



Witzenhausen-Institut

Abschlussbericht

Erarbeitung und Bewertung optimierter
Stoffstrom- und Energienutzungskonzepte
für die Vergärungsanlage Leonberg



Erarbeitung und Bewertung optimierter Stoffstrom- und Energienutzungskonzepte für die Vergärungsanlage Leonberg

Auftraggeber (AG)

Abfallwirtschaftsbetrieb Böblingen
Parkstraße 16
71034 Böblingen



Bieter / Auftragnehmer (AN)

Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH
Werner-Eisenberg-Weg 1
37213 Witzenhausen
Telefon: 05542 9380-0
E-Mail: info@witzenhausen-institut.de



Inhaltverzeichnis

1	Veranlassung und Projektdurchführung	7
1.1	Rechtlicher Rahmen	7
1.2	Verfügbare Technik	7
1.3	Fragestellung und Zielsetzung.....	9
1.4	Projektdurchführung	11
2	Grundlagenermittlung am Standort	12
2.1	Gärrestverwertung im landwirtschaftlichen Kontext des Landkreises Böblingen	12
2.2	Anlagenbeschreibung Vergärungsanlage Leonberg	14
2.2.1	Allgemeines.....	14
2.2.2	Verfahrens- und Anlagenbeschreibung.....	14
2.2.3	Zusammenfassende Schwachstellenanalyse und Optimierungspotenziale.....	18
3	Optimierter Anlagenbetrieb nach EEG	19
3.1	Flexibilisierung der Stromeinspeisung	19
3.1.1	Forderung nach Flexibilisierung von Bioenergie-Anlagen	19
3.1.2	Förderung EEG	19
3.1.3	Ausgangssituation der Vergärungsanlage Leonberg	20
3.1.4	Konzept zur Flexibilisierung der Stromerzeugung.....	20
3.2	Eigenstromnutzung.....	21
4	Technisch-konzeptionelle Optionen zur Optimierung des Anlagenbetriebs	22
4.1	Festlegungen und Planungsrahmen	22
4.2	Lösungsansätze	23
4.2.1	Variante A	23
4.2.2	Variante B	25
4.2.3	Variante A ^{plus}	27

5	Genehmigungsrechtliche Auswirkungen	30
5.1	Aktuelle Genehmigungssituation	30
5.1.1	Darstellung der Genehmigungssituation der Vergärungsanlage Leonberg	30
5.1.2	Beurteilung der Genehmigungssituation der Vergärungsanlage Leonberg	31
5.1.3	Exkurs: Einstufung als E-Anlage.....	32
5.2	Genehmigungsrechtliche Auswirkungen auf die Umsetzung der Planungskonzepte	32
5.2.1	Allgemeine Auswirkungen und Anforderungen	32
5.2.2	Zu erwartende Nebenbestimmungen.....	33
5.2.3	Spezielle Auswirkungen bei Umsetzung der Varianten.....	34
6	Wirtschaftliche Betrachtung der Varianten	36
6.1	Berechnungsgrundlagen und Vorbemerkungen zu den wirtschaftlichen Betrachtungen	36
6.2	Wirtschaftlichkeit	38
6.2.1	Investitionskosten.....	38
6.2.2	Betriebs- und Entsorgungskosten.....	41
6.2.3	Erlöse.....	44
6.2.4	Behandlungskosten.....	46
7	Ökologische Betrachtung der Varianten	47
8	Gesamtbewertung und Fazit.....	48
9	Anhang	52
9.1	Literatur	52
9.2	Fließbilder und Aufstellungsskizzen der Varianten.....	53

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Eingesetzte Vergärungstechnik in deutschen Bioabfallvergärungsanlagen Quelle: /3/	8
Abb. 2:	Stickstofflieferungen aus Wirtschaftsdüngern inklusive Gärresten 2014 (Quelle: Thünen-Institut)	13
Abb. 3:	Übersichtslageplan der Vergärungsanlage Leonberg.....	15
Abb. 4:	Übersichtslageplan der Vergärungsanlage Leonberg (Quelle: AWB)	15
Abb. 5:	Fließbild Variante A (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)	24
Abb. 6:	Layoutskizze Variante A (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)	24
Abb. 7:	Fließbild Variante B (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)	26
Abb. 8:	Layoutskizze Variante B (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)	26
Abb. 9:	Fließbild Variante A ^{plus} (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)	28
Abb. 10:	Layoutskizze Variante A ^{plus} (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)	28
Abb. 11:	Investitionskostenschätzung für die betrachteten Varianten.....	40
Abb. 12:	Schätzung der spezifischen Kapitalkosten	41
Abb. 13:	Schätzung der spezifischen Betriebs- und Entsorgungskosten	44
Abb. 14:	Schätzung der spezifischen Erlöse	45
Abb. 15:	Schätzung der spezifischen NETTO-Behandlungskosten und Gegenüberstellung zum Ist-Stand 2014	46
Abb. 16:	Fließbild Variante A.....	53
Abb. 17:	Layoutskizze Variante A.....	54
Abb. 18:	Fließbild Variante B.....	55
Abb. 19:	Layoutskizze Variante B.....	56
Abb. 20:	Fließbild Variante A ^{plus}	57
Abb. 21:	Layoutskizze Variante A ^{plus}	58

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Kostenschätzung – Stoffströme	37
Tab. 2:	Auflistung der wesentlichen erforderlichen Investitionsmaßnahmen und Zuordnung zu den Kostengruppen (DIN 276) sowie Grundlagen der Kapitalkostenschätzung	39
Tab. 3:	Kalkulation der Investitions- und Kapitalkosten – Zusammenstellung der berücksichtigten Kostenpositionen in Anlehnung an die DIN 276.....	40
Tab. 4:	Auflistung der wesentlichen Ansätze zur Abschätzung der Betriebs- und Entsorgungskosten	42
Tab. 5:	Schätzung der Betriebs- und Entsorgungskosten.....	43
Tab. 6:	Schätzung der Erlöse.....	45
Tab. 7:	Schätzung der NETTO-Behandlungskosten.....	46
Tab. 8:	Bewertungsmatrix für die Optimierung der Biogutvergärungsanlage Leonberg	48
Tab. 9:	Bewertungsmatrix für die Optimierung der Biogutvergärungsanlage Leonberg	59

1 Veranlassung und Projektdurchführung

Der Abfallwirtschaftsbetrieb Böblingen (AWB) betreibt seit 2004 eine integrierte Vergärungs- und Kompostierungsanlage für kommunale Bioabfälle. Die Anlage ist für eine Durchsatzleistung von 36.500 Mg/a genehmigt, diese Größenordnung wurde allerdings in den vergangenen Jahren nicht erreicht. Basierend auf verschiedenen vertraglichen Vereinbarungen werden Übermengen an anderen Standorten verwertet. Die Anlage bleibt hinsichtlich wesentlicher Parameter (z. B. Durchsatz, Energieerzeugung, Behandlungskosten etc.) hinter den Erwartungen des Betreibers zurück. Insbesondere wird die Trocknungseinheit für die erzeugten Gärreste als Engstelle im Gesamtprozess angesehen.

Seitens des Abfallwirtschaftsbetriebs wurde ein Optimierungsansatz entwickelt, der sowohl einen Separations- als auch einen Trocknungspfad für die Behandlung der Gärreste aufnimmt. Dadurch werden ein zusätzlicher Nassfermenter mit ergänzender Biogaserzeugung sowie eine neu einzurichtende Kompostierung am Standort integriert. Gleichzeitig wird im Zuge des Anlagenumbaus flüssiger Gärrest als neues Produkt anfallen, für welches Vermarktungsstrukturen aufzubauen sind.

Der AWB beauftragte das Witzenhausen-Institut mit der Prüfung und Bewertung dieses Konzepts und der parallelen Betrachtung weiterer alternativer Varianten für einen optimierten Anlagenbetrieb.

Wegen des übergeordneten Interesses an der Fragestellung mit der Gärrestbehandlung gewährte das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg eine Förderung. Zusammen mit den Ergebnissen der Praxisuntersuchungen an einer weiteren Bioabfallvergärungsanlage in Baden-Württemberg (Anlage in Backnang) werden die Ergebnisse für einen Leitfaden aufbereitet und publiziert.

1.1 Rechtlicher Rahmen

Gemäß den im § 11 des novellierten KrWG formulierten Anforderungen sind ab 01.01.2015 überlassungspflichtige Bioabfälle (gemäß § 3 [7]: Grüngut, Biogut einschließlich Nahrungs- und Küchenabfälle sowie Landschaftspflegeabfälle) getrennt zu erfassen. Im Sinne einer möglichst hochwertigen Verwertung (§ 6 KrWG) ist eine energetisch-stoffliche Kaskadennutzung durch Vergärung in Verbindung mit einer Kompostierung fester Gärreste anzustreben (siehe auch § 45 des EEG 2014).

1.2 Verfügbare Technik

Für die Vergärung (überlassungspflichtiger) kommunaler Bioabfälle,

- vor allem Bioabfälle aus privaten Haushalten (AVV 20 03 01, nachfolgend als „Biogut“ bezeichnet) sowie
- in geringem Umfang auch Garten- und Parkabfälle aus privaten Haushalten (AVV 20 02 01, nachfolgend als „Grüngut“ bezeichnet),

kommen in Deutschland nach einer aktuellen Untersuchung /3/ hauptsächlich Boxen- und Pfropfenstromverfahren zum Einsatz. Die Vor- und Nachteile der jeweiligen Technik sind standortspezifisch abzuwägen (vgl. Abb. 1).

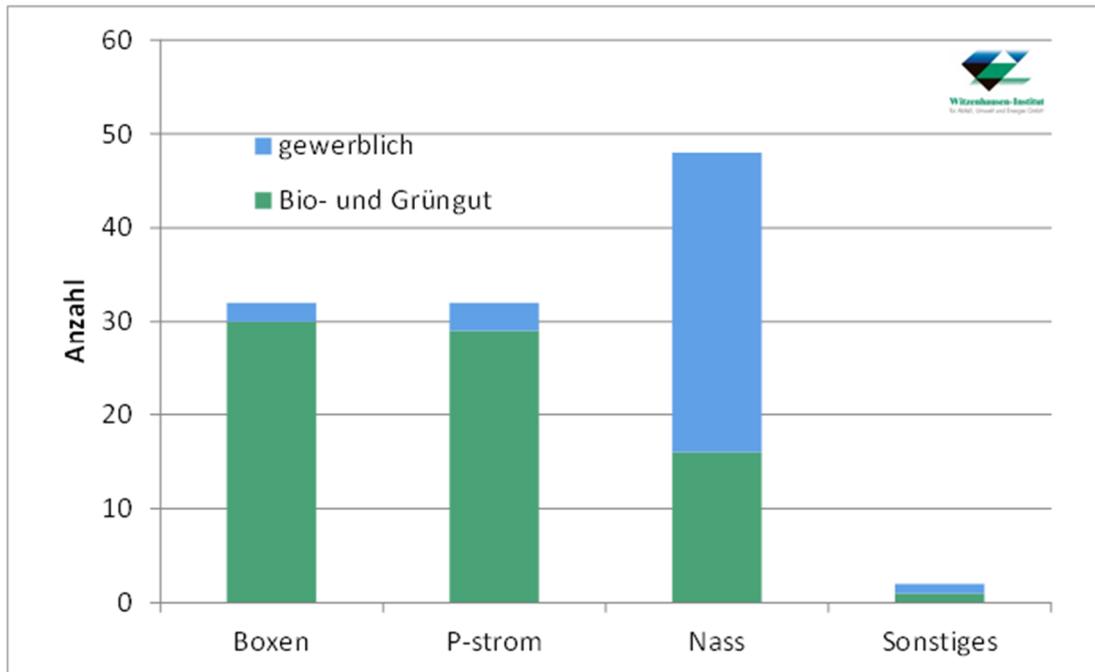


Abb. 1: Eingesetzte Vergärungstechnik in deutschen Bioabfallvergärungsanlagen
Quelle: /3/

In Pfropfenstromvergärungen wird üblicherweise der breiartige Gärrest nach dem Austrag aus dem Fermenter abgepresst und in eine feste (ca. 30 – 40 % TS) und eine flüssige Fraktion (ca. 10 – 18 % TS) getrennt. Je nach Gärmaterial und Einstellung der Presse kann das Mengenverhältnis der Fraktionen variieren, liegt aber meist in Größenordnungen um 50 % : 50 % (Masse). Die Pressen sind in der Regel redundant ausgeführt und verzeichnen einen hohen Aufwand für Wartung und Unterhalt.

Der feste Gärrest wird kompostiert und ist qualitativ kaum von einem Kompost, der durch eine ausschließlich aerobe Behandlung erzeugt wurde, zu unterscheiden. Positiv ist der nach einer Abpressung niedrigere Salzgehalt der Komposte. Die Kompostierung fester Gärreste stellt im Vergleich zur Kompostierung von Biogut höhere Anforderungen an die Technik, spezifische Flächenausstattung der Anlagen und an das Betriebs-Know-how. Insbesondere das Management der TS-Gehalte in den einzelnen Prozessschritten und das Erzielen eines siebfähigen Produkts sind in der Praxis immer wieder zu beobachtende Herausforderungen.

Der flüssige Gärrest ist ein für den Ackerbau geeigneter Flüssigdünger mit schnell pflanzenverfügbaren Nährstoffen (typische Werte je m³: 5-10 kg N; 1-2 kg P; 4-6 kg K). Die entsprechende Transport- und Ausbringtechnik ist im landwirtschaftlichen Umfeld vorhanden. Allerdings

- ist die Ausbringung von Düngemitteln aus Biogut auf Grünland nicht gestattet (BioAbfV § 7 i. V. mit Anhang 1 Nr. 1 Spalte 3).
- ist zukünftig (Entwurf AwSV § 23) ein Lagervolumen für mindestens neun Monate vorzuhalten und ein Havariekonzept (§ 37), i. d. R. in Form einer Umwallung (Retentionsbereich), zu entwickeln (vorgesehene Übergangsfrist für bestehende Anlagen: 5 Jahre).
- müssen die Lagertanks regelmäßig und aufwändig von Sinkschichten befreit werden.
- wird der Wert des flüssigen Gärrests seitens der Landwirtschaft im Vergleich zu Alternativprodukten (Wirtschaftsdünger, Gärreste aus NawaRo-Vergärungsanlagen und ggf. Klärschlamm) geringer bewertet. Ackerbauern sind sich bei den Verhandlungen mit Be-

treibern von Bioabfallvergärungsanlagen durchaus ihrer Monopolstellung für die Verwertung flüssiger Gärreste bewusst; üblicherweise sind für die Ausbringung auf Ackerflächen Zuzahlungen erforderlich.

- sind flüssige Gärreste (mit niedrigen TS-Gehalten) anders als Komposte aus wirtschaftlicher Sicht nur über wenige Kilometer transportwürdig.

Die Pfropfenstrom-Vergärungsanlage Leonberg ist auf die Vermeidung flüssiger Gärreste konzipiert. Dazu kommt vor allem ein Bandtrockner zum Einsatz (siehe Abschnitt 2.2.2).

1.3 Fragestellung und Zielsetzung

Die Aufbereitung und Vergärung des Bioguts verläuft bei der Anlage in Leonberg zufriedenstellend. Der schwierige Verfahrensschritt ist die Überführung des (von der Konsistenz her breiartigen) Gärrests aus der anaeroben in eine aerobe Phase.

Während viele Anlagen (beispielsweise die Anlage in Backnang) auf eine Separation des Gärrests in eine flüssige und eine feste Komponente (mit anschließender Kompostierung der letzteren) setzen, beschreitet die Anlage in Leonberg einen anderen Weg mit der (Teil)Trocknung des gesamten Gärrests und dem dadurch möglichen Verzicht auf die Erzeugung flüssigen Gärrests.

Allerdings hat auch dieses Konzept folgende wesentliche Schwachstellen:

- ein relativ hoher Wärmebedarf für den Trockner (der nicht alleine aus der BHKW-Wärme gedeckt werden kann)
- Schwierigkeiten, eine gleichmäßige Aufgabe des Gärrests auf den Trockner zu erzielen
- im Ergebnis ein tendenziell zu grobkörniges (außen trockenes und innen feuchtes) Trockenprodukt

Dazu sind weitere Punkte am Standort der Anlage Leonberg zu beachten:

- Für die Zwischenlagerung des angelieferten frischen Bioabfalls bietet die Anlieferungshalle in Phasen hohen Anlieferungsaufkommens nicht genügend Lagerkapazitäten. Hilfsweise wird daher zwischenzeitlich eine überdachte Fläche zur Zwischenlagerung genutzt.
- Die Zwischenlagerung rohen Gärrests erfolgt derzeit teilweise, vermischt mit Trockengut, in der Halle.
- Für den weiteren langfristigen Anlagenbetrieb wird für beide beschriebene Arbeits- und Verfahrensschritte eine Optimierung erforderlich.
- Die Platzverhältnisse am Standort sind begrenzt. Erweiterungsmöglichkeiten bieten sich auf dem derzeitig als Containerwechselfläche genutzten Areal.

Darüber hinaus stellt sich Biogasanlagen – auch angesichts der vergleichsweise hohen Stromvergütung – die Herausforderung, zunehmend Systemdienstleistungen zur Stabilisierung der erneuerbaren Stromproduktion aus den fluktuierenden Energien (PV und Windkraft) zur Verfügung zu stellen. Die Fähigkeit zur flexiblen, nachfrageorientierten Stromproduktion wird zu recht gefordert und derzeit auch über den Mechanismus der Gewährung einer Flexibilitätsprämie im EEG (§ 52 und §54 sowie Anlage 3, EEG 2014) auch für bestehende Anlagen gefördert. Vor allem bei Anlagen wie der in Leonberg, die bereits etwa die Hälfte der zwanzigjährigen EEG-

Förderung hinter sich haben, dürfte die langfristige wirtschaftliche Zukunftsfähigkeit u. a. von der Kapazität zur flexiblen Stromeinspeisung abhängen.

Seitens des Abfallwirtschaftsbetriebs wurde ein Ansatz (Variante „A“) entwickelt /2/, der sowohl einen Separations- als auch einen Trocknungspfad für die Behandlung der Gärreste aufnimmt. Dadurch werden ein zusätzlicher Nassfermenter mit ergänzender Biogaserzeugung sowie eine neu einzurichtende Kompostierung am Standort integriert. Gleichzeitig wird im Zuge des Anlagenumbaus flüssiger Gärrest als neues Produkt anfallen, für welches Vermarktungsstrukturen aufzubauen sind.

Das hier beschriebene Vorhaben hatte zum Ziel, das vorliegende Grundkonzept (Variante „A“) im Hinblick auf seine technische und wirtschaftliche Machbarkeit zu prüfen und weiter auszuarbeiten. Wo erforderlich, soll gleichzeitig eine Minimierung des schwieriger zu lagernden und zu verwertenden flüssigen Gärrests erfolgen. Insgesamt sollen die Optimierungen mindestens zur Kostenstabilität, aber möglichst zu einer wirtschaftlichen Verbesserung führen.

Im Zuge der Projektbearbeitung wurde die Stoffflusscharakteristik der Variante „A“ mit dem Ziel modifiziert, die gesamt anfallende Biogutmenge im Fermenter zu vergären. Diese Variante wurde zusätzlich untersucht, sie wird nachfolgend als Variante „A^{plus}“ bezeichnet.

Des Weiteren sollte zum Vergleich ein Konzept zur Teilstromvergärung und Kompostierung am Standort (Variante „B“) ebenfalls auf seine Machbarkeit untersucht werden.

Für die Vergärungsanlage Leonberg wurde konzeptionell untersucht,

- (1) wie die zentrale Aufgabe der Überführung des Gärrests von der anaeroben in die aerobe Phase optimiert werden kann,
- (2) wie dazu die Leistungsfähigkeit des Trocknungsschritts gesteigert werden kann,
- (3) wie die Erzeugung qualitativ hochwertiger Komposte bzw. Flüssigdünger sichergestellt werden kann,
- (4) wie die Anlieferung/Zwischenlagerung und Verarbeitung frischen, unbehandelten Bioabfalls in gekapselten Anlagenbereichen sichergestellt werden kann,
- (5) wie ausreichende Lagerkapazitäten für die erzeugten Produkte unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Ausbringungsfristen und der einschlägigen Rechtsnormen geschaffen werden können,
- (6) wie sich die Flexibilisierung der Stromerzeugung technisch umsetzen lässt und welche wirtschaftlichen Auswirkungen zu erwarten sind,
- (7) wie die regionalen Voraussetzungen für die Vermarktung neu anfallender Stoffströme wie flüssiger Gärrest in der Region beschaffen sind und
- (8) wie ein optimales Verhältnis von anaerob-aerob und rein aerobem Behandlung (Teilstromvergärung) im Hinblick auf Energieerzeugung und -verbrauch sowie qualitativ hochwertiger Gärprodukte einzustellen und umzusetzen ist.

Die zu untersuchenden Alternativen werden technisch, wirtschaftlich und ökologisch betrachtet und ein Vergleich mit dem Ist-Zustand durchgeführt. Als Ergebnis werden neben einer konkreten Handlungsempfehlung für den Abfallwirtschaftsbetrieb Böblingen auch grundlegende Empfehlungen abgeleitet, die in eine Broschüre/Leitfaden, die im Rahmen des übergeordneten Projekts unter Berücksichtigung der Anlagen in Leonberg und Backnang erstellt wird, einfließen.

Die Umsetzung des Konzepts wird mit Landesmitteln im Rahmen des „Kommunalen Investitionsfonds“, kurz KIF, bezuschusst.

1.4 Projektdurchführung

Das Vorhaben wurde von September 2015 bis Mai 2016 bearbeitet. Grundlage der Arbeiten war zu Beginn die Prüfung des durch den Abfallwirtschaftsbetrieb Böblingen erstellten Grundkonzepts der Optimierung des Anlagenbetriebs. Dazu wurden zunächst der Ist-Stand ermittelt und technisch-wirtschaftliche Betriebsdaten ausgewertet. Auf dieser Basis erfolgte die Prüfung und weitere Ausarbeitung des Konzepts im Hinblick auf ein Gesamtanlagenkonzept unter Berücksichtigung weiterer Ausbauschritte einschließlich der Flexibilisierung des Anlagenbetriebs. Parallel wurde vergleichend das alternative Teilstromkonzept ausgearbeitet.

Im Verlauf des Vorhabens fanden drei Gesprächs- und Arbeitstermine auf der Biovergärungsanlage Leonberg statt.

Eine erste Vorstellung und Diskussion der Zwischenergebnisse fand beim Auftraggeber am 19.01.2016 statt. Es wurden Rahmenparameter spezifiziert und weitergehende Zielsetzungen für die Überarbeitung der Varianten festgelegt. Basierend auf dem Zwischenbericht und dem Abstimmungsgespräch erfolgte schließlich die detaillierte technische und wirtschaftliche Überarbeitung der Varianten.

Die Ergebnisse wurden mit dem Abfallwirtschaftsbetrieb am 24.02.2016 in Böblingen diskutiert. Im Anschluss konnte die endgültige Feinausarbeitung der Varianten durchgeführt und im März abgeschlossen werden. Ein zentrales Ergebnis des Abstimmungsgesprächs war, dass auf Wunsch des Abfallwirtschaftsbetriebs eine weitere, dritte Variante ausgearbeitet werden sollte. Diese entspricht der Variante „A“ mit einer modifizierten Stoffstromcharakteristik und wird als „A^{plus}“ bezeichnet.

Alle Ergebnisse waren die Basis für die Erstellung von Fließbildern mit Massen- und Energieströmen sowie von Aufstellungsskizzen für die drei Varianten. Basierend auf diesen Daten und der Ermittlung bzw. Abschätzung der Investitionskosten konnten letztendlich die Wirtschaftlichkeit und die ökologischen Auswirkungen für die drei Varianten bewertet werden.

Parallel erfolgten die Arbeiten zur Einschätzung des regionalen Umfelds der Anlage Leonberg für die Vermarktung flüssiger Gärreste, die Ermittlung der Rahmenbedingungen und Konsequenzen für eine mögliche Flexibilisierung des Anlagenbetriebs sowie die genehmigungsrechtliche Einschätzung des Ist-Zustands und der mit den Anlagenumbauten verbundenen genehmigungsrechtlichen Erfordernisse.

Abschließend wird für das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft sowie das LUBW ein Leitfaden „Hochwertige Gärprodukte aus der Vergärung von Bio- und Grüngut“ erstellt, in dem die Untersuchungen an der Anlage Leonberg eines der beiden darzustellenden Praxisbeispiele sein wird (außerdem Vergärungsanlage Backnang).

2 Grundlagenermittlung am Standort

Für die Grundlagenermittlung wurden von der Abfallwirtschaft Böblingen Betriebsdaten zur Verfügung gestellt. Die Anlage wurde eingehend besichtigt und im Hinblick auf ihre Stärken und Schwächen geprüft. Der verfügbare Platzbedarf wurde in Augenschein genommen und die Verfügbarkeit mit dem Abfallwirtschaftsbetrieb abgestimmt. Die Daten wurden zusammengefasst und ausgewertet. Die daraus resultierenden Stoffströme bilden die erforderliche Basis für die Ausarbeitung der ausgewählten drei Varianten.

2.1 Gärrestverwertung im landwirtschaftlichen Kontext des Landkreises Böblingen

Die Verwertung von Gärresten aus Biogutvergärungsanlagen findet im Regelfall auf landwirtschaftlichen Flächen statt. Während für Komposte wegen ihres höheren TS-Gehalts eine gewisse Transportwürdigkeit besteht, stellt sich dies für flüssige Gärreste anders dar. Für diesen Stoffstrom kommt im Regelfall nur eine Abgabe als Flüssigdünger innerhalb eines gewissen Umkreises um den Anlagenstandort in Frage. Hinzu kommt, dass flüssige Gärreste aus der Biogutvergärung ausschließlich auf ackerbaulich genutzten Flächen ausgebracht werden dürfen, da die Ausbringung auf Grünland nicht gestattet ist (BioAbfV § 7 i. V. mit Anhang 1 Nr. 1 Spalte 3).

Demnach werden für eine Abschätzung der landwirtschaftlichen Verwertungsmöglichkeiten zunächst die Ackerflächen im Umkreis der Anlage betrachtet. Im Landkreis Böblingen werden insgesamt rund 22.000 ha landwirtschaftlich genutzt, wobei der Anteil von Ackerflächen mit knapp 70 % in einem mittleren Bereich liegt (zum Vergleich: Rems-Murr-Kreis 46 %; Regierungsbezirk Stuttgart: 67 %; Deutschland: 71 %).¹

Keine Berücksichtigung findet hier, dass durch regionale Anforderungen, wie hier z. B. QZBW (Qualitätszeichen Baden-Württemberg gesicherte Qualität und Herkunftsangabe), der Einsatz von Gärprodukten aus der Biogutbehandlung weiter eingeschränkt wird.

Für die landwirtschaftliche Verwertung der Gärreste spielen auch noch die Faktoren Viehbesatzdichte sowie Biogasanlagedichte im Landkreis eine Rolle, da die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und/oder NawaRo-Gärresten in direkter Konkurrenz zur Ausbringung der flüssigen Gärreste aus der Biogutvergärung steht. Die Ausbringung der Gülle- und Gärrestmengen ist über die Düngegesetzgebung begrenzt: Nach der Düngeverordnung (DüV) darf nur eine bestimmte Menge Stickstoff (N) je Hektar und Jahr aus organisch und organisch-mineralischen Düngemitteln aufgebracht werden.

Im Landkreis Böblingen werden rund 11.500 Großvieheinheiten gehalten (Großvieheinheit (GV) = 500 kg Lebendgewicht). Somit liegt die Viehbesatzdichte im Landkreis Böblingen bei 0,8 GV/ha Ackerfläche (zum Vergleich: Rems-Murr-Kreis 1,7 GV/ha; Deutschland 1,1 GV/ha; Weser-Ems-Region 2,8 GV/ha). Im Landkreisgebiet werden des Weiteren sieben landwirtschaft-

¹ Die statistischen Daten zur landwirtschaftlichen Flächennutzung und Tierhaltung stammen aus der Regionaldatenbank Deutschland und basieren auf der regelmäßig durchgeführten Agrarstrukturerhebung.

liche Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von rund 4 MW_{el} betrieben². Dies entspricht einer installierten Leistung von ungefähr $0,2 \text{ kW}_{\text{el}}/\text{ha}$ und ist als relativ gering einzustufen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Bedingungen für eine landwirtschaftliche Verwertung der Gärreste als gut eingestuft werden. Es gibt einen relativ hohen Anteil an geeigneten Flächen im Umkreis der Anlage, der Konkurrenzdruck durch Gülle und NawaRo-Gärreste ist nicht besonders stark. Diese Einschätzung wird durch die nachfolgende Auswertung der Stickstofflieferungen bestärkt (vgl. Abb. 2).

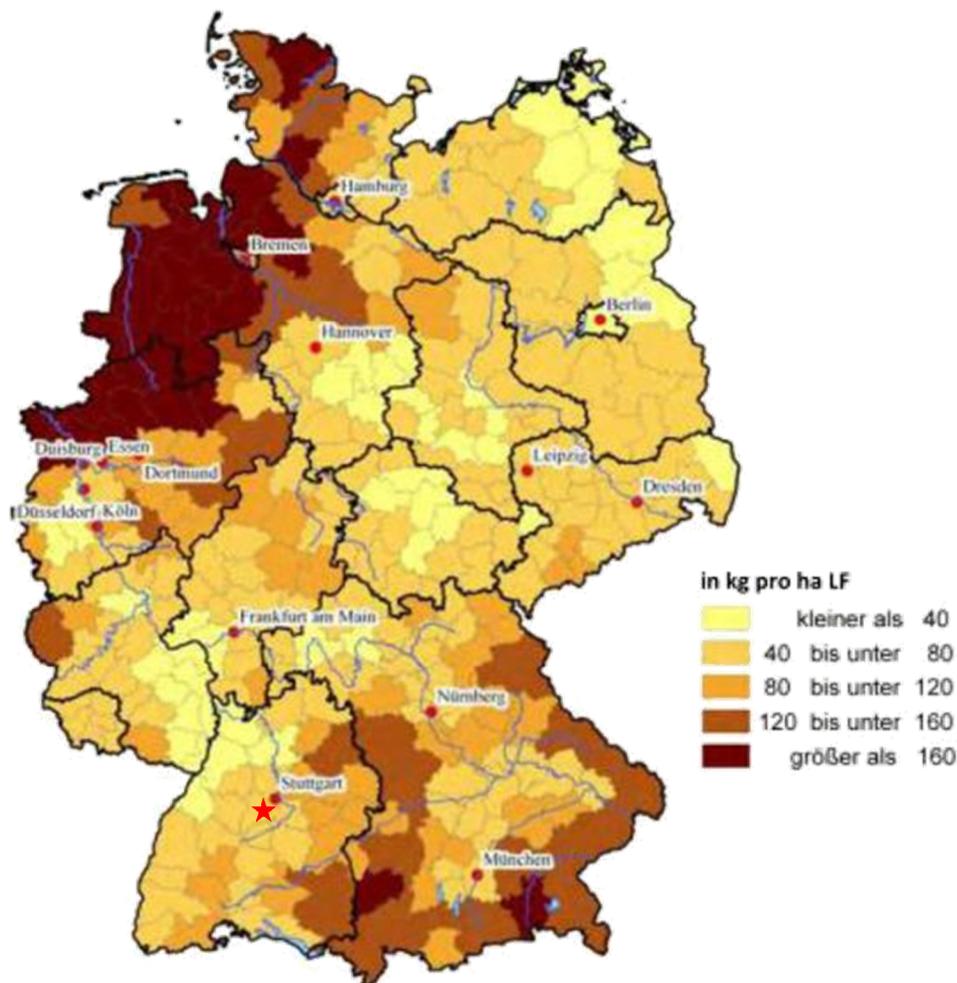


Abb. 2: Stickstofflieferungen aus Wirtschaftsdüngern inklusive Gärresten 2014
(Quelle: Thünen-Institut)

Allerdings steht die dichte Besiedlung im Landkreis der Gärrestnutzung entgegen. Sofern die Planungen für diesen Stoffstrom weiter fortschreiten, müssten weitere Informationen, insbesondere auch den Umkreis des Anlagenstandorts betreffend, eingeholt werden.

² Daten zum Biogasanlagenbestand in Baden-Württemberg 2014 vom Landesamt für die Entwicklung der Landwirtschaft (LEL)

2.2 Anlagenbeschreibung Vergärungsanlage Leonberg

2.2.1 Allgemeines

Der Landkreis Böblingen betreibt bei Leonberg eine Anlage zur Behandlung überlassungspflichtiger Bioabfälle. Diese Anlage wurde 1994 als Kompostwerk errichtet und in den Jahren 2003/2004 zu einer Vergärungsanlage erweitert.

Grundsätzlich stehen für die Behandlung in dieser Anlage

- 39.000 Mg/a Bioabfall aus privaten Haushalten (AVV 20 03 01, nachfolgend als „Biogut“ bezeichnet) sowie
- 1.000 Mg/a Laub und Gras sowie 12.000 Mg Feinmaterial von Häckselplätzen (AVV 20 02 01, nachfolgend als „Grüngut“ bezeichnet)

zur Verfügung.

Die Pfropfenstromvergärung (nach dem OWS-System) hat eine Kapazität von ca. 33.000 Mg/a /1/ bei einer durchschnittlichen Verweilzeit von 14-18 Tagen. Aus dem Gärrest werden über eine Teilstrombehandlung im Bandrockner sowie die Beimischung von Feinhäcksel jährlich etwa 33.000 Mg/a Gemisch hergestellt /2/. Dieses wird zur weiteren Kompostierung an die Anlage in Kirchheim sowie die Firma BEM abgegeben. Weitere 10.000 Mg/a unbehandeltes Biogut werden ebenfalls an die Firma BEM zur weiteren Behandlung gegeben. Durch die Teiltrocknung der Gärreste und Mischung mit Feinhäcksel arbeitet die Vergärungsanlage Leonberg nach dem energetisch effizienten Pfropfenstromprinzip, aber dennoch ohne flüssige Gärreste.

Einen Überblick über die bau- und verfahrenstechnischen Funktionsbereiche geben Abb. 3 und Abb. 4.

2.2.2 Verfahrens- und Anlagenbeschreibung

Nachstehend werden der Prozessablauf, die verfahrenstechnischen Komponenten und bautechnische Ausstattungen der Funktionsbereiche beschrieben. Die Auflistung beschränkt sich auf die zentralen Elemente, schon an dieser Stelle werden Optimierungspotenziale angesprochen.

1. Anlieferung und Aufbereitung

- Das angelieferte Biogut wird in der gekapselten Anlieferhalle in den Flachbunkern abgekippt, mittels Radladern zusammengeschoben und über den Kratzförderer (Hersteller Fa. FLD Smith) auf die Aufbereitungstrecke befördert. Die Anlieferbunker weisen eine Lagerkapazität von gut einem Tag auf.
- Die Aufbereitung im Querstromzerspaner (Hersteller Fa. MeWa) erfolgt quasi kontinuierlich (Schieber 4 sek geschlossen / 2 sek geöffnet). Dadurch kann ein ausreichender Materialaufschluss und eine schonende Zerkleinerung sichergestellt werden, bei der die enthaltenen Fremdstoffe nicht zu stark zerkleinert werden.
- Mittels eines Siebschnitts (60 mm) werden nachgelagert Überkorn/Störstoffe abgeschieden.



- ① geschlossen ausgeführte Annahmehalle mit Aufbereitungsstrecke
- ② Fermenter
- ③ Bandtrockner
- ④ Logistikhalle (gekapselt)
- ⑤ überdachte Rottehalle / Kompostkonfektionierung/-lager
- ⑥ Gasaufbereitung / Gasnutzung (BHKW)
- ⑦ Gasspeicher
- ⑧ Biofilter
- ⑨ Containerwechselfläche

Abb. 3: Übersichtslageplan der Vergärungsanlage Leonberg

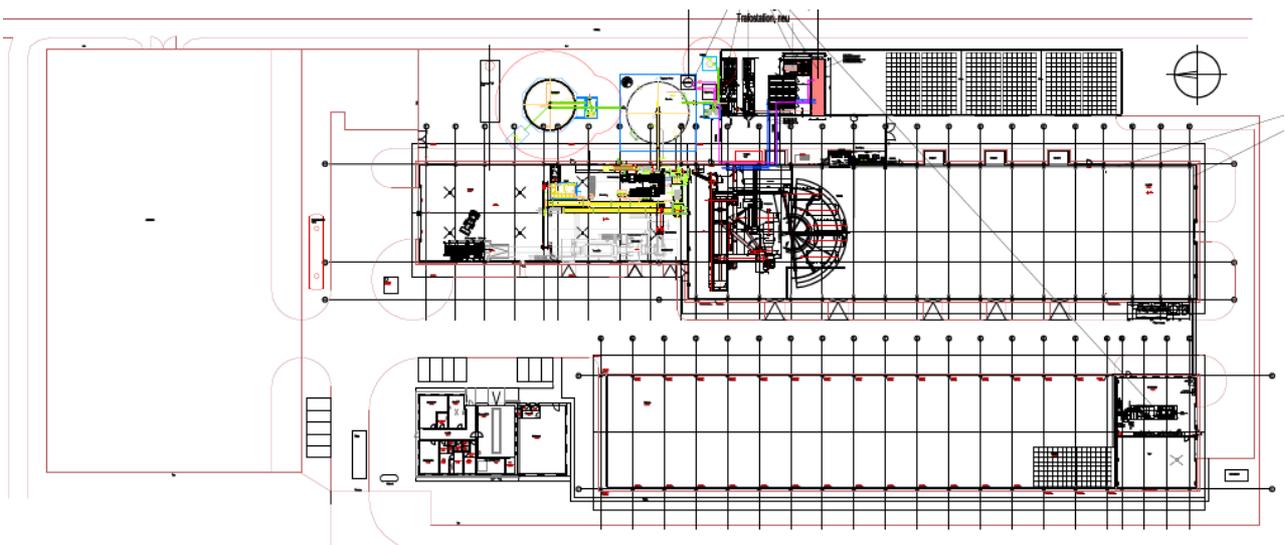


Abb. 4: Übersichtslageplan der Vergärungsanlage Leonberg (Quelle: AWB)

- Eisenmetalle werden mittels eines Fe-Scheiders separiert.
- Der Materialstrom landet danach in dem Vorlagebehälter (ca. 2,5 m³) der Fermenterbeschickung. Wenn der Vorlagebehälter des Fermentereintrags vollständig gefüllt ist, wird der Zufluss kurzzeitig gestoppt, um ein Überlaufen bzw. einen „Rückstau“ zu vermeiden. Sobald im Vorhaltebehälter wieder ausreichend Volumen vorhanden ist, läuft der Bioguteintrag wieder an.
- Die Aufbereitung wird nur betrieben, wenn Personal vor Ort ist (2-Schichtbetrieb). Die Kapazität beträgt 15 Mg/h bis max. 20 Mg/h.
- Sofern die Lagerkapazitäten für frisches Biogut in der Anlieferungshalle, insbesondere im Sommer, nicht ausreichen, wird das Biogut in der überdachten Nachrottehalle bis zur Abholung zwischengelagert. Das dort entstehende Sickerwasser wird erfasst.

2. Fermenter

- Die laut Herstellerangaben verfügbare Fermenterdurchsatzleistung von ca. 33.000 Mg/a /1/ wird derzeit nicht erreicht. In den vergangenen Jahren wurden zwischen 28.000 Mg/a und 29.000 Mg/a Biogut durchgesetzt. Die begrenzenden Faktoren sind im Wesentlichen der mögliche Austrag des Gärrests zur Weiterbehandlung sowie der tatsächliche Durchsatz der Aufbereitungsstrecke.
- Eine Erhöhung der Fermenterbeaufschlagung geht zu Lasten der durchschnittlichen Verweildauer, die derzeit bei ca. 15–20 Tagen liegt. In diesem Fall ist die Sicherstellung der Hygienisierung die zentrale Steuerungsgröße und kann die Möglichkeiten der Durchsatzsteigerung begrenzen.
- Derzeit führt der AWB einen auf drei Monate angelegten Versuch zur Steigerung der wöchentlichen Durchsatzleistung auf ca. 100 Mg/d durch. Weiterhin wird die Fütterung auch an den Wochenendtagen mit jeweils ca. 50 Mg erprobt. In Summe entspricht dies einer jährlichen Fütterungsmenge von ca. 31.000 Mg/a. Aus der Testphase werden Erkenntnisse erwartet, die eine bessere Einschätzung des Steigerungspotenzials zulassen. Die Ergebnisse der Testphase sind abzuwarten.
- Der Gasertrag liegt im Mittel bei ca. 130 Nm³/Mg Fermenterinput bei einer Schwankungsbreite von 125 und 140 Nm³/Mg. Während der Wintermonate werden bis zu 175 Nm³/Mg erreicht.
- Das noch im Gärrest verbliebene Restgaspotenzial bleibt ungenutzt. Nach Untersuchungen der Universität Hohenheim beträgt dieses bei der Anlage Leonberg ca. 13,5 Nm³/Mg.

3. Trocknung

- Etwa die Hälfte des Gärrests wird, vermischt mit rückgeführtem Trockengut, im Bandtrockner (Hersteller Firma Andritz) getrocknet. Versuchsweise wird zur Optimierung der Trocknungseigenschaften des Materials derzeit Grüngut fein (0–10 mm) zugemischt.
- Aufgrund der aus dem Mischvorgang resultierenden Materialkonsistenz bestehen Schwierigkeiten, eine gleichmäßige Aufgabe auf den Trockner zu erzielen.
- Im Ergebnis entsteht ein tendenziell zu grobkörniges (außen trockenes und innen feuchtes) Trockengut.
- Zum spezifischen Wärmebedarf des Bandtrockners können aufgrund fehlender, klar abgegrenzter Messeinrichtungen keine exakten Daten erhoben werden. Aufgrund von Erfahrungswerten mit der Trocknung von Biogut ohne Kondensationsstufe (wie in Leonberg

vorhanden) können diese in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des zu trocknenden Materials in einem Spektrum zwischen 1 kWh/kg und 2 kWh/kg Wasser liegen.

- Der relativ hohe Wärmebedarf wird als Abwärme aus den BHKW bereitgestellt, wobei diese allein nicht ausreicht, um eine ausreichende Trocknung des gesamten Materialstroms sicherzustellen. Darüber hinaus steht sie nicht zu allen Arbeitszeiten des Trockners in gleichmäßiger und ausreichender Menge zur Verfügung. Die zwischenzeitliche Wärmeerzeugung mittels eines Heizölbrenners wurde aus Kostengründen eingestellt. Mit der Nutzung des fossilen Energieträgers waren zudem zusätzliche Emissionen verbunden.
- Bedingt durch Probleme mit der mechanischen Zuführung, einen hohen Wartungsaufwand bzw. fehlende Wärmeverfügbarkeit hat der Trockner sehr hohe Stillstandzeiten. Optimierungen und Umbauten sind derzeit in Arbeit.
- Die realen Betriebszeiten betragen in den letzten vier bis fünf Jahren 4.000 Bh/a bis 5.000 Bh/a. Dies entspricht einer Verfügbarkeit zwischen 45 % und 60 %.
- Durch die einlinige Ausführung des Trocknungskonzepts erweist sich der Trockner als die „Engstelle“ im Gesamtkonzept.

4. Verwertung der festen und flüssigen Stoffströme

- Etwa die Hälfte des rohen Gärrests wird mit Trockengut und Grüngut fein (0–10 mm) via Radlader vermischt. Bis zur Abholung wird dieser Materialstrom in der Nachrottehalle zu Mieten aufgesetzt und mit dem Umsetzaggregat „Track-Turn“ umgeschichtet.
- Etwa 12.500 Mg/a wurden 2014 zur Kompostierungsanlage Kirchheim verbracht. Vertragsgemäß ist ein TS-Gehalt von > 45 % durch den AWB zu gewährleisten.
- Etwa 30.000 Mg/a Material wurden 2014 über die BEM entsorgt, darunter auch ca. 10.000 Mg/a frisches Biogut.
- Die entsorgte Störstoffmenge betrug 2014 etwa 1.230 Mg.
- Die über die Kläranlage entsorgte Abwassermenge (Oberflächenwasser, Kondensat, Sickerwasser) betrug 2014 etwa 4.600 m³.

5. Gasverwertung

- Das Biogas wird über drei BHKW verstromt und gemäß EEG 2009 eingespeist. Die maximal erreichte Einspeisemenge in den vergangenen Jahren betrug ca. 8,5 Mio. kWh.
- Alle drei BHKW sind mit Abgaswärmetauschern ausgestattet.
- Es ist ein separater Gasspeicher mit einem Netto-Volumen von 1.040 m³ vorhanden. Dies entspricht einer maximalen Speicherdauer von ca. 2 bis 4 Stunden (je nach Durchsatz und Biogasertrag).
- Zwei BHKW wurden bereits mit dem Bau der Vergärungsanlage beschafft (BHKW 1: 469 kW_{el}, $\mu = 37\%$, BHKW 2: 944 kW_{el}, $\mu = 39\%$), eines wurde nachträglich installiert (BHKW 3: 800 kW_{el}, $\mu = 43\%$).
- Die Wärmeauskopplung funktioniert derzeit nicht zufriedenstellend, sodass der AWB Schritte zur Optimierung und zum Aufbau einer „Energiezentrale“ eingeleitet hat. Ziel ist die Optimierung der Wärmeversorgung der Trocknung.

6. Abluftbehandlung

- Der Biofilter wird aktuell ohne Wäscher/Befeuchter betrieben und funktioniert zufriedenstellend.
- Die Entschwefelung (ca. 2 x 5 m³ Aktivkohle) hat eine Standzeit von ca. 10–11 Monaten. Das Rohgas (~ 300 ppm H₂S) wird unter Luftzufuhr auf < 1 ppm gereinigt.

2.2.3 Zusammenfassende Schwachstellenanalyse und Optimierungspotenziale

Nachstehend werden die identifizierten Schwachstellen und Optimierungspotenziale zusammenfassend aufgeführt.

- Der tatsächliche Durchsatz des Fermenters liegt unter dessen Potenzial mit den entsprechenden Auswirkungen auf Durchsatz und Biogaserzeugung.
- Der Trockner hat einen relativ hohen Wärmebedarf, der nicht alleine aus der BHKW-Wärme gedeckt werden kann, und weist hohe Stillstandszeiten auf.
- Materialbedingt bestehen Schwierigkeiten, eine gleichmäßige Aufgabe auf den Trockner zu erzielen und im Ergebnis wird ein tendenziell zu grobkörniges Trockengut erzielt.
- Die Wärmeauskopplung bei den BHKW funktioniert nicht zufriedenstellend.
- Frischer unbehandelter Bioabfall wird teilweise in der nicht gekapselten Nachrottehalle bis zur Abholung zwischengelagert.
- Teilweise erfolgt die Zwischenlagerung von nicht aerobisiertem/getrocknetem Gärrest mit einem noch relevanten Emissionspotenzial an Klimagasen, vermischt mit Trockengut, ungekapselt unter Dach.
- Für den weiteren langfristigen Anlagenbetrieb wird für beide beschriebene Arbeits- und Verfahrensschritte ein dauerhaftes Festhalten an dieser Praxis als genehmigungsrechtlich kritisch eingeschätzt und damit Handlungsbedarf gesehen.

Dazu sind weitere Punkte am Standort der Anlage Leonberg zu beachten:

- Die Platzverhältnisse am Standort sind begrenzt. Erweiterungsmöglichkeiten bieten sich auf dem derzeitig als Containerwechselfläche genutzten Areal.
- Die vollständige externe Verwertung der festen Materialien/Produkte führt zu hohen Transportaufwendungen mit den damit verbundenen Emissionen.
- Der Anlagenbetrieb führt derzeit zu relativ hohen Behandlungskosten in Höhe von über 80 €/Mg (netto).

Die Optimierungsansätze lassen insbesondere ökologische Vorteile, aber auch eine wirtschaftliche Optimierung und damit letztendlich eine Entlastung der Gebührenzahler erwarten.

3 Optimierter Anlagenbetrieb nach EEG

3.1 Flexibilisierung der Stromeinspeisung

Seit 2004 wird aus der Vergärung kommunaler Bioabfälle des Kreises Böblingen am Standort Leonberg Strom nach dem EEG ins Netz eingespeist. Der vorhandene Fermenter kann bis zu 33.000 Mg/a vergären und über die vorhandenen BHKW eine elektrische Leistung von etwa 1 MW, entsprechend 8,5 Mio. kWh/a, bereitstellen. Zur Verstromung stehen drei BHKW mit 944, 469 und 800 kW_{el} Leistung bereit (\sum 2.213 kW_{el}).

Die Höchstbemessungsleistung der Bioabfallvergärungsanlage beträgt 2.102 kW_{el} (95 % der installierten Kapazität). Zunächst hatte der Netzbetreiber nur eine Höchstbemessungsleistung von 1.342 kW_{el} (ohne BHKW 3) bestätigt. Mittlerweile ist nach Widerspruch des Abfallwirtschaftsbetriebs die oben genannte Höchstbemessungsleistung vom Netzbetreiber bestätigt.

3.1.1 Forderung nach Flexibilisierung von Bioenergie-Anlagen

Die Umstellung der Stromversorgung in Deutschland auf wetterabhängige fluktuierende Energien (PV, Wind) erfordert die Netzstabilisierung durch andere – möglichst regenerative – Energien. Die Vergärungsanlage in Leonberg besitzt bereits wesentliche Kapazitäten (drei BHKW, Gasspeicher) um nachfrageorientiert Strom zu erzeugen. § 54 des EEG stellt dazu eine interessante Förderung (über 10 Jahre) zur Verfügung.

Biogasanlagen können, anders als die meisten anderen regenerativen Stromerzeuger, vergleichsweise einfach bedarfsgerecht im Tagesverlauf Strom erzeugen und damit die im Tagesverlauf fluktuierende Erzeugung anderer erneuerbarer Energien (Wind und PV) sowie den schwankenden Verbrauch ausgleichen helfen. Allerdings sind dafür zusätzliche BHKW – oder ein größeres Aggregat – sowie gegebenenfalls zusätzliche Gas- und Wärmespeicher und eine angepasste Gasstrecke (Trocknung etc.) erforderlich.

3.1.2 Förderung EEG

Für Anlagen, die vor dem 01.08.2014 in Betrieb genommen wurden, bietet das EEG 2014 die Förderung der über die Bemessungsleistung hinaus gehenden Kapazität zur flexiblen Stromeinspeisung mittels einer Flexibilitätsprämie nach § 54 an. Die Regelung entspricht im Wesentlichen den Regelungen des § 33i des EEG von 2012. Die Förderung wird maximal bis zum Fünffachen der Bemessungsleistung gewährt und erst ab 110 % der Bemessungsleistung kalkuliert. Dann beträgt die Flexibilitätsprämie:

$$FP = \frac{P_{Zusatz} \times KK \times 100 \frac{\text{Cent}}{\text{Euro}}}{P_{Bem} \times 8760 \text{ h}}$$

bzw. etwas vereinfacht dargestellt:

Flexibilitätsprämie = kW_{Zusatz (>110%)} * 130 € * 10 Jahre

Anlage 3 des EEG 2014 regelt einen „1.350 MW-Zubaudeckel“, wonach bei Erreichen einer nachgerüsteten Flex-Kapazität von 1.350 MW keine weiteren Anlagen mehr die Flexibilitätsprämie erhalten. Dieser Zubau-Grenzwert des EEG ist bei Weitem noch nicht erreicht (EUWID „Neue Energien“ Nr. 41, 2015).

Der flexible Betrieb der Anlagen setzt die Teilnahme an der Direktvermarktung voraus. Das bedeutet im Wesentlichen, dass sich die Erlöse aus dem Stromverkauf künftig aus drei Komponenten zusammensetzen: a) Erlös Stromverkauf, b) EEG-Marktprämie und c) EEG-Flex-Prämie, wobei a) + b) dem bisherigen Vergütungssatz entsprechen. Die Stromvermarktung wird üblicherweise über einen Stromhändler organisiert.

Wenn die Anlage zum Flexbetrieb ausgerüstet ist, muss dies dem Netzbetreiber mitgeteilt werden und ein Umweltgutachter bestätigen, dass die Anlage technisch für einen flexiblen Betrieb geeignet ist. Die tatsächliche Fahrweise muss nicht flexibel sein, die Fähigkeit der Anlage ist für die Gewährung der Prämie ausreichend. Allerdings wird man die Anlage dann auch flexibel fahren, um in der Direktvermarktung des Stroms höhere Erlöse zu erzielen.

3.1.3 Ausgangssituation der Vergärungsanlage Leonberg

- Erste Einspeisung nach EEG: 2004
Ende der EEG Vergütung: 31.12.2024 (und damit der Flex-Prämie)
Das bedeutet bei Anmeldung des Flexbetriebs Mitte 2016: noch 8,5 Jahre Prämie
- Erreichte Einspeisemenge (bis 2015) max. ca. 8,5 Mio. kWh/a
- Bemessungsleistung: ca. 970 kW_{el} (8,5 Mio. kWh / 8.760 Jahresstunden)
- vorhandener Gasspeicher: 1.040 Nm³ (≈ 3 h)
- vorhandene BHKW Leistung: Σ : 2.213 KW
944 kW
469 kW
800 kW
- Trafo, Netzanschluss: noch zu prüfen

3.1.4 Konzept zur Flexibilisierung der Stromerzeugung

Bei der Umstellung bzw. Erweiterung auf einen flexiblen Anlagenbetrieb sind nachfolgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Die vorhandene BHKW-Leistung übersteigt 110 % Bemessungsleistung (990 kW_{el}) um 1.223 kW_{el}.

Auf dieser Basis bestünde jetzt schon ein Anspruch auf die Flex-Prämie in Höhe von

$$1.223 \text{ kW} * 130 \text{ €/kW} = 158.990 \text{ €/a}$$

bzw. bezogen auf 8,5 Jahre: 1,3 Mio. €

- Gemäß einer durch den AWB eingeholten Einschätzung eines Umweltgutachters erfüllt die Anlage Leonberg bereits heute die Anforderungen an die Gewährung der Flexibilitätsprämie auch ohne weitere Umbaumaßnahmen. Dies sollte vom AWB juristisch-gutachterlich verifiziert, mit dem Stromnetzbetreiber erörtert und bei positivem Befund umgesetzt werden.
- Nach den Erfahrungen des Witzenhausen-Instituts fordern Umweltgutachter zur Bestätigung der Flex-Fähigkeit i.d.R. größere tatsächliche Gasspeicherkapazitäten von mindestens 5 – 8 h. In diesem Fall wären also Investitionen in die Erhöhung der Speicherkapazitäten, ggf. in die Gasstrecke und evtl. in einen Wärmespeicher notwendig. Der Investitionsaufwand wird auf unter 500.000 € eingeschätzt.
- Je nach Alter und Zustand der BHKW wäre auch der Austausch eines BHKW zu prüfen, dessen Leistung und Start-Stopp-Eignung dann im Hinblick auf eine flexibilisierte Fahrweise auszuwählen wäre. Ein verbesserter Wirkungsgrad und höhere Flex-Prämie lassen gegebenenfalls einen frühzeitigen Austausch sinnvoll werden.

Fazit:

Die Umstellung auf einen flexiblen Anlagenbetrieb wird dem AWB empfohlen. Sollten Investitionen erforderlich werden, amortisieren sich diese, auch angesichts der derzeit sehr günstigen Finanzierungsbedingungen für kommunale Investitionen in Infrastruktur, in wenigen Jahren. Neben der Ausnutzung der EEG-Förderung für die Flexibilisierung wird damit auch die Anlage „zukunfts-fester“ für einen wirtschaftlichen Betrieb nach Auslaufen der 20-jährigen EEG-Vergütung gemacht.

3.2 Eigenstromnutzung

Basierend auf den Daten von 2014 benötigt die Anlage jährlich ca. 1,5 Mio. kWh Strom selbst. Der gesamte erzeugte Strom der Anlage wird im Sinne des EEG vollständig eingespeist und vergütet (Angabe AWB: 12,61 Cent/kWh). Der gesamte Bezug wird fremd eingekauft (ca. 20 Cent/kWh). Durch die Nutzung des Eigenstroms besteht ein Einsparpotenzial von über 75.000 €/a. Nach dem EEG 2014 (§ 61 [3]) ist bei Bestandsanlagen auch keine anteilige EEG-Umlage auf den selbst genutzten Strom zu zahlen.

§ 61

EEG-Umlage für Letztverbraucher und Eigenversorger

(1) Die Übertragungsnetzbetreiber können von Letztverbrauchern für die Eigenversorgung folgende Anteile der EEG-Umlage nach § 60 Absatz 1 verlangen:

...

(3) Der Anspruch nach Absatz 1 entfällt ferner bei Bestandsanlagen,

1. wenn der Letztverbraucher die Stromerzeugungsanlage als Eigenerzeuger betreibt,
2. soweit der Letztverbraucher den Strom selbst verbraucht und
3. sofern der Strom nicht durch ein Netz durchgeleitet wird, es sei denn, der Strom wird im räumlichen Zusammenhang zu der Stromerzeugungsanlage verbraucht.

Eine Bestandsanlage ist jede Stromerzeugungsanlage,

1. die der Letztverbraucher vor dem 1. August 2014 als Eigenerzeuger unter Einhaltung der Anforderungen des Satzes 1 betrieben hat,

Sofern nicht andere Gründe dagegen sprechen, sollte eine Eigenstromnutzung angestrebt werden.

4 Technisch-konzeptionelle Optionen zur Optimierung des Anlagenbetriebs

Das Witzenhausen-Institut bearbeitet die im Kapitel 1.3 aufgeworfenen Fragen umfassend am Beispiel der Vergärungsanlage Leonberg. Dabei stehen die bereits skizzierten (Kapitel 1.3) Lösungsansätze im Vordergrund. Folgende Leistungen werden durch das Witzenhausen-Institut erbracht.

4.1 Festlegungen und Planungsrahmen

Der Planungsrahmen bestimmt sich teilweise aus vertraglichen Bindungen des AWB bzw. bestehenden Betriebsbedingungen. Weitere Vorgaben bzw. Ziele zum Planungsrahmen wurden durch den AWB festgelegt.

Vertragliche Bindungen

- Die anzusteuernde Menge an die KA Kirchheim sollte mit ca. 11.000–12.000 Mg/a beibehalten werden (Variante B). Zur Vergleichbarkeit der Varianten erfolgt eine Mengenfestlegung von 11.200 Mg/a in allen betrachteten Fällen.
- Die Vermarktung des Komposts ist nach Einschätzung des AWB über die Kooperation mit der Anlage in Esslingen gesichert.
- Die Kompostlagerung kann gemäß AWB notfalls auch extern erfolgen. Abgestimmt wurde eine zu berücksichtigende Lagerdauer von zwei Wochen am Standort Leonberg.

Flexibler Anlagenbetrieb und EEG

- Die Kalkulationen basieren auf dem fortgesetzten Anlagenbetrieb im EEG 2009.
- Allen Betrachtungen wird die Fähigkeit zur flexiblen Einspeisung zugrunde gelegt (baulich-technisch). Dazu ist technisch ggf. eine Erweiterung des Gasspeichervolumens erforderlich. Die Fähigkeit zum flexiblen Anlagenbetrieb muss durch einen Umweltgutachter bestätigt werden.
- Gemäß AWB ist nach Einschätzung eines Ingenieur-Büros das Gasspeichervolumen u. U. bereits heute ausreichend. Der AWB erwägt, dies durch das Ingenieur-Büro verifizieren zu lassen.
- Vorab wird bereits an dieser Stelle als Empfehlung gegeben, den flexiblen Anlagenbetrieb unabhängig von der Entscheidung über die Maßnahmen zur Optimierung des Anlagenbetriebs anerkennen zu lassen.
- Derzeit wird u.a. der KWK-Bonus gewährt. Bei den zu untersuchenden Varianten ist dies zu berücksichtigen und eine möglichst umfangreiche Nutzung der entstehenden Wärme anzustreben.
- Die Wirtschaftlichkeitskalkulationen basieren auf einer flexiblen Einspeisung und einer maximal möglichen Inanspruchnahme des KWK-Bonus.
- Die Höchstbemessungsleistung am Standort Leonberg wurde durch den Netzbetreiber auf 2.102 kW festgelegt (Basis: 95 % der installierten Leistung der BHKW).
- Die vorhandene Anschlussleistung/Trafoleistung ist zu konkretisieren.

Baulich-technische Festlegungen und Stoffstrommanagement

- Die in den Fermenter einzubringende Biogutmenge sollte erhöht werden. Dazu werden in den Varianten A und B zwischen 30.000 - 33.000 Mg/a angestrebt. Der Anlagenauslegung werden 31.500 Mg/a zugrunde gelegt. Die Variante A^{plus} berücksichtigt eine Fermenterbeschickung mit ca. 38.500 Mg/a.
- Die Anlage kann zukünftig aufgrund des Gesamt-Gasspeichervolumens gemäß dem vorgelegten Stand der Vorplanung den Grundpflichten der Störfallverordnung unterliegen. Die Volumengrenze liegt bei etwa 7.700 m³. Alle Planungen werden darauf ausgerichtet, das Gasspeichervolumen unter diesem Grenzwert zu halten.
- Die Obergrenze kann mittels veränderter baulicher und technischer Lösungen u.U. unterschritten werden. Möglichkeiten bestehen im Verzicht auf einen Nachgärer sowie in einem Verzicht auf die Schaffung eines Gasspeichervolumens auf dem Gärrestlager (statt Gashaube Einziehen einer Betondecke). Die Reduzierung des Speichervolumens hat allerdings Einfluss auf die Möglichkeiten der flexiblen Stromeinspeisung.
- Die Abluftbehandlung der Rottetunnel beinhaltet einen sauren Wäscher zur Minimierung der Ammoniakemissionen.

4.2 Lösungsansätze

4.2.1 Variante A

Um den in Kapitel 1.3 beschriebenen Schwachstellen und den zu beachtenden Punkten im Ursprungskonzept Genüge zu tun, wurde in Variante A geplant, die Anlieferung zu vergrößern, den Trockner zu entlasten sowie für ein homogenes, gut durchlüftbares Inputmaterial zu sorgen. Zur Einsparung von Transporten und Kosten soll die Kompostierung vor Ort erfolgen. Dafür werden Intensivrottetunnel mit Abluftbehandlung vorgesehen, was genehmigungsrechtlich sicher und ökologisch positiv ist (siehe auch: Abb. 5 und Abb. 6 sowie Abb. 16 und Abb. 17 im Anhang).

Anlieferung und Vergärung

In einer neu zu errichtenden Halle in unmittelbarer Nähe der bestehenden Anlieferung wird ein zweites Biogutlager realisiert. Mit einem Fassungsvermögen von ~ 675 m³ würde sich so die Kapazität im Eingangsbereich verdreifachen. Die Halle ist mit 2-3 Toren ausgerüstet, vollständig gekapselt und an das Abluftsystem angeschlossen.

Die Aufbereitung und Vergärung bleibt unverändert. Allerdings wird der Durchsatz der Fermentation mit 31.500 Mg/a höher als im Durchschnitt der vergangenen Jahre angesetzt.

Trockner / Flüssiger Gärrest

Zur Entlastung des Trockners wird zum einen ein Teil des Fermenteroutputs mittels Schneckenpresse entwässert. Das Restgaspotenzial des flüssigen Gärrests wird in einem Nachgärer (mit Gashaube) ausgeschöpft, bevor das Material in einem Gärrestlager für ~ 8 Monate gelagert und dann landwirtschaftlich verwertet werden kann.

Zum anderen soll in einem neu zu installierenden Mischer der relativ trockene, feste Gärrest mit rohem Gärrest, aufbereitetem Mittelkorn aus der Kompostkonfektionierung und einer feinen

Grüngutfraktion gemischt werden, um ein möglichst optimales Inputmaterial für den Trockner herzustellen.

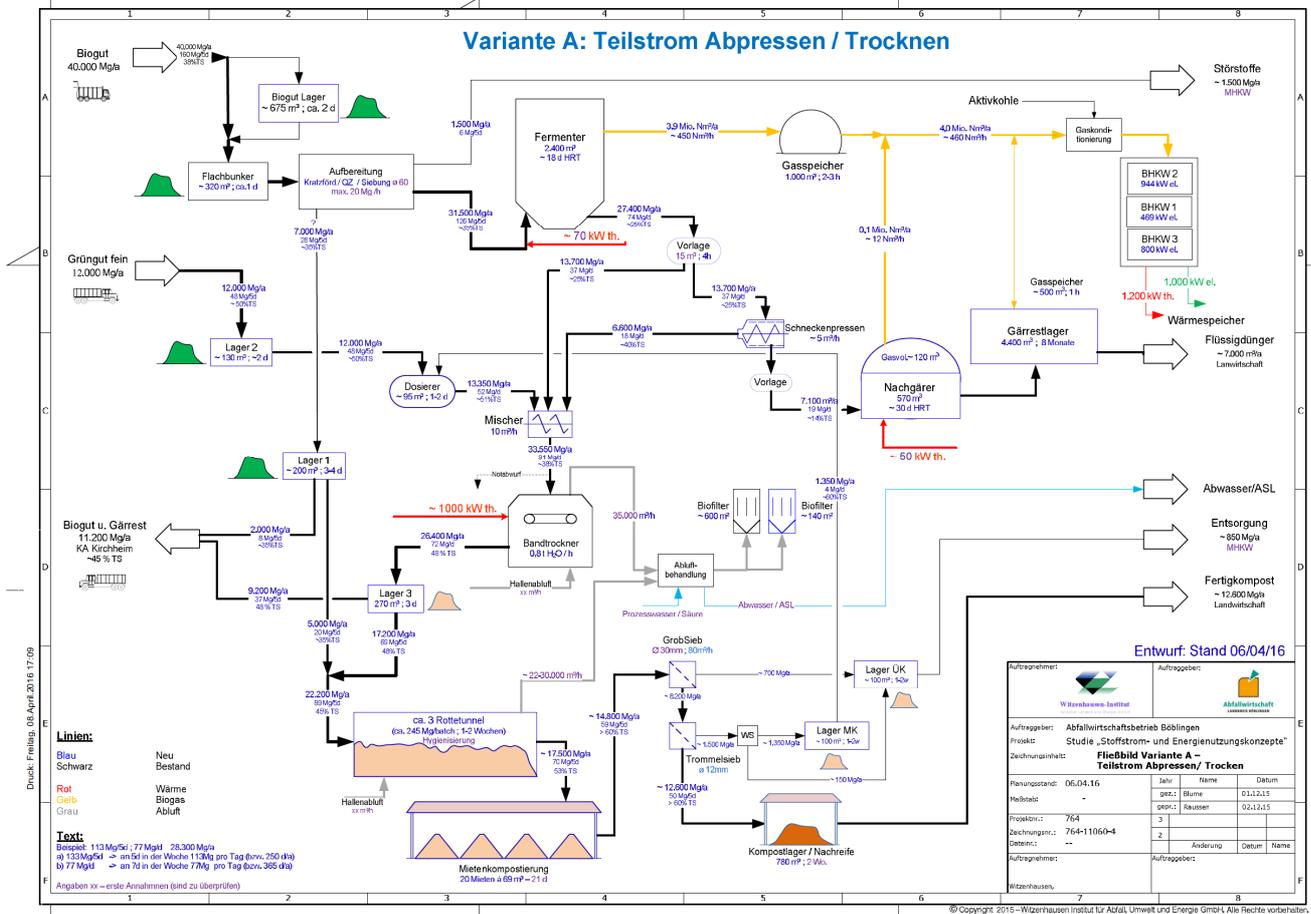


Abb. 5: Fließbild Variante A (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)

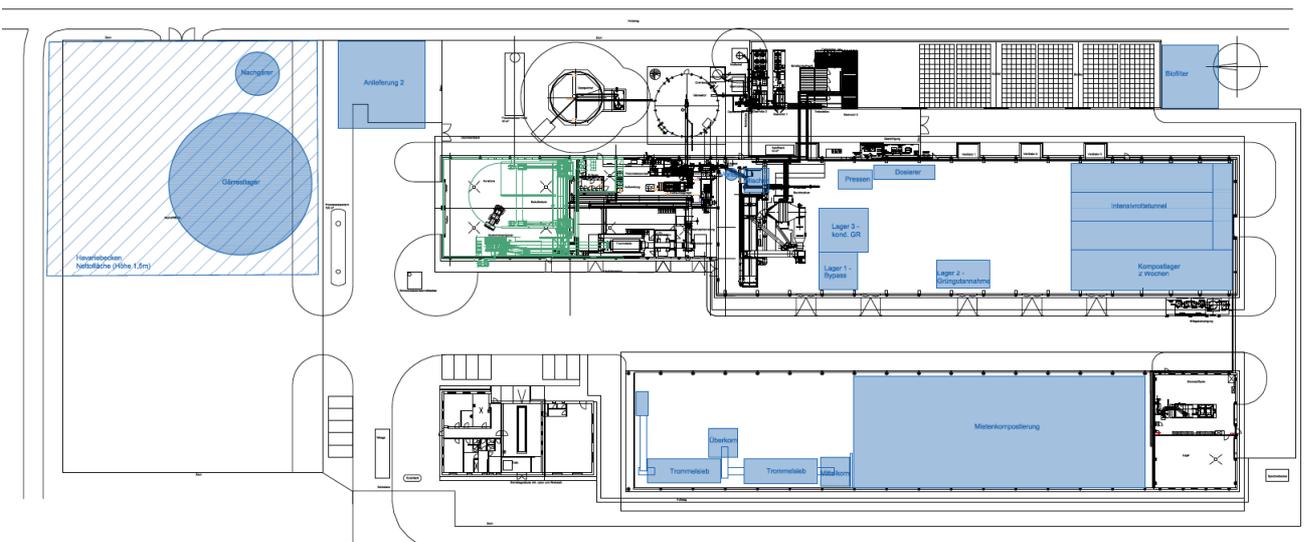


Abb. 6: Layoutskizze Variante A (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)

Rotte

11.200 Mg/a eines Gemisches aus aufbereitetem Biogut und Trockengut (~ 1:2,5) mit einem TS-Gehalt von 45 % wird weiterhin zur Kompostierungsanlage Kirchheim gefahren. Das restliche Material wird vor Ort kompostiert. Hierzu sind drei Rottetunnel in Kombination mit einer anschließenden überdachten Mietenkompostierung (Verweilzeit insgesamt 4-5 Wochen) geplant. In den Rottetunneln findet auch die Hygienisierung statt.

Für die Kompostkonfektionierung sind zwei Siebdecks vorgesehen. Das Mittelkorn wird mittels Windsichtung weiter aufbereitet und wieder dem Trockner als Strukturmaterial zugeführt. Das Überkorn wird zusammen mit den abgesaugten Folien der thermischen Verwertung zugeführt. Für das Unterkorn ist eine überdachte Lagerkapazität für ca. zwei Wochen geplant vor der Vermarktung als Fertigkompost.

Durch die zusätzlichen Abluftströme aus der Rotte ist eine Erweiterung des Biofilters um ~ 25 % notwendig.

Fazit

Der Trockner bleibt trotz der Entlastung weiterhin eine Engstelle im Konzept, da er eine sehr hohe Verfügbarkeit (> 90 %) garantieren muss. Die notwendige hohe Verfügbarkeit ist in Anbetracht der bisherigen Leistung als kritisch anzusehen.

Vor einer Umsetzung sollten Detaillösungen u.a. zum Sandaustrag im Gärrestlager weiter untersucht werden. Dies gilt ebenfalls für die Optimierung des Mischer-Trockner-Komplexes.

4.2.2 Variante B

In Variante B wird auf den Trockner komplett verzichtet. Entsprechend dem Konzept der Teilstromvergärung, soll der Gärrest nicht abgepresst, sondern mit Strukturmaterial und aufbereitetem Biogut zusammen komplett kompostiert werden. Im Vergleich zu Variante A wird der Fermenterinput nicht verändert. In beiden Fällen werden 7.000 Mg/a unvergoren weiterverarbeitet (siehe auch: Abb. 7 und Abb. 8 sowie Abb. 18 und Abb. 19 im Anhang).

Anlieferung

Analog zu Variante A wird eine zusätzliche Anlieferungshalle gebaut, um die Lagerkapazität zu verdreifachen.

Rotte

Roher Gärrest wird mit Grüngut, aufbereitetem Mittelkorn, rohem Kompost/Tunnelaustrag und aufbereitetem Biogut per Mischaggregat homogenisiert und zu einem durchlüftbaren Rotteinput verarbeitet. Der Trockner als Engstelle entfällt und wird zurückgebaut. Um einen ausreichenden Wasseraustrag zu erzielen, wird das Material 2-3 Wochen in 10 Kompostierungstunneln gerottet und hygienisiert. Dabei wird das Material einmal umgesetzt. Eine Nachrotte ist nicht vorgesehen.

Die 11.200 Mg/a für Kirchheim bestehen aus einem gegenüber Var. A leicht modifizierten Gemisch mit höherem Anteil Grüngut, um die geforderten 45 % TS-Gehalt sicher einhalten zu können.

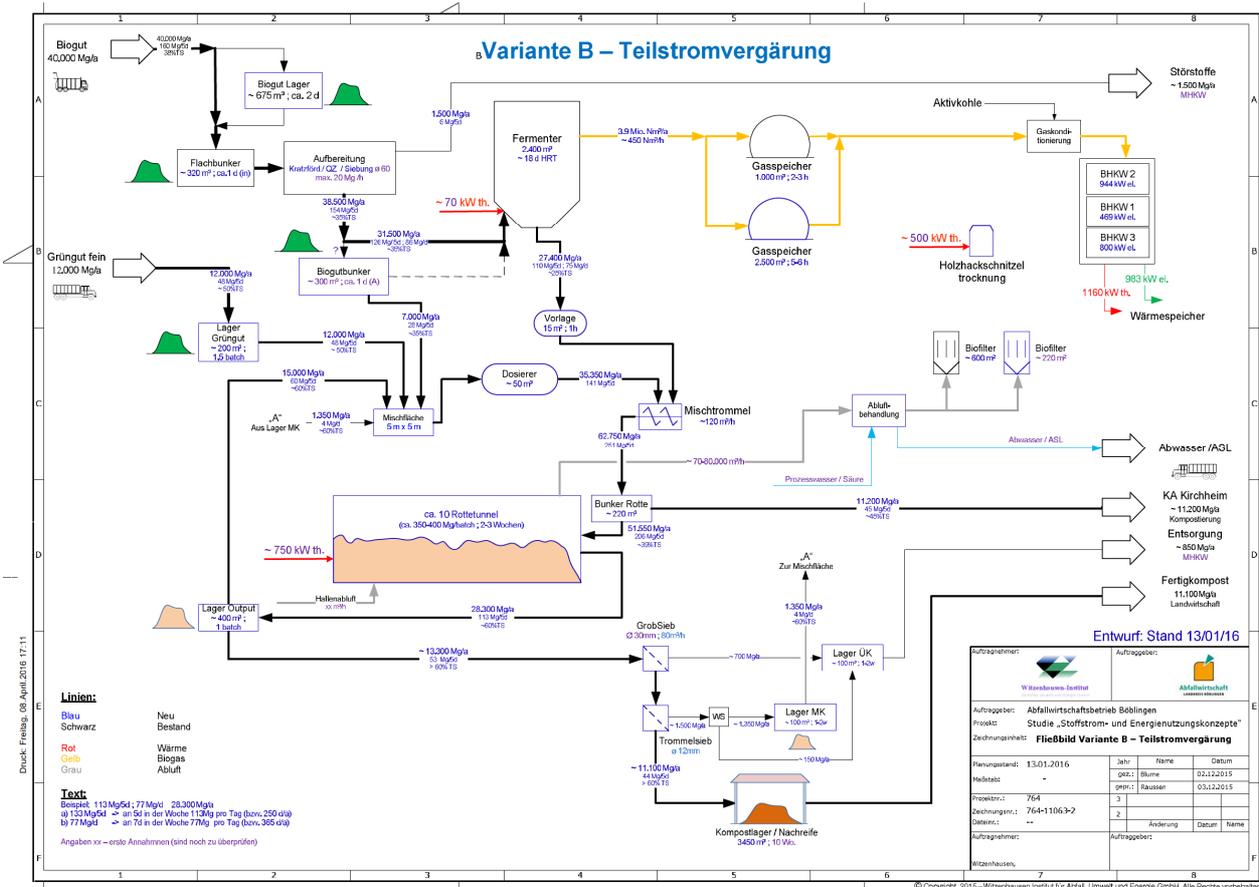


Abb. 7: Fließbild Variante B (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)

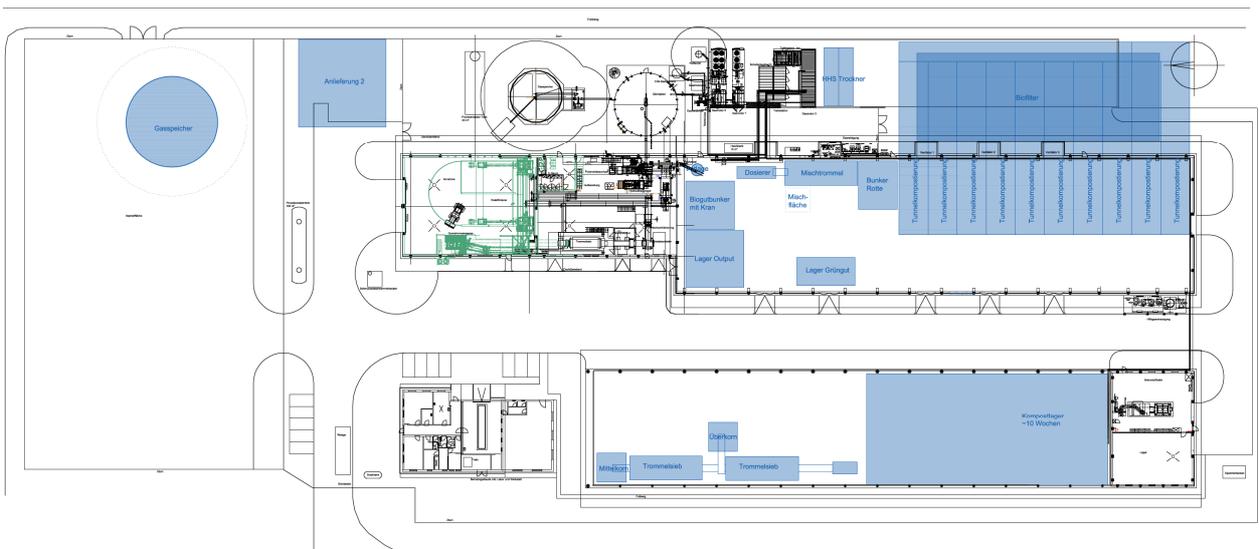


Abb. 8: Layoutskizze Variante B (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)

Die Kompostkonfektionierung findet analog zur Variante A mit zwei Siebdecks statt. Das Mittelkorn wird windgesichtet.

Der Biofilter muss um $\sim 220 \text{ m}^2$ auf $\sim 820 \text{ m}^2$ aufgestockt werden, um die größeren Abluftmengen aus der Rotte sicher zu reinigen. In der Beispielaufstellung wurde der gesamte Biofilter rückgebaut und auf den neuen Tunneln installiert.

Sonstiges

Um die Speicherdauer des Biogases zu erhöhen und einen Flexbetrieb der BHKW zu realisieren, ist ein zusätzlicher Gasspeicher mit $\sim 2.500 \text{ m}^3$ geplant.

Die frei werdende Wärme durch den Rückbau des Trockners wird teilweise zur Unterstützung der Rotte und zusätzlich für eine Holzhackschnitzeltrocknung genutzt.

Fazit

Variante B greift stärker in den Bestand ein, beseitigt dafür aber eine wesentliche Engstelle im Betrieb und schafft einen höheren Grad an Flexibilität bezüglich der Verarbeitung der Gärreste.

Die vorgeschlagene Mischung für die Kompostierung sollte in einem Rotteversuch verifiziert und optimiert werden.

4.2.3 Variante A^{plus}

Variante A^{plus} ist eine Weiterentwicklung der Variante A mit dem Ziel, das gesamte Biogut zu vergären. Der komplette Gärrest wird vor der Rotte abgepresst (siehe auch: Abb. 9 und Abb. 10 sowie Abb. 20 und Abb. 21 im Anhang).

Anlieferung /Vergärung

Analog zu den Varianten A und B wird eine zusätzliche Anlieferungshalle gebaut, um die Lagerkapazität zu verdreifachen.

Im Gegensatz zu den beiden anderen Varianten wird kein Biogut aus der Anlieferung am Fermenter vorbeigeführt. Es wird alles vergoren (38.500 Mg/a statt 31.500 Mg/a), um einen maximalen Gasertrag zu erhalten. Durch die dadurch verkürzte Verweilzeit wird der spezifische Gasertrag allerdings etwas sinken.

Trockner / Flüssiger Gärrest

Das bei Variante A verfolgte Konzept der Trocknerentlastung wird konsequent weitergeführt und der rohe Gärrest im Vorfeld komplett abgepresst. Somit vergrößert sich die Flüssigschiene (Nachgärer und Gärrestlager) von $\sim 7.000 \text{ m}^3/\text{a}$ auf $\sim 20.000 \text{ m}^3/\text{a}$.

Ein Mischer zur Herstellung von optimalem Trocknerinput ($\sim 1:1$ Grüngut / aufbereitetes Mittelkorn:roher Gärrest) ist ebenfalls wieder vorgesehen.

Die abgesteuerte Menge für die Kompostieranlage Kirchheim wird aus dem Trockner entnommen und entspricht dem Input in die Rottetunnel. Im Gegensatz zu den anderen Varianten hat das Material einen höheren TS-Gehalt in Höhe von 55 %.

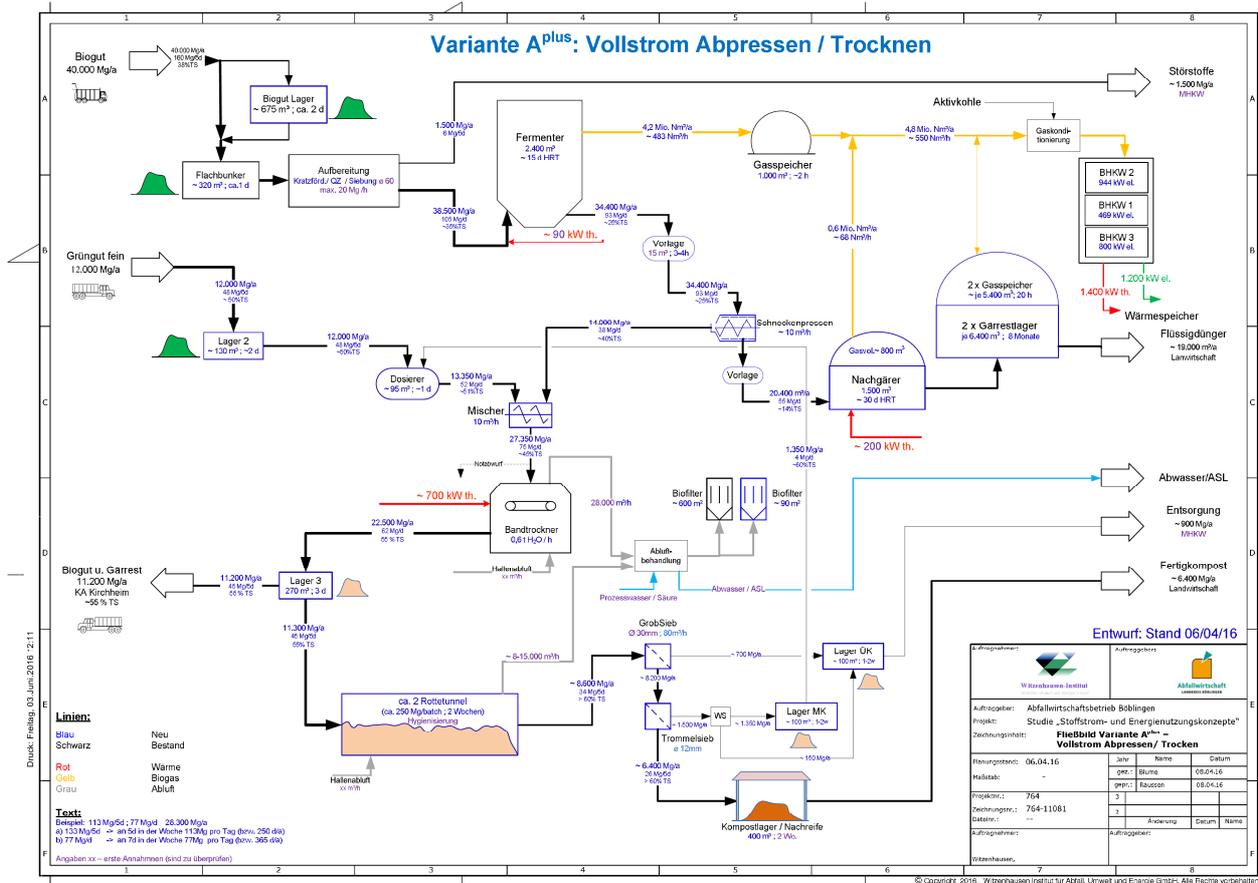


Abb. 9: Fließbild Variante A^{plus} (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)

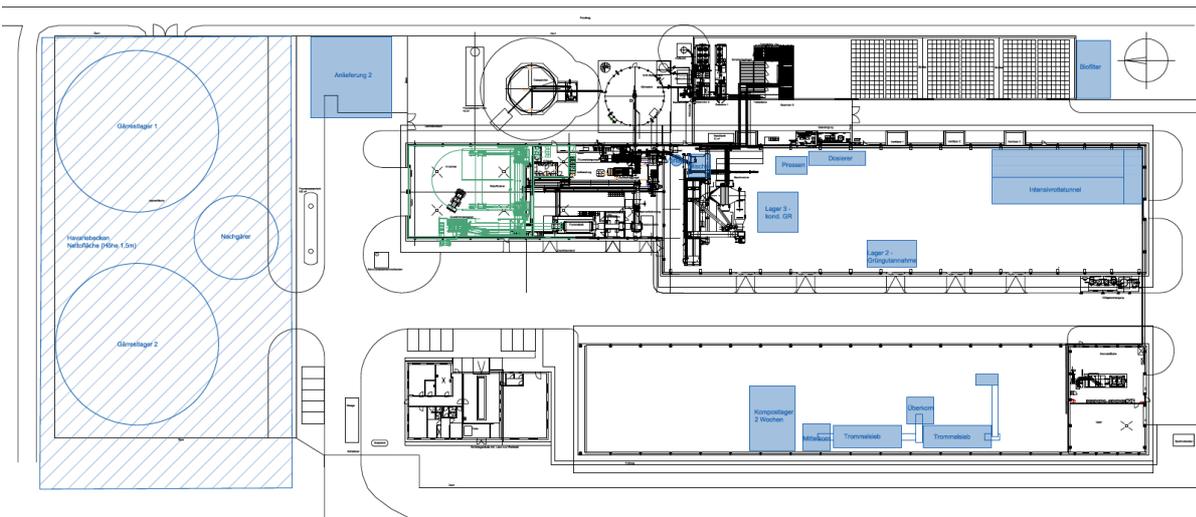


Abb. 10: Layoutskizze Variante A^{plus} (zur besseren Lesbarkeit im Anhang 9.2 groß dargestellt)

Rotte

Es sind zwei Rottetunnel mit einer Verweilzeit von ~ 2 Wochen vorgesehen, in denen auch die Hygienisierung stattfindet.

Der Biofilter muss um ~ 15 % erweitert werden.

Fazit

Die erforderliche Verfügbarkeit des Trockners liegt mit ca. 70 % deutlich unter der in Variante A. Während nur zwei Rottetunnel zugebaut werden müssen, nehmen die Gärrestlager einen wesentlich größeren Platz als in Variante A ein. Hier ist die gewählte Einstauhöhe für die Havariefläche ggf. zu erhöhen, um den Platzbedarf zu senken.

Die vorliegende Variante ist als eine mögliche Weiterentwicklung der Variante A zu verstehen und kann in weiteren Planungsschritten verfeinert werden. So ist es grundsätzlich möglich, den Anteil an abzupressendem Material zugunsten von mehr Rottetunneln bis zu einem gewissen Grad zu verringern. Alternativ wäre es machbar, weniger Grüngut im Prozess einzusetzen und (günstiger) einer Mietenkompostierung nur für Grüngut zuzuführen.

Durch Versuche sollte eine optimale Mischung für den Trockner und die Rottetunnel gefunden werden.

5 Genehmigungsrechtliche Auswirkungen

Der Standort der Vergärungsanlage Leonberg wird bereits seit 1994 abfallwirtschaftlich für die Behandlung und Verwertung der biogenen Abfällen des Landkreises genutzt. Zunächst wurden diese am Standort kompostiert, seit 2004 erfolgt die Behandlung in einer Vergärungsanlage.

5.1 Aktuelle Genehmigungssituation

5.1.1 Darstellung der Genehmigungssituation der Vergärungsanlage Leonberg

Für die Vergärungsanlage Leonberg liegen immissionsschutzrechtliche Genehmigungen von Dezember 2003 und Februar 2010 sowie eine Anzeige nach § 15 BImSchG aus November 2010 vor.

Der genehmigte Anlagenbestand am Standort Leonberg stellt sich, wie folgt beschrieben, dar. Dabei ist zu beachten, dass zwischenzeitlich eine grundlegende Novellierung der 4. BImSchV stattgefunden hat, bei der u. a. auch eine geänderte Nomenklatur in Anhang I eingeführt wurde. Zur Beschreibung des genehmigten Anlagenbestandes wird zunächst auf die alte Nomenklatur zurückgegriffen.

Als Hauptanlage wird eine Kompostierungsanlage mit einer genehmigten Annahme- und Behandlungsmenge von 29.900 Mg nach Nr. 8.5 Spalte 2 der 4. BImSchV betrieben. Eine Mengenerhöhung um 6.000 Mg auf 35.900 Mg wurde im November 2010 angezeigt. Diese Menge darf sich immissionsschutzrechtlich beliebig aus den drei Stoffströmen getrennt erfasste Bioabfälle (AVV-Nr. 20 03 01), Marktabfälle (AVV-Nr. 20 03 02) und Garten- und Parkabfälle (AVV-Nr. 20 02 01) zusammensetzen. Dazu werden als Nebenanlagen die beiden BHKW nach Nr. 1.4 Spalte 2 b) aa), die Notgasfackel nach Nr. 8.1 Spalte 2 a) und der Trockner nach Nr. 8.10 Spalte 2 b) geführt. In 2010 erfolgte eine Änderungsgenehmigung unter anderem für die Installation des dritten BHKW, ohne dass dabei die Genehmigungsschwelle von 10 MW_{FWL} überschritten wurde.

2013 erfolgte die Anpassung des deutschen Rechts an die europäische Richtlinie zu den Industrie-Emissionen (RL 2010/75/EU, IED – Industrial Emissions Directive). In diesem Rahmen wurde auch die 4. BImSchV³ grundlegend novelliert. Nach aktueller Auslegung der novellierten 4. BImSchV sowie unter Beachtung der tatsächlichen Durchsatzmengen kann der aktuelle Anlagenbestand der Vergärungsanlage Leonberg immissionsschutzrechtlich folgendermaßen dargestellt werden:

Als Hauptanlage ist die Biogutvergärungsanlage nach Nr. 8.6.2.1 des Anhangs 1 der 4. BImSchV zu sehen. Aufgrund der Durchsatzkapazität von mehr als 50 Tonnen je Tag ist die Anlage zudem als sogenannte „E“-Anlage gem. Artikel 10 der RL 2010/75/EU einzustufen. Die vollständige Anlagenbeschreibung lautet:

Anlage zur biologischen Behandlung, soweit nicht durch 8.5 oder 8.7 erfasst, von nicht gefährlichen Abfällen, soweit nicht durch 8.6.3 erfasst, mit einer Durchsatzkapazität an Einsatzstoffen von 50 Tonnen oder mehr je Tag

³ Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973, 3756), die durch Artikel 3 der Verordnung vom 28. April 2015 (BGBl. I S. 670) geändert worden ist.

Hinzu kommen als Nebenanlagen

- **Nachrotte der Gärreste für 5.700 Mg/a**
Nr. 8.5.2 des Anhangs 1 der 4. BImSchV
Anlage zur Erzeugung von Kompost aus organischen Abfällen mit einer Durchsatzkapazität an Einsatzstoffen von 10 Tonnen bis weniger als 75 Tonnen je Tag
- **Trockner**
Nr. 8.10.2.1 des Anhangs 1 der 4. BImSchV (G-Verfahren; E-Anlage)
Anlage zur physikalisch-chemischen Behandlung, insbesondere durch Trocknen oder Verdampfen, mit einer Durchsatzkapazität an Einsatzstoffen bei nicht gefährlichen Abfällen von 50 Tonnen oder mehr je Tag
- **Aufbereitung des Bioguts**
Nr. 8.11.2.2 des Anhangs 1 der 4. BImSchV (V-Verfahren)
Anlage zur sonstigen Behandlung, ausgenommen Anlagen, die durch Nummer 8.1 bis 8.10 erfasst werden, von nicht gefährlichen Abfällen mit einer Durchsatzkapazität von 10 Tonnen oder mehr je Tag
- **Blockheizkraftwerke (BHKW)**
Nr. 1.2.2.2 des Anhangs 1 der 4. BImSchV (V-Verfahren)
Anlage zur Erzeugung von Strom, Dampf, Warmwasser, Prozesswärme oder erhitztem Abgas in einer Verbrennungseinrichtung (...) einschließlich zugehöriger Dampfkessel, ausgenommen Verbrennungsmotoranlagen für Bohranlagen und Notstromaggregate, durch den Einsatz von gasförmigen Brennstoffen (insbesondere ... Biogas) ausgenommen naturbelassenem Erdgas, Flüssiggas, Gasen der öffentlichen Gasversorgung oder Wasserstoff mit einer Feuerungswärmeleistung von 1 MW bis weniger als 10 MW bei Verbrennungsmotoranlagen oder Gasturbinen

Fackeln, die lediglich im Notfall als Notgasfackeln eingesetzt werden, sind dagegen nicht mehr immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig, sodass die Notgasfackel zwischenzeitlich eine nicht mehr immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Nebenanlage darstellt.

5.1.2 Beurteilung der Genehmigungssituation der Vergärungsanlage Leonberg

Der Betrieb der Vergärungsanlage Leonberg ist als Kompostierungsanlage mit einer jährlich erlaubten Annahme- und Durchsatzmenge von 35.900 Mg Bio- und Grüngut sowie Marktabfällen durch eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung der Unteren Genehmigungsbehörde, in diesem Fall der Landkreis Böblingen, gestattet.

Aufgrund der Anpassung des Immissionsschutzrechts an die europäischen Richtlinien ergeben sich heute die zuvor beschriebenen Genehmigungstatbestände. Nach aktueller Rechtsauffassung ist zudem die derzeit nicht im genehmigten Anlagenbestand geführte Vergärungsanlage als Hauptanlage einzustufen. Hinzu kommt, dass es in der Zwischenzeit auch zu einer Steigerung sowohl der Annahme- als auch der Durchsatzmengen gekommen ist, sodass die Anlage die entsprechenden Genehmigungsschwellen für ein „großes“ Verfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung überschritten hat. Damit kommt es in Baden-Württemberg auch zu einem Wechsel der Genehmigungsbehörde von Unterer zu Oberer Genehmigungsbehörde, in diesem Fall das Regierungspräsidium (RP) Stuttgart.

Eine Kontaktaufnahme mit der „neuen Genehmigungsbehörde“ ist bereits erfolgt. Es ist abzuklären, wie mit der beschriebenen Genehmigungssituation umgegangen werden sollte. Dabei ist

davon auszugehen, dass die Anlage nach den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen und den Durchsatzkapazitäten als E-Anlage in den Verantwortungsbereich des RP überführt werden wird. Der Weg hierfür ist abzustimmen: Eventuell besteht die Möglichkeit, gemeinsam mit dem Antrag für eine der hier untersuchten Anlagenoptimierungsvarianten die hier aufgeführten genehmigungsrelevanten Punkte (angezeigte Steigerung der Durchsatzkapazität, korrekte Zuordnung zu den Genehmigungstatbeständen) abzuarbeiten. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass hierfür ein Änderungsgenehmigungsantragsverfahren nach § 16 mit Öffentlichkeitsbeteiligung durchzuführen ist.

5.1.3 Exkurs: Einstufung als E-Anlage

Aufgrund der Durchsatzkapazitäten in der Vergärungsanlage und der Trocknereinheit wird die Vergärungsanlage Leonberg als E-Anlage eingestuft. Damit verbunden sind die folgenden Anforderungen, die für bestehende Anlage mit einer Frist zum 7. Januar 2014 umzusetzen waren.

1. Verbindliche Einhaltung des europäischen Stands der Technik in den branchenbezogenen BVT (Beste verfügbare Technik)-Schlussfolgerungen inkl. Nachbesserung der Anlage mit einer vierjährigen Frist bei geänderten Standards
2. Die Anlage unterliegt einer regelmäßigen Inspektionspflicht durch die Genehmigungsbehörde, in diesem Fall dem RP Stuttgart. Je nach (behördlicher) Risiko-Einstufung erfolgt in Intervallen von einem bis hin zu drei Jahren eine Umweltinspektion der Anlage, über deren Ergebnis ein Bericht veröffentlicht wird.
3. Bei Neubeantragung oder Änderungen in der Anlagenkonzeption, die einen Änderungsgenehmigungsantrag bedürfen, ist ein Ausgangszustandsbericht anzufertigen, der den Zustand des Bodens, auf dem wesentliche Änderungen vorgenommen werden sollen, darstellt. Der Ausgangszustandsbericht ist wesentlicher Bestandteil des Genehmigungsverfahrens.

5.2 Genehmigungsrechtliche Auswirkungen auf die Umsetzung der Planungskonzepte

Im folgenden Abschnitt werden die erforderlichen Änderungstatbestände untersucht sowie das sich daraus ergebende Vorgehen beschrieben. Soweit, beispielsweise aufgrund gesetzlicher Rahmenbedingungen, bekannt bzw. absehbar, wird abgeschätzt, ob mit zusätzlichen Auflagen zu rechnen ist.

5.2.1 Allgemeine Auswirkungen und Anforderungen

Genehmigungsrechtlich stellt sich vor der Umsetzung einer Anlagenänderung immer die Frage, ob das (die) geplante(n) Vorhaben als wesentliche Änderung der Anlage einzustufen ist (sind), durch das (die) eventuell nachteilige Auswirkungen auf die zu betrachtenden Schutzgüter entstehen könn(t)en. Aufgrund dieser Fragestellung entscheidet die Genehmigungsbehörde, ob eine Anzeige nach § 15 BImSchG ausreichend ist oder ob ein Änderungsgenehmigungsverfahren nach § 16 BImSchG erforderlich wird.

Alle drei Konzepte beinhalten bauliche und verfahrenstechnische Änderungen der Anlage, die mit einer Steigerung der Durchsatzkapazität der Gesamtanlage verbunden sind. Des Weiteren

soll auch die Durchsatzkapazität bestimmter Anlagenkomponenten (Fermenter, Nachrotte und Kompostierung) gesteigert werden. Zusätzlich stellen einige neu geplante Anlagenteile, wie beispielsweise die Gärrestlager, bereits für sich selbst genommen, genehmigungsbedürftige Tatbestände dar. Demnach wird, aller Voraussicht nach, vor der Umsetzung aller drei betrachteten technisch-konzeptionellen Lösungsansätze ein Änderungs-genehmigungsverfahren nach § 16 BImSchG erfolgen müssen.

Im Rahmen dieses Verfahrens ist zu prüfen, ob auch Änderungen an bestehenden Gutachten oder Konzepten durchgeführt werden müssen. Da alle drei Konzepte eine Erhöhung der Gasspeicherkapazitäten inkl. einer Errichtung von neuen Gasspeicherstätten (Externer Gasspeicher, Gasspeicher über Nachgärbehälter und Gärrestlager) beinhalten, wird eine Überarbeitung von Explosionsschutzdokumentation und Brandschutzkonzept notwendig. Im Fall der Umsetzung von Variante A^{Plus} unterliegt die Gesamtanlage zudem den Anforderungen der 12. BImSchV (Störfallverordnung). Dagegen mussten aufgrund der abgeschiedenen Lage in den vorherigen Genehmigungsverfahren keine Emissionsgutachten vorgelegt werden. Hier ist mit der Behörde abzustimmen, ob dies auch weiterhin möglich ist.

Nach derzeitigem Genehmigungsbestand ist die Kompostierung von bis zu 5.700 Mg Gärresten am Standort der Vergärungsanlage gestattet. Je nach umgesetzter Planungsvariante soll die Durchsatzmenge auf 11.000 (Variante A^{Plus}) bis 50.000 Mg/a (Variante B) gesteigert werden. In allen Varianten ist geplant, dass die Intensivrotte in entsprechend belüfteten und abgesaugten Rottetunneln durchgeführt wird. Lediglich in Variante A ist die Nachrotte in einer überdachten Mietenkompostierung geplant. Mit der Umsetzung jedes der drei Konzepte würde eine Verbesserung des Status quo erreicht.

5.2.2 Zu erwartende Nebenbestimmungen

Hinzu kommt, dass es gängige Praxis der Genehmigungsbehörden ist, im Zuge eines immissionsschutzrechtlichen Verfahrens zu prüfen, ob die Genehmigungsaufgaben an geänderte rechtliche Rahmenbedingungen oder aktuelle Anforderungen an Abfallbehandlungs- und/oder Vergärungsanlagen angepasst werden müssen. Neben den zu ändernden Genehmigungstatbeständen (vgl. 5.1.2) inkl. der damit einhergehenden geänderten Genehmigungssituation ist zu erwarten, dass die Genehmigung auch in anderen Bereichen überarbeitet bzw. angepasst werden wird.

5.2.2.1 Havarievolumen

Zwischenzeitlich wird bei neu errichteten Biogasanlagen standardmäßig die Vorhaltung eines Havarievolumens durch eine Umwallung der Anlage gefordert. Diese muss so ausgestaltet sein, dass der gesamte Inhalt des größten Behälters mit wassergefährdenden Stoffen im Havariefall zurückgehalten werden kann. Bei der Vergärungsanlage Leonberg ist dies abhängig von der Konzeptumsetzung. In Variante A sind dies die 4.400 m³ aus dem Gärrestlager, in Variante A^{Plus} 6.400 m³ ebenfalls aus dem Gärrestlager und in Variante B der Fermenterinhalt mit 2.400 m³.

Aktuell wird von den meisten Genehmigungsbehörden diese Auflage bereits erteilt. In der überarbeiteten Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV), die erstmalig einen bundesweiten Standard setzt und die länderspezifische Verordnungen, hier die

VAwS BaWü, abgelöst wird, wird über § 37 eine Umwallung für Biogasanlagen zur Pflicht. Für Bestandsanlagen ist hierfür eine Übergangsfrist von fünf Jahren vorgesehen.

Bei der Vergärungsanlage Leonberg kommt hinzu, dass sich die Anlage in der Außenzone des Heilquellenschutzgebietes Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Berg befindet. Für wassergefährdende Stoffe gilt hier nach der gültigen Schutzgebietsverordnung vom 11. Juni 2002, dass wassergefährdende Stoffe, wie beispielsweise Gärsubstrat, entweder in doppelwandigen Behältern mit Leckanzeigergerät oder in Anlagen mit einem Auffangraum verwendet werden müssen.

5.2.2.2 Gärrestlagerkapazität

Analog zum Havarievolumen wird auch dieses Thema zukünftig über die AwSV geregelt werden. Hier ist für Betriebe, die keine eigenen Flächen vorhalten können, vorgeschrieben, dass eine Lagerkapazität für flüssige Gärreste für mindestens neun Monate nachzuweisen ist. Dies trifft auf den Abfallwirtschaftsbetrieb Böblingen zu, sodass davon auszugehen ist, dass sich auch diese Auflage, bei Umsetzung einer Variante mit Gärrestanfall, in den Genehmigungsaufgaben wiederfinden wird.

5.2.2.3 Wiederkehrende Überwachung und Überprüfung

Eine wiederkehrende Überwachung, besonders in den Bereichen Wasserschutz und Sicherheit, ist ebenso zwischenzeitlich eine Standardanforderung. Dabei beurteilt ein entsprechend zugelassener Sachverständiger zunächst die Anlage, um anschließend einen Überwachungsplan vorzulegen. Es ist davon auszugehen, dass die entsprechenden Überwachungen durch den Abfallwirtschaftsbetrieb Böblingen bereits umgesetzt werden. Von einer verpflichtenden Aufnahme zu den Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid ist auszugehen.

5.2.3 Spezielle Auswirkungen bei Umsetzung der Varianten

Bei Umsetzung der Varianten A und B sind außer den allgemeinen Auswirkungen und Anforderungen (Erhöhung Durchsatzkapazität der Gesamtanlage und der Vergärungsanlage, Änderungen in den Genehmigungstatbeständen, Neukonzeption Nachrotte/Kompostierung) keine weiteren genehmigungsbedürftigen Anlagenkomponenten zu erwarten.

Bei Variante A^{Plus} ist zusätzlich zu beachten, dass hier durch den Bau und die Größe der Gärrestlager (Lagerkapazität: 12.800 m³) ein neuer Genehmigungstatbestand hinzukommt. Die zeitweilige Lagerung der nicht gefährlichen Abfälle Gülle und Gärrest ist ab einer Lagerkapazität von 6.500 m³ immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig nach Nr. 8.13 der 4. BImSchV. Hinzu kommt, dass die Gasspeicherkapazitäten die entsprechenden Mengenschwellen nach der 12. BImSchV, der Störfallverordnung, überschreiten. Bei Anwendung des BMU-Standardverfahrens wird eine Gaslagerkapazität von rund 30.000 kg⁴ erreicht, sodass in dieser Anlagenvariante die Grundpflichten nach der 12. BImSchV (§ 3 bis 8) erfüllt werden müssten.

⁴ Berechnung erfolgte nach aktuellem Entwurfsstand und müsste im weiteren Planungsverlauf konkretisiert werden. Die untere Schwellengrenze, ab der Biogasanlagen der Störfallverordnung unterliegen, beträgt 10.000 kg Biogas, sodass bei Umsetzung dieser Anlagenkonzeption davon auszugehen ist, dass die Grundpflichten nach der Störfallverordnung eingehalten werden müssen.

Dies hätte unter anderem zur Folge, dass ein Konzept zur Verhinderung von Störfällen ausgearbeitet und der Behörde vorgelegt werden müsste.

Für die mittelfristig geplante Maßnahme, den genehmigten und installierten Bandrockner durch ein baugleiches Aggregat auszutauschen oder durch ein vergleichbares Aggregat mit gleicher Leistung zu ersetzen, ist dagegen kein immissionsschutzrechtliches Verfahren erforderlich.

6 Wirtschaftliche Betrachtung der Varianten

6.1 Berechnungsgrundlagen und Vorbemerkungen zu den wirtschaftlichen Betrachtungen

Ein weiterer Schwerpunkt in der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie lag auf der Kalkulation der Wirtschaftlichkeit der vertieft betrachteten Lösungsansätze. Die Kostenschätzungen basieren auf aktuellen Daten aus Anlagenumsetzungen und -planungen sowie Ausschreibungen eigener Projekte des Witzenhausen-Instituts. Insbesondere gilt dies für die Abschätzung der erforderlichen Investitionskosten. Ergänzend werden Kenntnisse aus zahlreichen Referenzanlagen berücksichtigt.

Wesentliche Ansätze hinsichtlich der künftigen Betriebsaufwendungen (Bezugskosten Strom, Entgeltstruktur Personal sowie Verwertungs- und Entsorgungspreise etc.) wurden durch die AWB übermittelt bzw. auf Basis der Erfahrungen des Witzenhausen-Instituts festgelegt.

Der AWB stellte dem Witzenhausen-Institut eine zusammenfassende Kapital- und Betriebskostenübersicht sowie die Jahresendabrechnung des Netzbetreibers „Netze BW GmbH“ für die Naturstrom Landkreis Böblingen GmbH für das Jahr 2014 zur Verfügung. Diese Daten ermöglichten die Berücksichtigung der derzeitigen Kostenpositionen für diejenigen Funktions- und Betriebsbereiche der Bestandsanlage, die nicht von Umbaumaßnahmen betroffen sind und neu kalkuliert wurden. Damit bestand die Grundlage, eine fundierte Gesamtkostenschätzung für den künftigen Anlagenbetrieb nach erfolgter Anlagenoptimierung vorzunehmen (Angabe von Gesamtbehandlungskosten).

Gleichzeitig kann ein Vergleich mit den derzeitigen Kosten für die Bio- und Grüngutbehandlung im Landkreis Böblingen vorgenommen werden. Dieser umfasst sowohl die Vergärungsanlage als auch die aus den bestehenden Vertragsverhältnissen auflaufenden jährlichen Kosten.

Für die Gesamtkostenschätzung wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Konzeptentwicklung und Abschätzung der Stoffströme und Energieflüsse
- Vordimensionierung mit Entwicklung von Aufstellungsskizzen
- Kostenschätzung Invest (Anlagenerrichtung, Nebenkosten)
- Kostenschätzung des Anlagenbetriebs und der Entsorgungskosten
- Schätzung der Erlöse und der mit der Umsetzung verbundenen monetären Synergieeffekte für den gesamten Anlagenbetrieb
- Schätzung der Gesamtwirtschaftlichkeit (Behandlungskosten)

Nachstehend werden die für die Umsetzung der Behandlungsvarianten durchgeführten Kalkulationen zur Kostenschätzung dargestellt. Die Ergebnisse sind in den dargestellten Tabellen zusammenfassend wiedergegeben. Grundlegende Berechnungsansätze und Annahmen werden erläutert. Aufgrund der Fülle an Einzeldaten wird an dieser Stelle auf die genaue Beschreibung einzelner Angaben und Ergebnisse verzichtet.

Zum besseren Verständnis ist vorab anzumerken:

- Die Kostenschätzung für Invest, Betrieb und Erlöse erfolgt als Nettokosten-Betrachtung. Einzelne Kostenpositionen, wie z. B. Personalkosten, sind dabei bereits umsatzsteuerbefreite Kosten.
- Die Angabe von spezifischen Behandlungskosten je Tonne Input (€/Mg) bezieht sich auf eine Inputmenge von 52.000 Mg/a. Hierdurch ist die Vergleichbarkeit aller Varianten und die Vergleichsmöglichkeit mit den aktuellen Behandlungskosten gegeben.

Der Tab. 1 sind die zugrunde gelegten Stoffstrombilanzen zu entnehmen.

Tab. 1: Kostenschätzung – Stoffströme

Optimierung Vergärungsanlage Leonberg				
Variante	 Witzenhausen-Institut	Variante A	Variante A^{plus}	Variante B
Verfahren		Teilstromvergärung/ Abpressen/Trocknen/ Rotte	Vollstromvergärung/ Abpressen/Trocknen/ Rotte	Teilstromvergärung/ Tunnelkompostierung
DATEN STOFFSTRÖME				
Stoffströme Anlageninput				
Biogut		40.000 Mg/a	40.000 Mg/a	40.000 Mg/a
Grüngut, fein		12.000 Mg/a	12.000 Mg/a	12.000 Mg/a
Summe Anlageninput		52.000 Mg/a	52.000 Mg/a	52.000 Mg/a
Stoffströme Anlagenbetrieb				
Bioabfall aufbereiten		40.000 Mg/a	40.000 Mg/a	40.000 Mg/a
Input Grüngut, fein in den Anlagenprozess		12.000 Mg/a	12.000 Mg/a	12.000 Mg/a
Input Fermenter		31.500 Mg/a	38.500 Mg/a	31.500 Mg/a
Input Nachgärer		7.000 Mg/a	20.000 Mg/a	---
Input Bandtrockner		33.400 Mg/a	27.500 Mg/a	---
Input Gärrestkonditionierung / Intensivrotte		22.200 Mg/a	11.800 Mg/a	51.600 Mg/a
Input Nachrotte		17.500 Mg/a	---	---
Input Konfektionierung		14.800 Mg/a	9.000 Mg/a	13.300 Mg/a
Stoffströme Anlagenoutput				
Störstoffe (Aufbereitung)		1.500 Mg/a	1.500 Mg/a	1.500 Mg/a
Grobfraktion (Kompostkonfektionierung)		900 Mg/a	900 Mg/a	900 Mg/a
Gärrest Flüssig		6.900 Mg/a	19.000 Mg/a	---
Wasserverdampfung (Trockner)		7.000 Mg/a	4.500 Mg/a	---
Abwasser + Kondensat (Trockner/Intensivrotte)		1.650 Mg/a	1.000 Mg/a	3.000 Mg/a
ASL-Lösung		n.b.	n.b.	n.b.
Fertigkompost		12.600 Mg/a	7.000 Mg/a	11.100 Mg/a
Mengen nach Kirchheim		11.200 Mg/a	11.200 Mg/a	11.200 Mg/a

6.2 Wirtschaftlichkeit

6.2.1 Investitionskosten

Die Kostengliederung zu den investiven Maßnahmen im Hochbau basieren im Wesentlichen auf den Vorgaben der DIN 276. Unterschieden werden hier die Kostengruppen der 1. Ebene. Die Grundlagen der Kostenschätzung sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Die Investitionskosten enthalten sämtliche Kosten für die Errichtung der Behandlungseinheiten inkl. der vorbereitenden Arbeiten zur Herrichtung von Baufeldern und Logistikflächen. Baubekanntkosten für Genehmigung, Gutachten, Projektmanagement, Begleitung der Planung und Engineering sind als prozentuale Aufschläge enthalten. Darüber hinaus ist bei den Investkosten ein prozentualer Kostenaufschlag in Höhe von 5 % für „unvorhersehbare Kosten (UVG)“ kalkuliert.

Es werden unterschiedliche Zeiträume für die Dauer der Abnutzung mit linearer Abschreibung angesetzt. Grundlage des Zinssatzes von 1,5 % (Mittelwert) sind die derzeitigen Konditionen der KfW-Bankengruppe für kommunale Investitionskredite.

Im derzeitigen Stadium des Konzepts ist von einer Kostensicherheit hinsichtlich der investiven Aufwendungen von +/- 25 % auszugehen.

Das Investitionsvolumen liegt bei den Varianten zwischen 6 und 8 Millionen Euro. Die Varianten A und A^{plus} zeigen mit 56 % bzw. 60 % einen deutlich höheren Anteil technischer Anlagen (Kostengruppe 400) am Gesamtinvest als die Variante B, bei der der Bauteil (Kostengruppe 300) überwiegt. Der verfahrens- und maschinentechnische Anteil beträgt hier ca. 43 %. Aufgrund der unterschiedlichen Abschreibungszeiträume für Bauwerke und technische Anlagen hat dies Einfluss auf die resultierenden Kapitalkosten, auf die an späterer Stelle eingegangen wird.

Bei den Varianten A und A^{plus} ist darin der mittelfristige Ersatz des jetzt über zehn Jahre in Betrieb befindlichen Trockners berücksichtigt. Allerdings ist damit erst in den nächsten fünf bis zehn Jahren zu rechnen. Das unmittelbar erforderliche Investitionsvolumen liegt bei Variante A bei 4,8 Mio. €, bei Variante A^{plus} bei 5,9 Mio. € und bei Variante B bei 6,1 Mio. €.

Mit fast 8 Mio. € ist bei der Variante A^{plus} mit dem größten investiven Aufwand zu rechnen, was aufgrund der umfangreichen Umbaumaßnahmen nachvollziehbar ist. Größte Kostenpositionen sind hier die zwei Gärrestlager, die Schneckenpressen, der Nachgärer (deutlich größer gegenüber Variante A), der Ersatz des Trockners und die Intensivrottetunnel sowie der große Flächenbedarf zur Herrichtung des Havarievolumens.

Bei der Umstellung des Anlagenbetriebs auf eine Teilstromvergärung (Variante B) ohne Bandtrockner sind etwa 6 Mio. € aufzuwenden. Dies entspricht in etwa dem Investitionsvolumen der Variante A^{plus}, wenn der Ersatz des Trockners nicht mit einbezogen wird.

Die Ergebnisse der Kostenschätzung sind in Tab. 3 und Abb. 11 dargestellt.

Tab. 2: Auflistung der wesentlichen erforderlichen Investitionsmaßnahmen und Zuordnung zu den Kostengruppen (DIN 276) sowie Grundlagen der Kapitalkostenschätzung

INVESTITIONEN	
100 – Grundstück	Vorhanden, keine Erwerbskosten
200 – Herrichten und Erschließen	Herrichten neu zu bebauender Flächen, Bodenabtrag, Planieren, Baufeld der Gebäude herrichten
300 – Bauwerk/ Baukonstruktion	Baustelleneinrichtung, Neu- und Umbau Hallen, Infrastruktur verbindend, Fundamente / Bodenplatten, Lagerbereiche / Anschubwände, Havariebecken, Bauteil Gärrestkonditionierung / Gärrestlager / Biofilter
400 – Technische Anlagen	Nachgärer, Vorlagebehälter, Mischaggregate, Dosierer, Pressen, Fördertechnik, Bandrockner (Ersatz), Konfektionierung, Gasspeicher, Wärmespeicher, Holz Trocknung, M&E-Teil Gärrestkonditionierung / Gärrestlager / Biofilter, Einbindung Technik, Steuerung (inkl. Inbetriebnahme)
500 – Außenanlagen	z.B. Erweiterung der Logistik-/Verkehrsflächen
700 - Baunebenkosten	Planung / Genehmigung / Fachgutachten (3 % vom Invest) Engineering / Projektmanagement (5 % vom Invest)
Mobile Maschinen	Sind vorhanden
Aufschlag für "Unvorhersehbare Kosten" (UVG; 5 %)	
KAPITALKOSTEN	
Abschreibung 200/300/500	30 Jahre (Ansatz AWB)
Abschreibung 400	12 Jahre (Nachgärer, Holz-/Bandrockner 15 Jahre)
Abschreibung UVG	20 Jahre
Abschreibung 700	20 Jahre
Finanzierungszins	1,50 % (Grundlage KfW-Kreditprogramm 208, kommunale Infrastruktur)

Tab. 3: Kalkulation der Investitions- und Kapitalkosten – Zusammenstellung der berücksichtigten Kostenpositionen in Anlehnung an die DIN 276

Variante	Variante A	Variante A ^{plus}	Variante B
Verfahren	Teilstromvergärung/ Abpressen/Trocknen/ Rotte	Vollstromvergärung/ Abpressen/Trocknen/ Rotte	Teilstromvergärung/ Tunnelkompostierung
INVESTITIONSKOSTEN (in Anlehnung an DIN 276)			
100 - Grundstück	vorhanden	vorhanden	vorhanden
200 - Herrichten und erschließen	57.000 €	134.000 €	13.000 €
300 - Bauwerk - Baukonstruktion (anteilig 400 / TGA)	1.867.000 €	2.379.000 €	2.708.000 €
400 - Technische Anlagen (anteilig 300)	4.025.000 €	4.472.000 €	2.604.000 €
500 - Außenanlagen	30.000 €	30.000 €	30.000 €
mobile Maschinen und Geräte	vorhanden	vorhanden	vorhanden
Baunebenkosten	478.000 €	561.000 €	429.000 €
Unvorhersehbares (UVG) (5% vom Invest)	299.000 €	351.000 €	268.000 €
Summe Anlagenkosten	6.756.000 €	7.927.000 €	6.052.000 €
Kapitalkosten (Annuitäten)			
Zins (1,5%), lineare Abschreibung			
Summe Kapitalkosten neu (Anlagenumbau)	457.000 €/a	532.000 €/a	394.000 €/a
Summe Kapitalkosten Bestand (Stand 31.12.2014)	1.060.463 €	1.060.463 €	1.060.463 €
Gesamtsumme Kapitalkosten (gerundet)	1.517.000 €/a	1.592.000 €/a	1.454.000 €/a

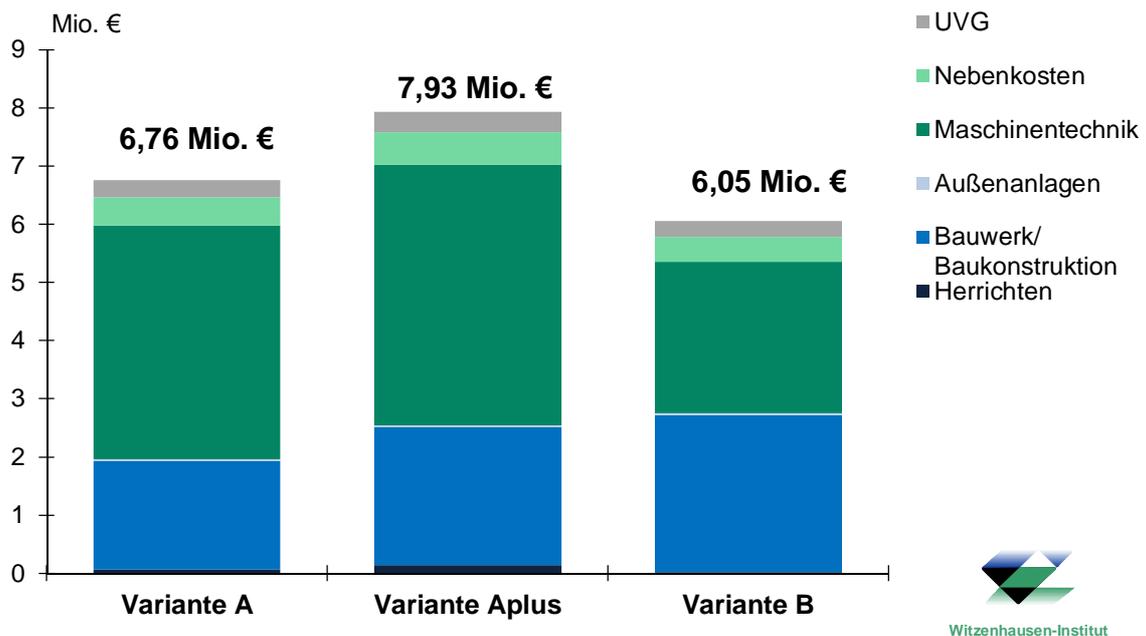


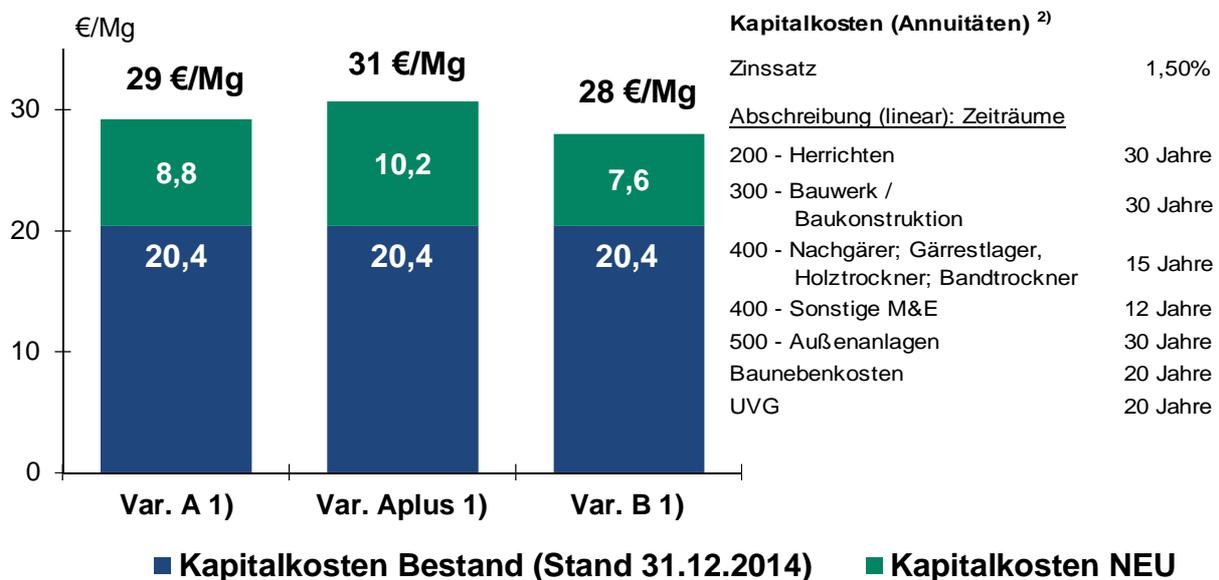
Abb. 11: Investitionskostenschätzung für die betrachteten Varianten

Bei den Kapitalkosten wird unterschieden zwischen denjenigen, die sich aus den Umbaumaßnahmen neu ergeben, und den Bestandskosten gemäß Aufstellung des AWB für 2014 (Restbuchwert ca. 1,06 Mio. €).

Als Bezugsgröße für alle Angaben zu spezifischen Kosten werden einheitlich 52.000 Mg/a gewählt. Wird der Restbuchwert hierauf bezogen, ergeben sich rechnerisch spezifische Kapitalkosten für die Bestandsanlage in Höhe von ca. 20,40 €/Mg, die für alle betrachteten Umbauvarianten gleich groß sind.

Mit 10,20 €/Mg übersteigen die Kapitalkosten der Variante A^{plus} die der Variante B (7,60 €/Mg) um etwa 35 %. Der Unterschied des Gesamtinvests liegt bei ca. 31 %. Hierin spiegelt sich der höhere maschinentechnische Anteil mit kürzeren Abschreibungszeiträumen bei Variante A^{plus} wider.

Bei den Varianten liegen die Kapitalkosten in einer Spanne von 28 €/Mg bis 31 €/Mg und damit relativ nah beieinander.



1) Bezugsgröße Gesamtdurchsatz 52.000 Mg/a
2) Ansätze tw. basierend auf Kalkulationsgrundlagen des AWB

Abb. 12: Schätzung der spezifischen Kapitalkosten

6.2.2 Betriebs- und Entsorgungskosten

Die Aufwendungen für den Betrieb sind auf Basis von Projekterfahrungen abgeschätzt und zum Teil durch übliche prozentuale Aufschläge ergänzt worden. Die Zusammenstellung enthält Tab. 4. Die nachstehend dargestellte Betriebskostenschätzung bezieht sich auf die Gesamtanlage, also die neu zu errichtenden Anlagen- und Funktionsbereiche inkl. der Bestandsanlage.

Die Strombezugskosten werden mit derzeit 19,72 Ct/kWh eingestellt (Mitteilung des AWB). Prinzipiell kann der Strombedarf günstiger durch die Eigenstromnutzung gedeckt werden, allerdings stehen diesem beim AWB vertragliche Bindungen entgegen.

Die erforderliche Betriebswärme wird aus der Eigenerzeugung als Abwärme kostenfrei bereitgestellt.

Es werden mittlere spezifische Lohnkosten von 50.000 €/a je operativem Mitarbeiter (Anlagenbetrieb inkl. Betriebsleitung, Vermarktung [2 Personalstellen]; inkl. Arbeitgeberanteile) angesetzt.

Bei der Schätzung der Aufwendungen für Reparatur/Wartung/Unterhalt (RWU) wird je nach Umfang der technischen Einrichtungen differenziert. Die Einschätzung erfolgt als Prozentanteil an den Investkosten. Je nach dem zu erwartenden Verschleiß und der Reparaturanfälligkeit kommen Ansätze für 13 differenzierte Einzelpositionen zwischen 1 % und 10 % vom Invest zum Tragen.

Der Ansatz von 10 % wird bei den bekanntermaßen sehr wartungsanfälligen Schneckenpressen gewählt, aber auch als sehr konservativer Wert für die Fördertechnik angesetzt.

Tab. 4: Auflistung der wesentlichen Ansätze zur Abschätzung der Betriebs- und Entsorgungskosten

BETRIEBSKOSTEN	
Strom	Bezugskosten 19,72 Ct/kWh (Angabe AWB)
Wärme	Eigenwärmenutzung
Personalkosten (mittlerer Ansatz je Mitarbeiter)	50.000 €/MA inkl. AG-Anteile (Angabe AWB)
RWU	Schätzung: prozentuale Ansätze vom Invest (13 differenzierte Positionen) für neu errichtete Anlagenbereiche
Sonstige Betriebsstoffe	Bedarfsschätzung (variantenspezifisch)
Säure	Bezugskosten 300 €/m ³ 76 %
Analytik	pauschal
Versicherungen	0,50 % vom Invest (für neu errichtete Anlagenbereiche)
Aufschlag für „Unvorhersehbare Kosten“ (3 %)	
ENTSORGUNGSKOSTEN	
Entsorgung Störstoffe / Siebüberlauf (MVA)	88,24 €/Mg
Abgabe Kirchheim (Verwertungsvertrag)	74,43 €/Mg
Abgabe BEM (Verwertungsvertrag)	45,80 €/Mg
Flüssigdünger (frei Anlage)	10 €/Mg
Vermarktung Kompost (Erlös) frei Anlage	5 €/Mg
Abwasser (Oberflächenwasser, Kondensat, Sickerwasser) frei Anlage	5,32 €/Mg
Vermarktung ASL (Ammoniumsulfatlösung)	0 €/Mg

Bei den sonstigen Betriebsstoffen liegen variantenspezifische Bedarfsschätzungen für Diesel, Schwefelsäure zur Abluftbehandlung und Flüssiggas zugrunde. Die Analytikskosten werden pauschal mit (konservativ) 50.000 €/a eingestellt.

Darüber hinaus sind bei den Betriebskosten 3 % für unvorhersehbare Aufwendungen (UVG) beaufschlagt.

Weiterhin sind Kosten für die Entsorgung bzw. Vermarktung anfallender Reststoffe bzw. Endprodukte enthalten. Die Angaben wurden teilweise vom AWB zur Verfügung gestellt.

Die erwarteten Betriebs- und Entsorgungskosten sind Tab. 5 und Abb. 13 zu entnehmen. Die Angaben beziehen sich auf die Behandlung und Verwertung von 52.000 Mg/a Bio- und Grüngut.

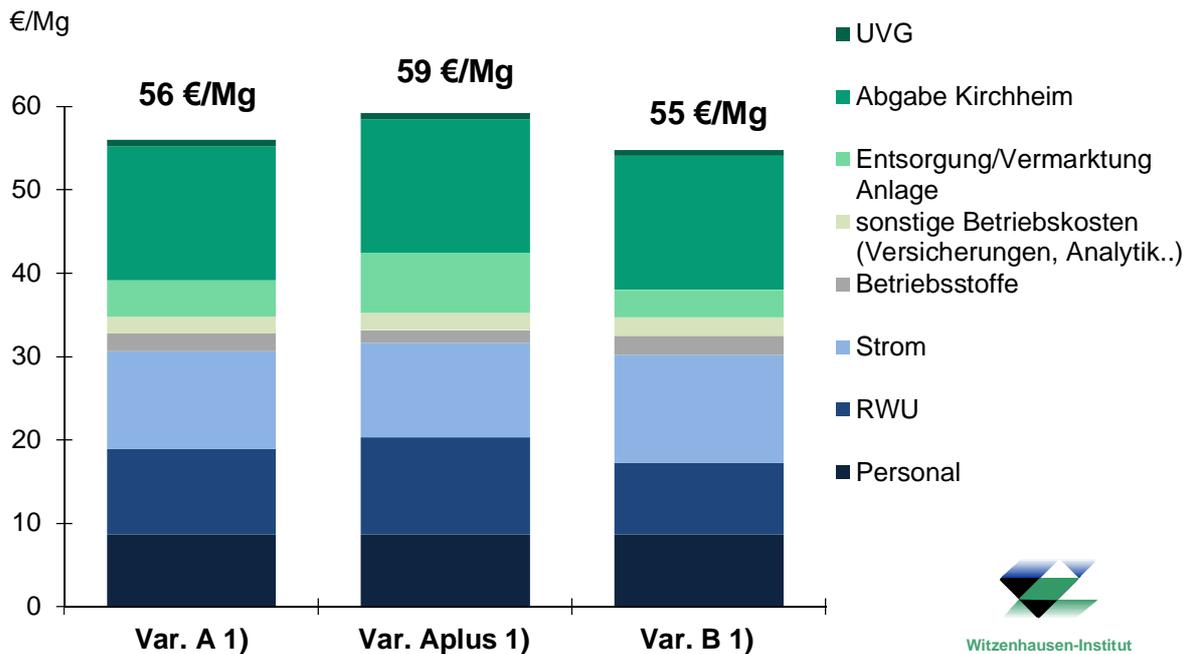
Es fällt auf, dass sich die geschätzten Betriebskosten bei allen drei Varianten nur marginal unterscheiden. Sie liegen zwischen 1,8 Mio. €/a und 1,9 Mio. €/a. Wesentliche Einzelpositionen sind der Strombezug, die Personalkosten und die Aufwendungen für Reparatur/Wartung/Unterhalt (RWU).

Die zusätzlichen Entsorgungs- und Vermarktungsaufwendungen bewegen sich zwischen 1 Mio. €/a und 1,2 Mio. €/a. Die vertragsgemäße Entsorgung über die Anlage in Kirchheim (hier Ansatz einheitlich 11.200 Mg/a) hat daran mit 834.000 €/a einen Anteil zwischen 70 % und 83 %.

Tab. 5: Schätzung der Betriebs- und Entsorgungskosten

Optimierung Vergärungsanlage Leonberg				
Variante		Variante A	Variante A ^{plus}	Variante B
Verfahren		Teilstromvergärung/ Abpressen/Trocknen/ Rotte	Vollstromvergärung/ Abpressen/Trocknen/ Rotte	Teilstromvergärung/ Tunnelkompostierung
BETRIEBSKOSTEN (inkl. Bestandskosten)				
Strombezug	19,72 ct/kWh	610.000 €/a	590.000 €/a	675.000 €/a
Wärmebezug	0,00 ct/kWh	---	---	---
Personalkosten (Ansatz je Mitarbeiter)	Mittel: ca. 50.000 €/MA	451.000 €/a	451.000 €/a	451.000 €/a
RWU	% vom Invest	530.000 €/a	604.000 €/a	442.000 €/a
Diesel		100.000 €/a	70.000 €/a	100.000 €/a
Bestand sonstiges Flüssiggas		3.300 €/a	3.300 €/a	3.300 €/a
Säure	300 €/ m ³ 76%	9.000 €/a	4.500 €/a	18.000 €/a
Versicherungen		55.000 €/a	59.000 €/a	62.000 €/a
Analytik		50.000 €/a	50.000 €/a	50.000 €/a
Unvorhersehbares (UVG)	3% v. Betriebskosten	41.000 €/a	41.000 €/a	41.000 €/a
Summe Betriebskosten		1.849.000 €/a	1.873.000 €/a	1.842.000 €/a
Entsorgungskosten				
Entsorgung Störstoffe / Siebüberlauf	88,24 €/ Mg	212.000 €/a	212.000 €/a	212.000 €/a
Abgabe Kirchheim	74,43 €/ Mg	834.000 €/a	834.000 €/a	834.000 €/a
Abgabe BEM	45,80 €/ Mg	---	---	---
Abwasser (Oberflächen-/Sickerwasser, Kondensat)	5,32 €/ Mg	9.000 €/a	5.000 €/a	16.000 €/a
Flüssigdünger	10,00 €/ Mg	69.000 €/a	190.000 €/a	---
Vermarktung Fertigkompost (Erlös)	-5,00 €/ Mg	-63.000 €/a	-35.000 €/a	-56.000 €/a
Summe Entsorgungskosten		1.061.000 €/a	1.206.000 €/a	1.006.000 €/a

Bei den Varianten liegen die Betriebskosten zwischen 55 €/Mg und 59 €/Mg und damit wie auch die Kapitalkosten relativ nah beieinander.



1) Bezugsgröße Gesamtdurchsatz 52.000 Mg/a

Abb. 13: Schätzung der spezifischen Betriebs- und Entsorgungskosten

6.2.3 Erlöse

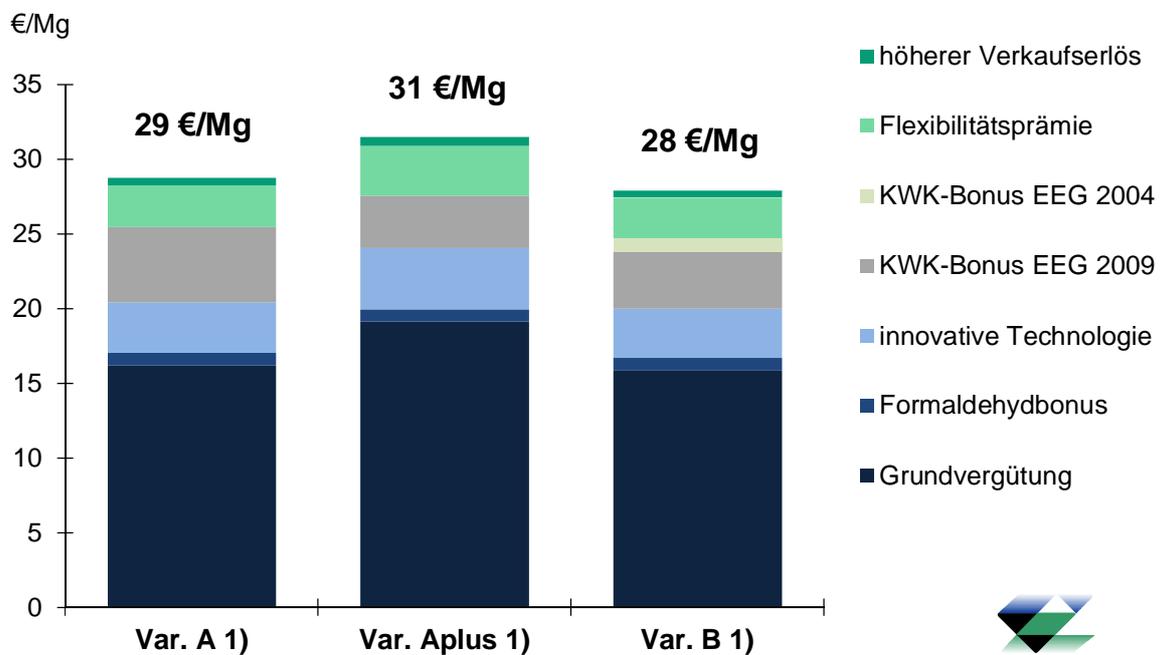
Die Einnahmen aus der Vermarktung des erzeugten Stroms werden auf ca. 1,45 Mio. €/a (Variante B) bis zu ca. 1,64 Mio. €/a (Variante A^{plus}) veranschlagt. Basis der Kalkulation ist die Flexibilisierung des Anlagenbetriebs. Durch die somit bestehende Möglichkeit zur bedarfsgerechten Stromeinspeisung zu Zeiten höherer Strompreise im Tagesverlauf wird von einem zusätzlichen Verkaufserlös in Höhe von 0,3 Cent/kWh_{el} ausgegangen.

Neben der Grundvergütung sind verschiedene Boni gemäß EEG berücksichtigt. Des Weiteren kann die Flexibilitätsprämie (130 €/kW_{el}) in Anspruch genommen werden (siehe Tab. 6 und Abb. 14).

Damit ergeben sich als Summe aus Strom- und Wärmenutzung Erlöse, die mit ca. 0,63 Mio. €/a veranschlagt werden. Bei den Varianten liegen die Erlöse zwischen 28 €/Mg und 31 €/Mg und damit, wie auch die Kapital- und Betriebskosten, relativ nah beieinander.

Tab. 6: Schätzung der Erlöse

Optimierung Vergärungsanlage Leonberg				
Variante		Variante A	Variante A ^{plus}	Variante B
Verfahren		Teilstromvergärung/ Abpressen/Trocknen/ Rotte	Vollstromvergärung/ Abpressen/Trocknen/ Rotte	Teilstromvergärung/ Tunnelkompostierung
ERLÖSE				
EEG Einspeisung (EEG 2009)				
Grundvergütung § 27 [1]				
Grundvergütung bis 150 kW	0,11670 €/kWh	153.344 €/a	153.344 €/a	153.344 €/a
Grundvergütung bis 500 kW	0,09750 €/kWh	298.935 €/a	298.935 €/a	298.935 €/a
Grundvergütung bis 5 MW	0,08770 €/kWh	388.862 €/a	541.723 €/a	370.883 €/a
Zwischensumme Grundvergütung		841.141 €/a	994.002 €/a	823.162 €/a
Boni				
Formaldehydbonus § 27 [5]	0,0100 €/kWh	43.800 €/a	43.800 €/a	43.800 €/a
innovative Technologie § 27 [4, Nr. 1],	0,0200 €/kWh	176.280 €/a	211.140 €/a	172.180 €/a
KWK-Bonus EEG 2009 § 27 [4 Nr. 3]	0,0300 €/kWh	262.800 €/a	183.960 €/a	197.100 €/a
KWK-Bonus EEG 2004 § 8 Abs. 4	0,0200 €/kWh	0 €/a	0 €/a	48.000 €/a
Flexibilitätsprämie				
BHKW Bemessungsleistung		1.006 kW el.	1.205 kW el.	983 kW el.
BHKW installierte Leistung		2.213 kW el.	2.213 kW el.	2.213 kW el.
Flexibilitätsprämie (130 €/kW el.)	130 €/kW el.	143.798 €/a	172.235 €/a	140.454 €/a
höherer Verkaufserlös durch flexible Einspeisung	0,0030 €/kWh	26.442 €/a	31.671 €/a	25.827 €/a
Summe Erlöse		1.497.480 €/a	1.640.226 €/a	1.453.719 €/a



1) Bezugsgröße Gesamtdurchsatz 52.000 Mg/a

Abb. 14: Schätzung der spezifischen Erlöse

6.2.4 Behandlungskosten

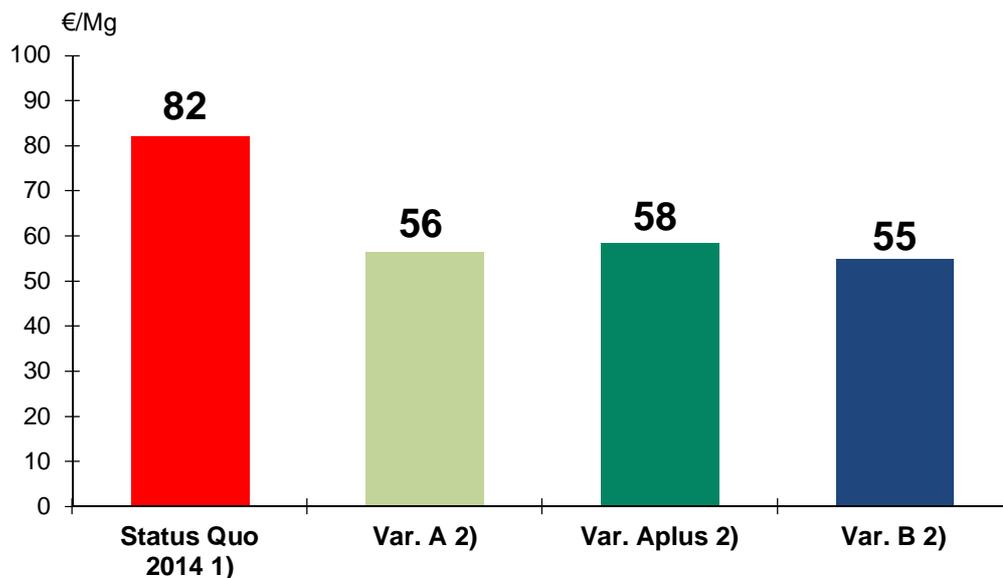
Behandlungskosten ergeben sich aus den jährlichen Kapitalkosten und den Betriebs- und Entsorgungskosten abzüglich der Erlöse. Sie sind in Tab. 7 und Abb. 15 dargestellt.

Zusammenfassend liegen die spezifischen Behandlungskosten zwischen 55 €/Mg (Variante B) und 58 €/Mg (Variante A^{plus}). Die wirtschaftlichen Unterschiede liegen im Rahmen des Unsicherheitsbereichs zum derzeitigen Planungsstand (Vorplanung) und sind nicht groß genug, um daraus eine Präferenz für eine der Varianten abzuleiten.

Trotz des hohen Invests ergeben sich bei allen drei Varianten allerdings deutlich reduzierte Behandlungskosten gegenüber dem aktuellen Betrieb (ca. 82 €/Mg) und stellen damit nicht nur eine konzeptionell-technische Optimierung des Anlagenbetriebs dar.

Tab. 7: Schätzung der NETTO-Behandlungskosten

Optimierung Vergärungsanlage Leonberg				
Variante		Variante A	Variante A ^{plus}	Variante B
Verfahren		Teilstromvergärung/ Abpressen/Trocknen/ Rotte	Vollstromvergärung/ Abpressen/Trocknen/ Rotte	Teilstromvergärung/ Tunnelkompostierung
Behandlungskosten				
Kapitalkosten		1.517.000 €/a	1.592.000 €/a	1.454.000 €/a
Betriebs-/Entsorgungskosten		2.910.000 €/a	3.079.000 €/a	2.848.000 €/a
Erlöse Energieverkauf		-1.497.000 €/a	-1.640.000 €/a	-1.454.000 €/a
Behandlungskosten NETTO		2.930.000 €/a	3.031.000 €/a	2.848.000 €/a
		56 € / Mg	58 € / Mg	55 € / Mg



1) Bezugsgröße 47.635 Mg
2) Bezugsgröße Gesamtdurchsatz 52.000 Mg/a

Abb. 15: Schätzung der spezifischen NETTO-Behandlungskosten und Gegenüberstellung zum Ist-Stand 2014

7 Ökologische Betrachtung der Varianten

Die mittlere Stromerzeugung schwankte bei der Vergärungsanlage Leonberg in den vergangenen Jahren beachtlich. Im Maximum wurden in einem Jahr ca. 8,5 Mio. kWh erreicht. 2014 konnten bei einer Verarbeitungsmenge von ca. 35.000 Mg ca. 6,04 Mio. kWh ins Netz eingespeist werden. Abzüglich des Eigenbedarfs in Höhe von ca. 1,52 Mio. kWh resultierte eine Netto-Strommenge von ca. 4,52 Mio. kWh.

Bei den betrachteten Varianten ergeben sich abzüglich des Eigenbedarfs Netto-Strommengen von ca. 5,7 Mio. kWh/a (Variante A), ca. 7,6 Mio. kWh/a (Variante A^{plus}) und ca. 5,2 Mio. kWh/a (Variante B). Diese sind auf die geplante Durchsatzsteigerung der Fermentierung auf bis zu 38.500 Mg/a (Variante A^{plus}) zurückzuführen.

Bei Umsetzung einer der betrachteten Varianten ergibt sich für die Vergärungsanlage Leonberg auch eine verbesserte ökobilanzielle Bewertung. Diese wird an dieser Stelle vereinfachend auf die Netto-Stromerzeugung beschränkt.

Gemäß der regelmäßig aktualisierten „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2013 – Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2013“ (BMU, 2014) beträgt der Netto-Vermeidungsfaktor bei Biogas und Biomethan etwa 393 g CO₂-Äquivalent/kWh_{el}. Dabei sind Einsparungen von Kohlendioxidemissionen und evtl. erhöhte Emissionen von Ammoniak etc. verrechnet.

Bezogen auf die Varianten ergeben sich damit Netto-Einsparungen in Höhe von 470 Mg CO₂-äq/a (Variante A), ca. 1.200 Mg CO₂-äq/a (Variante A^{plus}) und ca. 270 Mg CO₂-äq/a (Variante B).

Weiteren Einfluss haben die Treibhausgaseinsparungen aus der stofflichen Nutzung als Nährstofflieferant und Humusdünger. Verglichen mit der derzeitigen Verwertung, bei der die Verwertung extern erfolgt, sind keine entscheidenden Änderungen zu erwarten.

Veränderungen werden sich im Bereich der Transportwege und des Transportaufkommens ergeben. Eine detaillierte Betrachtung erfolgt nicht. Die transportbedingten Emissionen fallen, entgegen einer oft herrschenden Einschätzung, gegenüber den Einsparungen aus der Stromnutzung kaum ins Gewicht. An einer Modellbetrachtung kann dies veranschaulicht werden. Die spezifischen dieselbedingten Emissionen betragen etwa 3,12 kg CO₂-äq je Liter. Bei einer theoretischen Fahrleistung von 10.000 km und einem spezifischen Verbrauch von 40 l/100 km würde sich eine Belastung von lediglich ca. 12,5 Mg CO₂-Äquivalenten ergeben, was bei den Varianten zwischen 1 % bis hin zu 4,6 % der Einsparung aus der Stromerzeugung entspricht.

8 Gesamtbewertung und Fazit

Abschließend erfolgt eine umfassende Bewertung der betrachteten konzeptionellen und technischen Lösungen für den zukünftigen, langfristigen Anlagenbetrieb. Diese wird als gegenüberstellende und vergleichende Bewertung der Varianten hinsichtlich ihrer Eignung für den AWB durchgeführt. Eine große Bedeutung kommt den jeweiligen spezifischen Stärken und Schwächen bzw. Chancen und Risiken zu, die mit den jeweiligen Lösungen verbunden sind. Abschließend wird ein zusammenfassendes Fazit inkl. einer Empfehlung für den AWB vorgelegt. Eine übersichtliche, komprimierte Darstellung der Bewertungskriterien enthält Tab. 8 (zur besseren Lesbarkeit auch größer als Tab. 9 im Anhang auf Seite 59).

Tab. 8: Bewertungsmatrix für die Optimierung der Biogutvergärungsanlage Leonberg

Kriterium	Varianten			Fazit
	A	A ^{plus}	B	
1 netto Stromerzeugung (kWh/Mg (Biogut))	143	189	130	deutlicher Vorteil für Variante A ^{plus}
2 Wärmenutzung (tatsächliche)	96 %	70 % (noch Optimierungspotenzial)	72 % (ohne Holztrockner)	in allen Varianten gut und kann (A ^{plus} und B) im Hinblick auf KWK-Bonus gesteigert werden
3 Durchsatz Fermenter	31.500 Mg/a abhängig von Betriebssicherheit Gärrestbehandlung	38.500 Mg/a Freigabe OWS? Spitzen im Jahresgang beachten.	31.500 Mg/a keine Risiken erkennbar	Wenn Aufbereitung funktionstüchtig (ggf. über verlängerte Laufzeiten in aufkommenstarken Zeiten), ist Fermenterdurchsatz > 30.000 Mg/a insbesondere in Var. A ^{plus} und B machbar
4 Betriebssicherheit Gärrestbehandlung	basiert u.a. auf 8.300 h/Jahr Verfügbarkeit Trockner	basiert u.a. auf 8.300 h/Jahr Verfügbarkeit Trockner (ggf. nur 6.000 h/a, da noch freie Wärmeleistung vorhanden)	Rotte robust, alle anderen Aggregate potenziell durch Radladerbetrieb ersetzbar	klarer Vorteil für Var. B
5 Flexibilität	mittel Einstellbarkeit gegeben, aber alle Aggregate müssen (95 %) funktionieren Gaslager: 2,5 h	mittel Einstellbarkeit gegeben, aber alle Aggregate müssen (95 %) funktionieren. Gaslager: 20 h	hoch könnte in Verbindung mit einer Nachrotte auch ohne Vergärung betrieben werden Gaslager: 8 h	Vorteil für Var. B; könnte ggf. nach 2024 (ggf. Auslaufen EEG) auch ohne Vergärung betrieben werden
6 Gärprodukte	12.500 Mg/a Kompost 7.000 m ³ Flüssigdünger	trockene Zwischenprodukte (Kirchheim) 6.400 Mg/a Kompost 19.000 m ³ Flüssigdünger	11.000 Mg/a Kompost	Perspektive Flüssigdünger in der Landwirtschaft? Menge Flüssigdünger bei A ^{plus} sehr hoch
7 Flächenbedarf	gut integrierbar, große Fläche für Havariebecken und ggf. zusätzliches Kompostlager erforderlich	gut integrierbar, aber sehr große Fläche für Havariebecken erforderlich	gut integrierbar, Biofilter muss auf Rotteboxen neu errichtet werden	Hinsichtlich des Kriteriums Flächenbedarf wenige Unterschiede zwischen den Varianten
8 Baugrund	Eignung Fläche Gärrestlager prüfen	Eignung Fläche Gärrestlager prüfen	Eignung Fläche Rotteboxen prüfen	Nach Auswahl einer Var. sollte bald ein entsprechendes Baugrundgutachten mit Gründungsempfehlung eingeholt werden.
9 Sonstige	Konzept enthält auch überdachte Nachrotte	- Störfall - leichte Stoffstromoptimierung mit noch vorhandenem Wärmeüberschuss möglich		
10 Investition	6,7 Mio. € inkl. 2,0 Mio. € Ersatz Trockner → unmittelbar: 4,8 Mio. €	7,9 Mio. € inkl. 2,0 Mio. € Ersatz Trockner → unmittelbar: 5,9 Mio. €	6,1 Mio. € → unmittelbar: 6,1 Mio. €	unmittelbar erforderliche Investitionen zwischen 4,7 und 6,1 Mio. €
11 Risikobewertung	hohe Verfügbarkeiten einer Reihe von Aggregaten erforderlich, Vermarktung Kompost und v.a. Flüssigdünger aufzubauen	abhängig von belastbarer Aussage OWS (Jahresgang!) zum Fermenterdurchsatz; Vermarktung großer Mengen Flüssigdünger und Kompost	alle Aggregate in Gärrestbehandlung grundsätzlich auch im Radladerbetrieb darstellbar; Kompostvermarktung aufzubauen	Vermarktung flüssiger Gärreste vor dem Hintergrund der Unsicherheiten in Bezug auf DÜV schwer zu bewerten. Var. B wird als robust eingeschätzt.
Fazit	Basierend auf den Erfahrungen ist eine ausreichende Verfügbarkeit des Trockners nicht zu erwarten.	Sofern Fermenterdurchsatz und Flüssigdünger-Vermarktung positiv geprüft, stabile Variante. Es besteht die Option, mittelfristig anstelle eines Ersatzes des Trockners die Rotteboxen zu erweitern.	Potenziell robustes Verfahren (mit weniger Energieerzeugung); Mischversuche erforderlich; bautechnische Prüfung der Integration der Tunnelröten	Nach jetzigem Informationsstand Empfehlung des WI für Variante B. Sofern Fermenterdurchsatz und Vermarktung F-Dünger für A^{plus} positiv geprüft werden, ist A^{plus} interessant und ggf. für eine schrittweise Umstellung geeignet. Unabhängig von der Entscheidung sind eine Entwurfsplanung und im Falle von Var. B Praxisversuche erforderlich.

Zu den einzelnen Kriterien:

1. Netto Stromerzeugung

Die erzeugte Netto-Strommenge, also abzüglich des Eigenbedarfs, wird auf die verarbeitete Biogutmenge bezogen. Mit 189 kWh/Mg Biogut besteht ein deutlicher Vorteil für die Variante A^{plus}. Bei der Teilstromvergärung gemäß Variante A liegt der Stromertrag mit 143 kWh/Mg schon deutlich niedriger, aber aufgrund der Nutzung des Restgaspotenzials (Nachgärer) höher als bei der Variante B (130 kWh/Mg).

2. Wärmenutzung

Bei Variante A wird die BHKW-Wärme nahezu vollständig im Prozess eingesetzt. Demgegenüber liegt der Eigenwärmebedarf bei den Varianten A^{plus} und B mit ca. 70 % deutlich niedriger, allerdings sollen Lösungen zur sinnvollen und wirtschaftlichen Nutzung der Überschusswärme integriert werden. Bei Variante B könnte z. B. eine Holz Trocknung erfolgen, die die Voraussetzungen für die Generierung des KWK-Bonus bietet. Grundsätzlich wäre dies auch ein Ansatz bei Variante A^{plus}. Alternativ könnte die Überschusswärme auch für einen effektiveren Betrieb des Trockners eingesetzt werden. Durch die optimierte Trocknungsführung besteht die Möglichkeit, auch mit einer geringeren Verfügbarkeit des Trockners die Behandlungsziele zu erreichen, was einen deutlichen Gewinn an Anlagenflexibilität und Betriebssicherheit bedeutet.

3. Durchsatz Fermenter

Der aktuelle Durchsatz von 28.000–29.000 Mg/a soll unabhängig von der Anlagenkonzeption gesteigert werden. Bei den Varianten A und B wird mit 31.500 Mg/a kalkuliert (Spannbreite 30.000–33.000 Mg/a), bei Variante A^{plus} zielt das Konzept auf die maximale Beaufschlagung der Fermentierung (Vollstromvergärung mit einem Durchsatz von 38.500 Mg/a).

Die Durchsatzleistung der Aufbereitungsstrecke, die die Voraussetzung für dieses Konzept (A^{plus}) ist, wird als gegeben betrachtet. Gegebenenfalls sind längere Laufzeiten an Werktagen und auch an Wochenenden erforderlich. Des Weiteren ist mit dem Hersteller des Fermenters, der Firma OWS, abzuklären, ob die angestrebte Durchsatzleistung für A^{plus} erreichbar ist (Freigabe durch die Firma OWS erforderlich). Damit verbunden, ist zu klären, ob bei den zwangsläufig verringerten Aufenthaltsdauern im Fermenter, insbesondere in den aufkommensstarken Sommermonaten, die Hygienisierung gewährleistet werden kann.

4. Betriebssicherheit und Gärrestbehandlung

Die Varianten A und A^{plus} basieren hinsichtlich der kalkulierten Stoffflüsse auf einer Verfügbarkeit des Trockners von 95 % bzw. 70 %. Dieses wird vor dem Hintergrund der Erfahrungen des AWB mit diesem Aggregat als nicht erzielbar eingeschätzt. Daraus ergibt sich eine verringerte Betriebssicherheit, zumindest für die Variante A. Der Trockner ist als nicht redundantes und zentrales Aggregat der Gärrestbehandlung die Engstelle im Anlagenkonzept. Bei der Variante A^{plus} könnte durch Nutzung der Überschusswärme von ca. 3,6 Mio. kWh/a die Trocknerleistung gesteigert werden, sodass unter Umständen eine geringere Verfügbarkeit erforderlich ist. Rechnerisch ergibt sich im besten Fall eine erforderliche Verfügbarkeit von 6.000–6.500 Betriebsstunden jährlich.

Bei Variante B findet die Gärrestbehandlung ausschließlich in Rottetunneln statt, womit ein deutlich robusteres Konzept vorliegt. Durch die modulare Struktur (mehrere Tunnel) kann auch ein Ausfall eines Tunnels kompensiert werden. Bei Ausfall aller anderen Aggregate der Gärrestbehandlung bzw. des Materialtransports kann potenziell zeitlich begrenzt auf Radladerbetrieb umgestellt werden.

Damit bietet die Variante B die höchste Betriebssicherheit der Gärrestbehandlung. Bei Variante A wird diese als nicht gegeben eingeschätzt.

5. Flexibilität

Die Bewertung der Anlagenflexibilität basiert auf den Ausführungen unter Punkt 4 zu Betriebssicherheit und Gärrestbehandlung. Sie wird bei den Varianten A und Aplus als mittel eingeordnet. Es besteht die Möglichkeit, durch technische Einstellungen den Behandlungsprozess zu optimieren, allerdings müssen alle Aggregate eine hohe Verfügbarkeit aufweisen. Da die Behandlungskette auf einer in Reihe geschalteten Abfolge einzelner Verfahrensschritte beruht, kommt der Prozess bei Ausfall oder verminderter Funktionalität eines Aggregats ins Stocken bzw. zum Erliegen. Da die technische Anlagenausstattung nicht redundant ausgelegt ist (Ausnahme: zwei Schneckenpressen), zeigen diese Varianten lediglich eine mittlere Flexibilität. Diese entspricht in etwa dem aktuellen Betrieb.

Variante B zeichnet sich durch eine deutlich höhere Flexibilität aus. Die zentralen Behandlungseinheiten für die Gärreste (Tunnel) sind mehrfach vorhanden und werden nicht in Reihe, sondern parallel betrieben. Darüber hinaus gestattet das Anlagenkonzept die prinzipielle Möglichkeit, die Anlage auch ohne die Vergärung zu betreiben. Dazu müsste eine längere Nachrotte integriert werden (auf der vorhandenen überdachten Nachrottefläche). Damit bietet Variante B die höchste Anlagenflexibilität. Nach Auslaufen der EEG-Förderdauer könnte die Anlage mit einigen Umstellungen ab 2024 auch ohne die Vergärung als ausschließliche Kompostierungsanlage betrieben werden.

6. Gärprodukte

Bei den Varianten A und A^{plus} fällt Flüssigdünger als neues Produkt an. Die landwirtschaftlichen Gegebenheiten im Umfeld der Anlage für die Verwertung werden aufgrund der landwirtschaftlichen Struktur als aussichtsreich eingeschätzt. Allerdings ist eine sichere Vermarktungsstruktur durch den AWB neu aufzubauen. Die Vermarktung des Komposts ist über die Beteiligung des AWB an der Anlage in Esslingen gesichert.

Insbesondere bei der Variante A^{plus} stellt die Vermarktung von ca. 19.000 m³/a Flüssigdünger eine besondere Aufgabe dar. Bei Variante B fällt ausschließlich Kompost an.

Die Bewertung der Vermarktungsaufgabe ist vor dem Hintergrund der derzeit laufenden Novellierung der Düngeverordnung und den verschärften Güteanforderungen der Bundesgemeinschaft Kompost e. V. derzeit mit Unsicherheiten behaftet. Zu erwarten sind nach aktuellem Stand der Diskussion neue Regelungen, die die Vermarktbarkeit von Qualitätsprodukten aus der Behandlung kommunalen Bioguts erschweren. Wie die Landwirtschaft als Hauptverwerter darauf künftig reagiert, kann derzeit nicht mit hinreichender Sicherheit beantwortet werden. Nicht damit zu rechnen ist, dass die landwirtschaftlichen Vermarktungswege komplett wegfallen, evtl. ist mit höheren Verwertungskosten zu rechnen.

Bei Flüssigdünger besteht für den AWB alternativ die Möglichkeit, die Vermarktung auch im Rahmen einer Ausschreibung extern zu vergeben. Einige kommunale Betreiber haben diesen Weg bereits beschritten oder erwägen dies.

7. Flächenbedarf

Alle Konzepte sind am Standort umsetzbar, die notwendigen Flächen sind bei Nutzung der jetzigen Containerstellfläche vorhanden. Bei Variante A^{plus} ist eine sehr große Fläche für das Havariebecken erforderlich. Der Flächenbedarf lässt sich reduzieren, wenn die Einfassung des Beckens (Spundwände bzw. Wall) erhöht werden.

8. Baugrund

Bei den Varianten A und A^{plus} werden auf der jetzigen Containerstellfläche Gärrestlager und der Nachgärer errichtet. Insbesondere die Gärrestlager zeigen eine hohe flächenbezogene Druckbelastung und stellen besondere statische Anforderungen. Die Eignung des Deponiekörpers als Baugrund ist daraufhin zu untersuchen. In Variante B werden am Ende der Logistikhalle Rotteboxen integriert, auch hier ist die Eignung des Baugrunds zu prüfen.

Nach Auswahl einer Variante sollte ein Baugrundgutachten mit einer Gründungsempfehlung eingeholt werden.

9. Sonstiges

Die Varianten A und B wurden so ausgelegt, dass das Gasspeichervolumen unterhalb der Mengenschwelle zur Störfallverordnung bleibt. Eine Anlage gemäß der Variante A^{plus} unterliegt der Störfallverordnung.

10. Investition

Das Investitionsvolumen liegt bei den Varianten zwischen 6 und 8 Millionen Euro. Bei den Varianten A und A^{plus} ist darin der mittelfristige Ersatz des jetzt über zehn Jahre in Betrieb befindlichen Trockners berücksichtigt. Allerdings ist damit erst in den nächsten fünf bis zehn Jahren zu rechnen. Das unmittelbar erforderliche Investitionsvolumen liegt bei Variante A bei 4,8 Mio. €, bei Variante A^{plus} bei 5,9 Mio. € und bei Variante B bei 6,1 Mio. €.

11. Risikobewertung

Bei Variante A sind hohe Verfügbarkeiten einer Reihe von Aggregaten erforderlich, was insbesondere für den vorhandenen Trockner als nicht erreichbar eingeschätzt wird. Darüber hinaus ist eine Vermarktungsstruktur für Flüssigdünger (7.000 m³/a) aufzubauen.

Bei Variante A^{plus} bedarf es einer belastbaren Aussage der Firma OWS zur Steigerung des Fermenterdurchsatzes, wobei der Jahresgang zu berücksichtigen ist. Auch hier ist eine Vermarktungsstruktur für Flüssigdünger (19.000 m³/a) aufzubauen.

Bei Variante B sind alle Aggregate und Transportvorgänge im Bereich der Gärrestbehandlung grundsätzlich, zeitlich begrenzt, auch im Radladerbetrieb darstellbar. Die Variante B wird als robust eingeschätzt und weist das geringste Betriebsrisiko auf.

Allgemein bestehen Risiken in der künftigen Vermarktung flüssiger Gärreste vor dem Hintergrund der Unsicherheiten in Bezug auf die Düngeverordnung, deren Auswirkungen derzeit schwer zu bewerten sind.

9 Anhang

9.1 Literatur

- /1/ Abfallwirtschaft Landkreis Böblingen (2012): Vergärungsanlage Leonberg.
https://www.lrabbb.de/site/LRA-BB-Desktop/get/params_E1193835433/3291475/Flyer%20Verg%C3%A4rung%20RZ%20-%203324.pdf
- /2/ Abfallwirtschaft Landkreis Böblingen (2015): Vergärungsanlage Leonberg – Abfallkonzept 2015: Optimierung der Stoffströme durch Entwässerung, Nassfermentation und Kompostierung. Internes Arbeitspapier.
- /3/ Kern, M. und T. Raussen (2014): Biogas Atlas 2014/15 – Anlagenhandbuch der Vergärung biogener Abfälle in Deutschland und Europa.

9.2 Fließbilder und Aufstellungsskizzen der Varianten

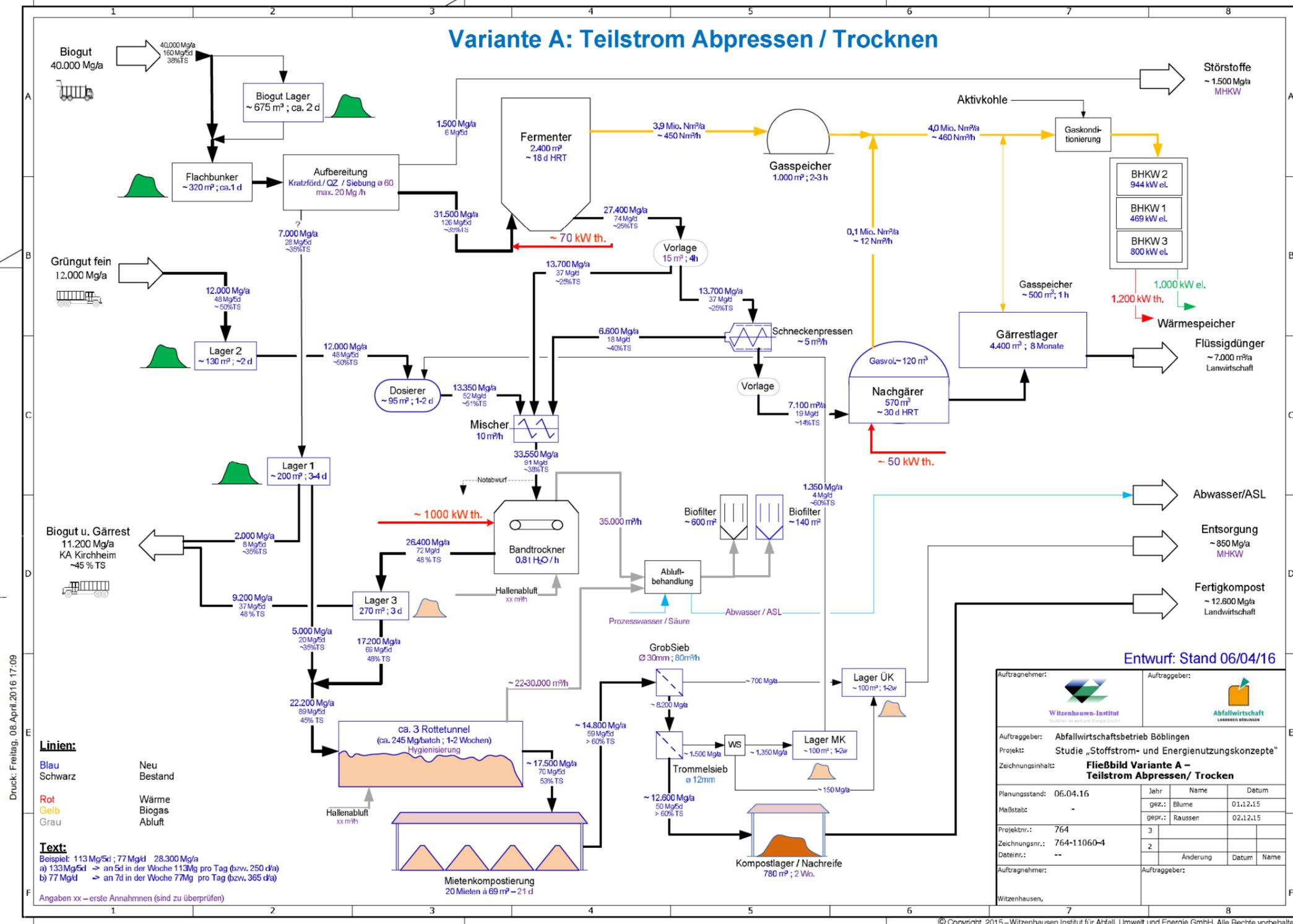


Abb. 16: Fließbild Variante A

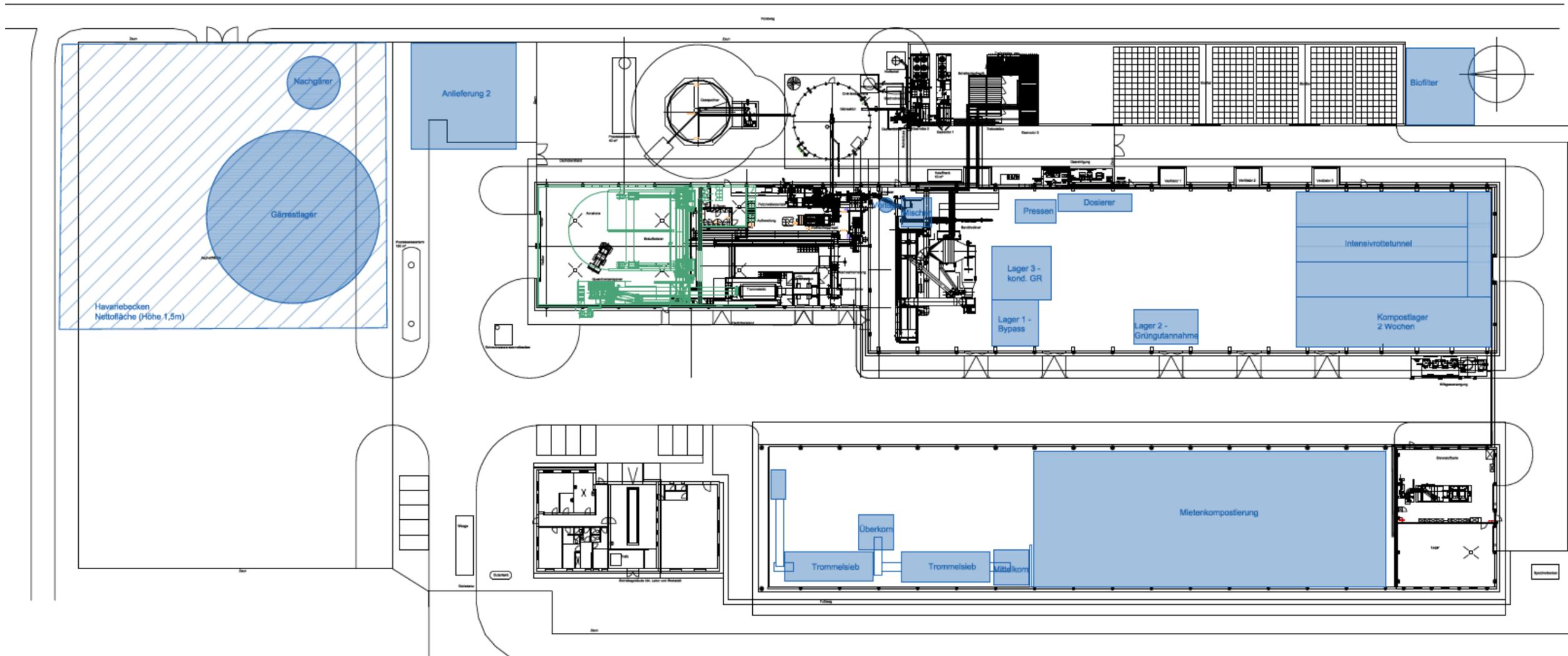


Abb. 17: Layoutskizze Variante A

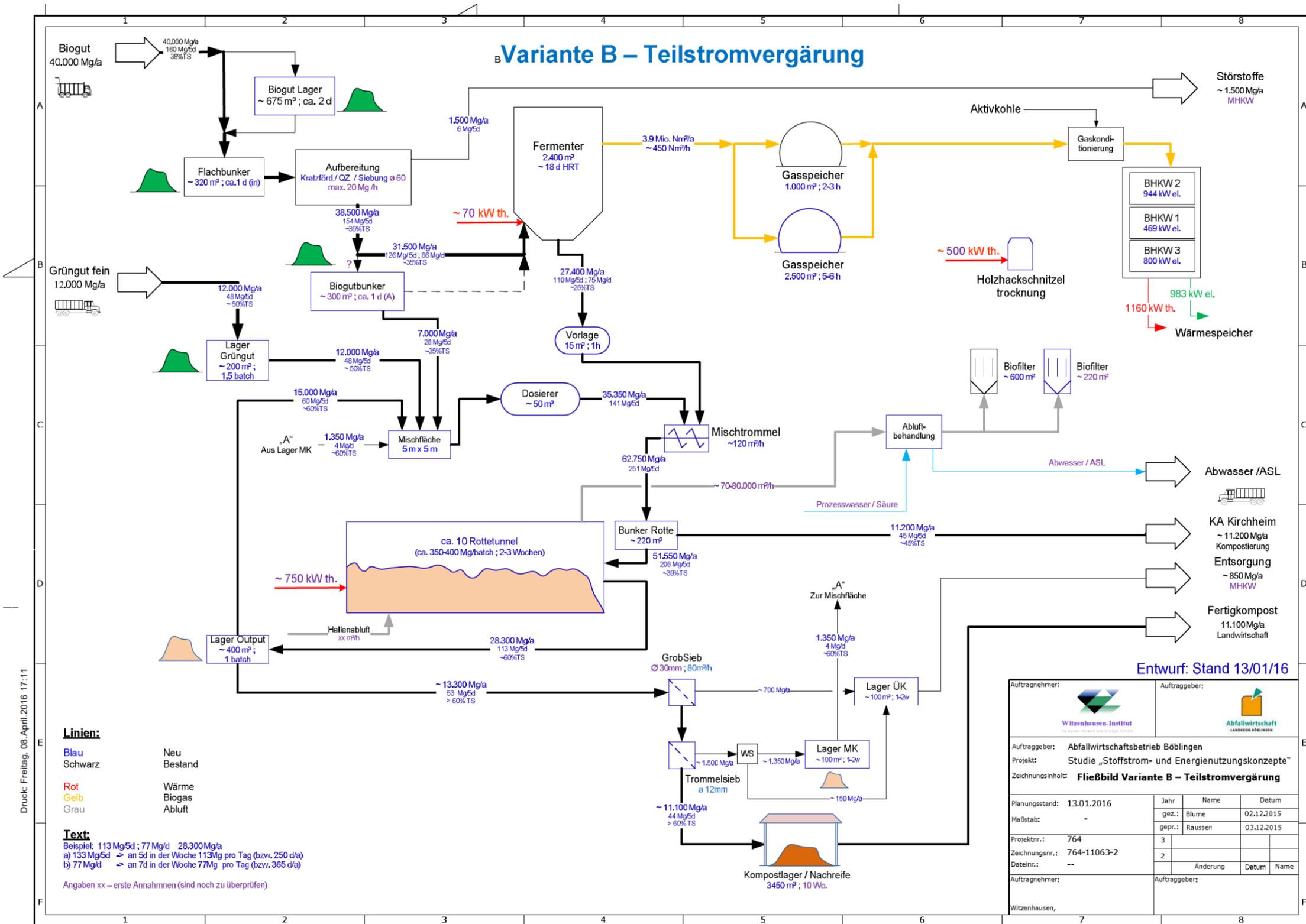


Abb. 18: Fließbild Variante B

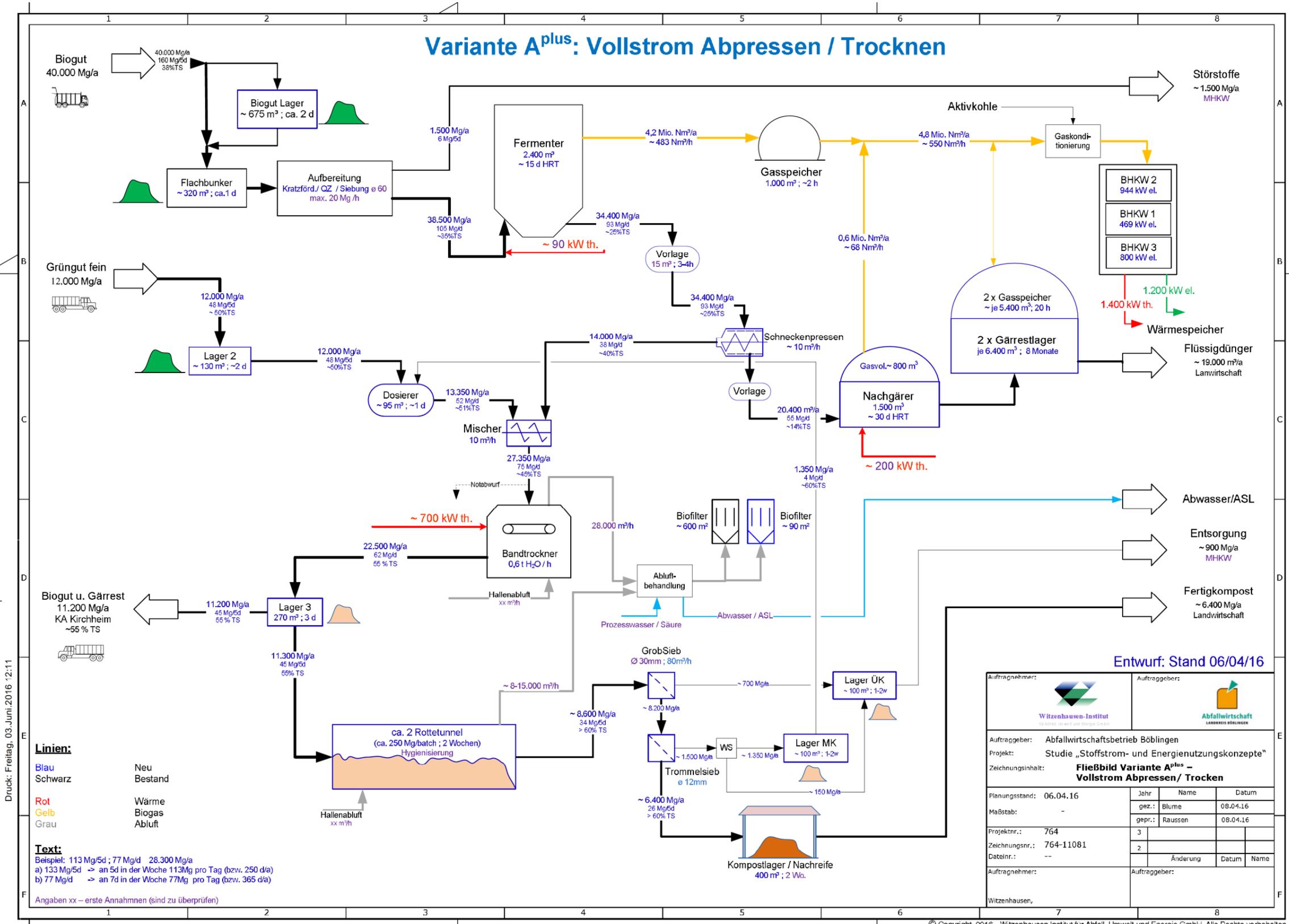


Abb. 20: Fließbild Variante A^{plus}

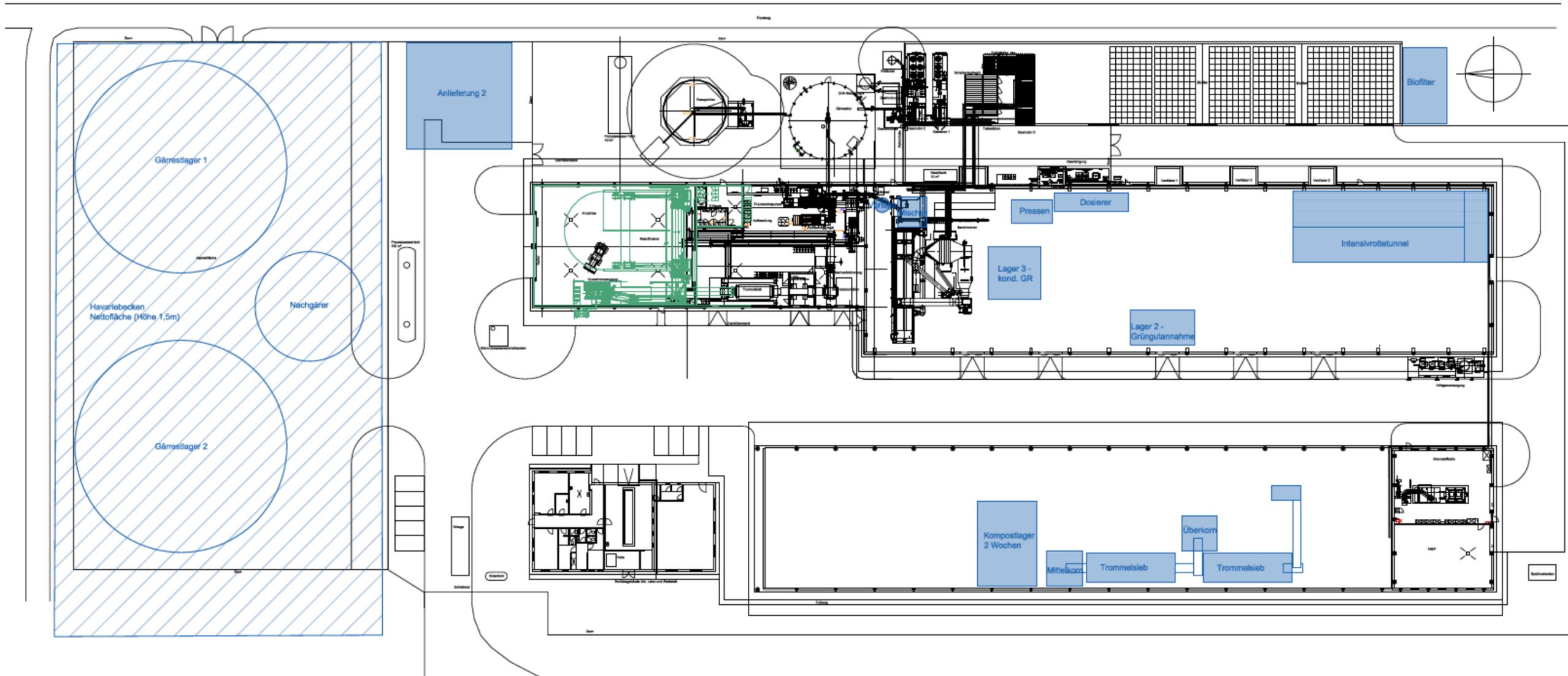


Abb. 21: Layoutskizze Variante A^{plus}

Tab. 9: Bewertungsmatrix für die Optimierung der Biogutvergärungsanlage Leonberg

Kriterium	Varianten			Fazit
	A	A ^{plus}	B	
1 netto Stromerzeugung kWh/Mg (Biogut)	143	189	130	deutlicher Vorteil für Variante A ^{plus}
2 Wärmenutzung (tatsächliche)	96 %	70 % (noch Optimierungspotenzial)	72 % (ohne Holztrockner)	in allen Varianten gut und kann (A ^{plus} und B) im Hinblick auf KWK-Bonus gesteigert werden
3 Durchsatz Fermenter	31.500 Mg/a abhängig von Betriebssicherheit Gärrestbehandlung	38.500 Mg/a Freigabe OWS? Spitzen im Jahresgang beachten.	31.500 Mg/a keine Risiken erkennbar	Wenn Aufbereitung funktionstüchtig (ggf. über verlängerte Laufzeiten in aufkommenstarken Zeiten), ist Fermenterdurchsatz > 30.000 Mg/a insbesondere in Var. A ^{plus} und B machbar
4 Betriebssicherheit Gärrestbehandlung	basiert u.a. auf 8.300 h/Jahr Verfügbarkeit Trockner	basiert u.a. auf 8.300 h/Jahr Verfügbarkeit Trockner (ggf. nur 6.000 h/a, da noch freie Wärmeleistung vorhanden)	Rotte robust, alle anderen Aggregate potenziell durch Radladerbetrieb ersetzbar	klarer Vorteil für Var. B
5 Flexibilität	mittel Einstellbarkeit gegeben, aber alle Aggregate müssen (95 %) funktionieren Gaslager: 2,5 h	mittel Einstellbarkeit gegeben, aber alle Aggregate müssen (95 %) funktionieren. Gaslager: 20 h	hoch könnte in Verbindung mit einer Nachrotte auch ohne Vergärung betrieben werden Gaslager: 8 h	Vorteil für Var. B; könnte ggf. nach 2024 (ggf. Auslaufen EEG) auch ohne Vergärung betrieben werden
6 Gärprodukte	12.500 Mg/a Kompost 7.000 m ³ Flüssigdünger	trockene Zwischenprodukte (Kirchheim) 6.400 Mg/a Kompost 19.000 m ³ Flüssigdünger	11.000 Mg/a Kompost	Perspektive Flüssigdünger in der Landwirtschaft? Menge Flüssigdünger bei A ^{plus} sehr hoch
7 Flächenbedarf	gut integrierbar, große Fläche für Havariebecken und ggf. zusätzliches Kompostlager erforderlich	gut integrierbar, aber sehr große Fläche für Havariebecken erforderlich	gut integrierbar, Biofilter muss auf Rotteboxen neu errichtet werden	Hinsichtlich des Kriteriums Flächenbedarf wenige Unterschiede zwischen den Varianten
8 Baugrund	Eignung Fläche Gärrestlager prüfen	Eignung Fläche Gärrestlager prüfen	Eignung Fläche Rotteboxen prüfen	Nach Auswahl einer Var. sollte bald ein entsprechendes Baugrundgutachten mit Gründungsempfehlung eingeholt werden.
9 Sonstige	Konzept enthält auch überdachte Nachrotte	- StörfallV - leichte Stoffstromoptimierung mit noch vorhandenem Wärmeüberschuss möglich		
10 Investition	6,7 Mio. € inkl. 2,0 Mio. € Ersatz Trockner → unmittelbar: 4,8 Mio. €	7,9 Mio. € inkl. 2,0 Mio. € Ersatz Trockner → unmittelbar: 5,9 Mio. €	6,1 Mio. € → unmittelbar: 6,1 Mio. €	unmittelbar erforderliche Investitionen zwischen 4,7 und 6,1 Mio. €
11 Risikobewertung	hohe Verfügbarkeiten einer Reihe von Aggregaten erforderlich, Vermarktung Kompost und v.a. Flüssigdünger aufzubauen	abhängig von belastbarer Aussage OWS (Jahresgang!) zum Fermenterdurchsatz; Vermarktung großer Mengen Flüssigdünger und Kompost	alle Aggregate in Gärrestbehandlung grundsätzlich auch im Radladerbetrieb darstellbar; Kompostvermarktung aufzubauen	Vermarktung flüssiger Gärreste vor dem Hintergrund der Unsicherheiten in Bezug auf DüV schwer zu bewerten. Var. B wird als robust eingeschätzt.
Fazit	Basierend auf den Erfahrungen ist eine ausreichende Verfügbarkeit des Trockners nicht zu erwarten.	Sofern Fermenterdurchsatz und Flüssigdünger-Vermarktung positiv geprüft, stabile Variante. Es besteht die Option, mittelfristig anstelle eines Ersatzes des Trockners die Rotteboxen zu erweitern.	Potenziell robustes Verfahren (mit weniger Energieerzeugung); Mischversuche erforderlich; bautechnische Prüfung der Integration der Tunnelrotten	Nach jetzigem Informationsstand Empfehlung des W-I für Variante B. Sofern Fermenterdurchsatz und Vermarktung FI-dünger für A^{plus} positiv geprüft werden, ist A^{plus} interessant und ggf. für eine schrittweise Umstellung geeignet. Unabhängig von der Entscheidung sind eine Entwurfsplanung und im Falle von Var. B Praxisversuche erforderlich.