

# **Biogut-Hof**

## **Errichtung und Betrieb einer Vergärungs- und Kompostierungsanlage am Standort des Abfallwirtschaftszentrums „Auf dem Scheid“ in Niederzissen**

### **Kurzbericht zur Vorplanung ohne Anlagen**

Auftraggeber: Landkreis Ahrweiler  
Wilhelmstraße 24-30  
53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler  
Fon +49 2641 975-0



Erstellt durch: pbo Ingenieurgesellschaft mbH  
Alfonsstraße 44  
52070 Aachen  
Fon +49 241 978 89 0



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Einleitung und Aufgabenstellung	1
1.2	Standort	3
1.3	Planungsgrundlagen	3
<b>2</b>	<b>Rahmenbedingungen</b>	<b>5</b>
2.1	Rechtlicher Rahmen	5
2.2	Konzept der Vorplanung	6
2.3	Folgenutzung von Gebäuden	9
2.4	Flächeninanspruchnahme	10
2.5	Bioabfallmengen und -qualitäten	10
<b>3</b>	<b>Anlagen- und Verfahrenstechnik</b>	<b>14</b>
3.1	Annahmebereich	14
3.2	Lagerbereiche Logistikhalle	14
3.2.1	Vorlagebunker Variante Pfropfenstromfermentation	14
3.2.2	Vorlagebunker Variante Perkulationsfermentation	14
3.3	Voraufbereitung	14
3.4	Vergärung	14
3.4.1	Pfropfenstromfermentation	14
3.4.2	Perkulationsfermentation	14
3.5	Misch- und Eintragssystem	14
3.6	Tunnelkompostierung	14
3.6.1	Auslegung Tunnelkompostierung	14
3.6.2	Belüftung	14
3.6.3	Bewässerung	14
3.7	Feinaufbereitung	14
3.7.1	Auswahl Klassiertechnik	14
3.7.2	Auswahl Sortiertechnik	14
3.8	Abluftbehandlungskonzept	14
3.8.1	Abluftvolumenstrom	14

3.8.2	Saurer Wäscher	14
3.8.3	Biofilter	14
3.9	Lagerflächen	14
3.10	Biogasverwertung	14
3.10.1	Biogasspeicher	15
3.10.2	Biogasentschwefelung und -konditionierung	15
3.10.3	Biogasverstromung	15
3.10.4	Biomethanaufbereitung	15
3.11	Wärmegestehung	15
3.11.1	Gaskessel	15
3.11.2	Biomassekessel	15
3.12	Havarie-Konzept	15
3.13	Elektrotechnische Ausrüstung	15
3.13.1	Anschluss an die elektrische Energieversorgung	15
3.13.2	Mittelspannungsanlage	15
3.13.3	Transformator	15
3.13.4	Niederspannungs-Schaltanlagen der Verfahrens- und Gebäudetechnik	15
3.13.5	Blindstrom-Kompensationsanlage	15
3.13.6	Motorabgänge und Antriebe	15
3.13.7	Frequenzumrichter	15
3.13.8	Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	15
3.13.9	Visualisierungssysteme	15
3.13.10	Not-Halt- / Not-Aus-System	15
3.13.11	Beleuchtung	15
3.13.12	Steckdosen-Kombinationen	15
3.13.13	Potentialausgleich und Blitzschutz	16
3.13.14	Überspannungsschutz	16
3.13.15	Brandmeldeanlage	16
3.14	Standortlayout	16
<b>4</b>	<b>Bautechnik</b>	<b>17</b>
4.1	Statik	17
4.2	Hochbau	17
4.2.1	Anlieferhalle Variante 1+3	17

4.2.2	Anliefer- und Feinaufbereitungshalle Variante 2+4	17
4.2.3	Bunkerhalle Variante 1+3	17
4.2.4	Kompostierungsanlage Variante 1+3	17
4.2.5	Kompostierungsanlage Variante 2+4	17
4.2.6	Vergärungsstufe Variante 1+3	17
4.2.7	Vergärungsstufe Variante 2+4	17
4.2.8	Biogasspeicher Variante 1+3	17
4.2.9	Perkolatspeicher Variante 2+4	17
4.2.10	Biogasaufbereitung	17
4.2.11	Gasverwertung: Blockheizkraftwerke oder Biomethanaufbereitung	17
4.2.12	Wärmecontainer	17
4.2.13	Ammoniumsulfatbehälter	17
4.2.14	Schwefelsäurebehälter	17
4.2.15	Abfüllplatz	17
4.2.16	Schaltraum	17
4.2.17	Warte	17
4.2.18	WC- Container	17
4.2.19	MS-Schalträume und Trafostationen	18
4.2.20	Überdachte Kompostlager	18
4.3	Infrastruktur, Tiefbau	18
4.3.1	Strom, Wasser, Telekommunikation, Datenaustausch	18
4.3.2	Infrastruktur	18
4.3.3	Standortentwässerung	18
4.3.4	AwSV	18
<b>5</b>	<b>Erweiterte Kostenbetrachtung - Kostenschätzung</b>	<b>19</b>
5.1	Investitionskostenschätzung	19
5.2	Statische Betriebskostenschätzung	21
5.3	Sensitivitäten	22
<b>6</b>	<b>Ökologie</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Nutzwertanalyse und Empfehlung</b>	<b>32</b>
7.1	Fermentertechnik	32
7.2	Gasnutzung	35



## **Anlagenverzeichnis**

- Anlage 1 Lastenheft Stand 13.12.2023
- Anlage 2 Kostenschätzung Stand 06.12.2023
- Anlage 3 Zeichnungen Stand 06.12.2023
- Anlage 4 Vorstatik KempenKrause

## Zeichnungen

Zeichnung	Maßstab	Zeichnungs-Nr.
Übersichtslageplan TK 25	1:25.000	P23-013-2-L-01
Lageplan Bestand und Rückbau	1:500	P23-013-2-L-02
<u>Variante 1 und 3 – Pfpfenstromfermentation</u>		
Lageplan Standortlayout V1 und V3	1:500	P23-013-2-L-03
Lageplan Infrastruktur V1 und V3	1:500	P23-013-2-L-04
Anlieferhalle und Biofilter – Grundriss und Schnitt	1:250	P23-013-2-GS-05
Anlieferhalle und Biofilter – Ansichten	1:250	P23-013-2-A-06
Kompostierungsanlage - Grundriss	1:250	P23-013-2-G-07
Kompostierungsanlage - Gebäudeschnitte	1:250	P23-013-2-S-08
Kompostierungsanlage – Ansichten	1:250	P23-013-2-A-09
Anlagentechnik – Schnitte A1 bis A4 (Bereich Kompostierungsanlage)	1:100	P23-013-2-S-10
Anlagentechnik – Schnitte A5 bis A6 (Bereich Kompostierungsanlage)	1:100	P23-013-2-S-11
Anlagentechnik – Schnitte A7 und A10 (Bereich Kompostierungsanlage)	1:100	P23-013-2-S-12
Anlagentechnik – Schnitte A8 bis A9 (Bereich Anlieferhalle)	1:100	P23-013-2-S-13
Überdachtes Kompostlager 1 – Grundriss, Schnitte und Ansichten	1:100	P23-013-2-GSA-14
Überdachtes Kompostlager 2 – Grundriss, Schnitte und Ansichten	1:100	P23-013-2-GSA-15
<u>Variante 2 und 4 – Perkolationsfermentation</u>		
Lageplan Standortlayout V2 und V4	1:500	P23-013-2-L-16
Lageplan Infrastruktur V2 und V4	1:500	P23-013-2-L-17
Anliefer- / Feinaufbereitungshalle – Grundriss und Schnitt	1:250	P23-013-2-GS-18
Anliefer- / Feinaufbereitungshalle – Ansichten	1:250	P23-013-2-A-19
Kompostierungsanlage - Grundriss	1:250	P23-013-2-G-20
Kompostierungsanlage - Gebäudeschnitte	1:250	P23-013-2-S-21
Kompostierungsanlage – Ansichten	1:250	P23-013-2-A-22
Anlagentechnik – Schnitte A1 bis A5 und A11 (Bereich Kompostierungsanlage)	1:100	P23-013-2-S-23
Anlagentechnik – Schnitte A6 und A10 (Bereich Anlieferhalle)	1:100	P23-013-2-S-24
Überdachtes Kompostlager 1 – Grundriss, Schnitte und Ansichten	1:100	P23-013-2-GSA-25
Überdachtes Kompostlager 2 – Grundriss, Schnitte und Ansichten	1:100	P23-013-2-GSA-26
<u>Fließbilder</u>		
Variante 1 und 3	ohne	P23-013-2-F-27
Variante 2 und 4	ohne	P23-013-2-F-28

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standort AWB Ahrweiler	1
Abbildung 2: Luftbild Standort „Auf dem Scheid“	3
Abbildung 3: Überblick Varianten Kapazität	6
Abbildung 4: Überblick Varianten Fermentertechnik	7
Abbildung 5: Überblick Varianten	8
Abbildung 6: Variantenübersicht	9
Abbildung 7: Anlieferdaten Ahrweiler 2022 hochskaliert auf 30.000 t/a	11
Abbildung 8: Anlieferdaten Ahrweiler 2022 hochskaliert auf 48.000 t/a	11
Abbildung 9: Gasbildungsraten und Methangehalte Ahrweiler	12
Abbildung 10: TS- und oTS-Gehalte Ahrweiler	13
Abbildung 11: Sensitivität Investitionskosten Variante 1 (Pfropfenstromfermentation klein)	24
Abbildung 12: Sensitivität Investitionskosten Variante 3 (Pfropfenstromfermentation groß)	24
Abbildung 13: Sensitivität Zinsen	25
Abbildung 14: Sensitivität Materialkosten	25
Abbildung 15: Sensitivität Personal	26
Abbildung 16: Sensitivität Gasertrag	26
Abbildung 17: Sensitivität Fermenterinput	27
Abbildung 18: Sensitivität Stromverbrauch	28
Abbildung 19: Sensitivität Strompreis	28
Abbildung 20: Sensitivität Anlagenkapazität	29
Abbildung 21: Sensitivität Vergütung Biomethan	30



## Tabellenverzeichnis

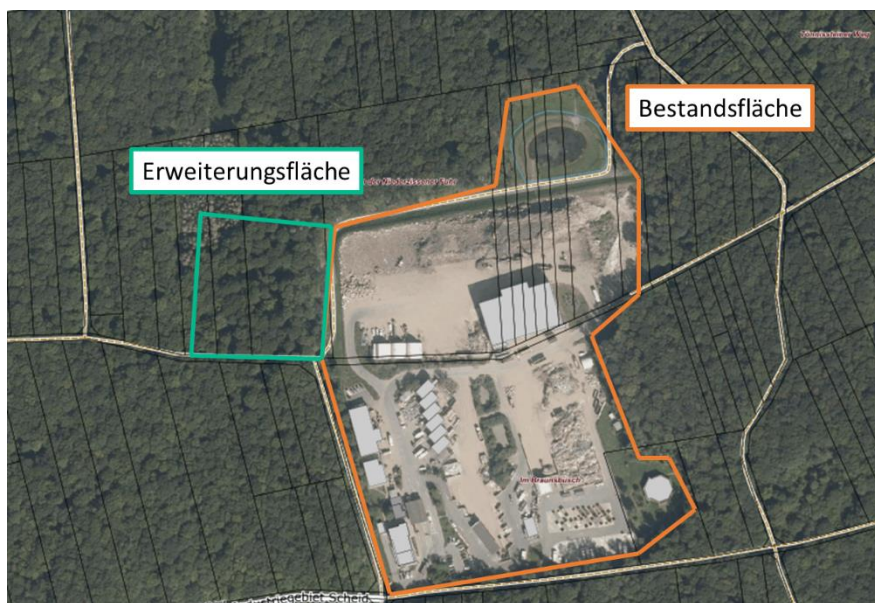
Tabelle 1: Investitionskosten Variantenübersicht	20
Tabelle 2: Betriebskosten Variantenübersicht	22
Tabelle 3: global warming potential (GWP) der Gasnutzungsvarianten	31
Tabelle 4: Entscheidungsfindung Investitionskosten	32
Tabelle 5: Entscheidungsfindung Betriebskosten	33
Tabelle 6: Entscheidungsfindung Anlagenhandling/Betriebssicherheit	34
Tabelle 7: Entscheidungsfindung Gasertrag	34
Tabelle 8: Entscheidungsfindung Sonstiges	35
Tabelle 9: Entscheidungsfindung Ergebnis	35
Tabelle 10: Entscheidungsfindung Investitionskosten Gasnutzung	36
Tabelle 11: Entscheidungsfindung Betriebskosten Gasnutzung	36
Tabelle 12: Entscheidungsfindung Anlagenhandling Gasnutzung	37
Tabelle 13: Entscheidungsfindung Ökologie Gasnutzung	37
Tabelle 14: Entscheidungsfindung Ergebnis Gasnutzung	37

## 1 Einleitung

### 1.1 Einleitung und Aufgabenstellung

Der Abfallwirtschaftsbetrieb Landkreis Ahrweiler (AWB) beabsichtigt die Errichtung einer Vergärungs- und Kompostierungsanlage am Standort des Abfallwirtschaftszentrums „Auf dem Scheid“ in Niederzissen, auf dem Bioabfälle bisher umgeschlagen und nicht vor Ort verwertet werden. Weiterhin soll eine neue Verladehalle inkl. einer neuen Havariefläche auf dem Standort errichtet werden, die die bisherige, abgebrannte Verladehalle ersetzen soll. Beide neu zu errichtenden Anlagen sollen im Norden der bestehenden Anlagenfläche errichtet werden. Hierfür ist eine Erschließung des Geländes durch Roden von Teilen des westlich angrenzenden Waldes notwendig. In der nachfolgenden Abbildung 1 wird dies veranschaulicht.

Die Neuerrichtung der Verladehalle sowie die Planung von LKW-Ladesäulen und Parkflächen werden in einem separaten Vorplanungsbericht bearbeitet.



**Abbildung 1: Standort AWB Ahrweiler**

In der neuen Vergärungs- und Kompostierungsanlage, sollen Bioabfälle vergoren und anschließend zu einem hochwertigen Kompost verarbeitet werden. Die neue Vergärungs- und Kompostierungsanlage kann pro Jahr bis zu 52.000 Mg Bioabfall verwerten, wobei das tatsächliche Abfallaufkommen zu diesem Zeitpunkt noch nicht abschließend geklärt ist. Durch diese Situation ergeben sich hinsichtlich der Bioabfallmengen unterschiedliche Varianten der Anlagengröße.

So werden Varianten geprüft, die ca. 30.000-52.000 Tonnen pro Jahr verwerten können. Diese Mengen stammen vorrangig aus dem Landkreis Ahrweiler und Partnern des

Zweckverbands Rheinische Entsorgungskooperation (REK), in dem der Kreis Ahrweiler Mitglied ist.

Die Verwertung der momentan und der in Zukunft im Einzugsgebiet der Anlage anfallenden Bioabfallmengen wäre somit sichergestellt.

Neben den Varianten der jährlich aufkommenden Bioabfallmengen stehen außerdem verschiedene technische Optionen der Vergärung zur Auswahl.

So werden zunächst in der Vorplanung zwei verschiedene Fermentertypen betrachtet. Hier stehen die Pfropfenstrom- und die Boxen-Fermentation als Optionen zur Verfügung. Darüber hinaus werden zwei Varianten der Gasnutzung unterschieden – die Verstromung des entstehenden Biogases in Blockheizkraftwerken oder die Aufbereitung des Biogases zu Biomethan mit anschließender Einspeisung in das Erdgasnetz.

Ein Teil der angelieferten Bioabfälle wird der Vergärungsstufe zugeführt, die aus diesem über mikrobielle Prozesse Biogas erzeugt, während der dabei anfallende Gärrest zusammen mit dem restlichen Teil des Bioabfalls der Kompostierungsstufe zugeführt und zu einem hochwertigen Kompost verarbeitet wird. Der Kompostierungsprozess findet in geschlossenen Kompostierungstunneln statt, die technisch belüftet und bewässert werden können.

Die für diese Prozesse benötigte Wärme wird je nach gewählter Gasnutzung entweder durch die Abwärme der Blockheizkraftwerke oder über eine neu zu errichtende Heizkesselanlage erzeugt. Die Heizkesselanlage kann in Form eines Gas- oder eines Biomassekessels errichtet werden.

Weiterhin wird es erforderlich sein, auf der Erweiterungsfläche des Standorts eine Verladehalle für Siedlungsabfälle zu errichten.

Das bereits bestehende Kompostwerk zur Verwertung von Grünabfällen ist von den Planungen unberührt und soll weiter unverändert betrieben werden. Auch kann die bestehende Infrastruktur, wie die Eingangskontrolle, Zugangsstraßen oder Büro- und Sozialeinrichtungen, weiterhin benutzt werden und es bedarf keiner Anpassungen. Die verkehrstechnische Anbindung ist dabei konzeptionell und bautechnisch vorhanden.

Im Rahmen der Vorplanung wurden durch die pbo Ingenieurgesellschaft mbH (pbo) ökonomisch und ökologisch sinnvolle Standortkonzepte entwickelt, die eine Integration einer Vergärungsstufe mit anschließender Kompostierung ermöglichen unter der Prämisse, den Anfall flüssiger Gärreste zu vermeiden. Die untersuchten Anlagenkonstellationen wurden einer wirtschaftlichen Betrachtung mit Angabe der Investitions- und Betriebskosten unterzogen.

## 1.2 Standort

Auf dem Betriebsgelände Niederzissen „Auf dem Scheid“, 53498 Gönnersdorf befindet sich das Abfallwirtschaftszentrum (AWZ), das sich im Besitz des AWB Ahrweiler befindet und selbst betrieben wird.



**Abbildung 2: Luftbild Standort „Auf dem Scheid“**

Das Grundstück, Gemarkung Gönnersdorf Flur 3, Nr. 21 - 29 und das Grundstück, Gemarkung Waldorf Flur 6, Nr. 283, 284 stehen für die Vergärungs- und Kompostierungsanlage zur Verfügung.

Zurzeit befindet sich auf dem Bestandsgelände die Grüngutkompostierung, die unverändert weiter betrieben werden soll. Damit einher geht die weitere Nutzung bestehender Infrastruktureinrichtungen, wie z. B. die Waage und die Zufahrtsstraße sowie der Kleinanliefererplatz. Die verkehrstechnische Anbindung ist konzeptionell und bautechnisch vorhanden und wird weitergenutzt.

Für die Erweiterung des Standorts ist die Rodung von circa einem Hektar des im Nordwesten angrenzenden Waldes notwendig.

## 1.3 Planungsgrundlagen

Unter Planungsgrundlagen sind sowohl alle Informationen zu verstehen, die der Bauherr dem Planer zur Verfügung gestellt hat, als auch solche Auskünfte, die von pbo eingeholt wurden oder noch eingeholt werden.

Vom Auftraggeber hat pbo u. a. Bestandspläne (soweit diese vorliegen) und alte Genehmigungen sowie Gutachten des Standorts erhalten, aber auch Auslegungsparameter für die Bioabfallvergärungsanlage, wie z. B. tagesscharfe Abfallanlieferungsmengen sowie

die für die Anlagenauslegung erforderlichen Betriebskostenparameter bestätigt bekommen.  
pbo hat u. a. die aktuellen planungsrechtlichen Grundlagen erfragt.  
Alle Planungsgrundlagen sind in einem Lastenheft (Stand 05.09.2023) zusammengefasst,  
das diesem Bericht als Anlage 1 beigefügt ist.

## 2 Rahmenbedingungen

### 2.1 Rechtlicher Rahmen

Bei der Planung wurde der zum Zeitpunkt der Planung geltende rechtliche Rahmen berücksichtigt. Es ist zu beachten, dass in den letzten Jahren rechtliche Neuerungen in Kraft getreten sind, welche die Planungsbasis für Bio- und Grünabfallbehandlungsanlagen in einzelnen Punkten nennenswert geändert haben. Eine beispielhafte Auswahl der wichtigsten Gesetze ist nachfolgend genannt:

#### Bioabfallverordnung (BioAbfV)

Die BioAbfV gibt als Ziel für die Verwertung von Bio- und Grünabfällen die Erzeugung eines Düngemittels (Kompost) vor. Für den Betrieb solcher Anlagen werden u. a. Anforderungen an die Hygienisierung formuliert. Weiterhin werden Grenzwerte für Schad- und Fremdstoffe in den Düngemitteln definiert. Weiterhin werden zusätzliche Anforderungen u. a. an Fremdstoffgehalte des Inputs der biologischen Stufe formuliert.

#### Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Das BImSchG dient dem Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen. Hier werden u. a. die Anforderungen an die Genehmigung einer Vergärungs- und Kompostierungsanlage geregelt. Aus den dazugehörigen Verordnungen (z. B. 4. BImSchV) ergibt sich, dass die geplante Anlage eine Anlage nach Industrieemissionsrichtlinie (IED) ist. Damit sind die BVT-Merkblätter zu beachten sowie ein Ausgangszustandsbericht (AZB) zu erstellen.

#### Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft)

Diese Verwaltungsvorschrift zum BImSchG regelt die Luftreinhaltung. Es werden u. a. Anforderungen an Abluftgrenzwerte, Emissionsmessungen sowie an die bauliche und betriebliche Gestaltung der Anlagen formuliert.

#### Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)

Die Verordnung zum Wasserhaushaltsgesetz (WHG) stellt Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen. Hierzu zählen seit der Neufassung von 2017 auch alle Abfälle. Es werden u. a. Anforderungen für die bauliche Gestaltung von Flächen, Behältern und Rohrleitungen sowie zu deren Prüfung und Überwachung gestellt.

#### Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das Gesetz dient dem Ausbau erneuerbarer Energien und regelt die Förderung für die Einspeisung elektrischer Energie. Für Biogasanlagen mit einer BHKW-Verstromung sind

daher Anforderungen u. a. an die Auslegung der Verbrennungsmotoren und der Gasspeicher zu beachten. Hierzu ist 2023 eine novellierte Fassung in Kraft getreten.

### Sonstige Anforderungen

Bei den bautechnischen Anlagen ergeben sich Anforderungen u. a. aus der Landesbauordnung Rheinland-Pfalz und der Industriebau-Richtlinie. Die bautechnischen und maschinentechnischen Anlagen sind weiterhin in zahlreichen Normen nach z. B. DIN, VdS, VDE und DGUV geregelt. Es werden arbeitsschutzrechtliche Belange u. a. nach den Arbeitsschutzrichtlinien (ASR) und der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) beachtet.

## 2.2 Konzept der Vorplanung

### Konzept Bioabfallmengen:

Bei der Entwicklung des Gesamtstandortkonzeptes wurden in einem ersten Schritt die anfallenden Bioabfallmengen betrachtet. Im ersten Szenario fallen etwa 30.000 Tonnen pro Jahr an. Hierbei handelt es sich um Mengen aus dem Landkreis Ahrweiler und aus dem Kreis Siegburg, die als gesichert gelten. Im zweiten Szenario kommen weitere Bioabfallmengen von einem oder zwei Kooperationspartnern (Rhein-Lahn Kreis und Neuwied) hinzu, sodass die insgesamt anfallenden Mengen bei einer zweiten Mengenvariante auf ca. 48.000 Tonnen jährlich ansteigen.

Da die tatsächlich anfallenden Mengen noch nicht abschließend geklärt sind, wurden dementsprechend im Rahmen der Vorplanung zwei Varianten entwickelt, die eine Durchsatzkapazität von 30.000 beziehungsweise 48.000 Tonnen pro Jahr aufweisen. Dies wird in der folgenden Abbildung 3 veranschaulicht.

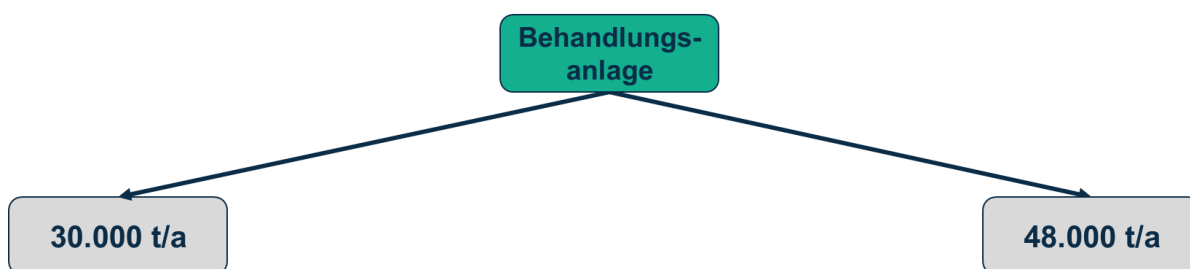


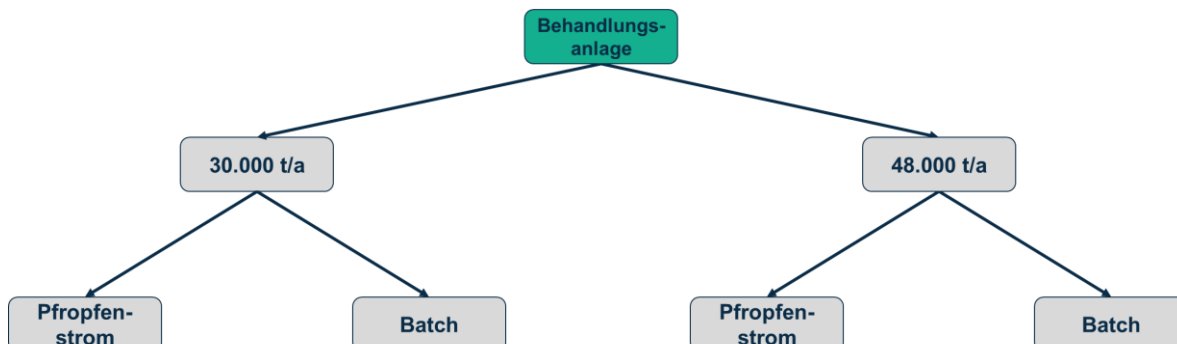
Abbildung 3: Überblick Varianten Kapazität

Die geplante max. Anlagenkapazität beträgt bei Vollausslastung ca. 52.000 t/a.

### Konzept Fermentationstechnik:

Im nächsten Schritt wurde die Fermentertechnik betrachtet. Bei beiden entwickelten Varianten handelt es sich um Teilstrom-Vergärungen mit nachgeschalteter Kompostierung zur Verarbeitung des anfallenden Gärrests. In der ersten Variante wird eine kontinuierliche

Vergärung im Pfpfenstromverfahren vorgesehen. In der zweiten Variante wird die diskontinuierliche Vergärung im Perkolationsverfahren in Vergärungstunneln vorgenommen. Einen Überblick zu dieser Unterscheidung gibt die nachfolgende Abbildung 4.



**Abbildung 4: Überblick Varianten Fermentertechnik**

### **Konzept Gasnutzung:**

In einem letzten Schritt wurde die Nutzung des anfallenden Biogases betrachtet. So kann das Biogas entweder in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) zu elektrischem Strom umgewandelt werden und sowohl eigenverbraucht als auch vermarktet werden oder das Biogas kann auf die Qualität von Erdgas aufbereitet werden und anschließend in das Erdgasnetz eingespeist werden.

Bei der Verstromung des Biogases entsteht als Nebenprodukt Wärme, die im Prozess der Anlage genutzt werden kann. Dieser Nutzungsweg entfällt bei der Biogasaufbereitung, sodass es einer externen Wärmeabgabe durch ein Biomasseheizkraftwerk bedarf, um die Prozesse der Vergärung und Kompostierung mit der notwendigen Wärmezufuhr zu versorgen. Einzelheiten zur Dimensionierung der Wärmeabgabe finden sich in einem separaten Kapitel 3.11. Die nachfolgende Abbildung 5 gibt einen Überblick über alle betrachteten Optionen.

Prinzipiell sollen in diesem Bericht überwiegend die Unterschiede zwischen Pfpfenstrom- und Batch- beziehungsweise Perkolationsfermentation herausgearbeitet werden.



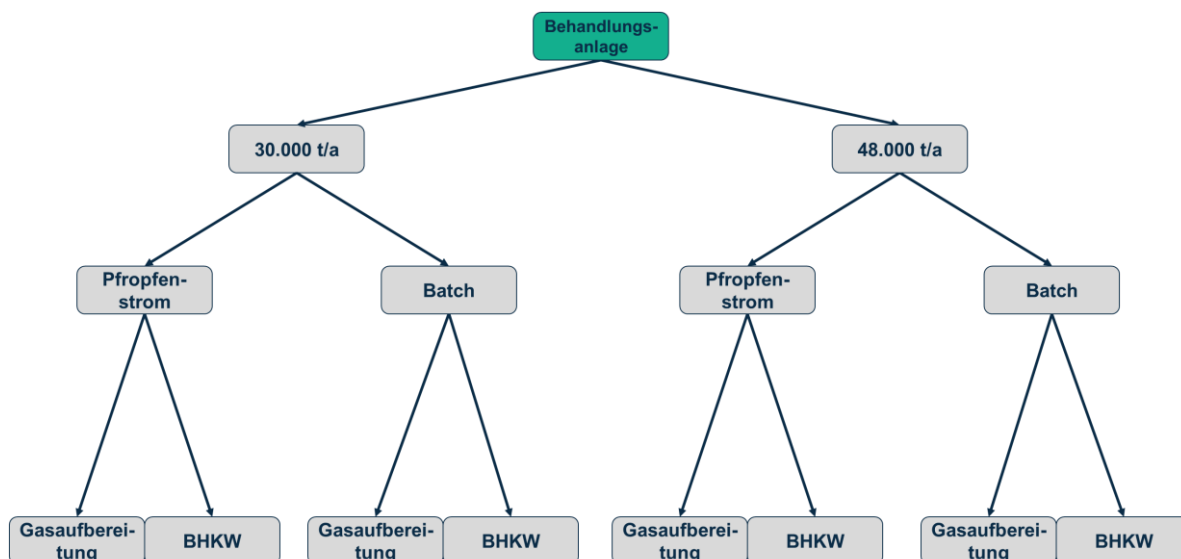


Abbildung 5: Überblick Varianten

#### Weitere Anlagenkomponenten:

Die Nutzung des Biogases wurde um zusätzliche Optionen ergänzt. So sind bei der Verstromung des Biogases in den BHKW Ladestellen für LKW vorgesehen, sodass der produzierte Strom die betriebseigene LKW-Flotte antreiben kann.

Die Gasaufbereitung wird um eine Verflüssigung des bei der Aufbereitung des Biogases anfallenden Kohlendioxids ergänzt werden. Das verflüssigte Kohlendioxid kann im Anschluss beispielsweise an die Lebensmittelindustrie vermarktet werden.

Weiterhin wurde der neue Standort und die neue Ausführung der Verladehalle im Rahmen der Planung der Vergärungs- und Kompostierungsanlage erarbeitet.

#### Betrachtete Varianten:

Unter der Berücksichtigung aller vorgenannten Konzepte wurden im Rahmen der Vorplanung die in Abbildung 6 dargestellten Varianten erarbeitet.

	Verarbeitungs- menge	Fermentertyp	Gasnutzung	Sonstiges
Variante 1	30.000 t/a	Pfropfenstrom	BHKW	Ladesäulen
Variante 2	30.000 t/a	Perkolation	BHKW	Ladesäulen
Variante 3	48.000 t/a	Pfropfenstrom	BHKW	Ladesäulen
Variante 4	48.000 t/a	Perkolation	BHKW	Ladesäulen
Variante 5	30.000 t/a	Pfropfenstrom	Gasaufbereitung	Biomassekessel
Variante 6	30.000 t/a	Perkolation	Gasaufbereitung	Biomassekessel
Variante 7	48.000 t/a	Pfropfenstrom	Gasaufbereitung	CO <sub>2</sub> -Verflüssigung Biomassekessel
Variante 8	48.000 t/a	Perkolation	Gasaufbereitung	CO <sub>2</sub> -Verflüssigung Biomassekessel

**Abbildung 6: Variantenübersicht**

Insgesamt verfolgen die Planungen der Anlage einen modularen Ansatz, bei welchem eine zukünftige Erweiterung der Anlagenkapazität möglich ist.

So entsprechen die Dimensionen der Anlieferhalle, des Biofilters, des Gasspeichers und der gesamten Infrastruktur variantenunabhängig stets denen der Durchsatzleistungen von 48.000 Tonnen Bioabfall pro Jahr, sodass diese Komponenten bei einer möglichen künftigen Erweiterung von 30.000 t/a auf 48.000 t/a keiner Änderung bedürfen für den Fall, dass die Entscheidung zunächst auf die kleine Variante fallen sollte.

Eine potentielle Erweiterung der übrigen Komponenten der Anlage ist in der Planung ebenso berücksichtigt worden, sodass diese vereinfacht an erhöhte Mengen adaptiert werden können. So können nachträglich beispielsweise zusätzliche Kompostierungstunnel gebaut, ein zusätzlicher Pfropfenstromfermenter beziehungsweise zusätzliche Perkolationstunnel errichtet oder auch die BHKW beziehungsweise die Gasaufbereitung erweitert werden.

### 2.3 Folgenutzung von Gebäuden

Die Fläche der abgebrannten Verladehalle soll zukünftig, je nach Variante, für die Anlieferhalle und Biofilter oder die Anliefer- und Feinaufbereitungshalle genutzt werden. Dazu wird das noch erhaltene Verladeterminale sowie die noch vorhandenen Stützen und Anschüttwände bis auf die Bodenplatte rückgebaut. Die sonstigen baulichen Einrichtungen auf der nördlichen Fläche, wie Lagerflächen, werden ebenso rückgebaut.

Die derzeit sich auf der südlichen Fläche im Betrieb befindenden Gebäude bleiben von diesem Projekt unberührt.

## **2.4 Flächeninanspruchnahme**

Das Grundstück, Gemarkung Gönnersdorf Flur 3, Nr. 21 - 29 und das Grundstück, Gemarkung Waldorf Flur 6, Nr. 283, 284 stehen für die Vergärungs- und Kompostierungsanlage zur Verfügung und sind im Besitz des AWB Ahrweiler.

Das Grundstück, Gemarkung Gönnersdorf Flur 3, Nr. 21 – 29, ist bereits zum Teil erschlossen und asphaltiert. Teilbereiche sind bis zu einer Schottertragschicht ausgebaut.

Das Grundstück, Gemarkung Waldorf Flur 6, Nr. 283, 284, ist aktuell bewaldet und nur über einen Bewirtschaftungsweg zu erreichen. Für die Erweiterung des Standorts ist entsprechend die Rodung von circa einem Hektar des im Nordwesten angrenzenden Waldes notwendig.

Der Eingriff ist aufgrund des mangelnden Flächenangebots auf dem Standort nicht vermeidbar und wird durch eine gutachterliche Betrachtung im Rahmen der Genehmigungsplanung bewertet werden müssen. Die Errichtung der Vergärungs- und Kompostierungsanlage gehen mit einer unvermeidbaren Flächeninanspruchnahme einher.

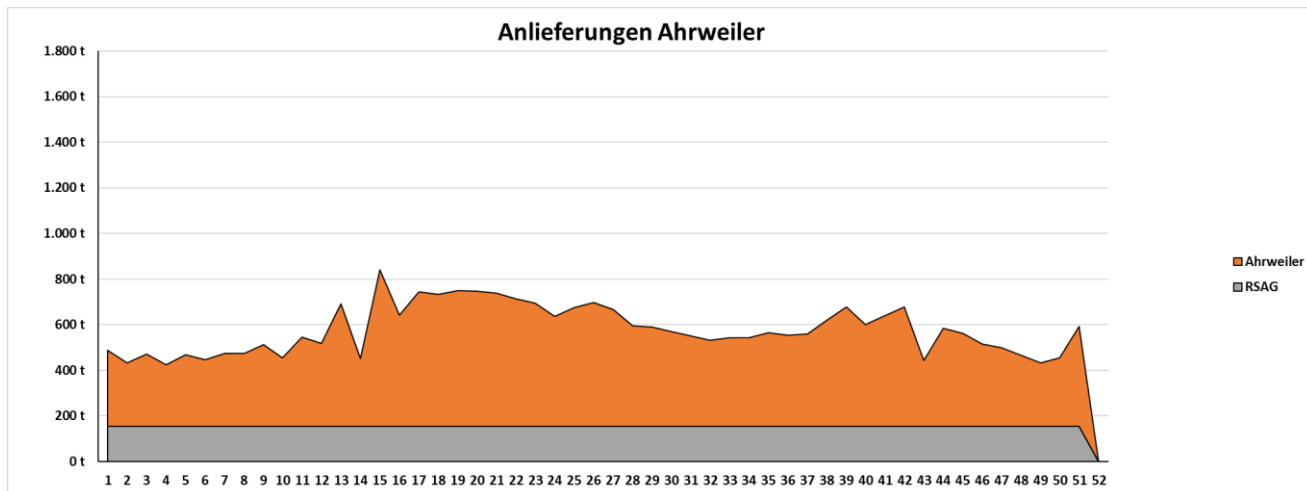
## **2.5 Bioabfallmengen und -qualitäten**

Das Mengenpotenzial des AWB Ahrweiler wurde auf Basis der Erfassungsmengen und den Anlieferungsdaten der Jahre 2020 und 2022 ausgewertet. Das Jahr 2021 fand hierbei bewusst keine Berücksichtigung, da die Flutkatastrophe im Ahrtal im Sommer 2021 aufgrund der dabei hervorgerufenen Schäden eine Ausnahmesituation für alle Entsorger der Region darstellte und die in diesem Jahr angefallenen Mengen erheblich von denen anderer Jahre abweichen.

Die Anlieferdaten des Jahres 2022 ergeben ein Gesamtaufkommen des Bioabfalls von 16.286 t. Da die Gesteuerung von Bio- und Grünabfall vegetationsabhängig ist, muss eine Auslegung zwingend den Jahresgang berücksichtigen. Hierzu wurden die Anlieferungsdaten durch pbo ausgewertet und auf die Auslegungsgröße von 22.000 t/a hochskaliert, um eine belastbare Aussage über die jahreszeitlichen Schwankungen treffen zu können und auch potenzielle Mengensteigerungen der Anlieferung zu berücksichtigen.

Für die Auslegung wurde die Bioabfallanlieferung wochenscharf betrachtet. Bei der Skalierung ist die prozentuale Verteilung der insgesamt anfallenden Mengen auf die jeweilige Kalenderwoche erhalten geblieben, sodass die Aussage über saisonale Schwankungen weiterhin besteht.

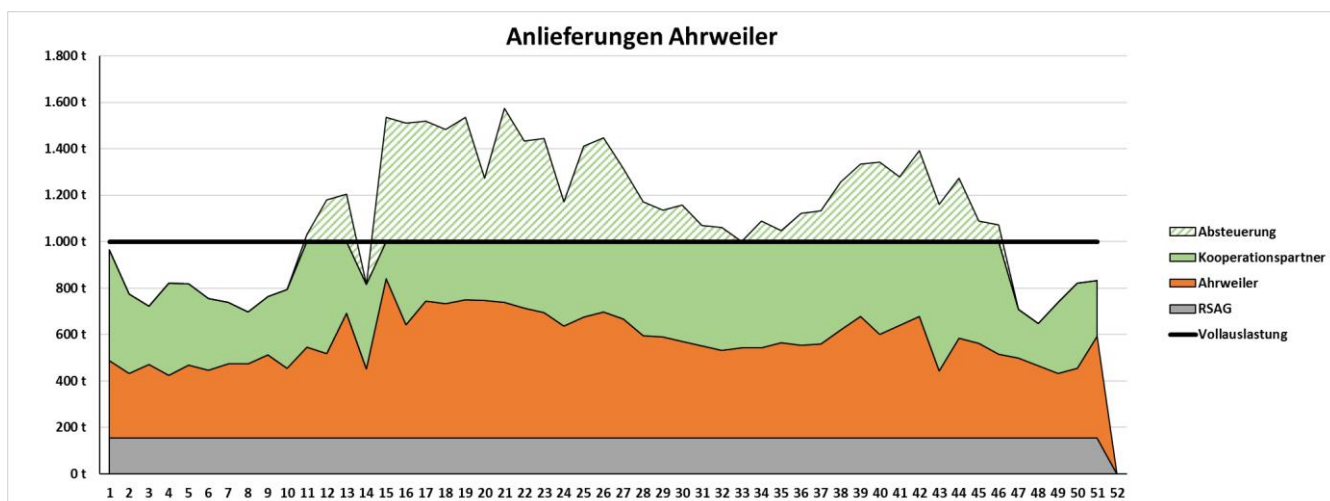
Zusätzlich sollen pro Jahr 8.000 Tonnen Bioabfall von der RSAG regelmäßig angeliefert werden. Diese Anlieferungen unterliegen über das Jahr verteilt keinerlei Schwankungen. Abbildung 7 verdeutlicht die hochskaliert wöchentlich anfallenden Bioabfallmengen für das Jahr 2022.



**Abbildung 7: Anlieferdaten Ahrweiler 2022 hochskaliert auf 30.000 t/a**

Durch die Anlieferung zusätzlicher Bioabfallmengen durch potentielle Kooperationspartner wurde im Rahmen der Vorplanung ebenfalls eine Vergärungs- und Kompostierungsanlage dimensioniert, die bei Vollausslastung bis zu 52.000 Tonnen pro Jahr verwerten kann.

In der folgenden Abbildung 8 sind die um die Mengen des Kooperationspartners (Neuwied) ergänzten Bioabfallmengen zu sehen. Dabei ergibt sich eine Anlieferungsmenge von ca. 48.000 Tonnen pro Jahr. Da die Anlage nur maximal 1.000 Tonnen pro Woche verarbeiten kann, müssen Mengen, die darüber hinaus gehen, abgesteuert bzw. umgeleitet werden.



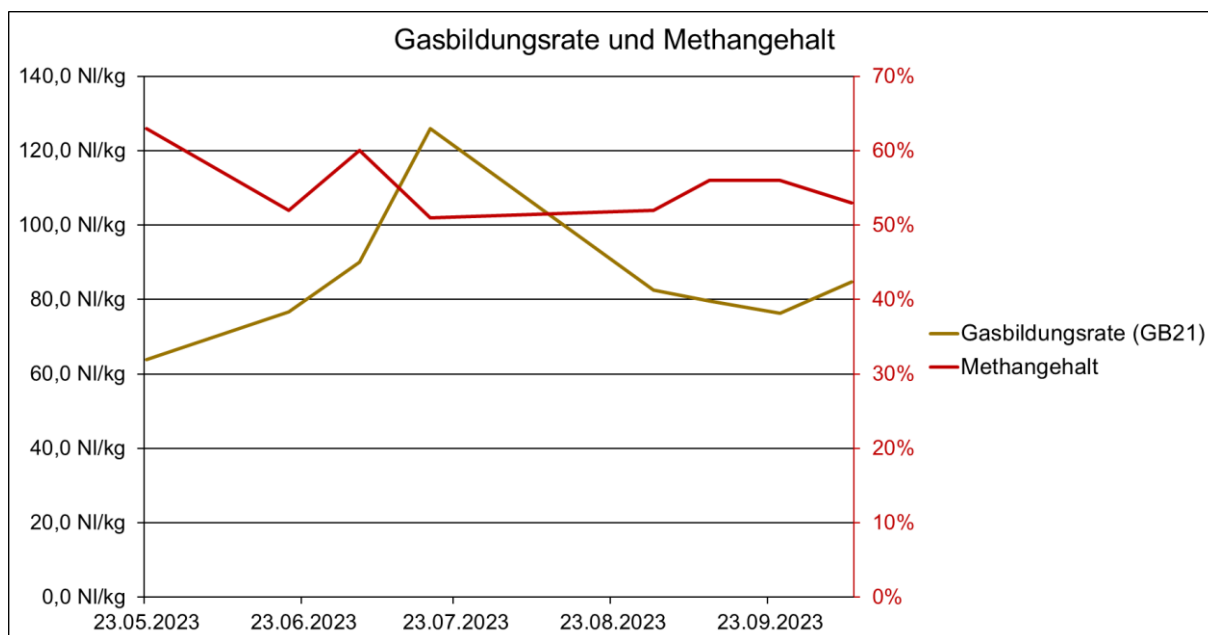
**Abbildung 8: Anlieferdaten Ahrweiler 2022 hochskaliert auf 48.000 t/a**

Hinsichtlich der Bioabfallqualitäten wurde durch das Witzenhausen Institut eine Rest- und Bioabfallanalyse im Landkreis Ahrweiler durchgeführt. Das Ergebnis der Studie stellt einen Fremdstoffgehalt von ca. 2 % dar. Dieser setzt sich zusammen aus:

- BAW-Beutel: 0,02 %
- Verpackte Lebensmittel: 0,38 %
- Kunststoffe: 0,25 %
- Übrige Fremdstoffe: 1,29 %

Erwartungsgemäß ist der Anteil in der vegetationsarmen Zeit geringfügig höher (2,5%) als in der vegetationsreichen Zeit (1,7%). Zudem ist der Fremdstoffanteil im Feinkorn <40 mm (0,42%) deutlich geringer als in der Grobfraction. Damit sind für den Bioabfall aus dem Kreis Ahrweiler die durch die Bioabfallverordnung angesetzten Kontrollwerte für Kunststoffe von 1% eingehalten. Hinsichtlich der zusätzlichen Mengen der Kooperationspartner liegen keine Informationen bezüglich der Bioabfallqualitäten vor.

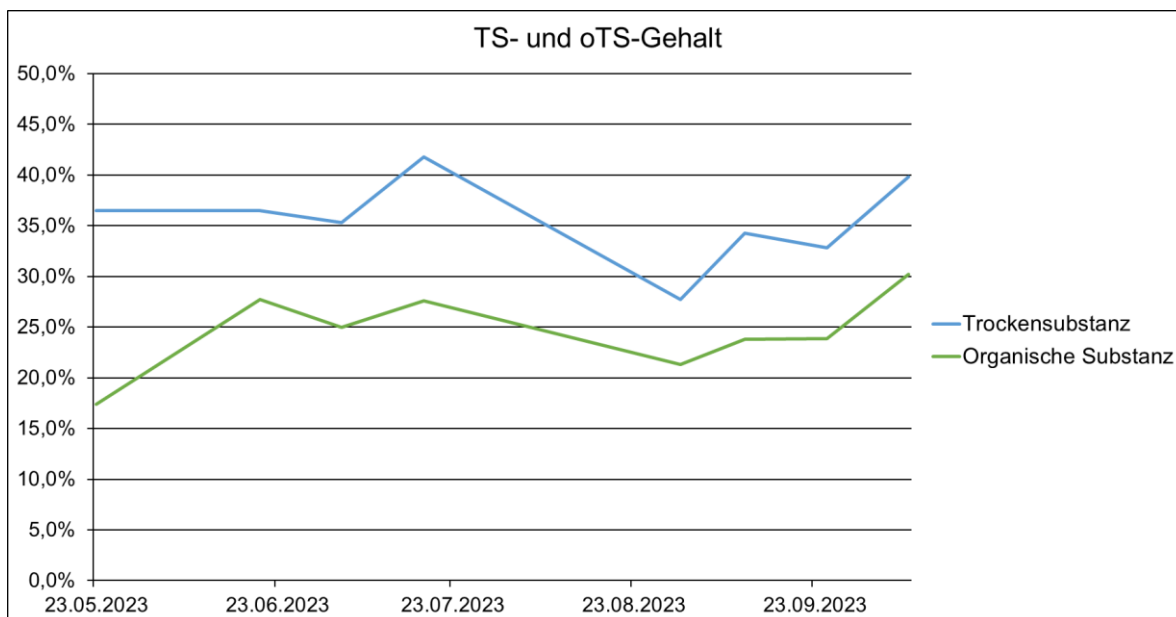
Durch den AWB werden aktuell Gasertragsanalysen des Bioabfalls durchgeführt, deren Ergebnisse in Folgender Abbildung 9 aufgeführt sind:



**Abbildung 9: Gasbildungsraten und Methangehalte Ahrweiler**

Der Gasertrag korreliert mit den parallel analysierten TS- und oTS-Gehalten, vgl. Abbildung 10. Je höher der oTS-Gehalt, desto höher der spezifische Gasertrag. Insgesamt liegen die Analysewerte des Gasertrags zwischen 60 und 120 NI/t im erwartbaren Bereich. Dies gilt auch für den Methangehalt, der zwischen 52 und 62 % schwankt.

Der TS -Gehalt liegt im Bereich von 28-42 %, wobei Werte von unter 30 % eher ungewöhnlich sind.



**Abbildung 10: TS- und oTS-Gehalte Ahrweiler**

Weitere Analysen werden durch den AWB begleitend durchgeführt und im Rahmen des Entwurfsplanungsberichts ergänzend dargestellt.

### **3 Anlagen- und Verfahrenstechnik**

#### **3.1 Annahmebereich**

#### **3.2 Lagerbereiche Logistikhalle**

##### **3.2.1 Vorlagebunker Variante Pfropfenstromfermentation**

##### **3.2.2 Vorlagebunker Variante Perkulationsfermentation**

#### **3.3 Voraufbereitung**

#### **3.4 Vergärung**

##### **3.4.1 Pfropfenstromfermentation**

##### **3.4.2 Perkulationsfermentation**

#### **3.5 Misch- und Eintragssystem**

#### **3.6 Tunnelkompostierung**

##### **3.6.1 Auslegung Tunnelkompostierung**

##### **3.6.2 Belüftung**

##### **3.6.3 Bewässerung**

#### **3.7 Feinaufbereitung**

##### **3.7.1 Auswahl Klassiertechnik**

##### **3.7.2 Auswahl Sortiertechnik**

#### **3.8 Abluftbehandlungskonzept**

##### **3.8.1 Abluftvolumenstrom**

##### **3.8.2 Saurer Wäscher**

##### **3.8.3 Biofilter**

#### **3.9 Lagerflächen**

#### **3.10 Biogasverwertung**

### **3.10.1 Biogasspeicher**

### **3.10.2 Biogasentschwefelung und -konditionierung**

### **3.10.3 Biogasverstromung**

### **3.10.4 Biomethanaufbereitung**

### **3.11 Wärmegestehung**

#### **3.11.1 Gaskessel**

#### **3.11.2 Biomassekessel**

### **3.12 Havarie-Konzept**

### **3.13 Elektrotechnische Ausrüstung**

#### **3.13.1 Anschluss an die elektrische Energieversorgung**

#### **3.13.2 Mittelspannungsanlage**

#### **3.13.3 Transformator**

#### **3.13.4 Niederspannungs-Schaltanlagen der Verfahrens- und Gebäudetechnik**

#### **3.13.5 Blindstrom-Kompensationsanlage**

#### **3.13.6 Motorabgänge und Antriebe**

#### **3.13.7 Frequenzumrichter**

#### **3.13.8 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)**

#### **3.13.9 Visualisierungssysteme**

#### **3.13.10 Not-Halt- / Not-Aus-System**

#### **3.13.11 Beleuchtung**

#### **3.13.12 Steckdosen-Kombinationen**



**3.13.13 Potentialausgleich und Blitzschutz**

**3.13.14 Überspannungsschutz**

**3.13.15 Brandmeldeanlage**

**3.14 Standortlayout**

## **4 Bautechnik**

### **4.1 Statik**

### **4.2 Hochbau**

#### **4.2.1 Anlieferhalle Variante 1+3**

#### **4.2.2 Anliefer- und Feinaufbereitungshalle Variante 2+4**

#### **4.2.3 Bunkerhalle Variante 1+3**

#### **4.2.4 Kompostierungsanlage Variante 1+3**

#### **4.2.5 Kompostierungsanlage Variante 2+4**

#### **4.2.6 Vergärungsstufe Variante 1+3**

#### **4.2.7 Vergärungsstufe Variante 2+4**

#### **4.2.8 Biogasspeicher Variante 1+3**

#### **4.2.9 Perkolatspeicher Variante 2+4**

#### **4.2.10 Biogasaufbereitung**

#### **4.2.11 Gasverwertung: Blockheizkraftwerke oder Biomethanaufbereitung**

#### **4.2.12 Wärmecontainer**

#### **4.2.13 Ammoniumsulfatbehälter**

#### **4.2.14 Schwefelsäurebehälter**

#### **4.2.15 Abfüllplatz**

#### **4.2.16 Schaltraum**

#### **4.2.17 Warte**

#### **4.2.18 WC- Container**

#### **4.2.19 MS-Schalträume und Trafostationen**

#### **4.2.20 Überdachte Kompostlager**

### **4.3 Infrastruktur, Tiefbau**

#### **4.3.1 Strom, Wasser, Telekommunikation, Datenaustausch**

#### **4.3.2 Infrastruktur**

#### **4.3.3 Standortentwässerung**

#### **4.3.4 AwSV**

## 5 Erweiterte Kostenbetrachtung - Kostenschätzung

Die Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten wurde für die Varianten 1 bis Variante 8 durchgeführt und bildet den Kostenstand 11.09.2023 ab.

Es ist keine Indexierung auf die späteren Phasen/Bauausführung oder –abrechnung erfolgt.

- Die Kostenschätzung bildet etwaige Änderungen der Planung, die ggf. erhebliche Kostenerhöhungen zur Folge haben können (in Form echter Zusatzaufwendungen und verzögerungsbedingter Mehrkosten), nicht ab.
- Erhebliche Kostenabweichungen können auch – rein marktbedingt und unberührt von Planungsleistungen oder -änderungen – eintreten, wenn ausführende Unternehmen in der Lph 7 ihre Angebote abgeben. Gehen nur wenige Angebote ein, ist die Wahrscheinlichkeit, günstige Preise zu erzielen, eher niedrig.
- Da aktuell noch keine Baugenehmigung vorliegt, können noch kostenrelevante Auflagen anfallen, die zum aktuellen Zeitpunkt unvorhersehbar sind und aus Ermessensspielräumen der Genehmigungsbehörde resultieren.

Alle relevanten Parameter zur Ermittlung der Kapital- und Betriebskosten wurden im Vorfeld mit dem AWB Ahrweiler abgestimmt und in einem Lastenheft (Anlage 1) festgehalten. Die wirtschaftlichen Betrachtungen entsprechen dem Kostenrahmen gemäß DIN 276. Das Vorgehen der Kostenschätzung, die Zusammenfassung der Ergebnisse und die abgestimmten Betriebskostenparameter werden im Folgenden vorgestellt.

### 5.1 Investitionskostenschätzung

Die Bauwerke wurden zur Ermittlung der Investitionskosten in Bauteilabschnitte zerlegt (wie z. B. Anliefer- und Bunkerhalle, Fermentation, Rottehalle, Infrastruktur, Biofilter etc.) und einzeln kalkuliert. Für diese Bauteile erfolgte die Ermittlung von Einzelmassen und Bauteilen unter Berücksichtigung der Kostengruppen der DIN 276. Durch Hinterlegung mit Einheitspreisen wurden anschließend die Kosten ermittelt und gemäß den im Anhang beigefügten Investitionskostenübersichten zusammengestellt (s. Anlage 2; Kostenschätzung).

Die Berechnungen wurden mit pbo vorliegenden, aktuellen Ausschreibungsergebnissen abgeglichen. Die Preise für die mobile und fest installierte Maschinenteknik wurden im Wesentlichen auf Basis aktueller Preise aus anderen Projekten ausgewiesen. Kostenstand ist September 2023. Bei Bedarf wurden auch hier Rücksprachen mit potentiellen Lieferanten der Aggregate oder Betreibern von Vergärungs- und Kompostierungsanlagen geführt.

Übergeordnete Positionen, wie z. B. die erforderliche elektrotechnische Ausstattung der Maschinenteknik, wurden von uns anhand von Erfahrungswerten ergänzt. Im Bereich der Infrastruktur wurde eine detaillierte Massenermittlung durchgeführt.

Die einzelnen Investitionskostenpositionen der Variante 1 bis Variante 8 sind der nachfolgenden Kostenübersicht in Tabelle 1 zu entnehmen. Das Investitionsvolumen zur Errichtung einer Pfropfenstromfermentation (Variante 1) mit anschließender Verstromung des Biogases und einem Jahresdurchsatz von circa 30.000 Tonnen beträgt rund 35,7 Mio. €. Die Realisierung einer Vergärungsstufe mit demselben Durchsatz in Form einer kleinen Perkulations-Fermentation (Variante 2) mit einer anschließenden Verstromung bedarf Investitionen in Höhe von rund 34,4 Mio. €.

Die Varianten 3 & 4, die den Varianten 1 & 2 entsprechen, aber einen jährlichen Durchsatz von 48.000 Tonnen vorweisen, liegen mit Kosten von jeweils ca. 41,6 Mio. € darüber.

Für die Varianten 5 bis 8, die das anfallende Biogas nicht verstromen, sondern aufbereiten, ergibt sich ein ähnlicher Kostenunterschied. So ist die Variante 5 als Pfropfenstromfermentation mit ca. 38,1 Mio. € teurer als Variante 6, die mit Perkulationsfermentationstunnel ausgestattet ist und mit ca. 36,8 Mio. € günstiger ist. Beide Varianten haben einen Jahresdurchsatz von 30.000 Tonnen.

Die mit einem höheren Durchsatz von 48.000 Tonnen geplanten Varianten 7 & 8, sind mit jeweils ca. 45,6 Mio. € teurer.

Für die Kostenschätzung der Anlagen, bei denen das Biogas im Anschluss aufbereitet werden soll (Variante 5 - 8), wurden die Kosten für einen Biomassekessel für die externe Wärmeabgabe berücksichtigt. Darüber hinaus enthalten die Kostenschätzungen für Variante 7 und Variante 8 die Kosten für eine CO<sub>2</sub>-Verflüssigungsanlage.

In Anlage 2 sind die Ergebnisse der detaillierten Kostenschätzung zusammengefasst dargestellt.

**Tabelle 1: Investitionskosten Variantenübersicht**

Pos.	Bezeichnung	Pfropfen	Perkolation	Pfropfen	Perkolation
		30.000 t/a BHKW	30.000 t/a BHKW	48.000 t/a BHKW	48.000 t/a BHKW
<u>1</u>	Bautechnik	20.393.140 €	20.006.300 €	24.377.610 €	25.321.840 €
<u>2</u>	M&E-Technik	11.008.850 €	10.042.490 €	12.319.510 €	11.365.870 €
<u>3</u>	Mobiltechnik	706.000 €	706.000 €	934.000 €	934.000 €
<u>4</u>	Planungs- und Genehmigungskosten	3.637.950 €	3.637.950 €	3.963.500 €	3.963.500 €
	<b>Summe (netto)</b>	<b>35.745.940 €</b>	<b>34.392.740 €</b>	<b>41.594.620 €</b>	<b>41.585.210 €</b>
Pos.	Bezeichnung	Pfropfen	Perkolation	Pfropfen	Perkolation
		30.000 t/a Gasaufb.	30.000 t/a Gasaufb.	48.000 t/a Gasaufb.	48.000 t/a Gasaufb.
<u>1</u>	Bautechnik	21.078.360 €	20.691.520 €	25.062.830 €	26.040.210 €
<u>2</u>	M&E-Technik	12.657.310 €	11.728.870 €	15.609.510 €	14.695.390 €
<u>3</u>	Mobiltechnik	706.000 €	706.000 €	934.000 €	934.000 €
<u>4</u>	Planungs- und Genehmigungskosten	3.637.950 €	3.637.950 €	3.963.500 €	3.963.500 €
	<b>Summe (netto)</b>	<b>38.079.620 €</b>	<b>36.764.340 €</b>	<b>45.569.840 €</b>	<b>45.633.100 €</b>

## 5.2 Statische Betriebskostenschätzung

Im Rahmen der Vorplanung wurde ebenso eine statische Betriebskostenschätzung angefertigt. Grundlage dieser sind die Betriebskostenansätze, die im Rahmen eines Lastenhefts zwischen dem AWB Ahrweiler und pbo abgestimmt wurden (vgl. Anlage 1). Wie auch für die Investitionskosten beschreibt die folgende Betriebskostenschätzung den Kostenstand September 2023.

Die statische Betriebskostenkalkulation liefert im Ergebnis einen spezifischen Behandlungspreis pro Tonne behandelten Bioabfalls.

Die statischen Betriebskosten setzen sich hauptsächlich aus den Kapitalkosten und Komponenten wie Personal, Energie, RWU, Materialkosten und Erlösen aus der Vermarktung des erzeugten Stroms bzw. des aufbereiteten Biogases zusammen.

Die Kapitalkosten ergeben sich aus der Abschreibungszeit und dem Zinssatz der Finanzierung. Aus den Betriebszeiten der mobilen Geräte ergibt sich zum einen der Verbrauch dieser Geräte an Dieselkraftstoff und Schmiermitteln. Zum anderen errechnet sich daraus der Mindestpersonalbedarf für die Bedienung der Mobilgeräte. Dieser Personalbedarf wurde um weitere Mitarbeiter, wie z. B. Anlagenbediener, aufgestockt und an den wahrscheinlichen Bedarf der zukünftigen Vergärungsanlage des AWB Ahrweiler angepasst. Aus den erforderlichen Laufzeiten der fest installierten Maschinenteknik resultieren deren elektrische Energieverbräuche. Die anzusetzenden Kosten für Reparatur, Wartung, Unterhalt (RWU) basieren sowohl auf im Vorfeld abgestimmte Ansätze als auch zusätzlich auf Erfahrungswerte von pbo. So wurden z. B. für die Zerkleinerer höhere RWU-Kosten in Ansatz gebracht als für die übrige Maschinenteknik, da insbesondere die Werkzeuge von Zerkleinerern aufgrund von Verschleiß vergleichsweise hohe jährliche Kosten verursachen. Die Materialkosten beinhalten alle Absteuerungen von Produkt- und Fremdstoffen. Die Stromkosten werden nach dem Strompreis mit dem Stand 09.2023 und der Strommenge aus dem Verbrauch der Maschinenteknik berechnet.

In der nachfolgenden Tabelle 2 ist ein Überblick der Betriebskosten der betrachteten Varianten dargestellt. Bei den Varianten 5-8 wurde die Installation eines Biomassekessels miteinberechnet. Zusätzlich finden sich in der Kostenschätzung für Variante 7 & 8 die Kosten für die CO<sub>2</sub>-Verflüssigungsanlage wieder.

Die kleinen Varianten, die eine Verstromung des Biogases vorsehen (Variante 1 & 2), sind pro verarbeitete Tonne Bioabfall deutlich günstiger als die entsprechenden Varianten 5 & 6, bei denen das erzeugte Biogas aufbereitet werden soll.

Bei den großen Varianten besteht der Kostenunterschied zwischen den Gasnutzungsoptionen weiterhin, reduziert sich aber auf ca. 20 € pro Tonne.

**Tabelle 2: Betriebskosten Variantenübersicht**

Pos.	Bezeichnung	Pfropfen	Perkolation	Pfropfen	Perkolation
		30.000 t/a BHKW	30.000 t/a BHKW	48.000 t/a BHKW	48.000 t/a BHKW
<b>a</b>	Abschreibung & Kapitalkosten	2.262.100 €/a	2.154.800 €/a	2.620.500 €/a	2.582.600 €/a
<b>b</b>	RWU	452.000 €/a	427.400 €/a	518.000 €/a	506.600 €/a
<b>c</b>	Versicherung	70.500 €/a	65.900 €/a	81.600 €/a	78.300 €/a
<b>d</b>	Energiekosten	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
<b>e</b>	Personalkosten	372.500 €/a	419.500 €/a	425.500 €/a	472.500 €/a
<b>f</b>	Mobiltechnik	65.500 €/a	65.500 €/a	81.900 €/a	81.900 €/a
<b>g</b>	Abwasser	37.500 €/a	72.600 €/a	37.500 €/a	90.200 €/a
<b>h</b>	Verbrauchskosten	102.500 €/a	102.500 €/a	112.500 €/a	112.500 €/a
<b>i</b>	Testate / Sonstiges	16.200 €/a	16.200 €/a	16.800 €/a	16.800 €/a
<b>j</b>	In- und Outputströme	559.100 €/a	559.100 €/a	849.000 €/a	849.000 €/a
<b>k</b>	Vergütung BHKW Verstromung	-321.400 €/a	-218.200 €/a	-627.600 €/a	-475.800 €/a
<b>l</b>	Verwaltungsumlage	41.900 €/a	43.200 €/a	53.100 €/a	55.200 €/a
<b>m</b>	PV-Vergütung	-11.500 €/a	-9.600 €/a	-14.200 €/a	-12.300 €/a
<b>n</b>	Vergütung Biomethan	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
<b>o</b>	CO <sub>2</sub> -Verflüssigung	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
<b>p</b>	Wärmegestehung	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
<b>q</b>	LKW-Ladesäulen	-225.000 €/a	-225.000 €/a	-225.000 €/a	-225.000 €/a
	<b>Summe Kapital- und Betriebskosten (netto)</b>	<b>3.421.900 €/a</b>	<b>3.473.900 €/a</b>	<b>3.929.600 €/a</b>	<b>4.132.500 €/a</b>
	<b>spezifische Kosten (netto)</b>	<b>114,06 €/t</b>	<b>115,80 €/t</b>	<b>81,87 €/t</b>	<b>86,09 €/t</b>

Pos.	Bezeichnung	Pfropfen	Perkolation	Pfropfen	Perkolation
		30.000 t/a Gasaufb.	30.000 t/a Gasaufb.	48.000 t/a Gasaufb.	48.000 t/a Gasaufb.
<b>a</b>	Abschreibung & Kapitalkosten	2.450.300 €/a	2.346.800 €/a	2.964.600 €/a	2.932.000 €/a
<b>b</b>	RWU	490.700 €/a	467.200 €/a	572.100 €/a	562.100 €/a
<b>c</b>	Versicherung	79.200 €/a	74.700 €/a	98.400 €/a	95.300 €/a
<b>d</b>	Energiekosten	870.100 €/a	915.700 €/a	1.065.500 €/a	1.086.400 €/a
<b>e</b>	Personalkosten	372.500 €/a	419.500 €/a	425.500 €/a	472.500 €/a
<b>f</b>	Mobiltechnik	65.500 €/a	65.500 €/a	81.900 €/a	81.900 €/a
<b>g</b>	Abwasser	37.500 €/a	82.400 €/a	37.500 €/a	90.200 €/a
<b>h</b>	Verbrauchskosten	102.500 €/a	102.500 €/a	112.500 €/a	112.500 €/a
<b>i</b>	Testate / Sonstiges	16.200 €/a	16.200 €/a	16.800 €/a	16.800 €/a
<b>j</b>	In- und Outputströme	560.700 €/a	560.700 €/a	850.600 €/a	850.600 €/a
<b>k</b>	Vergütung BHKW Verstromung	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
<b>l</b>	Verwaltungsumlage	64.900 €/a	67.600 €/a	83.100 €/a	85.800 €/a
<b>m</b>	PV-Vergütung	-11.500 €/a	-9.600 €/a	-14.200 €/a	-12.300 €/a
<b>n</b>	Vergütung Biomethan	-926.400 €/a	-826.900 €/a	-1.403.700 €/a	-1.222.300 €/a
<b>o</b>	CO <sub>2</sub> -Verflüssigung	0 €/a	0 €/a	-116.900 €/a	-101.800 €/a
<b>p</b>	Wärmegestehung	65.000 €/a	65.000 €/a	65.000 €/a	65.000 €/a
<b>q</b>	LKW-Ladesäulen	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
	<b>Summe Kapital- und Betriebskosten (netto)</b>	<b>4.237.200 €/a</b>	<b>4.347.300 €/a</b>	<b>4.838.700 €/a</b>	<b>5.114.700 €/a</b>
	<b>spezifische Kosten (netto)</b>	<b>141,24 €/t</b>	<b>144,91 €/t</b>	<b>100,81 €/t</b>	<b>106,56 €/t</b>

### 5.3 Sensitivitäten

Für die Sensitivitätsbetrachtung der Betriebskostenschätzung wurden die Einzelkosten näher betrachtet. Nachfolgend werden Sensitivitäten vorgestellt, die einen relevanten Kostenpunkt darstellen und zugleich Volatilität aufweisen können. Die Sensitivitäten stellen die Auswirkungen auf den spezifischen Behandlungspreis (€/t) dar. Es werden jeweils die

Auswirkungen auf die kleine (Variante 1) und große Variante (Variante 3) der Pfpfenstromfermentation beleuchtet, die das anfallende Biogas jeweils in den Blockheizkraftwerken verstromen. Für die andere Varianten liegen vergleichbare Ergebnisse vor.

Gewählt wurden folgende Sensitivitätsbetrachtungen:

- Investitionskosten
- Zinssatz
- Materialkosten
- Personal
- Gasertrag
- Fermenterinput
- Stromverbrauch
- Strompreis
- Anlagenkapazität
- Vergütung Biomethan

### **Investitionskosten**

Nachfolgend werden die Effekte der um 1 Millionen € erhöhten bzw. verringerten Investitionskosten für die Anlage auf die Behandlungskosten bei einer Abschreibung von 12 bzw. 25 Jahren betrachtet. Dies betont z. B. die Konsequenz einer Förderung auf die zu errichtende Anlage. Die Abschreibungsdauer von 12 Jahren repräsentiert eine Investition in Maschinenteknik, wohingegen bautechnische Komponenten über 25 Jahre abgeschrieben werden.

Die Sensitivitäten sind in Abbildung 11 und Abbildung 12 zu sehen.



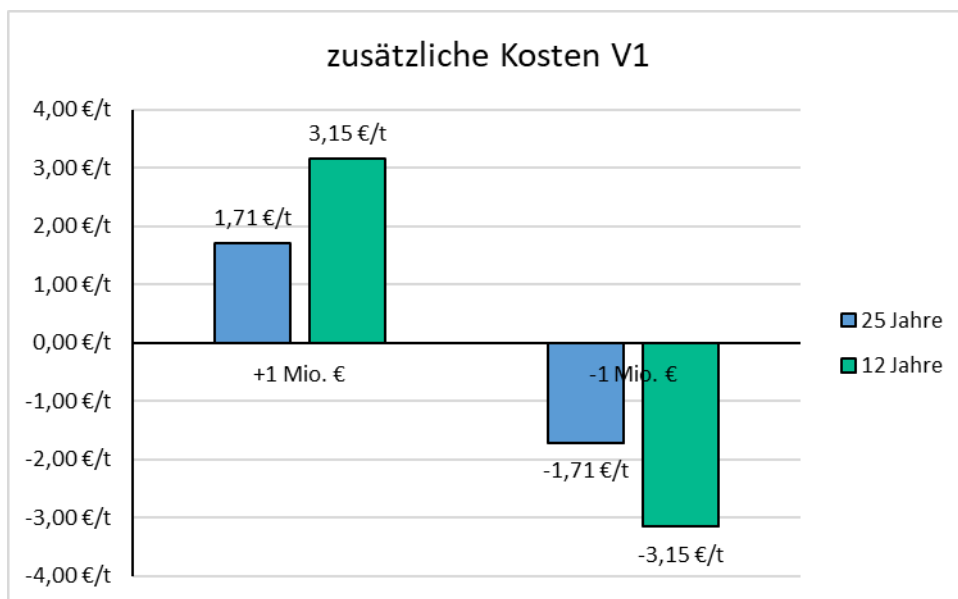


Abbildung 11: Sensitivität Investitionskosten Variante 1 (Pfropfenstromfermentation klein)

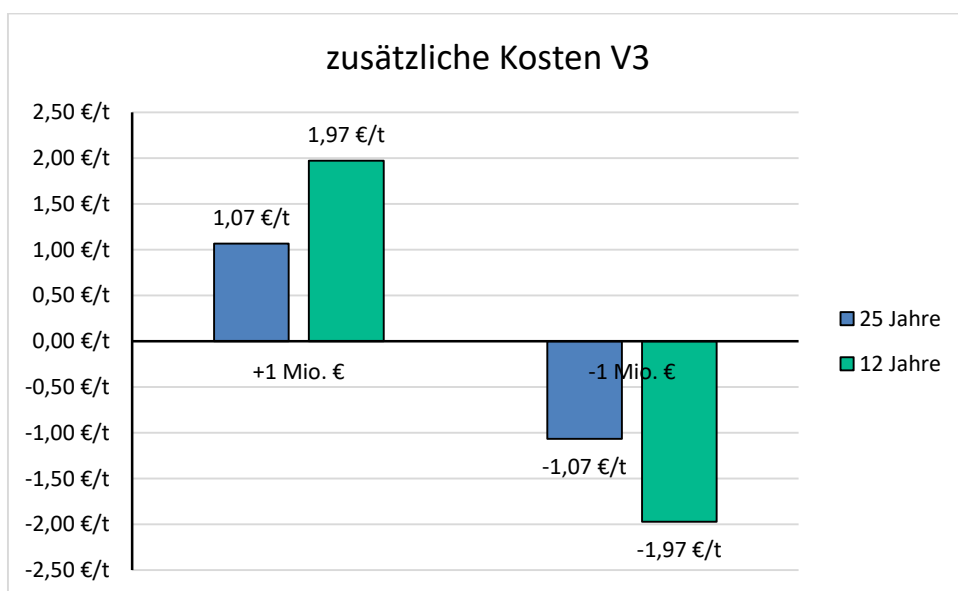


Abbildung 12: Sensitivität Investitionskosten Variante 3 (Pfropfenstromfermentation groß)

### Zinssatz

Die Sensitivität Zinssatz stellt eine Empfindlichkeit mit großem Hebel auf die spezifischen Behandlungskosten dar. Gemäß Lastenheft wurde für die Kostenschätzung ein Zinssatz von 2,0 % angenommen. Abbildung 13 stellt differenziert nach den Varianten 1 und 3 die Auswirkungen auf die spezifischen Behandlungskosten bei Veränderung des Zinssatzes auf +3,0 %-Punkte und +4,0 %-Punkte dar.

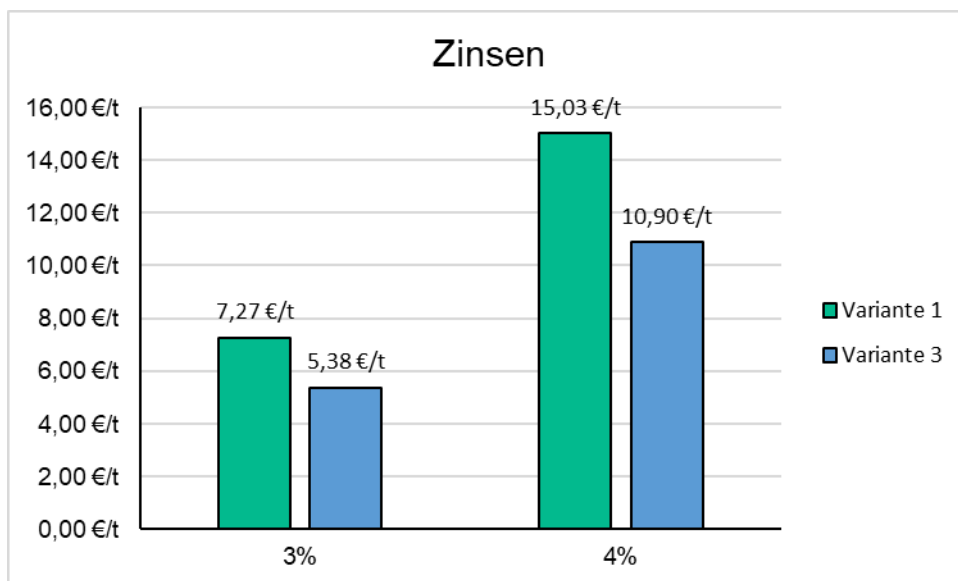


Abbildung 13: Sensitivität Zinsen

### Materialkosten

Die Veräußerung von anfallenden Nebenprodukten verursacht ebenfalls Kosten, die die Behandlungskosten beeinflussen. Abbildung 14 zeigt die Sensitivität für erhöhte Kosten für die Entsorgung von Strukturmaterial (65 €/t) und Kompost (12 €/t). Im Rahmen der Kostenschätzung wurden Kosten von 50 €/t für das Strukturmaterial und 5 €/t für den Kompost angenommen.

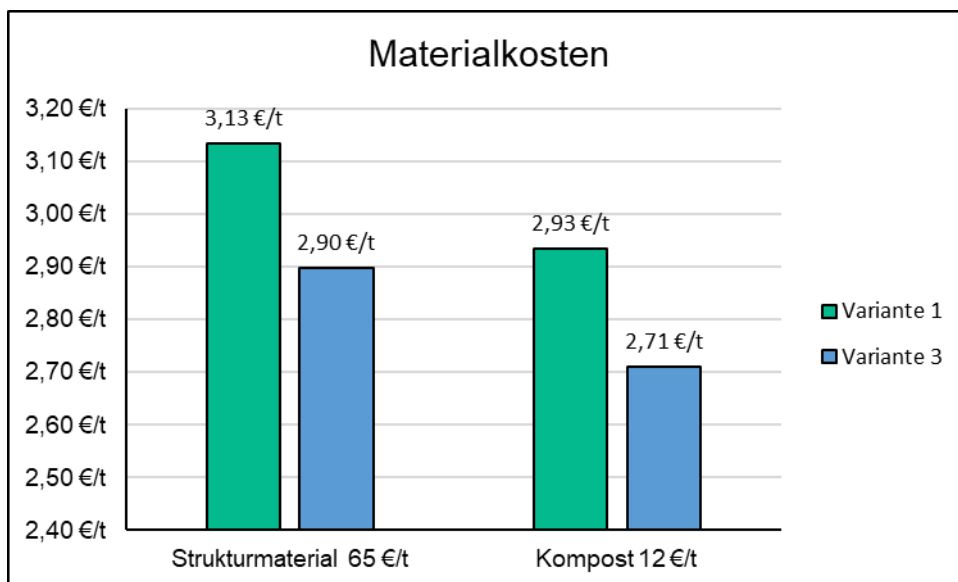


Abbildung 14: Sensitivität Materialkosten

### Personal

Die Sensitivität Personal stellt dar, welche Auswirkung die Beschäftigung einer verändernden Anzahl von Mitarbeitenden auf die Behandlungskosten hat. Im Rahmen der Vorplanung wurde abgeschätzt, wie hoch der Personaleinsatz zukünftig sein könnte. Eine detaillierte

Personalplanung erfolgt im Zuge der Entwurfsplanung. In Abbildung 15 ist diese Sensitivität am Beispiel eines Verdiensts von 53.000 €/a dargestellt.

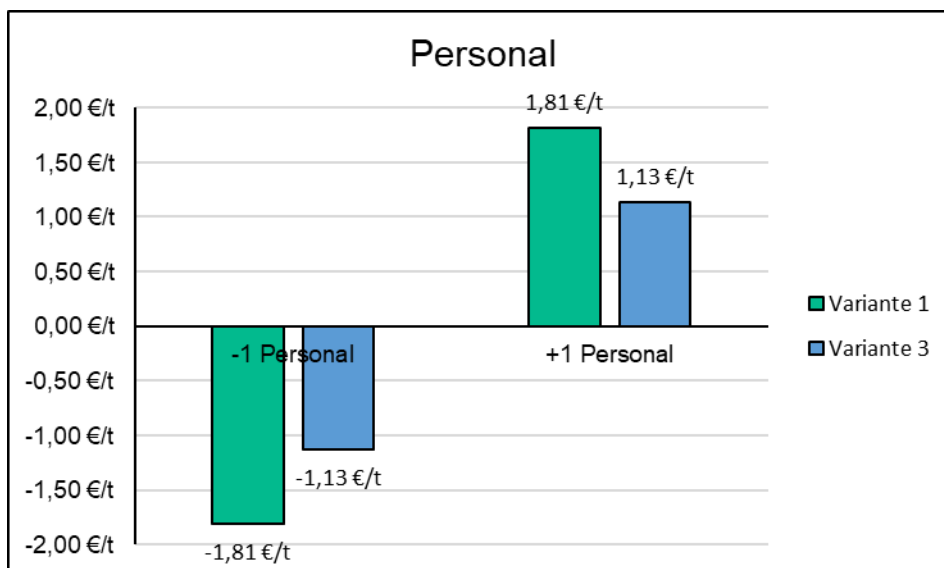


Abbildung 15: Sensitivität Personal

### Gasertrag

Die Gasproduktion einer Vergärungsanlage hängt zum einen von dem gewählten Verfahren, zum anderen vom Gasbildungspotential des Inputmaterials ab. Auf Grundlage von Erfahrungswerten wurde das Gasbildungspotential abgeschätzt. In der Kostenschätzung wurden konservative Gaserträge von 110 Nm<sup>3</sup>/t für die Pfropfenstromfermentation in Ansatz gebracht. Im Zuge dieser Sensitivitätsbetrachtung wurden davon abweichende Gaserträge von 100 Nm<sup>3</sup>/t und 120 Nm<sup>3</sup>/t betrachtet.

Die Sensitivitäten ist in Abbildung 16 dargestellt.

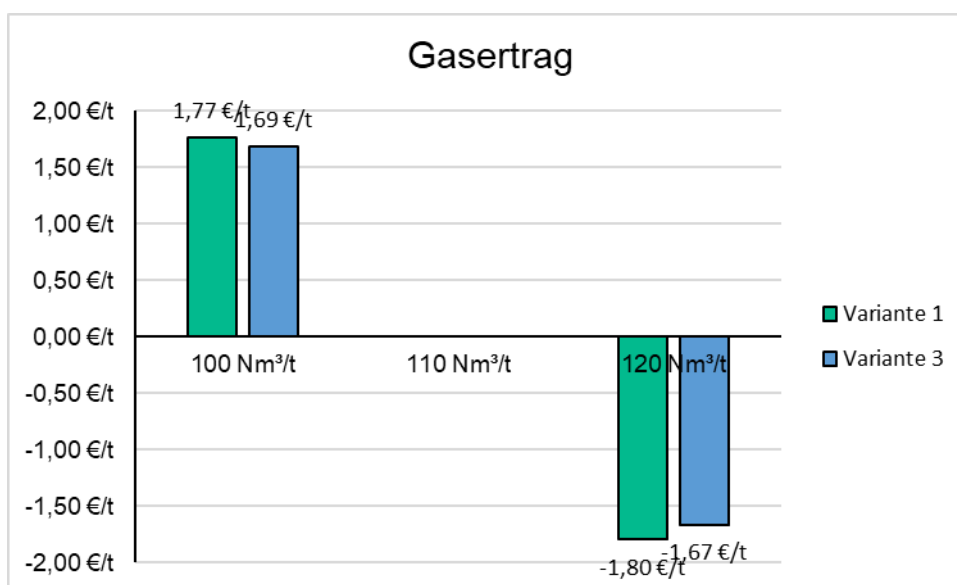


Abbildung 16: Sensitivität Gasertrag

### Fermenterinput

Des Weiteren ist die Gasproduktion abhängig von der Menge, die in den Fermenter gegeben wird. In Variante 1 wird von einem Bioabfallinput in den Fermenter von 16.500 t/a ausgegangen, während in Variante 3 25.000 Tonnen Bioabfall pro Jahr vergoren werden sollen. Es werden die Auswirkungen einer um 10 % erhöhten und verringerten Menge, die in den Fermenter gegeben werden, betrachtet. Die Sensitivität ist in Abbildung 17 dargestellt.

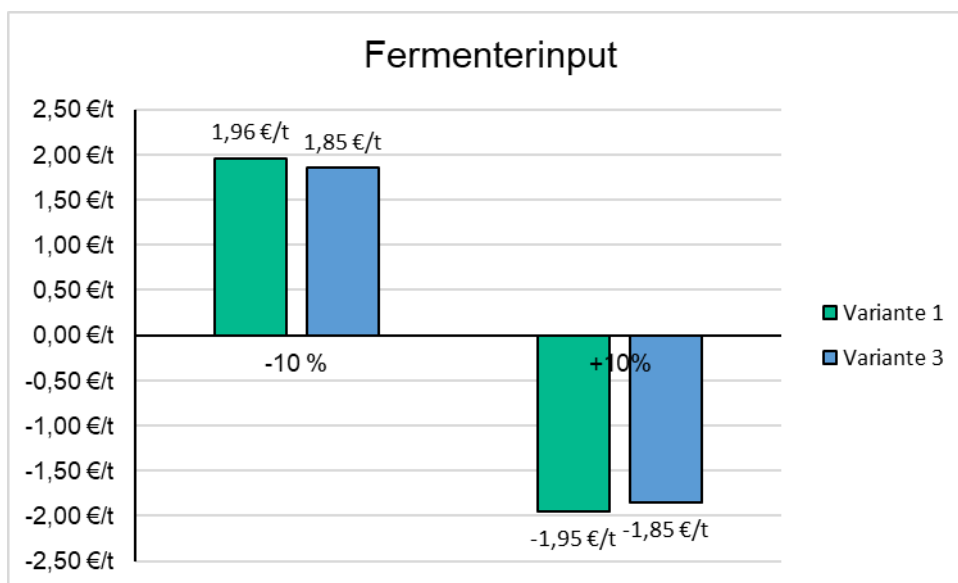


Abbildung 17: Sensitivität Fermenterinput

### Stromverbrauch

Beide Varianten besitzen einen Stromverbrauch, der zu einem Großteil aus der Eigenverstromung des Biogases in den BHKW gedeckt ist. In der Abbildung 18 wird die Sensitivität für den Stromverbrauch aufgezeigt, bei welcher die Effekte eines um 10% verringerten bzw. erhöhten Stromverbrauchs betrachtet werden. Hier wird zudem der Effekt auf Variante 7 gezeigt, bei der das Gas aus einem Pfpfenstromfermenter mit einer Kapazität von 48.000 t/a aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist wird. Durch das Fehlen der Eigenverstromung des Biogases bei Variante 7 ist der Effekt dieser Sensitivität höher als bei der baugleichen Variante 3, bei welcher der benötigte Strom selbst in den Blockheizkraftwerken erzeugt wird.

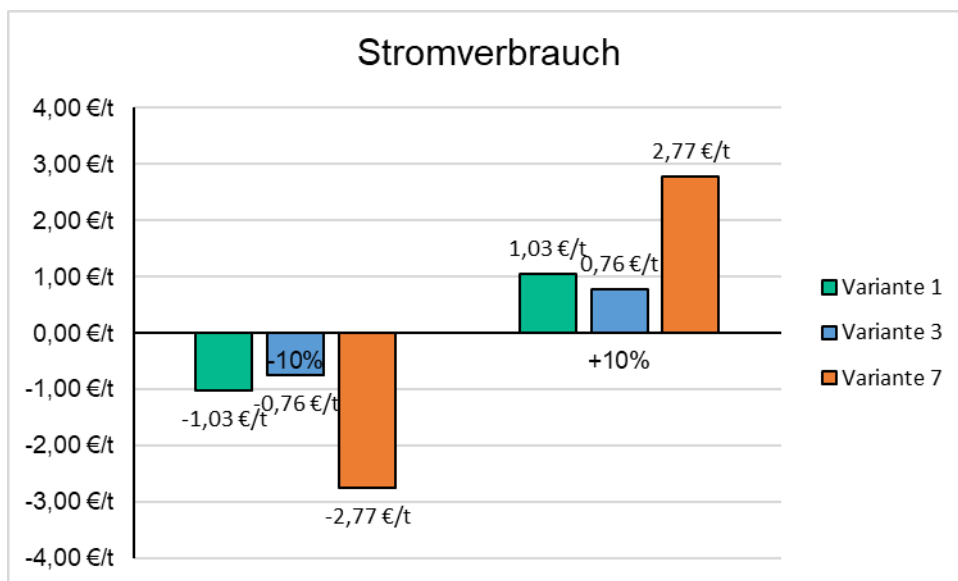


Abbildung 18: Sensitivität Stromverbrauch

### Strompreis

Eine Änderung der Stromkosten wirkt sich aufgrund des hohen Energiebedarfs sichtbar auf die Behandlungskosten aus. Dargestellt ist eine Änderung des Strompreises um jeweils 0,05 €/kWh gegenüber den gemäß Lastenheft vereinbarten 0,3000 €/kWh. Hier wird ausschließlich Variante 7 (große Pfropfenstromvariante mit Gasaufbereitung) betrachtet, da diese Variante aufgrund der fehlenden BHKW auf eine externe Stromversorgung mit den entsprechenden Kosten angewiesen ist. Die Änderungen der Behandlungskosten sind in Abbildung 19 dargestellt.

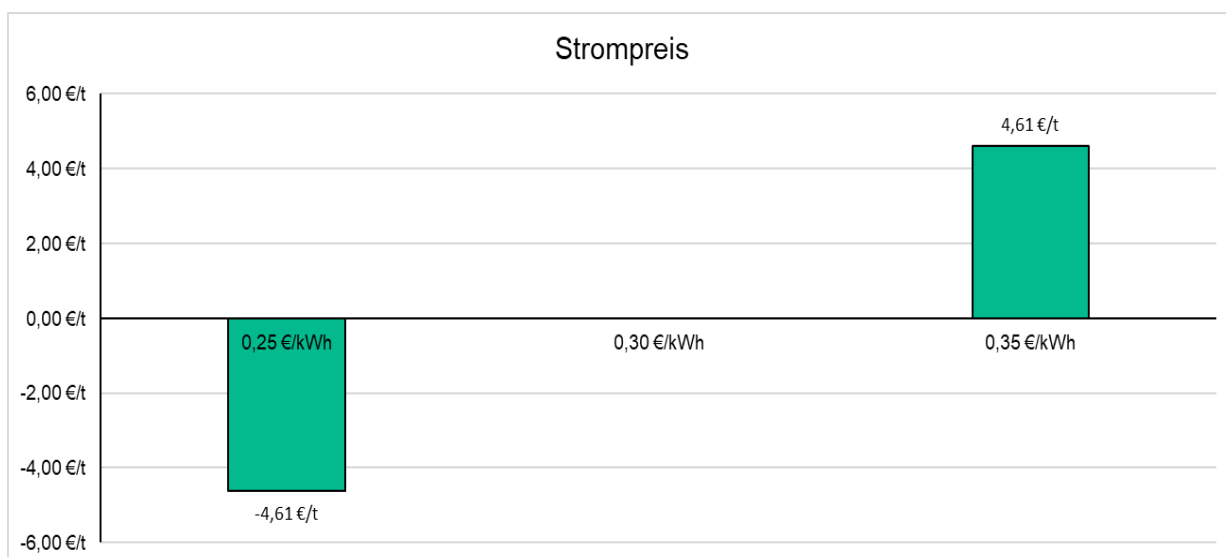


Abbildung 19: Sensitivität Strompreis

## Anlagenkapazität

Da in der vorliegenden Planungsphase mehrere Varianten mit unterschiedlichen Kapazitäten betrachtet werden, wurde ebenfalls eine Sensitivität, die diese Unterschiede berücksichtigt, erstellt. Hierbei wird ausgehend von den geplanten Kapazitäten von 30.000 t/a (Variante 1) und 48.000 t/a (Variante 3) jeweils ermittelt, welche Folgen eine Verringerung bzw. Erhöhung dieser Kapazitäten um 1.000 Tonnen pro Jahr zur Folge hätte und in Abbildung 20 dargestellt.

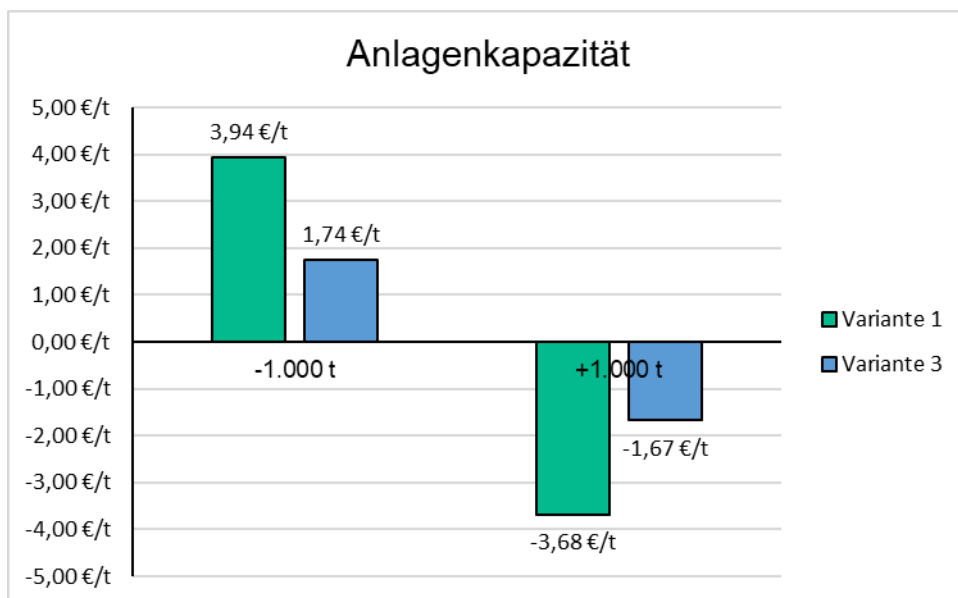


Abbildung 20: Sensitivität Anlagenkapazität

### Vergütung Biomethan

Unter anderem bei Variante 7 ist zudem noch die Vergütung des aufbereiteten Biogases von Bedeutung, welche im Lastenheft mit 9,0 Cent/kWh angegeben wurde. In Abbildung 21 wird die Sensitivität betrachtet für den Fall, dass die Vergütung auf 8,4 Cent/kWh fällt bzw. auf 10,4 Cent/kWh steigt.

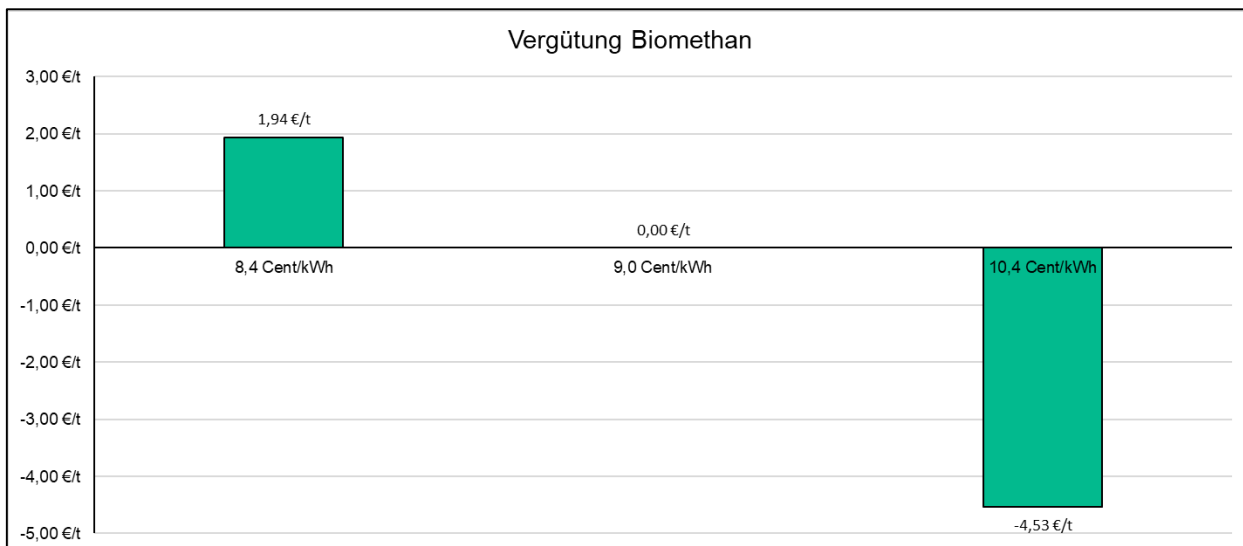


Abbildung 21: Sensitivität Vergütung Biomethan

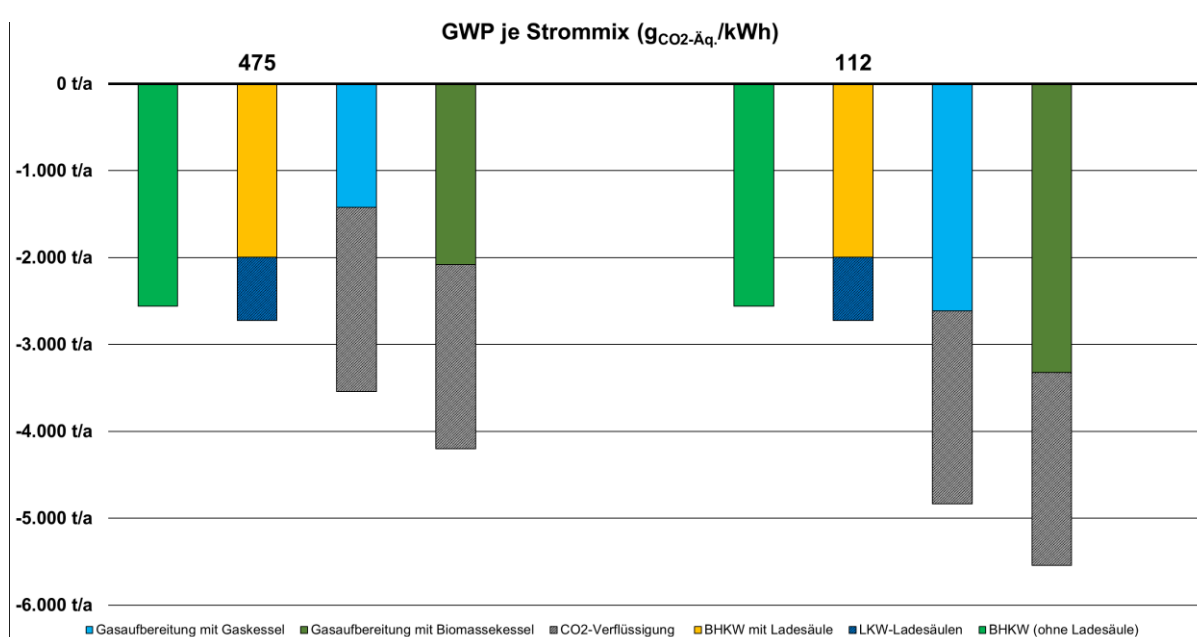
## 6 Ökologie

Die Betrachtung der Ökologie spielt ebenfalls eine große Rolle in Hinblick auf die Entscheidungsfindung zur favorisierten Variante. In der nachfolgenden Tabelle 3 werden die CO<sub>2</sub>-Einsparungen der Verstromung des Biogases mit den CO<sub>2</sub>-Einsparungen der Gasaufbereitung verglichen. Es handelt sich jeweils um die Werte, die aus dem Betrieb der Pfpfenstromfermentation mit einem Durchsatz von 48.000 Tonnen Bioabfall pro Jahr resultieren.

Bei den ersten vier Säulen handelt es sich um die Grundannahme, dass sich im deutschen Stromnetz ein Strommix befindet, der ca. 475 g<sub>CO2</sub>-Äq. pro Kilowattstunde emittiert. Dies entspricht in etwa dem Strommix aus dem Jahr 2023. Hier ist zu sehen, dass die Biogasaufbereitung in diesem Aspekt ökologischer ist im Vergleich zur Verstromung unter der Voraussetzung, dass zusätzlich das abgeschiedene Kohlendioxid verflüssigt und genutzt wird. Der Effekt ist umso größer, wenn für die Wärmegestehung Biomasse statt Gas verwendet wird. Bei der Verstromung des Biogases ist zu sehen, dass sich CO<sub>2</sub>-Einsparungen erhöhen, wenn zusätzlich LKW-Ladesäulen installiert werden und die betriebseigene LKW-Flotte damit geladen wird, da so Diesel substituiert werden kann.

Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland wird der Strommix im deutschen Netz nachhaltiger und so sollen bis 2030 die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro erzeugter Kilowattstunde Strom auf 112 g<sub>CO2</sub>-Äq. fallen. Dies hat zur Folge, dass der ökologische Effekt der energieintensiven Gasaufbereitung größer wird, da der genutzte Strom nachhaltiger ist und dadurch die Nutzung dieser Technologie ebenfalls nachhaltiger wird. Auf die Verstromung des Biogases hat das keinen Effekt, da diese Technologie nicht von einer externen Stromversorgung abhängig ist.

**Tabelle 3: global warming potential (GWP) der Gasnutzungsvarianten**





## 7 Nutzwertanalyse und Empfehlung

Auf der Basis der Vorplanung, die in diesem Bericht zusammengefasst ist, empfiehlt pbo unter Berücksichtigung der nachfolgend genannten Aspekte die Errichtung einer Vergärungsanlage im Pfropfenstromverfahren mit anschließender Verstromung des Biogases in einem Blockheizkraftwerk.

Der Gesamtanlageninput der Anlage beläuft sich zukünftig auf bis zu 52.000 Tonnen Bioabfall jährlich, wovon bis zu 25.000 Tonnen der Fermentation zur Gewinnung von Biogas zugeführt werden sollen. Der verbleibende Bioabfall, der Gärrest und das Strukturmaterial werden in der Intensivrotte zu Kompost abwasserfrei verarbeitet. Das Strukturmaterial wird durch die Feinaufbereitung vom Kompost getrennt, von Störstoffen befreit und im Kreislauf geführt.

Im Rahmen des Vorplanungsberichts wurden vor allem die Unterschiede zwischen der großen Pfropfenstrom- (Variante 3) und der großen Perkolationsvariante (Variante 4) ausgearbeitet, die das Biogas im Anschluss in einem Blockheizkraftwerk verstromen. Die nachfolgenden Tabellen sollen einen Überblick der Vor- und Nachteile der verschiedenen Fermentationstypen und Gasnutzungen verschaffen und darstellen, weshalb von Seiten der pbo Ingenieurgesellschaft mbH die Errichtung der Pfropfenstromfermentation mit anschließender Verstromung des Biogases empfohlen wird.

### 7.1 Fermentertechnik

#### Investitionskosten

Bei dem zuerst betrachteten Kriterium handelt es sich um die Investitionskosten, die mit einer Gewichtung von 15% in die Gesamtbetrachtung eingehen. Wie Tabelle 4 zu entnehmen ist, sind die zu tätigen Investitionskosten nahezu identisch. Aus diesem Grund erhalten sowohl die Pfropfenstromanlage (Variante 3) als auch die Perkolationsanlage (Variante 4) jeweils 0,75 Punkte.

**Tabelle 4: Entscheidungsfindung Investitionskosten**

		Rang	2	1
		Summe der Punkte	0,75	0,75
Kriterium	Gewichtung		Pfropfenstrom	Perkolation
Investitionskosten	15%	Pauschal festpreis	41.594.620 €	41.585.210 €
		Mehrpreis	+9.410 €	
		Punkte	5,00	5,00
		<b>Gesamtpunkte</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>
$\text{Gesamtpunkte} = 5 \left( 1 - \frac{\text{Mehrpreis zum 1. Investitionskosten}}{\text{Preis 1. Investitionskosten}} \right) * \text{Wichtungsfaktor}$				

### Betriebskosten

Die Bedeutung der Betriebskosten wurde mit 30% höher angesetzt, sodass dieses Kriterium stärker gewichtet wird. Da die Pfropfenstromfermentation ca. 200.000 € pro Jahr günstiger ist als die Perkulationsfermentation, erreicht diese mit 1,50 eine höhere Punktzahl.

**Tabelle 5: Entscheidungsfindung Betriebskosten**

		Rang	1	2
		Summe der Punkte	1,50	1,42
Kriterium	Gewichtung		Pfropfenstrom	Perkolation
Betriebskosten	30%	Pauschalfestpreis	3.929.600 €/a	4.132.500 €/a
		Mehrpreis		202.900 €/a
		Punkte	5,00	4,74
		<b>Gesamtpunkte</b>	<b>1,50</b>	<b>1,42</b>
$\text{Gesamtpunkte} = 5 \left( 1 - \frac{\text{Mehrpreis zum 1. Betriebskosten}}{\text{Preis 1. Betriebskosten}} \right) * \text{Wichtungsfaktor}$				

### Anlagenhandling/Betriebssicherheit

Dieses Kriterium wird ebenfalls mit 30% angesetzt. Hierbei wurden verschiedene Aspekte der täglichen Handhabung der Anlage betrachtet.

So kann die Pfropfenstromvariante automatisch betrieben werden, während die Perkolationstunnel der Perkulations-Fermentation mit Radladern ausgetragen werden müssen. Dadurch erhält die erstgenannte Variante einen Punkt und die Perkulationsfermentation keinen.

Jedoch schaffen die bis zu 12 Tunnel der Perkulations-Fermentation eine Redundanz. Sollte das biologische System, das den Bioabfall vergärt, in einem der Tunnel kippen, so kann die Vergärung in den übrigen Tunneln weiterhin stattfinden. Geschieht dies im Pfropfenstromfermenter, so steht die Anlage für mehrere Monate still, bis sich das biologische System regeneriert hat. Dadurch erhält die Perkulationsfermentation für diesen Aspekt den Punkt.

Da sich mit der Zeit in den Leitungen der Perkulationsfermentation Struvit ablagert, muss dieses alle 3-4 Jahre entfernt werden, was eine vorübergehende Stilllegung der Anlage bedingt. Dieses Problem existiert für die Pfropfenstromfermentation nicht, weshalb diese den Punkt erhält.

Die Automatisierung des Prozesses der Pfropfenstromfermentation ist mit einem hohen Technisierungsgrad verbunden. Dies ist bei der Perkulationsfermentation nicht notwendig, weshalb der Punkt an diese Variante vergeben wird.

Aufgrund der Vielzahl der Tunnel bei der Perkulations-Fermentation müssen mehrere Vergärungsprozesse parallel gesteuert und überwacht werden, was mit Personalaufwand verbunden ist. Dieser Aufwand ist bei einem Pfropfenstromfermenter entsprechend reduziert, weshalb diese Variante für diesen Aspekt vorteilhafter ist.

Insgesamt erhält die Pfropfenstromvariante 3 Punkte, während die Perkulationsfermentation 2 Punkt bekommt. Aufgrund der Gewichtung von 30% fließen so 0,90 Punkte beziehungsweise 0,60 Punkte in die Gesamtbilanz.

**Tabelle 6: Entscheidungsfindung Anlagenhandling/Betriebssicherheit**

		Rang	1	2
		Summe der Punkte	0,90	0,60
Kriterium	Gewichtung		Pfropfenstrom	Perkolation
Anlagenhandling / Betriebssicherheit	30%	Ist ein Automatikbetrieb möglich und vorgesehen?	1	0
		Redundanz im biologischen System	0	1
		Regelmäßige Wartungsarbeiten, die einen Stillstand bedingen	1	0
		notwendiger Technisierungsgrad	0	1
		Prozessüberwachung, Prozesseinstellung & Analyse	1	0
		Punkte	3,00	2,00
<b>Gesamtpunkte</b>		<b>0,90</b>	<b>0,60</b>	

### Gasertrag

Die Bedeutung des Gasertrages wurde mit 10% vergleichsweise niedrig angesetzt. Jedoch ist der Gasertrag schon teilweise in den Betriebskosten berücksichtigt, da die Erlöse aus dem Verkauf des erzeugten Stromes dort miteinfließen.

Da der spezifische Gasertrag in einem Pfropfenstromfermenter mit ca. 110 Nm<sup>3</sup>/t höher liegt als bei der Perkulationsfermentation (ca. 90 Nm<sup>3</sup>/t), entsteht bei dieser Variante insgesamt mehr Gas, wie Tabelle 7 entnommen werden kann.

**Tabelle 7: Entscheidungsfindung Gasertrag**

		Rang	1	2
		Summe der Punkte	0,50	0,44
Kriterium	Gewichtung		Pfropfenstrom	Perkolation
Gasertrag	10%	Gasvergütung	2.750.000 m <sup>3</sup> /a	2.394.665 m <sup>3</sup> /a
		Mehrertrag	0 m <sup>3</sup> /a	-355.335 m <sup>3</sup> /a
				-13%
Punkte		5,00	4,35	
<b>Gesamtpunkte</b>		<b>0,50</b>	<b>0,44</b>	
$\text{Gesamtpunkte} = 5 \left( 1 - \frac{\text{Gasertragsdifferenz zum 1. Gasertrag}}{\text{Gasertrag 1. Gasertrag}} \right) * \text{Wichtungsfaktor}$				

### Sonstiges

Weitere Kriterien werden unter Sonstiges zusammengefasst. Überlegen ist die Pfropfenstromfermentation bei möglichen Gasnutzungsoptionen, da bei der Perkulationsfermentation die Implementierung einer Methanaufbereitung mit hohem technischen Aufwand, wie zum Beispiel einem zusätzlichen Inertisierungsspeicher, verbunden sind.

Außerdem ist bei der Perkulationsfermentation kein vollständig abwasserfreier Betrieb möglich, weshalb die Pfpfenstromvariante hier ebenfalls den Punkt erhält.

Beide Variante haben einen identischen Platzbedarf, sodass beide gleich bewertet werden. Die Perkulationsvariante könnte in Zukunft um einzelne Tunnel erweitert werden, wodurch eine modulare Erweiterung möglich ist, während die Kapazität von Pfpfenstromfermentationen weniger kleinschrittig nachgerüstet werden kann.

Für die Pfpfenstromfermentation gibt es vier Hersteller auf dem europäischen Markt, während es für die Perkulations-Fermentation drei sind. Dementsprechend wurden hier 1 und 0,75 Punkte vergeben.

**Tabelle 8: Entscheidungsfindung Sonstiges**

		Rang	1	2
		Summe der Punkte	0,60	0,41
Kriterium	Gewichtung		Pfpfenstrom	Perkolation
Sonstiges	15%	Sind alle Gasnutzungsoptionen möglich bzw. ohne technischen Aufwand umrüstbar	1	0
		Abwasserfreiheit	1	0
		Platzbedarf	1	1
		modulare Erweiterungsoption der Vergärungsstufe	0	1
		Verfügbarkeit am Markt	1	0,75
		Punkte	4,00	2,75
<b>Gesamtpunkte</b>		<b>0,60</b>	<b>0,41</b>	

## Ergebnis

Insgesamt erhält die Pfpfenstromvariante 4,25 Punkte und die Perkulationsfermentation 3,62 Punkte, weshalb die Pfpfenstromfermentation für den AWB Ahrweiler als vorteilhafter gesehen wird.

**Tabelle 9: Entscheidungsfindung Ergebnis**

	Gewichtung	Pfpfenstrom	Perkolation
Investitionskosten	15%	0,75	0,75
Betriebskosten	30%	1,50	1,42
Anlagenhandling / Betriebssicher	30%	0,90	0,60
Gasertrag	10%	0,50	0,44
Sonstiges	15%	0,60	0,41
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>100%</b>	<b>4,25</b>	<b>3,62</b>

## 7.2 Gasnutzung

Im Folgenden werden jeweils Pfpfenstromfermenter mit einem Durchsatz von 48.000 Tonnen Bioabfall pro Jahr mit unterschiedlicher Nutzung des erzeugten Biogases gegenübergestellt. Dies entspricht den Varianten 3 und 7. So wird sowohl die Verstromung des Gases in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) als auch die Aufbereitung des Gases auf Erdgasqualität betrachtet. Dies entspricht den Varianten 3 und 7.

### Investitionskosten

Die Biogasaufbereitung ist im Vergleich knapp 4 Millionen € teurer, weshalb die BHKW-Variante mehr Punkte erhält.

**Tabelle 10: Entscheidungsfindung Investitionskosten Gasnutzung**

		Rang	1	2
		Summe der Punkte	0,75	0,68
Kriterium	Gewichtung		BHKW	Gasaufbereitung
Investitionskosten	15%	Pauschalpreis	41.594.620 €	45.569.840 €
		Mehrpreis		+3.975.220 €
		Punkte	5,00	4,52
		<b>Gesamtpunkte</b>	<b>0,75</b>	<b>0,68</b>
Gesamtpunkte = $5 \left( 1 - \frac{\text{Mehrpreis zum 1. Investitionskosten}}{\text{Preis 1. Investitionskosten}} \right) * \text{Wichtungsfaktor}$				

### Betriebskosten

Darüber hinaus ist der Betrieb der Vergärungsanlage mit nachgeschalteter Gasaufbereitung um ca. 23% teurer, was einem Unterschied von mehr als 900.000 € pro Jahr entspricht.

**Tabelle 11: Entscheidungsfindung Betriebskosten Gasnutzung**

		Rang	1	2
		Summe der Punkte	1,50	1,15
Kriterium	Gewichtung		BHKW	Gasaufbereitung
Betriebskosten	30%	Betriebskosten €/t	3.929.600 €/a	4.838.700 €/a
		Mehrpreis		909.100 €/a
		Punkte	5,00	3,84
		<b>Gesamtpunkte</b>	<b>1,50</b>	<b>1,15</b>
Gesamtpunkte = $5 \left( 1 - \frac{\text{Mehrpreis zum 1. Betriebskosten}}{\text{Preis 1. Betriebskosten}} \right) * \text{Wichtungsfaktor}$				

### Anlagenhandling/Betriebssicherheit

Aufgrund des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) ist eine langfristige vertragliche Sicherheit in Bezug auf die Vergütung des Stromes sichergestellt. Die Vergütung von aufbereitetem Gas hingegen ist volatil und unterliegt den teils starken Schwankungen des Weltmarktes. Aufgrund der Vertragssicherheit der Vergütung des Stromes, wurde in diesem Aspekt der Punkt an das BHKW vergeben.

Einen weiteren Punkt erhält die BHKW-Variante, da diese aufgrund der Installation von zwei Blockheizkraftwerken redundant ist.

Beide Anlagen sind jedoch wartungsarm und es sind keine längeren geplanten Stillstände zu erwarten, weshalb hier beide Optionen den Punkt erhalten.

Da die erzeugte Energie im Gas gespeichert ist, kann diese Energie flexibler genutzt werden. Aufgrund dieser Tatsache erhält die Gasaufbereitung den Punkt.

Zuletzt ist die Handhabung von Blockheizkraftwerken einfacher als die Gasaufbereitung, da diese mit aufwändigen Prozessüberwachungen und Analysen einhergeht. Daher erhält die BHKW-Variante den Punkt.

**Tabelle 12: Entscheidungsfindung Anlagenhandling Gasnutzung**

		Rang	1	2
		Summe der Punkte	1,20	0,60
Kriterium	Gewichtung		BHKW	Gasaufbereitung
Anlagenhandling / Betriebssicherheit	30%	Ist eine langfristige Vertragssicherheit gegeben?	1	0
		Redundanz im Energienutzungssystem	1	0
		Regelmäßige Wartungsarbeiten, die einen Stillstand bedingen	1	1
		Energienutzungsoptionen	0	1
		Prozessüberwachung, Prozesseinstellung & Analyse	1	0
		Punkte	4,00	2,00
		<b>Gesamtpunkte</b>		<b>1,20</b>

## Ökologie

Als letztes Kriterium wurde die Ökologie betrachtet, die mit 25% relativ stark gewichtet wurde. Die CO<sub>2</sub>-Einsparungen der Gasaufbereitung inklusive Kohlendioxid-Verflüssigung sind mit 38% deutlich höher als die Einsparungen der BHKW-Variante.

**Tabelle 13: Entscheidungsfindung Ökologie Gasnutzung**

		Rang	2	1
		Summe der Punkte	0,78	1,25
Kriterium	Gewichtung		BHKW	Gasaufbereitung
Ökologie	25%	CO <sub>2</sub> -Einsparungen	2.561 tCO <sub>2</sub> /a	4.120 tCO <sub>2</sub> /a
		Unterschied	-1.559 tCO <sub>2</sub> /a	
			38%	
		Punkte	3,11	5,00
		<b>Gesamtpunkte</b>	<b>0,78</b>	<b>1,25</b>

## Ergebnis

Insgesamt erhält die Verstromung des Gases mehr Punkte, weshalb diese Option der Gasnutzung für den AWB Ahrweiler empfohlen wird.

**Tabelle 14: Entscheidungsfindung Ergebnis Gasnutzung**

	Gewichtung	BHKW	Gasaufbereitung
Investitionskosten	15%	0,75	0,68
Betriebskosten	30%	1,50	1,15
Anlagenhandling / Betriebssicherheit	30%	1,20	0,60
Ökologie	25%	0,78	1,25
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>100%</b>	<b>4,23</b>	<b>3,68</b>

### 7.3 Fazit

Wie den gezeigten Tabellen zu entnehmen ist, überwiegen die Vorteile der Pfropfenstromfermentation die Vorteile der Perkulationsfermentation. Des Weiteren wird auch die Verstromung des Biogases als vorteilhafter angesehen, sodass die Errichtung einer Pfropfenstromfermentation mit anschließender Verstromung in Blockheizkraftwerken von der pbo Ingenieurgesellschaft mbH empfohlen wird.

Aufgestellt durch:

pbo Ingenieurgesellschaft mbH  
Alfonsstraße 44  
52070 Aachen

Aachen, 14.12.2023

gez. Dr. Grünbein

**Anlage 1:**  
**Lastenheft Stand 13.12.2023**



**Anlage 2:**  
**Kostenschätzung Stand 06.12.2023**

**Anlage 3:**  
**Zeichnungen Stand 06.12.2023**

## **Anlage 4:**

### **Statik**