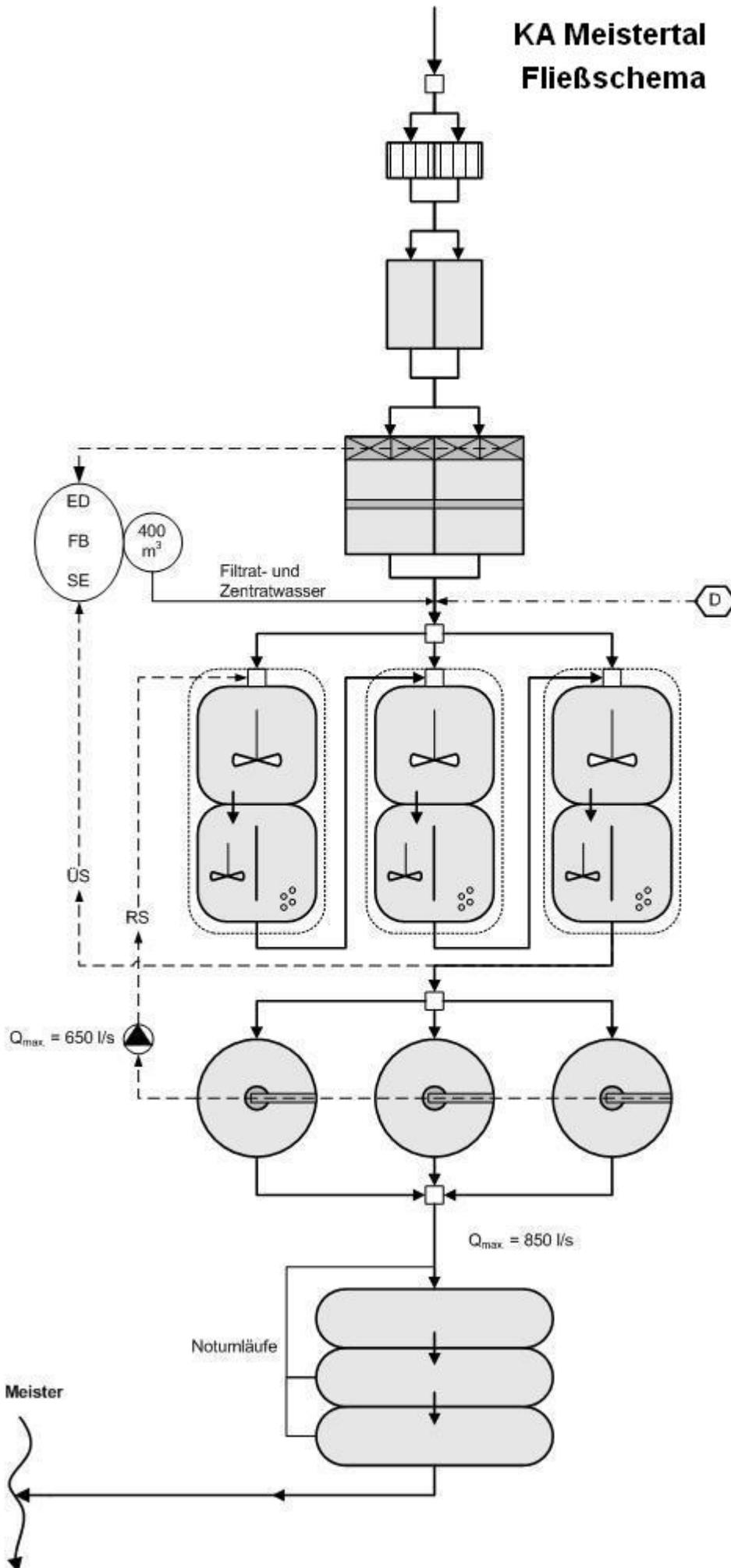
- | | |
|-----------------|--------------------------------------|
| Anlage 1 | Fließschema KA Meistertal |
| Anlage 2 | Schlammfließschema KA Meistertal |
| Anlage 3 | Schnitt durch die Faulbehältergruppe |

Für die Bearbeitung der einzelnen Aufgaben stehen Ihnen außerdem diese weiteren Anlagen zur Verfügung.

- | | |
|------------------|------------------------------------------------|
| Anlage 4 | Betriebsinformationen und Betriebsdaten |
| Anlage 5 | Orientierungswerte der anaeroben Stabilisation |
| Anlage 6 | Entfernungsschema der Kläranlagen |
| Anlage 7a | Plan der EX - Zonen |
| Anlage 7b | Plan der FB - Abdeckung |
| Anlage 8 | Faulgasanfall |

KA Meistertal Fließschema

Anlage 1



Gegenstromfeinrechen

2 - straßig
Spaltweite 10 mm
Rechengutwäsche u. -presse

Langsandfang

2 - straßig
 $V = 49 \dots 72 \text{ m}^3$
Sandwäsche

Vorklärbecken

2 - straßig
 $V = 1.530 \text{ m}^3$
 $A = 588 \text{ m}^2$

Fällungsmittelstation

Fe Cl SO_4

Belebungsbecken

3 - straßig (Kombibecken)
Kaskaden-Deni-Nitrifikation
(Druckluft / Membranbelüfter)
 $V_{\text{ges}} = 22.500 \text{ m}^3$
 $A_{\text{ges}} = 3.888 \text{ m}^2$
 $V_{\text{NIT}} = 0,6 \cdot V_{\text{bb}}$
 $V_{\text{DN}} = V_{\text{bb}} - V_{\text{NIT}}$
 $\text{BTS} = 0,095 \text{ kg BSB5}/(\text{kgTS} \cdot \text{d})$
 $\text{TS} = 3,5 \text{ g/l}$

Nachklärbecken

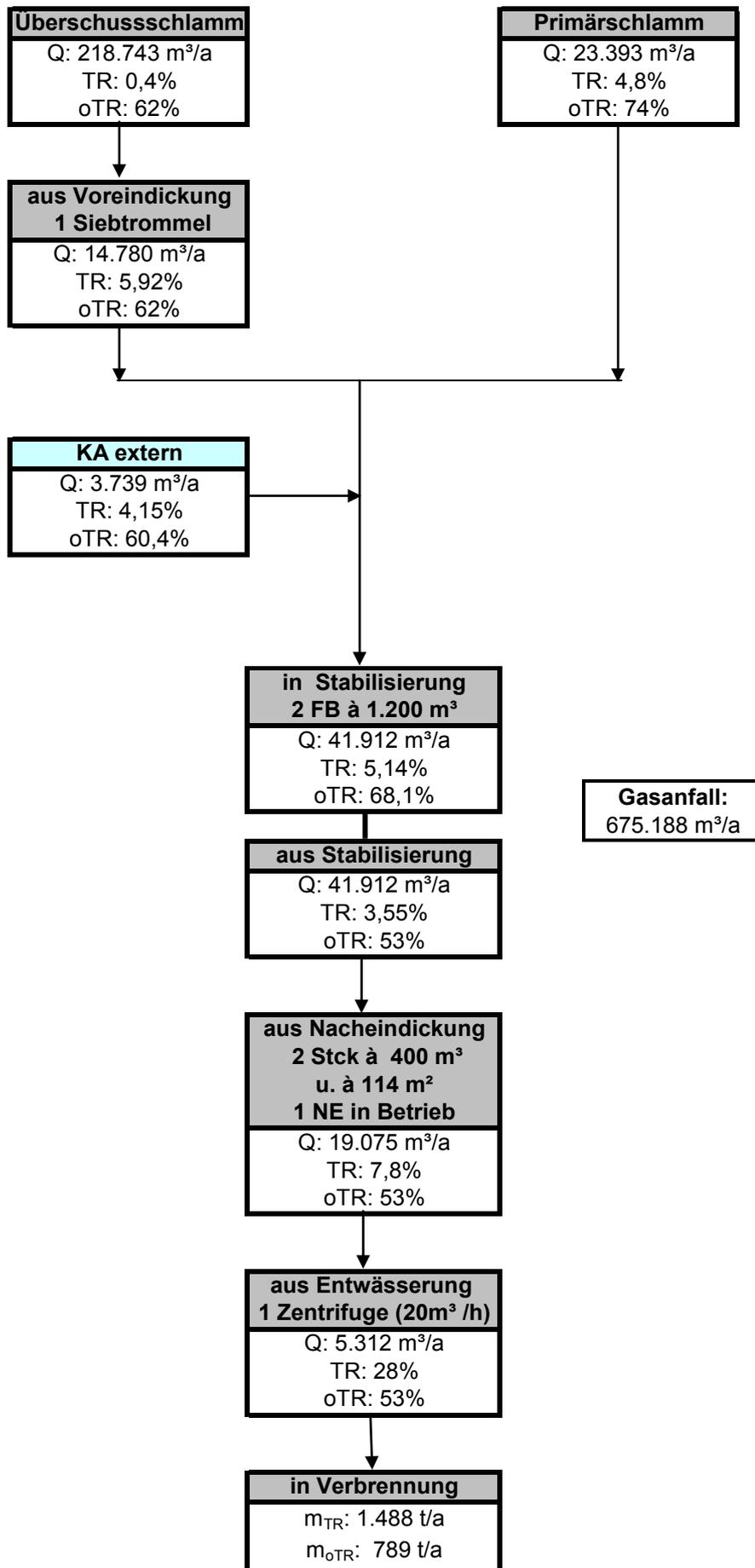
3 - straßig
 $V_{\text{ges}} = 15.660 \text{ m}^3$
 $A_{\text{ges}} = 3.915 \text{ m}^2$

3 Schönungsteiche

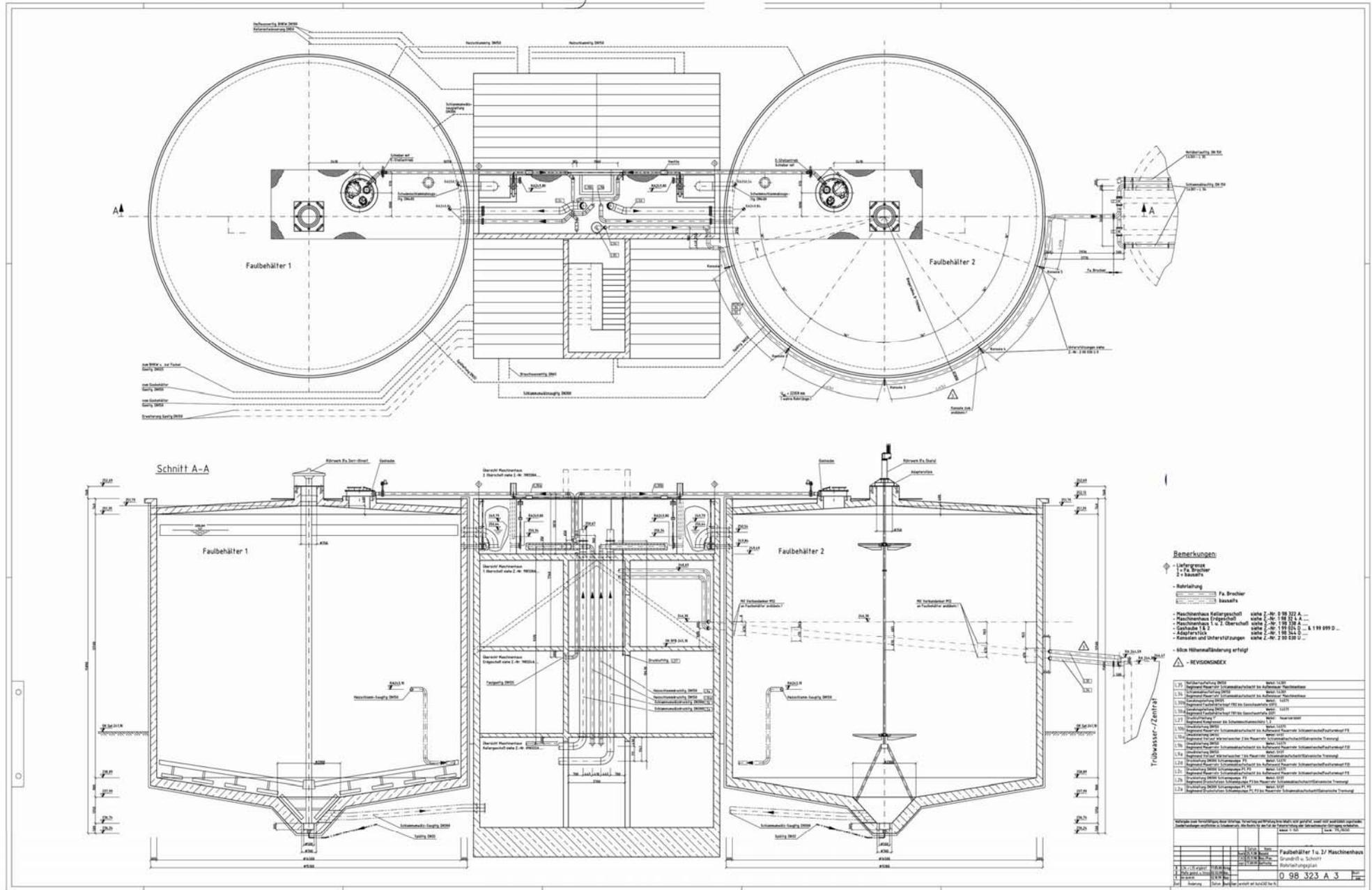
$V_{\text{ges}} = 30.000 \text{ m}^3$

KA Meistertal Schlammfließbild

Anlage 2



Anlage 3: Schnitt durch Faulbehältergruppe



Betriebsinformationen und Betriebsdaten der KA Meistertal

Schlamm:

- Spezifischer Schlammanfall: 90 g TR/(E x d)
- Feststoffgehalt der Rohschlamm: max. 6 % TR, um bei der Förderung Störungen zu vermeiden
- Die spezifischen Schlammtransportkosten (€/ (km x m³)) sind für alle Transporte unabhängig von Menge und Entfernung immer gleich.
- Die benachbarten Kläranlagen KA A, KA B, KA C (Anlage 6) können alle erforderlichen Schlamm-mengen aus Meistertal übernehmen.
- Alle Entwässerungseinrichtungen und -maschinen arbeiten mit einem optimalen Ergebnis. (z.B. Flockungshilfsmitteldosierung, Beschickungsmengen usw.)

Faulung:

- Anaerobe Schlammstabilisation: zwei parallel, unabhängig von einander, betriebene Faulbehälter im Durchlaufbetrieb.
- Die Beschickung mit Rohschlamm (15,7 °C) erfolgt von einem gemeinsamen Schlamm-sammelschacht direkt in die beiden Faulbehälter (37 °C).
- Die Aufheizung des Schlammes geschieht über Umwälzkreisläufe. Pumpen fördern den Mischschlamm (36 °C) aus den FB über je zwei (insgesamt vier) 35 Meter lange (insgesamt 140 m) Gegenstrom-Wärmetauscher (Schlammrohrdurchmesser: 150 mm, Vorlauf-temperatur: 60 °C) zurück in den jeweiligen Reaktor.
- Alle Einrichtungen der Faulung können jeweils **separat als auch wechselseitig** betrieben werden. Die Rohrleitungssysteme sind entsprechend mit einander gekoppelt.

Gas und Gasnutzung:

- Energieinhalt des anfallenden Faulgases: 6,4 kWh/m³ Gas.
- BHKW mit 2 Maschinen:
 $P = 2 \times 80 = 160 \text{ kW}$
Mechanischer Wirkungsgrad $\eta = 32 \%$
- Abwärmenutzung für die Aufheizung des Schlamms: maximal 50 %
Vorlauftemperatur bis 100 °C möglich

Abwasserbehandlung:

- 3-straßige Belebungsanlage
- Abwasseranfall $Q = 228 \text{ l/s}$,
- Schmutzkonzentration $\beta_{\text{BSB5}} = 165 \text{ mg/l}$ im Zulauf des biologischen Reaktors
- Sauerstoffeintrag: $OC = c_S / (c_S - c_X) \times OV$
- Sauerstoffsättigungswert: $c_S = 10 \text{ mg/l}$
- Vorhandener Sauerstoffgehalt: $c_X = 1,5 \text{ mg/l}$
- Sauerstoffverbrauch: $OV = 0,72 \text{ kg O}_2 / (\text{m}^3 \times \text{d})$
- Sauerstoffertrag: $OP = 1,7 \text{ kg O}_2 / \text{kWh}$

Wärmeaustausch (Wärmestrom)

- 4 Gegenstrom-Wärmetauscher
- Wärmedurchgangszahl $k = 720 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \times \text{h} \times \text{K})$
- Temperaturdifferenzen $\Delta\delta$ in Abhängigkeit der Vorlauftemperatur:

60 °C	-	9,54 K
70 °C	-	11,33 K
80 °C	-	12,92 K

Co – Vergärung

- Das Co-Substrat besteht aus:

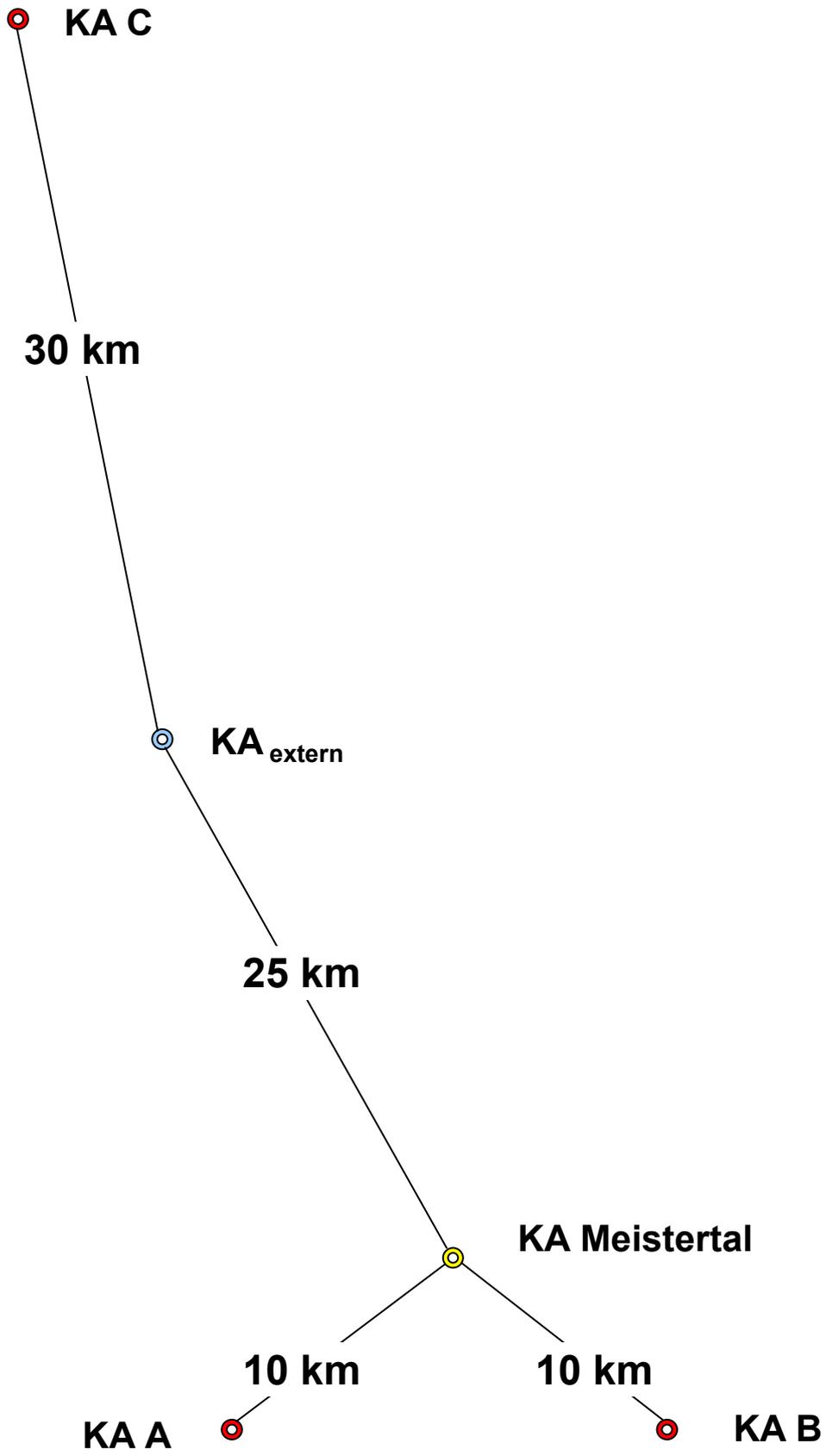
60 % Fett mit oTR:	$4,5 \times 0,85 =$	3,83 %
25 % Kohlenhydrate mit oTR:	$4,5 \times 0,35 =$	1,58 %
15 % Eiweiße mit oTR:	$4,5 \times 0,35 =$	1,58 %

Orientierungswerte
für den Betrieb einstufiger, voll durchmischter, mesophil betriebener Faulbehälter

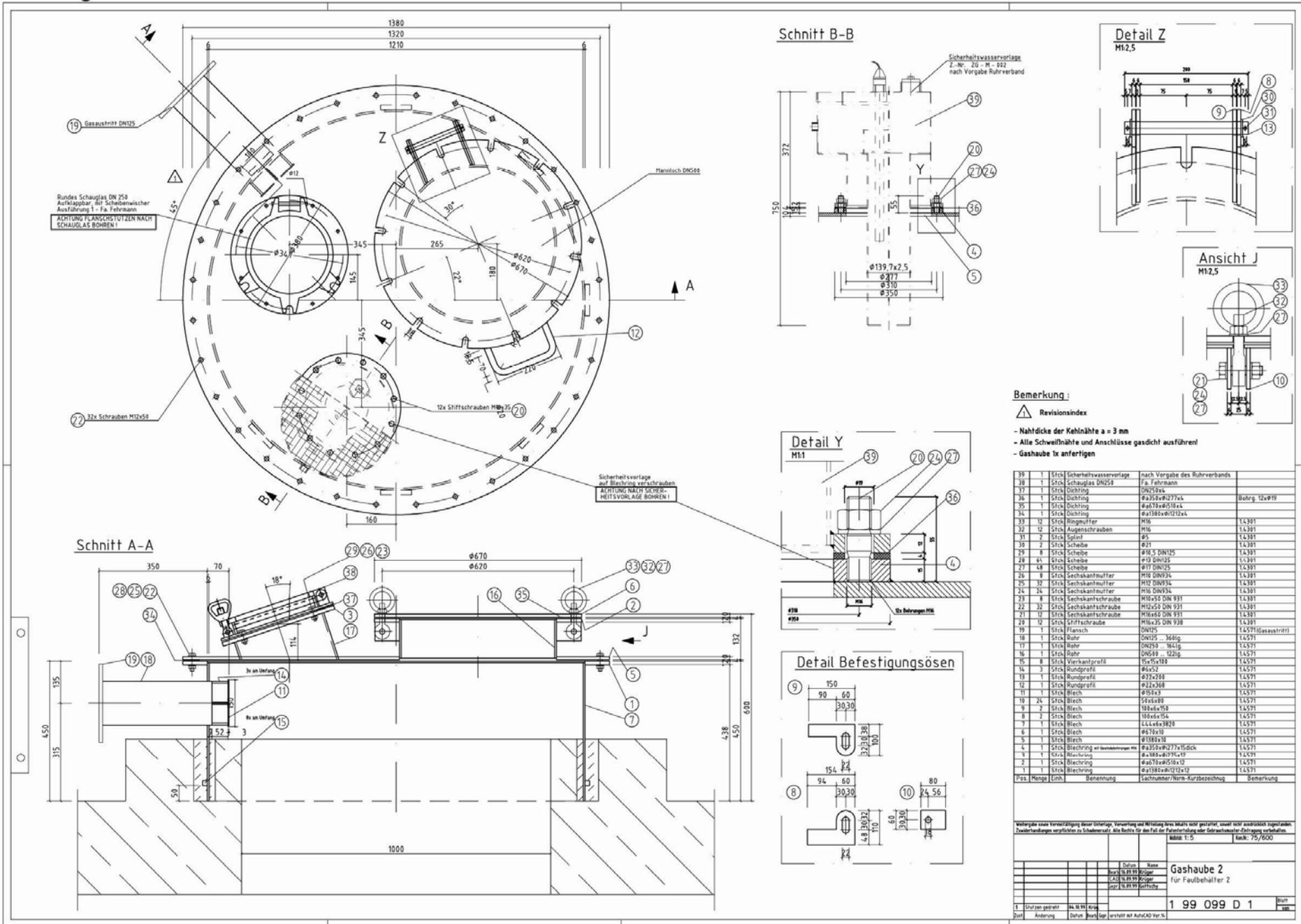
	Anlagengröße EW < 50.000 E	Anlagengröße 50.000 E < EW < 100.000 E	Anlagengröße EW > 100.000 E
Theoretische Faulzeit (d)	20 - 30	18 - 23	10 - 15
Organische Faulraumbelastung (kg oTR / (m ³ _{FB} x d))	2	3	4
Organische Säuren im ausgefauten Schlamm (mg/l)	< 500	< 500	< 500
Abbau des organischen Trockenrückstandes (%)	> 45	> 45	> 45
Spezifische Gasausbeute für Mischschlamm (l Faulgas / kg oTR)	400 - 500	400 - 500	400 - 500

Entfernungsschema der Kläranlagen

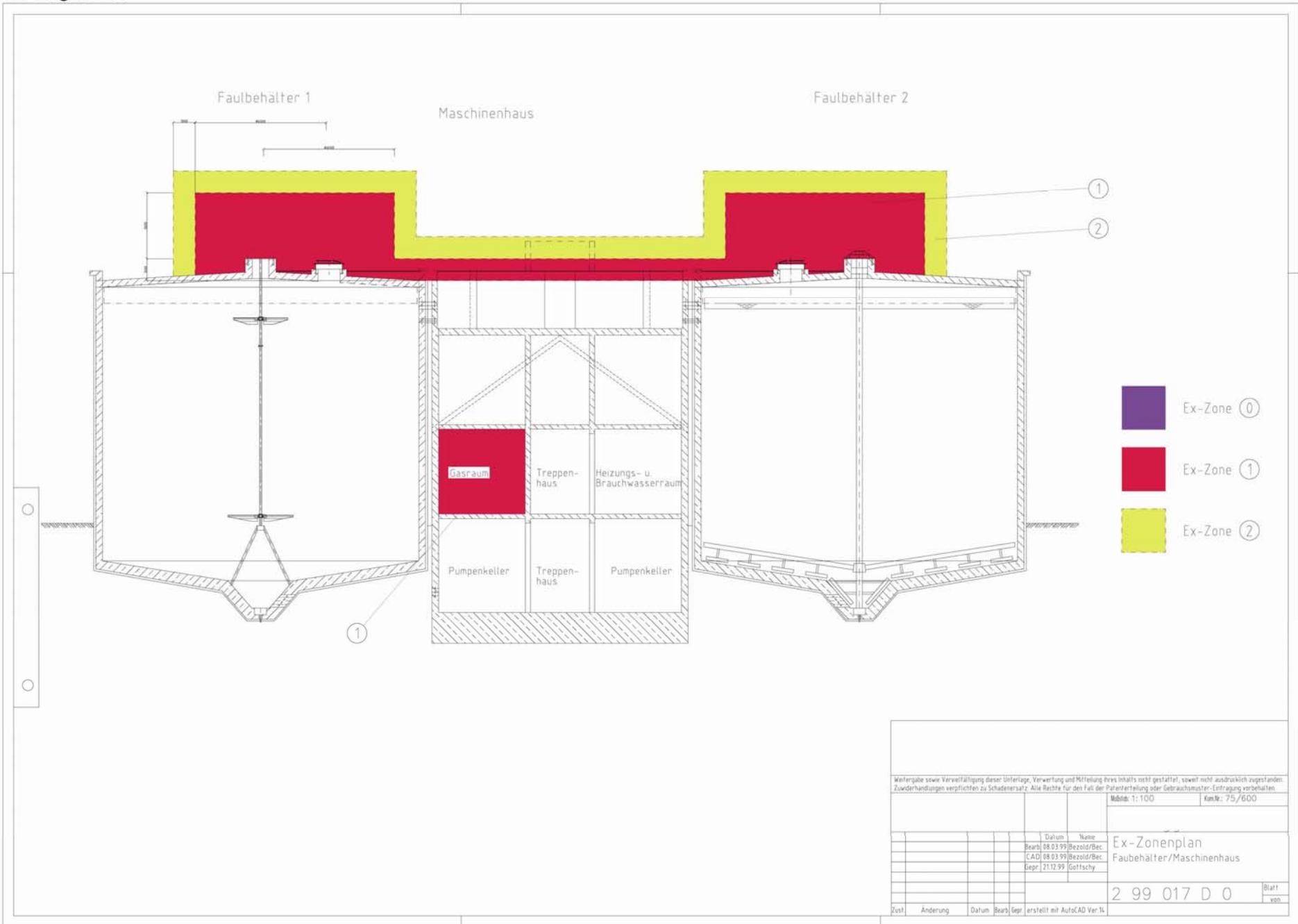
Anlage 6



Anlage: 7a



Anlage: 7b



Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden.
Zwischenhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte für den Fall der Patentverletzung oder Gebrauchsmuster-Eintragung vorbehalten.

M Maßstab: 1:100		K Funktion: 75/600	
Datum	Name	Ex-Zonenplan Faubehälter/Maschinenhaus	
Bearb: 08.03.99	Bezold/Rec:		
CAD: 08.03.99	Bezold/Rec:		
Gepr: 21.12.99	Geftschy		
2 99 017 D 0		Blatt	van
Zust.	Änderung	Datum	Bearb/Gepr

erstellt mit AutoCAD Ver.14

Einfluss der Substratzusammensetzung auf die Faulgasmenge und Faulgaszusammensetzung

	Methan CH₄ [Vol %]	Kohlenstoffdioxid CO₂ [Vol %]	Spez. Gasmenge [Nm³/kg oTR_{abg.}]
Kohlenhydrate	50	50	0,83
Fette	70	30	1,43
Proteine	71	29	0,72