

# Endbericht Variantenstudie

## Variantenstudie für die Erweiterung des Vergärwerks der Biogas Zürich AG mit Biogas-Aufbereitungsanlage



für



Stand 07.08.2020

### **Angaben zur Auftragsbearbeitung**

Auftraggeber: Biogas Zürich AG  
Paul-Pflüger Str. 104  
CH-8010 Zürich

Ansprechpartner: Herr Helmut Vetter  
Geschäftsführer  
Telefon: +41 44 645 59 88  
E-Mail: [helmut.vetter@zuerich.ch](mailto:helmut.vetter@zuerich.ch)

Auftragsnummer: P190463BE.4260.KN1

Auftragnehmer: GICON Großmann Ingenieur Consult GmbH

Postanschrift: GICON Großmann Ingenieur Consult GmbH  
Bücklestraße 3-5  
78467 Konstanz

Projektleiter: Dipl.-Biol. Heribert Krämer  
Telefon: +49 7531 81995 14  
E-Mail: [h.kraemer@gicon.de](mailto:h.kraemer@gicon.de)

Bearbeiter: Dipl.-Geoökol. Ulrich Busmann  
Telefon: +49 7531 81995 12  
E-Mail: [u.busmann@gicon.de](mailto:u.busmann@gicon.de)

Dipl.-Ing. Jörg Hiecke  
Telefon: +49 351 47878 61  
E-Mail: [j.hiecke@gicon.de](mailto:j.hiecke@gicon.de)

## Inhalt

1	Einführung.....	6
1.1	Ausgangssituation.....	6
1.2	Vorgehensweise.....	6
2	Rahmenparameter IST-Zustand und Erweiterungsszenario 1 .....	8
2.1	Ist-Betriebsdaten und Massenbilanz.....	8
3	Erweiterung des Standortes .....	12
3.1	Abfallannahme / Annahmebunker .....	12
3.2	Lösungsansätze Abfallannahme.....	15
3.2.1	Logistik.....	15
3.2.2	Vergößerung des Lagervolumens .....	15
3.2.3	Zwischenbunker vor den Fermentern .....	19
3.2.4	Zusammenfassung.....	20
3.3	Mechanische Aufbereitung .....	23
3.4	Fermenter .....	24
3.4.1	Ist-Zustand .....	24
3.4.2	Szenario 1 .....	24
3.5	Entwässerung .....	26
3.6	Lager flüssiges Gärgut .....	27
3.6.1	Lager flüssiges Gärgut (Neubau).....	28
3.6.2	Restgaspotenzial bei verschiedenen Temperaturen.....	29
3.7	Biorohgasleitung und Biogasaufbereitungsanlage.....	29
3.7.1	Biorohgasleitung .....	29
3.7.2	Biogasaufbereitungsanlage (GAA) .....	30
3.8	Aerobisierung und Nachrotte.....	35
3.8.1	Ist-Zustand .....	35
3.8.2	Erweiterung Szenario 1 .....	37
3.9	Abluftbehandlung VGW.....	43
3.10	Wärmeversorgung Biogasanlage .....	43
3.11	Stromversorgung.....	43
4	Zusammenfassung.....	44

5	Vorplanung.....	45
---	-----------------	----

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Jahresproduktion Rohbiogas an den Standorten VGW und K LW .....	10
Abbildung 2: Leistungsverteilung der Biogasproduktion, nach Erweiterung .....	11
Abbildung 3: Tiefbunker mit Fahrzeug .....	12
Abbildung 4: Schnitt Annahmehunker mit Rampe zur Erhöhung des Abkippniveaus.....	16
Abbildung 5: Dritte Annahmelinie .....	17
Abbildung 6: Beispielhafte Zeichnung eines Schubbodenbunkers in Beton-Wanne.....	18
Abbildung 7: Umbau Annahmelinie 1 zum Annahmehunker .....	19
Abbildung 8: Beispiel Zwischenbunker in Stahlbauweise.....	20
Abbildung 9: Positionierung des neuen Fermenters nebst Rohgas-Vorbehandlung.....	25
Abbildung 10: Aufstellungsvorschlag der 2. GAA bei ARA.....	34
Abbildung 11: Frontseite der Rotteboxen .....	36
Abbildung 12: Rotteboxen mit Staugatter oder Rottenetz .....	38
Abbildung 13: Möglichkeiten des automatisierten Eintrags in eine Rottebox.....	40
Abbildung 14: Aufteilung Zwischenlagerung der verschiedenen Fraktionen .....	41
Abbildung 15: Mögliche Anordnung des Kompostlagers.....	42

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennwerte Basisvariante .....	8
Tabelle 2: Überblick wesentlicher verfahrenstechnischer Parameter .....	9
Tabelle 3: Auslegung Annahmehunker.....	14
Tabelle 4: Übersicht der möglichen Maßnahmen zur Bunkervolumenerhöhung .....	21
Tabelle 5: Vor- und Nachteile der Lösungsansätze .....	22
Tabelle 6: Auslegung Aufbereitung Szenario 1 .....	23
Tabelle 7: IST-Zustand - Raumbelastung und Verweilzeit des Fermenters.....	24
Tabelle 8: Szenario 1 - Raumbelastung und Verweilzeit der Fermenter .....	24
Tabelle 9: Darstellung benötigtes Lagervolumen für flüssiges Gärgut .....	28
Tabelle 10: Restgaspotentiale flüssiges Gärgut in Abhängigkeit der Temperatur .....	29
Tabelle 11: Übersicht verschiedener Biogasaufbereitungsverfahren .....	31

Tabelle 12: Vor- und Nachteile der jeweiligen Aufstellungsvariante GAA .....	32
Tabelle 13: Übersicht Varianten für die GAA-Ausbaustufe mit Aminwäsche .....	33
Tabelle 14: Übersicht der vorhandenen Kompostierungsboxen .....	35
Tabelle 15: Aufteilung der Kompostfraktionen .....	37
Tabelle 16: Berechnung Verweilzeit in den Kompostierboxen .....	38

### **Anlagenverzeichnis**

- Anlage 1: Übersicht Verfahrensparameter IST-Zustand & Erweiterungsszenario 1
- Anlage 2: Biogasproduktion 2019 und Szenario 1
- Anlage 3: Leistungsverteilung Biogasproduktion KWH und VGW Zürich

## **1 Einführung**

### **1.1 Ausgangssituation**

Die Biogas Zürich AG betreibt am Standort Zürich-Werdhölzli ein Vergärwerk (VGW) mit Biogas-Aufbereitungsanlage (GAA). Das im Vergärwerk erzeugte Rohbiogas wird am Standort des benachbarten Klärwerks Werdhölzli gemeinsam mit dem dort produzierten Klärgas in einer Biogas-Aufbereitungsanlage zu Biogas in Erdgasqualität aufbereitet und ins Gasnetz eingespeist.

Aufgrund der aktuellen gesellschaftlichen, politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen kann davon ausgegangen werden, dass die Erfassungsmengen für biogene Abfälle als und somit auch die Roh-Biogasproduktion zukünftig weiter ansteigen werden.

Es sind deshalb im Rahmen dieser Variantenstudie belastbare Ausbaukonzepte für die Erweiterung der Betriebsanlagen zur Erhöhung der Verarbeitungskapazität für biogene Abfälle und der damit verbundenen Steigerung der Biogasproduktion unter Einbeziehung eines weiteren Standortes auszuarbeiten. Ziel ist es, eine Bestvariante zu identifizieren.

Für die Ausarbeitung der Varianten sind folgende spezifischen Rahmenbedingungen zu beachten:

- Erhöhung des Abfalldurchsatzes des VGW auf Szenario 1 - 40.000 t/a alternativ Szenario 2 - 45.000 t/a (einschließlich der Garten- und Pflanzabfälle). Das Szenario 2 mit 45.000 t/a wurde nach Präsentation beim Kunden nicht weiterverfolgt, da der Standort für diese Durchsatzleistung zu klein ist. Die Zahlen dazu werden im Schlussbericht dargestellt,
- aufgrund der räumlichen Situation vor Ort stehen nur in einem sehr begrenzten Maße Flächen für Erweiterungsmaßnahmen zur Verfügung,
- räumliche Trennung (ca. 1,5 km) zwischen des Vergärwerks und der Biogasaufbereitungsanlage,
- das Vergärwerk wird mit Wärme aus der 1,5 km entfernten Klärschlammverbrennungsanlage versorgt,
- der Standort für ein neues Lager für flüssiges Gärgut ist auf der gegenüberliegenden Seite der Autobahnseite vorgesehen und
- während der Umsetzungsphase ist der laufende Anlagenbetrieb sicher zu stellen.

### **1.2 Vorgehensweise**

In Kapitel 2 dieses Berichtes erfolgt eine Bestandsaufnahme des Ist-Zustands der Anlage. Anhand der Auswertung der Betriebsdaten aus den Jahren 2017 bis 2019 wird per Energie- und Massenbilanz das derzeitige Betriebsregime als Basisvariante abgebildet.

Vom Auftraggeber wurde die gewünschte Durchsatzsteigerung für eine Erweiterungsstufe (Szenario 1) ermittelt. Auf dieser Grundlage werden die weiteren Parameter (z.B. Biogasproduktion) über einen Erweiterungsfaktor errechnet. Das Szenario 2 wurde in die Berechnungen mit einbezogen, dann jedoch verworfen, da der Standort zu limitiert ist.

Darauf aufbauend werden in Kapitel 3 aktuelle Engpässe sowie mögliche verfahrenstechnische und logistische Lösungsansätze sowie erforderliche Maßnahmen zur Erhöhung des Anlagendurchsatzes beschrieben und diskutiert.

## 2 Rahmenparameter IST-Zustand und Erweiterungsszenario 1

### 2.1 Ist-Betriebsdaten und Massenbilanz

Die Zusammenfassung der Betriebsdaten aus den Jahren 2017 bis 2019 liefert für die Anlage folgende Kennwerte:

<b>Eingang BGA</b>		<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>Ø</b>
Rohsubstrat, Input Fermenter	[t/a]	23.577	23.498	24.655	<b>23.910</b>
Befeuchtung	[t/a]	7.206	5.151	6.216	<b>6.191</b>
Gesamt	[t/a]	30.783	28.649	30.872	<b>30.101</b>
Mittelwert	[t/d]	84,3	78,5	92,4	<b>85,1</b>
Input Bioabfall, max. (ohne Befeuchtung)	[t/d]	80,0	85,0	85,0	<b>83,33</b>
Input Prozesswasser, max.	[t/d]	91,9	33,8	4,9	<b>43,5</b>
Input Gesamt, max.	[t/d]	171,9	118,8	89,9	<b>126,9</b>
<b>Laufzeiten Abfallaufbereitung</b>					
Jahreslaufzeit	h/a	2.437,2	2.383,8	2.123,4	<b>2.314,8</b>
Mittelwert	h/d	6,7	6,5	5,8	<b>6,3</b>
Max	h/d	11,2	13,0	9,5	<b>11,2</b>
<b>Biogasproduktion</b>					
Rohgas (Messstelle 2405FF01, vor Druckerhöhung)	Nm <sup>3</sup> /a	2.262.117,0	2.251.580,0	2.405.830,0	<b>2.306.509,0</b>
Methan	Nm <sup>3</sup> /a	1.231.579,0	1.239.178,0	1.318.395,0	<b>1.263.050,7</b>
Methangehalt, mittel	%	54,4	55,0	54,8	<b>54,8</b>
Rohgas, max.	Nm <sup>3</sup> /h	358,91	367,0	387,1	
<b>Gärrest Output Lagerung / Abgabe</b>					
Mittel	m <sup>3</sup> /a	10.771,0	11.088,0	10.241,0	<b>10.700,0</b>
	m <sup>3</sup> /d	29,5	30,4	28,1	<b>29,3</b>
	m <sup>3</sup> /h	1,2	1,3	1,2	<b>1,2</b>

**Tabelle 1: Kennwerte Basisvariante**

Zur Berechnung des Mittelwertes für das Rohsubstrat wurden die Werte der Jahre 2017 bis 2019 des elektronischen Betriebstagebuches des Prozessleitsystems des Vergärwerkes verwendet.

Hinweis: Die Werte entsprechen den der Fermenterbeschickung vorangestellten Bandwaage. Solche Bandwaagen haben verfahrenstechnisch bedingt u.U. eine Fehlertoleranz von bis zu 10%. Der Abgleich der für diese Anlage berechneten Parameter wie z.B. errechneter Substrateinsatz lässt vermuten, dass die mit der vorhandenen Bandwaage ermittelten Mengen die tatsächlich beschickten Mengen unterschätzt. Somit könnte die tatsächliche Beschickungsmenge über der aus dem Betriebstagebuch ermittelten Menge liegen.

Die folgende Tabelle fasst die wesentlichen Ergebnisse der Energie- und Massenbilanz sowie wesentliche verfahrenstechnische Parameter für die Basisvariante und des Erweiterungsszenario 1 zusammen:

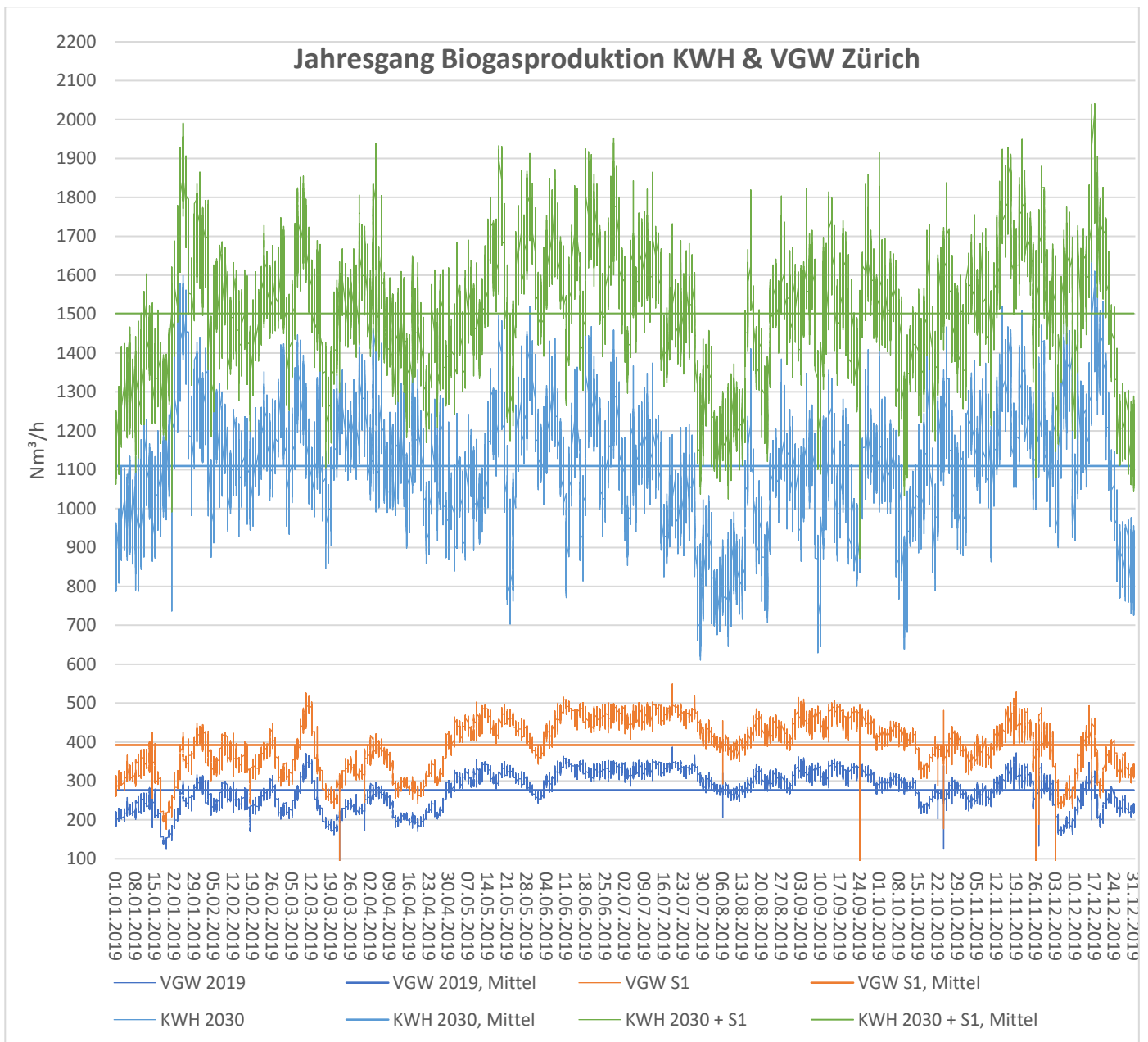


Überblick der wesentlichen verfahrenstechnischen Parameter		
	IST	Erweiterungsszenario 1
Vergärwerk, Durchsatz gesamt	30.500 t/a	41.200 t/a
Durchsatz Garten- und Pflanzabfälle (Kompostierung)	5.200 t/a	5.500 t/a
Direkte Abgabe, Sonstiges	700 t/a	700 t/a
Durchsatz Biogasanlage	24.600 t/a	35.000 t/a
Biogasproduktion	ca. 2.306.000 Nm <sup>3</sup> /a	ca. 3.286.000 Nm <sup>3</sup> /a
	Ø 263 Nm <sup>3</sup> /h	Ø 375 Nm <sup>3</sup> /h
	max.: 387 Nm <sup>3</sup> /h	max.: 551 Nm <sup>3</sup> /h
Methangehalt	54,8%	54,8%
Abgabe flüssiges Gärgut	ca. 11.000 m <sup>3</sup> /a	ca. 13.400 m <sup>3</sup> /a
Abgabe festes Gärgut (nach Kompostierung)	ca. 8.000 t/a	ca. 8.800 t/a
Laufzeit Abfallaufbereitung	Ø 6,3 h/d	Ø 9,3 h/d
	max.: 13,0 h/d	max.: 21,5 h/d
Laufzeit Separation 1 & 2	Ø 6,2 h/d	Ø 8,0 h/d
	max.: 13,6 h/d	max.: 18,5 h/d

**Tabelle 2: Überblick wesentlicher verfahrenstechnischer Parameter**

Eine ausführliche Übersicht über im Rahmen dieser Studie für den IST-Zustand und für das Erweiterungsszenario 1 ermittelten Parameter ist dem Anhang 1 zu entnehmen.

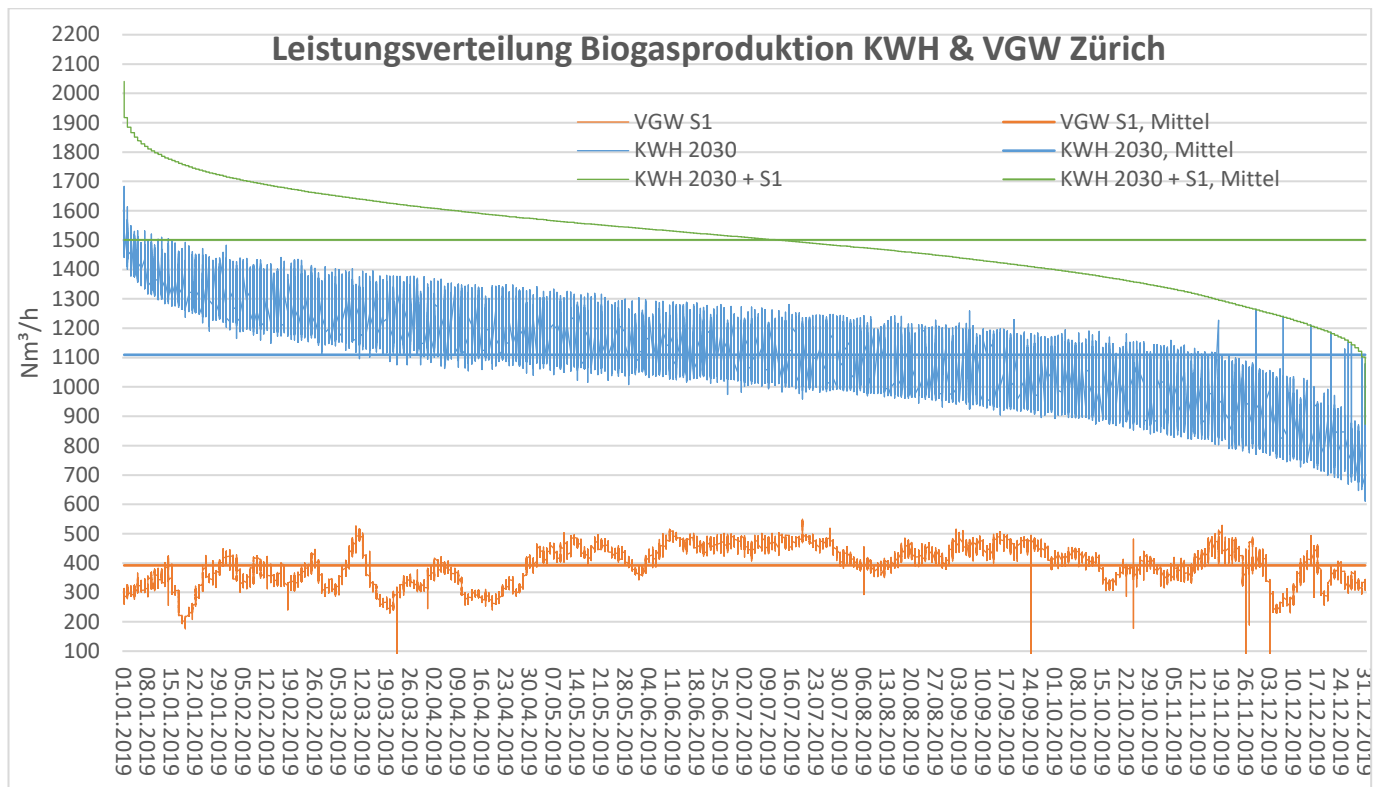
In Abbildung 1 wird auf Grundlage der 15-Minuten Werte aus 2019 die Rohgasproduktion am Standort des Vergärwerks und des Klärwerks dargestellt. Die Rohgasproduktion nach Erweiterung wurde über einen Erweiterungsfaktor berechnet, auch wurde die Entwicklungsprognose für die Gasproduktion des Klärwerks berücksichtigt.



**Abbildung 1: Jahresproduktion Rohbiogas an den Standorten VGW und KWH**

Die Graphen „KWH 2030 + S1 (Szenario 1)“ und „KWH 2030 + S1, Mittel“ sind die entscheidenden Graphen zur Dimensionierung der für die Anlagenerweiterung notwendigen zusätzlichen Biomethanaufbereitungsanlage.

Um einen besseren Überblick darüber zu bekommen, welche Produktionsraten über welchen Zeitraum pro Jahr für das Szenario „KWH 2030 + S1“ zu erwarten ist, werden diese in der folgenden Abbildung nach Größe sortiert dargestellt.



**Abbildung 2: Leistungsverteilung der Biogasproduktion, nach Erweiterung**

Der obigen Abbildung zeigt, dass die für das Szenario „KWH 2030 + S1“ eine mittlere Rohgasproduktionsrate von ca. 1.500 Nm<sup>3</sup>/h zu erwarten ist. Eine Produktionsrate  $\geq$  1.900 Nm<sup>3</sup>/h wird in Summe lediglich an 2-3 Tagen, eine Produktionsrate  $\geq$  1.800 Nm<sup>3</sup> an ca. 10 Tagen pro Jahr erreicht. An ca. 39 Tagen ist eine Produktionsrate von  $\geq$  1.700 m<sup>3</sup> zu erwarten. Eine Produktionsrate  $\geq$  Mittelwert wird an ca. 192 Tagen erreicht.

Bei der Dimensionierung der Biogasaufbereitungsanlage ist zu berücksichtigen, dass die dargestellten Leistungswerte erst 2030 erreicht werden.

Aufgrund der zu erwartenden Leistungsverteilung über das Jahr erscheint die Erweiterung der Biomethanaufbereitung auf eine Gesamtkapazität von 1.800 Nm<sup>3</sup> sinnvoll. Eine Abdeckung der absoluten Spitzen, die in Summe über 2-3 Tage pro Jahr auftreten ist betriebswirtschaftlich wahrscheinlich nicht darstellbar. Ggf. muss an dieser Stelle eine tiefergehende Kosten- / Nutzenanalyse durchgeführt werden.

Die Abbildungen 1 & 2 werden zur besseren Übersicht als Anhänge 2 & 3 diesem Bericht beigefügt.

### 3 Erweiterung des Standortes

#### 3.1 Abfallannahme / Annahmebunker

Die Anlieferung der Abfälle erfolgt heute über 2 Rampen in einen Tiefbunker. Der Tiefbunker hat ein Brutto-Volumen von 500 m<sup>3</sup> (laut Bauplan). Nutzbar sind allerdings nur etwa 450 m<sup>3</sup>, da in einer Ecke der Siebüberlauf gelagert wird. Im Tiefbunker werden die Abfälle mit einem automatisch arbeitenden Kran umgeschichtet, um Platz für weiteren Abfall zu schaffen. Die Abfälle bilden einen steilen Schüttkegel, der frühzeitig die Entleerung weiterer Fahrzeuge erschwert bzw. verhindert. Weiterhin kann der Kran nicht arbeiten, da die Heckklappe der Fahrzeuge weit in den Bunker hineinragen und somit der Kran blockiert wird.



**Abbildung 3: Tiefbunker mit Fahrzeug**

Weiterhin ist ein (kleiner) Teil des Bunkers zur Lagerung des Siebüberlaufes der Abfallaufbereitung reserviert, der dann ebenfalls mit dem Kran in Container gefüllt und zur Entsorgung abtransportiert wird.

Der Kran füttert ebenfalls die Abfallaufbereitung (Zerkleinerung und Siebung) neben dem Bunker nach den Anforderungen des Fermenters.

#### Probleme:

- Bereits in der aktuellen Ausbaustufe kommt es im Bereich der Abfallannahme zu Engpässen. Das Abkippen des Bioabfalls in den Tiefbunker stößt in den Spitzenzeiten (mittags und später Nachmittag) an seine Grenzen und verursacht Wartezeiten für die Anlieferfahrzeuge, resultierend aus den Schüttkegeln, der begrenzten Kapazität des Kranes umzuschichten und des kleinen Zeitfensters der Anlieferung.
- Die Transportkapazität des Kranes ist nicht ausreichend, um im Bunker entsprechend umzuschichten. Sie liegt derzeit bei rund 10 t/h.

- Das aktuell vorhandene Lagervolumen ist nicht ausreichend, um Lieferspitzen abzudecken und um ausreichend Substrat für die Wochenenden vorzuhalten.

### **Benötigtes Lagervolumen:**

Grundsätzlich wird am Wochenende von Freitag ca. 18:00 Uhr bis Montag ca. 8:00 Uhr kein Abfall angeliefert und abgekippt. Für diesen Zeitraum sollte ausreichend Substrat zwischengelagert werden um den Fermenter kontinuierlich füttern zu können.

Somit wird eine Lagerkapazität für 62 Stunden, d.h. 2,6 Tage benötigt.

Heute werden etwa 24.600t Bioabfall und Garten- und Pflanzabfälle über den Annahmehunker gefahren. Das entspricht etwa 67 Tonnen oder 224 m<sup>3</sup>/d (bei einer Dichte von 0,30). Somit ist heute im Regelbetrieb und ohne Berücksichtigung der Spitzenzeiten der Bunker schon zu klein (224m<sup>3</sup> x 2,6 = 582m<sup>3</sup>).

In Szenario 1 werden ca. 35.000 Tonnen Bioabfall und Garten- und Pflanzabfälle über den Annahmehunker gefahren werden.

Im Schnitt sind das 96 t/d, in Spitzenzeiten müssen bis zu 119 t/d behandelt werden können.

Daraus ergeben sich für die mittlere und maximal benötigte Lagerkapazität folgende Werte:

Mittel: 96 t/d bzw. 320 m<sup>3</sup>/d x 2,6 d = 832 m<sup>3</sup>

Max: 119 t/d bzw. 396 m<sup>3</sup>/d x 2,6 d = 1.030 m<sup>3</sup>

Unter Berücksichtigung des vorhandenen Lagervolumens von 500 m<sup>3</sup> ergeben sich somit folgende Fehlvolumina, um das Wochenende zu überbrücken:

Mittel: 832 m<sup>3</sup> - 500 m<sup>3</sup> = 332 m<sup>3</sup>

Max: 1.030 m<sup>3</sup> - 500 m<sup>3</sup> = 530 m<sup>3</sup>

Aktuell erfolgt die tägliche Anlieferung der Abfälle in zwei Blöcken von je ca. einer Stunde. Daraus entsteht das Problem, das die Lieferfahrzeuge nicht sofort entladen werden können, obwohl Bunkervolumen frei ist.

Annahmebunker				
Input	24.600	t/a		
Dichte Bioabfall				
Im Bunker	0,3	t/m <sup>3</sup>		
Nach Shredder	0,42	t/m <sup>3</sup>		
Anliefertage	5	d/a		
Zeitfenster Anlieferung	2	h/d		
Bunker	150	t	500	m <sup>3</sup>
<b>Durchsatz</b>				
	24.569	t/a	58.498	m <sup>3</sup> /a
Max, IST	83	t/d	278	m <sup>3</sup> /d
Mittel, IST	67	t/d	224	m <sup>3</sup> /d
Max, IST	3,5	t/h	8	m <sup>3</sup> /h
Mittel, IST	2,8	t/h	7	m <sup>3</sup> /h
<i>Benötigte Abladekapazitäten, bezogen auf das Anlieferzeitfenster</i>				
Max.	41,7	t/h	139	m <sup>3</sup> /h
Mittel	33,7	t/h	112	m <sup>3</sup> /h

**Tabelle 3: Auslegung Annahmebunker**

Die obige Tabelle zeigt, dass die mittlere und die maximal täglich zu lagernde Abfallmenge rechnerisch problemlos im bestehenden Bunker untergebracht werden können. Aufgrund der in diesem Kapitel bereits beschriebenen Probleme ist das vorhandene „Abladevolumen“ nicht ausreichend, um die benötigten Volumina für die mittlere und maximale Anliefermengen 112 m<sup>3</sup>/h bzw. 139 m<sup>3</sup>/h aufnehmen zu können.

#### Lösungsansätze sind:

1. Entzerrung der Logistik, 2-Schicht-Betrieb, Zwischenlagerung von Abfall,
2. Vergrößerung des Bunkervolumens durch Erhöhung der Abkippkante,
3. Installation eines zusätzlichen Bunkers samt Fördertechnik in den vorhandenen Bunker als 3. Ablade-Linie,
4. Umbau der Annahmelinie 1 zu einem zusätzlichen Annahmebunker,
5. Installation eines Zwischenbunkers zwischen Aufbereitung und Fermenter-Eintrag - somit kann der Annahmebunker tendenziell leer gehalten werden und/oder
6. Erhöhung der Kapazität des Kranes. Während des Abladens reicht die Heckklappe des LKW weit in den Bunker hinein, und die Funktion des Kranes ist stark eingeschränkt. Bei einer höheren Ladekapazität des Kranes könnte dieser den Abfall schneller umschichten.

## **3.2 Lösungsansätze Abfallannahme**

### **3.2.1 Logistik**

Seitens des Auftraggebers ist zu klären, in wieweit eine Optimierung der Anlieferungslogistik möglich ist. Folgende grundsätzlich möglichen Lösungen sollten diskutiert werden:

1. Optimierung der Anlieferung durch Einführung eines Zweischichtbetriebes bei der Einsammlung der Abfälle, d.h. Entzerrung des Zeitfensters für die Anlieferung,
2. Anschaffung zusätzlicher Sammelfahrzeuge, die auch als kurzzeitiges Zwischenlager fungieren können. Dabei werden die vollen Fahrzeuge durch die Fahrer lediglich auf dem Betriebsgelände abgestellt. Dem Fahrer steht sofort ein bereits durch das Betriebspersonal des VGW entleertes Fahrzeug für eine neue Tour zur Verfügung.  
Vorteile: Keine zusätzlichen baulichen Maßnahmen (3 Annahmelinie) notwendig, keine Erweiterung des Abluftsystems notwendig, kein zusätzlicher Platzbedarf ...

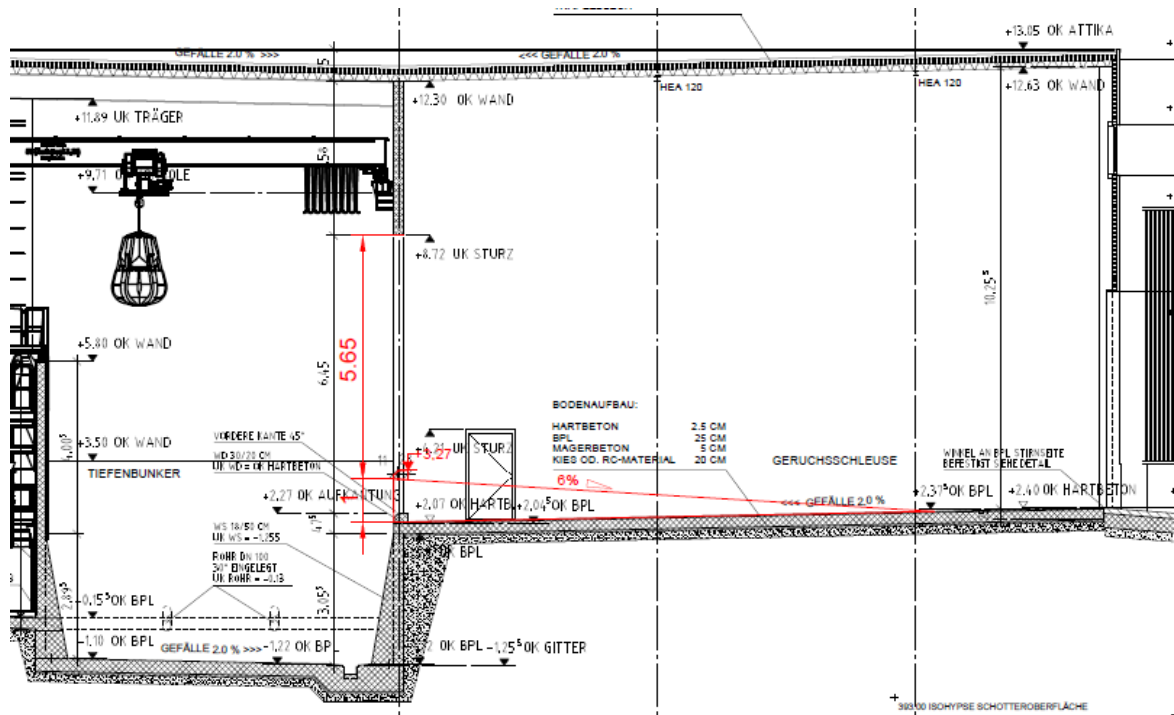
Diese Punkte können nur kurz angerissen werden, da die gesamte Sammellogistik beeinflusst wird, was nur vom Auftraggeber abschließend beurteilt werden kann.

### **3.2.2 Vergrößerung des Lagervolumens**

#### **3.2.2.1 Erhöhung der Abkippkante**

Durch die Erhöhung des Abkippniveaus in den Bunker durch eine Rampe lässt sich relativ einfach zusätzliches Lagervolumen von ca. 150 m<sup>3</sup> schaffen. Die bauliche Möglichkeit zur Errichtung einer Rampe, insbesondere Statik und Lastaufnahme ist hierbei weiterführend zu prüfen. Ebenfalls muss geklärt werden, inwieweit im Zuge der Entleerung der Lieferfahrzeuge, Sickersäfte mit in den Bunker gedrückt bzw. anderweitig abgelassen werden können.





**Abbildung 4: Schnitt Annahmehunker mit Rampe zur Erhöhung des Abkippniveaus**

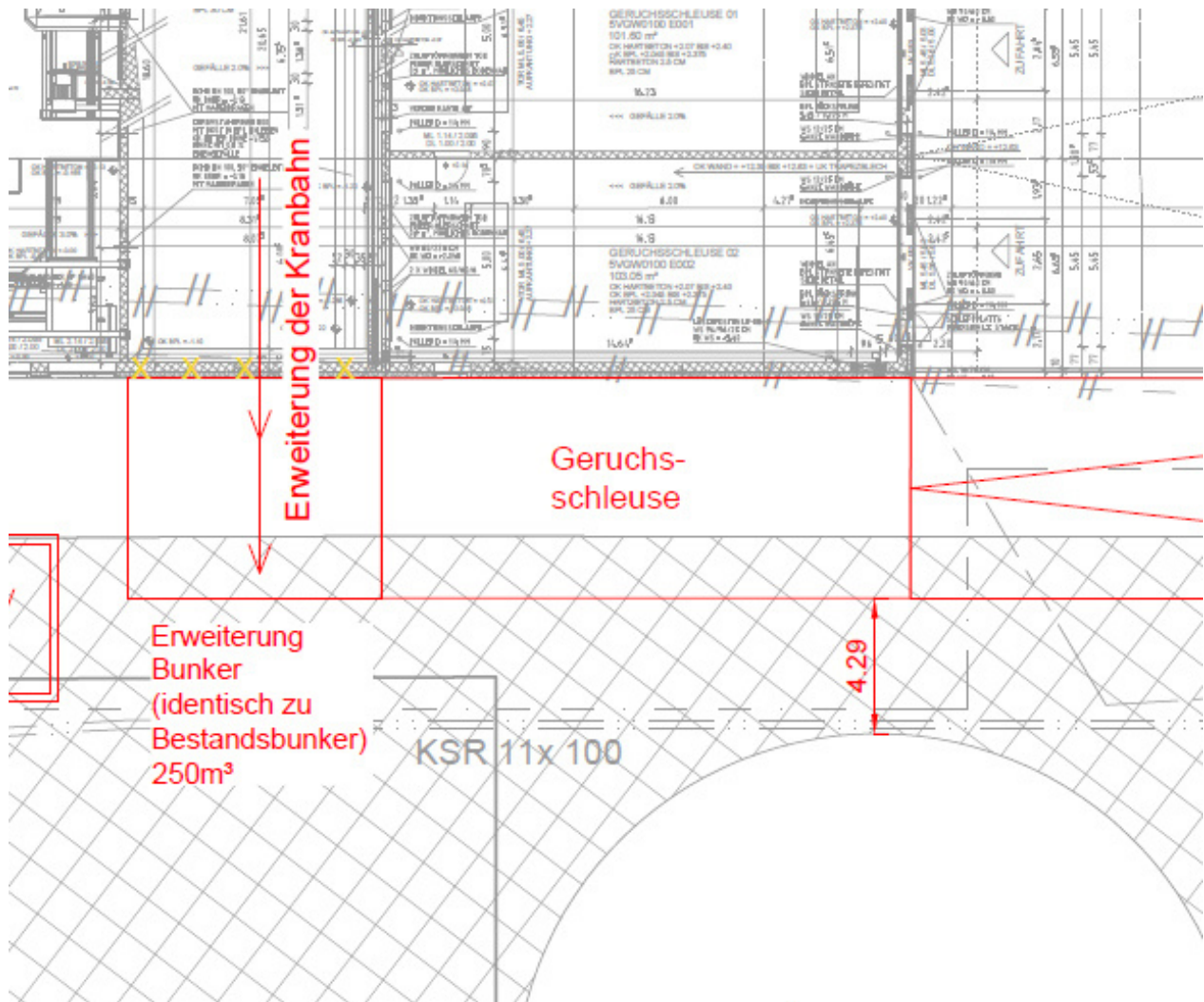
### 3.2.2.2 Siebüberlauf

Der Siebüberlauf der Aufbereitung bzw. des Zerkleinerers (Shredders) wird bisher in einen reservierten Bereich des Annahmehunkers geführt. Um den Bunker ausschließlich für frische Bioabfälle zu nutzen, kann der Siebüberlauf z.B. mittels Förderschnecken direkt in einen separaten Container ausgeschleust werden. So stünden 50 bis 80 m<sup>3</sup> zusätzliches Bunkervolumen zur Zwischenlagerung der Abfälle zur Verfügung.

### 3.2.2.3 Dritte Annahmelinie

Durch den Bau einer dritten Annahmelinie parallel zu den beiden bestehenden kann das Bunkervolumen um bis zu 330 m<sup>3</sup> erhöht werden. Entsprechend müsste die Kranbahn verlängert oder ggf. ein komplett neuer leistungsfähigerer Kran eingebaut werden. Dieser Vorschlag bedingt aufwendige bauliche Maßnahmen, schafft aber auch ein großes zusätzliches Volumen. Der für die Umsetzung der Maßnahme verfügbare Platz wäre grundsätzlich ausreichend.



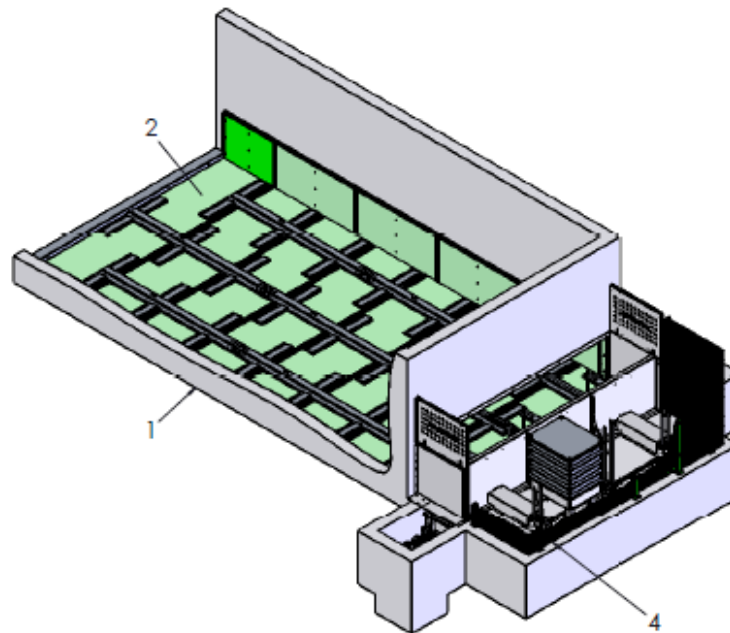


**Abbildung 5: Dritte Annahmelinie**

Die Abbildung zeigt die Platzverhältnisse, wenn eine 3. Annahmelinie zugebaut wird. Der Abstand zwischen dem Behälter zur Lagerung des flüssigen Gärgutes und dem erweiterten Gebäude beträgt etwa 4,30 m. Dieser Abstand ist ausreichend, dass weiterhin große Fahrzeuge z.B. für Wartungsarbeiten zum Fermenter fahren können. Da der Lagerbehälter für das flüssige Gärgut jedoch mit einem Gaslager in Form eines Tragluftdaches ausgerüstet wird, ist zu prüfen, ob der Abstand zum Gebäude, z.B. aus brandschutztechnischer Sicht, ausreichend ist.

Alternativ wurde die Installation eines Schubbodenbunkers anstelle des Tiefbunkers betrachtet. Die baulichen Maßnahmen sind in dem Fall weniger aufwändig, allerdings lassen

sich nur ca. 150 m<sup>3</sup> Volumen zusätzlich generieren und die Verfahrenstechnik ist anfällig, da unbehandelter Bioabfall gelagert und transportiert werden müssen.

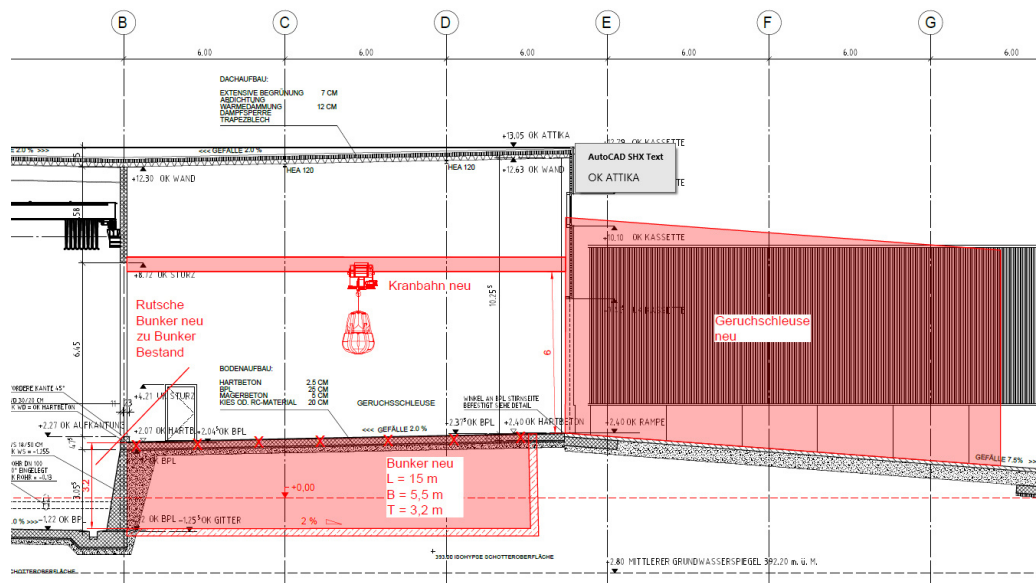


**Abbildung 6: Beispielhafte Zeichnung eines Schubbodenbunkers in Beton-Wanne**

(Quelle: Huning)

### 3.2.2.4 Umbau Annahmelinie 1 zu einem zusätzlichen Annahmebunker

Durch den Umbau der Annahmelinie 1 zu einem zusätzlichen Annahmebunker samt eigener Kranbahn kann zusätzliches Bunkervolumen von bis zu 260 m<sup>3</sup> geschaffen werden. Die zusätzliche Kranbahn dient dazu, den gelieferten Abfall in den bestehenden Bunker umzuschichten. Zusätzlich zu dem neu geschaffenen Lagervolumen kann auf diese Art und Weise die verfügbare Lagerkapazität des bestehenden Bunkers besser genutzt werden, da dessen Kran den ohne zeitliche Unterbrechung im Bereich der alten Abkipfstelle umverteilen kann. Zur Fassung diffuser Gerüche ist zusätzlich zum Umbau der bestehenden Annahmelinie die Errichtung einer neuen Geruchsschleuse erforderlich.



**Abbildung 7: Umbau Annahmelinie 1 zum Annahmehunker**

### 3.2.3 Zwischenbunker vor den Fermentern

Ein Zwischenbunker vor den Fermentern wird aus verfahrenstechnischen Gründen dringend empfohlen, um die Beschickung der zukünftig beiden Fermenter zu vergleichmässigen und zu vereinfachen. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist die Schaffung von zusätzlichem Lagervolumen zur Überbrückung des Wochenendbetriebes. Auch wird die Zerkleinerung der Abfälle mittels des bestehenden Shredders zeitlich von der Fermenterbeschickung entkoppelt.

In Abhängigkeit vom Aufstellungsort ist eine Lagerkapazität von 100 bis 150 m<sup>3</sup> realisierbar, was einer Substratspeicherkapazität von 20 bis 24 Stunden entspricht (bei einer Dichte 0,42 gerechnet).



**Abbildung 8: Beispiel Zwischenbunker in Stahlbauweise**

(Quelle: Havelberger)

Die Einbindung des Zwischenbunkers erfolgt zwischen der Abfallaufbereitung (Shredder) und dem Fermentereintrag. Im Fall der Anlagenerweiterung wird das bestehende Fermenterbeschickungssystem durch ein neues System und einem externen Mischer ersetzt werden, damit der bestehende und der neu zu errichtende Fermenter beschickt werden kann. Dazu wird in diesem Mischer das Substrat mit flüssigen Gärgut zu einer pumpfähigen Suspension vermischt und in die Fermenter geführt. Ein weiterer Vorteil des externen Mixers ist, dass im Vergleich zur jetzigen Situation der TS-Gehalt im Fermenter erhöht und somit die Verweilzeit und damit die Biogasausbeute erhöht werden können.

Die genaue Aufstellung wie auch die endgültige Technik muss mit dem Auftraggeber und den Herstellern noch abgesprochen werden.

### 3.2.4 Zusammenfassung

Wie in Kapitel 3.1 aufgezeigt wird, ist das vorhandene Bunkervolumen von 500 m<sup>3</sup> für eine Erhöhung des Anlagendurchsatzes nicht ausreichend. Es wurden folgende Fehlvolumina berechnet:

$$\text{Mittel: } 832 \text{ m}^3 - 500 \text{ m}^3 = 332 \text{ m}^3$$

$$\text{Max: } 1.030 \text{ m}^3 - 500 \text{ m}^3 = 530 \text{ m}^3$$

Für den Fall der Anlagenerweiterung ist ebenfalls zu bedenken, dass das benötigte „Abladevolumen“ deutlich erhöht werden muss.

Die beschriebenen Probleme können durch eine Anpassung der Anlieferungslogistik zumindest zu einem Teil entschärft werden, jedoch wird eine Erweiterung des Bunkervolumens auf alle Fälle notwendig sein. Folgende Maßnahmen kommen dafür in Betracht:

	<b>Maßnahme</b>	<b>Erweitertes Bunkervolumen</b>	<b>Erhöhung Abladevolumen</b>
1	Erhöhung Abkippung, ohne Bunkerverlängerung	150 m <sup>3</sup>	ja, jedoch geringfügig
2	Verlängerung Bunker und Kranbahn, einschl. Erhöhung	330 m <sup>3</sup>	ja, da zusätzliche Entladelinie
3	Schubboden (alternativ zu 02)	150 m <sup>3</sup>	ja, da zusätzliche Entladelinie
4	Umbau Annahmelinie 1 zum Bunker	260 m <sup>3</sup>	nein, da keine zusätzliche Annahmelinie
5	Zwischenlager	150 m <sup>3</sup>	nein
6	Sammlung Siebüberlauf	50 bis 80 m <sup>3</sup>	nein
	<b>Summe Vorzugsvariante</b>	<b>490 m<sup>3</sup> max. realisierbar (Punkte 4, 5 und 6)</b>	<b>Ohne zusätzliche Annahmelinie</b>

**Tabelle 4: Übersicht der möglichen Maßnahmen zur Bunkervolumenerhöhung**

Die in der obigen Tabelle zusammengefassten Maßnahmen können einzeln realisiert oder auch kombiniert umgesetzt werden. Die Umsetzung der einzelnen Maßnahmen ist in Abhängigkeit von der Variante nur mit einem sehr hohen investiven und baulichen Aufwand möglich. Auch muss teilweise stark in den bestehenden verfahrenstechnischen Prozess eingegriffen werden.

In der folgenden Tabelle werden nochmals Vor- und Nachteile der einzelnen Lösungsansätze gegenübergestellt.

	Maßnahme	Vorteile	Nachteile
1.	Entzerrung Logistik	Ohne zusätzliche Investition umsetzbar	Eingriff in die Sammel-Logistik
2.	Dritte Abladelinie	Erhöhung Bunkervolumen, Erhöhung zeitgleicher Abladekapazität	Platzverhältnisse Hohe Investitionskosten
3.	Erhöhung Abkippkante	Erhöhung des Bunkervolumens  Verbesserung der Abkippsituation	LKW stehen nicht waagrecht
4.	Umbau Annahmelinie 2	Erhöhung des Bunkervolumens  Zusätzlicher Platzbedarf ist unproblematisch	Verbesserte Abladekapazität, da ein leistungsfähiger Kran den Bunker bewirtschaften wird.  Während Bauzeit lange Phase mit nur einer Annahmelinie  Hohe Investitionskosten
5.	Zwischenbunker vor Fermenter	Verbesserung des gesamten Annahme- und Beschickungs-Ablaufes,  Bessere Auslastung der Fermenter (konstante Beschickung)	Platzverhältnisse Hohe Investitionskosten
6.	Erhöhung Krankapazität	Relativ einfach umsetzbar	Limitierte Kapazitätssteigerung (von 10 auf 15 t/h)

**Tabelle 5: Vor- und Nachteile der Lösungsansätze**

Die genauere Überplanung (Einbindung, Platzbedarf, Kosten) kann erfolgen, wenn seitens des AG eine Vorauswahl der angestrebten Lösung getroffen wurde. Dabei spielt auch die oben besprochene Logistik eine wesentliche Rolle.



### 3.3 Mechanische Aufbereitung

Die mechanische Aufbereitung hat heute, basierend auf den Betriebsdaten, eine Laufzeit zwischen 6 und 13 h/d bei einem Durchsatz von ca. 10t/h. Somit können ohne Probleme selbst die Abfälle in Spitzenzeiten von 120 t/d sicher abgearbeitet werden. Der Siebüberlauf sollte, wie in Kapitel 3.2 bereits aufgezeigt, mittels Fördertechnik direkt in einen Container abtransportiert werden.

Derzeit ist die Aufbereitung im Wesentlichen durch die Krankapazität beschränkt, da dessen Förderleistung derzeit auf 10 t/h begrenzt ist. Diese Menge konnte bisher problemlos vom Shredder verarbeitet werden, so dass zu vermuten ist, dass dessen tatsächliche Durchsatzleistung höher sein wird.

Aufbereitung		
<i>Durchsatz Frischmasse</i>		
Kran	15	t/h
Shredder	12	t/h
Max, Zulässig	240	t/d
Mittel, IST	96	t/d
Max, IST	119	t/d
Max, Zulässig	12,0	t/h
Mittel, IST	4,0	t/h
Max, IST	4,9	t/h
<i>Laufzeit</i>		
Max, Zulässig	20	h/d
Mittel, IST	8,0	h/d
Max, IST	18,5	h/d

**Tabelle 6: Auslegung Aufbereitung Szenario 1**

In der Tabelle wurde der Durchsatz der Aufbereitung unter Berücksichtigung einer erhöhten Krankapazität festgelegt. Der etwas erhöhte Durchsatz des Shredders wurde aufgrund der bisherigen Betriebserfahrungen angenommen.

### 3.4 Fermenter

#### 3.4.1 Ist-Zustand

Der Fermenter der bestehenden Anlage hat ein Volumen von 1.500 m<sup>3</sup>. Dieser wird mit einer sehr hohen Raumbelastung und kurzer Verweilzeit betrieben.

Die hydraulische Verweilzeit des Fermenters und die Raumbelastung sind in nachstehender Tabelle dargestellt.

<i>Organische Raumbelastung</i>		
Max, Zulässig	12,0	kg oTS/(d*m <sup>3</sup> )
Mittel, IST	12,2	kg oTS/(d*m <sup>3</sup> )
Max, IST	18,3	kg oTS/(d*m <sup>3</sup> )
<i>Hydraulische Verweilzeit</i>		
Min, Zulässig	15	d
Mittel, IST	8,5	d
Min, IST	5,2	d

**Tabelle 7: IST-Zustand - Raumbelastung und Verweilzeit des Fermenters**

Aufgrund der guten Betriebsführung läuft die Anlage auch mit einer sehr hohen organischen Raumbelastung ausgesprochen stabil.

#### 3.4.2 Szenario 1

Im Zuge der Erweiterung muss ein zweiter Fermenter hinzu gebaut werden, da bei dem Bestandsfermenter eine nennenswerte Erhöhung der Durchsatzleistung nicht mehr möglich ist. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse kann ein Fermenter von maximal ca. 1.300 m<sup>3</sup> neben den bestehenden Fermenter errichtet werden.

Mit dem Substrat aus Szenario 1 ergeben sich folgende Kennwerte für die beiden Fermenter:

<i>Organische Raumbelastung Fermenter 1</i>		
Max, Zulässig	12,0	kg oTS/d/m <sup>3</sup>
Mittel, IST	9,1	kg oTS/d/m <sup>3</sup>
Max, IST	12,9	kg oTS/d/m <sup>3</sup>
<i>Hydraulische Verweilzeit Fermenter 1</i>		
Min, Zulässig	15	d
Mittel, IST	11,1	d
Min, IST	6,8	d
<i>Organische Raumbelastung Fermenter 2</i>		
Max, Zulässig	12,0	kg oTS/d/m <sup>3</sup>
Mittel	9,1	kg oTS/d/m <sup>3</sup>
Max, IST	12,9	kg oTS/d/m <sup>3</sup>
<i>Hydraulische Verweilzeit Fermenter 2</i>		
Min, Zulässig	15	d
Mittel	11,1	d
Min, IST	6,8	d

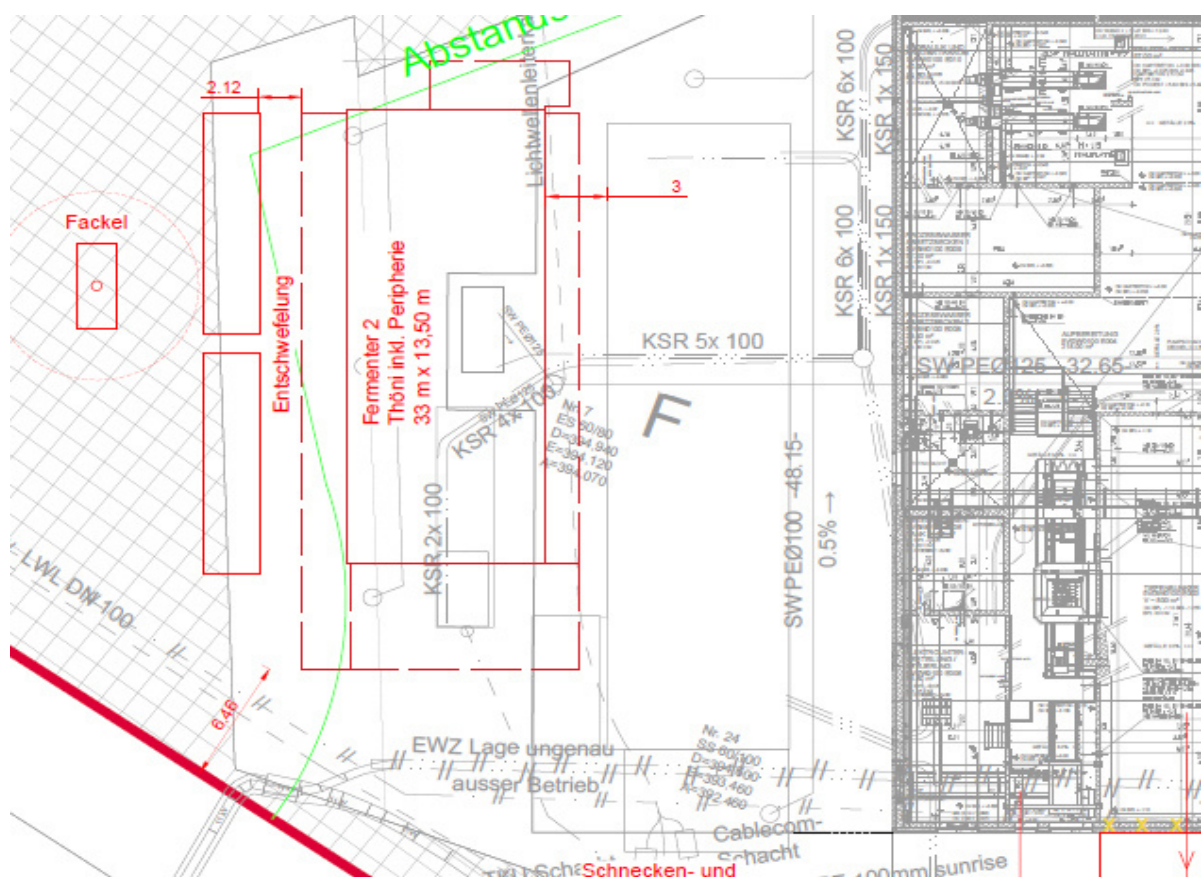
**Tabelle 8: Szenario 1 - Raumbelastung und Verweilzeit der Fermenter**



Im Vergleich zur jetzigen Auslastung ergeben sich für das Szenario 1 eine reduzierte organische Raumbelastung sowie eine Verlängerung der hydraulischen Verweilzeit. Dadurch werden eine erhöhte biologische Prozessstabilität und eine erhöhte Biogasausbeute erreicht.

Im Regelbetrieb sollten beide Fermenter gleich betrieben bzw. beschickt werden. Sollten bei einem der Fermenter Probleme auftreten, aufgrund dessen die Durchsatzleistung reduziert werden muss, so hat der andere Fermenter noch Reserven, um durch eine Erhöhung der Durchsatzleistung die Reduzierung im anderen Fermenter zumindest zu einem Teil abpuffern zu können.

Aus den obigen Gründen kann nicht empfohlen werden, einen kleineren Fermenter zu errichten. Auch ist zu beachten, dass bei einer Erhöhung der Biogasproduktion die Biogasvorbehandlung entsprechend erweitert werden muss.



**Abbildung 9: Positionierung des neuen Fermenters nebst Rohgas-Vorbehandlung**

### 3.5 Entwässerung

Der Gärrest wird aus dem Fermenter mit einer Kolbenpumpe entnommen und zu den Schneckenseparatoren gefördert. Neben der Beschickung der Separatoren sorgt die Pumpe auch für die Verdünnung/Animpfung des Fermenters durch Rückführung des flüssigen Gärgutes in die Beschickungszone des Fermenters.

Die Pressschnecken-Separatoren haben einen Durchsatz von etwa 4 bis 8 m<sup>3</sup>/h - je nach Qualität des Gärrestes.

Eine Fermenter-Entleerungspumpe, hat einen Durchsatz von rund 11 m<sup>3</sup>/h und kann damit knapp 2 Schneckenpressen gleichzeitig beschicken (IST-Zustand).

Der neue Fermenter wird eine eigene Pumpe bekommen, so dass durch die zusätzliche Pumpe die Fördermenge zu den Separatoren erhöht wird und dabei ausreichend Kapazität zur Animpfung und Verdünnung der Fermenter gewährleistet werden kann.

Aus Gründen der Betriebssicherheit ist seitens des Auftraggebers gewünscht, eine dritte Entwässerungsschnecke zu installieren, die nur in Ausnahmen im Spitzenlastbetrieb benötigt wird, somit als Reserve zur Erhöhung der Betriebssicherheit dient.

Das feste Gärgut hat eine Trockensubstanz von etwa 36 bis 38%. Dessen Behandlung wird später beschrieben.

Das flüssige Gärgut aus den Pressen hat einen Trockenmasse-Anteil von ca. 15%. Das stellt die Verwertung vor folgende Probleme:

1. Sedimentation des Sandes in allen nachfolgenden Behältern,
2. Probleme beim Pumpen und Ausbringen,
3. Hoher Verschleiß in den nachfolgenden Aggregaten und
4. Hoher Bedarf an flüssigen Gärgut zur Einstellung des TS-Gehaltes im Beschickungsbereich des Fermentes.

Aus diesem Grund soll eine Zentrifuge (Dekanter) installiert werden, um den Sandanteil im flüssigen Gärrest zu reduzieren. Versuche dazu werden demnächst vom Auftraggeber gefahren.

Andere Abtrennverfahren wie Vibrationssieb, Siebbandpresse oder Querstrom-Siebfilter wurden vom Auftraggeber als nicht geeignet angesehen.

Die Vorteile einer Zentrifuge sind:

- Gute Separationsleistung von Sand, da ausreichender Dichteunterschied zwischen Sand und Gärrest (Wasser),
- gute Automatisierbarkeit,
- flüssiges Gärgut mit niedrigem TS-Gehalt, d.h. vereinfachte Lagerung und Ausbringung und seltenere Räumung von Sand im Lagerbehälter,

- Reduzierung der Sedimentation im Lager für flüssiges Gärgut (siehe nachfolgendes Kapitel) und
- bewährte und auch in vergleichbaren Anlagen erprobte Technik.

**Die Nachteile sind:**

- Hoher Verschleiß,
- hoher Wartungsaufwand und
- hohe Betriebskosten.

Der Feststoff mit Sand wird in der nachfolgenden Kompostierung behandelt werden. Das flüssige Gärgut wird im Lager bis zur Ausbringung gelagert.

### **3.6 Lager flüssiges Gärgut**

Heute wird das flüssige Gärgut in einem Betonbehälter mit einem Volumen von 3000 m<sup>3</sup>, ausgerüstet mit einer Regenabdeckung bis zur landwirtschaftlichen Verwertung gelagert. Über eine Verladepumpe können die Transportfahrzeuge befüllt werden.

Allerdings muss jährlich der Behälter mechanisch von Sand geräumt werden, da sich das flüssige Gärgut und das Sediment kaum aufrühren lässt.

Um gesetzlichen Anforderungen gerecht zu werden, wird der Behälter kurzfristig mit einem Gaslager in Form eines Doppelmembranspeichers abgedeckt. Dadurch sollen Methanemissionen aus dem Lager verhindert und die Biogasausbeute verbessert werden.

Gesetzlich müssen 150 Tage Lagerzeit (5 Monate) nachgewiesen werden, um die ausbringungsfreie Zeit sicher überbrücken zu können.

Grundsätzlich ist die Lagerkapazität für flüssiges Gärgut schon heute nicht ausreichend.

Der vorhandene Lagerbehälter hat, bei einem Anfall von ca. 30 m<sup>3</sup>/d ca. 100 Tage (gute 3 Monate) Lagerzeit.

Neben dem Neubau eines zweiten Behälters kann auch die Vergrößerung des vorhandenen Behälters betrachtet werden.

Folgende Möglichkeiten bestehen prinzipiell:

1. Errichtung eines Stahl-Behälters in den vorhandenen Behälter mit größerer Höhe,
2. Errichtung eines neuen Behälters auf dem Gelände hinter der Autobahn und
3. Abriss des vorhandenen Behälters und Errichtung eines größeren neuen Behälters.

Im Einzelnen bedeutet das:

Zu. 1: Errichtung eines emaillierten Stahlbehälter mit den Abmessungen  $D \times H = 21,34\text{m} \times 10,60\text{m}$ , was einem Nutzvolumen von  $4.100\text{ m}^3$  entspricht, mit gasdichter Abdeckung in Form eines Doppelmembran-Gasspeichers im vorhandenen Behälter: Technisch ist auch ein noch höherer Behälter möglich; hier wäre die Genehmigungsfähigkeit zu prüfen.

Zu 2: Die bisher favorisierte Variante ist die Errichtung eines neuen Behälters mit Regenabdeckung auf der anderen Autobahnseite (Fremdgelände). Hier kann das Volumen frei gewählt werden und so ausreichend Lagerkapazität geschaffen werden.

Zu 3. Der Neubau eines Behälters an Stelle des vorhandenen ist ebenfalls denkbar. Allerdings ist die Lösung nur umsetzbar, wenn die 3. Annahmelinie nicht errichtet wird, da sonst der Platz nicht ausreichen wird.

### 3.6.1 Lager flüssiges Gärgut (Neubau)

Der vorhandene Behälter wird, aufgrund behördlicher Auflagen zur Reduktion der Methanemissionen, mit einem doppelmembran-Gasspeicher abgedeckt werden.

Der neue Behälter aus Stahl oder Beton könnte nur mit einer Regenabdeckung versehen werden, da dieser nur kalten Gärrest mit einem sehr geringen Restgaspotential (siehe folgendes Kapitel) im Winter lagern wird. Das würde zu einer deutlichen Vereinfachung der Integration des Behälters an die Biogasanlage führen, da kein Gasspeicher (Ex-Schutz) und keine Gasleitung samt Kondensatsammlung zur Biogasanlage vorzusehen sind.

Zur Homogenisierung wird der Behälter mit Rührtechnik ausgestattet. Der Transfer erfolgt über eine Pendelleitung zwischen den beiden Behältern.

Diese Lösung ist allerdings nur umsetzbar, wenn das flüssige Gärgut vorher mit der Dekanterzentrifuge behandelt worden ist und ein TS-Gehalt um die 10% erreicht wird, da sonst durch Sedimentation zu Verstopfungen in den Förderleitungen und weitere Probleme erwartbar sind.

Die genaue Größe des Behälters wird noch im weiteren Verlauf bestimmt. Um die gesetzlichen Anforderungen einzuhalten sind folgende Volumina, dargestellt in nachstehender Tabelle, notwendig:

	Flüssiges Gärgut ohne Zentrifuge	Flüssiges Gärgut mit Zentrifuge	Zusätzliches La- gervolumen
<b>Basis (heute)</b>	27,5 m <sup>3</sup> /d	22 m <sup>3</sup> /d	300 m <sup>3</sup>
<b>Szenario 1</b>	45 m <sup>3</sup> /d	37 m <sup>3</sup> /d	2.600 m <sup>3</sup>

**Tabelle 9: Darstellung benötigtes Lagervolumen für flüssiges Gärgut**

Es gilt weiterführend zu prüfen, ob besondere Anforderungen, wie z.B. eine doppelwandige Leitung, Abluftbehandlung der Verdrängungsluft, etc. zu berücksichtigen sind.

Ein möglichst großes Gärgut-- Lager wird angestrebt, um die landwirtschaftliche Ausbringung soweit möglich in für die Landwirtschaft günstigen Zeiten (Wachstumsphase der Pflanzen) zu ermöglichen.

### 3.6.2 Restgaspotenzial bei verschiedenen Temperaturen.

Im Rahmen einer Studie im Jahr 2015 des ZHAW wurde das Restgaspotenzial des Gärrestes bei verschiedenen Temperaturen bestimmt.

Restgaspotenzial separierter Gärrest 17°C	<10 m³Biogas/t oTS
Restgaspotenzial separierter Gärrest 27°C	~30 m³Biogas/t oTS
Restgaspotenzial separierter Gärrest 37°C	~70 m³Biogas/t oTS

**Tabelle 10: Restgaspotentiale flüssiges Gärgut in Abhängigkeit der Temperatur**

Grundsätzlich ist das Restgaspotenzial bei 37° noch erheblich, allein das flüssige Gärgut enthält noch 15% des Gaspotenzials des Substratinputs (Bioabfall: 427 m³Biogas/t oTS).

Andererseits zeigen die Zahlen, dass bei einer Lagerung in den kalten Wintermonaten die Biogasproduktion fast zum Erliegen kommt (ca. 6% der Biogasproduktion bei 17°C) und somit für ein zusätzliches Lager eine Geruchsabdeckung ausreichend ist.

## 3.7 Biorohgasleitung und Biogasaufbereitungsanlage

### 3.7.1 Biorohgasleitung

Die bestehende Biorohgasleitung vom VGW bis zur GAA ist ca. 1,5 km lang, DN 125 ausgeführt und in V4A ober- und in PE-HD unterirdisch verlegt.

Es wurde geprüft, welcher Druckerlust zu erwarten ist, wenn die Gasproduktion durch Zubau eines Fermenters erhöht wird. So steigt der Druckverlust bei einem maximalen Durchsatz 500 m³/h auf ca. **200 mbar** bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 11,4 m/s.

Das sind unkritische Werte, die bei entsprechender Auslegung des Gebläses einfach umzusetzen sind.

Die Strömungsgeschwindigkeit  $w_s \leq 20$  m/s (gute fachliche Praxis) wird eingehalten.

Aufgrund des neuen Gasspeichers auf dem Gärgut-Lager ist im Bezug zur heutigen Situation der Gasfluss deutlich gleichmäßiger, was zu geringen Förderspitzen führt.

Die durchschnittliche Gasproduktionsrate in Szenario 1 wird bei ca. 350 - 400 Nm<sup>3</sup>/h liegen, so dass der sich tatsächlich einstellende Druckverlust und die tatsächliche Strömungsgeschwindigkeit kleiner als oben benannt werden sein.

### 3.7.2 Biogasaufbereitungsanlage (GAA)

Die im Jahr 2017 nach vollständigem Ausbau in Betrieb genommene GAA basierend auf dem Verfahren der Aminwäsche vom Hersteller Purac (heute Wärtsilä) verfügt über eine hohe Anlagenverfügbarkeit und ihr weitgehend störungsfreier Betrieb kann auch in den nächsten 10 Jahren sichergestellt werden.

Die Anlage ist jedoch mit einem Durchsatz von maximal 1.540 Nm<sup>3</sup>/h Biorohgas limitiert und läuft damit bei 110% der Nennleistung.

Für die Aufbereitung der Biorohgasmenge für Szenario 1 zu Biomethan kommen prinzipiell alle derzeit am Markt verfügbaren und industriell erprobten Biogasaufbereitungssysteme in Frage:

- Physikalisch-chemische Wäsche,
- Aminwäsche,
- Druckwechseladsorption und
- Membrantrennverfahren.

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über Schlüsselparameter für die jeweilige Technologie:

Verfahren GAA 500 m <sup>3</sup> /h	Physikalisch- chemische Wäsche	Druckwech- sel-adsorp- tion	Membrantren- nung	Aminwäsche
Platzbedarf	28x10m	30x20	20x15m	28x10m
Investitionskosten- schätzung	1,5 Mill.	€ 1,6 Mill.	€ 0,9 Mill.	€ 1,7 Mill.
Stromver- brauch	0,24 kWh/Nm <sup>3</sup>	0,34 kWh/Nm <sup>3</sup>	0,28 kWh/Nm <sup>3</sup>	0,07-0,12 kWh/Nm <sup>3</sup> *
Zu empfeh- lende Lieferan- ten	Schwelm, Malmberg	Carbotech (Viessmann)	DMT, Vorwerk, HZI Biomethan	Wärtsilä, Vor- werk, HZI Bio- methan
Wärmebedarf	-	-	-	0,6 kWh/Nm <sup>3</sup>

Bemerkung zu technologischen Nachteilen	Bewuchs Füllkörper	Druckschwankungen Reingasübergabe $\pm 0,5 \text{ bar(ü)}$	Problematisches Spurengase (insb. Ketone, Terpene und $\text{NH}_3$ )	interessant an Standorten, an denen kostengünstige Wärme zu Verfügung steht
---	--------------------	--	---	---

**Tabelle 11: Übersicht verschiedener Biogasaufbereitungsverfahren**

*\* Heute ist der Stromverbrauch der GAA an der Kläranlage niedrig ( $\sim 0,07 \text{ kWh/m}^3 \text{ BG}$ ), da mit nur einem geringen Druck in das Gasnetz eingespeist wird. .*

Mehrere Möglichkeiten und Orte bestehen, um das zusätzlich produzierte Biogas zu Biomethan aufzubereiten:

1. GAA bei der Vergärungsanlage, hier sind auch andere Aufbereitungsverfahren als die Aminwäsche möglich und geprüft worden (physikalisch-chemische Wäsche, Druckwechseladsorption, Membrantrennverfahren),
2. Eine zusätzliche GAA bei der Kläranlage. Hier ist die Aminwäsche bevorzugtes Verfahren, da günstig Prozesswärme zur Verfügung gestellt werden kann.
3. Eine komplett neue GAA bei der Kläranlage.

Es wurde auch untersucht, ob eine Teilaufbereitung mit einer vereinfachten Technik des Biogases vor Ort eine Möglichkeit darstellt, dieses teilaufbereitete Gas Richtung Kläranlage zu leiten und dort auf Einspeisekapazität aufzubereiten. In dem Fall müsste eine GAA bei der BGA errichtet werden und eine weitere für die Mehrmengen an der Kläranlage, da die bestehende Anlage keine Kapazitätsreserven mehr hat. Dieser Aufwand ist jedoch finanziell und technisch nicht darstellbar.



In der folgenden Tabelle werden stichpunktartig die Vor- und Nachteile der drei Aufstellungsvarianten der GAA dargestellt:

Variante	Vorteile	Nachteile
<b>500 m<sup>3</sup>/h GAA am VGW</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alles kompakt an einem Ort</li> <li>• Wenig Schnittstellen zur ARA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Prozesswärme verfügbar</li> <li>• Wenig Platz</li> <li>• El. Anschlussleistung hoch</li> </ul>
<b>750-1.000 m<sup>3</sup>/h GAA bei ARA</b> (die Anlage wurde größer gewählt, da die bestehende GAA entlastet werden soll)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAA an einem Standort</li> <li>• Nutzung der großen Gasspeicher der ARA</li> <li>• Wärme verfügbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenig Platz</li> <li>• GAA nicht bei der BGA</li> <li>• Niedriger Wärmepreis wichtig</li> </ul>
<b>2.000 m<sup>3</sup>/h GAA bei ARA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine einzige Anlage</li> <li>• Geringerer Stromverbrauch/ Betriebskosten als bei 2 Anlagen</li> <li>• Weiterhin Nutzung des großen Gasspeichers der ARA möglich</li> <li>• Wärme Verfügbar</li> <li>• Waldgrenze kann eingehalten werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Investition</li> <li>• Rückbau Altanlage</li> <li>• Betriebsunterbrechung</li> </ul>

**Tabelle 12: Vor- und Nachteile der jeweiligen Aufstellungsvariante GAA**

Der Anlagendurchsatz wurde so groß gewählt, dass die neue Anlage Teilmengen der bestehenden mitbehandeln kann, da diese im Moment mit 110% der Nennleistung betrieben wird. So wurde ein Durchsatz, einschließlich einer Reserve von 10 bis 15%, von 1.000-1.200 m<sup>3</sup> Biogas/h gemeinsam mit dem Auftraggeber diskutiert. Die genaue Dimensionierung unter Berücksichtigung der Anforderungen der Kläranlage erfolgt im Rahmen der Vorplanung. Aufgrund des Wärmeeinfalls bei der Klärschlammverbrennung scheint ist eine Aminwäsche das wahrscheinlich ökonomischste Verfahren.

Deshalb wurden verschiedene Angebote von Herstellern zur Aminwäsche eingeholt und verglichen. Das Temperaturregime des Heißwassers liegt hier bei 130/115°C.

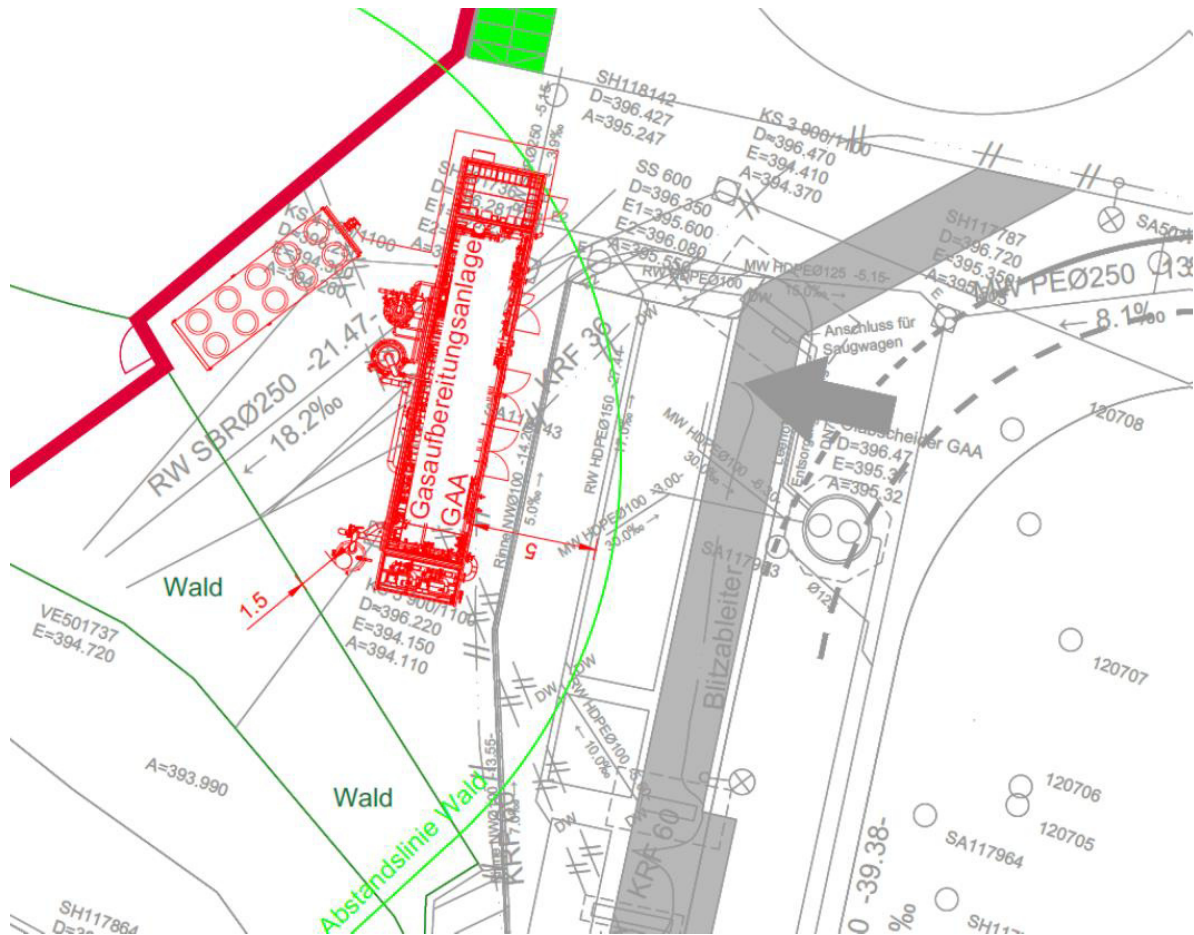


		Wärtsilä	Wärtsilä LP	HZI Bio-methan	HZI Bio-methan	Vorwerk
Rohgaskapazität bei 60 Vol.-% CH <sub>4</sub>	Nm <sup>3</sup> /h	1.250	1.400	700	1.000	1.000
Budgetpreis		2.150 k€	2.380 k€	1.614 k€	1.697 k€	1.923 k€
Spez. Stromverbrauch	kWh/Nm <sup>3</sup>	0,11	0,06	0,12	0,12	< 0,10
Stromverbrauch bei 95% Verfügbarkeit	MWh/a	1.144,3	699,0	699,0	998,6	832,2
Spez. Wärmebedarf mit Standard WRÜ	kWh/Nm <sup>3</sup>	0,59	0,5	0,50	0,50	0,60
Wärmeverbrauch bei 95% Verfügbarkeit	MWh/a	6.137,5	5.825,4	2.887,7	4.119,4	4.993,2

**Tabelle 13: Übersicht Varianten für die GAA-Ausbaustufe mit Aminwäsche**

Hinweis: Wärtsilä LP = low pressure, Betriebsdruck bei 500 mbar

Eine tiefergehende Bewertung samt Integration in die bestehende Anlage muss noch erfolgen. Dazu gehören auch eine endgültige Festlegung der Ausbaugröße und die Definition der Schnittstellen. Eine Niedertemperatur-Variante (95/90°C), die bei Unterdruck funktioniert, ist auch verfügbar, falls die Wärme nicht in ausreichender Menge und Temperatur bereitgestellt werden kann.



**Abbildung 10: Aufstellungsvorschlag der 2. GAA bei ARA**

Im Aufstellungsplan ist die 2. Anlage eingezeichnet. Der Platz ist ausreichend, jedoch wird Waldabstandslinie deutlich überschritten.

### 3.8 Aerobisierung und Nachrotte

#### 3.8.1 Ist-Zustand

Der Feststoff aus den Separatoren (festes Gärgut) muss für eine landwirtschaftliche Verwertung aerobisiert und biologisch stabilisiert werden, was einer Kompostierung entspricht.

Die Aerobisierung dient im Wesentlichen der Reduktion des „anaeroben“ Geruchs, erzeugt durch Ammoniak und Schwefelwasserstoff.

Die Kompostierung stabilisiert das Material in der Weise, dass es sich biologisch nicht mehr erhitzt und pflanzenverträglich ist.

Der Feststoff (festes Gärgut) aus der Separierung wird derzeit folgenden Behandlungsschritten unterzogen:

- Siebung,
- Aerobisierung,
- Nachrotte und
- Lagerung im Außenbereich.

Heute fallen etwa 3.800 t/a Trockenmasse festes Gärgut mit einer Trockensubstanz von ca. 36,5% an. Das entspricht ungefähr 10.200 t/a (28 t/d) Frischmasse oder ca. 14.000 m³/a (38 m³/d, mit Schüttdichte 0,75 t/m³).

In dieser Zahl ist der Masseverlust in das Biogas im Rahmen des biologischen Abbaus im Fermenter berücksichtigt.

Das feste Gärgut wird direkt nach den Pressschnecken-Separatoren gesiebt, in eine Fein- und Mittelfraktion getrennt und in den Rotteboxen aerobisiert/kompostiert. Das Überkorn wird anderweitig entsorgt.

Die Siebanlage hat einen Durchsatz von rund 2.1 t/h und läuft voll automatisch. Der Sinn der Siebung vor der Rotte besteht darin, früh eine Trennung von sauberem, qualitativ hochwertigem Kompost und mit Störstoffen behafteten Kompost (Mittelkorn) vorzunehmen.

Folgende Behandlungskapazitäten stehen heute zur Behandlung des festen Gärgutes in der Halle zur Verfügung:

Aerobisierungsbox	2x200 m³ Nutzvolumen*	400 m³
Nachrottebox	2x168 m³ Nutzvolumen*	336 m³
Intensivrottebox	2x382 m³ Nutzvolumen*	764 m³
*die Zahlen ergeben sich aus der Füllhöhe der einzelnen Boxen, gemäß Angabe AG		

**Tabelle 14: Übersicht der vorhandenen Kompostierungsboxen**

Die rechnerische Verweilzeit des festen Gärgutes (Situation heute) in zwei Aerobisierungs- und zwei Nachrotteboxen stellt sich (bei einer Füllhöhe von im Mittel 2 m) wie folgt dar:

$$2 \times 200 \text{ m}^3 = 400 \text{ m}^3 + 2 \times 168 \text{ m}^3 = 336 \text{ m}^3 \text{ total} = 736 \text{ m}^3 / 46 \text{ m}^3/\text{d} = 17,25 \text{ d}$$

Abzüglich 3 Tage Befüllzeit ergibt sich so eine reelle Verweilzeit von rund **14 Tagen**.

Die Intensivrotteboxen werden zur Kompostierung der kompostierbaren Garten- und Pflanzabfälle verwendet. Ein Teil der angelieferten Garten- und Pflanzabfälle werden zu Holzprodukten verarbeitet (Hackschnitzel etc.) ein anderer Teil wird dem Biogasprozess zugeführt.

Die jährlich kompostierte Menge in den Boxen liegt bei ca. 5.200 t oder 13.000 m<sup>3</sup> (bei Dichte 0,40) Garten- und Pflanzabfälle = 36 m<sup>3</sup>/d.

Daraus ergibt sich eine Verweilzeit von ca. 18,5 Tagen abzüglich 3 Tage Befüllung und Entleerung.

Trotzdem sind die Verweilzeiten im Moment laut Aussagen des Betreibers grundsätzlich ausreichend, um nach dem Rotteprozess in der Halle das Material draußen zu lagern und reifen zu lassen.

Die Boxen sind vorne nicht verschlossen und können deshalb auch nicht vollständig genutzt werden. Das ist bei den bisherigen Berechnungen auch berücksichtigt worden.



**Abbildung 11: Frontseite der Rotteboxen**

### 3.8.2 Erweiterung Szenario 1

Im Rahmen der Erweiterung auf 35.000 t Input in ab Annahmehunker erhöht sich die Menge von festem Gärgut auf 5.100 Tonnen TS entsprechend ca. 13.000 m<sup>3</sup>.

Hinzu kommen die ca. 3.500 t/a festes Gärgut/Sand aus dem Dekanter zur Sandabscheidung, was bei einer Dichte von 1,5 t/m<sup>3</sup> ca. 2.300 m<sup>3</sup>/a entspricht.

In Summe müssen in der Halle somit 17.300 m<sup>3</sup> (47m<sup>3</sup>/d) festes Gärgut samt Sand aus dem Dekanter und weiterhin der kompostierbare Anteil der Garten und Pflanzabfälle kompostiert werden.

Nach der Siebung wird das Mittelkorn getrennt weiterbehandelt, da dieses noch mit Kunststoffen verunreinigt sein kann und der Kompost später schlechter zu verwerten ist.

Garten und Pflanz-Abfälle werden gemeinsam mit dem Feinkorn der Siebanlage und dem Sand aus der Zentrifuge vermischt und kompostiert.

Das Überkorn aus der Siebung wird anderweitig entsorgt (Verbrennung) und wird deshalb in der folgenden Tabelle nicht mit aufgeführt.

Ausgang Presse	t/a	<b>13.232</b>			
Siebanlage	t/h	2,1			
Laufzeit Sieb	h/a	6.301			
Laufzeit (360d/a)	h/d	18			
	t/d	37			
	m <sup>3</sup> /d	67			
		<b>festes GG fein (45%)</b>	<b>Garten-u. Pflanz-Abf.</b>	<b>Sand aus Zentrifuge</b>	<b>festes GG mittel (45%)</b>
Input Aerobisierung	t/a	<b>6.265</b>	<b>5.500</b>	<b>3.989</b>	<b>6.265</b>
	% TS	45,0	45,0	50,0	45,0
Dichte	m <sup>3</sup> /t	0,55	0,40	1,20	0,55
	m <sup>3</sup> /a	11.391	13.750	3.324	11.391
Arbeitszeit	d/a	365	365	365	365
	t/d	17	15	11	17
	m <sup>3</sup> /d	31	38	9	31

**Tabelle 15: Aufteilung der Kompostfraktionen**



	Volumen Nachrotte und Intensivrotte Boxen	Aerobisierungsboxen (Mittelkorn)
Input (m <sup>3</sup> /a)	28.465	11.391
m <sup>3</sup> /d	78	31
Verfügbares Boxen- volumen (m <sup>3</sup> )	1.040	408
Verweilzeit (d)	13,34	13,07

**Tabelle 16: Berechnung Verweilzeit in den Kompostierboxen**

Um die Befüllung schnell und effektiv durchführen zu können, wurden die Kapazitäten der Zwischenlagerung angepasst und vergrößert. Die Boxen, in denen das Siebgut gelagert wird, wurden erhöht und durch eine Trennwand eine weitere Box geschaffen, so dass alle Fraktionen so gelagert werden können, dass eine Box nach der Entleerung unmittelbar wieder mit frischem Material befüllt werden kann. Details im Kapitel 3.8.2.2.

Dadurch ergeben sich effektive Verweilzeiten von **rund 12** Tagen in den Rotteboxen.

### 3.8.2.1 Mögliches Optimierungspotential

Die Boxen können besser bewirtschaftet werden, indem durch den Einsatz von Kopfscheidewänden (Staugatter) oder Rottenetz die gesamte Fläche befüllt und dadurch auch höher befüllt werden kann, siehe nachstehende Abbildung.



**Abbildung 12: Rotteboxen mit Staugatter oder Rottenetz**

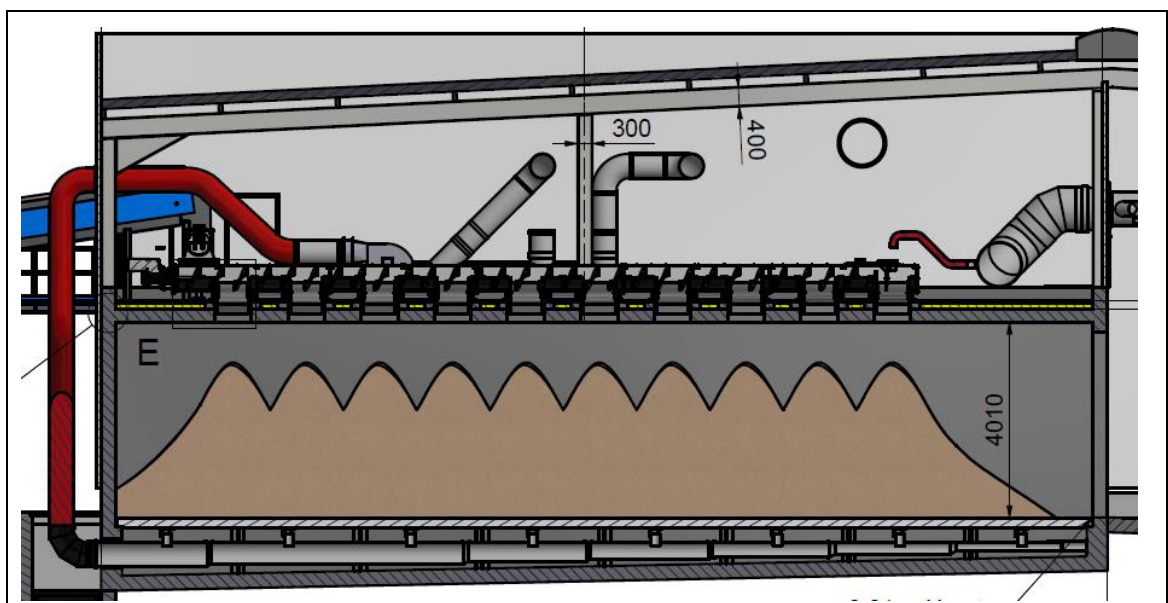
Quellen: links GICON®HSAD Vancouver / rechts Thöni TTV Augsburg

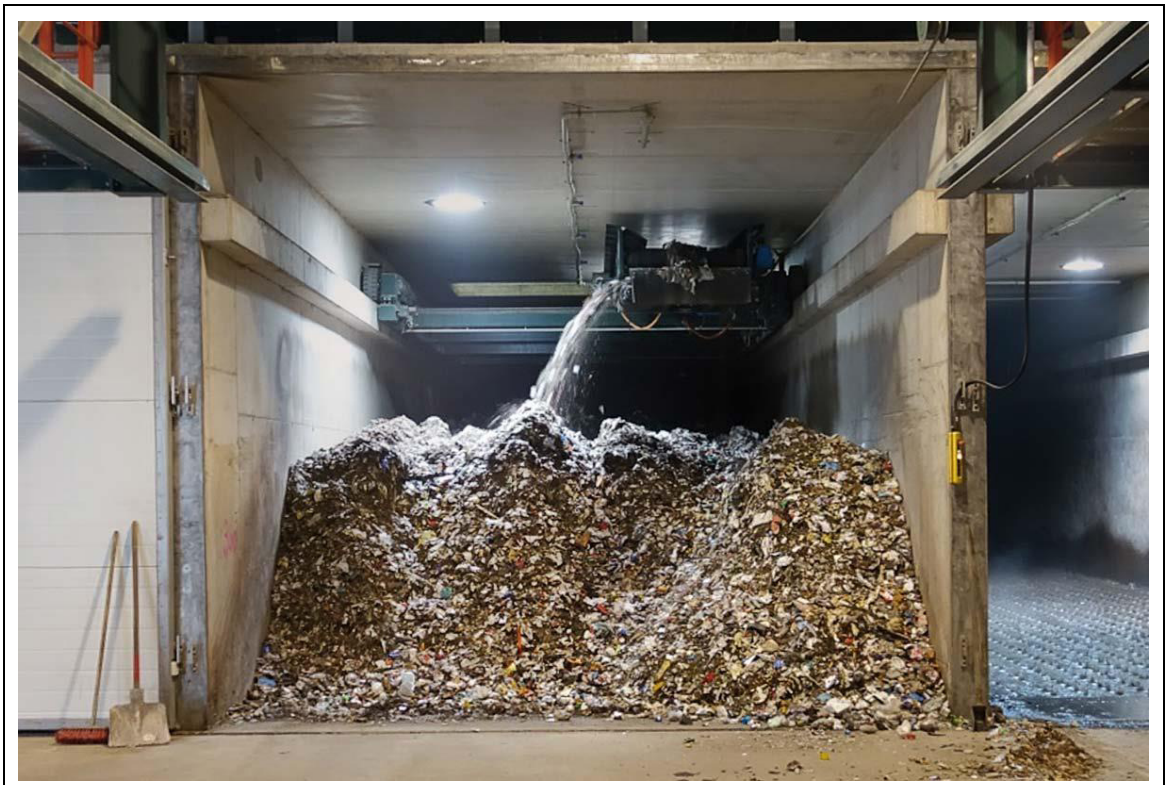
Zur weiteren Optimierung der Boxen ist eine automatische Beschickung technisch möglich. Hierbei wird mittels Fördertechnik direkt aus der Entwässerung der Feststoff kontinuierlich in die Boxen eingetragen und verteilt.

Hier würde sich das bei den beiden Aerobisierungsboxen anbieten. So kann durch Erhöhung der Schütthöhe auf bis zu 3 m die Verweilzeit in den Boxen erhöht werden.

Weiterhin fällt die Lagerung von Material nach der Siebung in der Halle weg, so dass in der offenen Halle auch die Abluftbelastung reduziert werden kann.

Prinzipiell sind automatisierte Eintragssysteme von innerhalb oder außerhalb der Rotteboxen möglich, siehe nachstehende Abbildungen:





**Abbildung 13: Möglichkeiten des automatisierten Eintrags in eine Rottebox**

Quellen: oben Thöni/Herhof, unten Sutco

Hinweis: Um diese Betrachtungen insgesamt zu präzisieren, sind weiterer Austausch und Informationen mit dem Auftraggeber notwendig.

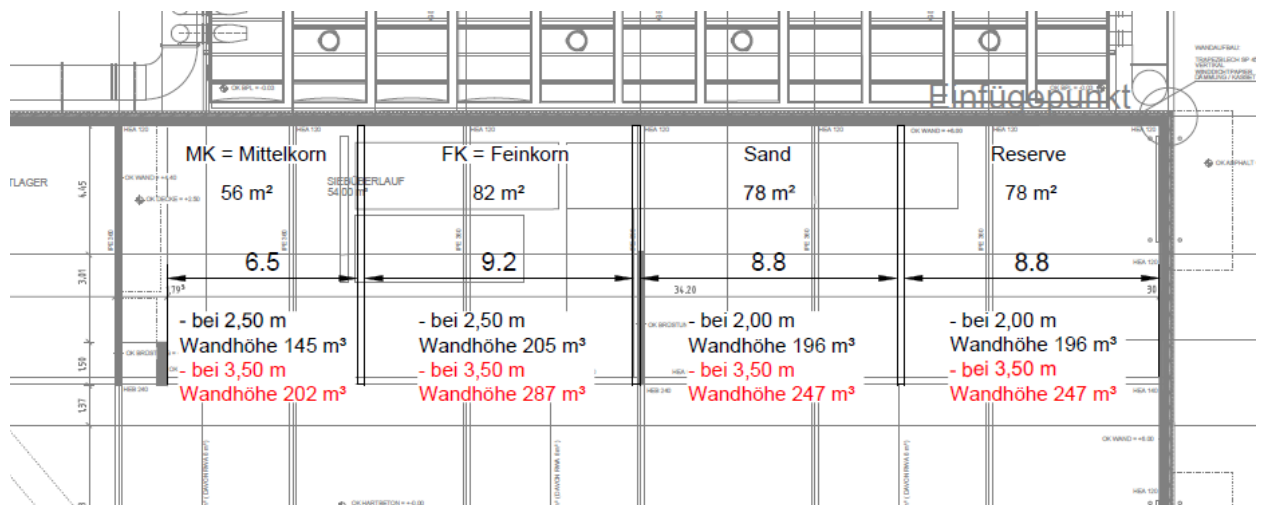
### **3.8.2.2 Optimierung der Boxenbefüllung**

Seitens des Kunden wurde gewünscht, nicht mit einer automatischen Befüllung weiter zu planen, aufgrund der schwierigen technischen Umsetzbarkeit. Ebenso sollten möglichst keine Staugatter oder ähnliches eingeplant werden.

Um die Boxen möglichst in einem Zug zu entleeren und wieder zu befüllen, muss das jeweilige Boxenvolumen an Frischmaterial bevorratet werden. so kann an einem Tag eine Box entleert und wieder befüllt werden (Intesivrottebox 1-2 Tage)

Der Lagerraum für das Siebgut gegenüber den Rotte-Boxen wird vergrößert, indem die Trennwände der jetzigen Lager erhöht werden und eine weitere Trennwand hinzugefügt wird (s. Zeichnung).





**Abbildung 14: Aufteilung Zwischenlagerung der verschiedenen Fraktionen**

Auf diese Weise kann so viel Material zwischengelagert werden, dass jeweils eine Rotte-Box in einem Zug befüllt werden kann.

### 3.8.2.3 Lagerung des festen Gärgutes

Während der Aerobisierung und Rotte in der Halle findet ein erster Masseverlust (Wasser und Biomasse) von knapp 20% statt. Somit verbleiben etwa 14.400 to oder 29.000 m³ Gärgut-Kompost, die außerhalb des bestehenden Hallenkomplexes des VGW nachgerotet und gelagert werden müssen (Annahme: Dichte 0,5). Die gesetzliche Lagerzeit liegt bei 3 Monaten, eine längere Lagerung von bis zu 6 Monaten sind vom Betreiber angestrebt, um den Kompost besser landwirtschaftlich verwerten zu können.

Im weiteren Verlauf der Berechnungen wird auf Wunsch des AG mit **keinem** weiteren Rotteverlust gerechnet, um mit möglichst schlechten Hypothesen die weiteren Dimensionierungen zu rechnen. Für die Berechnung des Volumens des festen Gärgutes wurde eine Dichte von 0,5 angenommen.

Auf dem Gelände steht eine Lagerfläche von ca. 2100 m² zur Verfügung. Ein Schütthöhe von 5 m ist realisierbar durch entsprechend hohe Seitenwände. Stirnseitig wird das Silo geschlossen werden. So ist ein Lagervolumen festes Gärgut von 10.500 m³ realisierbar, was einer Lagerzeit von rund 4,5 Monaten entspricht.

Die Silokammern werden mit Belüftungsrinnen ausgestattet, die Luft angesaugt und im Biofilter gereinigt.

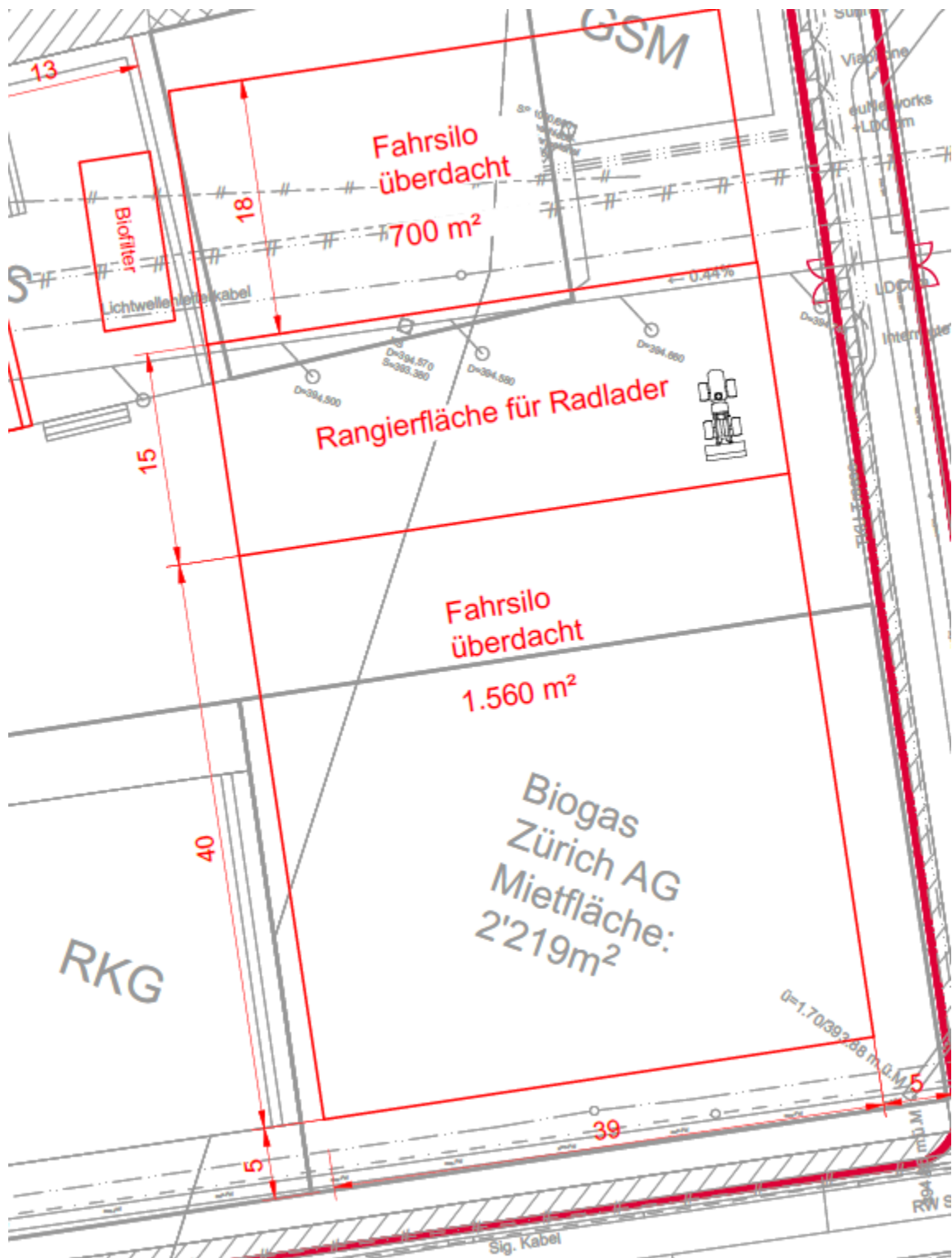


Abbildung 15: Mögliche Anordnung des Kompostlagers

### **3.9 Abluftbehandlung VGW**

Grundsätzlich ist die Abluftbehandlung, bestehend aus Wäscher und Biofilter ausreichend dimensioniert und zeigt eine gute Reinigungs-Wirkung.

In der Halle ist derzeit die Luftqualität verbesserungswürdig. Hier entstehen insbesondere signifikante Ammoniak-Emissionen durch die nicht abgedeckten Sedimentationsbecken für den flüssigen Gärgut und die Siebung des festen Gärgutes direkt nach der Presse samt Lagerung bis zur Befüllung der Boxen.

Dem wird zukünftig wie folgt entgegengewirkt:

1. Leistungsstärkerer Ventilator zur Erhöhung der Absaugrate,
2. Abdecken bzw. außer-betrieb-nehmen der Sedimentationsbecken und
3. Änderung der Luftabsaugungspunkte. Der Punkt ist noch zu überprüfen.
4. Änderung des Befüllungsregimes der Boxen

Grundsätzlich wurde vom Hersteller der Abluftanlage die Möglichkeit der Erhöhung des Luft-Durchsatzes bestätigt.

### **3.10 Wärmeversorgung Biogasanlage**

Die Versorgung der Biogasanlage samt Betriebsgebäude erfolgt mit einer Fernwärmeleistung von der ARA (thermische Klärschlammverwertung).

Betrachtet man nur den Zubau des 2. Fermenters (die übrigen Verbrauchswerte ändern sich nicht wesentlich), ergibt sich daraus ein zusätzlicher Wärmeverbrauch von im Mittel 35 kW und maximal 52 kW. Diese zusätzlichen Leistungen können vom bestehenden Fernwärme-System sicher geliefert werden.

### **3.11 Stromversorgung**

Die Anpassung der Stromversorgung (Trafoleistung, NSHV) der BGA kann erst erfolgen, sobald festgelegt wird welche Erweiterungs-Optionen in Betracht gezogen werden sollen.

Ebenso muss eine Stromversorgung für die Kompost-Lagerhalle samt der Belüftung und des Biofilters vorgesehen werden.

#### **4 Zusammenfassung**

Eine Erweiterung des Fermenter-Durchsatzes am Standort des VGW auf 35.000 t/a erscheint grundsätzlich möglich, allerdings nur unter der Akzeptanz von Einschränkungen und einiger Kompromisse. So werden z.B. die Platzverhältnisse deutlich enger, was die tägliche Arbeit vor Ort, insbesondere die logistischen Abläufe bezüglich der Abfallanlieferung und die Kompostlagerung negativ beeinträchtigen wird. Der Fokus muss vor allem auf die Optimierung der Anlieferlogistik gerichtet werden, auf die das VGW jedoch keinen direkten Einfluss hat. Durch die Optimierung der Anlieferlogistik können vor allem auch die für die Erweiterung notwendigen Investitionskosten deutlich reduziert werden, da im Idealfall z.B. keine dritte Annahmelinie errichtet werden muss.

Grundsätzlich gibt es jedoch für alle ermittelten Probleme / Bottlenecks umsetzbare Lösungsansätze. Sowohl die Erweiterung des Annahmebereiches, als auch die Errichtung eines zusätzlichen Fermenters sind grundsätzlich möglich.

Auch die Kompostlagerung ist auf dem Grundstück zu optimieren, hat aber zu Konsequenz, dass praktisch das gesamte Gelände rechts des Betriebsgebäudes zur Kompostierung und Lagerung des Kompostes überbaut werden muss.

In den in diesem Berichtsentwurf durchgeführten Bewertungen zur Machbarkeit einer Erweiterung des VGW wurden bisher keine genehmigungsrechtlichen und betriebswirtschaftlichen Aspekte sowie Eigentumsverhältnisse und gutachterliche Einschätzungen (Geruch, Lärm) berücksichtigt. Eine Klärung dieser Fragestellungen sollte auf Basis einer durch den AG festgelegten Vorzugsvariante erfolgen.

## 5 Vorplanung

Auf Grundlage der in diesem Bericht zusammengefassten Arbeitsergebnisse hat der AG folgende Vorzugsvariante zur Erweiterung des VGW identifiziert, die im Rahmen der Vorplanung vertiefend geplant wird:

- **Das bestehende Lager für das flüssige Gärgut wird abgerissen und durch ein neues Lager mit einem Tragluftfoliendach als Gasspeicher neu errichtet,**
- **Die Annahmelinie 1 wird in der Art & Weise umgebaut, dass im Bereich der jetzigen Schleuse ein zusätzlicher Annahmehunker mit einer zusätzlichen Kranbahn errichtet wird. Ebenfalls muss eine neue Geruchsschleuse errichtet werden,**
- **Errichtung eines zweiten Fermenters mit einer Größe von mindestens 1.300 m<sup>3</sup>,**
- **Installation eines 3. Separators zur Separierung des Gärgutes aus den Fermentern,**
- **Integration einer Dekanterzentrifuge zur Entsandung des flüssigen Gärproduktes,**
- **Überarbeitung des bestehenden Abluftsystems / Biofilters,**
- **Umgestaltung der Lagerflächen innerhalb der bestehenden Kompostierungshalle,**
- **Errichtung von zusätzlichen belüfteten und eingehausten Kompostlagerflächen im Außenbereich, einschließlich eines zusätzlichen Biofilters und**
- **Errichtung einer zusätzlichen Biomethanaufbereitungsanlage am Standort des KWH.**

VGW Zürich						
Übersicht Betriebsdaten						
			Ist-Zustand		Szenario 1	
			Mittel	Max	Mittel	Max
Annahmehunker						
	Durchsatz	t/a	24.569		35.000	
		t/d	67	83	96	119
		t/h	2,8	3,5	4,0	4,9
	Abladekapazität, benötigt	t/h	33,7	41,7	47,9	59,4
		m³/h	112	139	160	198
Aufbereitung (Shredder)						
	Durchsatz	t/d	67	83	96	119
		t/h	2,8	10,0	4,0	10,0
	Laufzeit	h/d	6,3	13,0	9,6	18,5
Fermentereintragssystem						
	Durchsatz	t/d	67	83	96	119
		t/h	2,8	10,0	4,0	10,0
	Laufzeit	h/d	6,3	13,0	9,6	18,5
Fermenter						
Bioabfall, Input						
	FM	t/a	24.569		35.000	
		t/d	67,3	83	96	119
	TS	t/a	8.722,0		12.425	
		t/d	23,9	29,6	34,0	42,1
	oTS	t/a	6.253,7		8.909	
		t/d	17,1	21,2	24,4	30,2
Gärgut-flüssig, Input			ohne Zentrifuge		mit Zentrifuge	
	FM	t/a	6.191,2		8.820	
		t/d	17,0	91,9	24,2	130,9
	TS	t/a	928,7		882	
		t/d	2,5	13,8	2,4	13,1
		%	15	15	10	10
	oTS	t/a	417,9		397	
		t/d	1,1	6,2	1,1	5,9
		%	45	45	45	45
Gesamt, Input						
	FM	t/a	30.760,2		43.820	
		t/d	84,3	175,2	120,1	249,6
	TS	t/a	9.650,7		13.307	
		t/d	26,4	43,4	36,5	55,2
	oTS	t/a	6.671,6		9.306	
		t/d	18,3	27,4	25,5	36,1
Organische Raumbelastung	kg oTS/d/m³		12,2	18,3	9,1	12,9
Hydraulische Verweilzeit (MIN-Werte)	d		8,5	5,2	11,1	6,8
Biogasproduktion			zur Biomethanaufbereitungsanlage			
	Rohgas	Nm³/a	2.306.509		3.285.759	
		Nm³/h	263	387	375	551
	Methan	Nm³/a	1.263.051		1.799.277	
		Nm³/h	144,2	212,0		301,9

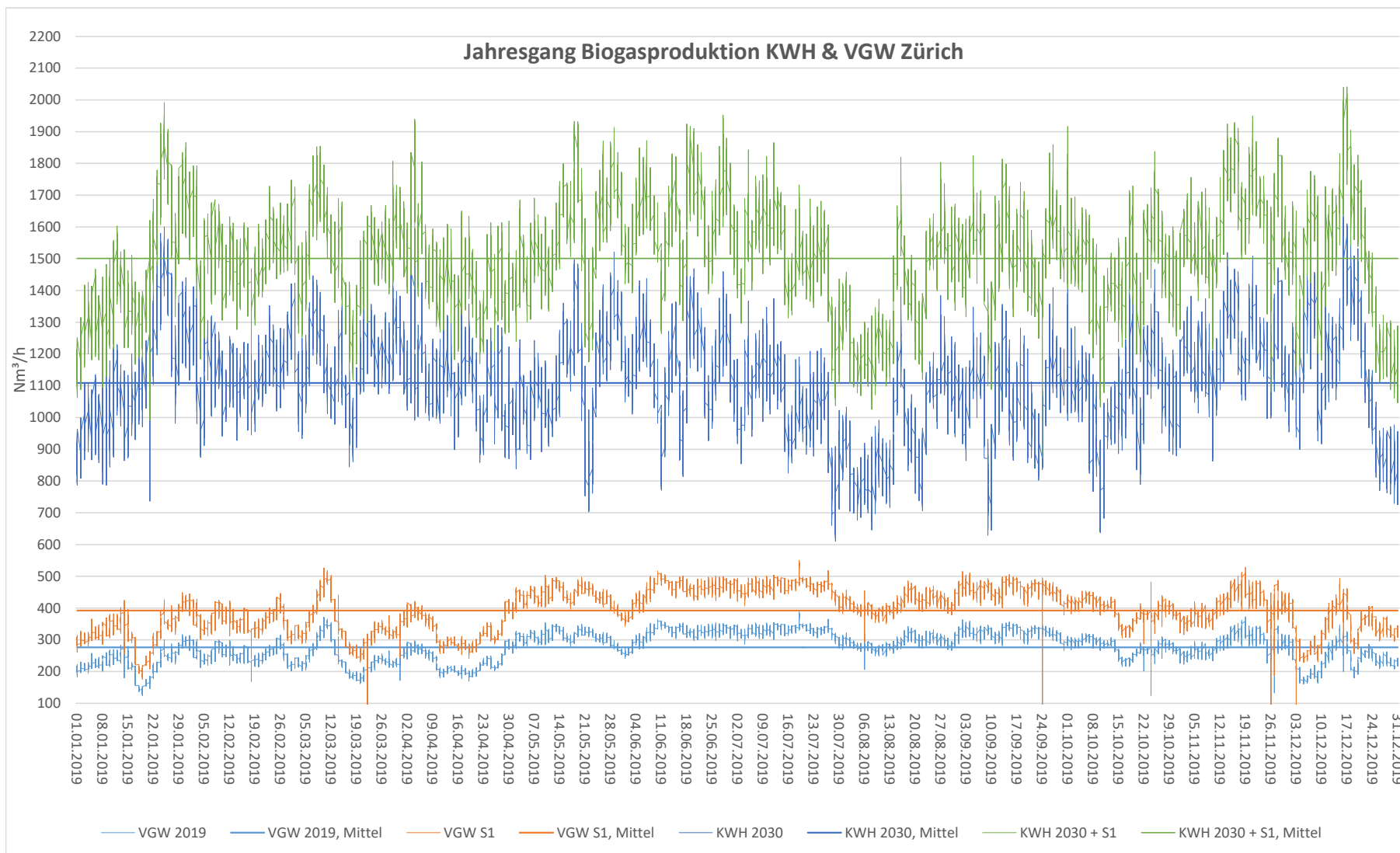
VGW Zürich						
Übersicht Betriebsdaten						
			Ist-Zustand		Szenario 1	
			Mittel	Max	Mittel	Max
Gärgut, Output						
	FM	t/a	27.103		39.548,3	
		t/d	74,3	162,9	108,4	233,1
	TS	t/a	6.652		9.035,5	
		t/d	18,2	31,0	24,8	38,7
		%	24,5	24,5	22,8	22,8
	oTS	t/a	3.673		5.034,1	
		t/d	10,1	19,2	13,8	24,4
		%	55,2	55,2	55,7	55,7
Fermenteraustragspumpe			Eine Austragspumpe		2 Austragspumpen, Summen	
Impfung		Hübe/d	145,6	257,0	223,5	394,7
		Hübe/h	6,1	10,7	9,3	16,4
		m³/d	26,2	46,3	40,2	71,0
		m³/h	1,1	1,9	1,7	3,0
		h/d	2,2	3,9	3,4	5,9
Austrag		Hübe/d	412,5	905,1	301,0	647,4
		Hübe/h	17,2	37,7	12,5	27,0
		m³/d	74,3	162,9	108,4	233,1
		h/d	6,2	13,6	9,0	19,4
Gesamt		Hübe/d	558,1	1162,1	524,5	1042,0
		Hübe/h	23,3	48,4	21,9	43,4
		m³/d	100,5	209,2	148,6	304,1
		h/d	7,3	15,5	10,7	22,4
Separation			Summen S 1 + S2		Summen S1 + S2 + S3	
Durchsatzleistung		m³/h	12,0	16,0	18,0	24,0
Laufzeit		h/d	6,2	13,6	9,0	17,5
Output, Gärgut-flüssig						
	FM	m³/a	16.914		26.316,2	
		m³/d	46,3		72,1	
		m³/h	1,9		3,0	
	TS	%	15,0		15,0	
		t/a	2.537		3.947,4	
		t/d	7,0		10,8	
		t/h	1,1		1,2	
		Output, Gärgut-fest, in Kompostierung				
FM	t/a	10.189		13.232,1		
	t/d	27,9		36,3		
	t/h	1,2		1,5		
TS	%	40,4		38,5		
	t/a	4.115		5.088,1		
	t/d	11,3		13,9		
	t/h	1,8		1,5		



VGW Zürich						
Übersicht Betriebsdaten						
			Ist-Zustand		Szenario 1	
			Mittel	Max	Mittel	Max
Sandabscheidung			Zentrifuge			
Absetzbecken						
Input			Siehe Separation, Output Gärgut-flüssig			
Output, Gärgut-flüssig						
	FM	m³/a	16.891,2		26.316,2	
		m³/d	46,3		36,0	
		m³/h	1,9		1,5	
	TS	%	15,0		10,0	
Befeuchtung / Rückführung in Vergärungsprozess						
	FM	m³/a	6.191,2		8.819,8	
		m³/d	17,0	91,9	24,2	130,9
		m³/h	0,7	3,8	1,0	5,5
	TS	%	15	15	10	10
zur Lagerung / Verwertung						
	FM	m³/a	10.700,0		13.507,7	
		m³/d	29,3		37,0	
		m³/h	1,2		1,5	
	TS	%	15,0		10	
Speicherkapazität						
	benötigt	d	150		150	
		m³	4.397		5.551	
	vorhanden / geplant	m³	3.000		7.000	
		d	102		216	
	Differenz	m³	-1.397		1.449	
		d	-48		66	
Output, Sand			in Kompostierung			
	FM	t/a	22,5		3.988,8	
		t/d	0,06		10,93	
	TS	%				
Kompostierung						
Input Siebanlage						
	FM	t/a	10.189		13.232	
		t/h	2		2	
		h/a	4.852		6.301	
		h/d	13		18	
		t/d	28		37	
		m³/d	51		67	
	Dichte	m³/t	0,55		0,55	
Output Siebanlage / Input Rotteboxen						
Festes Gärgut, Fein-Korn (1)			In Aerobisierung 1 und Nachrotte 1		In Nachrotte 1 & 2 und Intensivrotte 1 & 2	
	FM	t/a	4.585		6.265	
		% TS	45		45	
		m³/d	8.336		11.391	
	Dichte	m³/t	0,55		0,55	
	Arbeitszeit	d/a	365		365	
		t/d	12,6		17,2	
		m³/d	22,8		31,2	

<b>VGW Zürich</b>			<b>Übersicht Betriebsdaten</b>			
			<b>Ist-Zustand</b>		<b>Szenario 1</b>	
			Mittel	Max	Mittel	Max
Festes Gärgut, Mittel-Korn (2)			In Aerobisierung 2 und Nachrotte 2		In Aerobisierung 1 & 2	
	FM	t/a	4.585		6.265	
		% TS	45		45	
		m³/d	8.336,4		11.391	
	Dichte	m³/t	0,55		0,55	
	Arbeitszeit	d/a	365		365	
		t/d	12,6		17,2	
		m³/d	22,8		31,2	
Garten- und Pflanzenabfall (3)			Intensivrotte 1 & 2		In Nachrotte 1 & 2 und Intensivrotte 1 & 2	
	FM	t/a	5.200		5.500	
		% TS	45		45	
		m³/d	13.000		13.750	
	Dichte	m³/t	0,40		0,40	
	Arbeitszeit	d/a	365		365	
		t/d	14,2		15,1	
		m³/d	35,6		37,7	
Sand (4)			Direkt entsorgt		In Nachrotte 1 & 2 und Intensivrotte 1 & 2	
	FM	t/a			3.989	
		% TS			50	
		m³/d			3.324	
	Dichte	m³/t			1,20	
	Arbeitszeit	d/a			365	
		t/d			10,9	
		m³/d			9,1	
<b>Zwischenlagerung, Kapazitäten</b>						
	Feinkorn (1, FK)	m³	82		287	
	Mittelkorn (2, MK)	m³	89		312	
	Garten- und Pflanzenabfall / Reserve (3, GP)	m³	62		237	
	Sand (4, S)	m³	58		202	
<b>Boxen, Lagerkapazität</b>			pro Box	Gesamt	pro Box	Gesamt
	Aerobisierung 1 & 2	m³	204	408	204	408
	Nachrotte 1 & 2	m³	190	380	190	380
	Intensivrotte 1 & 2	m³	330	660	330	660
<b>Bilanzen Kompostierungsboxen</b>						
Aerobisierung 1 & Nachrotte 1			Input: (1, FK)			
	Nutzvolumen	m³	394			
	Input, FM	m³/d	23			
	Verweilzeit (Theoretisch)	d	17,3			
	Entleerung / Befüllung	d	3,00			
	Verweilzeit (effektiv)	d	14,3			
	Massenverlust	%	20,0			
	Output	t/a	3.668			
		t/d	10,0			

<b>VGW Zürich</b>			<b>Übersicht Betriebsdaten</b>		<b>Ist-Zustand</b>		<b>Szenario 1</b>	
					Mittel	Max	Mittel	Max
Aerobisierung 2 & Nachrotte 2					Input: (2, MK)			
	Nutzvolumen	m³			394			
	Input, FM	m³/d			23			
	Verweilzeit (Theoretisch)	d			17,3			
	Entleerung / Befüllung	d			3,00			
	Verweilzeit (effektiv)	d			14,3			
	Massenverlust	%			20,0			
	Output	t/a			3.668			
		t/d			10,0			
Intensivrotte 1 & 2					Input: (3, G&P)			
	Nutzvolumen	m³			660			
	Input, FM	m³/d			36			
	Verweilzeit (Theoretisch)	d			18,5			
	Entleerung / Befüllung	d			3,00			
	Verweilzeit (effektiv)	d			15,5			
	Massenverlust	%			20,0			
	Output	t/a			4.160			
Nachrotte 1 & 2, Intensivrotte 1 & 2							Input: 1 (FK), 3 (GP), 4 (S)	
	Nutzvolumen	m³					1.040	
	Input, FM	m³/d					78	
	Verweilzeit (Theoretisch)	d					13,34	
	Entleerung / Befüllung	d					1&4 = 1d, 3 = 2d	
	Verweilzeit (effektiv)	d					1&4 = 13,3 d, 3 = 12,2 d	
	Massenverlust	%					20	
	Output	t/a					9.412	
		t/d					25,8	
Aerobisierung 1 & 2							Input: 2 (MK)	
	Nutzvolumen	m³					408	
	Input, FM	m³/d					31	
	Verweilzeit (Theoretisch)	d					13,07	
	Entleerung / Befüllung	d					1	
	Verweilzeit (effektiv)	d					12,07	
	Massenverlust	%					20	
	Output	t/a					5.012	
		t/d					13,7	
<b>Ausgang Kompostierung</b>								
	FM	t/a			11.496		14.424	
		t/d			31,5		39,5	
	Lagerkapazität, benötigt	Monate			3		3	
	Lagervolumen (Dichte 0,5)	m³			5.748		7.212	
	Lagerkapazität, möglich	m³					10.500	
	Reservekapazität	m³					3.288	



Werte Szenario 1 berechnet über Erweiterungsfaktor (Fermenterinput Szenario 1 / Fermenterinput 2019)

