

Machbarkeitsstudie
zur Verwertung von Bio- und Grüngut
in einer Biogasanlage

erstellt im Auftrag der
Umwelt- und Energieagentur Landkreis Karlsruhe

von der
UMS Unterberg GmbH



im Dezember 2022

Inhaltsverzeichnis:

1	Veranlassung	5
2	Beschreibung der Rechtsbereiche, die bei der Planung einer Abfallbiogasanlage zu berücksichtigen sind	6
2.1	Abfallrecht	6
2.1.1	Kreislaufwirtschaftsgesetz	6
2.1.2	Bioabfallverordnung	7
2.2	Immissionsschutzrecht	9
2.2.1	Bundesimmissionsschutzgesetz	9
2.2.2	1. BImSchV (Kleinf Feuerungsanlagenverordnung)	10
2.2.3	4. BImSchV (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen)	11
2.2.3.1	Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetz (TA-Luft)	11
2.2.3.2	Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetz (TA-Lärm)	12
2.2.4	12. BImSchV (Störfallverordnung)	13
2.3	UVPG	14
2.4	Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	15
2.5	Düngerecht	16
2.6	Rechtliche Regelungen in Abhängigkeit der Biogasverwertung	19
2.6.1	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Verbindung mit BHKW	19
2.6.1.1	Biomasseverordnung	21
2.6.2	Energie-Wirtschaftsgesetz	22
2.7	Besondere untergesetzliche Regelwerke für Biogasanlagen	22
3	Darstellung der Verfahrensarten von Vergärungsanlagen	24
3.1	Grundlagen der Biogaserzeugung	25
3.2	Verfahrensarten der Biogasanlagen	27
3.2.1	Nassfermentation	27
3.2.1.1	Abfallannahme- und Abfallaufbereitung	28
3.2.1.2	Abfallbiogasanlage als Nassfermentationsanlage	30
3.2.1.3	Gärrestaufbereitung nach einer Nassfermentationsanlage	32
3.2.2	Trockenfermentation als Pflropfenstromanlage	32
3.2.2.1	Abfallannahme- und Abfallaufbereitung	33
3.2.2.2	Abfallbiogasanlage als Pflropfenstromanlage	34

3.2.2.3	Gärrestbehandlung	36
3.2.3	Trockenfermentation als Boxenfermentation	36
3.2.3.1	Abfallannahme- und Abfallaufbereitung	37
3.2.3.2	Abfallbiogasanlage als Boxenfermentation	38
3.2.3.3	Gärrestbehandlung im Rahmen der Boxenfermentation	39
3.3	Bewertung der Verfahrensarten	39
3.4	Zusammenfassung der Vor- und Nachteile zur weiteren Betrachtung	48
4	Standort bezogene Konzeptentwicklung	49
4.1	Standort Ettlingen	49
4.1.1	Mengenpotential	49
4.1.2	Beschreibung Standort Ettlingen	52
4.1.3	Landwirtschaftliche Flächen Standort Ettlingen	55
4.2	Standort Zaisenhausen	56
4.3	Standort Kraichtal	59
4.4	Anlagenkonfiguration Standort Ettlingen	59
5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	63
5.1	Beschreibung getroffener Annahmen	63
5.2	Wirtschaftliche Kennzahlen	67
5.3	Sensitivitäten	70
6	Zusammenfassung	73

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Darstellung Bildung Flächensumme	18
Abbildung 2: Biogasbakterium	25
Abbildung 3: Biogaspark Großenlüder-Nassfermentation	28
Abbildung 4: geöffnete Separationshammermühle.....	29
Abbildung 5: Rührwerksbehälter	30
Abbildung 6: Blick in einen Rührwerksbehälter mit Paddelrührwerk.....	31
Abbildung 7: Biogaspark Großenlüder - Trockenfermentation.....	33
Abbildung 8: Darstellung Rührwerk und außen liegendes Planetengetriebe	35
Abbildung 9: Prinzipskizze Pfropfenstromfermenter	35
Abbildung 10: Beispielanlage Boxenfermentation	37
Abbildung 11: Prinzipskizze Boxenfermentation.....	38
Abbildung 12: Übersichtskarte Landkreis Karlsruhe.....	49

Abbildung 13: Klimagasbilanz Kompostierung versus Vergärung.....	50
Abbildung 14: Grüngutmengen je Gemeinde nördliches Kreisgebiet LK KA.....	51
Abbildung 15: Grüngutmengen je Gemeinde südliches Kreisgebiet LK KA.....	51
Abbildung 16: Grundstück Stadt Ettlingen.....	53
Abbildung 17: Verkehrsanbindung Grundstück Stadt Ettlingen	53
Abbildung 18: Verlauf Hochdruckleitung	54
Abbildung 19: Beispielaufstellung BAVA Ettlingen	55
Abbildung 20: Landwirtschaftliche Flächen	55
Abbildung 21: Gebiete mit zu hoher Nitratbelastung	56
Abbildung 22: Grundstück Zaisenhausen.....	57
Abbildung 23: Grundstück Zaisenhausen mit Umkreis 300 m	57
Abbildung 24: Verkehrstechnische Anbindung Grundstück Zaisenhausen.....	58
Abbildung 25: Verkehrstechnische Anbindung Grundstück Zaisenhausen.....	58

Grafikverzeichnis:

Grafik 1: Vorgehen zur Einhaltung des Kontrollwertes gemäß BioAbfV	8
Grafik 2: Einteilung der Vergärungsverfahren	24
Grafik 3: Gasertrag in Abhängigkeit von der Verweilzeit	27
Grafik 4: Anlagenfließbild.....	60
Grafik 5: Sensitivität Investitionskosten.....	70
Grafik 6: Sensitivität Annahmeentgelte	71
Grafik 7: Sensitivität Annahmemenge	72
Grafik 8: Sensitivität Methanentgelt.....	73

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Immissionsschutzrichtwerte.....	13
Tabelle 2: Ermittlung von Gefährdungsstufen nach WHG	15
Tabelle 3: Entwicklung der Grenzwerte für Störstoffe.....	18
Tabelle 4: Vor- und Nachteile Betriebsart.....	26
Tabelle 5: Stufen der Biogaserzeugung	26
Tabelle 6: Verfahrenstechnische Bewertung - Störstoffaustrag.....	41
Tabelle 7: Verfahrenstechnische Bewertung - Anlagenparameter.....	43
Tabelle 8: Verfahrenstechnische Bewertung- wirtschaftliche Aspekte.....	45
Tabelle 9: Verfahrenstechnische Bewertung - Sicherheit - EEG	47
Tabelle 10: wirtschaftliche Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsanalyse	65
Tabelle 11: verfahrenstechnische Annahmen	66
Tabelle 12: Investitionskostenaufstellung.....	67
Tabelle 13: Statische Kalkulation BAVA (GuV)	68
Tabelle 14: Dynamische Kalkulation BAVA.....	69

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 Umwelt- und Energieagentur Landkreis Karlsruhe (im Folgenden UEAKA) hat die UMS mit einer Machbarkeitsstudie beauftragt, das noch nicht genutzte Potential an biologischen Abfällen für eine Verwertung in einer Biogasanlage zu ermitteln. Diese Studie ist Teil einer gesamthafter Betrachtung zu möglichen Wärmestrategien im gesamten Landkreis Karlsruhe.

Die UEAKA hat neben dem Landkreis Karlsruhe noch diverse andere Gesellschafter, die alle öffentlich-rechtlich geprägt sind.

Wenn das Potential an biologischen Abfällen im Landkreis Karlsruhe groß genug für den wirtschaftlichen Betrieb einer oder zweier Biogasanlagen ist, sollten 2 Standorte in Zusammenarbeit mit der UEAKA im Landkreis Karlsruhe gefunden werden, 1 Standort im Nordosten des Landkreises und 1 Standort im südlichen Teil des Landkreisgebietes. Ein Logistikkonzept ist für die jeweiligen Abfallarten zu erstellen, dies gilt auch für die unterschiedlichen anfallenden Gärprodukte.

Die UMS hat weiterhin die Aufgabe erhalten, die Möglichkeiten der Nutzung des Biogases im Rahmen des Wärmenutzungskonzeptes darzustellen.

Der Landkreis Karlsruhe möchte die im Rahmen der Daseinsvorsorge erfassten biologischen Abfällen nicht selbst verwerten.

Die Machbarkeitsstudie wird folgende Inhalte umfassen:

- Beschreibung der Rechtsbereiche, die bei der Planung einer BioAbfallVergärungsanlage (BAVA) 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 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 27.07.2021 zuletzt geändert worden.

Aus den zahlreichen untergesetzlichen Regelwerken zum Kreislaufwirtschaftsgesetz muss insbesondere 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 kommt der Landkreis Karlsruhe seit dem 01.01.2021 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. Diese Novelle steht noch immer aus, es hat allerdings eine „kleine Novelle“ im Jahr 2022 gegeben, die neue Grenzwerte/Empfehlungswerte festlegt.

In der kleinen Novelle wird erstmals ein Kontrollwert für angelieferte biologische Abfälle eingeführt, um die Reinheit der Gärprodukte zu verbessern. Je nach Anlagentyp und angelieferter Abfallarten sind unterschiedliche Kontrollwerte einzuhalten. Ab einer Verunreinigung von mehr als 3 % hat der Anlagenbetreiber ein Rückweisungsrecht, außer es besteht eine anderslautende Vereinbarung zwischen den Vertragsparteien.

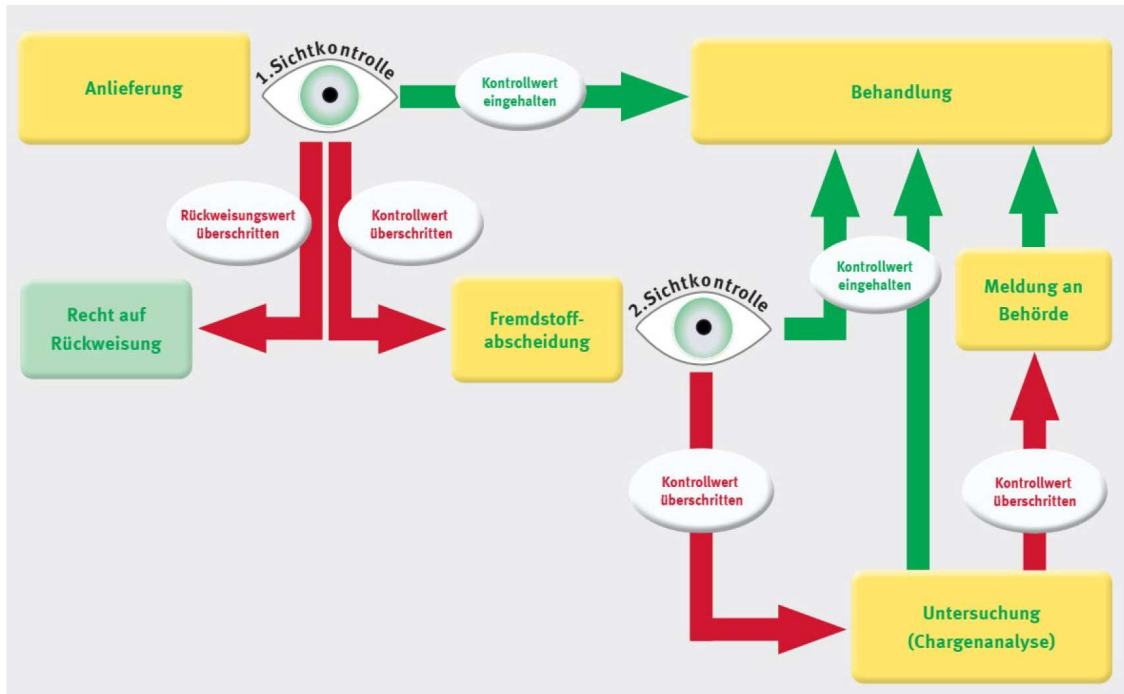
Die Grafik 1 veranschaulicht die neuen Rechte und Pflichten von Anlieferer und Anlagenbetreiber. Der Anlieferer ist verantwortlich über den Störstoffanteil in den biologischen Abfällen.

Bei Anlieferung der Abfälle ist eine Sichtkontrolle durchzuführen. Bei einem geschätzten Störstoffanteil von mehr als 3 % sind die biologischen Abfälle zurückzuweisen.

Wird der Kontrollwert eingehalten, so können die Abfälle in die Vergärungsanlage eingebracht werden. Hat der angelieferte Abfall weniger als 3 % an Störstoffen aber mehr als der Kontrollwert zulässt, muss eine Störstoffentfaltung durchgeführt werden. Es erfolgt danach eine 2te Sichtkontrolle. Bei Einhaltung des Kontrollwertes kann das Material nunmehr in die Behandlung eingebracht werden.

Sollte die 2te Sichtkontrolle ebenfalls von einer Überschreitung des Kontrollwertes ausgehen, muss zur Nachweisführung eine Untersuchung durchgeführt werden.

Grafik 1: Vorgehen zur Einhaltung des Kontrollwertes gemäß BioAbfV



Sollte sich die Vermutung der Überschreitung des Kontrollwertes bestätigen, muss die Überwachungsbehörde informiert werden. Diese kann weitergehende Behandlungsschritte einfordern.

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

Die vorgesehenen biologischen Abfälle sind gemäß der Bioabfallverordnung für die Verwertung in einer Vergärungsanlage zugelassen.

Die Bioabfallverordnung schreibt die Bildung von „Chargen“ vor. Je 2.000 t/a an Eingangsmenge ist eine Charge zu bilden. Dies ist je nach Behandlungsverfahren nicht möglich, da die Gärbehälter bzw. auch die Gärrestlager für flüssige Gärprodukte 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 Entsorgungsfachbetriebsverordnung oder nach ISO 14.000 bzw. die Gärreste nach RAL-Gütezeichen.

Sollten abfallstämmige Bioabfälle verarbeitet werden, die unter die EU-Hygieneverordnung fallen, sind Handespapiere notwendig und ggf. eine Pasteurisierung.

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 t/d in der Bioabfallvergärungsanlage verarbeitet werden sollen. Dies ist entsprechend dem ermittelten Menpotential selbst bei 2 Standorten jeweils vorzusehen.

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. Seit dem Herbst 2021 ist die novellierte TA Luft in Kraft gesetzt.

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. Bundesimmissionsschutzverordnung (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 Abfallbiogasanlagen, die hier betrachtet werden, werden als IED-Anlage ausgewiesen.

Die letzte Änderung des BImSchG ist am 20.07.2022 erfolgt. Weitere Änderungen werden aufgrund der aktuellen Energiekrise erwartet bzw. sind beschlossen aber noch nicht textlich nachgewiesen.

2.2.2 1. BImSchV (Kleinf Feuerungsanlagenverordnung)

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.

Der Landkreis Karlsruhe verfügt 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_{FL}.

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 t/d erweitert worden bzw. die anaerobe Vergärung ab 100 t/d. 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 zur veröffentlichen.

2.2.3.1 Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (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 2021.

Die TA Luft enthält in der aktuellen Fassung 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 bis heute 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.

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.

Die TA Luft neu gibt auch Abstandsflächen vor. Für Biogasanlagen gelten je nach Geruchsintensivität und Bauweise zwischen 100 m und 500 m.

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 tags (6:00 bis 12:00 Uhr)	Immissionsrichtwert nachts (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 nur unter die Grundpflichten der Störfallverordnung fallen wird, wenn die potentielle Lagermenge an Biogas größer 10.000 Mg sein kann. Diese Lagermenge an Biogas ist bei Verwertung des Biogases mittels BHKW am Standort der Biogasanlage 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 bei Nutzung des Biogases mittels BHKW am Standort der Biogasanlage 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.

Bei Verringerung der Lagermenge unter 10.000 kg entfallen die Grundpflichten nach der Störfallverordnung. Dies ist dann realisierbar, wenn das Biogas zu BioMethan aufbereitet und in das öffentliche Erdgasnetz aufbereitet wird. Das abgetrennte CO₂ kann dann in den Gärrestlägern bis zur weiteren Verwendung zwischengelagert werden. CO₂ ist ein Inertgas und die Lagerung fällt nicht unter die Störfallverordnung.

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 Abfallbiogasanlagen, die hier betrachtet werden sollen, fallen unter die Ordnungsnummer 8.4.1.1 der Anlage 1 und müssen im Rahmen der immissioschutzrechtlichen Genehmigung eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls nach § 7, Abs. 1 durchführen. Es ist davon auszugehen, dass die zu betrachtenden Biogasanlagen ggf. unter die Grundpflichten der Störfallverordnung fallen werden. Eine UVP-Pflicht liegt somit weiterhin nicht vor.

2.4 Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Das Wasserhaushaltsgesetz bildet den Hauptteil des deutschen Wasserrechtes. Unterhalb des WHG gilt die AwSV. 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 ³ oder Masse in Mg			
< 0,22 m ³ oder 0,2 Mg	Stufe A	Stufe A	Stufe A
> 0,22 m ³ 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/t an Gesamtstickstoff enthalten und davon 5,31 kg/t Ammoniumstickstoff. Statt 20 t/ha können im Herbst nur 7,50 t/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 am 2.10.2019 geändert worden. 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 10 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 cm^2 je Liter Gärprodukt. Die Fläche aller Störstoffe mit einer Größe von mehr als 10 mm darf nicht mehr als 15 cm^2 aus einer Probe von 1 Liter betragen.

In Abbildung 1 ist die Bildung einer Flächensumme exemplarisch dargestellt.

Abbildung 1: Darstellung Bildung Flächensumme



Visuelle Darstellung der Fremdstoffe in 1 l Untersuchungsprobe

Weiterhin wird in der Tabelle 3 die Entwicklung der Störstoffgrenzen dargestellt.

Tabelle 3: Entwicklung der Grenzwerte für Störstoffe

Störstoffe	Grenzwerte		
	vor 2018	von 2018 bis 2020	ab 2021
Partikelgröße	> 2 cm	> 2 cm	> 1 cm
Kunststofffolien	< 0,5 Gew.-% ¹⁾	< 0,1 Gew.-%	< 0,1 Gew.-%
Sonstige Fremdstoffe		< 0,4 Gew.-%	< 0,4 Gew.-%
Verunreinigungsgrad / Flächensumme	25 cm ² /l	15 cm ² /l	15 cm ² /l

¹⁾ Die Angaben in Gewichtsprozent beziehen sich auf die im jeweiligen Dünger beinhaltenete Trockenmasse

2.6 Rechtliche Regelungen in Abhängigkeit der Biogasverwertung

2.6.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Verbindung mit BHKW

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 2021 gegeben.

Vor allem für die Biogaserzeugung ist seit dem EEG 2017 neu die Ausschreibungspflicht. Die Bundesnetzagentur führt hierzu 2mal jährlich eine Ausschreibung nach strengen Formatvorlagen durch. Die Gebotstermine sind der 01.03. 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, 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 12,54 ct/kWh (Stand 2021) 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 2021 14,30 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 Gebotstermin 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 t/a an Input an Bioabfällen wird ein Gasertrag von 110 Nm³/t an Frischmasse angenommen. Der Methangehalt beträgt 55 % und der untere Heizwert für Methan 10 kW/Nm³. Hieraus errechnet sich bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 40 % die Bemessungsleistung wie folgt:

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

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 45 % 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 65 €/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 01.03. eines Jahres ist dabei realistischer als der Gebotstermin zum 01.09. 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).

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_{el} auf die 12,84 ct/kWh (Stand: 2021) gilt, sobald überwiegend Abfälle aus den 3 Abfallschlüsselnummern eingesetzt werden.

2.6.1.1 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.

2.6.2 Energie-Wirtschaftsgesetz

Das Energie-Wirtschaftsgesetz regelt grundsätzlich den Zugang zu den deutschen Energienetzen. Die für die BioMethan-Einspeisung beachtenswerten zugehörigen Verordnungen sind

- die Gasnetzzugangsverordnung (GasNZV) und
- die Gasnetzentgeltverordnung (GasNEV).

Neben den technischen Bedingungen zur BioMethaneinspeisung werden auch wirtschaftliche Rahmenbedingungen festgelegt. Wir werden hier nur auf die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eingehen.

Nach § 20a GasNEV erhält der BioMethanerzeuger ein pauschales Entgelt für Transportkunden vom Gasnetzbetreiber in Höhe von 0,007 €/kWh. Dieses Entgelt wird allerdings nur für die ersten 10 Jahre gewährt.

Nach § 33 GasNZV werden die Kosten für den Netzanschluss inklusive der Einspeisestation zwischen dem Gasnetzbetreiber und dem BioMethanerzeuger aufgeteilt. Es werden 3 Modelle im Gesetz wie folgt dargestellt:

- Modell 1: Sollte die Leitungslänge zwischen Gasnetz und Anschlussnehmer kleiner als 1 km sein, so trägt der Anschlussnehmer ausdrücklich nur 250.000 €.
- Modell 2: Grundsätzlich trägt der Anschlussnehmer 25 % der Netzanschlusskosten und der Netzbetreiber 75 %.
- Modell 3: Sollte die Leitungslänge mehr als 10 km betragen, so muss der Anschlussnehmer die Mehrkosten gegenüber Modell 2 alleine tragen.

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist Modell 1 berücksichtigt worden, da die Stadtwerke Ettlingen Gasnetze in unmittelbarer Nähe zum Standort betreiben. Die Aufnahmekapazität ist ebenfalls gegeben. Bei der Festlegung des Einspeisepunktes muss der Gasnetzbetreiber nicht die kürzeste Entfernung von der Erdgasleitung zur Biogasaufbereitungsanlage berücksichtigen.

2.7 Besondere untergesetzliche Regelwerke für Biogasanlagen

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

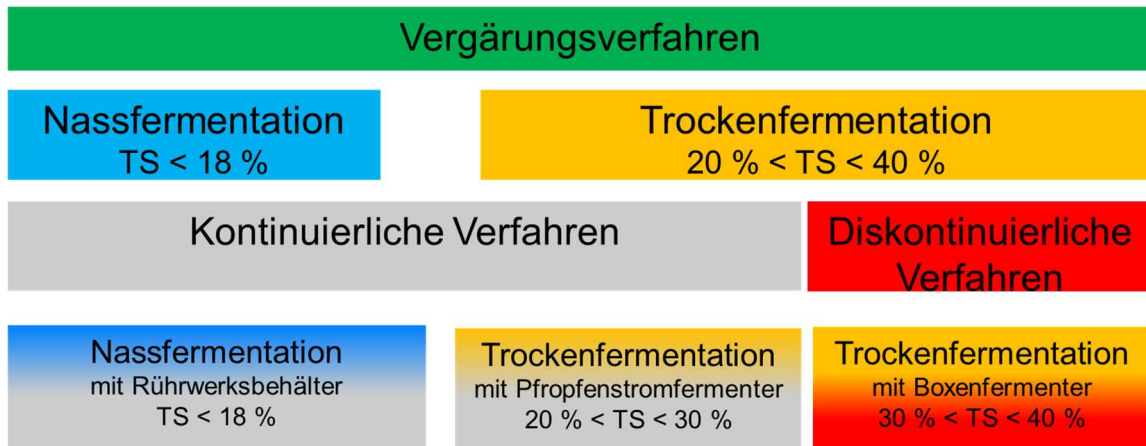
Seit dem Januar 2019 ist die TRAS 120 für Biogasanlagen in Kraft getreten. Die TRAS 120 bestimmt den Stand der Sicherheitstechnik für Biogasanlagen. Die TRAS 120 beschreibt den Stand der Sicherheitstechnik, wie er seit den letzten Jahren schon bei qualitativ hochwertigen Anlagen eingehalten wird.

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 2: 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 2021 115 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 Pflropfenströmers und
- 40,5 % Anlagen nach dem Garagenprizip.

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. Störstoffe können in nassen Aufbereitungsverfahren besser abgetrennt werden.

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 4: Vor- und Nachteile Betriebsart

	Vorteile	Nachteile
Mesophile Betriebsart	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Prozessstabilität • (geringerer Einsatz von Wärmeenergie) • Höhere Anpassungsfähigkeit der Organismen an Temperaturschwankungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Umsetzungsraten, dadurch höhere Verweilzeiten • Keine Hygienisierung im Prozess möglich
Thermophile Betriebsart	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Umsetzungsraten • Hygienisierung während Prozess 	<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Prozessstabilität, da: <ul style="list-style-type: none"> - geringere Pufferwirkung gegenüber Säuren - Höhere Sensitivität auf hohe NH₃-Konzentrationen

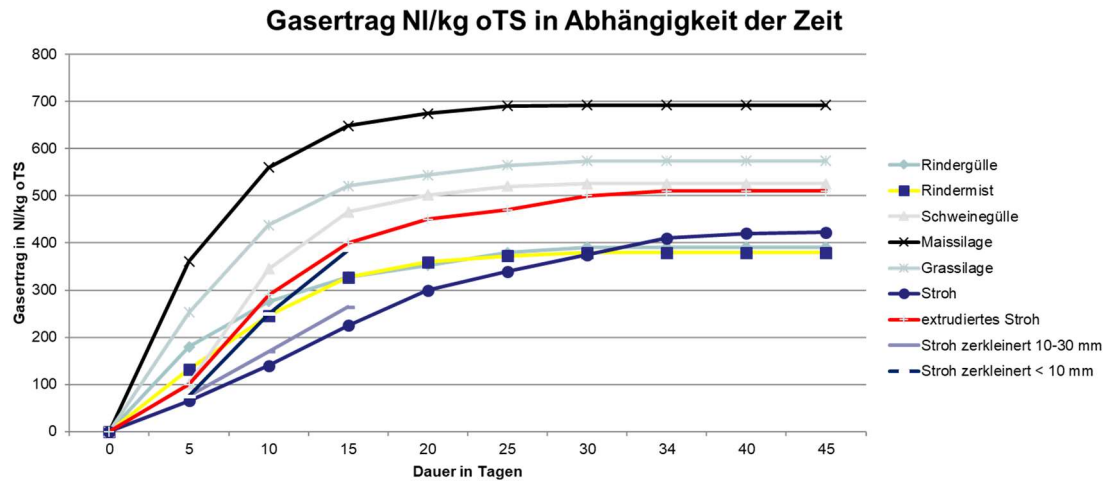
Die Umsetzung von Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten aus den Gärsubstraten erfolgt in 4 Stufen während des Fermentationsprozesses.

Tabelle 5: 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	Essigsäure Bildung	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 3: 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 die 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 Grüngut deutlich 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 Grüngut in einer Nassfermentationsanlage einbringen zu können, müssen diese mit Flüssigkeit soweit angemischt werden, dass sie von einem

Trockensubstanzgehalt von 40 % auf einen Trockensubstanzgehalt von idealerweise kleiner 18 % verdünnt werden. Dieser Trockensubstanzgehalt wird schon durch eine nasse Aufbereitungstechnik erreicht, es muss keine weitere Flüssigkeit zugegeben werden.

Abbildung 3: Biogaspark Großenlüder-Nassfermentation



Die Abbildung 3 zeigt den Biogaspark Großenlüder der Biothan GmbH. Der Biogaspark Großenlüder befindet sich im Landkreis Fulda und besteht unter anderem aus einer Nassfermentation und einer Pfpfenstromfermentation 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. In 3 von den 4 Gärrestlägern wird CO₂ gelagert.

3.2.1.1 Abfallannahme- und Abfallaufbereitung

Die Abfallannahme wird klassisch in einer Halle errichtet. Hierzu wird ein ausreichend großer Flachbunker vorgehalten, der mit Anschubwänden abgegrenzt ist. Die Lagerzeit sollte 72 Stunden nicht unterschreiten, falls an der Aufbereitungstechnik Störungen auftreten, die eine Verarbeitung der biologischen Abfälle 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. Hinter dem Vorbrecher wird über dem Transportband ein Magnetabscheider für Eisenmetalle installiert.

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 Vorbrecher 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 4 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 eingebrachten 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 t Einsatzstoff durchgesetzt. Die Separationshammermühle regelt die Zugabe der Flüssigkeit anhand des Stromverbrauchs eigenständig.

Für Abfallbiogasanlagen, in denen Bioabfälle verarbeitet werden, bietet sich die Nassfermentation zwischenzeitlich wieder an, da die Störstoffabscheidung in einer „nassen“ Aufbereitung eine hohe Störstoffabscheidung garantiert. Die biologischen Abfälle werden durch die Hämmer so gut für die Bakterien aufgeschlossen, dass der Biogasertrag je Tonne Frischmasse deutlich höher ist als bei einer einfachen Zerkleinerung.

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 5 wird ein Gärrestlager mit Gasspeicherhaube als Rührwerksbehälter dargestellt.

Abbildung 5: Rührwerksbehälter



Abbildung 6: Blick in einen Rührwerksbehälter mit Paddelrührwerk



Die Abbildung 6 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 Bio- und Grüngut sollte zunächst 1 oder 2 Vorlagebehälter haben. Die Vorlagebehälter müssen nicht als Hydrolysebehälter arbeiten. Die Bioabfälle werden 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, durch Verwendung von warmen Rezirkulat nicht zu einem thermischen Nachteil in der Wärmebilanz.

Klassisch entsteht in einer Nassfermentationsanlage kein fester Gärrest. In einer Biogasanlage für Bio- und Grüngut 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 gegeben. 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.

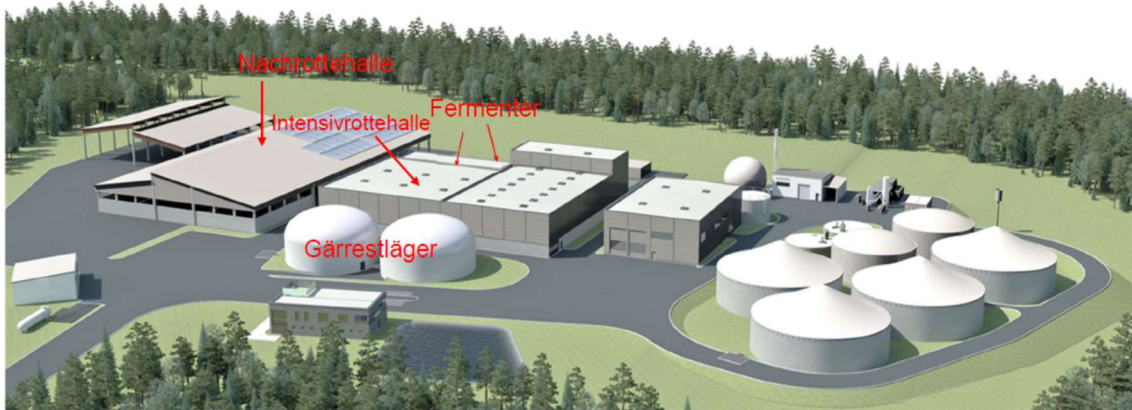
Auch die festen Gärrest sind dann so sauber, dass sie außer einer Trocknung nicht weiterbearbeitet werden müssen.

3.2.2 Trockenfermentation als Pfpfenstromanlage

Die Trockenfermentation im Pfpfenstromverfahren 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.

Abbildung 7: Biogaspark Großenlüder - Trockenfermentation



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

3.2.2.1 Abfallannahme- und Abfallaufbereitung

Wie schon bei der Nassfermentation 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, 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. Dies kann zu Schwierigkeiten bei der Einhaltung des Kontrollwertes führen.

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 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 Pfropfenstromanlage

Auch wenn eine Pfropfenstromanlage 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, das 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.

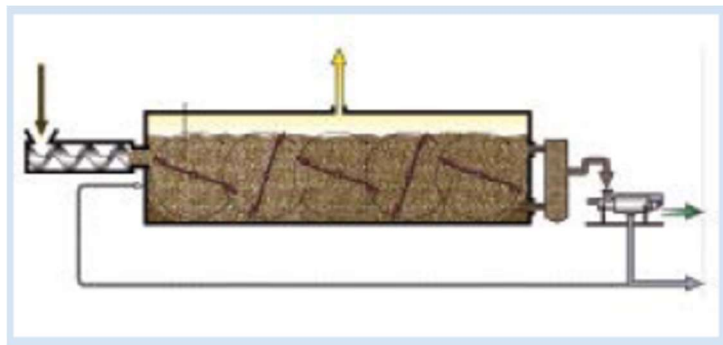
Abbildung 8: Darstellung Rührwerk und außen liegendes Planetengetriebe



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 Pflropfenstromfermenter



Die Pflropfenstromfermenter 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 Pfropfenstromfermenter 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 Floccungsmitteln 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 zuzätzlichen 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 2021 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.

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.

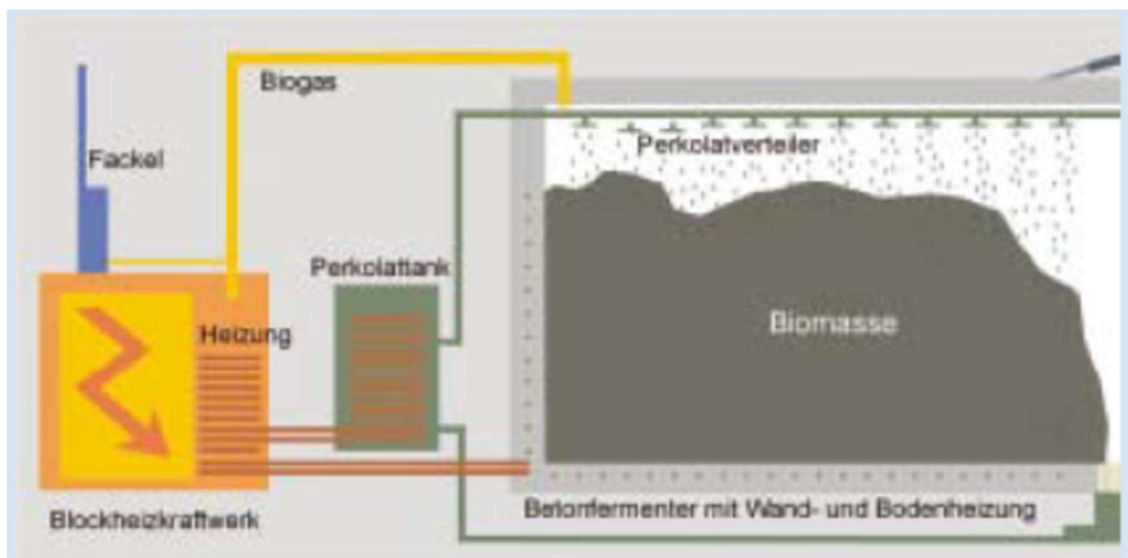
Die frisch angelieferten Bioabfälle müssen mit schon vergorenem Material in einem bestimmten Verhältnis gemischt werden, das durch den jeweiligen Systemlieferanten bestimmt wird. Das Mischungsverhältnis beträgt in der Regel mindestens 1/3 schon vergorenes Material zu 2/3 frischem, noch zu vergärendem 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 vermisch 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 Gärrestlägern (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 2021.

In der Tabelle 6 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.

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 aufwendige und teure 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 6 entnommen werden.

Tabelle 6: 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 7 werden die „Anlagenparameter“ miteinander verglichen.

Auch in der Tabelle 7 hat die Nassfermentation erhebliche Vorteile.

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 Dieselemissionen 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 Dieselemissionen.

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.

Tabelle 7: Verfahrenstechnische Bewertung - Anlagenparameter

Verfahrenstechnische Bewertung		Nassfermentation		Pfpfropfenstromverfahren		Boxenverfahren	
Bewertung grundsätzlicher Anlagenparameter		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 Pfpfropfenstromfermenter, 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 Radlarn 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 Eintragssystem in die liegenden Fermenter.	++	Die benötigten Radladerstunden sind hoch.	
Ausfallwahrscheinlichkeit	++	gering, da der Biogasprozess auch ohne mechanische Aufbereitung fortgeführt werden kann.	+	Schwachstelle ist das Eintragssystem. Auch 2 Fermenter werden mit 1 Eintragssystem 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. Durch die Aufbereitung des Bio- und Grüngutes mittels Separationshammermühle kann bei der Nassfermentation ein Gasertrag von 150 % erzielt werden.

In Gebieten, die über eine erhebliche Rindviehhaltung bestimmt sind, sollte es zu Synergien mit den Milchviehbetrieben kommen, z.B. durch Übernahme der Gülle und Verarbeitung in einer Nassfermentation.

Tabelle 8: 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 Flüssigkeit 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 Biogasnester 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 (Biogasverwertung mittels BHKW auf der BAVA). 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 Substratlager. Bei einer Biogasaufbereitung zu BioMethan können die Gärrestläger mit CO₂ geflutet werden. Es entfällt dann ggf. die Einhaltung der Auflagen durch die 13. BImSchV.

Gemäß der nachfolgenden Tabelle sind nur die Nassfermentation und die Pfropfenstromfermentation (novelliert) in der Lage, 150 Tage hydraulisch die Gärsubstrate unter „Biogasdach“ zu halten. Werden mindestens 90 % an Abfallsubstraten als Bio- und Grün-gut sowie Marktabfällen verwertet, so entfällt die 150 Tagepflicht.

Tabelle 9: Verfahrenstechnische Bewertung - Sicherheit - EEG

Verfahrenstechnische Bewertung	Nassfermentation		Pfpfropfenstromverfahren		Boxenverfahren	
Sicherheit						
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 Fermentern	+++	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	
EEG 2017						
Größe des Gasspeichers in Verbindung mit Flexbetrieb	auf Gärbehältern und Gärrestlägern ausreichend zur Verfügung	dadurch aber wahrscheinlich Grundpflichten der Störfallverordnung	auf Gärrestlägern 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 Gärrestläger 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 Separationshammermühle bedingt auch ein hoch aufgeschlossenes Gärsubstrat, das während der Vergärung zu außerordentlich hohen Gaserträgen führt. Es kann allerdings im Anschluss an die Vergärung nicht gut kompostiert werden, da es keine Struktur mehr enthält. 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 aufgrund der hohen Quote bei der Störstoffabscheidung vor dem Vergärungsprozess bevorzugt. Durch den neuen Kontrollwert ist eine hohe Störstoffabscheidung dringend erforderlich.

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

Ab dem EEG 2017 wurde die Boxenfermentation aufgrund der Methanemissionen allerdings nur noch für den Einsatz bei der Bioabfallvergärung gefördert, 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 8 mm und bei den Boxenfermenter gar nur noch 6 bis maximal 8 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.

4 Standort bezogene Konzeptentwicklung

4.1 Standort Ettlingen

4.1.1 Mengenpotential

Betrachtet werden soll im Rahmen der Potentialerfassung biologischer Abfälle der Landkreis Karlsruhe. Der Landkreis Karlsruhe und die Stadt Karlsruhe arbeiten bei der Abfallentsorgung nicht direkt zusammen, soll heißen es gibt keinen gemeinsamen Zweckverband oder gemeinsame Ausschreibungen. Der Landkreis Karlsruhe wird gemäß der nachstehenden Karte durch die Stadt Karlsruhe aufgeteilt in einen südlichen Teilkreis und einen nördlichen. Der rote Punkt zeigt den Standort der ehemaligen Kreisabfalldeponie in der Gemeinde Bruchsal. Dort könnte ggf. eine Umladestation für die Bioabfälle durch den Abfallwirtschaftsbetrieb des Landkreises Karlsruhe errichtet und betrieben werden.

Abbildung 12: Übersichtskarte Landkreis Karlsruhe



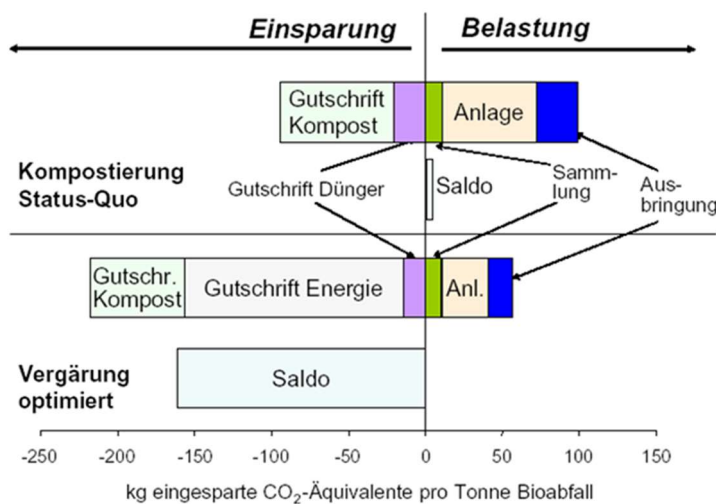
Zunächst haben wir uns auf das im Landkreis Karlsruhe anfallende Grüngut bei der Betrachtung konzentriert, da es das deutlich größere Potential von Grüngut und Biogut aufweist. Gesamt fällt im Landkreis Karlsruhe Grüngut in deutlich höheren Mengen als Biogut an. Weitere biogene Abfälle sind zusätzlich benannt worden.

Jede Gemeinde im Landkreis Karlsruhe verfügt über mindestens einen Sammelplatz. Die Gemeinden haben teilweise Vereinbarungen mit dem Abfallwirtschaftsbetrieb Grün-
gutmenen fallen im Landkreis Karlsruhe wie folgt an:

- 12.000 t/a als Ausgang von den Sammelplätzen zur Verwertung durch den Abfallwirtschaftsbetrieb (krautiges Grüngut)
- 13.000 t/a als Ausgang von den Sammelplätzen zur Verwertung an private Verwertungsunternehmen (krautiges Grüngut)
- 12.500 t/a als Ausgang von den Sammelplätzen zur Verwertung an private Verwertungsunternehmen (gemischtes Grüngut)
- 16.500 t/a als Ausgang von den Sammelplätzen zur Verwertung an private Verwertungsunternehmen (holziges Grüngut)

Dies stellt in der Summe ein Potential von 54.000 t/a zur Verwertung in einer BioAbfall-VergärungsAnlage dar. Warum sollte Grüngut vergoren werden? Bisher wird Grüngut in einer Kompostierungsanlage zu sicherlich hochwertigem Kompost verarbeitet. Die CO₂-Bilanz ist allerdings bei einer Kompostierung von biologischen Abfällen deutlich schlechter als bei einer Kaskadennutzung in einer BAVA. Siehe nachstehende Abbildung:

Abbildung 13: Klimagasbilanz Kompostierung versus Vergärung



Klimagasbilanz: Status Quo Kompostierung im Vergleich zu einer optimierten Vergärung (Quelle: PG Biogas 2008, Bd. E)

Das Aufkommen des Grüngutes ist im Landkreis Karlsruhe allerdings sehr unterschiedlich verteilt. Die Stadt Ettlingen verfügt alleine über 7.500 t/a an Grüngut von den 54.000 t/a. Wir haben in den beiden nachfolgenden Graphiken dargestellt, wie sich das Mengenaufkommen an Grüngut über den Landkreis Karlsruhe verteilt.

Abbildung 14: Grüngutmengen je Gemeinde nördliches Kreisgebiet LK KA

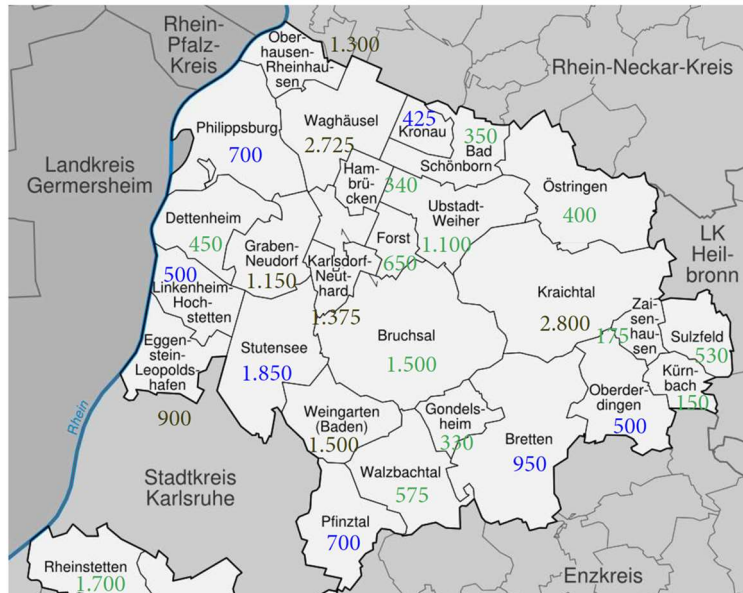
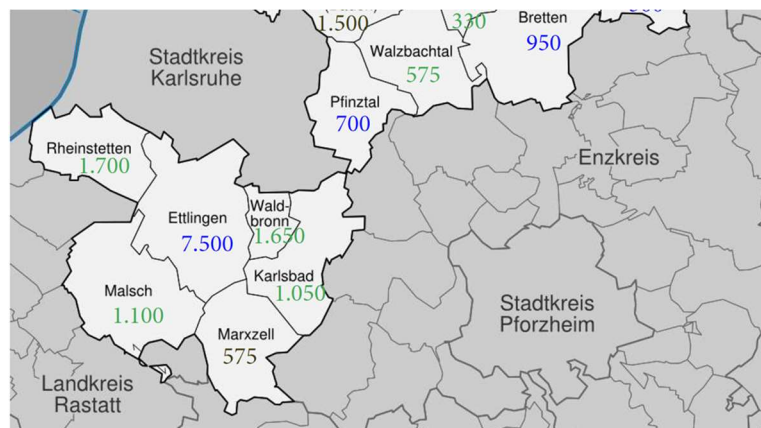


Abbildung 15: Grüngutmengen je Gemeinde südliches Kreisgebiet LK KA



Die grünen Zahlen stellen die Anfallmengen an krautigem Güngut dar, die über den Abfallwirtschaftsbetrieb verwertet werden. Die blauen Zahlen stellen die Anfallmengen an krautigem Grüngut dar, die die Gemeinden privaten Entsorgungsunternehmen andienen. Von den 13.000 t/a an private Entsorgungsunternehmen entfallen alleine 7.500 t/a an die Stadt Ettlingen.

Der Landkreis Karlsruhe erfasst seit dem 1.1.2021 auch Biogut durch eine haushaltsnahe Sammlung von Biogut. Die Mengen im erfassten 1sten Erfassungsjahr betragen ca. 12.000 t/a. In 2022 werden 15.000 t/a angestrebt. Weitere Mengensteigerungen erwartet der Abfallwirtschaftsbetrieb nicht. Bisher wird das Biogut in externen Bioabfallvergärungsanlagen aufgrund von Ausschreibungen verbracht. Für das Logistikkonzept ist

entscheidend, dass diese Bioabfälle in Verwertungsanlagen in unmittelbarer Nähe zur Kreisgrenze verbracht werden können. Aktuell wird Biogut durch den Abfallwirtschaftsbetrieb an zwei Vergärungsanlagen zur Verwertung abgegeben. Beide Anlagen sind so erreichbar, dass es keiner Umladung des Biogutes bedarf. Die Bioabfälle werden direkt durch die Sammelfahrzeuge dort angeliefert.

Je nach Standort der BAVA müsste ggf. ein Umschlagplatz errichtet werden. Bei Standorten im südlichen Landkreis Karlsruhe ist es unwirtschaftlich mit den teuren Sammelfahrzeugen direkt dort das Biogut zu entleeren. Eine Umschlagsanlage für die Bioabfälle im nördlichen Kreisteil erscheint aus wirtschaftlichen Gründen dringend geboten.

4.1.2 Beschreibung Standort Ettlingen

Innerhalb des Gebietes der Stadt Ettlingen ist der Grüngutsammelplatz auch als potentieller Standort für eine BAVA ermittelt worden.

Bisher werden schon heute dort 7.500 t/a an Grüngut erfasst und aktuell bei einem privaten Unternehmen verwertet. Aus den benachbarten Gemeinden Malsch, Marxell, Karlsbad, Rheinstetten und Waldbronn können weitere 6.070 t Grüngut aus direkter Nachbarschaft akquiriert werden.

Grundsätzlich ist für eine BAVA eine Genehmigung nach der Anlage 1 der 4. BImSchV notwendig, bis zu 18.000 t/a im vereinfachten Verfahren, darüber hinaus im Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung.

Der Regionalverband Mittlerer Oberrhein hat bestätigt, dass für den Standort gemäß Regionalplan Baurecht hergestellt werden kann. Dies ist Grundvoraussetzung für die Genehmigungsfähigkeit der BAVA.

In der Abbildung 16 ist der Standort zu erkennen. Es befindet sich rechts der Wertstoffhof mit Grüngutsammelplatz, mittig das Motodrom und links ein P+R Parkplatz. Das gesamte Grundstück ist im Besitz der Stadt Ettlingen.

Die Abfälle können der BAVA direkt über überregionale Straßen (Autobahnen, Bundesstraßen) angeliefert werden. Dies zeigt der Ausschnitt (Abbildung 17) aus Google-Maps.

Abbildung 16: Grundstück Stadt Ettlingen

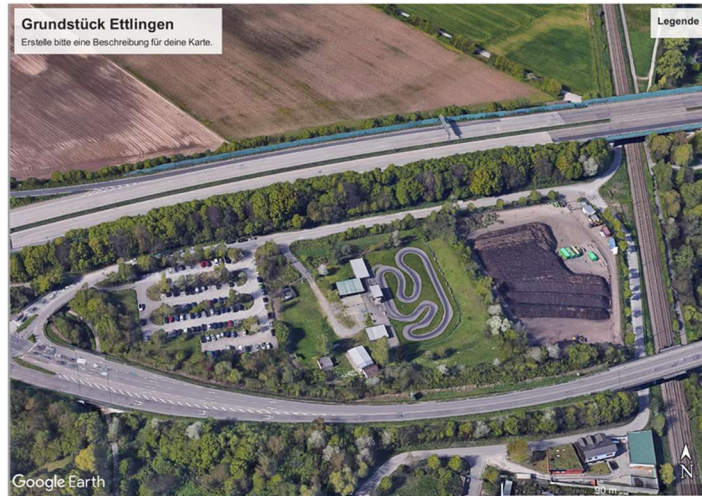
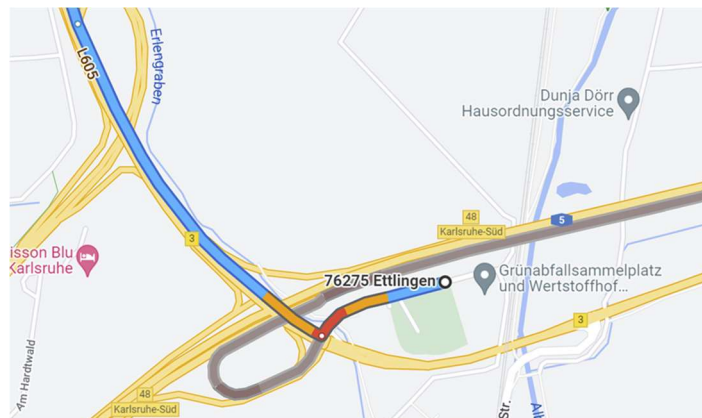


Abbildung 17: Verkehrsanbindung Grundstück Stadt Ettlingen



Im Umkreis von 200 m gibt es gemäß Planungsamt der Stadt Ettlingen 2 schützenswerte Einrichtungen in Bezug auf die Störfallverordnung. Es ist im Rahmen der Entwurfs- bzw. Genehmigungsplanung zu überprüfen, ob die Einrichtungen Wpnhgebäude im Sinne der TA Luft 2021 sind. Es gibt auch die Aussage der Stadt Ettlingen, dass zwischen dem ersten Wohngebäude im Sinne der TA Luft und dem potentiellen Standort mehr als 300 m Entfernung sind.

Die 200 m Achtungsabstände sind der KAS 18 zu entnehmen. Die KAS 18 findet dann Anwendung, wenn die BAVA aufgrund der Biogaslagermenge unter die Bestimmungen der Störfallverordnung fällt. Herr Prof. Dr. Rettenberger (Sachverständiger nach § 29 a/b BImSchG) führt in einer dem Ersteller dieser Ausarbeitung vorliegender Standortanalyse aus:

- „Die Ermittlung der Achtungsabstände nach Kapitel 3.2 mit Berücksichtigung des exakten Gegebenheiten am Anlagenstandort in einer Einzelfallbetrachtung führt

in der Regel zu geringeren angemessenen Abständen gegenüber dem zuvor genannten Achtungsabstand. Die Einzelfallbetrachtung ist also immer dann erforderlich, wenn eine schutzbedürftige Nutzung in geringerer Entfernung als dem zuvor genannten Achtungsabstand vorhanden oder in Zukunft nicht auszuschließen ist.“

In Abhängigkeit von der Art der Biogasverwertung besteht die Möglichkeit, dass die BAVA nicht mehr als 10 t Biogas lagern muss und so erst gar keine Ausbreitungsrechnung benötigt wird.

Die neue TA Luft sieht für Biogasanlagen unterschiedliche Vorgaben von Abständen zu Wohngebäuden vor. Die Abstandsvorgaben reichen von 100 m bis zu 500 m in Abhängigkeit von der Bauform der Biogasanlage und der Geruchsintensität der Abfälle. Nach den Vorgaben der TA Luft entscheidet die Genehmigungsbehörde im Rahmen der rechtlichen Möglichkeiten.

Im Grundstück verläuft eine Hochdruckgasleitung, die nicht überbaut werden darf. Die Gasleitung gehört der Terranetz. Die Gasleitung wird mit einem Druck zwischen 30 und 7 bar betrieben.

Die Stadtwerke Ettlingen haben in der Nähe des Geländes ebenfalls Gasnetze, die mit einem deutlich niedrigeren Druck betrieben werden.

Abbildung 18: Verlauf Hochdruckleitung



Die nachstehende Abbildung stellt in keinsten Weise eine erste Entwurfsplanung dar, sondern soll nur darstellen, welchen Platzbedarf eine BAVA mit ausreichenden Gärrestlägern, einer Biogasanlage mit Vorratsbehältern, einer Annahmehalle und den Gasverbrauchseinrichtungen hat.

Die festgelegten Abstände zur Bundesautobahn und zur Schienentrasse sind ebenfalls skizziert und können deutlich eingehalten werden..

Abbildung 19: Beispielaufstellung BAVA Ettlingen

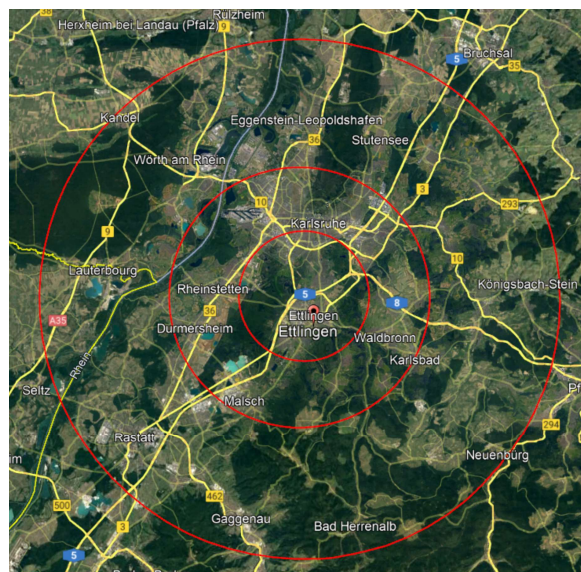


Das Grundstück erfüllt im ersten Ansatz die Voraussetzungen, um ein denkbarer Standort für die Errichtung einer BAVA zu sein.

4.1.3 Landwirtschaftliche Flächen Standort Ettlingen

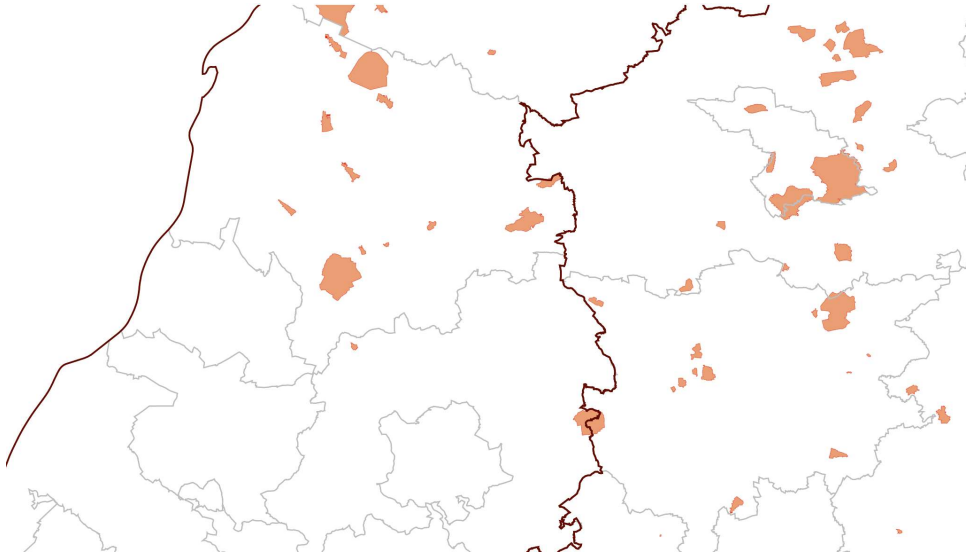
In der Abbildung 20 sind um den Standort Ettlingen 3 Entfernungslinien eingezeichnet. Innerhalb der ersten 5 km gibt es gerade einmal 25 ha, die für eine Verwertung der Gärprodukte genutzt werden könnten. In einem Umkreis von 10 km erhöht sich die Fläche der potentiellen Ausbringungsfäche immerhin auf mehr als 100 ha. Zusammen ist dies immernoch eine zu kleine Fläche für die entstehenden Gärprodukte zur landwirtschaftlichen Ausbringung. Erst in einem Umkreis von 20 km stehen genug Flächen für die Verbringung der flüssigen Gärprodukte zur Verfügung.

Abbildung 20: Landwirtschaftliche Flächen



Die nachstehende Abbildung 21 zeigt eindeutig, dass es im südlichen Kreisgebiet des Landkreises Karlsruhe zu keinen weiteren Einschränkungen aufgrund der Nitratproblematik (rote Gebiete) kommt.

Abbildung 21: Gebiete mit zu hoher Nitratbelastung



4.2 Standort Zaisenhausen

Die UEAKA hat als 2ten Standort eine Fläche in Zaisenhausen vorgeschlagen. Es ist aus logistischen Gründen wünschenswert für die Behandlung der Bioabfälle einen Standort im nördlichen Kreisgebiet zu finden.

Die Standortgemeinde kann sich eine BAVA im Gemeindegebiet vorstellen in Verbindung mit der Wärmeversorgung des neuen Gewerbegebietes. Das in Abbildung 22 hervorgehobene Grundstück ist ausreichend weit von Wohngebäuden entfernt, hat aber auch eine Nähe zum Gewerbegebiet.

Abbildung 22: Grundstück Zaisenhausen



Im Umkreis von 300 m sind keine schützenswerte Einrichtungen vorhanden.

Abbildung 23: Grundstück Zaisenhausen mit Umkreis 300 m



Die Verkehrsanbindung des Standortes ist ebenfalls sehr gut. Egal aus welchen Richtungen die biologischen Abfälle angeliefert werden, es wird über die B239 und das Industriegebiet erfolgen und es muss kein Wohngebiet durchquert werden.

Abbildung 24: Verkehrstechnische Anbindung Grundstück Zaisenhausen

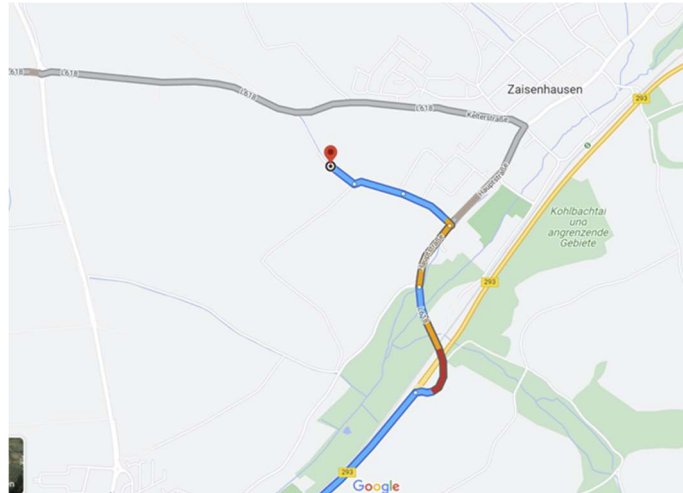
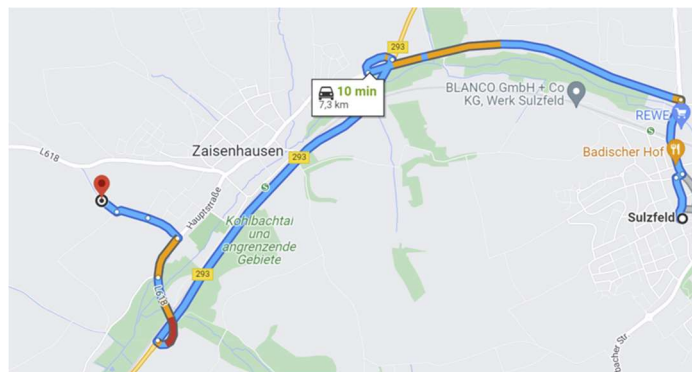


Abbildung 25: Verkehrstechnische Anbindung Grundstück Zaisenhausen



Aus logistischen Gründen hat das Grundstück einen großen Nachteil gegenüber dem Grundstück in der Stadt Ettlingen. Für Grüngut ist der Standort Ettlingen ideal, da allein 13.560 t aus dem südlichen Kreisgebiet von möglichen 54.000 t/a kommen.

Wie der Abbildung 14 zu entnehmen ist, ist die Gemeinde sehr weit östlich im Kreisgebiet gelegen.

Letztlich ist das Grundstück nicht weiter verfolgt worden, nachdem festgestanden hat, dass kein Baurecht hergestellt werden kann.

Weitere Grundstücke, die die UEAKA in Erwägung gezogen hatte, waren ebenfalls nicht umsetzbar, da die Planungen des Regionalverbandes mittlerer Oberrhein es nicht hergaben.

4.3 Standort Kraichtal

Die Firma Kompost Frank hat ihren Sitz in Kraichtal. Sie kompostiert dort fast alle Grünabfälle aus dem Kreis Karlsruhe, egal ob die Mengen direkt über die Gemeinden oder indirekt durch den Landkreis Karlsruhe verwertet werden. Die Firma Kompost Frank plant aktuell eine eigene Vergärungsanlage am eigenen Standort für reine Grünabfälle. Ein entsprechender Genehmigungsantrag ist schon einmal bei der Kreisverwaltung gestellt worden. Hierbei geht es um eine Menge von 18.000 t/a an Grüngut. Eine Genehmigung ist bisher nicht erfolgt.

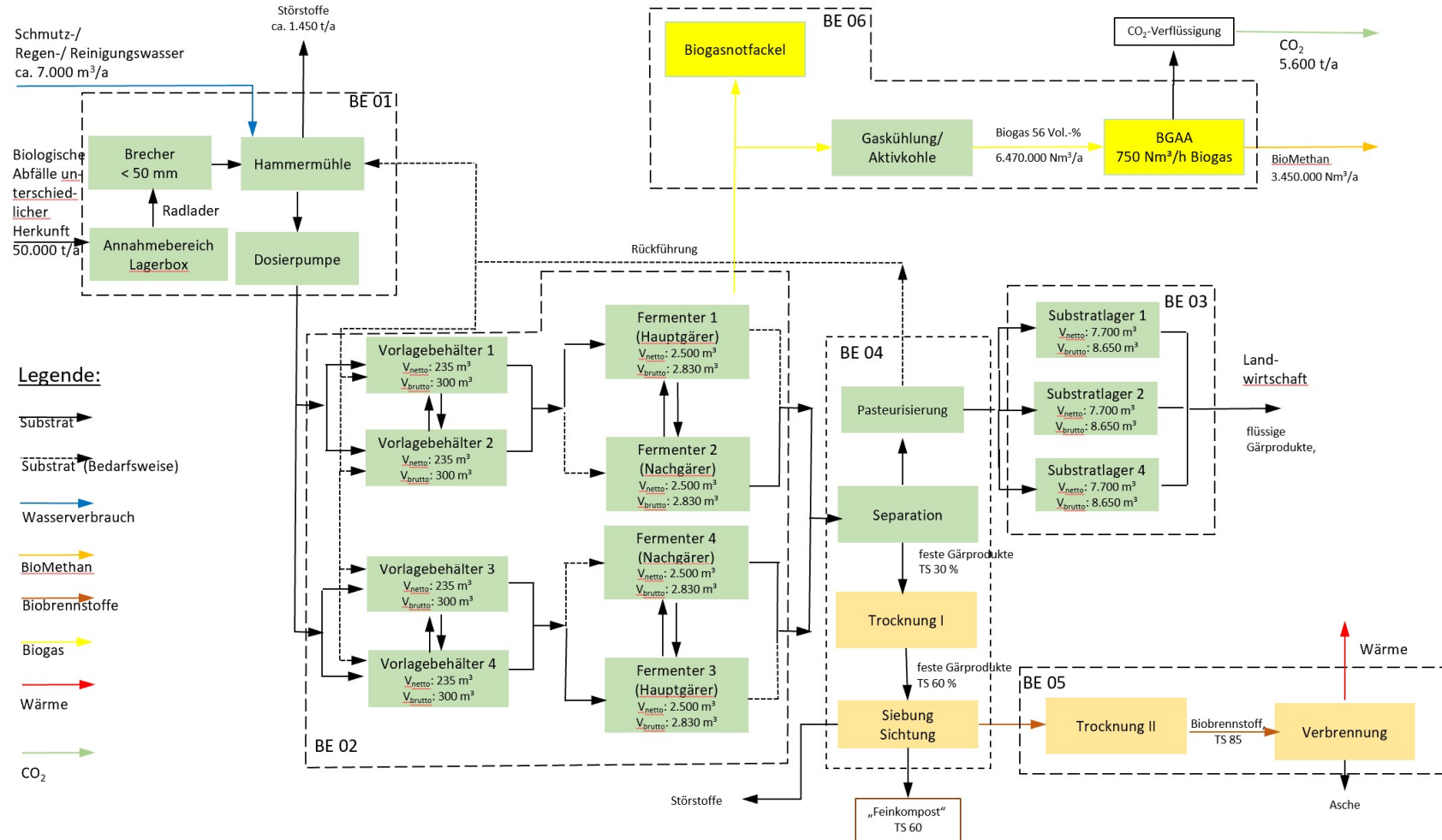
Die Bewertung des Standortes Kraichtal ist nicht Bestandteil der Beauftragung gewesen.

4.4 Anlagenkonfiguration Standort Ettlingen

In Kapitel 3 sind die unterschiedlichen Verfahrensarten der eigentlichen Biogastechniken dargestellt worden. Die Boxenfermentation ist aufgrund der hohen Emissionen und des deutlich niedrigeren Gasertrages von den weiteren Betrachtungen ausgeschlossen worden.

Die immer schärfer werdenden Grenzwerte für die Reinheit der Gärprodukte macht neue Überlegungen zur angewandten Technik sinnbringend.

Grafik 4: Anlagenfließbild



Wir haben die Anlagenkonzeption entsprechend dem Fließbild wie folgt gestaltet und in unterschiedliche Betriebseinheiten (BE) unterteilt:

BE 1: In der BE 1 werden die Abfälle angeliefert und gelagert. Die BE 1 ist die Anlieferungs- und Aufbereitungshalle. Sie steht unter Unterdruck. Die Abluft aus der BE 1 wird über eine Abluftanlage geführt, die Geruchsstoffe werden dabei neutralisiert.

Die Annahme- und Aufbereitungshalle ist ausreichend hoch, so dass auch Satelzüge in der Halle entleert werden können.

Die Abfälle werden im Flachbunker bis zur Verarbeitung zwischengelagert. Die Abfälle werden zunächst vorzerkleinert und gelangen dann über einen Zwischenbunker in eine Separationshammermühle. In der Separationshammermühle werden die Störstoffe (Kunststoffe mindestens zu 95 %) abgeschieden. Um einen guten Trenngrad zu erreichen, wird der Separationshammermühle Flüssigkeit in Form von Separationsflüssigkeit, Wasser und Brauchwasser zugeführt. Aus der BE 1 wird das Gärsubstrat in die Vorlagebehälter der BE 2 gepumpt.

BE 2: Die BE 2 ist die eigentliche Bioabfallvergärungsanlage. Die BE 2 ist in 2 Linien als Nassfermentation aufgeteilt. Jede Linie erhält ausreichend groß bemessene Vorlagebehälter, Fermenter und Nachgärer. Fermenter und Nachgärer sind baugleich, so dass jeder Behälter als Fermenter oder Nachgärer eingesetzt werden kann.

Die Vorlagebehälter werden mit einer Betondecke errichtet, die Fermenter und Nachgärer erhalten eine Gashaube als Gasspeicher. Ab einer Lagermenge von 10 t Biogas fällt die BAVA unter die Grundpflichten der Störfallverordnung. Es muss dann ein Sicherheitsabstand durch einen zugelassenen Sachverständigen ermittelt werden.

BE 3: Die BE 3 sind die Gärproduktlager. Die Gärproduktlager haben ein gesamtes Fassungsvermögen von 23.100 m³ netto bei einem Freibord von 1 m. Das Fassungsvermögen teilt sich auf 3 baugleiche Fermenter auf.

Bei den Gärproduktlagern besteht die Möglichkeit, die anzurechnende Menge an Lagermenge Biogas zu reduzieren. Es ist vorgesehen, das Biogas als BioMethan in das Erdgasnetz einzuspeisen. Die Gärproduktlager müssen dann nicht an das Biogassystem angeschlossen werden, sondern könnten mit dem verunreinigten CO₂ beaufschlagt werden. Aus unseren Erfahrungen heraus gibt es eine deutliche Restentgasung aus den Gärprodukten. Das zusätzlich gewonnene Methan wird durch den CO₂-Aufbereitungsprozess der BGAA wieder zugeführt, so dass eine höhere Methanausbeute erreicht wird.

BE 4: Die BE 4 ist die Gärrestaufbereitung.

Der Gärrest aus den beiden Nachfermentern wird separiert. Die entstehenden Stoffströme (fester und flüssiger Gärrest) werden auch unterschiedlich behandelt.

Der flüssige Gärrest wird zunächst vorrangig der BE 1 für die Separationshammermühle zur Verfügung gestellt. Übermengen werden pasteurisiert und anschließend in den Gärproduktlagern bis zur nächsten Ausbringungsperiode zwischengelagert. Die Lagerzeit in den Gärproduktlagern beträgt mindestens 270 Tage.

Der feste Gärrest wird auf 60 bis 65 % Trockensubstanzgehalt getrocknet und anschließend abgesiebt. Der Siebunterlauf ist wie der flüssige Gärrest frei von Störstoffen, insbesondere Weichkunststoffe und kann ebenfalls in die Landwirtschaft zur stofflichen Verwertung abgegeben werden.

Der Siebüberlauf wird nochmals einer Sichtung unterzogen, so dass mögliche Verunreinigungen als Störstoff entfernt werden. Es verbleibt ein Biobrennstoff gemäß 13. BImSchV. Dies ist durch einen Gutachter zu bestätigen

BE 5: Die BE 5 ist die Wärmezentrale.

Das Siebüberkorn aus dem festen Gärrest ist Biobrennstoff mit einem hohen Ascheanteil. Als Biobrennstoff ist der feste Gärrest zwar weiterhin Abfall, unterliegt aber nicht den Pflichten nach 17. BImSchV.

Eine landläufig bekannte Hackschnitzelanlage ist nicht in der Lage, einen derartig feinen und leichten Brennstoff zu verbrennen. Es ist ein Drehrohröfen in Deutschland für die Verbrennung von schwierigen Biomassen entwickelt worden, der sich für derartige Einsätze mehrfach bewährt hat.

Drehrohröfen werden dann eingesetzt, wenn der vollständige Ausbrand besonders wichtig ist. Diese Öfen werden daher in der Zementherstellung und auch in der Sonderabfallverbringung seit Jahrzehnten eingesetzt.

Die Siebüberläufe müssen noch auf einen Trockensubstanzgehalt von mehr als 85 % getrocknet werden bevor sie im Drehrohröfen zur Wärmeerzeugung für die BAVA eingetragen werden.

Die Wärme wird in einen möglichst großen Wärmepufferspeicher abgegeben. Dieser sollte als Schichtenspeicher ausgelegt sein, damit jeder Wärmeverbraucher sein benötigtes Temperaturniveau erhält.

BE 6: Die BE 6 ist die Biogasaufbereitungsanlage (BGAA).

Alternativ zur direkten Verstromung mittels BHKW bietet sich auch die Aufbereitung des Biogases zu BioMethan mit anschließender Einspeisung in das Erdgasnetz an.

Diese Technik haben wir aufgrund der aktuell, aber auch langfristig geltenden Preisentwicklung für BioMethan aus Abfallanlagen gewählt. Das erzeugte BioMethan wird dann in das Erdgasnetz eingespeist. Das Erdgasnetz ist ein großer Gasspeicher, so dass es erst wieder entnommen werden muss, wenn es z.B. in einem externen und Wärme geführten BHKW genutzt werden soll.

In der BGAA wird das Biogas in die Hauptbestandteile Methan und Kohlendioxid getrennt.

Neue BGAA's werden in der Regel auch mit einer Verflüssigungsanlage für das Kohlendioxid ausgestattet. Das leicht verunreinigte Kohlendioxid wird auf medizinische/lebensmitteltechnische Qualitätsstandards aufgereinigt, das abgereinigte Methan wird dem Aufbereitungsprozess zugegeben. Es findet so eine Ausbeute an Methan für den Biomethanprozess von 99,9 % statt.

5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Als möglicher Standort ist der Standort in Ettlingen festgestellt worden. Auf Vorschlag der Stadt Ettlingen sind aufgrund des Potentials an Abfällen folgende Inputströme für eine erste Wirtschaftlichkeitsbetrachtung festgelegt worden:

- 15.000 t/a an Biogut aus LK Karlsruhe
- 12.000 t/a an Grüngut, krautig aus LK Karlsruhe
- 13.000 t/a an Grüngut, krautig aus Gemeinden (davon 7.500 t/a aus Ettlingen)
- 5.000 t/a an Grüngut, gemischt
- 7.600 t/a als Reservematerial

5.1 Beschreibung getroffener Annahmen

Es ist in den nachfolgenden Tabellen unterschieden worden zwischen den wirtschaftlichen Annahmen und den verfahrensabhängigen Annahmen bzw. Abschätzungen.

In Tabelle 10 sind die wirtschaftlichen Kennzahlen dargestellt.

Der Zinssatz für Fremdkapital ist mit 3,5 % angesetzt worden. Hier gehen wir davon aus, dass der Kreditnehmer eine entsprechende Bonität ausweist. Die Laufzeit des Darlehens sollte 15 Jahre betragen, hiervon ist das Darlehen 1 Jahr tilgungsfrei (Errichtungsphase).

Für die BAVA werden 5 gewerbliche Mitarbeiter und 1 Betriebsleiter benötigt. Die entsprechenden Personalkosten je Mitarbeiter können der Tabelle entnommen werden.

Die Aktivkohle wird für die Biogasvorreinigung vor Eintritt in die Biogasaufbereitung benötigt.

Die Mobilien sind im Leasing berücksichtigt.

Das erzeugte CO₂ wird an örtliche Händler veräußert. Da das CO₂ schon klimaneutral ist, wenn es in die Umwelt ohne CO₂-Verflüssigung abgegeben würde, ist es Zertifikate handels fähig.

Tabelle 10: wirtschaftliche Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsanalyse

Kalkulation Abfallbiogasanlage Landkreis Karlsruhe		Annahmen	
Stand:	04.12.2022		
Allgemeine Annahmen			
	Zinssatz:	3,50 %	
	Laufzeit:	15 Jahre	
	Tilgungsfrei:	1 Jahre	
Personal			
	Mitarbeiter	5	
	Betriebsleiter	1	
Mobilien			
	Teleskoplader	1 Stck	
	Radlader	1 Stck	
Kostenansätze			
	Strom aus Netz	0,35 €/kWh	
	Strom von PV	0,08 €/kWh	
	Wärme	0,05 €/kWh	
	Diesel	1,50 €/l	
	Aktivkohle	6,00 €/kg	
	Aktivkohlebedarf	1,00 g/Nm ³	
	Aktivkohlebedarf	6.471 kg/a	
	Grundstückspacht	4,00 €/a	
	Entsorgungskosten Verpackung	127,34 €/t	
	Gärrestverwertung flüssig	10,61 €/t	
	Gärrestverwertung fest	21,22 €/t	
	Teleskoplader	1.485,69 €/Monat	
	Radlader	1.750,00 €/Monat	
	Betriebsleitung	84.896,64 €/a * MA	
	Mitarbeiter	47.754,36 €/a * MA	
Einnahmen		1,00	
	Biomethan	0,120 €/kWh	
	entgangenen Netznutzungsentgelte	0,007 €/kWh	
	Annahmeentgelt Biogut	50,00 €/t	
	Annahmeentgelt krautige Grüngut	15,00 €/t	
	Annahmeentgelt Reserve	40,00 €/t	
	Zertifikate Entgelt CO ₂	65,00 €/t	
	Entgelt CO ₂ -Abgabe an Händler	55,00 €/t	

Die verfahrenstechnischen Annahmen sind in der Tabelle 11 zusammengefasst. Von den Anlieferungsmengen werden die Störstoffe abgezogen, bevor der Biogasertrag inklusive Methananteil ermittelt wird.

Der Biogasertrag ist aufgrund des Aufschlusses durch eine Separationshammermühle deutlich höher, als in der Literatur angegeben wird, beruht aber auf Erfahrungswerten aus ähnlich konzipierten Anlagen.

Tabelle 11: verfahrenstechnische Annahmen

Mengen					
	Input in Abfallannahme			Störstoffanteil	
	Biogut LK Karlsruhe	15.000 t/a		7%	1050 t/a
	Grüngut, krautig, LK Karlsruhe	12.000 t/a		4%	480 t/a
	Grüngut, krautig Gemeinden	13.000 t/a		4%	520 t/a
	Grüngut, gemischt	5.000 t/a		4%	200 t/a
	Reserve	7.600 t/a		4%	304 t/a
	Input in Biogasanlage				
	Biogut LK Karlsruhe	13.950 t/a		60%	160 Nm ³ /t
	Grüngut, krautig, LK Karlsruhe	11.520 t/a		55%	110 Nm ³ /t
	Grüngut, krautig Gemeinden	12.480 t/a		55%	110 Nm ³ /t
	Grüngut, gemischt	4.800 t/a		52%	90 Nm ³ /t
	Reserve	7.296 t/a		60%	160 Nm ³ /t
	Wärme	3.262.016 kWh/a			
	Wasser	0 m ³ /a			
	Output als Gärprodukt				
	Störstoffe	2.554 t/a			
	Gärrest fest, vor Trocknung	16.740 t/a			
	Gärrest fest, nach Trocknung	8.241 t/a			
	Gärrest flüssig	31.962 t/a			
	erzeugte Energie				
	Biogas aus Biogut	2.232.000 Nm ³ /a			
	Biogas aus Grüngut	3.072.000 Nm ³ /1			
	Biogas aus Grüngutreserve	0 Nm ³ /a			
	NN	0 Nm ³ /t			
	NN	0 Nm ³ /t			
	Biogas aus Reserve	1.167.360 Nm ³ /t			
	Methangehalt im Durchschnitt	56,8%			
	Output Biogas je Jahr	6.471.360 m ³ /a			
	Output Biogas je Stunde	739 m ³ /h			
	Output BioMethan je Jahr	3.641.212 m ³ /a			
	Output Biomethan je Stunde	416 m ³ /h			
	Energieinhalt Biomethan je Jahr	40.271.803 kWh			
	Energieinhalt Biomethan je Stunde	4.597 kWh/h			
	Output CO ₂	2.830.148 m ³ /a			
	Output CO ₂	5.604 t/a			

5.2 Wirtschaftliche Kennzahlen

Die Investitionssumme beträgt nach der nachfolgenden Tabelle 13 25,7 Millionen Euro. In der Investitionssumme sind 1,7 Millionen Euro für „Unvorhergesehenes“ enthalten.

Das Grundstück wird nicht gekauft, da es sich im Besitz der Stadt Ettlingen befindet.

Tabelle 12: Investitionskostenaufstellung

Kalkulation Bioabfallvergärungsanlage Ettlingen				
Gesamtanlage				
Investitionen			25.706.276,49	
	Grundstückskauf			0,00 €
	Infrastruktur			2.449.590,00 €
	Annahme			2.993.241,08 €
	Biogasanlage			12.638.943,19 €
	Gärrestaufbereitung			766.995,19 €
	Biogasaufbereitungsanlage			5.547.507,03 €
	Planungs-/Genehmigungs und sonstige -Kosten			1.310.000,00 €
	Hiervon für Unvorhergesehenes			1.705.721,71 €

Der Gewinn wird in der statischen Kalkulation bei einem Umsatz von 7,29 Millionen € mit 1,274 Millionen € ausgewiesen.

Tabelle 13: Statische Kalkulation BAVA (GuV)

Kalkulation Bioabfallvergärungsanlage Ettlingen			
Gesamtanlage			
Gewinn- und Verlustrechnung			
Umsatz		7.290.943,20	7.290.943,20
	Biomethan		4.832.600,00
	entgangenen Netznutzungsentgelte		281.900,00
	Biogut LK Karlsruhe		750.000,00
	Grüngut, krautig, LK Karlsruhe		180.000,00
	Grüngut, krautig Gemeinden		195.000,00
	Grüngut, gemischt		75.000,00
	Reservemenge		304.000,00
	Vergütung CO ₂ (nur Zertifikaterlöse)		364.240,07
	Vergütung CO ₂ zur Abgabe		308.203,14
	Materialkosten		552.928,16
	Gärrestverbringung flüssig		339.200,00
	Gärrestverwertung (fest)		174.900,00
	Aktivkohle		38.828,16
	NN		0,00
Nettorohertrag		6.738.015,04	
	Betriebskosten		3.526.838,59
	Personalkosten		228.200,00
	Wartung, Reparatur		450.000,00
	Strom, Wasser, Diesel		1.609.000,00
	Entsorgungskosten Störstoffe		194.837,79
	Grundstückspacht		80.000,00
	Wärmeenergie		163.100,80
	Mineralstoffe		4.500,00
	Biologische Betreuung		30.000,00
	Verwaltung		120.000,00
	Umweltgutachter		4.500,00
	Sonstiges (Versicherung)		642.700,00
EBITDA		44,04	3.211.176,45
	Kapitalkosten		1.936.900,00
	AfA		1.487.000,00
	Zinsen		449.900,00
EBT		17,48	1.274.276,45

In der Tabelle 14 ist die dynamische Kalkulation über einen Zeitraum von 20 Jahren dargestellt.

In den ersten beiden Spalten ist die Höhe der Preisentwicklung dargestellt.

Die vermiedenen Netznutzungsentgelte werden nur über einen Zeitraum von 10 Jahre gewährt, daher die gelbe Markierung im 10ten Jahr.

Tabelle 14: Dynamische Kalkulation BAVA

Gewinn- und Verlustrechnung			2027	2031	2036	2041	2046	
			Jahr 1	Jahr 5	Jahr 10	Jahr 15	Jahr 20	Jahr 1 - 20
	Umsatz		7.290.943,20	7.666.585,06	8.168.304,55	8.426.719,67	9.008.974,09	8.105.498
1,0%		Biomethan	4.832.600,00	5.028.822,94	5.285.343,45	5.554.949,08	5.838.307,31	5.320.452
0,0%		entgangenen Netznutzungsentgelte	281.900,00	281.910,00	281.910,00	0,00	0,00	140.954
2,0%		Biogut LK Karlsruhe	750.000,00	811.824,12	896.319,43	989.609,07	1.092.608,38	911.151
2,0%		Grüngut, krautig, LK Karlsruhe	180.000,00	194.837,79	215.116,66	237.506,18	262.226,01	218.676
2,0%		Grüngut, krautig Gemeinden	195.000,00	211.074,27	233.043,05	257.298,36	284.078,18	236.899
2,0%		Grüngut, gemischt	75.000,00	81.182,41	89.631,94	98.960,91	109.260,84	91.115
2,0%		Reservemenge	304.000,00	329.059,38	363.308,14	401.121,54	442.870,60	369.320
2,0%		Vergütung CO ₂ (nur Zertifikaterlöse)	364.240,07	394.265,16	435.300,60	480.607,04	530.629,00	442.504
2,0%		Vergütung CO ₂ -Abgabe	308.203,14	333.608,99	368.331,28	406.667,49	448.993,77	374.426
	Materialkosten		552.928,16	598.507,22	660.800,33	729.576,96	805.511,92	671.735
		<i>Materialkosten in % von Umsatz</i>	<i>7,6%</i>	<i>7,8%</i>	<i>8,1%</i>	<i>8,7%</i>	<i>8,9%</i>	<i>8,3%</i>
2,0%		Gärrestverbringung flüssig	339.200,00	367.160,99	405.375,40	447.567,20	494.150,35	412.083
2,0%		Gärrestverwertung (fest)	174.900,00	189.317,38	209.021,69	230.776,84	254.796,27	212.480
2,0%		Aktivkohle	38.828,16	42.028,85	46.403,25	51.232,93	56.565,30	47.171
	Nettorohertrag		6.738.015,04	7.068.077,83	7.507.504,21	7.697.142,70	8.203.462,17	7.433.763
		<i>Nettorohertrag in % von Umsatz</i>	<i>92,4%</i>	<i>92,2%</i>	<i>91,9%</i>	<i>91,3%</i>	<i>91,1%</i>	<i>91,7%</i>
	Betriebskosten		3.324.338,59	3.480.261,81	3.752.349,83	4.059.648,27	4.409.219,34	3.810.854
		<i>Betriebskostenin % von Umsatz</i>	<i>45,6%</i>	<i>45,4%</i>	<i>45,9%</i>	<i>48,2%</i>	<i>48,9%</i>	<i>47,0%</i>
		<i>Personalkosten in % von Umsatz</i>	<i>3,1%</i>	<i>3,0%</i>	<i>3,1%</i>	<i>3,4%</i>	<i>3,5%</i>	<i>3,2%</i>
2,0%		Personalkosten	228.200,00	232.764,00	256.990,26	283.738,02	313.269,70	263.252
2,0%	5%	Wartung, Reparatur inklusive BGAA-Wartung	247.500,00	267.901,96	341.918,33	436.384,06	556.948,93	367.899
1,0%		Strom, Wasser, Diesel	1.609.000,00	1.674.331,85	1.759.739,60	1.849.504,01	1.943.847,30	1.774.429
1,0%		Entsorgungskosten Störstoffe	194.837,79	202.748,98	213.091,22	223.961,01	235.385,28	214.507
1,0%		Grundstückspacht	80.000,00	83.248,32	87.494,82	91.957,94	96.648,72	88.076
3,0%		Wärmeenergie Hackschnitzel	163.100,80	183.571,39	212.809,55	246.704,60	285.998,24	219.129
2,0%		Mineralstoffe	4.500,00	4.870,94	5.377,92	5.937,65	6.555,65	5.467
2,0%		Biologische Betreuung	30.000,00	32.472,96	35.852,78	39.584,36	43.704,34	36.446
1,0%		Verwaltungskosten	120.000,00	124.872,48	131.242,23	137.936,91	144.973,07	132.114
1,0%		Umweltgutachter	4.500,00	4.682,72	4.921,58	5.172,63	5.436,49	4.954
1,0%		Sonstiges (Versicherung)	642.700,00	668.796,20	702.911,52	738.767,08	776.451,62	707.581
	EBITDA		3.413.676,45	3.587.816,02	3.755.154,38	3.637.494,43	3.794.242,83	3.622.909
		<i>in % von Umsatz</i>	<i>46,8%</i>	<i>46,8%</i>	<i>46,0%</i>	<i>43,2%</i>	<i>42,1%</i>	<i>44,7%</i>
		AfA	1.487.000,00	1.487.000,00	1.487.000,00	1.487.000,00	1.487.000,00	1.487.000
	EBIT		1.926.676,45	2.100.816,02	2.268.154,38	2.150.494,43	2.307.242,83	2.135.909
		<i>in % von Umsatz</i>	<i>26,4%</i>	<i>27,4%</i>	<i>27,8%</i>	<i>25,5%</i>	<i>25,6%</i>	<i>26,4%</i>
		Darlehenszinsen Infrastruktur	85.471,93	57.275,00	22.028,85	0,00	0,00	0,00
		Darlehenszinsen Aufbereitung	92.603,37	62.670,97	25.255,47	0,00	0,00	0,00
		Darlehenszinsen Biogasanlage I	131.933,75	89.288,50	35.981,93	0,00	0,00	0,00
		Darlehenszinsen Biogasanlage II	95.063,37	66.633,21	31.095,50	0,00	0,00	0,00
		Darlehenszinsen Biogasanlage III	245.432,31	175.467,44	86.623,17	1.110,55	0,00	0,00
	EBT		1.276.171,72	1.649.480,90	2.067.169,47	2.149.383,88	2.307.242,83	1.906.700
		<i>in % von Umsatz</i>	<i>17,5%</i>	<i>21,5%</i>	<i>25,3%</i>	<i>25,5%</i>	<i>25,6%</i>	<i>23,5%</i>
	Tax		96.995,66	527.833,89	661.494,23	687.802,84	738.317,71	594.575
	PAT		1.179.176,06	1.121.647,01	1.405.675,24	1.461.581,04	1.568.925,12	1.312.125

5.3 Sensitivitäten

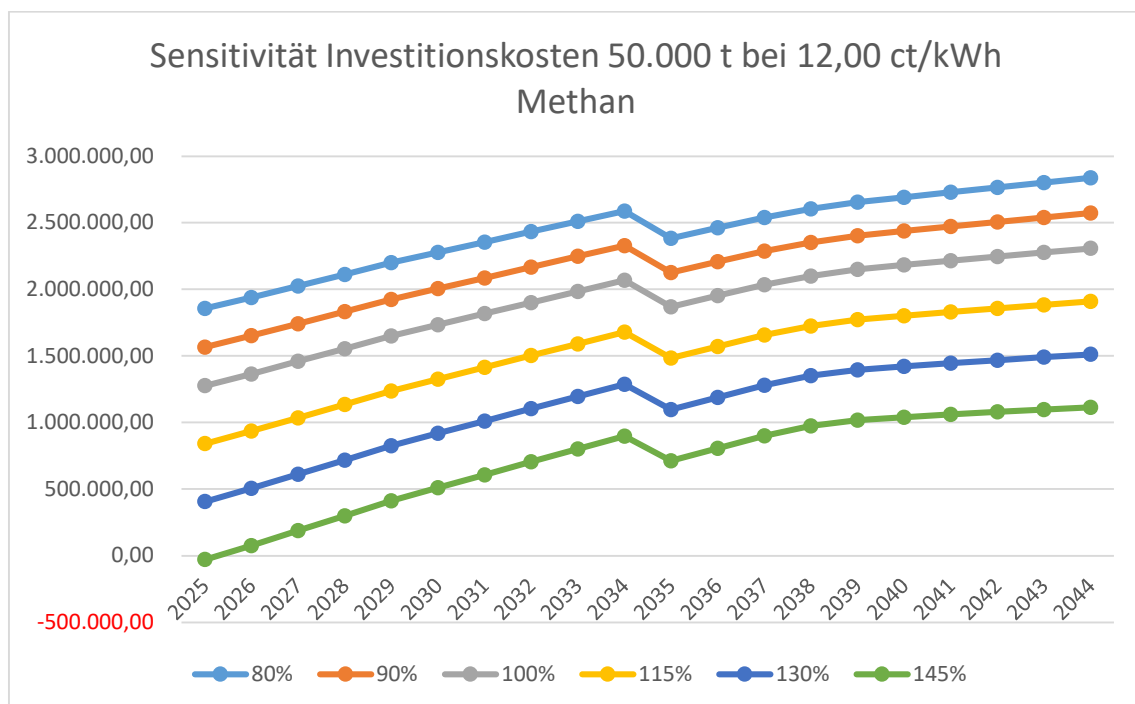
Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für den Standort Ettlingen sind unterschiedliche Sensitivitäten betrachtet worden. Betrachtet worden sind:

- Sensitivität Investitionskosten
- Sensitivität Annahmeentgelte
- Sensitivität Annahmengen
- Sensitivität Methanentgelt

In allen Sensitivitätsgrafiken ist der Gewinnrückgang nach dem 10ten Betriebsjahr durch Wegfall der vermiedenen Netznutzungsentgelte zu erkennen.

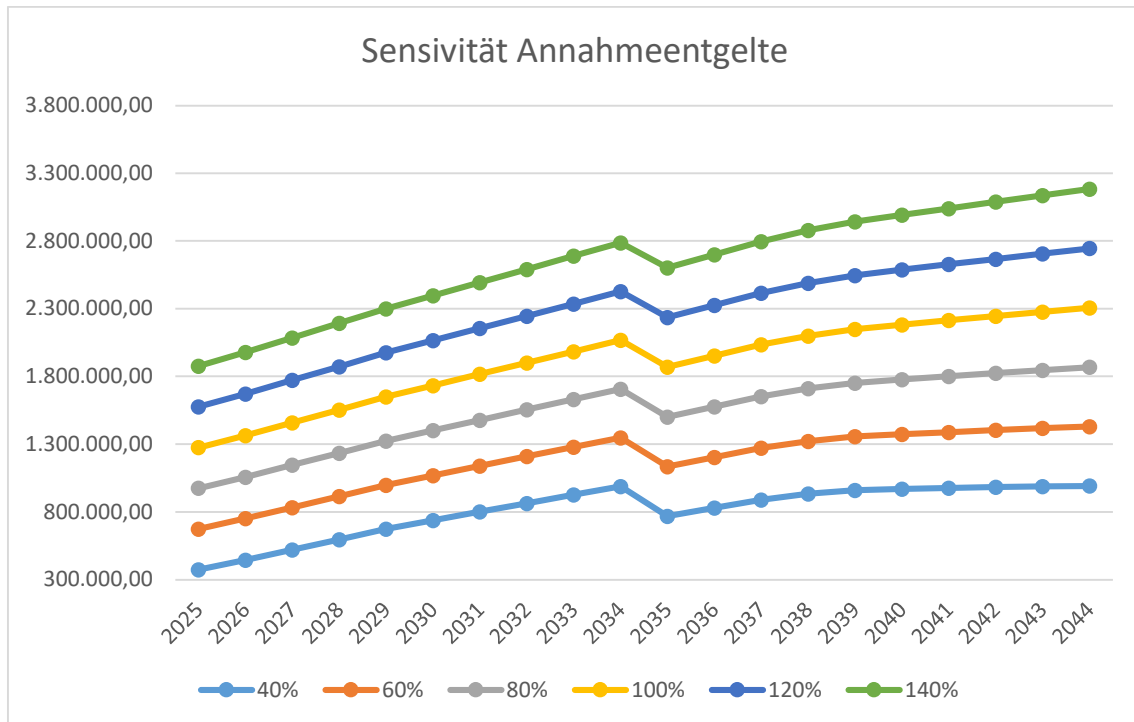
In der Grafik 5 ist dargestellt, welche Auswirkungen niedrigere oder höhere Investitionskosten auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes hat. Es ist nachvollziehbar, dass niedrigere Investitionskosten auch positive Auswirkungen auf das Betriebsergebnis haben und höhere eben negative. Betrachtet worden ist eine Spanne von 80 % der Investitionskosten gemäß der Annahmen aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bis hin zu 145 %. Selbst bei Mehrkosten von 45 % kann noch eine positive Wirtschaftlichkeit erreicht werden.

Grafik 5: Sensitivität Investitionskosten

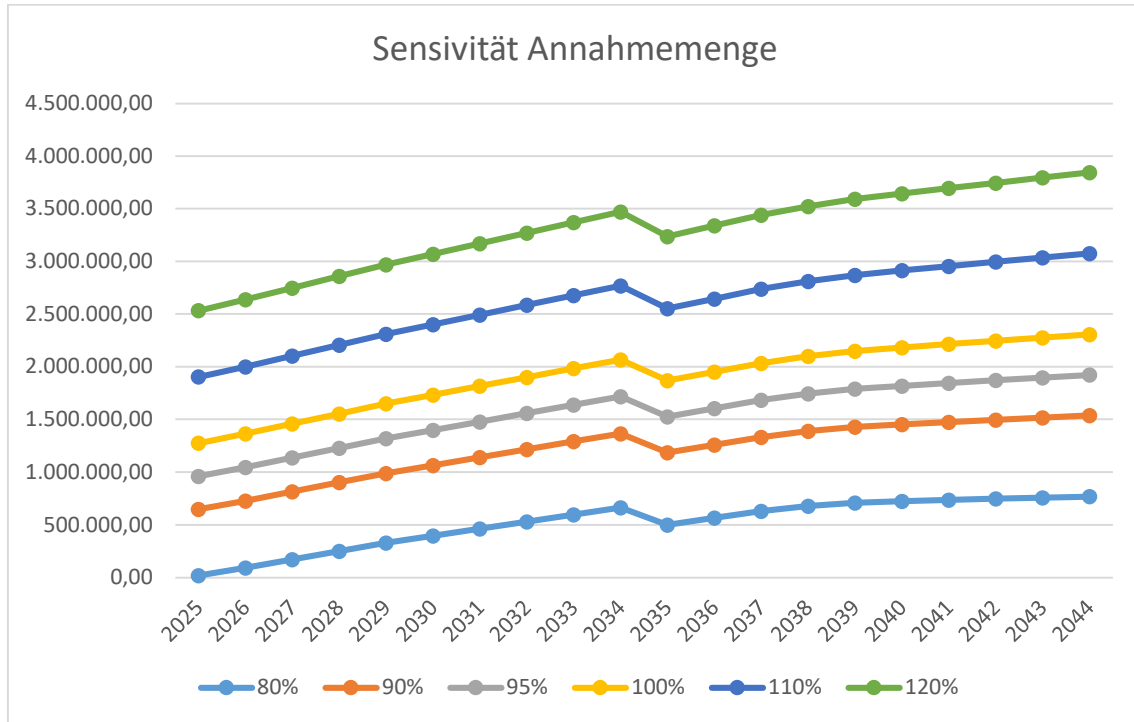


In der Grafik 6 werden die Annahmementgelte über alle Inputsubstrate bewertet. Sollten die schon niedrig angesetzten Substratpreise auf 40 % der angesetzten Entgelt fallen, ist immer noch ein positives Ergebnis möglich.

Grafik 6: Sensitivität Annahmementgelte

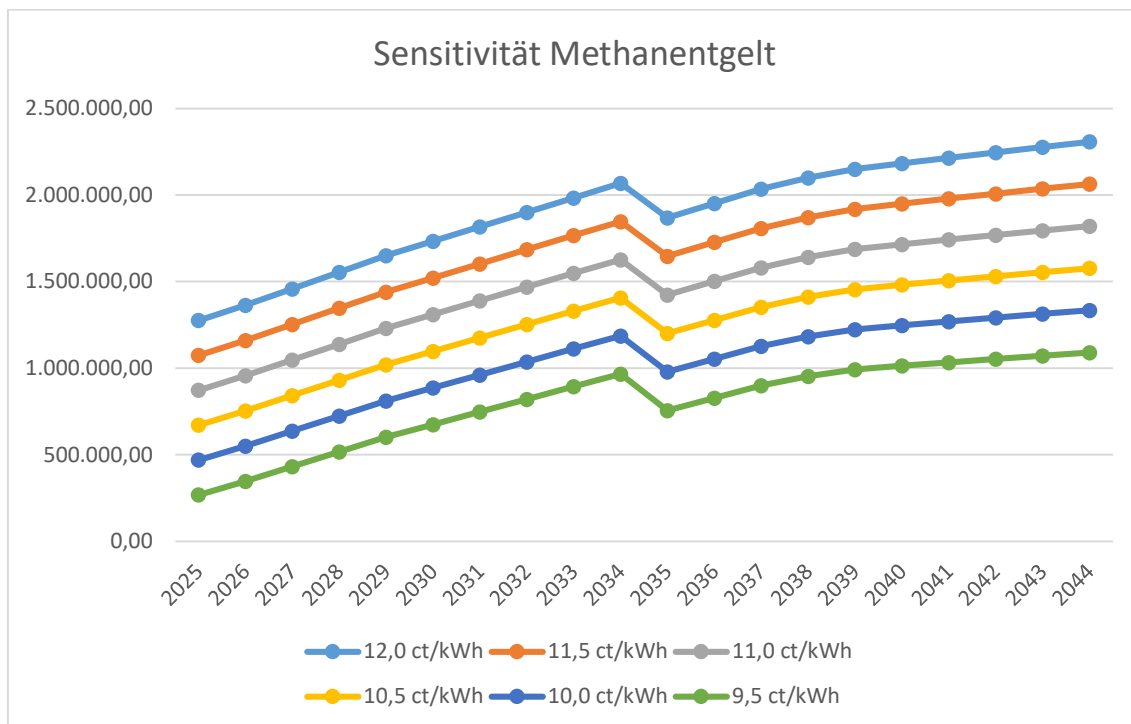


In der Grafik 7 wird die wirtschaftliche Abhängigkeit von der Annahmemenge dargestellt. Die BAVA kann auch mit weniger Menge als mit 80 % betrieben werden. Die Grenze von 80 % ist gewählt worden, da zumindest im ersten Betriebsjahr nur ein sehr geringes Ergebnis erzielt werden kann. Die 120 % stellt die technische Machbarkeit der Biogasanlage dar. Die Fermentergrößen und insbesondere die Biogasaufbereitungsanlage werden auf die Nennmenge abgestimmt mit einer gewissen Reserve.

Grafik 7: Sensitivität Annahmemenge

Wichtigste Einnahmequelle ist der Verkauf des Biomethans. Kalkuliert ist mit einem Abgabentgelt von 12,00 ct/kWh. Dies ist für abfallstammiges BioMethan ein aktuell üblicher Marktwert und kann auch über 10 bis 15 Jahren vertraglich abgesichert werden.

Selbst wenn der Wert auf 9,5 ct/kWh fallen würde, bleibt die BAVA wirtschaftlich.

Grafik 8: Sensitivität Methanentgelt

6 Zusammenfassung

Zunächst sind die einzelnen Verfahren beschrieben und miteinander verglichen worden. Der Konzeptvorschlag beruht auf der klassischen Nassfermentation mit sogenannten Rührwerksbehältern. Bedingt durch die verschärften Anforderungen an die Störstofffreiheit der landwirtschaftlich genutzten Gärprodukte muss besonderer Augenmerk auf die Störstoffabtrennung gelegt werden.

Die in der kleinen Novelle der BioAbfV genannten neuen Werte für die Störstoffe, die im Input der Biogasanlage vorhanden sein dürfen, haben die Überlegungen für eine vorge-schaltete nasse Aufbereitung der biologischen Abfälle noch unterstützt. Bei Anlieferung der Abfälle hat der Betreiber der Biogasanlage zu kontrollieren, ob der Kontrollwert an Störstoffen überschritten wird oder nicht. Sollte dies der Fall sein, so muss eine Störstoffentfrachtung vor Einbringen des Substrates in die Fermentation erfolgen und der Erfolg kontrolliert werden.

Durch die gewählte „nasse“ Aufbereitung der biologischen Abfälle wird der Trockensubstanzgehalt auf etwa 16 % bis maximal 20 % eingestellt. Ein Pfropfenstromverfahren benötigt aber bei Eintritt in den Fermenter einen Trockensubstanzgehalt von mindestens 30 %.

Ein weiterer Vorteil der nassen Aufbereitung mittels einer Separationshammermühle ist der gute Substrataufschluss. Der zu erwartende Biogasertrag bezogen auf die angelieferte Tonne Frischmasse (Originalsubstratmenge) ist deutlich höher.

Der BAVA nachgeschaltet ist eine Biogasaufbereitungsanlage mit einer zusätzlichen CO₂-Verflüssigungsanlage. Durch die CO₂-Verflüssigungsanlage wird die Methanausbeute aus dem Biogas auf 99,9 % erhöht, da der BGAA die Verunreinigungen aus der CO₂-Aufbereitung wieder zugegeben wird.

Die Gärproduktlager werden mit dem Schwachgas aus der BGAA geflutet. Die CO₂-Verflüssigungsanlage bezieht das Schwachgas aus den Gärproduktlagern. In den Gärproduktlagern findet immer noch eine Restentgasung statt, daher auch die Forderung im EEG nach 150 Tagen Verweilzeit der Gärsubstrate unter Dach. Auch dieses Methan wird der BGAA über die CO₂-Aufbereitung wieder zugeführt und gelangt ebenfalls in das Erdgasnetz.

Die benötigte Wärme in der BAVA kann über alternative Heizsysteme wie einen Drehrohrofen mit nachgeschaltetem Wärmepufferspeicher erzeugt werden.

Das in das Erdgasnetz eingespeiste BioMethan kann im Erdgasnetz gespeichert werden, bis es bedarfsgerecht entnommen wird. Das BioMethan kann externe BHKW befeuern, an Erdgastankstellen als Kraftstoff für PKW oder LKW entnommen werden oder als grünes Gas für sonstige Zwecke vermarktet werden.

Nach Rücksprache mit dem Regionalverband Mittlerer Oberrhein sind eine Reihe von potentiellen Grundstücken für die Errichtung der BAVA entfallen, da Planungsrecht nicht hergestellt werden konnte. Planungsrecht kann am Standort Ettlingen aus Sicht des Regionalverbandes mittlerer Oberrhein hergestellt werden.

Es ist dargestellt worden, warum der Standort Ettlingen grundsätzlich für die Errichtung einer BAVA geeignet erscheint. Beim Grüngut hat der Standort einen großen logistischen Vorteil, da die Stadt Ettlingen selbst schon über 7.500 t verfügt, die auch heute schon am Standort gesammelt werden.

Beim Biogut fallen die größeren Mengen im Nordkreis an. Die Anlieferung erfolgt entweder durch die Stadt Karlsruhe oder über die Bundesautobahn A5. Mindestens in der Hauptverkehrszeit muss mit längeren Staus auf den Zuwegungen gerechnet werden. Eine Anlieferung mit den Sammelfahrzeugen aus dem Nordkreis erscheint nicht sinnvoll, ein Umschlag der Mengen müsste durch den Abfallwirtschaftsbetrieb des Landkreises Karlsruhe erfolgen.

Es gibt neben den kommunalen biologischen Abfällen noch eine Reihe von anderweitigen abfallstämmigen Substraten, die ebenfalls in einer BAVA verarbeitet werden könnten. Als größtes Potential ist hierbei Pferdemit zu benennen.

Wie der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und den zugehörigen Sensitivitäten entnommen werden kann, ist der Bau und Betrieb einer BAVA in Ettlingen sinnvoll. Die möglichen Risiken sind in den Sensitivitäten betrachtet worden. Die Risiken sind mit

fortschreitender Planung einer BAVA ständig weiter zu kontrollieren und die Wirtschaftlichkeit dem jeweiligen Planungsstand anzupassen ist.

Es ist in der Ausarbeitung dargestellt worden, dass vor allem die Nutzung des Grüngutes das größte Potential zur zusätzlichen Kaskadennutzung gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetzes hat. Der seit 2021 erfasste Bioabfall wird auch heute schon in Biogasanlagen außerhalb des Kreisgebietes verbracht.

Nörvenich, im Dezember 2022

UMS Unterberg GmbH

Leonhard Unterberg