

**Machbarkeitsstudie**  
**zur Verwertung von Bio- und Grüngut**  
**in einer Biogasanlage**

erstellt im Auftrag der  
**MBA Wiesbaden GmbH**

von der  
**UMS Unterberg GmbH**



im August 2019

## Inhaltsverzeichnis:

1	Veranlassung	7
2	Beschreibung der Rechtsbereiche, die bei der Planung einer Abfallbiogasanlage zu berücksichtigen sind	8
2.1	Abfallrecht	8
2.1.1	Kreislaufwirtschaftsgesetz	8
2.1.2	Bioabfallverordnung	9
2.2	Immissionsschutzrecht	10
2.2.1	Bundesimmissionsschutzgesetz	10
2.2.2	1. BImSchV (Kleinf Feuerungsanlagenverordnung)	11
2.2.3	4. BImSchV (Verordnung über genehmigungspflichtige Anlagen)	12
2.2.3.1	Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetz (TA-Luft)	12
2.2.3.2	Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetz (TA-Lärm)	13
2.2.4	12. BImSchV (Störfallverordnung)	14
2.3	UVPG	15
2.4	WHG	16
2.5	Düngerecht	17
2.6	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	20
2.6.1	Biomasseverordnung	23
2.7	Besondere untergesetzliche Regelwerke für Biogasanlagen	24
3	Darstellung der Verfahrensarten von Vergärungsanlagen	25
3.1	Grundlagen der Biogaserzeugung	26
3.2	Verfahrensarten der Biogasanlagen	28
3.2.1	Nassfermentation	28
3.2.1.1	Abfallannahme- und Abfallaufbereitung	29
3.2.1.2	Abfallbiogasanlage als Nassfermentationsanlage	31
3.2.1.3	Gärrestaufbereitung nach einer Nassfermentationsanlage	33
3.2.2	Trockenfermentation als Pfropfenstromanlage	34
3.2.2.1	Abfallannahme- und Abfallaufbereitung	35
3.2.2.2	Abfallbiogasanlage als Pfropfenstromanlage	35
3.2.2.3	Gärrestbehandlung	37
3.2.3	Trockenfermentation als Boxenfermentation	38

3.2.3.1	Abfallannahme- und Abfallaufbereitung	39
3.2.3.2	Abfallbiogasanlage als Boxenfermentation	39
3.2.3.3	Gärrestbehandlung im Rahmen der Boxenfermentation	41
3.3	Bewertung der Verfahrensarten	41
3.4	Zusammenfassung der Vor- und Nachteile zur weiteren Betrachtung	50
4	Standortvergleich	51
4.1	Standort der AWS in Büttelborn	51
4.2	Standort der ELW in Wiesbaden	52
4.3	Standortvergleich Kosten Antransport zum jeweils anderen Standort	53
4.4	Standortvergleich landwirtschaftliche Fläche	55
5	Anlagenkonzeption	58
5.1	Pfropfenstromfermentation	59
5.2	Boxenfermentation	63
6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	64
6.1	Beschreibung getroffener Annahmen	64
6.1.1	Verfahrensabhängige Annahmen	66
6.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Standort AWS/Büttelborn	66
6.2.1	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Boxenfermentation mit Grünabfall	67
6.2.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Boxenfermentation ohne Grünabfall	71
6.2.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Pfropfenstromvergärung	75
6.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ELW/Deponie Dyckerhoffbruch	79
6.3.1	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Boxenfermentation mit Grünabfällen	79
6.3.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Boxenfermentation ohne Grünabfall	83
6.3.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Pfropfenstromvergärung	87
6.4	Vergleich der 6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	91
6.5	Sensitivitäten der unterschiedlichen Verfahrensvarianten am Standort ELW	92
6.5.1	Sensitivitäten Bioabfallmenge	92
6.5.2	Sensitivitäten Entsorgungskosten	94
6.5.3	Sensitivitäten Kompostverwertung	96
6.5.4	Sensitivitäten Investitionskosten	98
7	Kurzzusammenfassung	100

### Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Darstellung Bildung Flächensumme .....	19
Abbildung 2: Biogasbakterium .....	26
Abbildung 3: Biogaspark Großenlüder-Nassfermentation .....	29
Abbildung 4: geöffnete Separationshammermühle.....	30
Abbildung 5: Rührwerksbehälter .....	32
Abbildung 6: Blick in einen Rührwerksbehälter mit Paddelrührwerk .....	32
Abbildung 7: Biogaspark Großenlüder - Trockenfermentation .....	34
Abbildung 8: Darstellung Rührwerk und außen liegendes Planetengetriebe .....	36
Abbildung 9: Prinzipskizze Pfpfenstromfermenter .....	37
Abbildung 10: Beispielanlage Boxenfermentation .....	39
Abbildung 11: Prinzipskizze Boxenfermentation.....	40
Abbildung 12: Beispielaufstellung Abfallbiogasanlage Büttelborn .....	52
Abbildung 13: Beispielaufstellung Abfallbiogasanlage Wiesbaden .....	53

### Grafikverzeichnis:

Grafik 1: Einteilung der Vergärungsverfahren .....	25
Grafik 2: Gasertrag in Abhängigkeit von der Verweilzeit .....	28
Grafik 3: Bioabfallmengen nach Ortschaften.....	54
Grafik 4: Lage der Deponie Dyckerhoffbruch in der Stadt Wiesbaden.....	55
Grafik 5: Ermittlung landwirtschaftlicher Flächen AWS.....	56
Grafik 6: Ermittlung landwirtschaftliche Flächen ELW .....	57
Grafik 7: Jahresganglinie Bioabfall.....	59
Grafik 8: Fließbild Pfpfenstromverfahren.....	61
Grafik 9: Fließbild Boxenfermentation .....	62
Grafik 10: Sensitivität Bioabfallmenge Boxenfermentation mit Grünabfall .....	93
Grafik 11: Sensitivität Bioabfallmenge Boxenfermentation ohne Grünabfall .....	93
Grafik 12: Sensitivität Bioabfallmenge Pfpfenstromvergärung ELW .....	94
Grafik 13: Sensitivität Entsorgungskosten Boxenfermentation mit Grünabfall .....	95
Grafik 14: Sensitivität Entsorgungskosten Boxenfermentation ohne Grünabfall .....	95
Grafik 15: Sensitivität Entsorgungskosten Pfpfenstromvergärung.....	96
Grafik 16: Sensitivität Vermarktungskosten Kompostverwertung Boxenfermentation mit Grünabfall ELW .....	97
Grafik 17: Sensitivität Vermarktungskosten Kompostverwertung Boxenfermentation ELW .....	97
Grafik 18: Sensitivität Verwertungskosten Kompostvermarktung Pfpfenstromvergärung ELW.....	98
Grafik 19: Sensitivität Institionskosten Boxenfermentation mit Grünabfall - ELW .....	99

Grafik 20: Sensitivität Investitionskosten Boxenfermentation - ELW.....	99
Grafik 21: Sensitivität Investitionskosten Pflropfenstromvergärung ELW .....	100

### **Tabellenverzeichnis:**

Tabelle 1: Immissionsschutzrichtwerte.....	14
Tabelle 2: Ermittlung von Gefährdungsstufen nach Whg .....	16
Tabelle 3: Entwicklung der Grenzwerte für Störstoffe.....	19
Tabelle 4: Erlösunterschiede bei überwiegenden Bioabfällen .....	23
Tabelle 5: Vor- und Nachteile Betriebsart.....	27
Tabelle 6: Stufen der Biogaserzeugung .....	27
Tabelle 7: benötigter Flüssigkeitsbedarf.....	31
Tabelle 8: Verfahrenstechnische Bewertung - Störstoffaustrag.....	43
Tabelle 9: Verfahrenstechnische Bewertung - Anlagenparameter.....	45
Tabelle 10: Verfahrenstechnische Bewertung- wirtschaftliche Aspekte.....	47
Tabelle 11: Verfahrenstechnische Bewertung - Sicherheit - EEG .....	49
Tabelle 12: Flächen zur landwirtschaftlichen Verwertung.....	58
Tabelle 13: allgemeine Kalkulationsgrundlagen .....	65
Tabelle 14: Annahmen Boxenfermentation mit Grünabfällen am Standort AWS .....	68
Tabelle 15: GuV Boxenfermentation mit Grünabfall am Standort AWS .....	69
Tabelle 16: Dynamische Kalkulation Boxenfermentation mit Grünabfall am Standort AWS .....	70
Tabelle 17: Annahmen Boxenfermentation ohne Grünabfälle Standort AWS.....	72
Tabelle 18: GuV Boxenfermentation ohne Grünabfall Standort AWS.....	73
Tabelle 19: Dynamische Kalkulation Boxenfermentation ohne Grünabfall am Standort AWS .....	74
Tabelle 20: Annahmen Pflropfenstromvergärung Standort AWS .....	76
Tabelle 21: GuV Pflropfenstromvergärung AWS.....	77
Tabelle 22: Dynamische Kalkulation Pflropfenstromvergärung AWS .....	78
Tabelle 23: Annahmen Boxenfermentation mit Grünabfällen am Standort AWS .....	80
Tabelle 24: GuV Boxenfermentation mit Grünabfall am Standort ELW .....	81
Tabelle 25: Dynamische Kalkulation Boxenfermentation mit Grünabfall am Standort ELW.....	82
Tabelle 26: Annahmen Boxenfermentation ohne Grünabfälle Standort ELW .....	84
Tabelle 27: GuV Boxenfermentation ohne Grünabfall Standort ELW .....	85
Tabelle 28: Dynamische Kalkulation Boxenfermentation ohne Grünabfall am Standort ELW.....	86
Tabelle 29: Annahmen Pflropfenstromvergärung Standort ELW.....	88
Tabelle 30: GuV Pflropfenstromvergärung ELW .....	89
Tabelle 31: Dynamische Kalkulation Pflropfenstromvergärung ELW.....	90
Tabelle 32: Zusammenfassung wirtschaftliche Eckdaten .....	91

**Anlagenverzeichnis:**

- Anlage 1:** Präsentation
- Anlage 2:** Lageplan AWS
- Anlage 3:** Lageplan ELW
- Anlage 4:** Literaturverzeichnis
- Anlage 5:** Abkürzungsverzeichnis

## 1 Veranlassung

Die UMS Unterberg GmbH (im Folgenden UMS) bzw. die Einzelfirma Umwelt- und ManagementService Unterberg begleitet seit 2003 Projekte, die sich mit der Gewinnung von erneuerbaren Energien aus abfallstämmigen Biomassen beschäftigen.

Die Entsorgungsbetriebe der Landeshauptstadt Wiesbaden (im Folgenden ELW) erfassen seit vielen Jahren Bioabfälle getrennt von den sonstigen Siedlungsabfällen. Die Bioabfälle werden derzeit im Entsorgungsgebiet umgeschlagen und von dort zur externen Verwertung in einer bestehenden Biogasanlage verbracht. Der Verwertungsvertrag soll nicht mehr verlängert werden.

Die AWS Abfallwirtschafts-Service GmbH (im Folgenden AWS) ist eine 100ige Tochtergesellschaft des Landkreises Groß-Gerau. Der AWS sind die Pflichten der kommunalen Daseinsvorsorge im Bereich der Abfallwirtschaft übertragen worden. Auch im Landkreis Groß-Gerau werden seit vielen Jahren die Bioabfälle durch eine Biotonne getrennt erfasst. Die Bioabfälle werden teilweise im Kreisgebiet kompostiert und teilweise einer externen Bioabfallvergärungsanlage zugeführt. Beide Gebietskörperschaften beliefern die gleiche Abfallbiogasanlage, die ebenfalls von einer Gebietskörperschaft betrieben wird. Verträge können daher im Rahmen einer interkommunalen Zusammenarbeit ohne Ausschreibung geschlossen werden.

Beide Gebietskörperschaften bzw. die zuständigen Entsorgungsgesellschaften überlegen, zukünftig im Rahmen der Verwertung von Bio- und Grüngut zusammen zu arbeiten. Beide Gesellschaften verfügen über mögliche Standorte.

Die UMS hat die Aufgabe erhalten, die grundsätzliche Machbarkeit einer eigenen Biogasanlage darzustellen. Es sind je Standort 2 Varianten bezogen auf die Einsatzstoffmenge zu betrachten, dies sind 40.000 Mg/a bzw. 60.000 Mg/a. Beide Gebietskörperschaften rechnen damit, dass zukünftig die Mengen an getrennt erfassten Bioabfällen wachsen werden bzw. die Bioabfallmenge, die bisher kompostiert wird, ggf. auch vergären zu lassen.

Die Machbarkeitsstudie wird folgende Inhalte umfassen:

- Beschreibung der Rechtsbereiche, die bei der Planung einer Abfallbiogasanlage zu berücksichtigen sind.
- Darstellung der Verfahrensarten Bioabfallvergärung mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen
  - unter besonderer Berücksichtigung der Qualität der Gärprodukte/Komposte in Hinblick auf die aktuellen und zukünftigen Grenzwerte aus der Düngemittelverordnung
  - unter Berücksichtigung der jeweiligen Output-Mengen in Bezug auf Masse, Verwertungswege und Verwertungskosten
- Darstellung der Standorte ELW und AWS unter Berücksichtigung von
  - aktueller Genehmigungssituation
  - Platzbedarf in Abhängigkeit vom vorgeschlagenen Verfahren zur Bioabfallvergärung

- Logistikaufwand Antransport
- Synergieeffekte aufgrund vorhandener Anlagentechnik am jeweiligen Standort
- Mögliche Verwertungsmöglichkeiten für die Gärprodukte und/oder Komposte um den jeweiligen Standort herum
- Anbindung an Versorgungsnetze (Strom/Gas)
- Konzeptentwicklung einer möglichen Anlagenkonzeption je Standort in Abhängigkeit von den zuvor ermittelten Möglichkeiten
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung je Standort in Bezug auf die vorgenannten Kriterien
- Zusammenfassung der Ergebnisse der einzelnen Analyse und Darstellung einer Handlungsempfehlung

## **2 Beschreibung der Rechtsbereiche, die bei der Planung einer Abfallbiogasanlage zu berücksichtigen sind**

### **2.1 Abfallrecht**

Die Verwertung von Abfällen wird bestimmt durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz und den zugehörigen untergesetzlichen Regelwerken. Federführend ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz, das im Jahr 2012 grundsätzlich in Kraft getreten ist und das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz abgelöst hat. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz ist am 20.07.2017 zuletzt geändert worden.

Aus den zahlreichen untergesetzlichen Regelwerken zum Kreislaufwirtschaftsgesetz muss ausschließlich die Bioabfallverordnung betrachtet werden. Die Biomasseverordnung ist eine Verordnung unter dem Rechtsregime des Erneuerbaren Energien Gesetzes.

#### **2.1.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz**

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz ist das übergeordnete Gesetz zur Abfallwirtschaft. Grundsätze des Abfallwirtschaftsgesetzes ist die 5-stufige Abfallhierarchie. Die 5-stufige Abfallhierarchie definiert folgende 5 Verwertungs-/Entsorgungsgrundsätze:

- Vermeidung
- Vorbereitung zur Verwertung
- Recycling
- Sonstige Verwertung
- Beseitigung

Diese Regelung dürfte Allgemeingut sein. Bezogen auf die Verwertung von Bioabfällen gibt es zwei spezifischere Regelungen im Kreislaufwirtschaftsgesetz.

Bioabfälle im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sind biologisch abbaubare pflanzliche, tierische oder aus Pilzmaterialien bestehende

1. Garten- und Parkabfälle,
2. Landschaftspflegeabfälle,
3. Nahrungs- und Küchenabfälle aus Haushaltungen (Biotonne), aus dem Gaststätten- und Cateringgewerbe, aus dem Einzelhandel und vergleichbare Abfälle aus Nahrungsmittelverarbeitungsbetrieben sowie
4. Abfälle aus sonstigen Herkunftsbereichen, den in den Nummern 1 bis 3 genannten Abfällen nach Art, Beschaffenheit oder stofflichen Eigenschaften vergleichbar sind.

Seit dem 01.01.2015 sind die Bioabfälle zwingend getrennt von den sonstigen Siedlungsabfällen zu erfassen. Dieser Verpflichtung kommen beide Gebietskörperschaften schon seit einigen Jahren nach.

In § 8 (Rangfolge und Hochwertigkeit der Verwertungsmaßnahmen) hat sich die Bundesregierung offen gelassen, eine Verordnung zu erlassen, die bestimmt, wann eine Kaskadennutzung zu erfolgen hat. Eine Verwertung der Bioabfälle im Sinne des § 8 (Rangfolge und Hochwertigkeit der Verwertungsmaßnahmen) geht von einer Verwertung in einer Biogasanlage aus, da hierbei sowohl die energetische Verwertung als auch eine stoffliche Verwertung eingehalten werden.

### **2.1.2 Bioabfallverordnung**

Die aktuelle Bioabfallverordnung ist einen Monat vor dem aktuellen Kreislaufwirtschaftsgesetz in Kraft getreten. Die Bioabfallverordnung bezieht sich in vielen Teilen auf das alte Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz. Der Referentenentwurf der aktuellen Bioabfallverordnung stammt aus dem Jahr 2007. Die Bioabfallverordnung sollte zeitnah nochmals novelliert werden.

In der Bioabfallverordnung werden die Abfälle benannt, die für eine Verwertung in einer Biogasanlage zugelassen sind, wenn eine landwirtschaftliche Verwertung vorgesehen ist.

Die vorgesehenen Bio- und Grüngutabfälle sind gemäß der Bioabfallverordnung für die Verwertung in einer Vergärungsanlage zugelassen.

Die Bioabfallverordnung schreibt die Bildung von „Chargen“ vor. Je 2.000 Mg/a an Eingangsmenge ist eine Charge zu bilden. Dies ist je nach Behandlungsverfahren nicht möglich, da die Gärbehälter bzw. auch die Gärrestlager für flüssige Gärreste größer sind. Die Genehmigungsbehörden sind in der Regel hierzu gesprächsbereit.

Die Bioabfallverordnung schreibt die Nachweisführung der landwirtschaftlichen Verwertung durch ein Lieferscheinverfahren vor und regelt auch die Notwendigkeit von Bodenuntersuchungen vor Aufbringung der Gärreste auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen. Vor der ersten Aufbringung auf neue Flächen ist eine Analyse der Aufbringungsfläche nötig. Von diesen Auflagen gemäß BioAbfV können Inverkehrbringer und Aufbringer befreit werden, wenn der Inverkehrbringer zertifiziert ist nach Entsorgungs-

fachbetriebeverordnung oder nach ISO 14.000 bzw. die Gärreste nach RAL-Gütezeichen.

Da keine abfallstämmigen Bioabfälle verarbeitet werden sollen, die unter die EU-Hygieneverordnung fallen, sind keine Handelspapiere notwendig.

Sollten Klärschlämme auf den für eine Ausbringung von Gärprodukten/Komposten vorgesehenen landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht worden sein, so müssen 3 Jahre nach Aufbringung der Klärschlämme vergangen sein, bevor die Ausbringung von Gärprodukten/Komposten wieder zulässig ist.

## 2.2 Immissionsschutzrecht

Das übergeordnete Immissionsschutzrecht ist das Bundesimmissionsschutzgesetz. Auf Grundlage des BImSchG gibt es eine Vielzahl von Verordnungen.

Relevant für die Errichtung einer Abfallbiogasanlage können die 4. BImSchV, die 12. BImSchV (Störfallverordnung), die 13. BImSchV (Verordnung für Großfeuerungsanlagen) und die 17. BImSchV (Abfallverbrennung) sein.

Abfallanlagen sind nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz zu genehmigen, wenn die Genehmigungsbedürftigkeit in der Anlage 1 der 4. BImSchV festgelegt ist. Gemäß der 4. BImSchV ist ein Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung notwendig, wenn mehr als 50 Mg/d in der Bioabfallvergärungsanlage verarbeitet werden sollen. Dies ist nach Angaben von AWS und ELW vorgesehen.

Sollte das erzeugte Biogas durch eine Biogasaufbereitungsanlage zu hochwertigem Biomethan aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist werden, so wird auf dem Gelände der Abfallbiogasanlage eine alternative Wärmequelle benötigt, die wahrscheinlich eine Feuerungswärmeleistung von weniger als 1 MW hat. Diese Feuerungsanlage, egal ob BHKW oder Biomasseheizkessel, unterliegt dann den Bestimmungen der Kleinf Feuerungsanlagenverordnung (1. BImSchV).

Sollte noch eine thermische Verwertung der festen Gärreste durchgeführt werden, so sind die 17. BImSchV ggf. in Verbindung mit der 13. BImSchV anzuwenden.

Zu betrachten ist auch die derzeit aktuelle Technische Anleitung Luft (TA Luft). Die TA Luft ist seit Jahren in Bearbeitung und sollte eigentlich in 2018 verabschiedet werden. Die Kritik der Unternehmensverbände ist allerdings so groß gewesen, dass dieser Termin deutlich nach hinten verschoben worden ist. Vor dem Herbst 2019 soll kein neuer Referentenentwurf vorgestellt werden.

### 2.2.1 Bundesimmissionsschutzgesetz

Das Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Sprachgebrauch: Bundesimmissionsschutzgesetz; Kurzform: BImSchG) regelt das Immissionsschutzrecht.

Geregelt wird der Schutz von Menschen, Tieren, Pflanzen, Boden, Wasser, Atmosphäre und Kulturgütern vor Immissionen und Emissionen.

Die zu betrachtende Anlage sendet Emissionen aus, die in der Umgebung der Anlage als Immissionen auftreten.

Mit Hilfe des BImSchG als Genehmigungsrecht für Industrie- und Gewerbeanlage sollen schädliche Umwelteinwirkungen durch Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft vermieden oder zumindest vermindert werden. Dabei ist das Ziel, ein hohes Schutzniveau für die Umwelt zu erreichen.

Ansatzpunkt des Gesetzes sind bestimmte Formen der Umwelteinwirkung, die als „Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge“ definiert werden, also nur unwägbar Einflüsse sein können.

Das Gesetz stellt Anforderungen nicht nur an industrielle Großanlagen, sondern etwa auch alltägliche Gegenstände wie private Heizungsanlage (1. Bundesimmissionschutzverordnung (BImSchV)) oder Rasenmäher (32. BImSchV).

Bestimmte Anlagen unterliegen erhöhten Anforderungen. Sie werden als IED-Anlagen bezeichnet. Diese sind in der Anlage 1 zur 4. BImSchV gesondert gekennzeichnet. Die Abfallbiogasanlage, die hier betrachtet wird, wird eine IED-Anlage werden.

Die letzte Änderung des BImSchG ist am 12.04.2019 nach Verkündung am 08.04.2019 in Kraft getreten.

## **2.2.2 1. BImSchV (Kleinfeuerungsanlagenverordnung)**

Die 1. BImSchV kann je nach Auslegung der Biogasanlage bzw. Verwertung des erzeugten Biogases Anwendung finden.

Sollte das erzeugte Biogas zu BioMethan aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist werden, gibt es keine Wärmeerzeugung durch ein BHKW. Die Biogasanlage benötigt aber zumindest die Wärme für den Gärprozess und ggf. in Abhängigkeit vom gewählten Biogasprozess auch für eine Pasteurisierung.

Beide Gebietskörperschaften verfügen über ausreichend holzige, abfallstämmige Biomasse, die in einem Biomassekessel zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden können.

Die Feuerungswärmeleistung, die im Betriebsbereich der Abfallbiogasanlage benötigt wird, darf bei Anwendung der 1. BImSchV nicht mehr als 1 MW betragen.

Sollte die Wärmeerzeugungsanlage unter die Ordnungsnummer 1.2.4 der 4. BImSchV fallen, sind die Leistungsgrenzen deutlich geringer. Unter die Ordnungsnummer 1.2.4 der 4. BImSchV fallen Brennstoffe, die nach der 4. BImSchV an anderen Stellen nicht benannt sind und somit keinen Regelbrennstoff darstellen. Die Genehmigungspflicht nach BImSchG beginnt ab einer Leistung von 100 kW<sub>FL</sub>.

### 2.2.3 4. BImSchV (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen)

Die Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) beschreibt, für welche Anlagen nach dem BImSchG eine Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb notwendig ist.

Die genehmigungsbedürftigen Anlagen sind im Anhang 1 der 4. BImSchV abschließend aufgelistet. Es handelt sich dabei um Industrieanlagen aller Art, von denen eine wesentliche Umweltbeeinträchtigung ausgehen kann. Nur die in diesem Antrag aufgeführten Anlagen bedürfen bei Neubau oder wesentlicher Änderung bestehender Anlagen einer Genehmigung nach dem BImSchG.

Die zu planende Anlage wird aufgrund der Durchsatzleistung im Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung zu genehmigen sein.

Nach Feststellung der Vollständigkeit der Antragsunterlagen hat die Genehmigungsbehörde einen Genehmigungszeitraum von mindestens 7 Monaten. Sollten den an der Genehmigungserteilung Beteiligten noch offene Punkte, Unzulänglichkeiten oder anderes auffallen, kann der Beginn des Genehmigungszeitraumes wieder nach hinten fallen und die Frist von 7 Monaten erneut beginnen.

Anlagen, die zwingend mit Öffentlichkeitsbeteiligung genehmigt werden müssen, müssen auch den Stand der Technik einhalten. Der Stand der Technik wird innerhalb der europäischen Kommission festgelegt. Im englischen werden die Dokumente mit BREF (Best Available Techniques Reference Document) abgekürzt und im deutschen als BVT-Merkblatt (beste verfügbaren Techniken) benannt. Im August 2018 ist das BVT-Merkblatt Abfallbehandlung unter anderem um die biologische Behandlung nicht gefährlicher Abfälle mit einer Kapazität von mehr als 75 Mg/d erweitert worden bzw. die anaerobe Vergärung ab 100 Mg/d. Selbst bei 40.000 Mg/a wird die Mengenbegrenzung überschritten und das BVT-Merkblatt ist bei der Erteilung der Genehmigung zu berücksichtigen.

Die Abfallbiogasanlage ist auch als sogenannte IED-Anlage gemäß der Industrieemissionsrichtlinie 2010/75/EU. Wie schon im Absatz zuvor erwähnt, sind damit die Anwendung der BVT-Merkblätter verbindlich, aber auch die Erstellung eines Ausgangszustandsberichtes über den Boden und das Grundwasser vor Erteilung einer Genehmigung. Die Überwachungsbehörde hat eine Verpflichtung zur systematischen und regelmäßigen Überwachung der Industrieanlagen nach IED. Die Überwachungsberichte sind zu veröffentlichen.

#### 2.2.3.1 Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionschutzgesetz (TA-Luft)

Die technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) ist die erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BImSchG. Die letzte Neufassung stammt aus dem Jahr 2002. Die TA Luft wird derzeit novelliert. Die Novelle sollte schon im Jahr 2018 verabschiedet werden. Der aktuelle Entwurf der Novelle der TA Luft löste in den Unterneh-

mensverbänden allerdings so viel Unverständnis aus, dass die Novelle grundlegend bis Ende des Jahres 2019 überarbeitet werden soll.

Die TA Luft enthält in der Fassung von 2002 als auch in der angestrebten Novelle unter anderem Berechnungsvorschriften für wesentliche Luftschadstoffe und schafft bundeseinheitliche, gesetzesähnliche Anforderungen für Anlagen, die gemäß der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen genehmigungsbedürftig sind.

In der Novelle war beispielsweise vorgeschrieben, dass bei Betrieb Bioabfallvergärungsanlagen mit Betrieb einer Nachrotte die Abluft über eine Abluftreinigungsanlage mit saurem Wäscher und Biofilter zu führen ist. Dies ist Stand der Technik. Neu ist allerdings, dass die Abluft aus dem Biofilter kontinuierlich auf den Gesamtkohlenstoffgehalt gemessen werden muss. Diese Messtechnik ist auf dem Markt nicht in ausgereifter Form käuflich zu erwerben.

Die TA Luft richtet sich vor allem an die Genehmigungsbehörden für industrielle und gewerbliche Anlagen. Anhand der Anforderungen der TA Luft erstellen die Behörden angepasste Auflagen, die vom Anlagenbetreiber zu erfüllen sind. Auch Altanlagen müssen innerhalb gewisser Übergangsfristen den Stand der Technik erreichen und den Schadstoffausstoß reduzieren.

Es ist daher ratsam, bei der weitergehenden Planung die zu erwartenden neuen und verschärften Anforderungen aus der Novelle der TA Luft schon zu berücksichtigen.

In der Regel verlangen die Genehmigungsbehörden mit Einreichen eines Genehmigungsantrages gutachterliche Stellungnahmen zu den Themengebieten

- Staub
- Geruch
- Emissionen von sonstigen Luftschadstoffen und ggf.
- eine Schornsteinhöhenberechnung.

### **2.2.3.2 Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA-Lärm)**

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) ist eine weitere Verwaltungsvorschrift zum BImSchG. Die TA Lärm ist wie die TA Luft bei Genehmigungsverfahren von Gewerbe- und Industrieanlagen sowie zur nachträglichen Anordnung bei bereits bestehenden genehmigungsbedürftigen Anlagen anzuwenden. Die letzte Änderung der TA Lärm erfolgte zum 09. Juni 2017.

Die nach Landesrecht zuständige Behörde kann anordnen, dass der (zukünftige) Betreiber einer genehmigungsbedürftigen Anlage Art und Ausmaß der von der Anlage ausgehenden Emissionen sowie die Immissionen im Einwirkungsbereich der Anlage durch eine nach Landesrecht bekannt gegebene Stelle oder durch einen Sachverständigen ermitteln lässt, wenn zu befürchten ist, dass durch die Anlage schädliche Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden. Bei Abfallbiogasanlagen wird im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach BImSchG ausnahmslos ein „Lärmschutzgutachten“

gefordert, da allein durch den An- und Ablieferungsverkehr schädliche Umwelteinwirkungen zu befürchten sind.

Die maßgeblichen Immissionsorte werden zwischen Genehmigungsbehörde und dem Lärmschutzgutachter einvernehmlich abgestimmt. In der Regel werden schutzwürdige Einrichtungen wie Wohnhäuser in die Lärmbetrachtung einbezogen.

Welche Immissionsrichtwerte einzuhalten sind, richtet sich zum Einem nach der Tageszeit (Tag oder Nacht) und zum Anderen nach der im Bebauungs- oder Flächennutzungsplan ausgewiesenen Gebietsstruktur. In der nachstehenden Tabelle sind die Immissionsschutzrichtwerte dargestellt.

**Tabelle 1: Immissionsschutzrichtwerte**

Ziffer TA Lärm	Gebiets- ausweisung	Immissionsrichtwert <b>tags</b> (6:00 bis 12:00 Uhr)	Immissionsrichtwert <b>nachts</b> (22:00 bis 6:00 Uhr)
6.1 a	Industriegebiet	70 dB(A)	70 dB(A)
6.1 b	Gewerbegebiet	65 dB(A)	50 dB(A)
6.1 c	Urbanes Gebiet	63 dB(A)	45 dB(A)
6.1 d	Kern-, Dorf- und Mischgebiet	60 dB(A)	45 dB(A)
6.1 e	Allgemeines Wohngebiet	55 dB(A)	40 dB(A)
6.1 f	Reines Wohngebiet	50 dB(A)	35 dB(A)
6.1 g	Kurgebiet	45 dB(A)	35 dB(A)

#### 2.2.4 12. BImSchV (Störfallverordnung)

Die Störfallverordnung (12. BImSchV) dient der Verhinderung von Störfällen und der Begrenzung von Störfallauswirkungen.

Die 12. BImSchV findet Anwendung auf Betriebsbereiche, die aus genehmigungs- und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen bestehen können. Entscheidend allein ist die Menge der gefährlichen Stoffe aus der Stoffliste im Anhang 1 der 12. BImSchV.

Es ist davon auszugehen, dass die hier betrachtete Biogasanlage unter die Grundpflichten der Störfallverordnung fallen wird. Dies ist begründet mit der potentiellen Lagermenge an Biogas. Die Schwelle für die Anwendung von 10.000 Mg an potentieller Lagermenge an Biogas ist aufgrund des geforderten Flex-Betriebes nach dem Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) schnell erreicht. Die Verwertungsbetriebe sind dann den Grundpflichten nach Störfallverordnung unterstellt.

Die nächste potentielle Lagermengenschwelle von Biogas ist auch mit den Forderungen nach 270 Tagen Lagerkapazität nicht erfüllt und beträgt 50 Mg/Anlage.

Wir gehen daher davon aus, dass die Grundpflichten der Störfallverordnung zukünftig einzuhalten sind und der Betreiber ein Konzept zur Verhinderung von Dennoch-Störfällen bei der Genehmigungsbehörde deutlich vor Inbetriebnahme der Anlage einzureichen hat. Üblich ist eine Frist von etwa 6 Monaten.

### 2.3 UVPG

Das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) regelt die Prüfung der Umweltverträglichkeit bei Vorhaben, die aufgrund ihrer Art, ihrer Größe oder ihres Standortes erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt haben können.

Zweck dieses Gesetzes ist es sicherzustellen, dass bei bestimmten öffentlichen und privaten Vorhaben sowie bei bestimmten Plänen und Programmen zur wirksamen Umweltvorsorge nach einheitlichen Grundsätzen,

- die Auswirkungen auf die Umwelt im Rahmen von Umweltprüfungen (Umweltverträglichkeitsprüfung und strategische Umweltprüfung) frühzeitig und umfassend ermittelt, beschrieben und bewertet werden,
- die Ergebnisse der durchgeführten Umweltprüfungen bei allen behördlichen Entscheidungen über die Zulässigkeit von Vorhaben und bei der Aufstellung oder Änderung von Plänen und Programmen so früh wie möglich berücksichtigt werden.

In der Anlage 1 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung wird unterschieden in Vorhaben, die

- UVP-pflichtig sind,
- einer allgemeinen Vorprüfung des Einzelfalls unterliegen oder
- einer standortbezogenen Vorprüfung des Einzelfalls bedürfen.

Die Abfallbiogasanlage, die hier betrachtet wird, fällt – unabhängig ob mit einer Verarbeitungskapazität von 40.000 Mg/a oder 60.000 Mg/a – unter die Ordnungsnummer 8.4.1.1 der Anlage 1 und muss im Rahmen der immissioschutzrechtlichen Genehmigung eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls nach § 7, Abs. 1 durchführen. Es ist davon auszugehen, dass die hier betrachtete Biogasanlage unter die Grundpflichten der Störfallverordnung fallen wird. Eine UVP-Pflicht liegt somit weiterhin nicht vor.

## 2.4 Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Das Wasserhaushaltsgesetz bildet den Hauptteil des deutschen Wasserrechtes. Unterhalb des WHG ist vor kurzer Zeit die AwSV in Kraft getreten. Die AwSV (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) regelt die Einstufung von Stoffen und Gemischen, die technischen und organisatorischen Anforderungen an Anlagen und die Anforderungen hinsichtlich Sachverständigen, Fachprüfern und Fachbetrieben.

Abfälle werden grundsätzlich der Wassergefährdungsklasse (WGK 3) zugeordnet, selbst holzige Grünabfälle.

Die AwSV stellt hohe Anforderungen an die Ausführung auch bei Abfallbiogasanlagen. Die Behälter sollen doppelwandig ausgeführt sein, ebenfalls unterirdische substratführende Leitungen.

Die nachstehende Tabelle stellt die Gefährdungsstufen gemäß AwSV für das gelagerte Volumen in Abhängigkeit der Wassergefährdungsklasse und des Lagervolumens dar.

**Tabelle 2: Ermittlung von Gefährdungsstufen nach WHG**

Ermittlung der Gefährdungsstufe	Wassergefährdungsklasse		
	1	2	3
Volumen in m <sup>3</sup> oder Masse in Mg			
< 0,22 m <sup>3</sup> oder 0,2 Mg	Stufe A	Stufe A	Stufe A
> 0,22 m <sup>3</sup> oder 0,2 Mg ≤ 1 Mg	Stufe A	Stufe A	Stufe B
> 1 ≤ 10	Stufe A	Stufe B	Stufe C
> 10 ≤ 100	Stufe A	Stufe C	Stufe D
> 100 ≤ 1.000	Stufe B	Stufe D	Stufe D
> 1.000	Stufe C	Stufe D	Stufe D

Abhängig von den Gefährdungsklassen und davon, ob sie sich innerhalb oder außerhalb eines Wasserschutzgebietes oder Überschwemmungsgebietes befinden, werden weitere Anforderungen an die Anlagen gestellt, u.a.:

- Anlagendokumentation,
- Anzeigepflicht bei der zuständigen Behörde,
- Erstellung einer Betriebsanweisung oder eines Merkblattes,

- Fachbetriebspflicht,
- Überwachungs- und Prüfpflichten,
- Rohrleitungen,
- Doppelwandige Behälter,
- Einsehbarkeit der Bodenfuge und
- Lagerzeit von mindestens 9 Monaten für die flüssigen Gärreste.

Es ist ratsam, schon während einer möglichen Planungsphase einen Sachverständigen nach AwSV einzubinden.

## 2.5 Düngerecht

Das Düngerecht besteht in den Hauptbestandteilen aus dem eigentlichen Düngegesetz, der Düngeverordnung und der Düngemittelverordnung.

Sowohl das Gesetz als auch die zugehörigen Verordnungen sind in den letzten Jahren mehrmals novelliert worden. Die Ausbringungsmöglichkeiten für organische Düngemittel ist nicht nur aufgrund der Störstoffe sondern auch in Bezug auf den Anteil an Stickstoffen begrenzt worden. Der Stickstoffanteil in den festen organischen Düngemitteln ist zwar hoch, aber eben nicht sofort verfügbar.

Aufgrund der Nitratproblematik im Grundwasser ist es gesetzlich festgelegt worden, dass der Landwirt seit Einführung der neuen Düngeverordnung eine Düngebedarfsermittlung durchführen muss. Die möglichen Zeiten der Ausbringung sind weiter reduziert worden. Neben der schon länger bestehenden Sperrfrist (Kernsperrfrist) vom 01.11. bis 31. Januar für die Ausbringung von organischen Düngemitteln wird die Ausbringung nach der Ernte zusätzlich stark eingeschränkt. Auf Ackerland dürfen nach der Ernte der Hauptfrucht die an einer Biogasanlage anfallenden flüssigen Dünger nur bei bestimmten Herbstsaaten und benannten Zwischenfrüchten ausgebracht werden. Die erlaubte Austragsmenge von maximal 40 kg/ha an Ammoniumstickstoff oder maximal 80 kg/ha an Gesamtstickstoff schränkt die Ausbringmenge dazu noch deutlich ein. In einem flüssigen Gärrest einer Abfallbiogasanlage, die von der UMS betreut wird, sind 6,50 kg/Mg an Gesamtstickstoff enthalten und davon 5,31 kg/Mg Ammoniumstickstoff. Statt 20 Mg/ha können im Herbst nur 7,50 Mg/ha an flüssigen Gärsubstraten ausgebracht werden. Hier ist derzeit die Ausbringtechnik noch nicht so ausgereift, dass die Ausbringmenge derartig begrenzt werden kann, ohne dass die Technik bei der Ausbringung verstopft. Die flüssigen Gärreste können immer noch einen Trockensubstanzgehalt von 8 bis 10 % beinhalten.

Im Betriebsdurchschnitt darf Stickstoff aus organischen Düngemitteln (flüssige und feste Phase) bis zu einer Menge von bis zu 170 kg je ha und Jahr auf Ackerland ausgebracht werden. Da in den Komposten der Stickstoffanteil deutlich höher ist, ist es erlaubt, den Stickstoffeintrag auf mehrere Jahre zu verteilen.

Die Düngemittelverordnung regelt die Zulassung und Kennzeichnung von Düngemitteln. Die Gärreste bzw. die Komposte fallen unter die Typisierung organische und organisch-mineralische Düngemittel unter Verwendung von Sekundärrohstoffen. Die Düngemittelverordnung ist zuletzt im Mai 2017 novelliert worden und am 02. Juni 2017 in Kraft getreten. Auswirkungen auf die Abfallvergärungsanlagen bzw. die Kompostwerke hat vor allem die Herabsetzung der Grenzwerte für die zulässigen Störstoffanteile gehabt.

Es hat sich in der Novelle nicht die zulässige Gesamtmenge an Störstoffen von 0,5 Gew.-% bezogen auf die im Produkt enthaltene Trockenmasse geändert, sondern deren Aufteilung. In der alten Fassung war es möglich, dass nur eine Fremdstoffart die vollen 0,5 Gew.-% ausreizen konnte. Wenn dies die Kunststofffolien gewesen wären, wäre das Gärprodukt optisch sehr verunreinigt gewesen. Die Störstoffe werden auch nur ab einer Korngröße von 2 mm gemessen. Nunmehr dürfen die verformbaren Kunststoffe nur noch einen Anteil von 0,1 Gew.-% erreichen und die gesamten anderen Störstoffe einen Anteil von 0,4 Gew.-%.

Für Komposte und für Gärprodukte gibt es eine Gütesicherung nach RAL. Träger der Gütesicherung sind die Gütegemeinschaft Kompost und Gütegemeinschaft Gärprodukt. Neben den bekannten Störstoffgrenzwerten beurteilt die Gütesicherung zusätzlich noch die Flächensumme als  $\text{cm}^2$  je Liter Gärprodukt. Die Fläche aller Störstoffe mit einer Größe von mehr als 2 cm darf nicht mehr als  $15 \text{ cm}^2$  aus einer Probe von 1 Liter betragen.

Derzeit hat die Bundesregierung eine weitere Novelle der Düngemittelverordnung verabschiedet. Neben anderen Anpassungen werden die zukünftigen Störstoffgrenzwerte weiter angepasst, in dem die Größe der zu beurteilenden Störstoffe auf 1 cm heruntergenommen wird.

In Abbildung 1 ist die Bildung einer Flächensumme exemplarisch dargestellt.



## 2.6 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das deutsche Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Kurztitel Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG) regelt die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen ins Stromnetz und garantiert deren Erzeugern feste Einspeisevergütungen über eine Laufzeit von 20 Jahren. Das EEG ist seit der Einführung im Jahr 2000 (Vorläufer war das Stromeinspeisungsgesetz von 1991) in unregelmäßigen Abständen novelliert worden. Die letzte Änderung hat dem aktuellen EEG auch die Bezeichnung EEG 2017 gegeben.

Vor allem für die Biogaserzeugung ist im EEG 2017 neu die Ausschreibungspflicht. Die Bundesnetzagentur führt hierzu 2mal jährlich eine Ausschreibung nach strengen Formatvorlagen durch. Die Gebotstermine sind der 01.04. und der 01.09. eines jeden Kalenderjahres. Die Informationen hierzu sind der Internet-Plattform der Bundesnetzagentur zu entnehmen. Es dürfen ausschließlich die dort eingestellten Formulare genutzt werden. Kleinste formale Fehler, wie z.B. eine fehlende Nachkommastelle, führen zum Ausschluss des Angebotes.

Die Bundesnetzagentur gibt auf der Internetplattform zur Information für die potentiellen Bieter auch das auszuschreibende maximale Volumen bekannt. Das Ausschreibungsvolumen gemäß den gesetzlichen Bestimmungen aus dem EEG wird um den Anschlusswert verringert, mit dem gesetzlich bestimmte Anlagen im Vorjahr in Betrieb gegangen sind, und um das Volumen erhöht, das im Vorjahr nicht bezuschlagt worden ist.

Gesetzlich bestimmte Werte können z.B. auch Abfallbiogasanlagen sein, die nicht an der Ausschreibung teilnehmen müssen, wenn sie mit einer direkt angeschlossenen Nachrotte betrieben werden und das Gärsubstrat zu mehr als 90 % aus Bioabfällen (AVV 20 03 01), pflanzlichen Marktabfällen (AVV 20 03 02) und Garten- und Parkabfällen (AVV 20 02 01) aus der getrennten Sammlung stammt. Die gesetzlich bestimmten Werte richten sich grundsätzlich nach dem jeweils gültigen Angebotshöchstwert. Dieser ist allerdings begrenzt auf eine Anschlussleistung von 500 kW. Höhere Anschlussleistungen werden für Abfallbiogasanlagen mit 13,05 ct/kWh abzüglich der 1 %igen jährlichen Degression vergütet.

Die Bundesnetzagentur gibt auf der Internetplattform ebenfalls den Angebotshöchstwert in Cent pro Kilowattstunde bekannt. Der Höchstwert hat im Jahr 2017 14,88 ct/kWh betragen und reduziert sich jährlich um 1 % auf den vorangegangenen Höchstwert.

Voraussetzung für die Teilnahme an der Biomasseausschreibung der Bundesnetzagentur ist die Eintragung der Anlage in das Marktstammdatenregister und eine erteilte Genehmigung der Abfallbiogasanlage nach BImSchG. Die Eintragung im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur muss mindestens drei Wochen vor dem Gebots termin erfolgt sein.

In den Genuss der Förderung kommt nur derjenige, der die Bemessungsleistung seiner Biomasseanlage um mindestens das doppelte überbaut hat (=doppelte Anschlussleistung). Hier ein Beispiel zum besseren Verständnis der Begrifflichkeiten:

Bei einer Abfallbiogasanlage mit 40.000 Mg/a an Input an Bioabfällen wird ein Gasertrag von 110 Nm<sup>3</sup>/Mg an Frischmasse angenommen. Der Methangehalt beträgt 55 % und der untere Heizwert für Methan 10 kW/Nm<sup>3</sup>. Hieraus errechnet sich bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 40 % die Bemessungsleistung wie folgt:

$$(40.000 \text{ Mg/a} * 110 \text{ Nm}^3/\text{Mg} * 55 \% * 10 \text{ kW/Nm}^3 * 40 \%) / 8.760 \text{ h/a} = 1.105 \text{ kW}$$

Die elektrische Anschlussleistung (installierte Leistung) muss daher mindestens  $2 * 1.105 \text{ kW} = 2.210 \text{ kW}$  betragen.

Die „doppelte“ Überbauung ist in § 44b, Abs. 1 des EEG geregelt. Dort ist festgelegt, dass ab einer Leistung von mehr als 100 kW Strom erzeugt wird, nur für den Anteil der in einem Kalenderjahr erzeugten Strommenge (Bemessungsleistung) die EEG-Vergütung bezahlt werden muss, wenn die Bemessungsleistung der Anlage weniger als 50 % des Wertes der installierten Leistung entspricht.

Neben der leistungsbezogenen Vergütung für jede eingespeiste kWh an elektrischer Energie erhält der Anlagenbetreiber vom Netzbetreiber zusätzlich die sogenannte „Flexprämie“ in Höhe von 40 €/a je installierter elektrischer Leistung des/der BHKW(s). Die Flexprämie ist gemäß EEG ebenfalls für 20 Jahre eine gesetzlich gesicherte Zahlung.

Wer sich an der Biomasseausschreibung der Bundesnetzagentur beteiligt, entrichtet eine Bearbeitungsgebühr in Höhe von 522,00 € und hinterlegt eine Sicherheitsleistung von 60,00 € je kW installierter Leistung. Die Sicherheitsleistung wird in Schritten verwirkt. 20,00 € je kW werden fällig, wenn die Anlage nicht nach 17 Monaten nach Zuschlagserteilung ans Netz gegangen ist, weitere 20 € je kW werden fällig, wenn die Anlage nicht nach 19 Monaten betrieben wird und die restlichen 20 € je kW, wenn die Inbetriebnahme erst nach dem 20. Monat oder sogar gar nicht innerhalb von 24 Monaten erfolgt. Bei Ablauf der 24 Monatsfrist erlischt auch der Zuschlag.

Der Zeitplan zur Verwirklichung einer Abfallbiogasanlage in der Größenordnung einer 40.000 Mg/a Abfallanlage nach EEG ist sehr knapp ausgelegt, wenn die Anlage nach Zuschlagserteilung innerhalb von 17 Monaten in Betrieb genommen sein muss. Der Gebotstermin zum 01.04. eines Jahres ist dabei realistischer als der Gebotstermin zum 01.11. eines Kalenderjahres aufgrund der möglichen Schlechtwetterphasen im Winter.

Für Biomasseanlagen, die mit Bioabfällen betrieben werden, gelten im EEG besondere Bestimmungen. Bioabfälle im Sinne des EEG sind Bioabfälle mit den Abfallschlüsselnummern 20 02 01 (Garten- und Parkabfälle), 20 03 01 (Bioabfälle aus der getrennten öffentlichen Sammlung) und 20 03 02 (pflanzliche Marktabfälle).

Betreiber von Anlagen, die mit diesen Abfallarten betrieben werden sollen, können an den Biomasseausschreibungen der Bundesnetzagentur teilnehmen, müssen es allerdings nicht, wenn zu erwarten ist, dass immer mehr als 90 % der eingesetzten Abfälle aus den zuvor genannten Abfallarten bestehen wird. In diesem Fall können die Anlagenbetreiber „gesetzlich bestimmte“ Erlöse geltend machen.

Nimmt ein Betreiber von Anlagen, die überwiegend mit den oben genannten Abfallarten betrieben werden, an der Biomasseausschreibung der Bundesnetzagentur teil, so gilt das Entgelt, auf das der Zuschlag erteilt wurde, nur bis zu einer Leistung von 500 kW<sub>el</sub>. Für jede erzeugte Kilowattstunde darüber hinaus, gilt nach Stand des Jahres 2017 ein maximales Entgelt von 13,05 ct/kWh. Das maximale Gebotsentgelt betrug auch in diesem Fall 14,88 ct/kWh

Nach § 9 EEG (technische Vorgaben) müssen Betreiber von Biogasanlage, die Gärsubstrate mindestens 150 Tage lang an das Biogassystem angeschlossen lassen, außer wenn mehr als 90 % der oben genannten Abfallschlüssel verarbeitet werden. Über das EEG soll somit gesetzlich gesteuert werden, dass die Trockenfermentation ausschließlich für Bioabfälle eingesetzt werden soll.

Egal ob sich eine Biomasseanlage, die Bioabfälle aus der kommunalen Sammlung überwiegend einsetzen möchte, an der Biomasseausschreibung der Bundesnetzagentur beteiligt oder die gesetzliche Regelung nutzt, gibt es bei keiner der beiden Variationsmöglichkeiten einen wirtschaftlichen Vorteil. Sollte man gesetzlich EEG-Strom einspeisen wollen, so darf man nie weniger als 90 Masse-% der oben benannten 3 Abfallarten als Gärsubstrat einsetzen.

Die Begrenzung der Vergütung ab einer Leistung von 501 kW<sub>el</sub> auf die 13,05 ct/kWh (Stand: 2017) gilt, sobald überwiegend Abfälle aus den 3 Abfallschlüsselnummern eingesetzt werden.

Laut Kommentierung von Herrn Rechtsanwalt Dr. Loibl zielt die Einschränkung, dass die hydraulische Verweilzeit von 150 Tagen „unter Gas“ betragen muss, eindeutig auf die Boxenfermenter, die vom Gesetzgeber nicht mehr gewollt sind.

In der Tabelle 4 sind die Erlösunterschiede bei einer 40.000 Mg – Bioabfallanlage aufgeführt (Einspeisemenge an Strom) gegen eine Anlage, die weniger als 50 % an Bioabfällen einsetzt und bei einer Biomasseausschreibung der Bundesnetzagentur den Zuschlag erhalten hat.

**Tabelle 4: Erlösunterschiede bei überwiegender Bioabfällen**

		Vergütungssätze EEG 2017					
		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jahresentgelte bei Teilnahme Biomasse-ausschreibung bei weniger als 50 % Bioabfälle, Grünabfälle und Marktabfälle	Grundvergütung	14,88	14,73	14,58	14,44	14,29	14,15
	Erzeugter Strom	8.000.000					
	Entgelt	1.190.400,00	1.178.400,00	1.166.616,00	1.154.949,84	1.143.400,34	1.131.966,34
	Flexprämie	80.000					
	Summe Ausschreibungsentgelte	1.270.400,00	1.258.400,00	1.246.616,00	1.234.949,84	1.223.400,34	1.211.966,34
Jahresentgelte überwiegender Bioabfälle, Grünabfälle und Marktabfälle	Grundvergütung bis 500 kW	14,88	14,73	14,58	14,44	14,29	14,15
	Erzeugter Strom	4.380.000					
	Grundvergütung ab 500 kW	13,05	12,92	12,79	12,66	12,54	12,41
	Erzeugter Strom	3.620.000					
	Entgelt, gesetzlich	1.124.154,00	1.112.859,90	1.101.731,30	1.090.713,99	1.079.806,85	1.069.008,78
Differenz-betrachtung	Differenz je Jahr	-146.246,00	-145.540,10	-144.884,70	-144.235,85	-143.593,49	-142.957,56
	Differenz 20 Jahre	-2.924.920,00	-2.910.802,00	-2.897.693,98	-2.884.717,04	-2.871.869,87	-2.859.151,17

## 2.6.1 Biomasseverordnung

Biomasse nach EEG wird bestimmt durch die Biomasseverordnung. Die Frage, welche Stoffe als Biomasse nach EEG gelten, welche technischen Verfahren zur Anwendung kommen und welche Umweltauflagen bei der Stromerzeugung aus Biomasse einzuhalten sind, regelt für den Anwendungsbereich der Vergütungsregelung des EEG die Biomasseverordnung. Als Biomasse im Sinne des EEG gilt insbesondere kein Altholz mehr. Biomasse im Sinne des § 2 Abs. 2 der BiomasseV sind:

1. Pflanzen- und Pflanzenbestandteile,
2. aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen hergestellte Energieträger, deren sämtliche Bestandteile und Zwischenprodukte aus Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung erzeugt wurden,
3. Abfälle und Nebenprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft aus der Land-, Forst- und Fischwirtschaft
4. Bioabfälle im Sinne von § 2 Nr. 1 der Bioabfallverordnung,
5. aus Biomasse durch Vergasung oder Pyrolyse erzeugtes Gas und daraus resultierende Folge- und Nebenprodukte,
6. aus Biomasse erzeugte Alkohole
7. Treibsel aus Gewässerpflege, Uferpflege und -reinhaltung,
8. Durch anaerobe Vergärung erzeugtes Biogas, sofern zur Vergärung nicht Stoffe nach § 3 Nr. 3, 7 oder 9 Biomasse-Verordnung oder mehr als 10 Gewichtsprozent Klärschlamm eingesetzt werden.

Bioabfälle, die getrennt gesammelt werden, sind Biomasse nach der Biomasseverordnung.

## **2.7 Besondere untergesetzliche Regelwerke für Biogasanlagen**

Hier sind Regelwerke angesprochen, die nicht unbedingt ein Gesetz oder ein tatsächliches untergesetzliches Regelwerk darstellen.

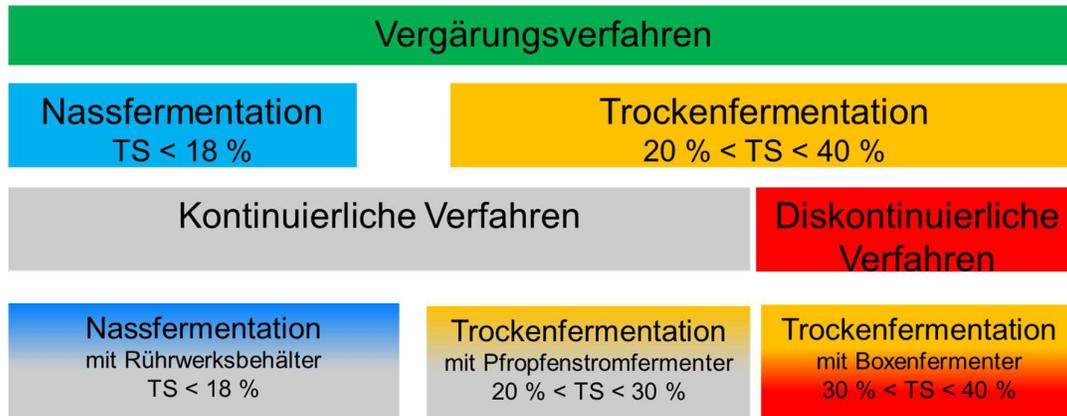
Seit dem Januar 2019 ist die TRAS 120 für Biogasanlagen in Kraft getreten. Die TRAS 120 bestimmt den Stand der Sicherheitstechnik für Biogasanlagen. Die TRAS 120 beschreibt den Stand der Sicherheitstechnik, wie er seit den letzten Jahren schon bei qualitativ hochwertigen Anlagen eingehalten wird.

Abfallbiogasanlagen sind aufgrund der industriellen Anforderungen bisher schon entsprechend den Anforderungen im Grundsatz den Anforderungen der neuen TRAS 120 errichtet worden.

### 3 Darstellung der Verfahrensarten von Vergärungsanlagen

Es gibt eine Vielzahl von unterschiedlichen Vergärungsanlagen. Betrachtet werden die klassischen Verfahren der Nassfermentation, der Trockenfermentation im Pfropfenstromverfahren und ggf. noch im Bereich der Boxenfermentation. In der Grafik 1 sind die Verfahren und die Unterscheidungsmerkmale grob dargestellt.

**Grafik 1: Einteilung der Vergärungsverfahren**



Zunächst unterscheidet man die Verfahren nach dem Trockensubstanzgehalt im Fermenter. Bis zu 18 % Trockensubstanz im Substrat ist es eine Nassfermentation. Ab etwa 20 % Trockensubstanzgehalt werden die Verfahren in die „Trockenfermentationsverfahren“ eingeteilt. Potentielle Gärsubstrate mit mehr als 40 % Trockensubstanz findet man in der Regel nicht.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Einteilung in kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren. Kontinuierlich können die Nassfermentation und die Trockenfermentation z.B. im Pfropfenstromfermenter betrieben werden. Diskontinuierliche Verfahren sind die Verfahren, die mit stapelbaren Substraten in einem Boxenfermenter arbeiten. Auf die einzelnen Verfahren wird in den nachfolgenden Kapiteln näher eingegangen.

Laut den Angaben der Witzenhausen Institut GmbH hat es im Jahr 2014 83 genehmigte Anlagen für die Vergärung von Bio- und Grünabfällen in Deutschland gegeben. Von diesen Anlagen sind

- 19 % Nassfermentationsanlagen,
- 40,5 % Anlagen nach dem Prinzip des Pfropfenströmers und
- 40,5 % Anlagen nach dem Garagenprinzip.

Die Nassvergärung war das ursprünglich vorherrschende Verfahren, bis es in den letzten 15 Jahren durch die Trockenvergärungsverfahren abgelöst worden ist. Die Trockenvergärungsverfahren sind seit dem EEG von 2004 durch einen höheren Stromerlös für den eingespeisten elektrischen Strom besonders gefördert worden.

Aufgrund der aktuellen Diskussion um die Störstoffe im Gärrest werden zumindest im Bereich der kleineren Bioabfallvergärungsanlagen wieder Nassfermentationsanlagen errichtet. Dies vor dem Hintergrund einer vorgelagerten Störstoffabscheidung von dem Fermentationsprozess.

### 3.1 Grundlagen der Biogaserzeugung

Die Bildung von „Biogas“ kommt in der Natur auch natürlich vor. In Faulungsprozessen unter Ausschluss von Luftsauerstoff kann Biogas entstehen. Dies kann an Ufergebieten von Bächen und Flüssen sein, in den Deponiekörpern, in Faultürmen bei Kläranlagen oder eben auch in Biogasanlagen.

Die natürlichste Methanbildung findet im Magen von Rindern statt. Rinder haben 4 unterschiedliche Mägen, den Pansen, den Netzmagen, den Blättermagen und den Labmagen. In jedem dieser Mägen verrichten andere Bakterien die Verdauungsarbeit. Rindergülle ist ein Träger der Methan bildenden Bakterien und wird sehr gerne zum Animpfen von neuen Biogasanlagen genutzt.

**Abbildung 2: Biogasbakterium**



Unterschiedliche Bakterienstämme unterscheiden sich auch nach der „Wohlfühltemperatur“. Zwischen 38 und 45 °C bezeichnet man den Temperaturbereich als mesophil und zwischen 50 und 55 °C als thermophil. Innerhalb von thermophil betriebenen Biogasanlagen kann unter bestimmten Voraussetzungen schon hygienisiert werden. In der nachstehenden Tabelle 6 sind die Vor- und Nachteile beider Betriebsarten aufgeführt:

**Tabelle 5: Vor- und Nachteile Betriebsart**

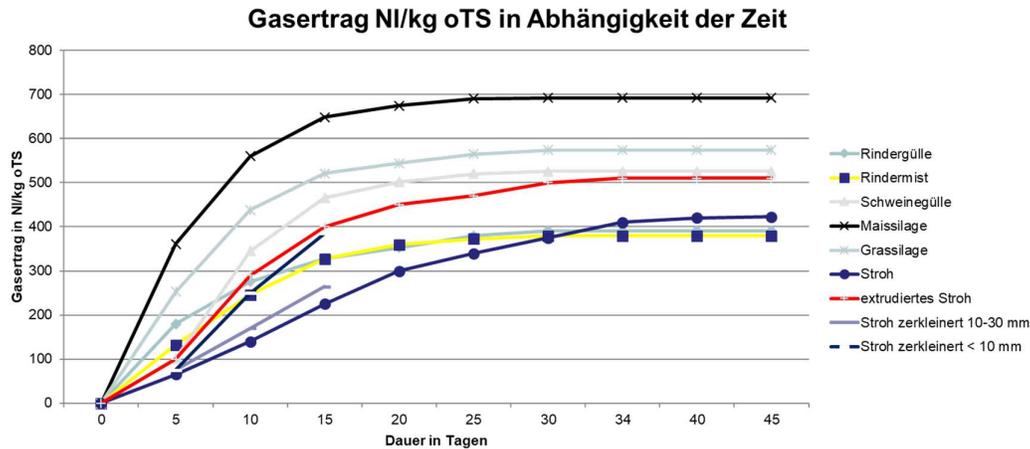
	Vorteile	Nachteile
Mesophile Betriebsart	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Prozessstabilität</li> <li>• (geringerer Einsatz von Wärmeenergie)</li> <li>• Höhere Anpassungsfähigkeit der Organismen an Temperaturschwankungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringere Umsetzungsraten, dadurch höhere Verweilzeiten</li> <li>• Keine Hygienisierung im Prozess möglich</li> </ul>
Thermophile Betriebsart	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Umsetzungsraten</li> <li>• Hygienisierung während Prozess</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringere Prozessstabilität, da: <ul style="list-style-type: none"> <li>- geringere Pufferwirkung gegenüber Säuren</li> <li>- Höhere Sensitivität auf hohe NH<sub>3</sub>-Konzentrationen</li> </ul> </li> </ul>

Die Umsetzung von Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten aus den Gärsubstraten erfolgt in 4 Stufen während des Fermentationsprozesses.

**Tabelle 6: Stufen der Biogaserzeugung**

	Prozess	Bakterien	Substrat	Produkt
1. Stufe	Hydrolyse	fermentative	Proteine, Kohlehydrate, Fette	Aminosäuren, Zucker, Fettsäuren
2. Stufe	Säurebildung	fermentative	Aminosäuren, Zucker, Fettsäuren	Organische Säuren, Alkohole
3. Stufe	Essigsäurebildung	acetogene	Aminosäuren, Zucker, Fettsäuren, organische Säuren, Alkohole	Essigsäure, Wasserstoff, Kohlendioxid
4. Stufe	Methanbildung	methanogene	Essigsäure, Wasserstoff, Kohlendioxid	Methan

Man kann deutlich erkennen, dass für die Methanbildung das Vorhandensein von Säuren wichtig ist. Allerdings darf man den Prozess auch durch Überfütterung nicht Versäuern, dann können die acetogenen Bakterien und auch die methanogene Bakterien nicht mehr arbeiten. Daher ist die Pufferbildung im Substrat sehr wichtig. Das Substrat weist, außer bei der Hydrolyse, einen pH-Wert zwischen 6,8 und 8,2 aus, ist also im neutralen bis leicht basischen Bereich.

**Grafik 2: Gasertrag in Abhängigkeit von der Verweilzeit**

Innerhalb der ersten 20 bis 25 Tage ist der Großteil der Gasbildungsrate abgeschlossen, bei thermophiler Betriebsweise etwas eher, bei mesophiler Betriebsweise auch deutlich später.

### 3.2 Verfahrensarten der Biogasanlagen

Im Folgenden werden 3 ausgewählte Verfahrensarten dargestellt. Die jeweiligen Vor- und Nachteile werden beschrieben. Zur Beschreibung der Verfahrensarten gehört auch die in der Regel vorgeschaltete Beschreibung der vorgeschalteten Substrataufbereitung, die notwendige Hygienisierung der Substrate und die Sicherstellung der Qualität der Gärprodukte und ggf. Komposte.

#### 3.2.1 Nassfermentation

Landwirtschaftliche Anlagen werden überwiegend im Verfahren Nassfermentation betrieben. Dies ist sicherlich den vorhandenen bzw. eingesetzten Substraten geschuldet, die im Vergleich zu Bio- und Grünabfälle deutliche geringere Trockensubstanzgehalte aufweisen.

Auch im Bereich der abfallstämmigen Biomassen aus der Lebensmittelindustrie und den Speise- und Kantinenabfällen werden in der Regel Nassfermentationsanlagen zur Verwertung genutzt.

Nassfermentationsanlagen für die hier einzusetzenden Bio- und Grünabfälle wurden ab Beginn der 2.000er Jahre immer mehr durch die Trockenfermentationsanlagen verdrängt. Um Bio- und Grünabfälle in einer Nassfermentationsanlage einbringen zu kön-

nen, müssen diese mit Flüssigkeit soweit angemischt werden, dass sie von einem Trockensubstanzgehalt von 40 % auf einen Trockensubstanzgehalt von idealerweise kleiner 16 % verdünnt werden.

**Abbildung 3: Biogaspark Großenzlüder-Nassfermentation**



Die Abbildung 3 zeigt den Biogaspark Großenzlüder der Biothan GmbH. Der Biogaspark Großenzlüder befindet sich im Landkreis Fulda und besteht unter anderem aus einer Nassfermentation und einer Pfropfenstromfermentation mit Nachrotte. Das Biogas wird als Biomethan in das öffentliche Erdgasnetz aufbereitet. Beide Anlagen sind in der Lage, etwa 32.000 Mg/a an unterschiedlichen Abfällen zu verarbeiten.

Rot beschriftet ist die Nassvergärungsanlage. Die Anlage besteht aus 2 Vorlagebehältern, 2 Fermentern und 4 Gärrestlägern. Bis auf die beiden Vorlagebehälter sind alle Behälter mit einem Gasspeicherdach ausgerüstet.

### 3.2.1.1 Abfallannahme- und Abfallaufbereitung

Die Abfallannahme wird klassisch in einer Halle errichtet. Hierzu wird ein ausreichend großer Flachbunker vorgehalten, der mit Anschlagwänden abgegrenzt ist. Die Lagerzeit sollte 72 Stunden nicht unterschreiten, falls an der Aufbereitungstechnik Störungen auftreten, die eine Verarbeitung der Bioabfälle unterbinden.

Die Annahmehalle steht unter Unterdruck. Die Hallenabluft wird während der Betriebszeiten bzw. Zeiten, während der sich Bioabfälle in der Halle befinden, mit einem 2,5fachen Luftwechsel abgezogen und über eine Abluftreinigung geführt. Ein saurer Wäscher ist an dieser Stelle nicht notwendig, da noch kein Ammoniak ausgast.

Die Bioabfälle müssen zunächst vorgebrochen werden. Anschließend erfolgt eine Absiebung in ein Unterkorn und ein Überkorn. Das Überkorn wird bei zu großen Verunreinigungen verworfen und einer Verbrennungsanlage zugeführt. Zwischen dem Vorbrecher und der Siebanlage wird über dem Transportband ein Magnetabscheider für Eisenmetalle installiert.

Sollte das Überkorn nicht übermäßig verunreinigt sein, kann es dem Vorbrecher nochmals zugeführt werden.

Der Vorbrecher hat eine relativ hohe Anschlussleistung und wird hydraulisch betrieben. Durch die hohe Anschlussleistung, die Kraft wird benötigt, um auch größere Äste zerkleinern zu können, hat der Brecher auch eine hohe Durchsatzleistung bei den Bioabfällen.

Nach dem Sieb wird daher eine Vorratswanne installiert, aus der eine weitere Aufbereitungsanlage gespeist wird. Es ist eine Separationshammermühle, die die Substrate nicht nur zerkleinert sondern auch die Störstoffe wie Folien und Metall abscheidet. In der Abbildung 3 ist die Separationshammermühle geöffnet dargestellt. Sichtbar sind die Schlägel, die nicht schneidend sondern schlagend arbeiten. Sie sind so befestigt, dass sie bei Auftreffen auf Substrat oder den Störstoff zunächst nachgeben, so dass die zähen Kunststoffteile nicht wesentlich zerkleinert werden und nach Durchgang durch den Innenraum der Hammermühle durch eine Schnecke ausgetragen werden können. Die Bioabfälle werden sehr wohl zerkleinert und gelangen durch das eingebaute Sieb in einen kleinen Vorlagekasten, von wo sie mittels einer Pumpe zur Biogasanlage transportiert werden.

**Abbildung 4: geöffnete Separationshammermühle**



Der Hersteller der Separationshammermühle gibt eine Garantie, dass 95 % der eingetragenen Störstoffe an dieser Stelle ausgetragen werden. Er gibt keine Garantie auf den Austrag von Sand und Glas.

Damit die ausgetragenen Störstoffe befreit vom Substrat sind, benötigt die Hammermühle Zufuhr von Flüssigkeiten, wie Brauchwasser, Regenwasser und/oder Rezirkulat. Es werden etwa 500 l bezogen auf 1 Mg Einsatzstoff durchgesetzt. Die Separationshammermühle regelt die Zugabe der Flüssigkeit anhand des Stromverbrauchs eigenständig.

Der Trockensubstanzgehalt entwickelt sich nach der Abfallaufbereitung wie folgt:

**Tabelle 7: benötigter Flüssigkeitsbedarf**

Berechnung-TS-Gehalt nach Separationshammermühle							
Berechnung mit Wasser							
Input	Menge Bioabfall	TS-Gehalt	Menge TS	Wassergehalt	Menge H <sub>2</sub> O		
Bioabfall	40.000 Mg/a	40%	16.000 Mg/a	60%	24.000 Mg/a		
Wasser	20.000 Mg/a	0%	0 Mg/a	100%	20.000 Mg/a		
Summe	60.000 Mg/a	27%	16.000 Mg/a	73%	44.000 Mg/a		
Berechnung mit Rezirkulat							
Input	Menge Bioabfall	TS-Gehalt	Menge TS	Wassergehalt	Menge H <sub>2</sub> O		
Bioabfall	40.000 Mg/a	40%	16.000 Mg/a	60%	24.000 Mg/a		
Rezirkulat	20.000 Mg/a	5%	1.000 Mg/a	95%	19.000 Mg/a		
Summe	60.000 Mg/a	28%	17.000 Mg/a	72%	43.000 Mg/a		
Berechnung benötigtes Rezirkulat							
Input	Menge Bioabfall	TS-Gehalt	Menge TS	Wassergehalt	Menge H <sub>2</sub> O		
Bioabfall	40.000 Mg/a	40%	16.000 Mg/a	60%	24.000 Mg/a		
Rezirkulat	90.000 Mg/a	5%	4.500 Mg/a	95%	85.500 Mg/a		
Summe	130.000 Mg/a	16%	20.500 Mg/a	84%	109.500 Mg/a		

Um die Pumpe nach der Separationshammermühle nicht zu gefährden, müssten 90.000 Mg/a an Rezirkulat in der Summe zugeführt werden. Im System der Nassfermentation befänden sich somit etwa 130.000 Mg/a an Gärsubstrat.

Für Abfallbiogasanlagen, in denen weniger Bioabfälle verarbeitet werden, bietet sich die Nassfermentation dennoch an, da die Störstoffabscheidung in einer „nassen“ Aufbereitung eine hohe Störstoffabscheidung garantiert.

### 3.2.1.2 Abfallbiogasanlage als Nassfermentationsanlage

Eine Nassfermentationsanlage wird in der Regel mit sogenannten Rührwerksbehältern errichtet. Rührwerksbehälter werden aus Stahlbeton vor Ort, aus Betonfertigteilen oder auch aus Stahl errichtet. Die Rührwerksbehälter können mit Betondecke oder mit Gashaube errichtet werden. Hauptfermenter und Nachfermenter sind mit Paddelrührwerken ausgestattet. Die Paddelrührwerke sind langsam laufende Rührwerke. Motoren und Getriebe bei Paddelrührwerken liegen außen an der Behälterwand und können somit von außen gewartet und instandgehalten werden. In Abbildung 4 wird ein Gärrestlager mit Gasspeicherhaube als Rührwerksbehälter dargestellt.

**Abbildung 5: Rührwerksbehälter**



**Abbildung 6: Blick in einen Rührwerksbehälter mit Paddelrührwerk**



Die Abbildung 5 stellt einen Blick in einen Fermenter einer Nassfermentation dar. Erkennbar sind die langsam laufenden Paddelrührwerke, die Heizleitungen zur Beheizung der Fermenter sowie das Netz zur biologischen Entschwefelung.

Eine Nassfermentation für Bioabfälle sollte zunächst 1 oder 2 Vorlagebehälter haben. Die Vorlagebehälter müssen nicht als Hydrolysebehälter arbeiten. Die Bioabfälle wer-

den von montags bis freitags in der Regel angeliefert und aufbereitet. Bestandteil der Aufbereitung einer Nassfermentationsanlage ist auch das Anmischen der Bioabfälle. Die Bioabfälle sind anschließend nicht mehr stapelfähig und müssen in einem Behälter zur Vorlage zwischengelagert werden. Die Fermenter der Nassfermentationsanlage müssen für einen gleichmäßigen Gasertrag auch „gleichmäßig“ und sehr kontinuierlich mit frischem Gärsubstrat „gefüttert“ werden. Die Paddelrührwerke sind für einen hohen Feststoffgehalt für Nassfermentationsanlagen ausgelegt. Durch die langsam laufenden Rührwerke wird Verschleiß an den Rührwerken aufgrund des hohen Sandanteils minimiert. Die Rührwerke sollen das Biogas aus dem Gärsubstrat austreiben und Schwimmschichten vermeiden.

In der Regel werden die Nassfermentationsanlagen 2stufig errichtet, soll heißen, es gibt einen Hauptgärer und einen Nachgärer. Etwa 70 % des Gasertrages werden im Hauptfermenter erzeugt und nur 30 % im Nachgärer.

Nach Durchlauf des Nachgärers wird das Gärprodukt abgegeben. Das Gärprodukt muss anschließend pasteurisiert werden. Eine Pasteurisierung ist statt einer Hygienisierung notwendig, wenn die Hygienisierung im eigentlichen Prozess nicht erfolgen kann. Eine Hygienisierung kann selbst bei thermophiler Betriebsart in einer Nassfermentationsanlage nicht erfolgreich nachgewiesen werden, da es jederzeit zu Kurzschlussdurchflüssen kommen kann. Die Pasteurisierung erfolgt in einer getrennten Anlage. Die Parameter sind in der Bioabfallverordnung festgeschrieben. Bei einer Pasteurisierung dürfen die maximalen Kantenlängen der Gärsubstratbestandteile nicht größer als 12 mm sein, die Temperatur muss größer als 70 °C sein und über mindestens eine Stunde lang gehalten werden. Dies führt bei Anlagen, in denen während des Fermentationsprozesses keine Hygienisierung erreicht werden kann, zu einem thermischen Nachteil in der Wärmebilanz.

Klassisch entsteht in einer Nassfermentationsanlage kein fester Gärrest. In einer Biogasanlage für Bioabfälle muss aber eine hohe Menge an Rezirkulat mit einem geringen Anteil an Trockensubstanz bei der Anmischung eingesetzt werden. Daher ist es unerlässlich, das entstehende flüssige Gärprodukt zu separieren. Es entsteht daher überschüssiges flüssiges Gärprodukt und festes Gärprodukt.

Das flüssige Gärprodukt wird pasteurisiert in die Gärrestläger gegebenen. Die Lagerzeit innerhalb der Gärrestläger muss mittlerweile mindestens 270 Tage betragen. Dies ist in der AwSV festgelegt.

### **3.2.1.3 Gärrestaufbereitung nach einer Nassfermentationsanlage**

Ein Hauptanteil der Störstoffentsorgung kann bei einer Nassfermentationsanlage schon während der Abfallaufbereitung abgeschieden werden. Ob die 95 % Abscheidegrad ausreichend sind, bestimmt der Störstoffanteil am Input bei den Bioabfällen.

Sollte im Input ein zu hoher Störstoffanteil sein, kann mittels einer „Polizeifiltration“ eine zusätzliche Störstoffabtrennung im flüssigen Teil durchgeführt werden. Diese Polizeifiltration kann beispielsweise zwischen Hauptgärer und Nachgärer erfolgen.

Auch die festen Gärreste sind dann so sauber, dass sie außer einer Trocknung nicht weiterbearbeitet werden müssen.

### 3.2.2 Trockenfermentation als Pflropfenstromanlage

Die Trockenfermentation im Pflropfenstromverfahren ist das kontinuierliche Verfahren bei den Trockenfermentationen. Der Trockensubstanzgehalt des Gärsubstrates wird durch die Zuführung von Rezirkulat reduziert. Der Trockensubstanzgehalt im Bereich des Beginns des Fermenters wird auf etwa 30 bis 34 % eingestellt.

Die Trockenfermentationsverfahren sind seit Einführung des EEG 2004 besonders gefördert worden, zunächst auch bei den Anlagen für nachwachsende Rohstoffe und später nur noch für Abfallbiogasanlagen. Die Auflagen sind immer mehr geworden und die Auflagen aus dem EEG 2014 sind auf das EEG 2017 übertragen worden, wenn der Anlagenhersteller auf die gesetzliche Förderung ohne Teilnahme an der Biomasseauschreibung setzen möchte. Die Förderungsvoraussetzungen sind in Kapitel 2.6 beschrieben worden.

**Abbildung 7: Biogaspark Großenzlüder - Trockenfermentation**



Die Abbildung 7 stellt nun die Trockenfermentationsanlage des Biogaspark Großenzlüder dar. Nach der Abfallannahme und Abfallaufbereitung werden die Bioabfälle in zwei Pflropfenstromfermentern vergoren und anschließend in der Intensivrottehalle separiert. Die Gärreste sind nach Durchgang durch die Pflropfenstromfermenter hygienisiert. Die festen Gärreste werden aerobisiert und anschließend in der Nachrottehalle klassisch mittels Mietenkompostierung zu Kompost aufbereitet. Die flüssigen Gärreste werden in 2 Gärrestelagern gelagert.

### 3.2.2.1 Abfallannahme- und Abfallaufbereitung

Wie schon bei der Nassfermentation wird die Abfallannahme in Flachbunkern in einer Annahme- und Aufbereitungshallte erfolgen. Die Größe der Flachbunker werden ebenfalls mit einer Lagerkapazität von mindestens 72 Stunden oder 3 Tagen Vorhaltevolumen berechnet.

Die Annahmehalle sollte ebenfalls mit einem 2,5fachen Luftwechsel beaufschlagt werden, allerdings deutlich länger am Tag als bei der Nassfermentation, da die stapelbaren und aufbereiteten Abfälle in der Halle auch als Vorlage gelagert werden.

Die Abfallaufbereitung ist einfacher als bei der Nassfermentation. Die Bioabfälle werden einem ähnlichen Vorbrecher zugegeben. Wie bei der Aufbereitungsanlage der Nassfermentation sind dem Vorbrecher ein Austragsband mit Magnetabscheider nachgeschaltet. Die zerkleinerte Bioabfallfraktion wird anschließend über ein Sternsieb geführt. Der Siebunterlauf wird in einem weiteren Flachbunker gelagert, um „fütterungsgerecht“ durch den automatisch betriebenen Kran der Trockenfermentation zugeführt zu werden.

Eine Lagerung in besonderen Vorlagebehältern kann somit entfallen. Eine Störstoffabscheidung ist aber erst gar nicht vorgesehen und wird auf den Bereich nach den Fermentern verlagert.

Der Siebüberlauf wird ebenfalls wie bei der Nassfermentation durch das Betriebspersonal begutachtet und, sollten die Störstoffanteile gering sein, dem Vorbrecher wieder zugeführt.

Eine andere Alternative ist die Teilstromvergärung. Der Siebüberlauf wird in diesem Fall automatisch der Intensivrotte zugeführt. Die Intensivrotte erhält hierdurch einen Abfallstrom, der energieintensiv ist und somit die flüssigen Gärreste besser zu „Kompost“ verarbeitet werden können. Die im Siebüberlauf enthaltenen großen Störstoffe werden nur in geringem Maße zerkleinert, so dass sie bei Kompostkonditionierung als Störstoff sauber ausgeschleust werden können.

### 3.2.2.2 Abfallbiogasanlage als Pfpfenstromanlage

Auch wenn eine Pfpfenstromanlage als Trockenfermentationsanlage definiert ist, so werden dem Fermenter zu Beginn des Prozesses Gärrest und auch Presswasser zugeführt. Sollte der Trockensubstanzgehalt danach noch immer zu hoch sein, so wird auch Brauchwasser benötigt.

Die Höhe des Trockensubstanzgehaltes wird bestimmt durch die maximale Drehmomentaufnahme des verbauten Rührwerkes.

Der Eintrag erfolgt beispielsweise über Stopfschnecken zuzüglich einem Eintragungssystem für Flüssigkeiten wie Rezirkulate mit und ohne Feststoffseparation. Die Zugabe der

unterschiedlichen Flüssigkeiten dient der Einstellung des maximalen Trockensubstanzgehaltes am Eintrag des Pfropfenstromfermenters und der Animpfung des Gärsubstrates mit aktivem Material, um den Vergärungsprozess zeitnah nach dem Eintrag der Bioabfälle in Gang zu setzen. Die Verweilzeiten in einer Pfropfenstromanlage sind deutlich niedriger als in einer Nassfermentation. Die Verweilzeiten betragen im Sommer minimal 14 Tage und in den Wintermonaten dann 21 Tage.

Zu Beginn des Fermentationsprozesses beträgt der eingestellte Trockensubstanzgehalt zwischen 30 und bis maximal 35 %. Nach der Fermentation und vor der Separationsanlage verbleiben davon noch etwa 22 bis 25 % Trockensubstanzgehalt. Der Verlust an Trockensubstanzgehalt ist dem Abbau der organischen Masse durch Bildung von Biogas zuzurechnen.

In der Regel wird eine Pfropfenstromanlage thermophil betrieben. Eine Nachweisführung der Hygienisierung wird eingehalten. Die Gärsubstrate sind nach Verlassen aus den Fermentern nachweislich hygienisiert und können landwirtschaftlich verwertet werden.

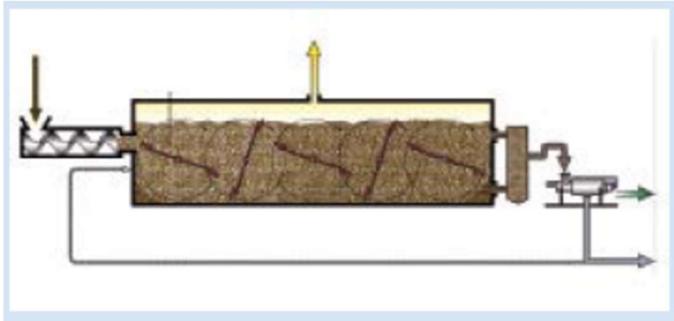
Die aktuell errichteten Pfropfenstromfermenter verfügen über ein zentrales Rührwerk, dass an der Kopf- und der Stirnseite der liegenden Fermenter gelagert sind. Eine Zwischenlagerung innerhalb des Fermenters ist entfallen. Das Risiko von gebrochenen Rührwerken ist hierdurch erheblich gesunken.

**Abbildung 8: Darstellung Rührwerk und außen liegendes Planetengetriebe**



In der Abbildung 8 wird ein Rührwerk in einem Pfropfenstromfermenter dargestellt. Das Rührwerk wird durch das außen liegende Planetengetriebe bewegt. Ein solches Rührwerk kann bis zu 35 m Länge aufweisen.

In der Abbildung 9 wird ein Pfropfenstromfermenter in einer Prinzipskizze dargestellt. Es lässt sich hier gut erkennen, dass das Gärsubstrat wie ein Pfropfen vom Eintrag in den Fermenter bis zu Austrag aus dem Fermenter gefördert wird.

**Abbildung 9: Prinzipskizze Pfpfenstromfermenter**

Die Pfpfenstromfermenter verfügen nicht über einen eigenen Gasspeicher. Die Gasspeicherung muss in externen Gasspeichern bzw. in Gasspeichern auf den Presswasserlagertanks erfolgen.

### 3.2.2.3 Gärrestbehandlung

Nach dem Durchlauf durch den Pfpfenstromfermenter werden die Gärsubstrate in eine feste und flüssige Phase getrennt. Hierzu werden unterschiedliche Aggregate eingesetzt. In der Hauptsache werden Schneckenpressen verwendet.

Der feste Gärrest hat dabei einen Trockensubstanzgehalt von etwa 35 % TS-Gehalt und der flüssige Gärrest (Presswasser) immer noch einen Trockensubstanzgehalt von 16 bis 20 %. Bei einem relativ hohen TS-Gehalt in dem Presswasser kann es nicht wirklich als Brauchwasserersatz zur Reduktion der anfallenden flüssigen Gärreste genutzt werden.

Das Presswasser wird in der Regel in ein Absetzbecken gegeben. Entgegen den älteren Konzeptionen haben viele Anlagen zwischenzeitlich eine weitere Separation nachgerüstet. Durch beispielsweise einen Dekanter können im Presswasser ohne Zugabe von Flockungsmitteln etwa 9 % TS-Gehalt eingesetzt werden. Das ausgetragene Sand-/Substratgemisch hat einen TS-Gehalt von 50 % und kann der Nachrotte zugegeben werden.

Ein Presswasser mit einem TS-Gehalt von 9 % kann dem Fermentationsprozess statt Brauchwasser zugegeben werden. Dies reduziert den Anfall von flüssigem Gärprodukt erheblich.

Der feste Gärrest zuzüglich des Kuchens aus der zusätzlichen Feststoffabscheidung aus dem Presswasser werden ggf. einer zusätzlichen Zugabe von Grünabfällen inzwischen einer Intensivrotte zugegeben. In der Intensivrotte haben die Materialien eine Aufenthaltsdauer von 1 Woche. Der Eintrag in die Intensivrotte erfolgt über automatische Zuführsysteme, um eine Zerkleinerung der Kunststoffe in den festen Gärresten für die nachgeschaltete Fraktionierung zu minimieren.

Der Austrag aus der Intensivrotte und der Eintrag in die Nachrotteboxen erfolgt mittels Radlader. Eine Umsetzung innerhalb der Nachrotteboxen erfolgt nicht. Hierdurch sind keine weiteren Umsetzungsvorgänge notwendig. Die Verweilzeit in den Nachrotteboxen beträgt 3 Wochen.

Danach erfolgt eine klassische Klassierung der erzeugten Komposte durch Siebung, Sichtung und ggf. Schwerstoffabscheidung.

### 3.2.3 Trockenfermentation als Boxenfermentation

Die Trockenfermentation als Boxenfermentation ist das diskontinuierliche Verfahren bei den Trockenfermentationen. Der Trockensubstanzgehalt des Gärsubstrates wird bei Eintrag in die einzelnen Garagenfermentern nicht eingestellt.

Die Trockenfermentation im Boxenverfahren wird im EEG 2017 nur noch bei den Abfallbiogasanlagen auf dem gleichen Niveau gefördert wie das Pfropfenstromverfahren, in denen mehr als 90 % der Abfallarten Bioabfälle aus der kommunalen, getrennten Sammlung, Grünabfälle sowie pflanzliche Marktabfälle zum Einsatz kommen. Werden weniger als 90 % der vorgenannten Abfälle verarbeitet, so muss das Gärsubstrat eine hydraulische Verweilzeit im geschlossenen System von mehr als 150 Tagen haben. Die Boxenfermentation ist somit nur noch für eine reine kommunal betriebene Abfallvergärungsanlage einsetzbar.

Der Biogasertrag der Trockenfermentation im Boxenverfahren ist verfahrensbedingt um 20 % niedriger als bei der Trockenfermentation im Pfropfenstromverfahren. Die wirtschaftliche Gegenüberstellung in den nachfolgenden Kapiteln wird zeigen, welches der beiden Trockenfermentationsverfahren das wirtschaftlichere sein wird.

Bei einer Abfallbiogasanlage kann eine offene Bauweise wie noch in Abbildung 10 dargestellt, nicht mehr realisiert werden. Die einzelnen Garagen müssen in einer geschlossenen Halle errichtet werden.

**Abbildung 10: Beispielanlage Boxenfermentation**



### 3.2.3.1 Abfallannahme- und Abfallaufbereitung

Wie schon bei den zuvor beschriebenen Vergärungsverfahren wird die Abfallannahme in Flachbunkern in einer Annahme- und Aufbereitungshalle erfolgen. Die Größe der Flachbunker werden ebenfalls mit einer Lagerkapazität von mindestens 72 Stunden oder 3 Tagen Vorhaltevolumen berechnet.

Die Annahmehalle sollte ebenfalls mit einem 2,5fachen Luftwechsel beaufschlagt werden.

Es findet keine Abfallaufbereitung vor dem Eintrag in die Boxenfermenter statt.

Die frisch angelieferten Bioabfälle müssen mit schon vergorenem Material in einem bestimmten Verhältnis gemischt werden, das durch den jeweiligen Systemlieferanten bestimmt wird. Das Mischungsverhältnis beträgt in der Regel mindestens 1/3 schon vergorenes Material zu 2/3 frischem, noch zu vergärendem Bioabfall. Diese Tätigkeit erfolgt mittels Radlader und ggf. zusätzlich mit einem Mischer.

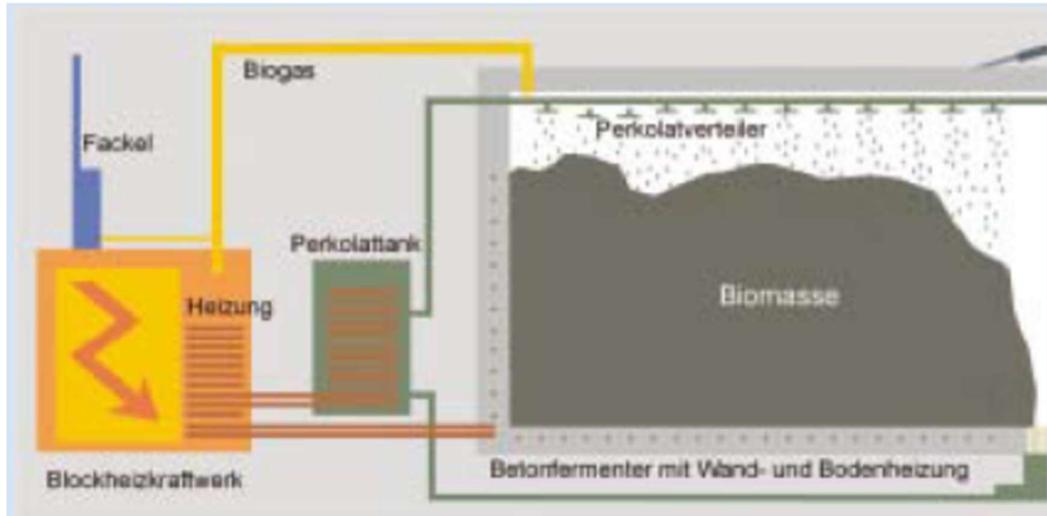
Die sich im Bioabfall befindlichen Störstoffe, hier insbesondere die Kunststofffolien, werden mit jeder Radladerbewegung zerkleinert. Je kleiner die Kunststofffolien am Ende des Prozesses sind, desto schwieriger ist die Abtrennung bei der Konditionierung der Komposte.

### 3.2.3.2 Abfallbiogasanlage als Boxenfermentation

Die Boxenfermentation arbeitet diskontinuierlich. Sie besteht aus einer Vielzahl von einzelnen Boxen oder auch als Garagen bezeichnet, in die die Bioabfälle vermischt mit schon vergorenen Bioabfällen mittels Radlader eingegeben werden. Das Substrat

muss wie bei den Bioabfällen aus den Haushalten stapelfähig sein. Nach Befüllung der Garagen beginnt der eigentliche Vergärungsprozess.

**Abbildung 11: Prinzipskizze Boxenfermentation**



Gestartet wird der anaerobe Prozess mit dem Animpfen durch überschüssiges Perkolat. Perkolat sind die überschüssigen Sickersäfte aus den voraus gegangenen Fermentationsprozesse. Ohne eine Animpfung würde der Prozess erst gar nicht oder viel später starten.

Die Garagenfermenter werden aus Ortbeton hergestellt. Der Boden wird so hergerichtet, dass das überschüssige Perkolat durch Spaltböden aufgefangen werden kann und den Perkolatspeichern zugeführt wird. Die Garagenfermenter werden mesophil betrieben. Die Hygienisierung findet erst in der Nachrotte statt.

Die Garagenfermenter sind mit einer Boden- und Wandheizung ausgestattet, um die notwendige Wärme in die stapelfähigen Gärsubstrate einbringen zu können.

Bei den Herstellern der Boxenverfahren gibt es unterschiedliche Herangehensweisen zum Umgang mit den in der Anfangsphase entstehenden Schwachgasen aus einem Boxenfermenter. Teilweise werden sie in Schwachgasfackeln verbrannt, teilweise werden sie mit dem guten Biogas so vermischt, dass einer Nutzung nichts im Wege steht.

Die Boxenfermenter selbst haben keine Gasspeicher. Für die Lagerung von Biogas sind daher externe Gasspeicher notwendig. Gasspeicher auf Gärrestlagern (flüssig) sind ebenfalls nicht vorhanden, da außer dem Perkolat keine flüssigen Substrate in einer Boxenfermentation anfallen.

### 3.2.3.3 Gärrestbehandlung im Rahmen der Boxenfermentation

Die Boxenfermentation wird in der Regel mesophil betrieben. Eine Nachkompostierung ist zwingend notwendig, allein um die Hygienisierung der eingesetzten Bio- und Grünabfälle sicherstellen zu können.

Die Gärreste, die nicht als Animpfmaterial benötigt werden, werden bei neueren Anlagen in Intensivrotten kompostiert. Nach Durchgang durch die Intensivrotten werden die Gärreste noch nachgerottet. Alle Eintrags- und Umsetzungsvorgänge werden mittels Radlader durchgeführt. Die Störstoffe sind während des gesamten Prozesses im Substrat enthalten und werden erst am Ende der Nachrotte im Rahmen der Konfektionierung ausgeschleust. Durch jeden Umsetzprozess werden die Störstoffe zerkleinert. Je kleiner die Störstoffe vor der Konfektionierung sind, desto schwieriger wird die Abscheidung.

### 3.3 Bewertung der Verfahrensarten

Die Verfahrensarten sind von uns nach folgenden Hauptthemen bewertet worden:

- Störstoffaustrag
- Bewertung grundsätzlicher Anlagenparameter
- Wirtschaftliche Aspekte
- Sicherheit und
- Umsetzbarkeit an die Anforderungen aus dem EEG 2017.

In der Tabelle 8 sind die Bewertungen zum Störstoffaustrag vor Einbringung in die Fermentation aufgeführt.

Eine nasse Aufbereitung der Bioabfälle vor Eintrag in die Fermentation ist sicherlich die beste Möglichkeit, die Störstoffe ohne weitergehende Zerkleinerung während der Fermentation bzw. der anschließenden Rotte abzuscheiden. Dies kann aber nur bei der Nassfermentation erfolgreich durchgeführt werden. Diese schließen wir aber aufgrund der hohen Flüssigkeitszugabe grundsätzlich aus.

Bei den beiden Trockenfermentationen ist es beim Pflöfenströmer noch möglich, Störstoffe abzuscheiden, allerdings in geringerem Maße als bei der Nassfermentation. Der Bioabfall wird in der Abfallaufbereitung zerkleinert. Nach der Zerkleinerung ist ein Überbandmagnet installiert, der die Eisenmetalle abscheiden kann. Anschließend findet eine Siebung statt. Die Störstoffe im Unterkorn werden nicht abgeschieden, im Überkorn kann aber eine Windsichtung für die Kunststofffolien stattfinden. Das Überkorn kann nach der Siebung verworfen werden oder nochmals dem Schredder zugeführt werden.

Bei der Boxenfermentation findet keine Störstoffabtrennung vor der Fermentation statt. Dies ist insbesondere bei den Kunststofffolien ein erheblicher Nachteil gegenüber den anderen Verfahren.

Bei der Nassfermentation gibt es keine Nachrotte.

Bei den Pfropfenstromverfahren werden mittlerweile keine „einfachen“ Nachrotten mehr eingesetzt. Die Nachrotte entspricht fast einer normalen Kompostierungsanlage mit Intensivrottetunneln und Nachrottetunneln. Der Eintrag der festen Gärreste nach der Separation erfolgt ohne Einsatz eines Radladers. Eine weitere Zerkleinerung der Störstoffe (insbesondere Kunststoffe) findet nur bei Entnahme der festen Gärreste aus der Intensivrotte und bei der Entnahme aus den Nachrottetunneln statt. Durch die Rottetunnel wird ein Umsetzen der „Mieten“ vermieden. Bei der Pfropfenstromfermentation ist nach der Nachrotte eine Konditionierung derzeit noch mit einem Siebschnitt von 12 mm möglich. Bei diesem Siebschnitt entfallen auf den Feinkompost zur Vermarktung etwa 70 % Massenanteile. 30 % müssen als Überkorn thermisch verwertet werden.

Bei der Boxenfermentation findet keine spezielle Aufbereitung der angelieferten Abfälle bzw. Substrate statt. Die angelieferten Abfälle werden ohne Störstoffabscheidung mit schon vergorenem Material gemischt, bevor das Gärsubstrat in die Boxenfermenter gegeben wird. Die unbestreitbar vorhandenen Kunststofffolien werden bei jedem Umsetz- bzw. Mischvorgang mittels Radlader zerkleinert. Dies ist aufgrund der erhöhten Ansprüche an die Flächensumme und weiterer Parameter der RAL-Gütesicherung ein großer Nachteil der Boxenfermentation. Dies spiegelt sich auch in den nachfolgenden Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit wider. Der hohe Sandanteil bei den Bioabfällen kann problemlos verarbeitet werden.

Weitere Einzelheiten können der Tabelle 8 entnommen werden.

**Tabelle 8: Verfahrenstechnische Bewertung - Störstoffaustrag**

Verfahrenstechnische Bewertung	Nassfermentation		Pfropfenstromverfahren		Boxenverfahren	
Störstoffaustrag	Bewertung / Anmerkung	Anmerkung/Begründung	Bewertung / Anmerkung	Anmerkung/Begründung	Bewertung / Anmerkung	Anmerkung/Begründung
Qualität der Aufbereitung vor Einbringung in den Gärprozess	+++	Es ist eine nasse Aufbereitung möglich.	+	Gering, da nur vorzerkleinert wird und Magnetabscheider bzw. ggf. Windsichtung vorgeschaltet ist.	-	keine Aufbereitung vorgesehen
Störstoffanteil beim Einbringen in das Fermentationssystem	+++	Die Störstoffabtrennung erreicht einen Abscheidegrad von 95%.	+	Es werden vorher vielleicht 10 % abgeschieden	---	Es werden vorher 0 % abgeschieden
schonende Behandlung innerhalb des Gärprozesses	+	Die Rührwerke sind zwar langsam laufend, könnten aber verbliebene Störstoffe weiter zerkleinern.	o	nein, da Rührwerk arbeitet, allerdings langsam laufend	o	Im Gärprozess selbst, findet zwar keine mechanische Beanspruchung statt, dafür wird mit Radlader vermischt, eingetragen und ausgetragen
schonende Behandlung des Gärrestes bei Eintrag in die Gärrestnachbehandlung	++	Der Gärrest wird über Pumpen gefördert. Das Substrat ist noch flüssig.	++	nach aktueller Konzeption ja, da kein Radlader benötigt wird.	o	Gärrest wird immer wieder zum Animpfen genutzt, der Eintrag in die Rotte erfolgt über Radlader.
schonende Behandlung des Gärrestes während der Aerobisierung/Intensivrotte	+++	Es gibt keine Rotte.	+	nach aktueller Konzeption kein Umsetzen mehr notwendig	+	nach aktueller Konzeption kein Umsetzen mehr notwendig
schonende Behandlung des Gärrestes während der Nachrotte	+++	Es gibt keine Rotte.	+	Radlader nur Ein- und Austrag benötigt	+	Radlader nur zum Ein- und Austrag benötigt
technische Möglichkeiten bei der Konditionierung des Gärrestes	+++	Es gibt keine Rotte.	++	durch Intensivrotte etc. verbessert	+	durch Intensivrotte etc. verbessert
Menge nicht landwirtschaftlich nutzbarer Gärprodukte	+++	0%	++	Siebschnitt etwa 12 mm	+	Siebschnitt 8 bis 10 mm
Verhalten mit mineralischen Bestandteilen	++	Bei Einsatz einer Entsandung im Bereich der Vorlagen gute Erfahrungen	+	wenn kein Hydrozyklon die Presswässer aufreinigt, jährliche Reinigung von Gärproduktlagern	+++	Der Sandanteil ist ähnlich den reinen Kompostierungsverfahren vollkommen unproblematisch

In Tabelle 9 werden die „Anlagenparameter“ miteinander verglichen.

Auch in der Tabelle 9 hat die Nassfermentation erhebliche Vorteile, wenn nicht der große Nachteil der Substratmenge überwiegen würde.

Die beiden Trockenfermentationsverfahren unterscheiden sich vor allem in der kontinuierlichen und der diskontinuierlichen Verfahrensweise. Der Automatisierungsgrad bei der Boxenfermentation ist damit sehr gering. Alle Belade- und Entladevorgänge erfolgen mittels Radlader.

Ausschließlich das Pfropfenstromverfahren wird thermophil betrieben, so dass nur dort die Hygienisierung schon während der Fermentation erfolgt. Die Hygienisierung der Gärprodukte muss bei der Nassvergärung in einer nachgeschalteten „Pasteurisierung“ und bei der Boxenfermentation in der Intensiverotte/Nachrotte erfolgen.

In der Betrachtung der Arbeitssicherheit ist die Boxenfermentation aufgrund der hohen Deselemissionen ebenfalls schlechter zu bewerten. In einer Abfallbiogasanlage sind die Boxen in einer Halle zusammenzufassen, so dass die Emissionen in der Halle ausgestoßen werden. Sowohl die Nassfermentation als auch die „neue“ Pfropfenstromtechnologie haben deutlich geringere Deselemissionen.

Die höchste Redundanz hat die Boxenfermentation aufgrund der „kleinen“ Fermenter. Sollte einer dieser Fermenter ausfallen, so ist nicht die gesamte Anlage berührt.

Die Nassfermentation würde so konzipiert, dass die Anlage immer 100 % der Mengen verarbeiten kann. Dies betrifft nicht die Abfallaufbereitung, sehr wohl aber die Biogasanlage.

Die hier dargestellte Pfropfenstromanlage ist redundant durch die Intensiv- und Nachrotte. Sollte die Bioabfallvergärungsanlage ausfallen, können die Bioabfälle immer noch über die Intensiv- und die Nachrotte „kompostiert“ werden. Die Entsorgungssicherheit kann durch die reine Kompostierung sichergestellt werden. Eine Aufteilung in 2 Fermenter würde einen höheren Invest von 2,5 Millionen Euro nach sich ziehen.

Tabelle 9: Verfahrenstechnische Bewertung - Anlagenparameter

Verfahrenstechnische Bewertung	Nassfermentation		Pfpfenstromverfahren		Boxenverfahren	
	Bewertung / Anmerkung	Anmerkung/Begründung	Bewertung / Anmerkung	Anmerkung/Begründung	Bewertung/ Anmerkung	Anmerkung/Begründung
Investitionshöhe	+++	Die Kosten in eine bessere Abfallaufbereitung sind nicht so hoch, wie in eine nachgeschaltete Rotte.	+	Investitionskosten in liegenden Fermenter sehr hoch, Investitionskosten in Behandlung fester Gärrest hoch	++	Investitionskosten in Boxenfermenter geringer als bei Pfpfenstromfermenter, durch die Intensiv- und Nachrotte aber höher als bei Nassfermentation.
Kontinuierlich/Diskontinuierlich	kontinuierlich		kontinuierlich		diskontinuierlich	
Automatisierungsgrad	+++	Die Anlage arbeitet ab der Aufgabe der Bioabfälle in die Aufbereitungslinie voll automatisch.	++	Im Bereich der Vergärungsstufe ähnlich hoch wie bei der Nassvergerärung. Erst ab Austrag aus der Intensivrotte wird der Einsatz von Radladern benötigt.	o	Der Automatisierungsgrad ist sehr gering.
Verschleiß	++	Verschleißträchtig sind vor allem die Aggregate in der Abfallaufbereitung inklusive der Pumpen.	+	Verschleißträchtig sind die Aggregate der Aufbereitung und das Eintragungssystem in die liegenden Fermenter.	++	Die benötigten Radladerstunden sind hoch.
Ausfallwahrscheinlichkeit	++	gering, da der Biogasprozess auch ohne mechanische Aufbereitung fortgeführt werden kann.	+	Schwachstelle ist das Eintragungssystem. Auch 2 Fermenter werden mit 1 Eintragungssystem beaufschlagt.	+++	Durch die Vielzahl von einzelnen Garagen ist der Ausfall der Gesamtanlage unwahrscheinlich.
Redundanz	++	hoch, da es mindestens von jedem Behälter 2 Ausführungen gibt.	+	Durch Umgehung der Fermentation und Zugabe der Bioabfälle direkt in die Intensivrotte gegeben.	+++	Redundanz bei der Vergärung durch das eigentliche System schon vorgegeben.
Platzbedarf	++	Vergleichsweise geringer Platzbedarf benötigt, da keine Nachrotte stattfinden muss	+	Mittlerer Platzbedarf durch die nachgeschaltete Kompostierung	o	Vergleichsweise hoher Platzbedarf durch die vielen kleinen Fermenter und den erhöhten stapelfähigen Mengen durch Animpfmasse
Emissionen Methan	+	gering	+	durch den Intensivrotteprozess vergleichsweise höher, aber Abluftbehandlung	-	deutlich höher durch den Mischvorgang, den Transport zu den Boxen, den Transport zur Intensivrotte usw.
Emissionen Diesel	++	gering, Diesel wird nur für den Radlader bei der Aufgabe in die Aufbereitungsanlage benötigt.	+	vergleichsweise höher, durch den zusätzlichen Einsatz in der Nachrotte	-	deutlich höher durch den Mischvorgang, den Transport zu den Boxen, den Transport zur Intensivrotte usw.
Verfahrensweise in der Regel für Bioabfall	mesophil		thermophil		mesophil	
Hygienisierung/Pasteurisierung im Biogasprozess	nein		ja		möglich	
Hygienisierung/Pasteurisierung in der Rotte notwendig	nein		möglich		ja	
Hygienisierung/Pasteurisierung extern	notwendig		nein		nein	

Bei den wirtschaftlichen Aspekten ist sicherlich der zu erwartende Gasertrag aus den Gärsubstraten einer der wichtigsten wirtschaftlichen Faktoren. Die „nasseren“ Verfahren haben hier einen deutlichen Vorteil. Sowohl die Nassfermentation als auch die Trockenfermentation nach dem Pfropfenstromverfahren geben den Bakterien ausreichend Flüssigkeit, um 100 % des Biogasertrages zu erbringen. Das Boxenverfahren ist ein Verfahren mit stapelfähigen Gärsubstraten, so dass hier nur 80 % des potentiellen Biogasertrages erreicht werden können.

In Gebieten, die über eine erhebliche Rindviehhaltung bestimmt sind, ist es nicht möglich, flüssige Gärreste zu den Güllen auszubringen. Dies ist weder am Standort in Büttelborn noch an der Deponie Dyckerhoffbruch gegeben.

In Tabelle 9 werden die wirtschaftlichen Aspekte bewertet. Wie schon zuvor ausgeführt liegt der Vorteil vor allem bei den nasseren Verfahren aufgrund des Gasertrages. Aufgrund der geringen Automatisierung bei dem Boxenverfahren erhöht sich hier der Personalbedarf von 5 auf 7 Mitarbeiter. Hierbei sind keine Verwaltungstätigkeiten eingerechnet. Die jährlichen Entgelte je Mitarbeiter sind so berechnet, dass hierin die Sozialversicherungsbeiträge sowie die Vertretungsstunden aufgrund von Krankheit und Urlaub eingerechnet sind.

Tabelle 10: Verfahrenstechnische Bewertung- wirtschaftliche Aspekte

Verfahrenstechnische Bewertung	Nassfermentation		Pfpfenstromverfahren		Boxenverfahren	
	Bewertung / Anmerkung	Anmerkung/Begründung	Bewertung / Anmerkung	Anmerkung/Begründung	Bewertung / Anmerkung	Anmerkung/Begründung
Biogasertrag	100%	Durch geringen TS-Gehalt bessere Erreichbarkeit der Nährstoffe für die Bakterien.	100%	Durch geringen TS-Gehalt bessere Erreichbarkeit der Nährstoffe für die Bakterien.	80%	Keine Flüssigekeit zum Nährstofftransport verfügbar. Keine Vermischung des Gärproduktes während des Fermentationsprozesses.
Eigenstromverbrauch	o	Abfallaufbereitung benötigt viel elektrische Energie, der Energieaufwand für die Pumpen ist ebenfalls höher.	+	Vorteile gegenüber der Nassfermentation werden durch die Belüftung der Intensiv- und Nachrotte verkleinert.	++	Vorteile gegenüber der Nassfermentation werden durch die Belüftung der Intensiv- und Nachrotte verkleinert.
Wärmeverbrauch	o	Die Substratmenge ist gegenüber den anderen Verfahren sehr hoch, so dass mehr Material auf Temperatur gehalten werden muss.	+	Vorteil: Hygienisierung erfolgt während des Fermentationsprozesses, es wird keine Energie für die Pasteurisierung benötigt.	++	Vorteile: - Hygienisierung erfolgt während des Rotteprozesses. Durch den geringeren Gasertrag kann die Eigenenergie im Gärrest zur Hygienisierung genutzt werden. - keine Rührwerke, - keine Tragluftdächer
Dieserverbrauch	++	gering, da Radlader nur bei Aufgabe in die Aufbereitungsanlage eingesetzt wird.	+	vergleichsweise höher, durch den zusätzlichen Einsatz in der Nachrotte	o	deutlich höher durch den Mischvorgang, den Transport zu den Boxen, den Transport zur Intensivrotte usw.
Gärprodukt flüssig	o	Als Gärprodukt fallen ausschließlich flüssige Gärreste an.	+	Bei Nutzung einer zusätzlichen Feststoffabscheidung im Presswasser etwa 50 % im Vergleich zur Nassfermentation.	++	geringste Mengen an ÜberschussPerkolat möglich
Gärprodukt fest, als Feinkompost	++	Bei Separation des Rezirkulates fällt festes Gärprodukt in geringen Mengen an, das getrocknet werden muss.	++	Aufgrund schonendem Umgangs mit den Störstoffen kann das Feinkorn auf 12 mm abgesiebt werden.	+	Es ist durch die vielen Radladerbewegungen nur eine Absiebung von maximal 8 mm möglich.
Gärrest als Siebüberlauf	+++	fällt durch die Nassaufbereitung nicht an	++	Durch die Absiebung von 12 mm fällt etwa 30 % des Kompostes als Siebüberlauf an.	o	Durch die Absiebung auf nur 8 mm fällt etwa 45 % des Kompostes als Siebüberlauf an.
Benötigte Rezirkulatmenge flüssig	---	hoch, da etwa 50% der eingesetzten Abfallmenge bei der Aufbereitung der Abfälle als Rezirkulat zugegeben werden müssen.	+	deutlich geringer als bei der Nassfermentation	+++	nur Perkolat
Benötigtes Animpfmaterial fest (auch Nachrotte)	+++	nein	+	ggf. zusätzlicher Grünabfall	---	etwa 1/3 bis 1/2 schon vergorenes Material
Personaleinsatz (bezogen auf 40.000 Mg/a)	3 Anlagen- mitarbeiter	Erfahrungswerte aus anderen vergleichbaren Anlagen, ohne Verwaltungstätigkeit	3 Anlagen- mitarbeiter	Erfahrungswerte aus anderen vergleichbaren Anlagen, ohne Verwaltungstätigkeit	5 Anlagen- mitarbeiter	Erfahrungswerte aus anderen vergleichbaren Anlagen, ohne Verwaltungstätigkeit

Bei der Anlagensicherheit haben die beiden nasseren Verfahren einen gewissen Vorsprung. Die nassen Verfahren arbeiten kontinuierlich und voll automatisch. Bei den Boxenfermentern können sich bei Austrag Biogasester im Substrat bilden, die durch die Radladerbewegung zur Explosion gebracht werden können. Bei den nasseren Verfahren muss nicht regelmäßig durch eine explosionsgefährdete Atmosphäre wie bei den Boxenfermentern gefahren werden.

Durch die großen Gärrestlägern ist bei der Nassfermentation am ehesten damit zu rechnen, dass die Anlage unter die Störfallverordnung (13. BImSchV) fallen wird. Bei der Berechnung der möglichen Biogasmenge wird nicht nur der Gasspeicher betrachtet, sondern auch das Substratlagervolumen aller Behälter, die wechselnde Füllstände haben. Klassisch sind das die Vorlagebehälter, die Dünnschlammbehälter und eben auch die Substratläger.

Gemäß der nachfolgenden Tabelle sind nur die Nassfermentation und die Pfropfenstromfermentation (novelliert) in der Lage, 150 Tage hydraulisch die Gärsubstrate unter „Biogasdach“ zu halten.

Tabelle 11: Verfahrenstechnische Bewertung - Sicherheit - EEG

Verfahrenstechnische Bewertung		Nassfermentation		Pfropfenstromverfahren		Boxenverfahren
<b>Sicherheit</b>						
Explosive Atmosphäre	+	besteht nur um die Über- und Unterdrucksicherungen	++	besteht nur an den Über- und Unterdrucksicherungen	--	kann sich bei Öffnen der Tore bilden,
An- und Abfahren von Fermenterr	+++	Durchlauf der Ex-Grenzen nur bei Inbetriebnahme und Außerbetriebnahme	+	Durchlauf der Ex-Grenzen nur bei Inbetriebnahme und Außerbetriebnahme	---	Durchlaufen der Ex-Grenze bei jedem Befüll- und Entleervorgang
An- und Abfahren von Gärrestläge	+++	Durchlauf der Ex-Grenzen nur bei Inbetriebnahme und Außerbetriebnahme	o	Presswasserlager und Presswasserlagertanks müssen ohne Nutzung eines Dekanters mindestens 1mal jährlich gereinigt werden.	++	Es gibt außer dem Perkolatspeicher keinen Lagerbehälter mit Biogas.
Besondere verfahrenstechnische Gefahren	nicht vorhanden		nicht vorhanden		beim Austrag des vergorenen Materials	Es kann zu Methanestern im vergorenen Material kommen.
Besondere Schutzausrüstungen notwendig	bei Begehung von Behältern und Schächten	üblich	bei Begehung von Behältern und Schächten		selten	
Grundpflichten der Störfallverordnung zu erwarten	ja	ab 10.000 Mg an Lagermenge von Biogas	vielleicht		nein	
<b>EEG 2017</b>						
Größe des Gasspeichers in Verbindung mit Flexbetrieb	auf Gärbehältern und Gärrestlagern ausreichend zur Verfügung	dadurch aber wahrscheinlich Grundpflichten der Störfallverordnung	auf Gärrestlagern ausreichend zur Verfügung		Muss zusätzlich errichtet werden.	
Hydraulische Verweilzeit von 150 Tagen möglich, wenn nicht mehr als 90 % der Abfallsubstrate Bioabfall aus der kommunalen Sammlung, Grünabfälle und Marktabfälle sind.	ja		bedingt	Es muss bei der Planung berücksichtigt werden, dass das Presswasser direkt in Gärrestlager überführt wird, wo es weiter ausgasen kann.	nein	

### 3.4 Zusammenfassung der Vor- und Nachteile zur weiteren Betrachtung

Die Nassfermentation hat sicherlich bei der vorbereitenden Abfallaufbereitung einen großen Vorteil. Die nasse Aufbereitung mittels einer Wackerbauermühle bedingt aber auch ein kleines Gärsubstrat, das im Anschluss an die Vergärung nicht gut kompostiert werden kann. Die Nassfermentationen haben sich daher bei Abfällen wie Speisereste, Abfällen aus dem Lebensmittelhandel und der Lebensmittelindustrie auch in den letzten Jahren durchgesetzt. Aufgrund der Pasteurisierung nach der Fermentation müssen die Teilchen kleiner als 12 mm sein.

Die Nassfermentation wird in den weiteren Betrachtungen ausgeschlossen, da der Flüssigkeitsbedarf zu hoch ist und eine Nachrotte nur sehr schwierig bis gar nicht nachgeschaltet werden kann.

Für Bioabfälle haben sich in den vergangenen die Trockenfermentationsarten Boxenfermentation bzw. Pfropfenstromvergärung den Markt geteilt. Beide Verfahren haben ihre Vor- und Nachteile.

Das EEG 2017 fördert die Boxenfermentation aufgrund der Methanemissionen allerdings nur noch für den Einsatz bei der Bioabfallvergärung, wenn mehr als 90-Massen-% an Bioabfällen, Grünabfällen und Marktabfällen vergoren werden.

In der Anlagensicherheit hat das Boxenverfahren ebenfalls einen Nachteil gegenüber dem Pfropfenstromverfahren, da sich in dem stapelfähigen Gärgut trotz Entlüftung der Gärbehälter noch Methanester bilden können, die bei Austrag des Materials zu Verpuffungen führen können.

Die Boxenfermentation ist im Vergleich der benötigten Investitionen günstiger als das System Pfropfenstrom. Allerdings wird mehr Personal benötigt und der Gasertrag liegt nur bei 80 % im Vergleich zur Pfropfenstromfermentation.

Die Hersteller von Pfropfenstromverfahren haben ihre Anlagentechnik an die höheren Anforderungen an den maximalen Störstoffgehalt in den Gärresten besser angepasst, als die Hersteller von Boxenverfahren. Mit dem Gärsubstrat wird schonender umgegangen, so dass vor allem die Kunststofffolien nicht zu sehr zerkleinert werden. Waren früher noch Siebschnitte von 20 mm zur Erzeugung von Fertigkomposten üblich, so sind es bei den Pfropfenströmern heute noch 12 mm und bei den Boxenfermenter gar nur noch 8 bis maximal 10 mm. Je kleiner der Siebschnitt ist, desto höher ist der Anfall von Siebüberlauf, der thermisch verwertet werden muss. Die Kosten für die thermische Verwertung sind aufgrund des derzeit schon erhöhten Anfalls von Siebüberlauf in den letzten Monaten deutlich gestiegen.

Diese Bewertung beruht auf Erfahrungswerten, Meinungen und Ansichten. Ob das Boxenverfahren oder das Pfropfenstromverfahren die bessere Alternative darstellt, muss die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigen, bezogen auf den jeweiligen Standort.

## 4 Standortvergleich

Beide Partner verfügen an ihrem Standort oder sogar auf dem Standortgelände über ein Grundstück. Es ist zunächst zu ermitteln, ob das Grundstück tatsächlich für die Errichtung einer Abfallbiogasanlage geeignet ist. Wenn beide Grundstücke geeignet sind, muss ermittelt werden, welches Grundstück geeigneter bzw. wirtschaftlich günstiger ist.

Die Kosten für die Verbringung der Abfälle zum Betriebsgrundstück soll die Abfallbiogasanlage tragen, soweit die Abfälle nicht direkt mit den Sammelfahrzeugen angeliefert werden.

### 4.1 Standort der AWS in Büttelborn

Der potentielle Standort der AWS ist in Büttelborn innerhalb des Gesamtgeländes der AWS integriert. Das Grundstück würde nicht von der AWS verkauft, sondern ausschließlich gegen einen angemessenen Pachtzins verpachtet werden.

Der Standort befindet sich südlich der bestehenden Grünabfallverwertungsanlage und hat eine Größe von etwa 15.000 m<sup>2</sup>. Das Grundstück ist ausreichend groß bemessen.

Das Grundstück ist grundsätzlich für eine abfallwirtschaftliche Nutzung in der Bauleitplanung vorgesehen, so dass das Grundstück nicht mehr baurechtlich vor Erteilung einer Genehmigung nach BImSchG umgewidmet werden muss.

Das Gesamtgrundstück verfügt im Eingangsbereich über eine Waageeinrichtung, dies ist bei der Kalkulation berücksichtigt. Bei Bedarf müssen die offiziellen Wiegezeiten nicht eingehalten werden. Die AWS kann Landwirten oder auch Lohnunternehmen während der Düngenzeiten Sonderzutrittsrechte einräumen.

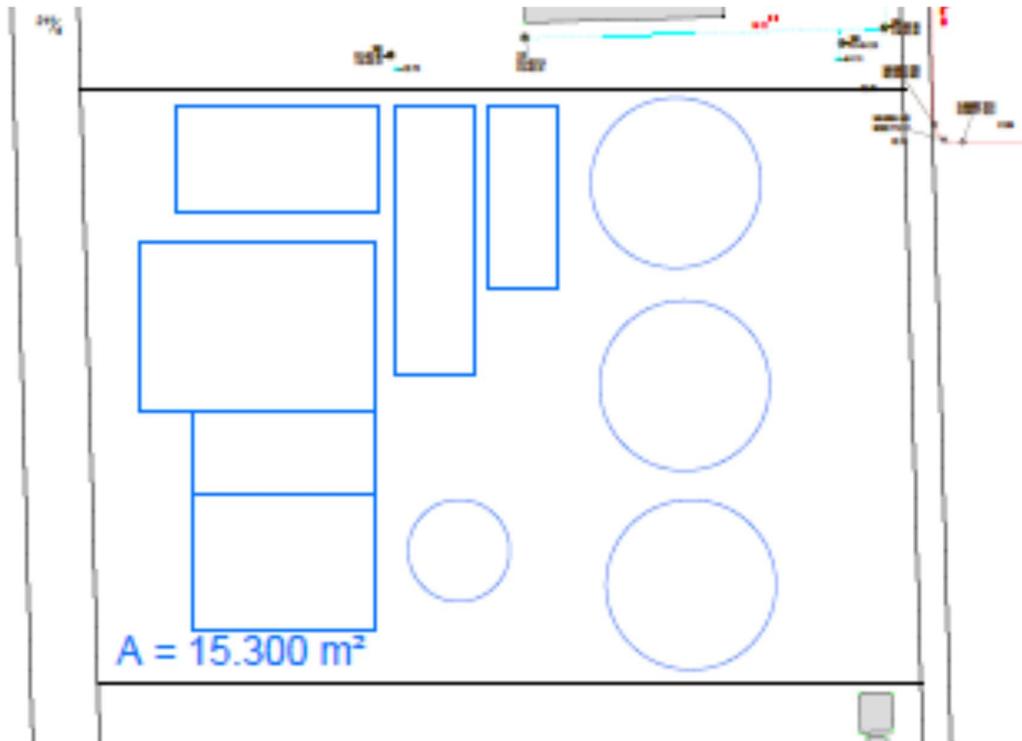
Am Standort stünden 15.000 Mg/a an zusätzlichen Grünabfällen zur Mitnutzung bei Bedarf zur Verfügung.

Eine Anbindung an ein Fernwärmenetz ist nicht möglich. Es gibt am Standort derzeit schon eine Überproduktion an Wärme.

Der Standort verfügt über eine Deponiesickerwasserreinigungsanlage, die allerdings derzeit ausgelastet ist.

Der Standort der AWS in Büttelborn ist in Abbildung 18 mit einer Beispielaufstellung einer Abfallbiogasanlage nach dem Prinzip des Pfropfenstromfermenters dargestellt. Es ist dabei ebenfalls schon ein 2ter Fermenter und ein zusätzliches Gärrestlager dargestellt, falls die Anlage tatsächlich auf 60.000 Mg/a ausgelegt werden sollte.

**Abbildung 12: Beispielaufstellung Abfallbiogasanlage Büttelborn**



#### 4.2 Standort der ELW in Wiesbaden

Der potentielle Anlagenstandort befindet sich in direkter Nachbarschaft zum Betriebsgelände der ELW bzw. der ehemaligen Deponie Dyckerhoffbruch. Das Grundstück ist für eine abfallwirtschaftliche Tätigkeit ausgewiesen, d.h. auch dieses Grundstück muss in seiner Nutzung nicht umgewidmet werden.

Das Grundstück ist mit 24.751 m<sup>2</sup> größer als das Grundstück der AWS, allerdings muss hier auch eine eigene Infrastruktur wie Büro- und Sozialgebäude, Parkplätze, Waage etc. aufgebaut werden. Dies wird in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt.

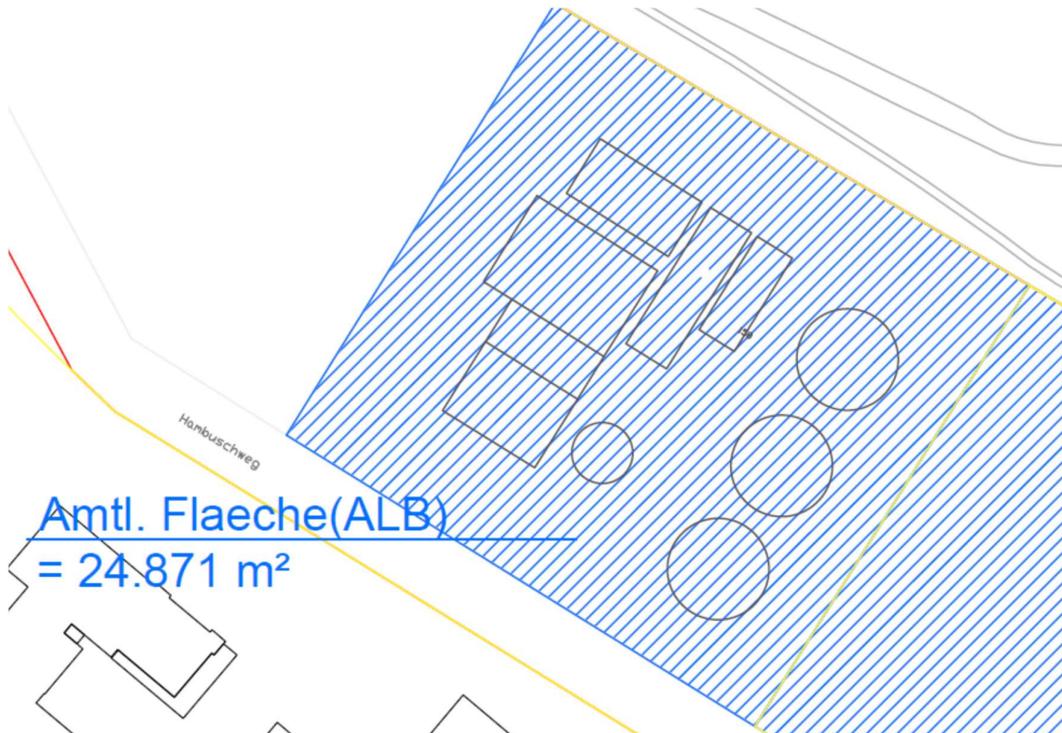
Der Kaufpreis für das Grundstück wird in Abstimmung mit dem ELW mit 70 €/m<sup>2</sup> angenommen.

Am Standort der ELW stehen 4.000 Mg/a an Grünabfällen zur Verfügung.

Eine Einbindung der Überschusswärme in ein Fernwärmenetz ist am Standort gegeben. Dies ist ein erster Vorteil dieses Standortes gegenüber dem Standort bei der AWS.

Die Abbildung 13 zeigt die Beispielaufstellung auf einem der von der ELW vorgeschlagenen Grundstücke. Das Grundstück ist auch für zusätzliche Infrastruktureinrichtungen ausreichend groß bemessen. Es ist die gleiche Aufstellung wie beim Standort in Büttelborn vergleichsweise eingezeichnet worden.

**Abbildung 13: Beispielaufstellung Abfallbiogasanlage Wiesbaden**

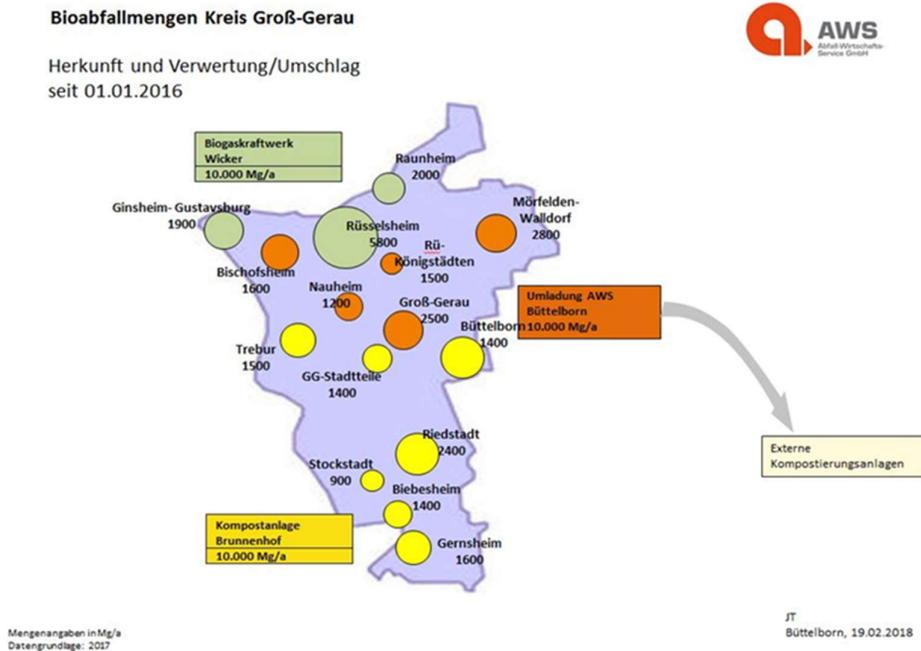


#### 4.3 Standortvergleich Kosten Antransport zum jeweils anderen Standort

Als Kosten für den Umschlag haben wir 7,25 €/Mg und für den Transport von Büttelborn nach Wiesbaden und umgekehrt 12,50 €/Mg angenommen. Diese Kostenannahme ist von beiden Partnern für eine Vergleichsrechnung bestätigt worden.

Die AWS hat der UMS folgende Grafik zur Verfügung gestellt:

### Grafik 3: Bioabfallmengen nach Ortschaften



In der Grafik 3 sind alle wichtigen Einzugsbereiche mit den jeweiligen Bioabfallmengen angegeben. AWS liefert die grün gekennzeichneten Einzugsbereiche bisher direkt zum derzeitigen Auftragnehmer nach Wicker. Die braunen Orte werden von den Sammelfahrzeugen in Büttelborn angeliefert und von dort zur externen Kompostierung verbracht. Die gelben Bereiche werden an der Kompostanlage Brunnenhof ebenfalls direkt mit den Sammelfahrzeugen entladen. Die Mengen aus dem gelben Einzugsbereich sollen in der zukünftigen Abfallbiogasanlage weiterhin nicht verarbeitet werden.

Die UMS hat im Rahmen dieser Ausarbeitung anhand der Entfernung aus dem Sammelgebiet zu den jeweiligen Standorten geprüft, ob eine Direktanlieferung sinnvoll ist.

Die Bioabfälle aus den Orten Ginsheim-Gustavsburg, Rüsselsheim und Bischofsheim sollten direkt ohne Umladung an einen möglichen Standort an der Deponie Dyckerhoffbruch verbracht werden. In der Summe sind dies 9.300 Mg/a. Es verbleiben somit etwa 10.000 Mg/a an die über die Umladestation der AWS in Büttelborn in Wiesbaden angedient werden müssen. Dies führt zu Anlieferungskosten in Höhe von 225.000 €/a, die durch die gemeinsame Abfallbiogasanlage bei einem Standort an der Deponie Dyckerhoffbruch zu tragen wären.

**Grafik 4: Lage der Deponie Dyckerhoffbruch in der Stadt Wiesbaden**



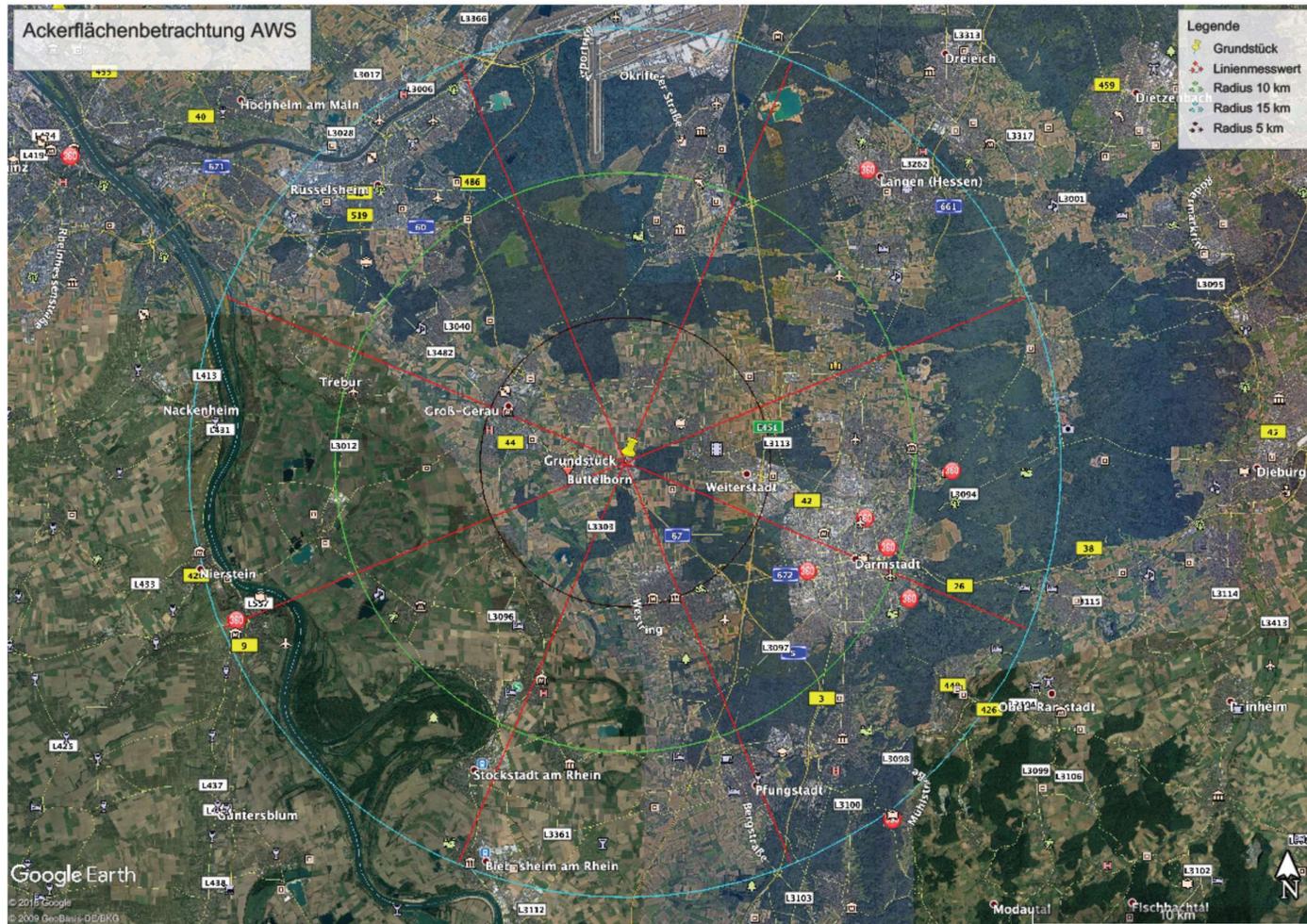
Der ELW hat der UMS eine Mengenaufstellung der Bioabfälle aus den einzelnen Ortsteilen zur Verfügung gestellt. Dies ist im Rahmen der Überlassung der Bioabfallanalyse, die im Jahr 2013 von der ELW beauftragt worden ist, geschehen. Aufgrund der Entfernung zum Standort in Büttelborn (siehe Grafik 3) hat sich kein Ortsteil ergeben, der für eine direkte Anlieferung der Bioabfälle mittels Sammelfahrzeug in Büttelborn wirtschaftlich geeignet ist. Somit müssen alle Bioabfälle aus dem Sammelgebiet ELW an der Deponie Dyckerhoffbruch umgeschlagen werden. Dies ergibt einen Kostenaufwand von 437.500 €/a bei einer Errichtung der Abfallbiogasanlage in Büttelborn.

Hieraus ergibt sich eine Kostendifferenz von 212.500 €/a zugunsten des Standortes an der Deponie Dyckerhoffbruch.

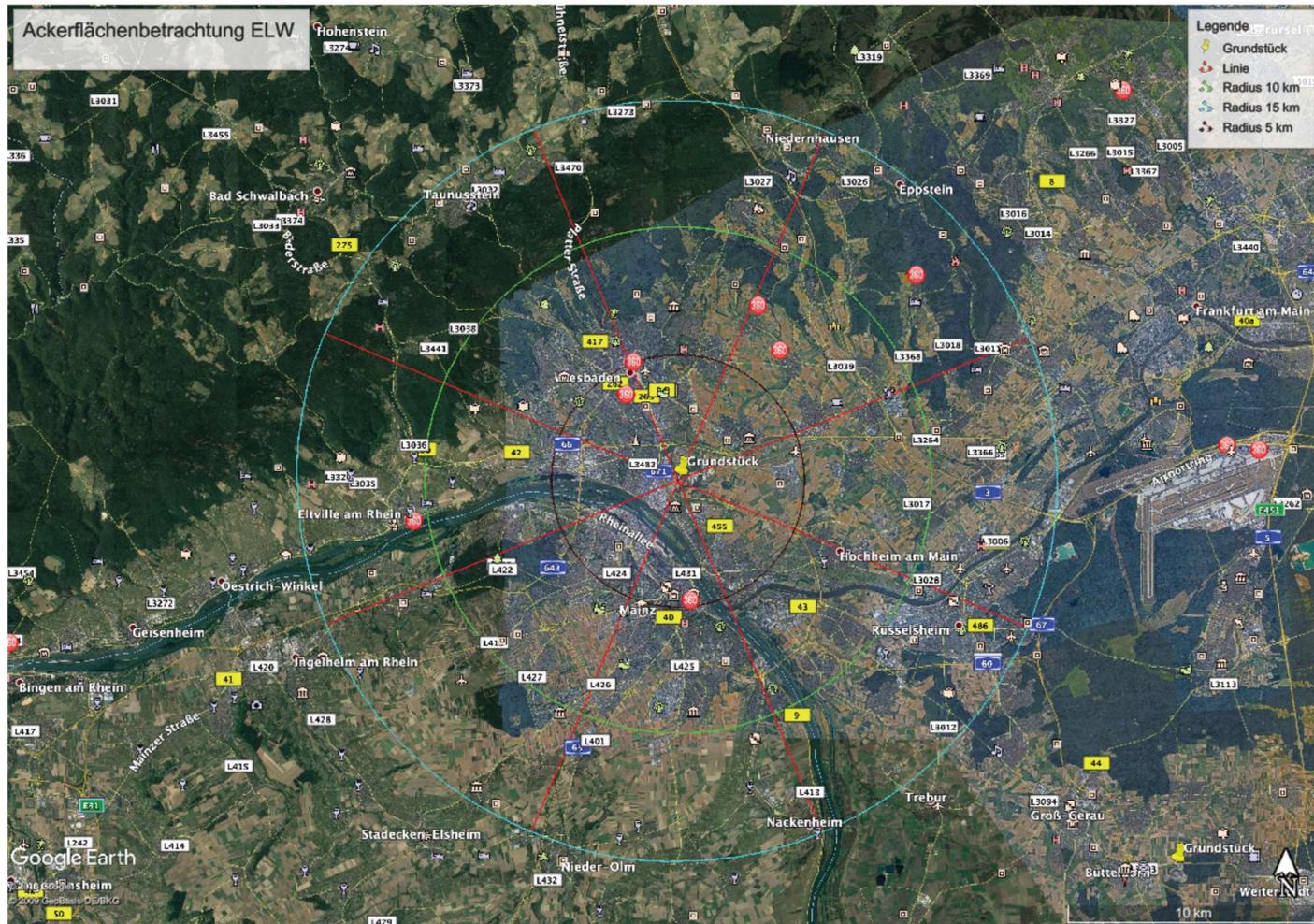
#### 4.4 Standortvergleich landwirtschaftliche Fläche

Die UMS hat die Flächen ermittelt, die für eine landwirtschaftliche Verwertung der Komposte und Gärprodukte zur Verfügung stehen könnten. Dabei haben wir Radien um den jeweiligen Standort mit 5, 10 und 15 km gezogen. Dies ist in den nachfolgenden Grafiken 5 und 6 dargestellt.

Grafik 5: Ermittlung landwirtschaftlicher Flächen AWS



Grafik 6: Ermittlung landwirtschaftliche Flächen ELW



Die Flächen sind dann noch in Teilbereiche untergliedert worden. Von der jeweils ermittelten landwirtschaftlichen Gesamtfläche sind nur 5 % als zu akquirierende Fläche zur landwirtschaftlichen Verwertung in die nachstehende Tabelle aufgenommen worden.

**Tabelle 12: Flächen zur landwirtschaftlichen Verwertung**

Radius\Grundstück	AWS	ELW
5 km	194,50	88,00
10 km	526,65	314,70
15 km	598,95	644,20
$\Sigma$	1.320,10	1.046,90

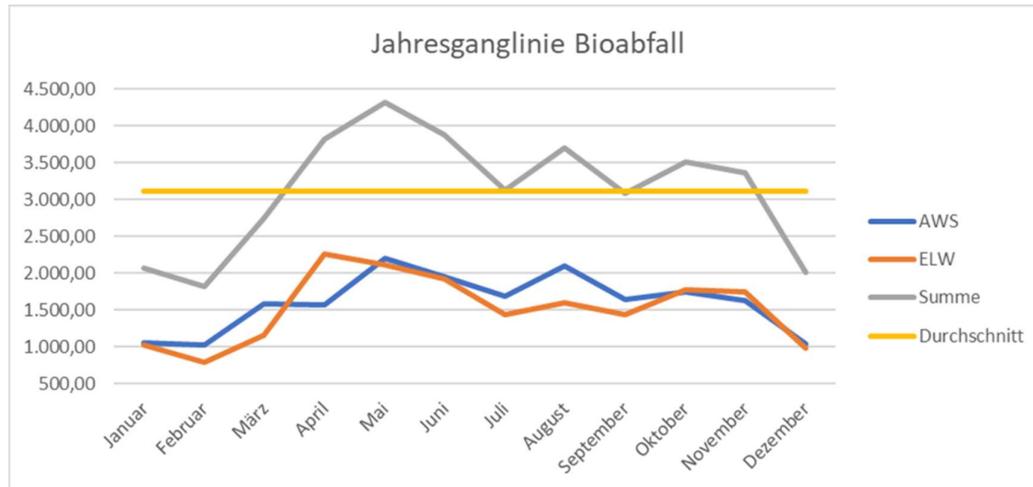
Der Standort in Büttelborn hat einen klaren Mengenvorteil bei den kleineren Radien von 5 und 10 km. Bei 15 km hat der Standort in Wiesbaden eine leicht höhere landwirtschaftlich nutzbare Fläche. Die Vorteile für den Standort der AWS sind allerdings nicht so ausgeprägt, dass bei der nachstehenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung preisliche Unterschiede für die landwirtschaftliche Verwertung eingerechnet worden sind.

## 5 Anlagenkonzeption

Es sind Anlagenkonfigurationen für eine Boxen- und eine Pfropfenstromvergärung im Rahmen dieser Ausarbeitung für 40.000 Mg/a entwickelt worden.

Bei einer Pfropfenstromvergärung ist es hilfreich, schon zu Beginn der Fermentation Strukturmaterial in Form von Grünabfällen zuzufügen. Das Strukturmaterial verbessert die Separationswirkung hinter der Fermentation.

Die saisonalen Schwankungen an Bioabfallmengen haben wir in der nachfolgenden Grafik abgebildet:

**Grafik 7: Jahresganglinie Bioabfall**

Aufgrund der Jahresganglinie ist die jeweilige Bioabfallbiogasanlage auf eine Menge von 4.000 Mg je Monat auszulegen. Der vorgeschlagene Pfropfenstromfermenter als auch die Boxenfermenter sind aufgrund von Verweilzeiten bzw. Mischungsverhältnissen hierzu in der Lage, ohne dass zusätzliche Investitionen in Fermentationsvolumen bzw. Nachrotte investiert werden müsste.

Die Annahmehbereiche müssen über einen Flachbunker verfügen, in dem Bioabfälle für mindestens 72 h bevorratet werden können.

Die entstehenden flüssigen Gärprodukte und der erzeugte Feinkompost sollen landwirtschaftlich verwertet werden. Der Siebüberlauf wird thermisch in einer geeigneten Verbrennungsanlage verwertet.

Das erzeugte Biogas soll direkt am Standort mittels BHKW zu Strom und Wärme gewandelt werden. Eine Einspeisung von Biomethan in das öffentliche Erdgasnetz ist nicht vorgesehen.

Sollten die Bioabfälle entsprechend der dargestellten Jahresganglinie angeliefert werden, so muss die Anlagentechnik auf eine Leistung von 48.000 Mg/a ausgelegt werden.

## 5.1 Pfropfenstromfermentation

In der Annahme- und Aufbereitungshalle werden die Bioabfälle angeliefert und aufbereitet. Es werden 40.000 Mg/a an Bioabfällen und 4.000 Mg/a an Grünabfällen angenommen. Die Abfälle werden zunächst über einen Brecher zerkleinert, danach kann durch einen Überbandmagneten das Eisenmetall abgeschieden werden. Das vorgebrochene Material wird danach über ein Sternsieb geführt. Am Austrag des Überkorns

(Sternsieb) wird eine Windsichtung installiert, die große Kunststoffteile ausschleusen kann.

Der Siebüberlauf kann nach in Augenscheinnahme durch das Betriebspersonal ggf. wieder in den Prozess der Aufbereitung gegeben werden. Hierzu darf der Störstoffanteil allerdings nicht zu groß sein. Muss der Siebüberlauf verworfen werden, so wird er thermisch verwertet werden.

Der Siebüberlauf gelangt in einen offenen weiteren Flachbunker. Der Flachbunker ist ein Vorratsbunker zum Eintrag in den Pfpfenstromfermenter. Der Eintrag in die Fermentierung erfolgt über ein automatisches Kransystem. Die Bioabfälle werden durch das Kransystem auch im Vorratsbunker gleichmäßig verteilt.

Der Eintrag in den Fermenter erfolgt nicht über Stopfschnecken, sondern über Pumpen. Der Bioabfall wird in einen Substratmischer gefördert und dort mit Gärrest sowie Rezirkulat gemischt. Diese Masse kann über Pumpen in den Fermenter eingebracht werden.

Nach Durchlauf durch den Fermenter (Verweilzeit zwischen 14 und 21 Tagen) wird der Fermenteraustrag separiert und der feste Gärrest automatisch in eine der beiden Intensivrottetunnel eingetragen.

Die Separation erfolgt im ersten Schritt durch Schwingsiebe und danach erst durch eine Schneckenpresse. Aus dem Presswasserabsetzbecken heraus wird der flüssige Gärrest durch einen Dekanter vom Sand befreit.

Die Aufenthaltszeit in der Intensivrotte beträgt eine Woche. Nach Durchlauf durch die Intensivrotte werden die aerobisierten festen Gärreste mittels Radlader aus den Intensivrotten genommen und die Nachrottetunnel eingetragen. Die Verweilzeit in den Nachrottetunneln beträgt 2 Wochen.

Nach der Nachrotte findet die Siebung des Kompostes statt. Der Siebschnitt wird mit 12 mm festgelegt, so dass etwa 30 % an Siebüberlauf entsteht.

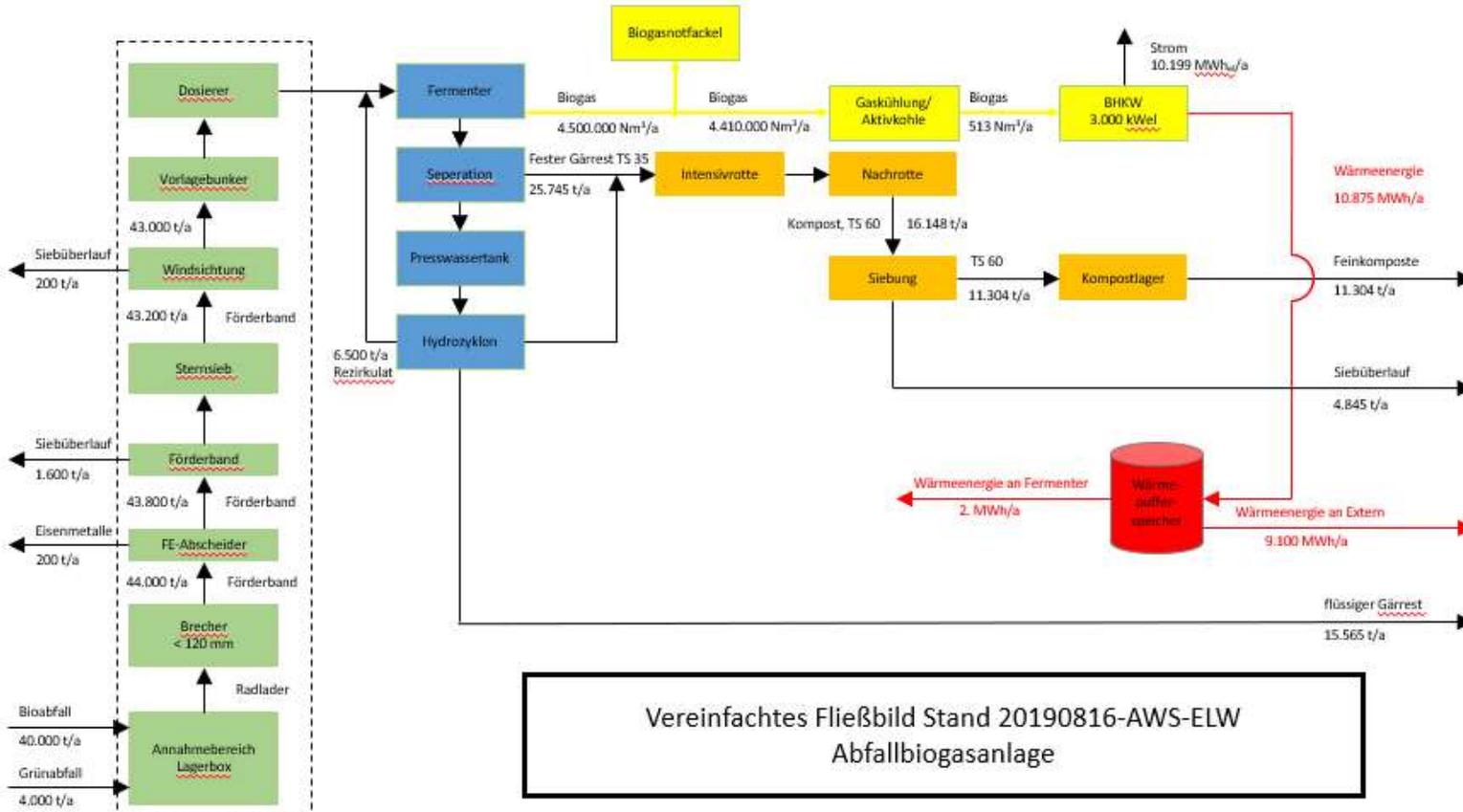
Die Konzeption kann auch dem vereinfachten Fließbild entnommen werden.

Aus 40.000 Mg/a an Bioabfällen und 4.000 Mg/a entstehen folgende Produkte nach Abfallverwertung:

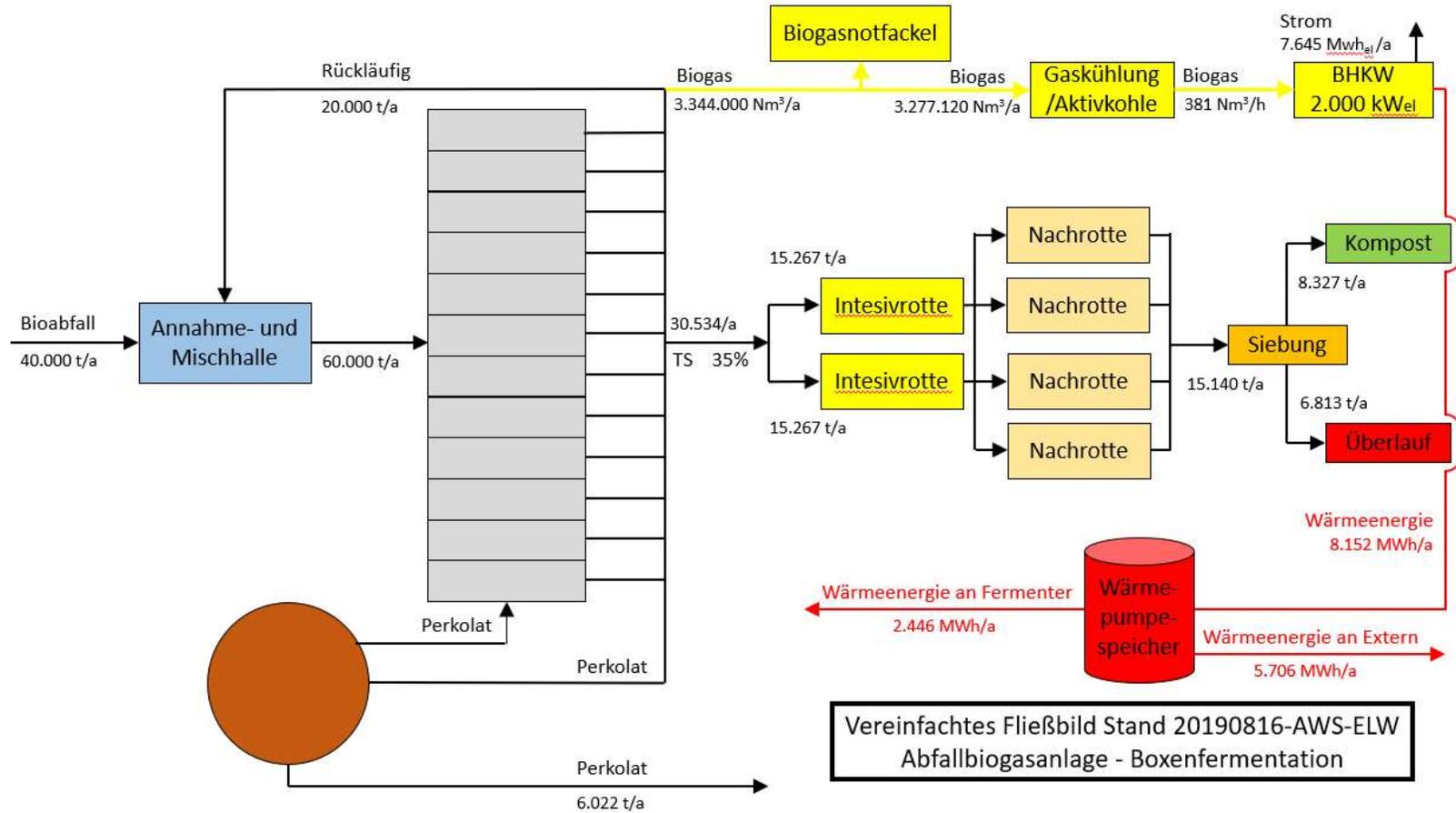
- 10.199 MWh<sub>el</sub>/a
- 10.875 MWh<sub>th</sub>/a (davon 8.700 MWh<sub>th</sub>/a zur externen Nutzung)
- 11.304 Mg/a an Feinkompost
- 15.565 Mg/a an Gärrest (flüssig)

Installiert werden zwei BHKW mit einer elektrischen Leistung von jeweils 1.500 kW. Somit ist bei Ausfall eines BHKW gewährleistet, dass das 2te BHKW das erzeugte Biogas verarbeiten kann. Die vorgeschaltete Biogasreinigung ist auf die hohe Leistung von 3.000 kW auszulegen.

Grafik 8: Fließbild Pfpfenstromverfahren



Grafik 9: Fließbild Boxenfermentation



## 5.2 Boxenfermentation

Im Fall der Boxenfermentation ist in der Annahmehalle für die Bioabfälle keine Bioabfallaufbereitung installiert. Die Halle dient nicht nur der Abfallannahme sondern auch des Mischens des schon vergorenen Materials mit frischen Bioabfällen. Es gibt in der Halle somit zwei Lagerflächen, den Flachbunker zur Anlieferung und den Flachbunker mit den aus der Rottebox entnommenen festen Gärresten, die zum Anmischen benötigt werden.

In der Regel werden die frisch angelieferten Bioabfälle im Verhältnis 1:1 mit schon vergorenen Abfällen gemischt. Das Vermischen erfolgt auf einer Fläche in der Annahmehalle mittels Radlader. Es werden 12 Boxenfermenter benötigt. Die Verweilzeit je Fermenter beträgt zwischen 24 und 28 Tagen. Dies bedeutet, dass die aus den Boxenfermentern entnommenen Gärreste, bevor sie tatsächlich zum Mischen genutzt werden, mehrere Tage in der Halle lagern.

Nach dem Anmischen wird das stapelfähige Gärsubstrat in einen vorbereiteten leeren Boxenfermenter mittels Radlader eingebracht. Nach Schließen der hydraulisch betätigten Fermentertüren kann mit dem Animpfprozess mittels Perkolat begonnen werden.

Nach einer Verweilzeit zwischen 24 und 28 Tagen wird der zu entleerende Fermenter mittels BHKW-Rauchgases bzw. auch Luft gespült. Erst nach einer Gasmessung dürfen die Tore geöffnet werden.

Das vergorene Substrat ist weiterhin stapelfähig. Es wird mittels Radlader entnommen und in die Intensivrotteboxen umgelagert. Die weitere Kompostierung entspricht dem Kompostierungsvorgang wie beim Pflanzstrohmverfahren.

In Grafik 9 ist das Fließbild für die Boxenfermentation dargestellt. Eine Zugabe von Grüngut ist für den Vergärungsprozess nicht notwendig. In der Wirtschaftlichkeitsberechnung haben wir allerdings auch eine Variante mit der gleichen Menge an Grünabfall dargestellt, um die Varianten auch miteinander vergleichen zu können.

Aus 40.000 Mg/a an Bioabfällen entstehen folgende Produkte nach Abfallverwertung:

- 7.645 MWh<sub>el</sub>/a
- 8.152 MWh<sub>th</sub>/a (davon 5.706 MWh<sub>th</sub>/a zur externen Nutzung)
- 8.327 Mg/a an Feinkompost
- 6.022 Mg/a an Perkolat

Installiert werden zwei BHKW mit einer elektrischen Leistung von jeweils 1.000 kW. Somit ist bei Ausfall eines BHKW gewährleistet, dass das 2te BHKW das erzeugte Biogas verarbeiten kann. Die vorgeschaltete Biogasreinigung ist auf die hohe Leistung von 2.000 kW auszulegen.

## 6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind folgende Szenarien je Standort dargestellt worden:

- Boxenfermentation ohne Grünabfallzugabe
- Boxenfermentation mit Grünabfallzugabe
- Pfpfenstromvergärung mit Grünabfallzugabe

Die Kostenansätze sind entsprechend dem jeweiligen Verfahren getroffen worden. Die Umsätze gemäß des EEG sind abhängig vom Biogasertrag aus den Bio- und ggf. Grünabfällen.

Die variable Größe sind die Erlöse für die Verwertung der Bioabfälle. Die benötigten Bioabfallerlöse werden je nach Verfahren und Standort ermittelt und werden zu einer der Bewertungsgrößen. Die Ergebnisse in der jeweiligen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung müssen den Anforderungen der „Leitsätze für die Preisermittlung auf Grund von Selbstkosten (LSP)“ entsprechen. Dies ist insbesondere bei der langfristigen dynamischen Kalkulation berücksichtigt worden.

### 6.1 Beschreibung getroffener Annahmen

Folgende Annahmen aus der Tabelle 13 gelten für alle Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, unabhängig vom Standort und der Verfahrensart:

**Tabelle 13: allgemeine Kalkulationsgrundlagen**

Allgemeine Annahmen		
	Zinssatz:	2,50 %
	Laufzeit:	15 Jahre
	Tilgungsfrei:	1 Jahre
Kostenansätze		
	Strom	0,25 €/kWh
	Diesel	1,30 €/l
	Grundstückspacht	12,00 €/m <sup>2</sup>
	Entsorgungskosten Verpackung	120,00 €/t
	Gärrestverwertung flüssig	10,00 €/t
	Gärrestverwertung fest	20,00 €/t
	Betriebsleitung	102.850,00 €/a
	Mitarbeiter	60.500,00 €/a
Einnahmen		
		1,00
	Bioabfall AWS	NN €/t
	Bioabfall ELW	NN €/t
	Grünabfall AWS	20,00 €/t
	Grünabfall ELW	20,00 €/t
	Erlöse Eisenmetall	20,00 €/t
	NN	0,00 €/t
	Wärmeerlöse	20,00 €/MWh
	EEG-Vergütung bis 500 kW	0,1429 €/kWh
	EEG-Vergütung ab 501 kW	0,1254 €/kWh
	Flexprämie	40,00 €/kW

Preisstand der EEG-Vergütung ist das Jahr 2021. Dies selbstverständlich vorbehaltlich möglicher Gesetzesanpassungen. Der Vergütungssatz inklusive der Flexprämie ist für 20 Jahre festgeschrieben und dem Anlagenbetreiber gesetzlich zugesichert.

UMS ist auch anhand der Bioabfallanalyse der Stadt Wiesbaden davon ausgegangen, dass der Störstoffanteil mit 5 % in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen angesetzt werden muss, d.h. dass dieser Anteil von den eingebrachten Bioabfallmengen bei der Berechnung der Gasertragsbildung grundsätzlich abzuziehen ist und ggf. als Störstoff gesondert entsorgt werden muss.

Wirtschaftliche Auswirkungen haben auch der Trockensubstanzgehalt der Bioabfälle, da dieser Auswirkungen auf das gesamte Stoffstromdiagramm haben. Der Trockensubstanzgehalt ist mit 37 % aus Erfahrungswerten angenommen worden.

### 6.1.1 Verfahrensabhängige Annahmen

Rein verfahrensabhängig ist der Biogasertrag für

- Bio- und Grünabfälle

inklusive der Abschätzung, wie hoch der jeweilige Methananteil im Biogas sein wird. Den Biogasertrag haben wir aus Erfahrungswerten vorsichtig abgeschätzt. Bis zu einer möglichen Entwurfsplanung sollten Biogasanalysen in beiden Sammelgebieten fundierte Aussagen über den Biogasertrag ermöglichen. Der Biogasertrag bei der haushaltsnahen Sammlung ist stark abhängig vom Anteil an Küchenabfällen im eingesammelten Bioabfall. Dies kann auch jahreszeitlich größeren Schwankungen unterliegen.

Das KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) ist im Bereich der Biogasanlagen eine nachweislich sachkundige Stelle. Das KTBL hat zahlreiche Veröffentlichungen in diesem Bereich gemacht. Das KTBL gibt für Bioabfälle einen Biogasertrag von 123 Nm<sup>3</sup> je Mg Frischmasse bei einem Methangehalt von 60 % an.

UMS hat den Biogasertrag in dieser Betrachtung vorsichtiger abgeschätzt. Angenommen werden für das Pflropfenstromverfahren 110 Nm<sup>3</sup> je Mg Frischmasse an Bioabfällen bei einem Methangehalt von 55 %. Bei einem Methangehalt von 60 % muss der Anteil an Küchenabfällen in der Biotonne ausgesprochen hoch sein.

Da bei der Boxenfermentation nur 80 % des Biogaspotentials abgerufen werden können, ist der Biogasertrag in den nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen mit nur 88 Nm<sup>3</sup>/Mg Frischmasse an Bioabfällen berechnet worden. Der Methangehalt ist davon unabhängig.

Bei den Grünabfällen sind deutlich niedrigere Gaserträge zu erwarten. Der Unterschied zwischen Boxenfermentation und Pflropfenstromvergärung in den Gaserträgen bleibt aber auch hier erhalten. Bei der Pflropfenstromvergärung haben für den Einsatz von Grünabfällen einen Biogasertrag von 80 Nm<sup>3</sup> je Mg Frischmasse bei 50 % Methangehalt angenommen und diesen bei der Boxenfermentation wiederum auf 80 % also auf 64 Nm<sup>3</sup>/Mg Frischmasse gekürzt.

### 6.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Standort AWS/Büttelborn

Wie schon ausgeführt, werden alle 3 Verfahrensoptionen je Standort wirtschaftlich geprüft und dargestellt.

Der Standort wird an die Abfallbiogasanlage vermietet. Der Pachtzins beträgt 12,00 € je Jahr und Quadratmeter. Bei einer Grundstücksgröße von etwa 15.000 m<sup>2</sup> entspricht dies einer jährlichen Pachtzahlung von 180.000 €.

Wie schon beim Vergleich der Standorte dargestellt, müsste eine Abfallbiogasanlage am Standort in Büttelborn Anlieferungskosten in Höhe von 437.500 €/a tragen und an ELW ausgleichen.

Einnahmen aus dem Verkauf von Wärme können in Büttelborn nicht realisiert werden, da eine Fernwärmeleitung nicht vorhanden und eine andere Nutzung ausgeschlossen ist.

### **6.2.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Boxenfermentation mit Grünabfall**

Zunächst stellen wir die Annahmen dar, wie sie in dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingeflossen sind. Die Tabelle stellt einen Überblick dar, egal ob in den vorgenannten Kapiteln schon in Textform beschrieben oder noch nicht.

In der Tabelle 14 sind auch die zu erwartenden Mengen gemäß Stoffstromdiagramm und Gasertragsberechnung eingeflossen.

In der Tabelle 15 ist die statische Kalkulation (Gewinn- und Verlustrechnung) dargestellt, oder auch kurz GuV genannt.

In der Tabelle 16 ist ein Auszug aus der dynamischen Kalkulation hinterlegt. In der 1. Spalte sind jeweils die „Teuerungsraten“ hinterlegt. Nur bei der Zeile Wartung, Reparatur inklusive BHKW-Wartung gibt es eine zweite Prozentangabe. In den ersten fünf Jahren des Projektes gilt die Gewährleistungszeit, so dass Reparaturkosten durch den Errichter zu tragen sind. UMS inflationiert die ersten Jahre die Wartungs- und Reparaturkosten nur mit dem geringeren Satz von 2 % und ab dem 6ten Jahr dann bis zum Ende der Projektlaufzeit mit 5 %.

Die GuV hat den Preisstand von 2019, außer bei den EEG-Erlösen, die aber nicht erhöht werden dürfen. In der dynamischen Kalkulation beginnt das Jahr 1 mit einem Preisstand von 2022, also erhöht um die Inflationsrate bezogen auf 3 Jahre.

Grundlage für diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Errichtung einer Boxenfermentation am Standort der AWS in Büttelborn. Neben den 40.000 Mg/a sollen zur Vergleichbarkeit mit der Pfropfenstromvergärung auch 4.000 Mg/a an Grünabfällen stofflich und energetisch verwertet werden.

Grundlage für die statische und die dynamische Kalkulation ist ein Annahmepreis für die Bioabfälle in Höhe von

96,50 €/Mg.

Tabelle 14: Annahmen Boxenfermentation mit Grünabfällen am Standort AWS

Mengen					
	Input in Abfallannahme			Störstoffanteil	
	Bioabfall AWS	20.000 t/a	5%	1.000 t/a	
	Bioabfall ELW	20.000 t/a	5%	1.000 t/a	
	Grünabfall AWS	4.000 t/a	0%	0 t/a	
	Grünabfall ELW	0 t/a	0%	0 t/a	
	Input in Biogasanlage				
	Bioabfall AWS	19.000 t/a	55%	88 Nm <sup>3</sup> /t	
	Bioabfall ELW	19.000 t/a	55%	88 Nm <sup>3</sup> /t	
	Grünabfall AWS	4.000 t/a	50%	64 Nm <sup>3</sup> /t	
	Grünabfall ELW	0 t/a	50%	64 Nm <sup>3</sup> /t	
	Wasser	0 m <sup>3</sup> /a			
	Output				
	Eisenmetalle	0 t/a			
	Siebüberlauf	0 t/a			
	Windsichtung	0 t/a			
	Biogas	4.428 t/a			
	Gärrest fest, vor Rotte	34.206 t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte als Kompost	16.960 t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte	9.328 t/a			
	Gärrest fest, als Struktur	7.632 t/a			
	Gärrest flüssig	5.366 t/a			
	erzeugte Energie				
	Bioabfall AWS	1.672.000 Nm <sup>3</sup> /t			
	Bioabfall ELW	1.672.000 Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall AWS	256.000 Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall ELW	0 Nm <sup>3</sup> /t			
	Methangehalt im Durchschnitt	55%			
	Output Biogas je Jahr	3.600.000 m <sup>3</sup> /a			
	Output Biogas je Stunde	410,96 m <sup>3</sup> /h			
	Energie Biogas als Heizwert	2.425 kW je h			
	Energie Biogas als Heizwert	19.628.571 kW je a			
	Elektrische Leistung BHKW	2.400 kW			
	Elektrischer Wirkungsgrad BHKW	42,2 %			
	Benötigte Energie Biogas	5.687 kW			
	Betriebsstunden BHKW	3.451 h/a			
	Erzeugte elektrische Energie	8.283.257 kWh/a			
	Erzeugte Wärmeenergie	8.700.364 kWh/a			
	Mögliche abzugebende Wärme	6.960.291 kWh/a			
	Erzeugte elektrische Energie bis 500 kW	4.380.000 kWh/a			
	Eingespeiste elektrische Energie	8.159.008 kW/a			

Tabelle 15: GuV Boxenfermentation mit Grünabfall am Standort AWS

Kalkulation Bioabfallanlage AWS-Boxenfermentation-mit-Grünabfall					
Gesamtanlage					
<b>Investitionen</b>			<b>20.215.298,11</b>		
	hiervon vorgesehen für Unvorhergesehenes		3.369.216,35		
	Grundstückskauf				0,00 €
	Infrastruktur				1.314.000,00 €
	Annahme				2.785.200,00 €
	Biogasanlage				7.898.346,69 €
	Gärrestaufbereitung				2.790.000,00 €
	Biogas-Blockheizkraftwerk				2.368.869,06
	Planungs-/Genehmigungs und sonstige -Kosten				3.058.882,36
<b>Gewinn- und Verlustrechnung</b>					
<b>Umsatz</b>			<b>5.135.789,64</b>	<b>5.135.789,64</b>	
	Bioabfall AWS				1.930.000,00
	Bioabfall ELW				1.930.000,00
	Grünabfall AWS				80.000,00
	Grünabfall ELW				0,00
	EEG-Vergütung für eingespeisten Strom				1.099.789,64
	Flexprämie				96.000,00
	Wärmeerlöse				0,00
	<i>Materialkosten</i>			<b>1.593.584,52</b>	
	Eisenmetalle				0,00
	Entsorgungskosten Störstoffe				0,00
	Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost				915.858,00
	Verwertungskosten Kompost				186.563,67
	Verwertungskosten wirtschaftsdünger				53.662,86
	Anlieferungskosten von ELW zu AWS				437.500,00
<b>Nettorohertrag</b>			<b>3.542.205,12</b>		
	<i>Betriebskosten</i>			<b>1.871.941,15</b>	
	Personalkosten				465.850,00
	Wartung, Reparatur				521.906,43
	Strom, Wasser, Diesel, Wärme				298.955,24
	Mineralstoffe				4.500,00
	Biologische Betreuung Nassfermentation				13.000,00
	Verwaltung				80.000,00
	Umweltgutachter				4.500,00
	Grundstückspacht				180.000,00
	Sonstiges (Versicherung)				303.229,47
<b>EBITDA</b>		<b>32,52</b>	<b>1.670.263,97</b>		
	<i>Kapitalkosten</i>			<b>1.518.614,75</b>	
	AfA				1.265.923,52
	Zinsen				252.691,23
<b>EBT</b>		<b>2,95</b>	<b>151.649,22</b>		

Tabelle 16: Dynamische Kalkulation Boxenfermentation mit Grünabfall am Standort AWS

Gewinn- und Verlustrechnung		2022	2026	2031	2036	2041	2042
		Jahr 1	Jahr 5	Jahr 10	Jahr 15	Jahr 20	Jahr 1 - 20
<b>Umsatz</b>		<b>5.315.762,44</b>	<b>5.568.589,05</b>	<b>5.906.536,50</b>	<b>6.270.601,88</b>	<b>6.662.803,69</b>	<b>5.959.244</b>
1,5%	Bioabfall AWS	2.018.159,26	2.142.000,68	2.307.543,07	2.485.879,24	2.677.997,94	2.333.362
1,5%	Bioabfall ELW	2.018.159,26	2.142.000,68	2.307.543,07	2.485.879,24	2.677.997,94	2.333.362
1,5%	Grünabfall AWS	83.654,27	88.798,05	95.660,72	103.053,76	111.018,17	96.730
1,5%	Grünabfall ELW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,0%	EEG-Vergütung für eingespeisten Strom	1.099.789,64	1.099.789,64	1.099.789,64	1.099.789,64	1.099.789,64	1.099.790
0,0%	Flexprämie	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000
1,0%	Wärmeerlöse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
3,0%	NN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
	<b>Materialkosten</b>	<b>1.691.124,65</b>	<b>1.830.527,70</b>	<b>2.021.050,50</b>	<b>2.231.403,06</b>	<b>2.463.649,28</b>	<b>2.054.494</b>
	<i>Materialkosten in % von Umsatz</i>	<i>31,8%</i>	<i>32,9%</i>	<i>34,2%</i>	<i>35,6%</i>	<i>37,0%</i>	<i>34,5%</i>
2,0%	Eisenmetalle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
2,0%	Entsorgungskosten Störstoffe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
2,0%	Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost	971.915,84	1.052.032,96	1.161.529,39	1.282.422,31	1.415.897,85	1.180.750
2,0%	Verwertungskosten Kompost	197.982,86	214.303,01	236.607,84	261.234,17	288.423,64	240.523
2,0%	Verwertungskosten wirtschaftsdünger	56.947,45	61.641,75	68.057,48	75.140,96	82.961,69	69.184
2,0%	Anlieferungskosten AWS zu ELW	464.278,50	502.549,98	554.855,79	612.605,62	676.366,11	564.037
	<b>Nettorohertrag</b>	<b>3.624.637,79</b>	<b>3.738.061,35</b>	<b>3.885.486,00</b>	<b>4.039.198,82</b>	<b>4.199.154,41</b>	<b>3.904.750</b>
	<i>Nettorohertrag in % von Umsatz</i>	<i>68,2%</i>	<i>67,1%</i>	<i>65,8%</i>	<i>64,4%</i>	<i>63,0%</i>	<i>65,5%</i>
	<b>Betriebskosten</b>	<b>1.672.266,61</b>	<b>1.826.959,33</b>	<b>2.110.837,72</b>	<b>2.449.780,41</b>	<b>2.855.891,82</b>	<b>2.184.704</b>
	<i>Betriebskosten in % von Umsatz</i>	<i>31,5%</i>	<i>32,8%</i>	<i>35,7%</i>	<i>39,1%</i>	<i>42,9%</i>	<i>36,7%</i>
	<i>Personalkosten in % von Umsatz</i>	<i>9,6%</i>	<i>10,3%</i>	<i>11,2%</i>	<i>12,3%</i>	<i>13,4%</i>	<i>11,5%</i>
3,0%	Personalkosten	509.046,87	572.936,74	664.190,71	769.979,07	892.616,77	683.914
2,0%	5% Wartung, Reparatur inklusive BHKW-Wartung	360.003,33	389.679,18	497.340,36	634.746,33	810.115,04	535.131
3,0%	Strom, Wasser, Diesel	326.676,47	367.677,24	426.238,70	494.127,47	572.829,16	438.896
2,0%	Mineralstoffe	4.775,44	5.169,09	5.707,09	6.301,09	6.956,91	5.802
2,0%	Biologische Betreuung	13.795,70	14.932,91	16.487,14	18.203,14	20.097,74	16.760
1,0%	Verwaltungskosten	82.424,08	85.770,83	90.146,00	94.744,35	99.577,27	90.745
1,0%	Umweltgutachter	4.636,35	4.824,61	5.070,71	5.329,37	5.601,22	5.104
1,0%	Grundstückspacht	185.454,18	192.984,36	202.828,51	213.174,80	224.048,85	204.176
1,0%	Sonstiges (Versicherung)	185.454,18	192.984,36	202.828,51	213.174,80	224.048,85	204.176
	<b>EBITDA</b>	<b>1.952.371,18</b>	<b>1.911.102,02</b>	<b>1.774.648,28</b>	<b>1.589.418,41</b>	<b>1.343.262,59</b>	<b>1.720.046</b>
	<i>in % von Umsatz</i>	<i>36,7%</i>	<i>34,3%</i>	<i>30,0%</i>	<i>25,3%</i>	<i>20,2%</i>	<i>28,9%</i>
	AfA	1.265.923,52	1.265.923,52	1.265.923,52	1.265.923,52	1.265.923,52	1.265.924
	<b>EBIT</b>	<b>686.447,66</b>	<b>645.178,50</b>	<b>508.724,76</b>	<b>323.494,89</b>	<b>77.339,07</b>	<b>454.123</b>
	<i>in % von Umsatz</i>	<i>12,9%</i>	<i>11,6%</i>	<i>8,6%</i>	<i>5,2%</i>	<i>1,2%</i>	<i>7,6%</i>
	Darlehenszinsen	404.305,96	299.619,60	155.224,61	10.829,62	0,00	159.195
	<b>EBT</b>	<b>282.141,70</b>	<b>345.558,90</b>	<b>353.500,15</b>	<b>312.665,26</b>	<b>77.339,07</b>	<b>294.927,45</b>
	<i>in % von Umsatz</i>	<i>5,3%</i>	<i>6,2%</i>	<i>6,0%</i>	<i>5,0%</i>	<i>1,2%</i>	<i>4,9%</i>
	Tax	70.535,42	86.389,73	88.375,04	78.166,32	19.334,77	73.732
	<b>PAT</b>	<b>211.606,27</b>	<b>259.169,18</b>	<b>265.125,11</b>	<b>234.498,95</b>	<b>58.004,30</b>	<b>221.196</b>
	<b>Eigenkapitalrendite</b>	<b>5,23</b>	<b>6,41</b>	<b>6,56</b>	<b>5,80</b>	<b>1,43</b>	<b>5,47</b>

## 6.2.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Boxenfermentation ohne Grünabfall

Zunächst stellen wir die Annahmen dar, wie sie in dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingeflossen sind. Die Tabelle stellt einen Überblick dar, egal ob in den vorgenannten Kapiteln schon in Textform beschrieben oder noch nicht.

In der Tabelle 17 sind auch die zu erwartenden Mengen gemäß Stoffstromdiagramm und Gasertragsberechnung eingeflossen.

In der Tabelle 18 ist die statische Kalkulation (Gewinn- und Verlustrechnung) dargestellt.

In der Tabelle 19 ist ein Auszug aus der dynamischen Kalkulation hinterlegt. Die Regelungen zur Inflationierung entsprechen den Ausführungen aus Kapitel 6.2.1.

Die GuV hat den Preisstand von 2019, außer bei den EEG-Erlösen, die aber nicht erhöht werden dürfen. In der dynamischen Kalkulation beginnt das Jahr 1 mit einem Preisstand von 2022, also erhöht um die Inflationsrate bezogen auf 3 Jahre.

Grundlage für diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Errichtung einer Boxenfermentation am Standort der AWS in Büttelborn. Es werden ausschließlich die 40.000 Mg/a an Bioabfällen verwertet.

Grundlage für die statische und die dynamische Kalkulation ist ein Annahmepreis für die Bioabfälle in Höhe von

96,25 €/Mg.

Tabelle 17: Annahmen Boxenfermentation ohne Grünabfälle Standort AWS

Mengen						
	Input in Abfallannahme				Störstoffanteil	
	Bioabfall AWS	20.000	t/a	5%	1.000	t/a
	Bioabfall ELW	20.000	t/a	5%	1.000	t/a
	Grünabfall AWS	0	t/a	0%	0	t/a
	Grünabfall ELW	0	t/a	0%	0	t/a
	Input in Biogasanlage					
	Bioabfall AWS	19.000	t/a	55%	88	Nm <sup>3</sup> /t
	Bioabfall ELW	19.000	t/a	55%	88	Nm <sup>3</sup> /t
	Grünabfall AWS	0	t/a	50%	64	Nm <sup>3</sup> /t
	Grünabfall ELW	0	t/a	50%	64	Nm <sup>3</sup> /t
	Wasser	0	m <sup>3</sup> /a			
	Output					
	Eisenmetalle	0	t/a			
	Siebüberlauf	0	t/a			
	Windsichtung	0	t/a			
	Biogas	4.113	t/a			
	Gärrest fest, vor Rotte	30.534	t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte als Kompost	15.140	t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte	8.327	t/a			
	Gärrest fest, als Struktur	6.813	t/a			
	Gärrest flüssig	5.353	t/a			
	erzeugte Energie					
	Bioabfall AWS	1.672.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Bioabfall ELW	1.672.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall AWS	0	Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall ELW	0	Nm <sup>3</sup> /t			
	Methangehalt im Durchschnitt	55%				
	Output Biogas je Jahr	3.344.000	m <sup>3</sup> /a			
	Output Biogas je Stunde	381,74	m <sup>3</sup> /h			
	Energie Biogas als Heizwert	2.252	kW je h			
	Energie Biogas als Heizwert	18.392.000	kW je a			
	Elektrische Leistung BHKW	2.400	kW			
	Elektrischer Wirkungsgrad BHKW	42,2	%			
	Benötigte Energie Biogas	5.687	kW			
	Betriebsstunden BHKW	3.234	h/a			
	Erzeugte elektrische Energie	7.761.424	kWh/a			
	Erzeugte Wärmeenergie	8.152.254	kWh/a			
	Mögliche abzugebende Wärme	6.521.803	kWh/a			
	Erzeugte elektrische Energie bis 500 kW	4.380.000	kWh/a			
	Eingespeiste elektrische Energie	7.645.003	kW/a			

Tabelle 18: GuV Boxenfermentation ohne Grünabfall Standort AWS

Kalkulation Bioabfallanlage AWS Boxenfermentation ohne Grünabfall				
Gesamtanlage				
<b>Investitionen</b>			<b>20.215.298,11</b>	
	hiervon vorgesehen für Unvorhergesehenes		3.369.216,35	
	Grundstückskauf			0,00 €
	Infrastruktur			1.314.000,00 €
	Annahme			2.785.200,00 €
	Biogasanlage			7.898.346,69 €
	Gärrestaufbereitung			2.790.000,00 €
	Biogas-Blockheizkraftwerk			2.368.869,06
	Planungs-/Genehmigungs und sonstige -Kosten			3.058.882,36
<b>Gewinn- und Verlustrechnung</b>				
<b>Umsatz</b>			<b>4.981.333,33</b>	<b>4.981.333,33</b>
	Bioabfall AWS			1.925.000,00
	Bioabfall ELW			1.925.000,00
	Grünabfall AWS			0,00
	Grünabfall ELW			0,00
	EEG-Vergütung für eingespeisten Strom			1.035.333,33
	Flexprämie			96.000,00
	Wärmeerlöse			0,00
	NN			0,00
	<i>Materialkosten</i>			<b>1.475.112,90</b>
	Eisenmetalle			0,00
	Entsorgungskosten Störstoffe			0,00
	Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost			817.546,32
	Verwertungskosten Kompost			166.537,21
	Verwertungskosten Wirtschaftsdünger			53.529,37
	Anlieferungskosten von ELW zu AWS			437.500,00
<b>Nettorohertrag</b>			<b>3.506.220,43</b>	
	<i>Betriebskosten</i>			<b>1.865.921,87</b>
	Personalkosten			465.850,00
	Wartung, Reparatur			517.806,78
	Strom, Wasser, Diesel, Wärme			297.035,62
	Mineralstoffe			4.500,00
	Biologische Betreuung Nassfermentation			13.000,00
	Verwaltung			80.000,00
	Umweltgutachter			4.500,00
	Grundstückspacht			180.000,00
	Sonstiges (Versicherung)			303.229,47
<b>EBITDA</b>		<b>32,93</b>	<b>1.640.298,55</b>	
	<i>Kapitalkosten</i>			<b>1.518.614,75</b>
	AfA			1.265.923,52
	Zinsen			252.691,23
<b>EBT</b>		<b>2,44</b>	<b>121.683,81</b>	

Tabelle 19: Dynamische Kalkulation Boxenfermentation ohne Grünabfall am Standort AWS

Gewinn- und Verlustrechnung		2022	2026	2031	2036	2041	
		Jahr 1	Jahr 5	Jahr 10	Jahr 15	Jahr 20	Jahr 1 - 20
	<b>Umsatz</b>	<b>5.157.195,07</b>	<b>5.404.246,70</b>	<b>5.734.474,56</b>	<b>6.090.223,74</b>	<b>6.473.466,65</b>	<b>5.785.978</b>
1,5%	Bioabfall AWS	2.012.930,87	2.136.451,46	2.301.564,98	2.479.439,14	2.671.060,12	2.327.317
1,5%	Bioabfall ELW	2.012.930,87	2.136.451,46	2.301.564,98	2.479.439,14	2.671.060,12	2.327.317
1,5%	Grünabfall AWS	0,00	10,46	11,26	12,14	13,07	10
1,5%	Grünabfall ELW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,0%	EEG-Vergütung für eingespeisten Strom	1.035.333,33	1.035.333,33	1.035.333,33	1.035.333,33	1.035.333,33	1.035.333
0,0%	Flexprämie	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000
1,0%	Wärmeerlöse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
3,0%	NN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
	<b>Materialkosten</b>	<b>1.565.401,62</b>	<b>1.694.441,05</b>	<b>1.870.799,84</b>	<b>2.065.514,19</b>	<b>2.280.494,56</b>	<b>1.901.757</b>
	<i>Materialkosten in % von Umsatz</i>	<i>30,4%</i>	<i>31,4%</i>	<i>32,6%</i>	<i>33,9%</i>	<i>35,2%</i>	<i>32,9%</i>
2,0%	Eisenmetalle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
2,0%	Entsorgungskosten Störstoffe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
2,0%	Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost	867.586,70	939.103,74	1.036.846,41	1.144.762,22	1.263.909,99	1.054.004
2,0%	Verwertungskosten Kompost	176.730,62	191.298,91	211.209,45	233.192,30	257.463,15	214.704
2,0%	Verwertungskosten Wirtschaftsdünger	56.805,80	61.488,42	67.888,19	74.954,04	82.755,32	69.012
2,0%	Anlieferungskosten AWS zu ELW	464.278,50	502.549,98	554.855,79	612.605,62	676.366,11	564.037
	<b>Nettorohertrag</b>	<b>3.591.793,46</b>	<b>3.709.805,65</b>	<b>3.863.674,72</b>	<b>4.024.709,55</b>	<b>4.192.972,08</b>	<b>3.884.221</b>
	<i>Nettorohertrag in % von Umsatz</i>	<i>69,6%</i>	<i>68,6%</i>	<i>67,4%</i>	<i>66,1%</i>	<i>64,8%</i>	<i>67,1%</i>
	<b>Betriebskosten</b>	<b>1.667.341,10</b>	<b>1.821.537,45</b>	<b>2.104.194,11</b>	<b>2.441.621,54</b>	<b>2.845.850,05</b>	<b>2.177.682</b>
	<i>Betriebskosten in % von Umsatz</i>	<i>32,3%</i>	<i>33,7%</i>	<i>36,7%</i>	<i>40,1%</i>	<i>44,0%</i>	<i>37,6%</i>
	<i>Personalkosten in % von Umsatz</i>	<i>9,9%</i>	<i>10,6%</i>	<i>11,6%</i>	<i>12,6%</i>	<i>13,8%</i>	<i>11,8%</i>
3,0%	Personalkosten	509.046,87	572.936,74	664.190,71	769.979,07	892.616,77	683.914
2,0%	5% Wartung, Reparatur inklusive BHKW-Wartung	357.175,45	386.618,20	493.433,68	629.760,30	803.751,46	530.928
3,0%	Strom, Wasser, Diesel	324.578,84	365.316,35	423.501,77	490.954,62	569.150,97	436.078
2,0%	Mineralstoffe	4.775,44	5.169,09	5.707,09	6.301,09	6.956,91	5.802
2,0%	Biologische Betreuung	13.795,70	14.932,91	16.487,14	18.203,14	20.097,74	16.760
1,0%	Verwaltungskosten	82.424,08	85.770,83	90.146,00	94.744,35	99.577,27	90.745
1,0%	Umweltgutachter	4.636,35	4.824,61	5.070,71	5.329,37	5.601,22	5.104
1,0%	Grundstückspacht	185.454,18	192.984,36	202.828,51	213.174,80	224.048,85	204.176
1,0%	Sonstiges (Versicherung)	185.454,18	192.984,36	202.828,51	213.174,80	224.048,85	204.176
	<b>EBITDA</b>	<b>1.924.452,36</b>	<b>1.888.268,20</b>	<b>1.759.480,61</b>	<b>1.583.088,01</b>	<b>1.347.122,04</b>	<b>1.706.539</b>
	<i>in % von Umsatz</i>	<i>37,3%</i>	<i>34,9%</i>	<i>30,7%</i>	<i>26,0%</i>	<i>20,8%</i>	<i>29,5%</i>
	Afa	1.265.923,52	1.265.923,52	1.265.923,52	1.265.923,52	1.265.923,52	1.265.924
	<b>EBIT</b>	<b>658.528,83</b>	<b>622.344,68</b>	<b>493.557,08</b>	<b>317.164,49</b>	<b>81.198,51</b>	<b>440.616</b>
	<i>in % von Umsatz</i>	<i>12,8%</i>	<i>11,5%</i>	<i>8,6%</i>	<i>5,2%</i>	<i>1,3%</i>	<i>7,6%</i>
	Darlehenszinsen	404.305,96	299.619,60	155.224,61	10.829,62	0,00	159.195
	<b>EBT</b>	<b>254.222,87</b>	<b>322.725,08</b>	<b>338.332,47</b>	<b>306.334,87</b>	<b>81.198,51</b>	<b>281.420,19</b>
	<i>in % von Umsatz</i>	<i>4,9%</i>	<i>6,0%</i>	<i>5,9%</i>	<i>5,0%</i>	<i>1,3%</i>	<i>4,9%</i>
	Tax	63.555,72	80.681,27	84.583,12	76.583,72	20.299,63	70.355
	<b>PAT</b>	<b>190.667,15</b>	<b>242.043,81</b>	<b>253.749,35</b>	<b>229.751,15</b>	<b>60.898,89</b>	<b>211.065</b>
	Eigenkapitalrendite	4,72	5,99	6,28	5,68	1,51	5,22

### 6.2.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Pfropfenstromvergärung

Zunächst stellen wir die Annahmen dar, wie sie in dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingeflossen sind. Die Tabelle stellt einen Überblick dar, egal ob in den vorgenannten Kapiteln schon in Textform beschrieben oder noch nicht.

In der Tabelle 20 sind wie bisher auch die zu erwartenden Mengen gemäß Stoffstromdiagramm und Gasertragsberechnung eingeflossen.

In der Tabelle 21 ist die statische Kalkulation (Gewinn- und Verlustrechnung) dargestellt.

In der Tabelle 22 ist ein Auszug aus der dynamischen Kalkulation hinterlegt. Die Regelungen zur Inflationierung entsprechen weiterhin den Ausführungen aus Kapitel 6.2.1.

Die GuV hat den Preisstand von 2019, außer bei den EEG-Erlösen, die aber nicht erhöht werden dürfen. In der dynamischen Kalkulation beginnt das Jahr 1 mit einem Preisstand von 2022, also erhöht um die Inflationsrate bezogen auf 3 Jahre.

Grundlage für diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Errichtung einer Pfropfenstromvergärung am Standort der AWS in Büttelborn. Es werden neben den 40.000 Mg/a an Bioabfällen auch 4.000 Mg/a an Grünabfällen verwertet.

Grundlage für die statische und die dynamische Kalkulation ist ein Annahmepreis für die Bioabfälle in Höhe von

94,75 €/Mg.

Tabelle 20: Annahmen Pfpfenstromvergahrung Standort AWS

Mengen						
	Input in Abfallannahme				Störstoffanteil	
	Bioabfall AWS	20.000	t/a	5%	1000 t/a	
	Bioabfall ELW	20.000	t/a	5%	1000 t/a	
	Grünabfall AWS	4.000	t/a	0%	0 t/a	
	Grünabfall ELW	0	t/a	0%	0 t/a	
	Input in Biogasanlage					
	Bioabfall AWS	19.000	t/a	55%	110 Nm <sup>3</sup> /t	
	Bioabfall ELW	19.000	t/a	55%	110 Nm <sup>3</sup> /t	
	Grünabfall AWS	4.000	t/a	50%	80 Nm <sup>3</sup> /t	
	Grünabfall ELW	0	t/a	50%	80 Nm <sup>3</sup> /t	
	Wasser	0	m <sup>3</sup> /a			
	Output					
	Eisenmetalle	200	t/a			
	Siebüberlauf	1.600	t/a			
	Windsichtung	200	t/a			
	Biogas	5.535	t/a			
	Gärrest fest, vor Rotte	25.745	t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte als Kompost	16.148	t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte	11.304	t/a			
	Gärrest fest, als Struktur	4.845	t/a			
	Gärrest flüssig	15.565	t/a			
	erzeugte Energie					
	Bioabfall AWS	2.090.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Bioabfall ELW	2.090.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall AWS	320.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall ELW	0	Nm <sup>3</sup> /t			
	Methangehalt im Durchschnitt	55%				
	Output Biogas je Jahr	4.500.000	m <sup>3</sup> /a			
	Output Biogas je Stunde	513,70	m <sup>3</sup> /h			
	Energie Biogas als Heizwert	3.031	kW je h			
	Energie Biogas als Heizwert	24.535.714	kW je a			
	Elektrische Leistung BHKW	3.000	kW			
	Elektrischer Wirkungsgrad BHKW	42,2	%			
	Benötigte Energie Biogas	7.109	kW			
	Betriebsstunden BHKW	3.451	h/a			
	Erzeugte elektrische Energie	10.354.071	kWh/a			
	Erzeugte Wärmeenergie	10.875.455	kWh/a			
	Mögliche abzugebende Wärme	8.700.364	kWh/a			
	Erzeugte elektrische Energie bis 500 kW	4.380.000	kWh/a			
	Eingespeiste elektrische Energie	10.198.760	kW/a			

Tabelle 21: GuV Pfropfenstromvergärung AWS

Kalkulation Bioabfallanlage Pfropfenstrom - AWS				
Gesamtanlage				
<b>Investitionen</b>			<b>22.075.573,30</b>	
	hiervon vorgesehen für Unvorhergesehenes		3.679.262,22	
	Grundstückskauf			0,00 €
	Infrastruktur			1.752.000,00 €
	Annahme			3.751.139,58 €
	Biogasanlage			5.594.850,86 €
	Gärrestaufbereitung			4.194.000,00 €
	Biogas-Blockheizkraftwerk			2.727.582,86
	Planungs-/Genehmigungs und sonstige -Kosten			4.056.000,00
<b>Gewinn- und Verlustrechnung</b>				
<b>Umsatz</b>			<b>5.345.574,55</b>	<b>5.345.574,55</b>
	Bioabfall AWS			1.895.000,00
	Bioabfall ELW			1.895.000,00
	Grünabfall AWS			80.000,00
	Grünabfall ELW			0,00
	EEG-Vergütung für eingespeisten Strom			1.355.574,55
	Flexprämie			120.000,00
	Wärmeerlöse			0,00
	<i>Materialkosten</i>			<i>1.612.566,67</i>
	Eisenmetalle			-4.000,00
	Entsorgungskosten Störstoffe			216.000,00
	Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost			581.340,00
	Verwertungskosten Kompost			226.076,67
	Verwertungskosten wirtschaftsdünger			155.650,00
	Anlieferungskosten von ELW zu AWS			437.500,00
<b>Nettorohertrag</b>			<b>3.733.007,88</b>	
	<i>Betriebskosten</i>			<i>1.928.039,80</i>
	Personalkosten			344.850,00
	Wartung, Reparatur			575.210,06
	Strom, Wasser, Diesel, Wärme			394.846,15
	Mineralstoffe			4.500,00
	Biologische Betreuung Nassfermentation			13.000,00
	Verwaltung			80.000,00
	Umweltgutachter			4.500,00
	Grundstückspacht			180.000,00
	Sonstiges (Versicherung)			331.133,60
<b>EBITDA</b>		<b>33,77</b>	<b>1.804.968,08</b>	
	<i>Kapitalkosten</i>			<i>1.674.114,42</i>
	AfA			1.398.169,75
	Zinsen			275.944,67
<b>EBT</b>		<b>2,45</b>	<b>130.853,66</b>	

Tabelle 22: Dynamische Kalkulation Pfropfenstromvergärung AWS

Gewinn- und Verlustrechnung			2022	2026	2031	2036	2041	2042
			Jahr 1	Jahr 5	Jahr 10	Jahr 15	Jahr 20	Jahr 1 - 20
	<b>Umsatz</b>		<b>5.522.349,86</b>	<b>5.770.684,82</b>	<b>6.102.628,14</b>	<b>6.460.225,36</b>	<b>6.845.459,14</b>	<b>6.154.399</b>
1,5%		Bioabfall AWS	1.981.560,52	2.103.156,11	2.265.696,43	2.440.798,53	2.629.433,21	2.291.047
1,5%		Bioabfall ELW	1.981.560,52	2.103.156,11	2.265.696,43	2.440.798,53	2.629.433,21	2.291.047
1,5%		Grünabfall AWS	83.654,27	88.798,05	95.660,72	103.053,76	111.018,17	96.730
1,5%		Grünabfall ELW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,0%		EEG-Vergütung für eingespeisten Strom	1.355.574,55	1.355.574,55	1.355.574,55	1.355.574,55	1.355.574,55	1.355.575
0,0%		Flexprämie	120.000,00	120.000,00	120.000,00	120.000,00	120.000,00	120.000
1,0%		Wärmeerlöse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
3,0%		NN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
	<b>Materialkosten</b>		<b>1.711.268,65</b>	<b>1.852.332,22</b>	<b>2.045.124,44</b>	<b>2.257.982,64</b>	<b>2.492.995,28</b>	<b>2.078.966</b>
		<b>Materialkosten in % von Umsatz</b>	<b>31,0%</b>	<b>32,1%</b>	<b>33,5%</b>	<b>35,0%</b>	<b>36,4%</b>	<b>33,8%</b>
2,0%		Eisenmetalle	-4.244,83	-4.594,74	-5.072,97	-5.600,97	-6.183,92	-5.157
2,0%		Entsorgungskosten Störstoffe	229.220,93	248.116,10	273.940,23	302.452,15	333.931,61	278.473
2,0%		Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost	616.922,66	667.776,93	737.279,68	814.016,35	898.739,82	749.480
2,0%		Verwertungskosten Kompost	239.914,37	259.691,03	286.719,88	316.561,91	349.509,93	291.464
2,0%		Verwertungskosten Wirtschaftsdünger	165.177,03	178.792,92	197.401,84	217.947,58	240.631,74	200.668
2,0%		Anlieferungskosten ELW zu AWS	464.278,50	502.549,98	554.855,79	612.605,62	676.366,11	564.037
	<b>Nettorohertrag</b>		<b>3.811.081,21</b>	<b>3.918.352,60</b>	<b>4.057.503,69</b>	<b>4.202.242,73</b>	<b>4.352.463,85</b>	<b>4.075.433</b>
		<b>Nettorohertrag in % von Umsatz</b>	<b>69,0%</b>	<b>67,9%</b>	<b>66,5%</b>	<b>65,0%</b>	<b>63,6%</b>	<b>66,2%</b>
	<b>Betriebskosten</b>		<b>1.681.597,27</b>	<b>1.835.877,23</b>	<b>2.125.832,78</b>	<b>2.473.107,15</b>	<b>2.890.519,29</b>	<b>2.202.495</b>
		<b>Betriebskosten in % von Umsatz</b>	<b>30,5%</b>	<b>31,8%</b>	<b>34,8%</b>	<b>38,3%</b>	<b>42,2%</b>	<b>35,8%</b>
		<b>Personalkosten in % von Umsatz</b>	<b>6,8%</b>	<b>7,3%</b>	<b>8,1%</b>	<b>8,8%</b>	<b>9,7%</b>	<b>8,2%</b>
3,0%		Personalkosten	376.826,91	424.122,00	491.673,64	569.984,51	660.768,26	506.274
2,0%	5%	Wartung, Reparatur inklusive BHKW-Wartung	396.771,38	429.478,11	548.134,99	699.574,58	892.854,14	589.786
3,0%		Strom, Wasser, Diesel	431.459,05	485.610,96	562.956,19	652.620,52	756.566,05	579.673
2,0%		Mineralstoffe	4.775,44	5.169,09	5.707,09	6.301,09	6.956,91	5.802
2,0%		Biologische Betreuung	13.795,70	14.932,91	16.487,14	18.203,14	20.097,74	16.760
1,0%		Verwaltungskosten	82.424,08	85.770,83	90.146,00	94.744,35	99.577,27	90.745
1,0%		Umweltgutachter	4.636,35	4.824,61	5.070,71	5.329,37	5.601,22	5.104
1,0%		Grundstückspacht	185.454,18	192.984,36	202.828,51	213.174,80	224.048,85	204.176
1,0%		Sonstiges (Versicherung)	185.454,18	192.984,36	202.828,51	213.174,80	224.048,85	204.176
	<b>EBITDA</b>		<b>2.129.483,94</b>	<b>2.082.475,37</b>	<b>1.931.670,91</b>	<b>1.729.135,58</b>	<b>1.461.944,56</b>	<b>1.872.938</b>
		<b>in % von Umsatz</b>	<b>38,6%</b>	<b>36,1%</b>	<b>31,7%</b>	<b>26,8%</b>	<b>21,4%</b>	<b>30,4%</b>
	<b>EBIT</b>	AfA	1.398.169,75	1.398.169,75	1.398.169,75	1.398.169,75	1.398.169,75	1.398.170
		<b>in % von Umsatz</b>	<b>25,3%</b>	<b>24,2%</b>	<b>22,9%</b>	<b>21,6%</b>	<b>20,3%</b>	<b>22,7%</b>
		Darlehenszinsen	441.511,47	327.191,53	169.508,87	11.826,20	0,00	173.845
	<b>EBT</b>		<b>289.802,72</b>	<b>357.114,08</b>	<b>363.992,29</b>	<b>319.139,62</b>	<b>63.774,81</b>	<b>300.922,77</b>
		<b>in % von Umsatz</b>	<b>5,2%</b>	<b>6,2%</b>	<b>6,0%</b>	<b>4,9%</b>	<b>0,9%</b>	<b>4,9%</b>
	<b>Tax</b>		<b>72.450,68</b>	<b>89.278,52</b>	<b>90.998,07</b>	<b>79.784,91</b>	<b>15.943,70</b>	<b>75.231</b>
	<b>PAT</b>		<b>217.352,04</b>	<b>267.835,56</b>	<b>272.994,22</b>	<b>239.354,72</b>	<b>47.831,11</b>	<b>225.692</b>
	<b>Eigenkapitalrendite</b>		<b>4,92</b>	<b>6,07</b>	<b>6,18</b>	<b>5,42</b>	<b>1,08</b>	<b>5,11</b>

### 6.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ELW/Deponie Dyckerhoffbruch

Wie schon ausgeführt, werden alle 3 Verfahrensoptionen je Standort wirtschaftlich geprüft und dargestellt.

Der Standort wird in der nahen Umgebung der Deponie Dyckerhoffbruch muss noch käuflich erworben werden. Hierzu sollte ein Kaufpreis von 70,00 €/m<sup>2</sup> angemessen sein.

Da das Grundstück eine Größe von 24.751 m<sup>2</sup> hat, sind in den Investitionen eine Investitionssumme von 1.732 T€ für das Grundstück eingerechnet worden. Grundstücke sind nicht abzuschreiben. Es fallen nur Kosten für die Fremdkapitalzinsen an.

Wie schon beim Vergleich der Standorte dargestellt, müsste eine Abfallbiogasanlage am Standort an der Deponie Dyckerhoffbruch in Wiesbaden Anlieferungskosten in Höhe von 225.000 €/a tragen und an AWS ausgleichen.

Einnahmen aus dem Verkauf von Wärme können am Standort in Wiesbaden realisiert werden. Das Entgelt in Höhe von 20 €/MWh berücksichtigt, dass im Sommer wenig bis gar keine Wärme gegen Entgeltzahlung abgegeben werden kann. Derzeitige Marktpreise sind derzeit schon deutlich höher und es werden bis zu 50 €/MWh vertraglich vereinbart.

#### 6.3.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Boxenfermentation mit Grünabfällen

Zunächst stellen wir die Annahmen dar, wie sie in dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingeflossen sind. Die Tabelle stellt einen Überblick dar, egal ob in den vorgenannten Kapiteln schon in Textform beschrieben oder noch nicht.

In der Tabelle 23 sind auch die zu erwartenden Mengen gemäß Stoffstromdiagramm und Gasertragsberechnung eingeflossen.

In der Tabelle 24 ist die statische Kalkulation (Gewinn- und Verlustrechnung) dargestellt, oder auch kurz GuV genannt.

In der Tabelle 25 ist ein Auszug aus der dynamischen Kalkulation hinterlegt. Die Regelungen zur Inflationierung entsprechen weiterhin den Ausführungen aus Kapitel 6.2.1.

Die Ausführungen zur GuV haben sich ebenfalls nicht geändert.

Grundlage für diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Errichtung einer Boxenfermentation am Standort des ELW an der Deponie Dyckerhoffbruch. Neben den 40.000 Mg/a sollen zur Vergleichbarkeit mit der Pflropfenstromvergärung auch 4.000 Mg/a an Grünabfällen stofflich und energetisch verwertet werden.

Grundlage für die statische und die dynamische Kalkulation ist ein Annahmepreis für die Bioabfälle in Höhe von

87,75 €/Mg.

Tabelle 23: Annahmen Boxenfermentation mit Grünabfällen am Standort ELW

Mengen						
	Input in Abfallannahme				Störstoffanteil	
	Bioabfall AWS	20.000	t/a	5%	1.000	t/a
	Bioabfall ELW	20.000	t/a	5%	1.000	t/a
	Grünabfall AWS	0	t/a	0%	0	t/a
	Grünabfall ELW	4.000	t/a	0%	0	t/a
	Input in Biogasanlage					
	Bioabfall AWS	19.000	t/a	55%	88	Nm <sup>3</sup> /t
	Bioabfall ELW	19.000	t/a	55%	88	Nm <sup>3</sup> /t
	Grünabfall AWS	0	t/a	50%	64	Nm <sup>3</sup> /t
	Grünabfall ELW	4.000	t/a	50%	64	Nm <sup>3</sup> /t
	Wasser	0	m <sup>3</sup> /a			
	Output					
	Eisenmetalle	0	t/a			
	Siebüberlauf	0	t/a			
	Windsichtung	0	t/a			
	Biogas	4.428	t/a			
	Gärrest fest, vor Rotte	34.206	t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte als Kompost	16.960	t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte	9.328	t/a			
	Gärrest fest, als Struktur	7.632	t/a			
	Gärrest flüssig	5.366	t/a			
	erzeugte Energie					
	Bioabfall AWS	1.672.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Bioabfall ELW	1.672.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall AWS	0	Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall ELW	256.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Methangehalt im Durchschnitt	55%				
	Output Biogas je Jahr	3.600.000	m <sup>3</sup> /a			
	Output Biogas je Stunde	410,96	m <sup>3</sup> /h			
	Energie Biogas als Heizwert	2.425	kW je h			
	Energie Biogas als Heizwert	19.628.571	kW je a			
	Elektrische Leistung BHKW	2.400	kW			
	Elektrischer Wirkungsgrad BHKW	42,2	%			
	Benötigte Energie Biogas	5.687	kW			
	Betriebsstunden BHKW	3.451	h/a			
	Erzeugte elektrische Energie	8.283.257	kWh/a			
	Erzeugte Wärmeenergie	8.700.364	kWh/a			
	Mögliche abzugebende Wärme	6.960.291	kWh/a			
	Erzeugte elektrische Energie bis 500 kW	4.380.000	kWh/a			
	Eingespeiste elektrische Energie	8.159.008	kW/a			

**Tabelle 24: GuV Boxenfermentation mit Grünabfall am Standort ELW**

Kalkulation Bioabfallanlage ELW-Boxenfermentation-mit-Grünabfall				
Gesamtanlage				
<b>Investitionen</b>			<b>22.492.382,11</b>	
	hiervon vorgesehen für Unvorhergesehenes		3.748.730,35	
	Grundstückskauf			1.732.570,00 €
	Infrastruktur			1.702.514,00 €
	Annahme			2.785.200,00 €
	Biogasanlage			7.898.346,69 €
	Gärrestaufbereitung			2.790.000,00 €
	Biogas-Blockheizkraftwerk			2.368.869,06 €
	Planungs-/Genehmigungs und sonstige -Kosten			3.214.882,36 €
<b>Gewinn- und Verlustrechnung</b>				
<b>Umsatz</b>			<b>4.924.995,47</b>	<b>4.924.995,47</b>
	Bioabfall AWS			1.755.000,00
	Bioabfall ELW			1.755.000,00
	Grünabfall AWS			0,00
	Grünabfall ELW			80.000,00
	EEG-Vergütung für eingespeisten Strom			1.099.789,64
	Flexprämie			96.000,00
	Wärmeerlöse			139.205,83
	<i>Materialkosten</i>		<b>1.381.084,52</b>	
	Eisenmetalle			0,00
	Entsorgungskosten Störstoffe			0,00
	Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost			915.858,00
	Verwertungskosten Kompost			186.563,67
	Verwertungskosten wirtschaftsdünger			53.662,86
	Anlieferungskosten von AWS zu ELW			225.000,00
<b>Nettorohertrag</b>			<b>3.543.910,94</b>	
	<i>Betriebskosten</i>			<b>1.730.396,55</b>
	Personalkosten			465.850,00
	Wartung, Reparatur			525.791,57
	Strom, Wasser, Diesel, Wärme			299.369,24
	Mineralstoffe			4.500,00
	Biologische Betreuung Nassfermentation			13.000,00
	Verwaltung			80.000,00
	Umweltgutachter			4.500,00
	Grundstückspacht			0,00
	Sonstiges (Versicherung)			337.385,73
<b>EBITDA</b>		<b>36,82</b>	<b>1.813.514,40</b>	
	<i>Kapitalkosten</i>			<b>1.574.304,00</b>
	AfA			1.293.149,22
	Zinsen			281.154,78
<b>EBT</b>		<b>4,86</b>	<b>239.210,40</b>	

Tabelle 25: Dynamische Kalkulation Boxenfermentation mit Grünabfall am Standort ELW

Gewinn- und Verlustrechnung			2022	2026	2031	2036	2041	2042
			Jahr 1	Jahr 5	Jahr 10	Jahr 15	Jahr 20	Jahr 1 - 20
	<b>Umsatz</b>		<b>5.093.198,91</b>	<b>5.329.380,37</b>	<b>5.644.919,49</b>	<b>5.984.644,71</b>	<b>6.350.415,02</b>	<b>5.693.988</b>
1,5%		Bioabfall AWS	1.835.165,55	1.947.777,82	2.098.309,89	2.260.475,68	2.435.174,29	2.121.788
1,5%		Bioabfall ELW	1.835.165,55	1.947.777,82	2.098.309,89	2.260.475,68	2.435.174,29	2.121.788
1,5%		Grünabfall AWS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1,5%		Grünabfall ELW	83.654,27	88.787,59	95.649,45	103.041,63	111.005,10	96.720
0,0%		EEG-Vergütung für eingespeisten Strom	1.099.789,64	1.099.789,64	1.099.789,64	1.099.789,64	1.099.789,64	1.099.790
0,0%		Flexprämie	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000
1,0%		Wärmeerlöse	143.423,90	149.247,49	156.860,61	164.862,08	173.271,70	157.903
3,0%		NN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
	<b>Materialkosten</b>		<b>1.465.617,95</b>	<b>1.586.432,00</b>	<b>1.751.549,11</b>	<b>1.933.851,75</b>	<b>2.135.128,60</b>	<b>1.780.533</b>
		<i>Materialkosten in % von Umsatz</i>	<i>28,8%</i>	<i>29,8%</i>	<i>31,0%</i>	<i>32,3%</i>	<i>33,6%</i>	<i>31,3%</i>
2,0%		Eisenmetalle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
2,0%		Entsorgungskosten Störstoffe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
2,0%		Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost	971.915,84	1.052.032,96	1.161.529,39	1.282.422,31	1.415.897,85	1.180.750
2,0%		Verwertungskosten Kompost	197.982,86	214.303,01	236.607,84	261.234,17	288.423,64	240.523
2,0%		Verwertungskosten Wirtschaftsdünger	56.947,45	61.641,75	68.057,48	75.140,96	82.961,69	69.184
2,0%		Anlieferungskosten AWS zu ELW	238.771,80	258.454,28	285.354,40	315.054,32	347.845,43	290.076
	<b>Nettoertrag</b>		<b>3.627.580,96</b>	<b>3.742.948,37</b>	<b>3.893.370,37</b>	<b>4.050.792,95</b>	<b>4.215.286,42</b>	<b>3.913.455</b>
		<i>Nettoertrag in % von Umsatz</i>	<i>71,2%</i>	<i>70,2%</i>	<i>69,0%</i>	<i>67,7%</i>	<i>66,4%</i>	<i>68,7%</i>
	<b>Betriebskosten</b>		<b>1.652.099,40</b>	<b>1.806.123,76</b>	<b>2.089.647,93</b>	<b>2.428.407,65</b>	<b>2.834.567,35</b>	<b>2.163.643</b>
		<i>Betriebskosten in % von Umsatz</i>	<i>32,4%</i>	<i>33,9%</i>	<i>37,0%</i>	<i>40,6%</i>	<i>44,6%</i>	<i>38,0%</i>
		<i>Personalkosten in % von Umsatz</i>	<i>10,0%</i>	<i>10,8%</i>	<i>11,8%</i>	<i>12,9%</i>	<i>14,1%</i>	<i>12,0%</i>
3,0%		Personalkosten	509.046,87	572.936,74	664.190,71	769.979,07	892.616,77	683.914
2,0%	5%	Wartung, Reparatur inklusive BHKW-Wartung	362.683,24	392.580,01	501.042,62	639.471,46	816.145,64	539.115
3,0%		Strom, Wasser, Diesel	327.128,86	368.186,41	426.828,96	494.811,75	573.622,43	439.504
2,0%		Mineralstoffe	4.775,44	5.169,09	5.707,09	6.301,09	6.956,91	5.802
2,0%		Biologische Betreuung	13.795,70	14.932,91	16.487,14	18.203,14	20.097,74	16.760
1,0%		Verwaltungskosten	82.424,08	85.770,83	90.146,00	94.744,35	99.577,27	90.745
1,0%		Umweltgutachter	4.636,35	4.824,61	5.070,71	5.329,37	5.601,22	5.104
1,0%		Sonstiges (Versicherung)	347.608,86	361.723,17	380.174,69	399.567,42	419.949,37	382.700
	<b>EBITDA</b>		<b>1.975.481,56</b>	<b>1.936.824,60</b>	<b>1.803.722,44</b>	<b>1.622.385,31</b>	<b>1.380.719,08</b>	<b>1.749.811</b>
		<i>in % von Umsatz</i>	<i>38,8%</i>	<i>36,3%</i>	<i>32,0%</i>	<i>27,1%</i>	<i>21,7%</i>	<i>30,7%</i>
		AfA	1.293.149,22	1.293.149,22	1.293.149,22	1.293.149,22	1.293.149,22	1.293.149
	<b>EBIT</b>		<b>682.332,34</b>	<b>643.675,38</b>	<b>510.573,22</b>	<b>329.236,08</b>	<b>87.569,85</b>	<b>456.662</b>
		<i>in % von Umsatz</i>	<i>13,4%</i>	<i>12,1%</i>	<i>9,0%</i>	<i>5,5%</i>	<i>1,4%</i>	<i>8,0%</i>
		Darlehenszinsen	449.847,64	333.369,23	172.709,36	12.049,49	0,00	177.128
	<b>EBT</b>		<b>232.484,69</b>	<b>310.306,15</b>	<b>337.863,86</b>	<b>317.186,59</b>	<b>87.569,85</b>	<b>279.534,51</b>
		<i>in % von Umsatz</i>	<i>4,6%</i>	<i>5,8%</i>	<i>6,0%</i>	<i>5,3%</i>	<i>1,4%</i>	<i>4,9%</i>
	<b>Tax</b>		<b>0,00</b>	<b>77.576,54</b>	<b>84.465,96</b>	<b>79.296,65</b>	<b>21.892,46</b>	<b>66.978</b>
	<b>PAT</b>		<b>232.484,69</b>	<b>232.729,61</b>	<b>253.397,89</b>	<b>237.889,94</b>	<b>65.677,39</b>	<b>212.557</b>
	<b>Eigenkapitalrendite</b>		<b>5,17</b>	<b>5,17</b>	<b>5,63</b>	<b>5,29</b>	<b>1,46</b>	<b>4,73</b>

### 6.3.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Boxenfermentation ohne Grünabfall

Zunächst stellen wir die Annahmen dar, wie sie in dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingeflossen sind. Die Tabelle stellt einen Überblick dar, egal ob in den vorgenannten Kapiteln schon in Textform beschrieben oder noch nicht.

In der Tabelle 26 sind auch die zu erwartenden Mengen gemäß Stoffstromdiagramm und Gasertragsberechnung eingeflossen.

In der Tabelle 27 ist die statische Kalkulation (Gewinn- und Verlustrechnung) dargestellt.

In der Tabelle 28 ist ein Auszug aus der dynamischen Kalkulation hinterlegt. Die Regelungen zur Inflationierung entsprechen den Ausführungen aus Kapitel 6.2.1.

Die GuV hat den Preisstand von 2019, außer bei den EEG-Erlösen, die aber nicht erhöht werden dürfen. In der dynamischen Kalkulation beginnt das Jahr 1 mit einem Preisstand von 2022, also erhöht um die Inflationsrate bezogen auf 3 Jahre.

Grundlage für diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Errichtung einer Boxenfermentation am Standort der ELW in Büttelborn. Es werden ausschließlich die 40.000 Mg/a an Bioabfällen verwertet.

Grundlage für die statische und die dynamische Kalkulation ist ein Annahmepreis für die Bioabfälle in Höhe von

88,50 €/Mg.

**Tabelle 26: Annahmen Boxenfermentation ohne Grünabfälle Standort ELW**

Mengen					
	Input in Abfallannahme			Störstoffanteil	
	Bioabfall AWS	20.000 t/a	5%	1.000 t/a	
	Bioabfall ELW	20.000 t/a	5%	1.000 t/a	
	Grünabfall AWS	0 t/a	0%	0 t/a	
	Grünabfall ELW	0 t/a	0%	0 t/a	
	Input in Biogasanlage				
	Bioabfall AWS	19.000 t/a	55%	88 Nm <sup>3</sup> /t	
	Bioabfall ELW	19.000 t/a	55%	88 Nm <sup>3</sup> /t	
	Grünabfall AWS	0 t/a	50%	64 Nm <sup>3</sup> /t	
	Grünabfall ELW	0 t/a	50%	64 Nm <sup>3</sup> /t	
	Wasser	0 m <sup>3</sup> /a			
	Output				
	Eisenmetalle	0 t/a			
	Siebüberlauf	0 t/a			
	Windsichtung	0 t/a			
	Biogas	4.113 t/a			
	Gärrest fest, vor Rotte	30.534 t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte als Kompost	15.140 t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte	8.327 t/a			
	Gärrest fest, als Struktur	6.813 t/a			
	Gärrest flüssig	6.022 t/a			
	erzeugte Energie				
	Bioabfall AWS	1.672.000 Nm <sup>3</sup> /t			
	Bioabfall ELW	1.672.000 Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall AWS	0 Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall ELW	0 Nm <sup>3</sup> /t			
	Methangehalt im Durchschnitt	55%			
	Output Biogas je Jahr	3.344.000 m <sup>3</sup> /a			
	Output Biogas je Stunde	381,74 m <sup>3</sup> /h			
	Energie Biogas als Heizwert	2.252 kW je h			
	Energie Biogas als Heizwert	18.392.000 kW je a			
	Elektrische Leistung BHKW	2.400 kW			
	Elektrischer Wirkungsgrad BHKW	42,2 %			
	Benötigte Energie Biogas	5.687 kW			
	Betriebsstunden BHKW	3.234 h/a			
	Erzeugte elektrische Energie	7.761.424 kWh/a			
	Erzeugte Wärmeenergie	8.152.254 kWh/a			
	Mögliche abzugebende Wärme	5.706.578 kWh/a			
	Erzeugte elektrische Energie bis 500 kW	4.380.000 kWh/a			
	Eingespeiste elektrische Energie	7.645.003 kW/a			

Tabelle 27: GuV Boxenfermentation ohne Grünabfall Standort ELW

Kalkulation Bioabfallanlage ELW Boxenfermentation ohne Grünabfall				
Gesamtanlage				
<b>Investitionen</b>		<b>22.492.382,11</b>		
	hiervon vorgesehen für Unvorhergesehenes	3.748.730,35		
	Grundstückskauf			1.732.570,00 €
	Infrastruktur			1.702.514,00 €
	Annahme			2.785.200,00 €
	Biogasanlage			7.898.346,69 €
	Gärrestaufbereitung			2.790.000,00 €
	Biogas-Blockheizkraftwerk			2.368.869,06 €
	Planungs-/Genehmigungs und sonstige -Kosten			3.214.882,36 €
<b>Gewinn- und Verlustrechnung</b>				
<b>Umsatz</b>		<b>4.785.464,89</b>	<b>4.785.464,89</b>	
	Bioabfall AWS			1.770.000,00
	Bioabfall ELW			1.770.000,00
	Grünabfall AWS			0,00
	Grünabfall ELW			0,00
	EEG-Vergütung für eingespeisten Strom			1.035.333,33
	Flexprämie			96.000,00
	Wärmeerlöse			114.131,56
	<i>Materialkosten</i>		<i>1.269.304,08</i>	
	Eisenmetalle			0,00
	Entsorgungskosten Störstoffe			0,00
	Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost			817.546,32
	Verwertungskosten Kompost			166.537,21
	Verwertungskosten Wirtschaftsdünger			60.220,54
	Anlieferungskosten von AWS zu ELW			225.000,00
<b>Nettorohertrag</b>		<b>3.516.160,81</b>		
	<i>Betriebskosten</i>		<i>1.724.377,27</i>	
	Personalkosten			465.850,00
	Wartung, Reparatur			521.691,92
	Strom, Wasser, Diesel, Wärme			297.449,62
	Mineralstoffe			4.500,00
	Biologische Betreuung Nassfermentation			13.000,00
	Verwaltung			80.000,00
	Umweltgutachter			4.500,00
	Grundstückspacht			0,00
	Sonstiges (Versicherung)			337.385,73
<b>EBITDA</b>		<b>37,44</b>	<b>1.791.783,54</b>	
	<i>Kapitalkosten</i>		<i>1.574.304,00</i>	
	AfA			1.293.149,22
	Zinsen			281.154,78
<b>EBT</b>		<b>4,54</b>	<b>217.479,54</b>	

Tabelle 28: Dynamische Kalkulation Boxenfermentation ohne Grünabfall am Standort ELW

Gewinn- und Verlustrechnung			2022	2026	2031	2036	2041	
			Jahr 1	Jahr 5	Jahr 10	Jahr 15	Jahr 20	Jahr 1 - 20
	<b>Umsatz</b>		<b>4.950.624,63</b>	<b>5.182.548,80</b>	<b>5.492.427,95</b>	<b>5.826.091,81</b>	<b>6.185.370,18</b>	<b>5.540.640</b>
1,5%		Bioabfall AWS	1.850.850,72	1.964.425,50	2.116.244,16	2.279.795,99	2.455.987,75	2.139.923
1,5%		Bioabfall ELW	1.850.850,72	1.964.425,50	2.116.244,16	2.279.795,99	2.455.987,75	2.139.923
1,5%		Grünabfall AWS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1,5%		Grünabfall ELW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
0,0%		EEG-Vergütung für eingespeisten Strom	1.035.333,33	1.035.333,33	1.035.333,33	1.035.333,33	1.035.333,33	1.035.333
0,0%		Flexprämie	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000
1,0%		Wärmeerlöse	117.589,86	122.364,48	128.606,29	135.166,51	142.061,36	129.461
3,0%		NN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
	<b>Materialkosten</b>		<b>1.346.995,64</b>	<b>1.458.031,40</b>	<b>1.609.784,48</b>	<b>1.777.332,14</b>	<b>1.962.318,30</b>	<b>1.636.423</b>
		<i>Materialkosten in % von Umsatz</i>	<i>27,2%</i>	<i>28,1%</i>	<i>29,3%</i>	<i>30,5%</i>	<i>31,7%</i>	<i>29,5%</i>
2,0%		Eisenmetalle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
2,0%		Entsorgungskosten Störstoffe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
2,0%		Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost	867.586,70	939.103,74	1.036.846,41	1.144.762,22	1.263.909,99	1.054.004
2,0%		Verwertungskosten Kompost	176.730,62	191.298,91	211.209,45	233.192,30	257.463,15	214.704
2,0%		Verwertungskosten Wirtschaftsdünger	63.906,52	69.174,47	76.374,21	84.323,30	93.099,74	77.638
2,0%		Anlieferungskosten AWS zu ELW	238.771,80	258.454,28	285.354,40	315.054,32	347.845,43	290.076
	<b>Nettorohertrag</b>		<b>3.603.628,99</b>	<b>3.724.517,40</b>	<b>3.882.643,47</b>	<b>4.048.759,67</b>	<b>4.223.051,89</b>	<b>3.904.217</b>
		<i>Nettorohertrag in % von Umsatz</i>	<i>72,8%</i>	<i>71,9%</i>	<i>70,7%</i>	<i>69,5%</i>	<i>68,3%</i>	<i>70,5%</i>
	<b>Betriebskosten</b>		<b>1.647.173,90</b>	<b>1.800.701,88</b>	<b>2.083.004,32</b>	<b>2.420.248,78</b>	<b>2.824.525,58</b>	<b>2.156.622</b>
		<i>Betriebskosten in % von Umsatz</i>	<i>33,3%</i>	<i>34,7%</i>	<i>37,9%</i>	<i>41,5%</i>	<i>45,7%</i>	<i>38,9%</i>
		<i>Personalkosten in % von Umsatz</i>	<i>10,3%</i>	<i>11,1%</i>	<i>12,1%</i>	<i>13,2%</i>	<i>14,4%</i>	<i>12,3%</i>
3,0%		Personalkosten	509.046,87	572.936,74	664.190,71	769.979,07	892.616,77	683.914
2,0%	5%	Wartung, Reparatur inklusive BHKW-Wartung	359.855,36	389.519,02	497.135,94	634.485,44	809.782,07	534.911
3,0%		Strom, Wasser, Diesel	325.031,23	365.825,51	424.092,04	491.638,90	569.944,23	436.686
2,0%		Mineralstoffe	4.775,44	5.169,09	5.707,09	6.301,09	6.956,91	5.802
2,0%		Biologische Betreuung	13.795,70	14.932,91	16.487,14	18.203,14	20.097,74	16.760
1,0%		Verwaltungskosten	82.424,08	85.770,83	90.146,00	94.744,35	99.577,27	90.745
1,0%		Umweltgutachter	4.636,35	4.824,61	5.070,71	5.329,37	5.601,22	5.104
1,0%		Sonstiges (Versicherung)	347.608,86	361.723,17	380.174,69	399.567,42	419.949,37	382.700
	<b>EBITDA</b>		<b>1.956.455,09</b>	<b>1.923.815,52</b>	<b>1.799.639,15</b>	<b>1.628.510,89</b>	<b>1.398.526,31</b>	<b>1.747.595</b>
		<i>in % von Umsatz</i>	<i>39,5%</i>	<i>37,1%</i>	<i>32,8%</i>	<i>28,0%</i>	<i>22,6%</i>	<i>31,5%</i>
		AfA	1.293.149,22	1.293.149,22	1.293.149,22	1.293.149,22	1.293.149,22	1.293.149
	<b>EBIT</b>		<b>663.305,87</b>	<b>630.666,29</b>	<b>506.489,93</b>	<b>335.361,67</b>	<b>105.377,09</b>	<b>454.446</b>
		<i>in % von Umsatz</i>	<i>13,4%</i>	<i>12,2%</i>	<i>9,2%</i>	<i>5,8%</i>	<i>1,7%</i>	<i>8,2%</i>
		Darlehenszinsen	449.847,64	333.369,23	172.709,36	12.049,49	0,00	177.128
	<b>EBT</b>		<b>213.458,23</b>	<b>297.297,06</b>	<b>333.780,57</b>	<b>323.312,18</b>	<b>105.377,09</b>	<b>277.318,64</b>
		<i>in % von Umsatz</i>	<i>4,3%</i>	<i>5,7%</i>	<i>6,1%</i>	<i>5,5%</i>	<i>1,7%</i>	<i>5,0%</i>
	<b>Tax</b>		<b>0,00</b>	<b>74.324,26</b>	<b>83.445,14</b>	<b>80.828,05</b>	<b>26.344,27</b>	<b>66.661</b>
	<b>PAT</b>		<b>213.458,23</b>	<b>222.972,79</b>	<b>250.335,42</b>	<b>242.484,14</b>	<b>79.032,81</b>	<b>210.657</b>
	<b>Eigenkapitalrendite</b>		<b>4,75</b>	<b>4,96</b>	<b>5,56</b>	<b>5,39</b>	<b>1,76</b>	<b>4,68</b>

### 6.3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Pfropfenstromvergärung

Zunächst stellen wir die Annahmen dar, wie sie in dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingeflossen sind. Die Tabelle stellt einen Überblick dar, egal ob in den vorgenannten Kapiteln schon in Textform beschrieben oder noch nicht.

In der Tabelle 29 sind wie bisher auch die zu erwartenden Mengen gemäß Stoffstromdiagramm und Gasertragsberechnung eingeflossen.

In der Tabelle 30 ist die statische Kalkulation (Gewinn- und Verlustrechnung) dargestellt.

In der Tabelle 31 ist ein Auszug aus der dynamischen Kalkulation hinterlegt. Die Regelungen zur Inflationierung entsprechen weiterhin den Ausführungen aus Kapitel 6.2.1.

Die GuV hat den Preisstand von 2019, außer bei den EEG-Erlösen, die aber nicht erhöht werden dürfen. In der dynamischen Kalkulation beginnt das Jahr 1 mit einem Preisstand von 2022, also erhöht um die Inflationsrate bezogen auf 3 Jahre.

Grundlage für diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Errichtung einer Pfropfenstromvergärung am Standort des ELW in Büttelborn. Es werden neben den 40.000 Mg/a an Bioabfällen auch 4.000 Mg/a an Grünabfällen verwertet.

Grundlage für die statische und die dynamische Kalkulation ist ein Annahmepreis für die Bioabfälle in Höhe von

87,50 €/Mg.

Tabelle 29: Annahmen Pfpfenstromvergahrung Standort ELW

Mengen						
	Input in Abfallannahme				Störstoffanteil	
	Bioabfall AWS	20.000	t/a	5%	1.000	t/a
	Bioabfall ELW	20.000	t/a	5%	1.000	t/a
	Grünabfall AWS	0	t/a	0%	0	t/a
	Grünabfall ELW	4.000	t/a	0%	0	t/a
	Input in Biogasanlage					
	Bioabfall AWS	19.000	t/a	55%	110	Nm <sup>3</sup> /t
	Bioabfall ELW	19.000	t/a	55%	110	Nm <sup>3</sup> /t
	Grünabfall AWS	0	t/a	50%	80	Nm <sup>3</sup> /t
	Grünabfall ELW	4.000	t/a	50%	80	Nm <sup>3</sup> /t
	Wasser	0	m <sup>3</sup> /a			
	Output					
	Eisenmetalle	200	t/a			
	Siebüberlauf	1.600	t/a			
	Windsichtung	200	t/a			
	Biogas	5.535	t/a			
	Gärrest fest, vor Rotte	25.745	t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte als Kompost	16.148	t/a			
	Gärrest fest, nach Rotte	11.304	t/a			
	Gärrest fest, als Struktur	4.845	t/a			
	Gärrest flüssig	15.565	t/a			
	erzeugte Energie					
	Bioabfall AWS	2.090.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Bioabfall ELW	2.090.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall AWS	0	Nm <sup>3</sup> /t			
	Grünabfall ELW	320.000	Nm <sup>3</sup> /t			
	Methangehalt im Durchschnitt	55%				
	Output Biogas je Jahr	4.500.000	m <sup>3</sup> /a			
	Output Biogas je Stunde	513,70	m <sup>3</sup> /h			
	Energie Biogas als Heizwert	3.031	kW je h			
	Energie Biogas als Heizwert	24.535.714	kW je a			
	Elektrische Leistung BHKW	3.000	kW			
	Elektrischer Wirkungsgrad BHKW	42,2	%			
	Benötigte Energie Biogas	7.109	kW			
	Betriebsstunden BHKW	3.451	h/a			
	Erzeugte elektrische Energie	10.354.071	kWh/a			
	Erzeugte Wärmeenergie	10.875.455	kWh/a			
	Mögliche abzugebende Wärme	8.700.364	kWh/a			
	Erzeugte elektrische Energie bis 500 kW	4.380.000	kWh/a			
	Eingespeiste elektrische Energie	10.198.760	kW/a			

Tabelle 30: GuV Pfropfenstromvergärung ELW

Kalkulation Bioabfallanlage ELW Pfropfenstromvergärung				
Gesamtanlage				
<b>Investitionen</b>			<b>25.096.657,30</b>	
	hiervon vorgesehen für Unvorhergesehenes		4.182.776,22	
	Grundstückskauf			1.732.570,00 €
	Infrastruktur			3.040.514,00 €
	Annahme			3.751.139,58 €
	Biogasanlage			5.594.850,86 €
	Gärrestaufbereitung			4.194.000,00 €
	Biogas-Blockheizkraftwerk			2.727.582,86
	Planungs-/Genehmigungs und sonstige -Kosten			4.056.000,00
<b>Gewinn- und Verlustrechnung</b>				
<b>Umsatz</b>			<b>5.229.581,83</b>	<b>5.229.581,83</b>
	Bioabfall AWS			1.750.000,00
	Bioabfall ELW			1.750.000,00
	Grünabfall AWS			0,00
	Grünabfall ELW			80.000,00
	EEG-Vergütung für eingespeisten Strom			1.355.574,55
	Flexprämie			120.000,00
	Wärmeerlöse			174.007,29
	NN			0,00
	<b>Materialkosten</b>			<b>1.400.066,67</b>
	Eisenmetalle			-4.000,00
	Entsorgungskosten Störstoffe			216.000,00
	Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost			581.340,00
	Verwertungskosten Kompost			226.076,67
	Verwertungskosten Wirtschaftsdünger			155.650,00
	Anlieferungskosten von AWS zu ELW			225.000,00
<b>Nettorohertrag</b>			<b>3.829.515,17</b>	
	<b>Betriebskosten</b>			<b>1.805.681,67</b>
	Personalkosten			344.850,00
	Wartung, Reparatur			584.520,20
	Strom, Wasser, Diesel, Wärme			397.861,61
	Mineralstoffe			4.500,00
	Biologische Betreuung Nassfermentation			13.000,00
	Verwaltung			80.000,00
	Umweltgutachter			4.500,00
	Sonstiges (Versicherung)			376.449,86
<b>EBITDA</b>		<b>38,70</b>	<b>2.023.833,50</b>	
	<b>Kapitalkosten</b>			<b>1.776.303,67</b>
	AfA			1.462.595,45
	Zinsen			313.708,22
<b>EBT</b>		<b>4,73</b>	<b>247.529,83</b>	

Tabelle 31: Dynamische Kalkulation Pfpfenstromvergahrung ELW

Gewinn- und Verlustrechnung		2022	2026	2031	2036	2041	
		Jahr 1	Jahr 5	Jahr 10	Jahr 15	Jahr 20	Jahr 1 - 20
	<b>Umsatz</b>	<b>5.398.383,01</b>	<b>5.635.378,70</b>	<b>5.951.963,37</b>	<b>6.292.764,93</b>	<b>6.659.642,22</b>	<b>6.001.158</b>
1,5%	Bioabfall AWS	1.829.937,16	1.942.228,60	2.092.331,80	2.254.035,58	2.428.236,47	2.115.743
1,5%	Bioabfall ELW	1.829.937,16	1.942.228,60	2.092.331,80	2.254.035,58	2.428.236,47	2.115.743
1,5%	Grunabfall AWS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
1,5%	Grunabfall ELW	83.654,27	88.787,59	95.649,45	103.041,63	111.005,10	96.720
0,0%	EEG-Vergutung fur eingespeisten Strom	1.355.574,55	1.355.574,55	1.355.574,55	1.355.574,55	1.355.574,55	1.355.575
0,0%	Flexpremie	120.000,00	120.000,00	120.000,00	120.000,00	120.000,00	120.000
1,0%	Warmeerlose	179.279,88	186.559,36	196.075,76	206.077,60	216.589,63	197.378
3,0%	NN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
	<b>Materialkosten</b>	<b>1.485.761,95</b>	<b>1.608.236,51</b>	<b>1.775.623,06</b>	<b>1.960.431,34</b>	<b>2.164.474,60</b>	<b>1.805.005</b>
	<i>Materialkosten in % von Umsatz</i>	<i>27,5%</i>	<i>28,5%</i>	<i>29,8%</i>	<i>31,2%</i>	<i>32,5%</i>	<i>30,1%</i>
2,0%	Eisenmetalle	-4.244,83	-4.594,74	-5.072,97	-5.600,97	-6.183,92	-5.157
2,0%	Entsorgungskosten Storstoffe	229.220,93	248.116,10	273.940,23	302.452,15	333.931,61	278.473
2,0%	Entsorgungskosten nicht spezifikationsgerechter Kompost	616.922,66	667.776,93	737.279,68	814.016,35	898.739,82	749.480
2,0%	Verwertungskosten Kompost	239.914,37	259.691,03	286.719,88	316.561,91	349.509,93	291.464
2,0%	Verwertungskosten Wirtschaftsdunger	165.177,03	178.792,92	197.401,84	217.947,58	240.631,74	200.668
2,0%	Anlieferungskosten AWS zu ELW	238.771,80	258.454,28	285.354,40	315.054,32	347.845,43	290.076
	<b>Nettorohertrag</b>	<b>3.912.621,06</b>	<b>4.027.142,19</b>	<b>4.176.340,31</b>	<b>4.332.333,60</b>	<b>4.495.167,62</b>	<b>4.196.153</b>
	<i>Nettorohertrag in % von Umsatz</i>	<i>72,5%</i>	<i>71,5%</i>	<i>70,2%</i>	<i>68,8%</i>	<i>67,5%</i>	<i>69,9%</i>
	<b>Betriebskosten</b>	<b>1.708.262,65</b>	<b>1.864.173,72</b>	<b>2.157.540,14</b>	<b>2.508.895,95</b>	<b>2.931.224,04</b>	<b>2.235.127</b>
	<i>Betriebskosten in % von Umsatz</i>	<i>31,6%</i>	<i>33,1%</i>	<i>36,2%</i>	<i>39,9%</i>	<i>44,0%</i>	<i>37,2%</i>
	<i>Personalkosten in % von Umsatz</i>	<i>7,0%</i>	<i>7,5%</i>	<i>8,3%</i>	<i>9,1%</i>	<i>9,9%</i>	<i>8,4%</i>
3,0%	Personalkosten	376.826,91	424.122,00	491.673,64	569.984,51	660.768,26	506.274
2,0%	5% Wartung, Reparatur inklusive BHKW-Wartung	403.193,38	436.429,48	557.006,90	710.897,64	907.305,55	599.332
3,0%	Strom, Wasser, Diesel	434.754,13	489.319,60	567.255,53	657.604,62	762.343,99	584.100
2,0%	Mineralstoffe	4.775,44	5.169,09	5.707,09	6.301,09	6.956,91	5.802
2,0%	Biologische Betreuung	13.795,70	14.932,91	16.487,14	18.203,14	20.097,74	16.760
1,0%	Verwaltungskosten	82.424,08	85.770,83	90.146,00	94.744,35	99.577,27	90.745
1,0%	Umweltgutachter	4.636,35	4.824,61	5.070,71	5.329,37	5.601,22	5.104
1,0%	Sonstiges (Versicherung)	387.856,67	403.605,20	424.193,12	445.831,24	468.573,11	427.011
	<b>EBITDA</b>	<b>2.204.358,41</b>	<b>2.162.968,46</b>	<b>2.018.800,17</b>	<b>1.823.437,64</b>	<b>1.563.943,57</b>	<b>1.961.025</b>
	<i>in % von Umsatz</i>	<i>40,8%</i>	<i>38,4%</i>	<i>33,9%</i>	<i>29,0%</i>	<i>23,5%</i>	<i>32,7%</i>
	AfA	1.462.595,45	1.462.595,45	1.462.595,45	1.462.595,45	1.462.595,45	1.462.595
	<b>EBIT</b>	<b>741.762,96</b>	<b>700.373,01</b>	<b>556.204,71</b>	<b>360.842,19</b>	<b>101.348,12</b>	<b>498.430</b>
	<i>in % von Umsatz</i>	<i>13,7%</i>	<i>12,4%</i>	<i>9,3%</i>	<i>5,7%</i>	<i>1,5%</i>	<i>8,3%</i>
	Darlehenszinsen	501.933,15	371.968,31	192.706,48	13.444,64	0,00	197.636
	<b>EBT</b>	<b>239.829,81</b>	<b>328.404,70</b>	<b>363.498,24</b>	<b>347.397,55</b>	<b>101.348,12</b>	<b>300.794</b>
	<i>in % von Umsatz</i>	<i>4,4%</i>	<i>5,8%</i>	<i>6,1%</i>	<i>5,5%</i>	<i>1,5%</i>	<i>5,0%</i>
	Tax	0,00	82.101,17	90.874,56	86.849,39	25.337,03	72.201
	<b>PAT</b>	<b>239.829,81</b>	<b>246.303,52</b>	<b>272.623,68</b>	<b>260.548,16</b>	<b>76.011,09</b>	<b>228.593</b>
	<b>Eigenkapitalrendite</b>	<b>4,78</b>	<b>4,91</b>	<b>5,43</b>	<b>5,19</b>	<b>1,51</b>	<b>4,55</b>

#### 6.4 Vergleich der 6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

In der nachstehenden Tabelle 32 haben wir die wirtschaftlichen Eckdaten aus den vor- genannten Kapiteln 6.2 und 6.3 zusammengefasst.

**Tabelle 32: Zusammenfassung wirtschaftliche Eckdaten**

Verfahren:	Boxen-AWS		TV-AWS	Boxen-ELW		TV-ELW
	mit Grünabfall	ohne Grünabfall		mit Grünabfall	ohne Grünabfall	
Standort:	Büttelborn			Deponie Dyckerhoffbruch		
Bioabfallentgelt:	96,50	96,25	94,75	87,75	88,50	87,50
Investitionsvolumen	20.215 T€	20.215,00	22.076,00	22.492,00	22.492,00	25.097,00
Umsatzrendite	4,90%	4,90%	4,90%	4,90%	5,00%	5,00%
Umsatz	5.135.790,00	4.981.333,00	5.345.575,00	4.924.995,00	4.785.645,00	5.229.582,00
Materialkosten	1.593.585,00	1.475.113,00	1.612.567,00	1.381.085,00	1.269.304,00	1.400.067,00
Nettorohhertrag	3.542.205,00	3.506.220,00	3.733.008,00	3.543.910,00	3.516.341,00	3.829.515,00
Betriebskosten	1.871.941,00	1.865.922,00	1.928.040,00	1.730.397,00	1.724.377,00	1.805.682,00
EBITDA	1.670.264,00	1.640.298,00	1.804.968,00	1.813.513,00	1.791.964,00	2.023.833,00
Kapitalkosten	1.518.615,00	1.518.615,00	1.674.114,00	1.574.304,00	1.574.304,00	1.776.304,00
EBT	151.649,00	121.683,00	130.854,00	239.209,00	217.660,00	247.529,00

Egal welches Verfahren man vergleicht, kann festgehalten werden, dass der Standort bei der AWS der wirtschaftlich schlechtere ist. Dies ist bedingt durch 3 Parameter, die direkt in das Geschäftsergebnis Einfluss haben.

Wie schon zuvor ausgeführt, sind die Verbringungskosten von ELW an die AWS 212.500 € teurer als umgedreht. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass der Standort Deponie Dyckerhoffbruch der ELW so nahe zum Kreis Groß-Gerau liegt, dass kommunale Sammelfahrzeuge direkt dort entladen werden können. Dies ist wiederum umgekehrt nicht möglich.

Ein weiterer Nachteil des Standortes der AWS ist, keine Überschusswärme an ein Fernwärmenetz abgeben zu können. Die Höhe des Malus ist abhängig vom gewählten Verfahren, somit des Gasertrages bezogen auf die eingebrachten Bio- und ggf. Grünabfälle. Bei dem Pfropfenstromverfahren mit der Verwertung von zusätzlichen 4.000 Mg/a an Grünabfällen zu den 40.000 Mg Bioabfällen sind dies weitere 174.000 €.

Der dritte entscheidende Unterschied ist die Form der Bereitstellung des Grundstückes. Auch wenn die Investitionssumme am Standort an der Deponie Dyckerhoffbruch durch den notwendigen Grundstückskauf erhöht ist, so wird ein Grundstück nicht abgeschrieben. Zu tragen sind daher die Zinsen auf das Fremdkapital, also 16.800 €. Der errechnete Pachtzins für das Grundstück in Büttelborn beträgt dagegen 180.000 €.

Auch wenn sich der Standort an der Deponie Dyckerhoffbruch innerhalb der Stadt Wiesbaden befindet, so ist der Nachteil in Bezug auf die landwirtschaftlichen Flächen nicht so groß, als dass man in der Wirtschaftlichkeitsberechnung hierfür die Verwertung von Gärprodukten und/oder Komposten unterschiedliche Kostenansätze bei den unterschiedlichen Standorten hätte treffen müssen.

Diese Tatsachen schlagen sich auch deutlich in den benötigten Bioabfallentgelten nieder. Die in Büttelborn benötigten jeweiligen Bioabfallentgelte sind zwischen 7,00 € und 9,00 € höher als für das vergleichbare Verfahren bei der ELW.

Im nachfolgenden Kapitel 6.5 „Sensitivitäten“ gehen wir daher nur noch auf die 3 Verfahrensvarianten am Standort in Wiesbaden ein. Die Bewertung, ob die nasse oder die trockene Trockenfermentation die bessere ist, wird unter Einbeziehung der Sensitivitäten erfolgen.

## **6.5 Sensitivitäten der unterschiedlichen Verfahrensvarianten am Standort ELW**

Wir haben im Rahmen dieser Ausarbeitung zur Bewertung der einzelnen Verfahrensarten bzw. auch der unterschiedlichen Substratzusammenstellungen Sensitivitäten erstellt.

Die Sensitivitäten sind für die variablen Parameter

- Bioabfallertöse
- Entsorgungskosten
- Verwertung der Gärprodukte/Komposte
- Investitionskostenhöhe

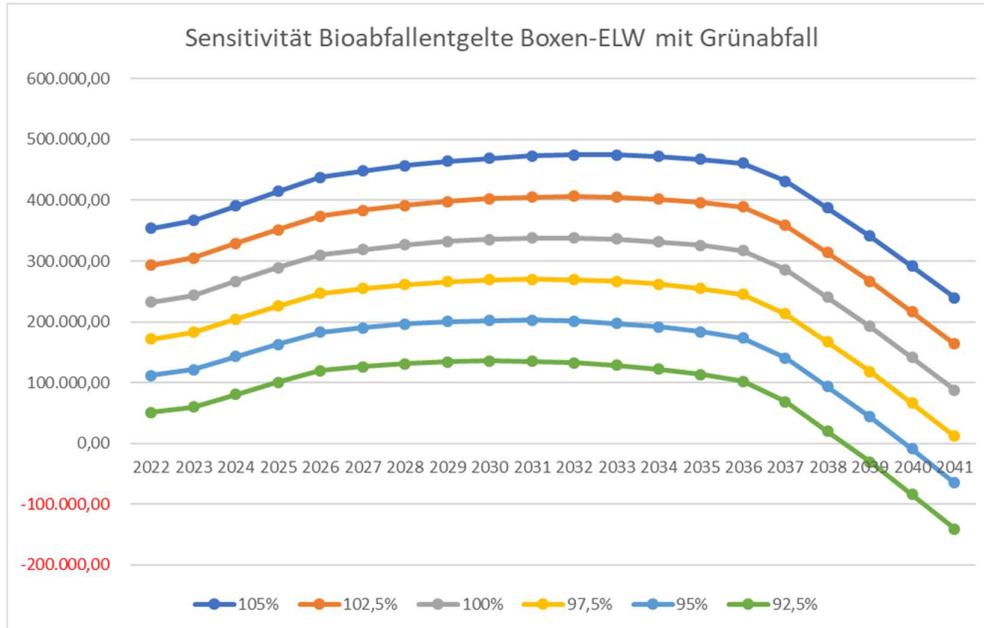
erstellt worden.

Die Sensitivitäten können möglicherweise die Tendenz zu dem einen oder dem anderen Verfahren stärken oder schwächen.

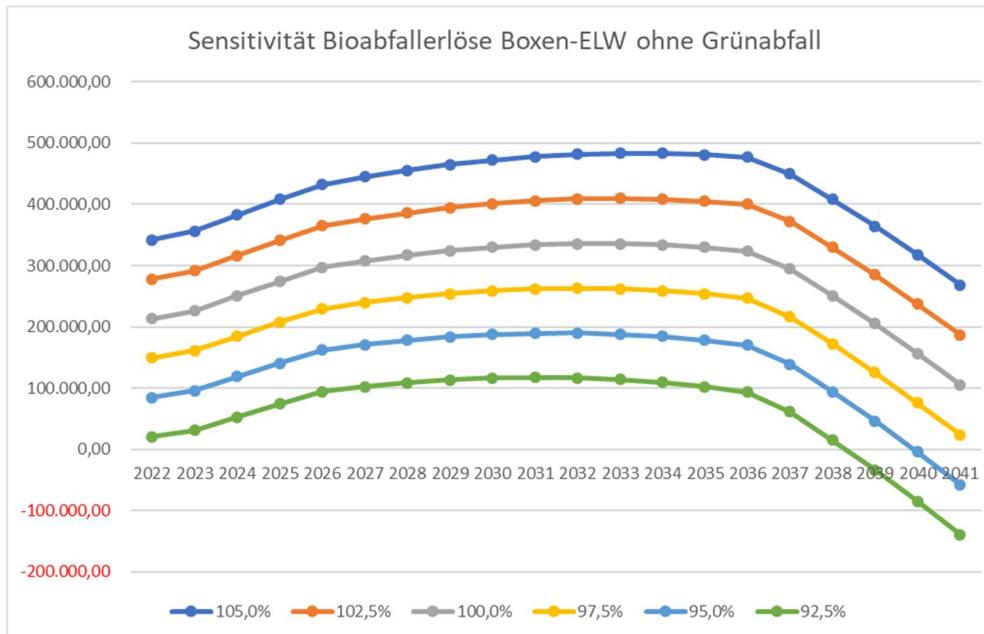
### **6.5.1 Sensitivitäten Bioabfallmenge**

In den nachfolgenden Grafiken sind die Sensitivitäten für die Bioabfallmengen der 3 Verfahrensvarianten für den Standort ELW dargestellt.

**Grafik 10: Sensitivität Bioabfallmenge Boxenfermentation mit Grünabfall**



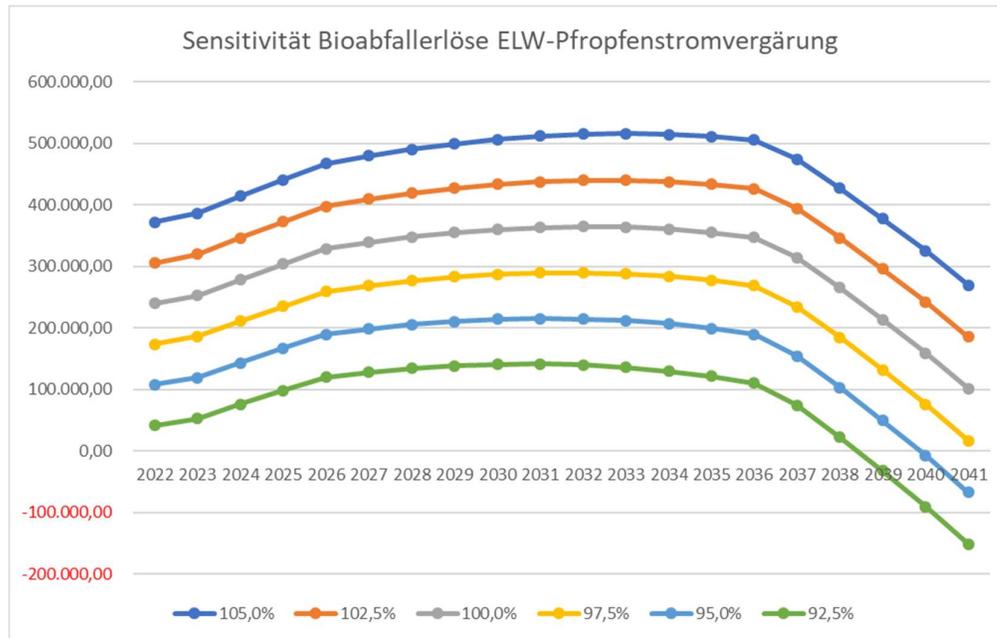
**Grafik 11: Sensitivität Bioabfallmenge Boxenfermentation ohne Grünabfall**



Bei der Betrachtung der Sensitivität der Boxenfermentation am Standort in Wiesbaden kann man erkennen, dass die Zugabe von 4.000 Mg/a an Grünabfällen zu keinen nen-

nenswerten wirtschaftlichen Vorteilen führt. Die Ergebniskurven sind mit oder ohne Grünabfall fast identisch. Durch erhöhte Verwertungskosten kann diese Sensitivität sicherlich umschlagen.

**Grafik 12: Sensitivität Bioabfallerlöse Pfpfenstromvergärung ELW**



Aufgrund der geringsten Ausgangswerte der Pfpfenstromvergärung bei den Bioabfallentgelten bleibt diese Verfahrensvariante auch in der Sensitivitätsbetrachtung der Bioabfallerlöse die bessere Variante. Erst ab einem Mindererlös 5 % bei den Bioabfällen wird die Ergebniskurve in den letzten beiden Projektjahren negativ. Die Ergebniskurven sind im Vergleich der Verfahren sehr ähnlich.

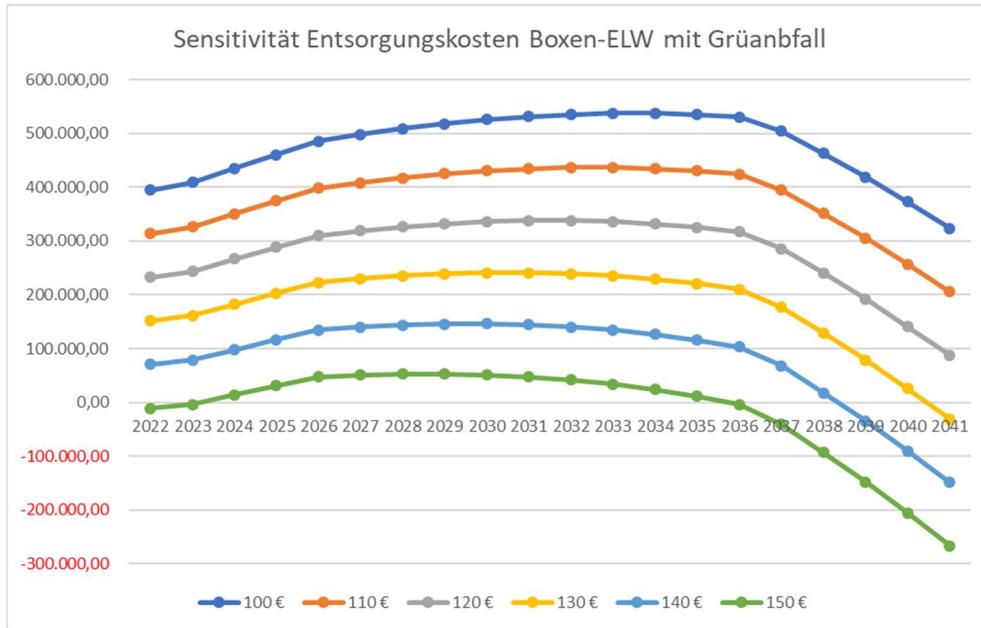
### 6.5.2 Sensitivitäten Entsorgungskosten

Die Entsorgungskosten sind aufgrund der unterschiedlichen anfallenden Mengen besonders entscheidungsrelevant. Bei der Boxenfermentation entstehen aus unserer Sicht heraus, die auch von den Herstellern bestätigt worden ist, höhere Anteile an Komposten, die nicht spezifikationsgerecht aufgrund erhöhter Störstoffanteile sind. Wir haben in den vorhergehenden Ausführungen auf die Störstoffproblematik und die Zerkleinerung der Kunststofffolien im Prozess der Vergärungsverfahren hingewiesen.

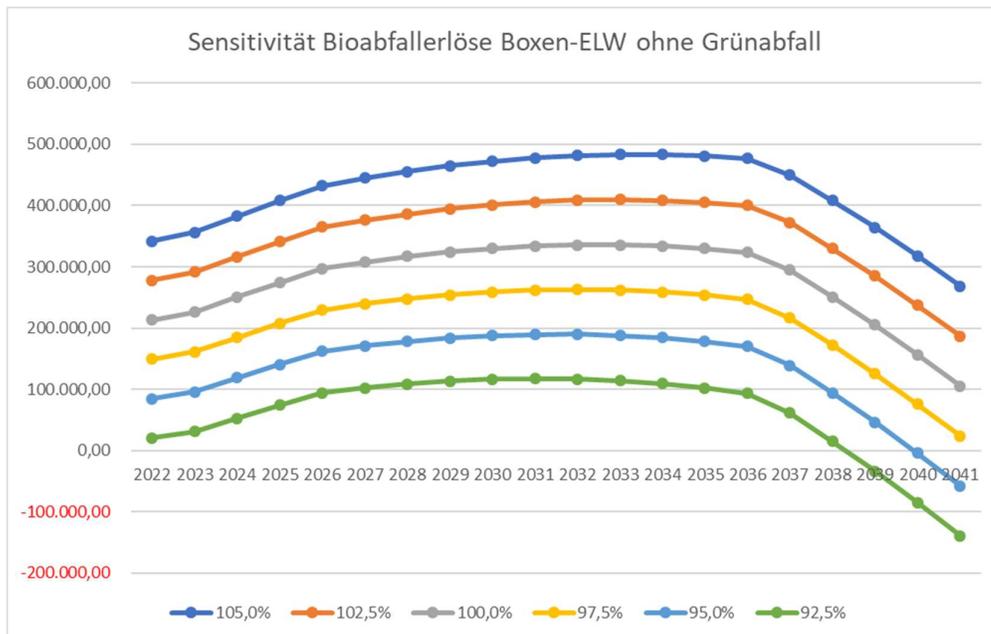
Bei der Boxenfermentation wird immer noch nicht auf die Problematik der Zerkleinerung der Störstoffe durch den sehr hohen Radladereinsatz im Prozess reagiert. Es kann daher, wie zuvor beschrieben, nur bei einem Siebschnitt von nur maximal 8 mm bei der Konfektionierung sichergestellt werden, dass der Siebunterlauf bei der Konditionierung des Kompostes spezifikationsgerecht ist.

Wir haben in der Wirtschaftlichkeitsberechnung 120 €/Mg für die Entsorgung der Störstoffe bzw. der Siebüberläufe aus dem Kompost angesetzt. In der Sensitivität sind Berechnungen durchgeführt worden, wie sich die Ertragssituation zwischen einem Bereich von 100 €/Mg bis hin zu 150 €/Mg verhalten wird.

**Grafik 13: Sensitivität Entsorgungskosten Boxenfermentation mit Grünabfall**

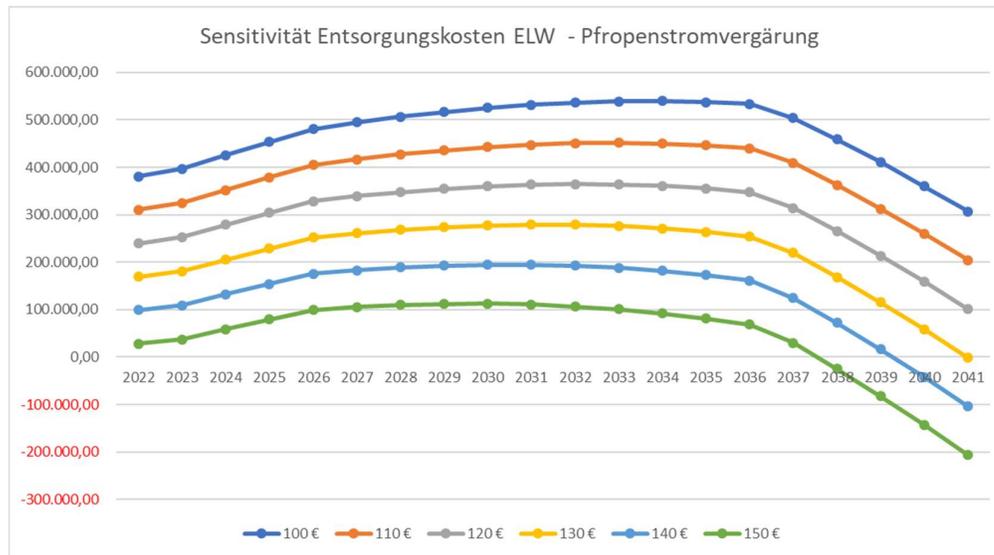


**Grafik 14: Sensitivität Entsorgungskosten Boxenfermentation ohne Grünabfall**



Die Variante Boxenfermentation mit Grünabfall ist in der wirtschaftlichen Betrachtung die bessere Alternative, verliert hier allerdings den Vergleich mit der Variante „ohne Grünabfall“, da die Sensitivitätskurven schon ab 130,00 €/t in den letzten Projektjahren negative Ergebnisse ausweisen.

**Grafik 15: Sensitivität Entsorgungskosten Pfropfenstromvergärung**



In der Darstellung der Sensitivitäten zu den Entsorgungskosten sind der Verlauf der Kurven in Grafik 14 und Grafik 15 sehr ähnlich. In Grafik 14 werden allerdings auch 4.000 Mg/a an Grünabfällen weniger verwertet. Ein Vergleich kann daher nur mit der Grafik 13 stattfinden. Dort sind die Sensitivitäten deutlich schlechter als bei den „Entsorgungskosten Pfpfenstromvergärung“.

### 6.5.3 Sensitivitäten Kompostverwertung

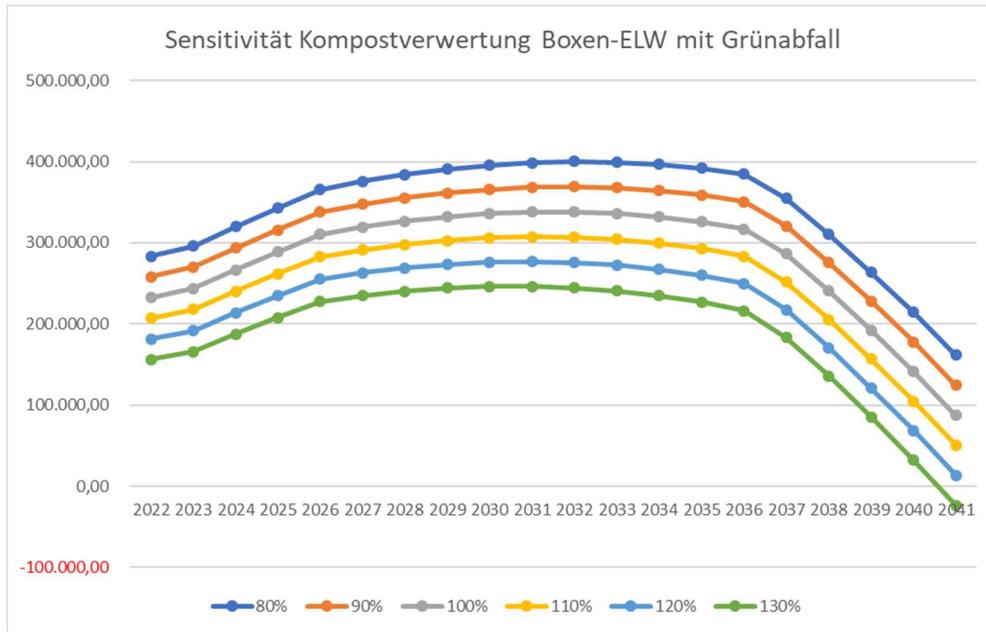
Im Bereich dieser Sensitivität geht es ausschließlich um die Kosten der landwirtschaftlichen Verwertung für die gemeinsame Abfallbiogasanlage.

Signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren sind im Rahmen dieser Sensitivitätsbetrachtung nicht zu erkennen.

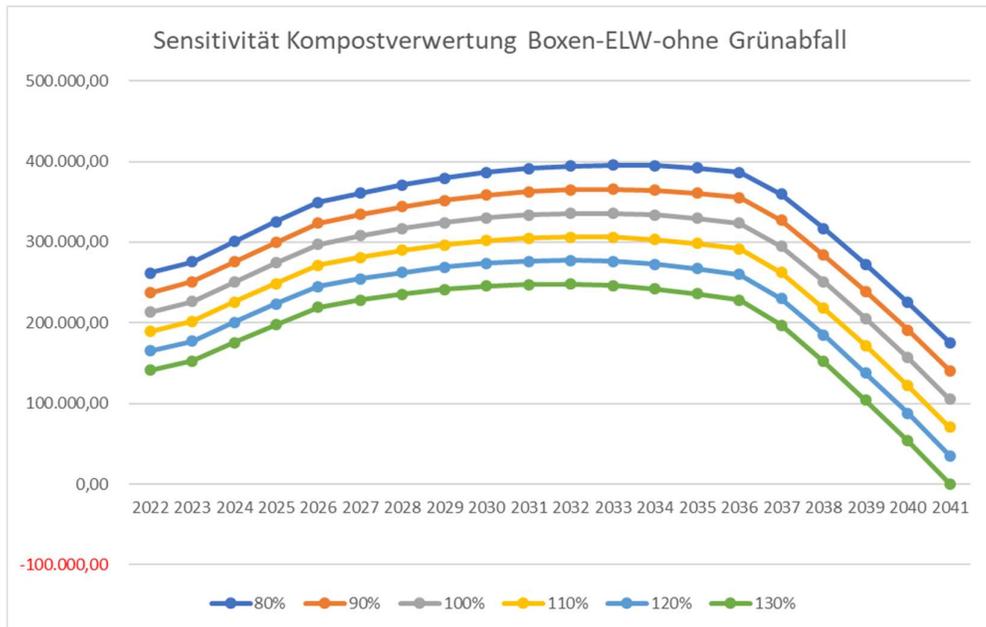
Betrachtet worden ist der Bereich für die Verwertung von flüssigem Gärrest als auch für den erzeugten Kompost in einer Spannbreite zwischen 80 % bis 130 % der sehr vorsichtig abgeschätzten Kosten.

Die Boxenfermentationsverfahren (mit und ohne Einsatz von Grünabfall) werden bei erhöhten Kosten in den letzten Jahren der Zeitreihe negativ, dies gilt schon bei der Zeitreihe 100 %. Bei der Pfpfenstromfermentation werden erst ab einer Kostensteigerung auf 150 % die letzten Jahre der Projektlaufzeit negativ.

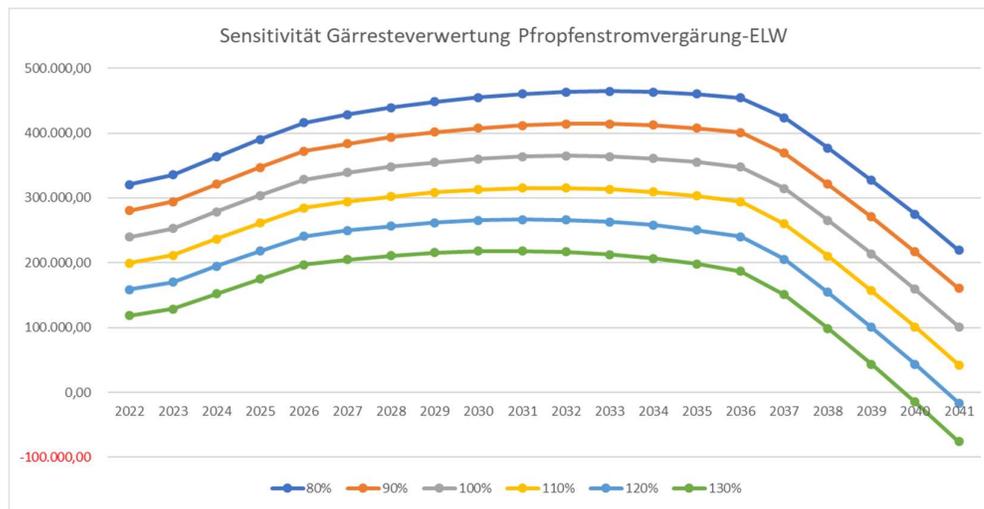
**Grafik 16: Sensitivität Vermarktungskosten Kompostverwertung Boxenfermentation mit Grünabfall ELW**



**Grafik 17: Sensitivität Vermarktungskosten Kompostverwertung Boxenfermentation ELW**



**Grafik 18: Sensitivität Verwertungskosten Kompostvermarktung Pfropfenstromvergärung ELW**



Vergleichbar sind aufgrund der gleichen Inputmengen nur die Grafiken 16 und 18 miteinander. Hier gilt es die Chancen und die Risiken miteinander abzuwägen. In den letzten Projektjahren fällt die Ergebniskurve bei den Sensitivitäten bei 120 % und 130 % bei der Pfropfenstromvergärung stärker in ein negatives Ergebnis als die Boxenfermentation mit Grünabfällen. Dafür sind allerdings in den ersten Projektjahren die Ergebnisse bei der Pfropfenstromvergärung deutlich besser. Das Eintreffen der Prognosen für die ersten Projektjahre ist aber deutlich wahrscheinlicher.

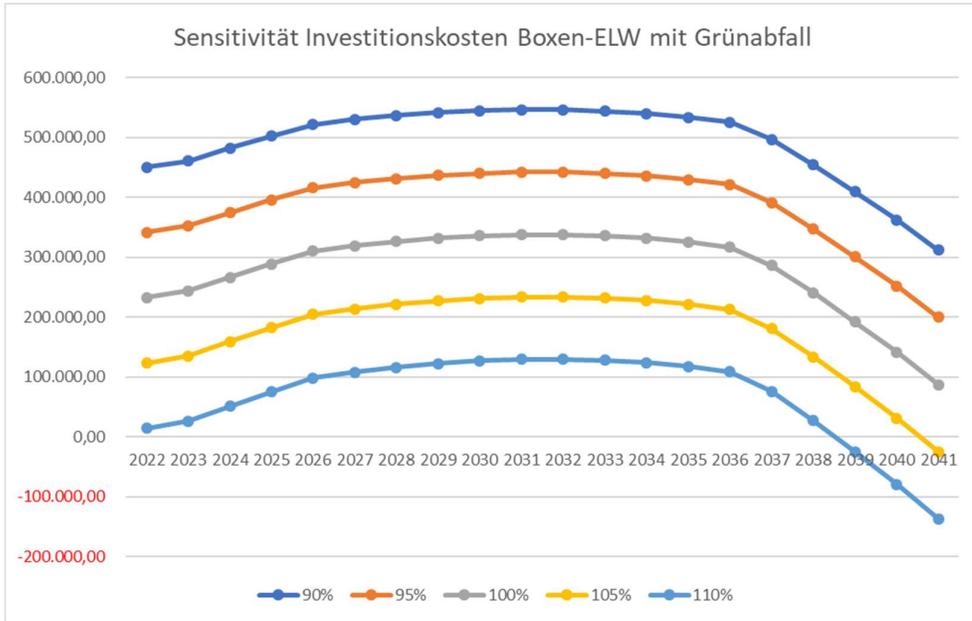
#### 6.5.4 Sensitivitäten Investitionskosten

In dieser Gegenüberstellung der Sensitivitäten sind die Höhe der Investitionskosten betrachtet worden. Der Betrachtungsbereich beginnt bei 90 % der errechneten Investitionskosten und endet bei 110 %.

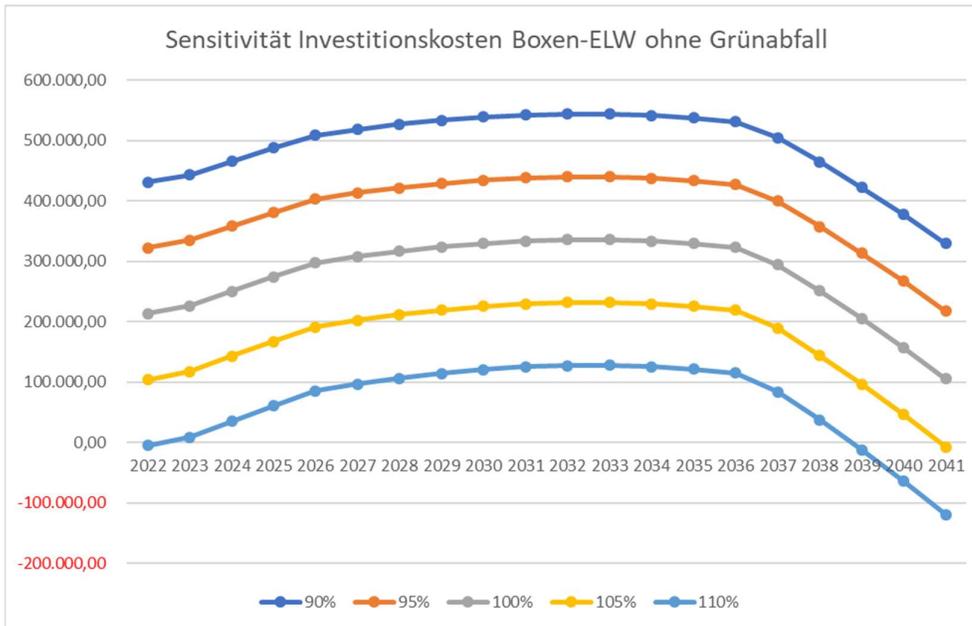
Die Vergärungsvarianten können die erhöhten Mehrkosten nicht auffangen und bewegen sich in eine negative Erlössituation in den letzten Projektjahren bei 105 % und 110 % der Investitionssumme.

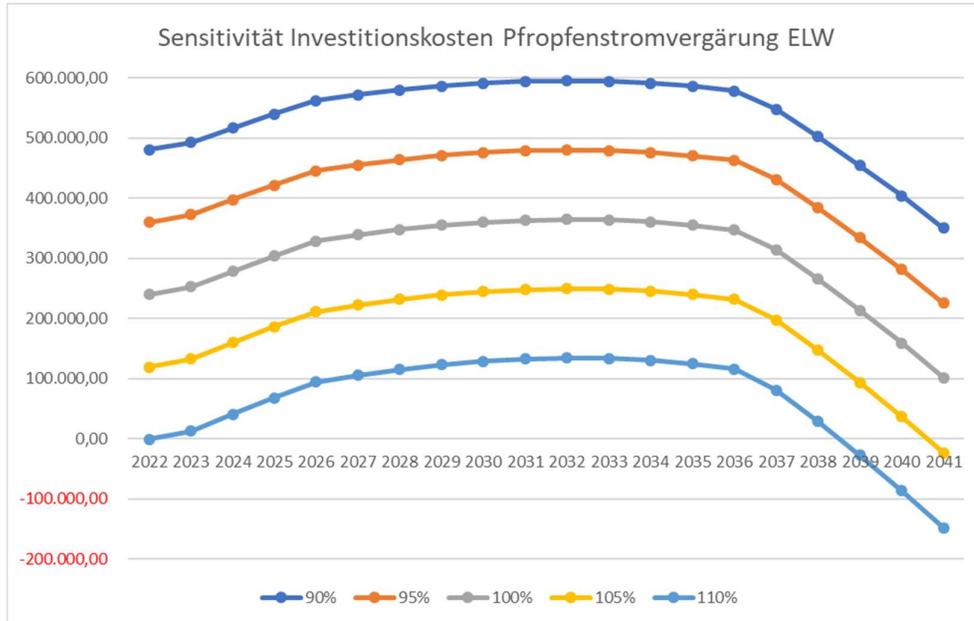
Wie aber schon bei den Verwertungskosten zum Ausdruck gebracht, ist die positive Chance in den ersten Projektjahren bei der Pfropfenstromvergärung deutlich höher.

**Grafik 19: Sensitivität Investitionskosten Boxenfermentation mit Grünabfall - ELW**



**Grafik 20: Sensitivität Investitionskosten Boxenfermentation - ELW**



**Grafik 21: Sensitivität Investitionskosten Pflropfenstromvergärung ELW**

## 7 Kurzzusammenfassung

Im Rahmen dieser Ausarbeitung sind die Fermentationsverfahren bewertet worden, die in der Hauptsache bei einer Abfallbiogasanlage derzeit eingesetzt werden. Dies sind gewesen die Nassfermentation, die Trockenfermentation im Pflropfenstromverfahren und die Trockenfermentation im Boxenverfahren. Alle 3 Verfahren haben ihre Vor- und Nachteile.

Bei einer reinen Vergärung von Bio- und Grünabfällen ist die Nassfermentation frühzeitig in der weiteren Betrachtung ausgeschieden, da bei der Aufbereitung der Bioabfälle eine sehr hohe Flüssigkeitszugabe erforderlich wird, um ein pumpfähiges Gärsubstrat herzustellen. Die nasse Aufbereitung stellt gegenüber den beiden Trockenfermentationsarten einen großen Vorteil im Hinblick auf die Störstoffentfrachtung dar.

Die Pflropfenstromvergärung weist einen hohen Automatisierungsgrad auf. Neuere Anlagenkonzeptionen berücksichtigen, dass die Störstoffe im Substrat nach Möglichkeit nicht zerkleinert werden dürfen. Die Teile, die als Substrat eingesetzt werden sollen, können mittlerweile eine deutlich größere Korngröße haben, so dass die vorgeschaltete Zerkleinerung schonender arbeitet. Es werden auch nicht mehr Aerobisierungsboxen mit nachgeschalteter Mietenkompostierung errichtet, in denen die Umsetzer die Störstoffanteile weiter zerkleinern, sondern Rotte- und Nachrottetunnel wie sie in einer modernen Kompostierungsanlage, auch verwendet werden. Der Personaleinsatz bei einer Pflropfenstromvergärung ist ähnlich wie bei einer Nassfermentationsanlage zu betrachten.

Die Boxenfermentation ist kaum automatisiert. Sie besteht aus einer Vielzahl von einzelnen Fermentern, auch Boxen- oder auch Garagenfermenter genannt. Bei der Boxenfermentation werden die frischen Bioabfälle mit schon vergorenem Material im Verhältnis 1 : 1 vor Eintrag in einen Fermenter vermischt. Dies geschieht mittels Radlader. Alle Umsetzungsvorgänge werden mit einem Radlader ausgeführt. Die Zerkleinerung der Störstoffe ist so unausweichlich. Der stoffliche Verwertungsgrad ist daher bei der Boxenfermentation der geringste im Verfahrenvergleich.

Die Boxenfermentation hat in Teilbereichen auch gegenüber den anderen Verfahren Nachteile in der Sicherheit. Vor der Entleerung der Boxen bzw. Garagen werden diese zwar ausreichend gespült, dies kann aber vorhandene Methanester im stapelfähigem Substrat nicht auflösen. Diese werden möglicherweise erst angeschnitten, wenn die Radladerschaufel das Material zum Austrag aufnimmt.

Größter wirtschaftlicher Nachteil, neben einem höheren Bedarf an Personal, ist der verfahrensbedingte geringere Gasertrag. Der Gasertrag in einer Boxenfermentation beträgt etwa 80 % des Gasertrages, der üblicherweise mit einer Nassfermentation oder auch einer Pfropfenstromvergärung erzeugt wird.

Beide Partner verfügen an bzw. sogar auf Ihrem eigenen Gelände über ein Grundstück. Beide Grundstücke sind ausreichend, um eine Abfallbiogasanlage aufnehmen zu können. Es können auch zusätzliche Fermenter bzw. Gärrestläger errichtet werden, wenn die Kapazität auf 60.000 Mg/a erhöht werden sollte. Eine zusätzliche Wirtschaftlichkeitsberechnung ist nicht aufgestellt worden, da die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen schon bei einer 40.000 Mg/a – Anlage eindeutige positive Ergebnisse gezeigt haben.

Das Grundstück bei der ELW hat gegenüber dem Grundstück bei AWS zwei große wirtschaftliche Vorteile, die Kosten für den Antransport der Bioabfälle sind um etwa 212.500 € günstiger und bei der ELW ist ein Fernwärmenetz vorhanden, in das die überschüssige Wärmeenergie eingespeist werden kann.

Diese Machbarkeitsstudie hat ergeben, dass eine Abfallbiogasanlage mit einer Durchsatzmenge von 40.000 Mg/a am Standort bei ELW technisch und vor allem auch wirtschaftlich realisierbar ist. UMS will die Boxenfermentation nicht schon heute ausschließen, bis zu einer möglichen Ausschreibung einer Abfallbiogasanlage für das gemeinsame Projekt, kann die Technik in Hinblick auf die Störstoffzerkleinerung im Prozess möglicherweise noch weiterentwickelt werden. Hierzu können Garantiewerte in einer Ausschreibung festgelegt werden.

Die hier dargestellten wirtschaftlichen Ergebnisse und sonstigen Vor- und Nachteile geben der Pfropfenstromfermentation allerdings nach derzeitigen Erkenntnissen einen gewissen Favoritenstatus.

Nörvenich, im August 2019

UMS Unterberg GmbH

Leonhard Unterberg

**Anlage 1:** Präsentation

**Anlage 2:** Lageplan Grundstück AWS

**Anlage 3:** Lageplan Grundstück ELW

**Anlage 4:** Literaturverzeichnis

**Anlage 5:** Abkürzungsverzeichnis