

Eckpunkte zur Integration einer Vergärung in Kompostierungsanlagen

Thomas Raussen, Michael Kern, Auke Lootsma, Werner Sprick

Zusammenfassung

Die Integration einer Vergärungsanlage in bestehende Kompostierungsanlagen erfordert neben einer rein technisch-wirtschaftlichen Anlagenplanung zunächst die Untersuchung wesentlicher Rahmenbedingungen. Wie bei allen Marktprozessen sind die Anforderungen an die Produkte „kompostierter fester Gärrest, flüssiger Gärrest und Biogas“ bei den Abnehmern zu identifizieren. Erst dann kann die eigentliche Planung zielführend beginnen. Dabei sollte die Nutzung bestehender Anlagenteile, insbesondere im Bereich der Annahme und Substrataufbereitung sowie der Intensiv- und Nachrotte, bei minimierten Anpassungsarbeiten im Vordergrund stehen. Dies wird am ehesten mit einer differenzierten Ausschreibung zur Zufriedenheit des Anlagenbetreibers zu erzielen sein.

1 Hintergründe

Die Integration einer Vergärungsanlage zur Energieerzeugung und zum teilweisen Abbau der organischen Substanz in bestehende Bioabfallkompostanlagen wird derzeit an vielen Standorten geprüft und auch in beachtlicher Anzahl umgesetzt. Wesentliche Gründe für diese Überlegungen, Planungen und Investitionen sind:

1) Ökologische Gründe

- Vor dem Hintergrund begrenzter Ressourcen sowohl an fossilen Energieträgern als auch an Pflanzennährstoffen und humusbildenden Materialien stellt die Kombination aus energetischer Nutzung (Vergärung) und stofflicher Nutzung (kompostierte feste Gärreste und ggf. flüssige Gärreste) eine optimierte Nutzung der Ressource „Bioabfälle“ dar [4].
- Darüber hinaus sind biogene Abfälle, die ohnehin zu erfassen und zu behandeln sind, anders als angebaute Energiepflanzen eine Ressource, die ohne Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion zur Verfügung stehen.
- Hinsichtlich der Klimabilanz stellt sich die Kompostierung neutral bzw. mit einer leichten CO₂-Belastung dar, während die Kombination aus Vergärung mit stofflicher Nutzung der kompostierten Gärreste eine deutliche Klimaent-

lastung aufweist [2]. Dies gilt trotz erster Hinweise auf Methanemissionen bei der Vergärung [1], deren Datengrundlage allerdings noch keine verallgemeinernden Aussagen erlaubt.

2) Ökonomische Gründe

- Die Vorschaltung einer Vergärung ist mit Kapital- und Betriebskosten verbunden, die über die Erlöse aus Strom- und Wärme- bzw. Gaseinspeisung und eventuell einem reduzierten Aufwand in der nachgelagerten Kompostierung bestenfalls knapp gedeckt werden.
- Die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) schuf vor allem neue starke Anreize im Bereich der Vergärung der als nachwachsende Rohstoffe definierten Einsatzprodukte. Die besondere Nennung der Vergärung von Bioabfall in Verbindung mit der stofflichen Nutzung des kompostierten Gärrests als innovative und damit bonusfähige Technik ist ein starkes politisches Signal, ersetzt aber in der praktischen Erlösrechnung gegenüber der vorherigen Fassung des EEG den „Trockenfermentationsbonus“. In weiteren Nuancen schafft das EEG kleinere Vorteile, aber auch Nachteile (z. B. voraussichtlich engere Definition des Begriffs Landschaftspflegematerial).
- An geeigneten Standorten und bei Anlagengrößen über 20.000 Mg/a Input wird die Aufbereitung und Einspeisung des Biogases in das Erdgasnetz interessant und durch die positiven ordnungsrechtlichen wie auch Vergütungsregelungen des 2008 novellierten EEG sowie der Gasnetzzugangs- und Gasnetzentgeltverordnungen auch eher wirtschaftlich.

3) Sonstige Gründe

- Die vor allem in den 1990er-Jahren errichteten Kompostierungsanlagen befinden sich in technischen und wirtschaftlichen Abschreibungsphasen, bei denen größere Investitionen erforderlich werden, wodurch die Integration einer Vergärungsanlage leichter umsetzbar wird.
- Durch die Integration von Vergärungsanlagen lassen sich die Durchsatzmengen der weiter bestehenden Kompostierungsanlagen steigern. Dort, wo Bioabfallmengen extern vergeben sind oder zusätzliche externe Mengen akquiriert werden können, sind Anreize für die Integration gegeben.
- Durch praxistaugliche Vorschaltanlagen lassen sich eventuell noch vorhandene Geruchsbelastungen durch Bioabfallanlagen weiter reduzieren.

Diese übersichtsartige Zusammenstellung der Beweggründe zeigt, dass weniger rein ökonomische, sondern vielmehr eine Kombination ökologischer und „sonstiger“ Gründe bei geeigneten Standorten dafür sprechen, sich seitens der Betreiber zumindest intensiv mit der Frage, ob eine Vergärungsanlage sinnvoll ist, auseinanderzu-

setzen. Sofern dies positiv zu beantworten ist, sind in der Planung der Integration eine Reihe grundsätzlicher Überlegungen anzustellen.

Die Autoren sind mit einer Vielzahl von konzeptionellen und planerischen Vorhaben zur Integration von Vergärungsstufen befasst. Basierend auf den dabei gewonnenen Erfahrungen werden nachfolgend die wichtigsten Eckpunkte für die Integration von Vergärungsanlagen in Bioabfallkompostierungen zusammenfassend dargestellt.

2 An den Enden anfangen...

Beim ersten Herangehen an die Planung einer Vergärungsanlage als Vorschaltaggregat einer Bioabfallkompostierung ist man geneigt, mit technischen und wirtschaftlichen Überlegungen zu beginnen. Unsere Erfahrungen legen nahe, zunächst zu prüfen, wie die Produkte der Vergärung „Gärreste (fest und ggf. flüssig) und Biogas“ genutzt werden sollen. Wie bei allen zu vermarktenden Produkten ist zunächst zu prüfen, was der Kunde (Landwirt, Erdenwerk, Wärmeabnehmer, Gasversorger, etc.) in genau welcher Qualität zu welchem Zeitpunkt benötigt, und zu welchen Zahlungen er bereit ist oder welche Zuzahlungen er erwartet.

Darüber hinaus ist es notwendig, die bestehende Infrastruktur der Bioabfallkompostierung hinsichtlich ihres Nutzens für die zukünftige Gesamtanlage kritisch zu hinterfragen. Erst nach Untersuchung der drei Themenfelder:

- Gärrestnutzung
- Biogasnutzung
- Nutzung der vorhandenen Infrastruktur

können in der Regel Fragen nach einzusetzender Vergärungstechnik, Integration vorhandener Technik und Bauteile sowie wirtschaftliche Fragen zielführend untersucht werden. Mittlerweile sind eine erhebliche Anzahl von Vergärungsverfahren auf dem Markt, die nach der in Abbildung 1 dargestellten Kategorisierung unterschieden werden können. Nicht berücksichtigt sind Teilstromvergärungen, bei denen nur der perkolierte oder abgepresste flüssige Anteil des Bioabfalls vergoren wird.

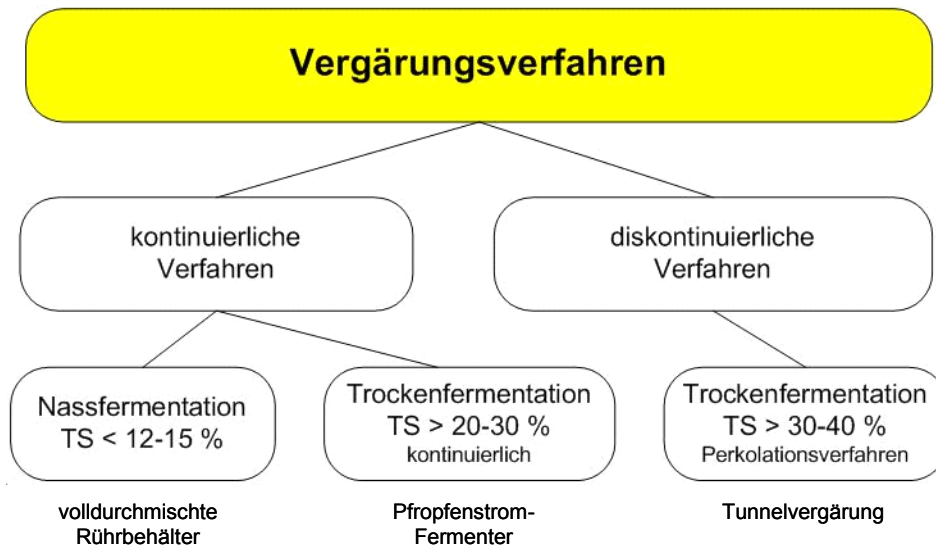


Abb. 1: Typisierung von Vergärungsverfahren

2.1 Nutzung der Gärreste

Die z. T. aufwändigen Verfahren verbunden mit hohen Kosten für die Gärrestaufbereitung sind ausführlich beschrieben [5]. Wegen der besonderen Bedeutung der Weiterverarbeitung der Gärreste für die Gesamtkosten und auch, um bereits vorhandene Kunden für die Bioabfallkomposte weiterhin zu bedienen, sollten folgende Fragen untersucht werden:

- Wie wird/werden der Kompost/die Substrate bisher genutzt?
- Soll dieser Verwertungsweg langfristig (10 bis 20 Jahre) beibehalten werden?
- Können neue interessante Absatzwege gefunden werden?
- Zu welchen Bedingungen können flüssige Gärreste abgesetzt werden?

Abbildung 2 zeigt das umfassende Anforderungspaket an Gärprodukte, das sowohl von rechtlicher Seite als auch von den Kunden und anderen Stellen gestellt wird. Hinsichtlich des festen kompostierten Gärrests bestätigt sich an vielen Anlagen die Erfahrung [7], dass

- sich das Produkt nach der Inbetriebnahme der Vergärungsstufe optisch und olfaktorisch von den Komposten nicht unterscheidet,
- der Salzgehalt niedriger ist,
- die Nährstoffgehalte, insbesondere für wasserlösliche Nährstoffe, reduziert sind.

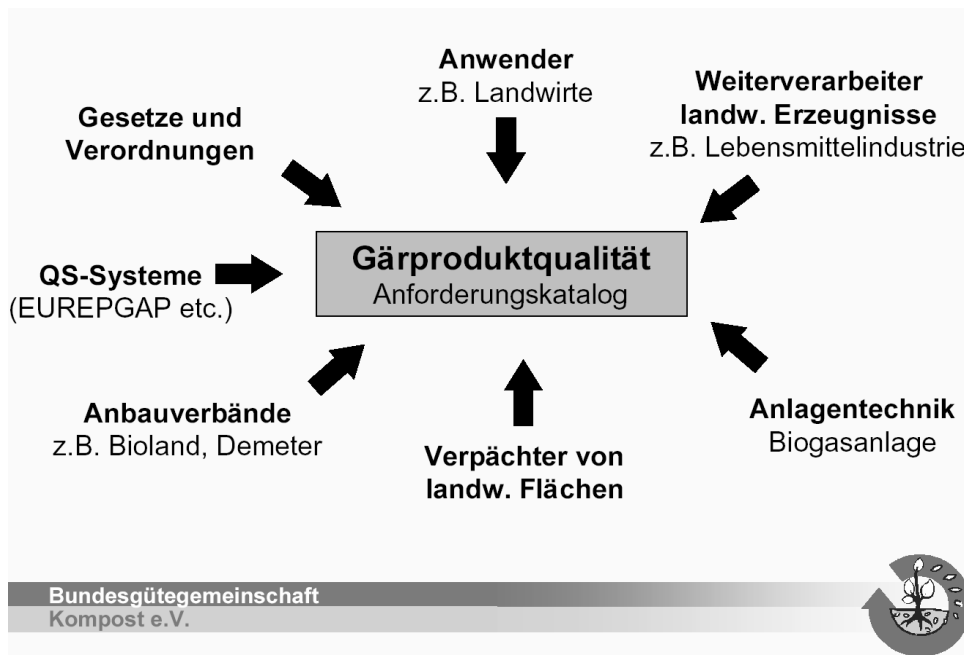


Abb. 2: Anforderungen an Gärproduktqualität (Quelle BGK, 2009)

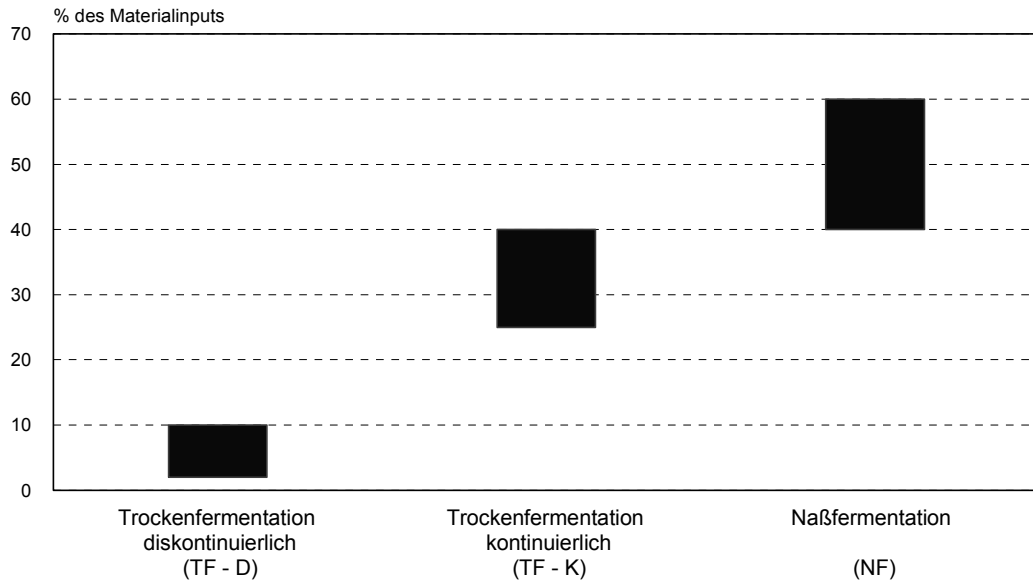
Bei allen Vergärungsverfahren einschließlich der Boxenvergärung bleibt immer ein Überschussperkolat oder flüssiger Gärrest übrig, dessen Menge und Zusammensetzung allerdings von den Inputstoffen, den Verfahren und der Betriebsführung abhängig ist. Letztere bietet eine Reihe weiterer Optionen zur Beeinflussung der anfallenden Mengen an flüssigen Gärresten:

- Bei der Separation des Gärrests ist in der Regel nicht die maximale Entwässerung Ziel, sondern ein TM-Gehalt, der, häufig in Verbindung mit zugefügtem Strukturmaterial, eine sachgerechte Kompostierung erlaubt.
- Die Rückführung des flüssigen Gärrests zur Anmischung des Bioabfalls spielt bei den kontinuierlichen Verfahren eine wesentliche Rolle.
- Je nach Jahreszeit und Verlauf des Kompostierungsprozesses kann flüssiger (hygienisierter) Gärrest zur Anfeuchtung der Komposte verwendet werden.

Sowohl bei der Nassfermentation als auch bei der kontinuierlichen Trockenfermentation fallen erhebliche Mengen an Überschusswasser an (Größenordnungen sind in Abbildung 3 dargestellt). Hier gilt es, bei der Anlagenplanung entsprechende Lagerkapazitäten für flüssige Gärreste zu berücksichtigen. Auch bei der diskontinuierlichen Trockenfermentation fällt Überschusswasser aus der Perkolation an, jedoch nur in einer Größenordnung von bis zu 10 % des Materialinputs.

Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass in Regionen mit hohem Anteil an Veredlungswirtschaft und damit verbundenen großen Mengen an Wirtschaftsdüngern (Gülle) die landwirtschaftliche Verwertung flüssiger Gärreste schwierig ist. In Ackerbauregionen mit geringem Viehbesatz ist hingegen die Akzeptanz für den Gärrest als Flüssigdünger in der Regel gut und die flüssigen Gärreste erzielen, da sie als land-

wirtschaftliche Volldünger eingesetzt werden, Erlöse, sofern die Transportentfernungen 5 bis 10 km nicht überschreiten. Dort, wo eine landwirtschaftliche Verwertung nicht möglich ist, müssen flüssige Gärreste über Kläranlagen geführt werden.



Datengrundlage: Herstellerangaben 2008 und eigene Berechnungen



Abb. 3: Bioabfallvergärung: Überschusswasser differenziert nach Vergärungsverfahren

In den meisten Fällen wird der flüssige Gärrest landwirtschaftlich verwertet werden. Dafür ist allerdings seine Hygienisierung nach BioAbfV sicherzustellen. Bei thermophilen Verfahren ($\geq 50\text{ °C}$) über eine Mindestverweilzeit (nachgewiesen durch Prozessprüfung) ist dies gegeben [3]. Bei mesophilen Verfahren ist eine Hygienisierung des flüssigen Gärrests oder Überschussperkolats durch eine Erwärmung auf 70 °C über eine Stunde in Hygienisierungsbehältern, die ihre Wärme in der Regel aus der BHKW Abwärme beziehen, notwendig.

Etwas anders stellt sich die Frage der Hygienisierung für den festen Gärrest. Dieser wird in der Regel mit einem gewissen Anteil (10 bis 30 %) unvergorenem Bio- oder Grünabfall gemischt, um eine ausreichende Struktur für die Kompostierung bereitzustellen. Darüber hinaus bringen diese Stoffe schnell abbaubare Substrate in den Gärrest, die für die notwendige Eigenerwärmung und damit Hygienisierung sorgen. Nach derzeitigem Stand der BioAbfV (1998) kann hygienisierter fester Gärrest aus thermophiler Vergärung mit Grünabfall gemischt werden und ohne weitere Hygienisierung verwertet werden, da Grünabfall von der Behandlungs- und Untersuchungspflicht (§ 10, BioAbfV) befreit ist. Diese Freistellung ist nach der Novellierung nur noch in eng begrenzten Ausnahmefällen vorgesehen [3].

Zusammenfassend steht neben den dargestellten Überlegungen zur Hygienisierung vor allem die Frage der Nutzung des flüssigen Gärrests für die Verfahrensauswahl im Vordergrund (vgl. Abbildung 4).

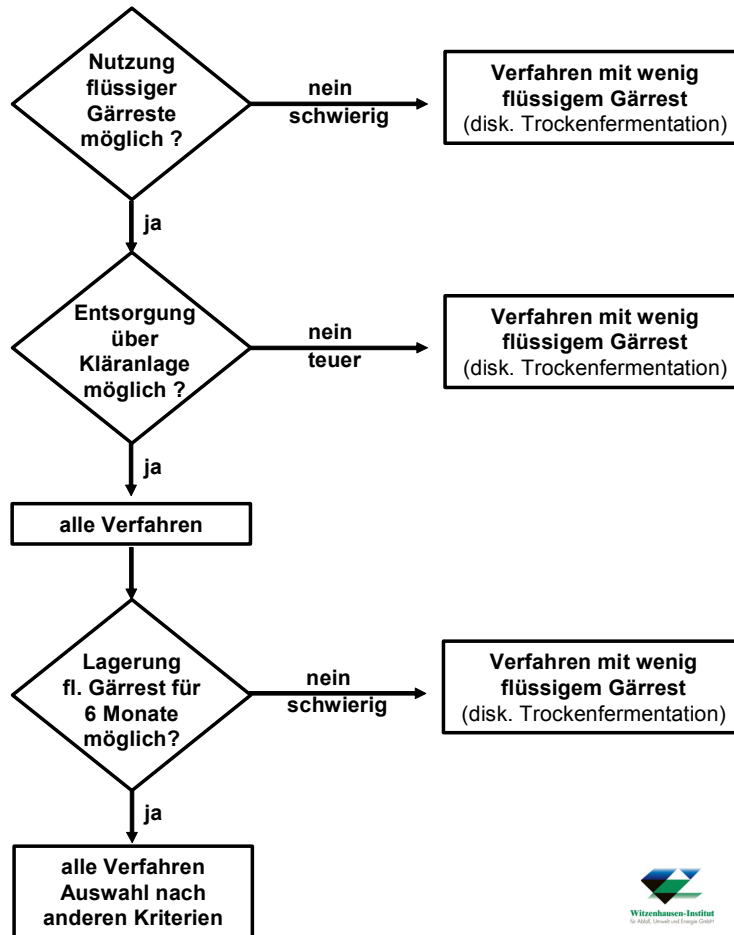


Abb. 4: Anfall flüssigen Gärrests als Kriterium für die Auswahl geeigneter Vergärungsverfahren (vereinfachte Darstellung)

2.2 Nutzungsoptionen für Biogas

Abbildung 5 zeigt schematisch Nutzungsoptionen für Biogas. Das Standardverfahren ist die Nutzung des produzierten Biogases über ein BHKW zur Strom- und Wärmezeugung. Da Bioabfallbehandlungsanlagen meistens im Außenbereich errichtet werden, ist allerdings die ökologisch und ökonomisch wichtige Nutzung der produzierten Wärme auf die Beheizung der Fermenter und ggf. eines Betriebsgebäudes beschränkt.

Alternativ bietet die Verlegung einer Mikrogasleitung über einige hundert Meter bis wenige Kilometer zu einem geeigneten Wärmeabnehmer und der Betrieb des BHKW an diesem Standort eine interessante Alternative (vgl. z. B. [6]), die wirtschaftlich zu

prüfen ist. Aktuell werden derartige Maßnahmen unter bestimmten Bedingungen durch Kredite und Tilgungszuschüsse der KfW gefördert.

Das Biogas aufzubereiten und nach Verdichtung (≥ 200 bar) über eine eigene Tankstelle (beispielsweise für die Abfallfahrzeugflotte) zu nutzen, wirkt grundsätzlich attraktiv, wird aber unter den gegebenen Rahmenbedingungen (Energiesteuerbefreiung des fossilen Brennstoffes Erdgas, etc.) kaum umgesetzt [6].

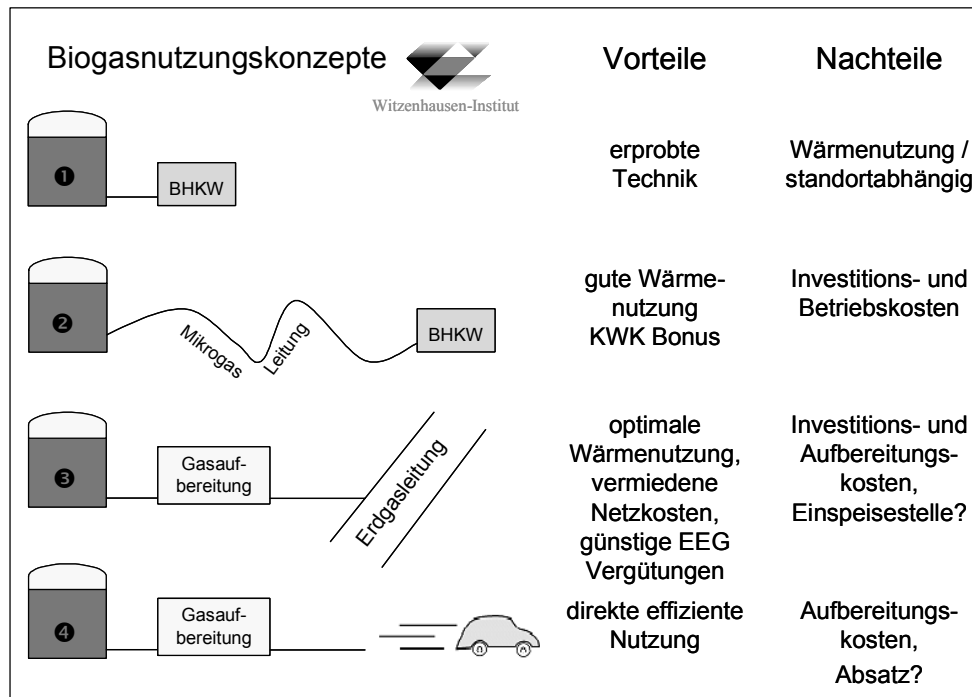


Abb. 5: Übersicht zu Biogasnutzungskonzepten

Großes Interesse besteht hingegen an „Biomethan“ oder „Bioerdgas“, das nach Aufbereitung ins Erdgasnetz eingespeist wird und zur KWK-Erzeugung oder als Bio-Kraftstoff bzw. als (teil)regenerative Wärmequelle genutzt wird. Voraussetzung ist neben einer ausreichenden Biogasmenge ($\geq 250 \text{ Nm}^3$ Rohbiogas/h $\sim 20.000 \text{ Mg}$ Bioabfall/a) für den wirtschaftlichen Betrieb der Biogasaufbereitungs- und Einspeiseanlagen eine aufnahmefähige Erdgasleitung in maximal einigen Kilometer Entfernung. Die rechtlichen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für die Einspeisung und Nutzung von aufbereitetem Biogas haben sich durch das 2008 novellierte EEG sowie die Novelle der Gasnetzzugangs- und der Gasnetzentgeltverordnung deutlich verbessert. Abbildung 6 zeigt aus einer aktuellen Planung die potenziellen Erlöse einer Verstromung vor Ort ohne Wärmenutzung im Vergleich zur Bioerdgaserzeugung. Die zusätzlichen Kosten der zweiten Option sind dem gegenüberzustellen.

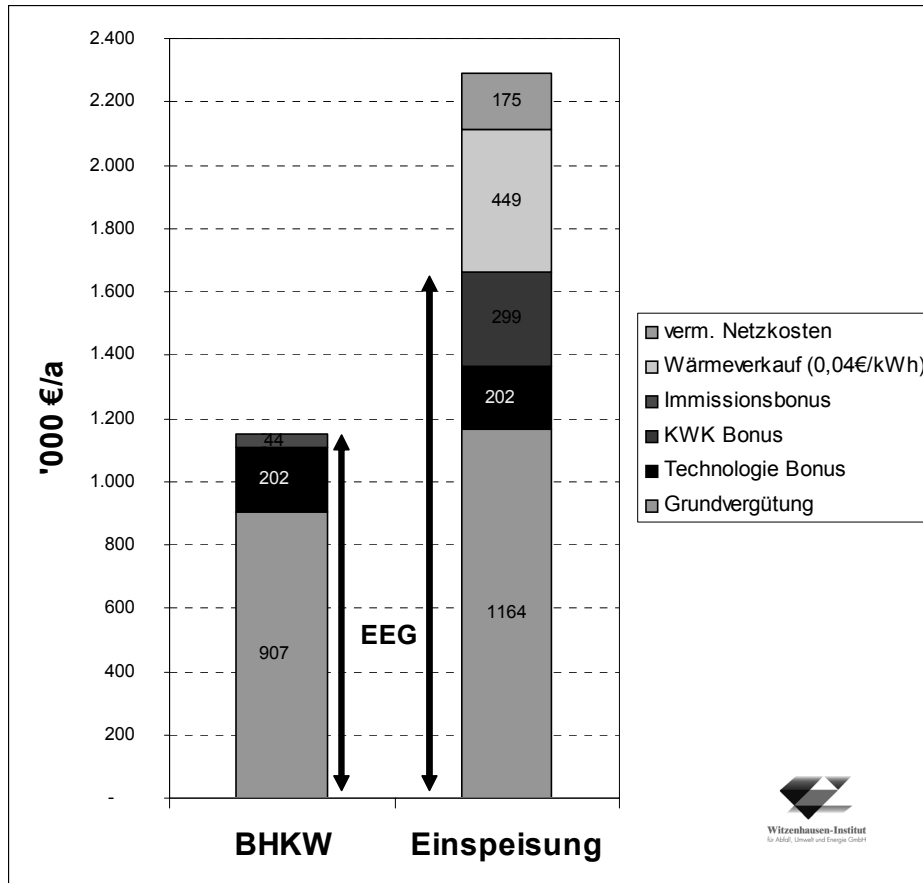


Abb. 6: Jährliche Erlöse aus der Biogasnutzung einer Bioabfallvergärung (40.000 Mg/a) bei BHKW Verstromung ohne externe Wärmenutzung und Bioerdgaseinspeisung (EEG, direkte Wärmeeinnahmen, GasNEV)

In der Konzept- bzw. Vorplanung einer Vorschaltanlage ist daher zu prüfen, welche Nutzungswege für das Biogas am gegebenen Standort im Hinblick auf mögliche Abnehmer der Wärme bzw. des aufbereiteten Gases verfügbar sind (vgl. Abbildung 7).

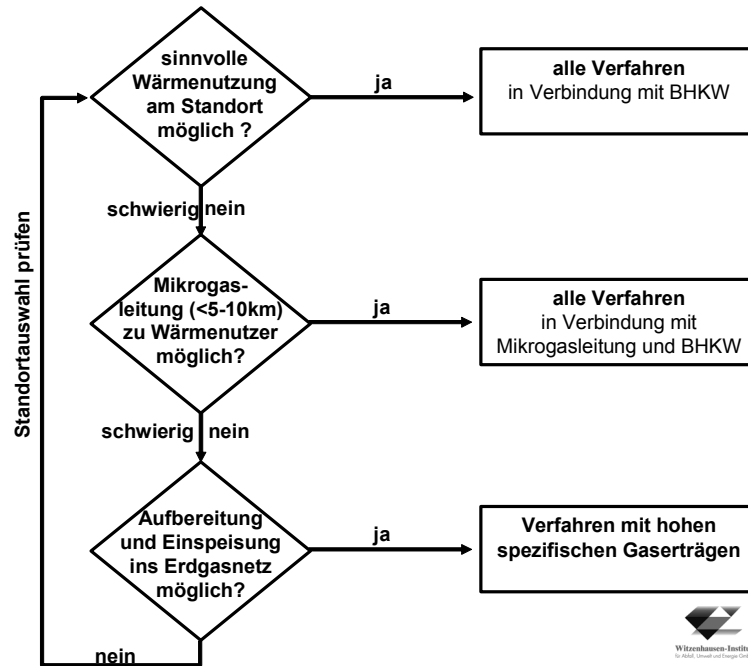
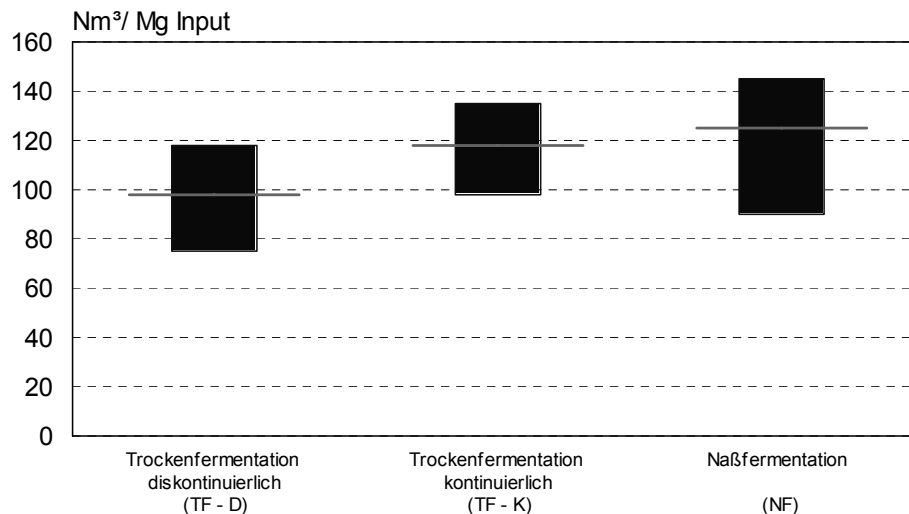


Abb. 7: Gasnutzungskonzept als Kriterium für die Auswahl geeigneter Vergärungsverfahren (vereinfachte Darstellung)

Die in Abbildung 6 veranschaulichten Unterschiede hinsichtlich der potenziellen Erlöse einer Bioabfallvergärungsanlage je nach Nutzungsweg bedeuten nicht, dass die Aufbereitung und Einspeisung des Biogases immer den optimierten Nutzungsweg für das Biogas darstellt. Dies ist von vielen Faktoren und insbesondere den standort- und mengenabhängigen Kosten der Gasaufbereitung und -einspeisung abhängig. Deutlich wird aber aus der Abbildung, dass, wenn die Bioerdgaserzeugung favorisiert wird, die hohen spezifischen Gaserlöse dazu führen, dass Vergärungsverfahren mit hohen spezifischen Biogaserträgen bevorzugt werden.



Datengrundlage: Herstellerangaben ab 2008 und eigene Recherchen

Abb. 8: Bioabfallvergärung: Gaserträge differenziert nach Vergärungsverfahren

Zu beachten ist, dass bei der Bioerdgaseinspeisung, bei Mikrogasnetzen oder bei der Kraftstofferzeugung keine Abwärme vom BHKW für die Beheizung der Fermenter und/oder Hygienisierung bzw. Gärresttrocknung zur Verfügung steht. Mitunter wird bei diesen Konzepten weiterhin an der Vergärungsanlage ein BHKW einer Leistungs-klasse betrieben, die für die Fermenterbeheizung hinreichend ist. Alternativ kann die Abwärme von Gasaufbereitungsverfahren (Aminwäschen) und/oder Verdichtern zum Einsatz kommen, oder aber eine externe regenerative Wärmequelle (häufig Heizkes-sel befeuert mit aufbereitetem holzigen Anteil von Grünabfällen) betrieben werden.

2.3 Verfügbare Flächen und bestehende Infrastruktur

Ziel der Planungen für die Integration einer Vergärungsanlage als Vorschaltanlage einer bestehenden Kompostierung ist notwendigerweise die weitgehende Nutzung vorhandener Technik und Infrastruktur. Die Bewertung bestehender Infrastruktur zur Ermittlung eines anrechenbaren Sachwertes ist wesentlicher Bestandteil der wei-teren Planungen, um die oftmals schwierigen Entscheidungen, welche Anlagenteil wei-tergenutzt, welche ertüchtigt und welche ersetzt werden rational vorzubereiten.

2.3.1 Verfügbare Flächen

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über den Flächenbedarf verschiedener Vergärungsver-fahren für Anlagen mit einem Input von 20.000 Mg Bioabfall und 40.000 Mg Bioabfall. Bei diesen Angaben ist der Flächenbedarf für die Nachrotte des Gärrests noch nicht berücksichtigt. Bei den Angaben zur diskontinuierlichen Trockenfermentation sind zusätzlich noch die nicht unerheblichen Fahrflächen für die Befüllung und Entleerung der Boxen hinzuzurechnen.

Tab. 1: Flächenbedarf Bioabfallvergärung ohne Nachrotteflächen

Input Bioabfall	Flächenbedarf nach Verfahren		
	Nassfermentation	Kontinuierliche Trockenfermentation	Diskontinuierliche Trockenfermentation
20.000	4.500 m ² - 5.000 m ²	4.000 m ² - 5.500 m ²	2.500 - 3.000 m ²
40.000	6.000 m ² - 8.000 m ²	5.000 m ² - 6.000 m ²	5.000 m ²
pro Mg	0,15 m ² - 0,25 m ²	0,125 m ² - 0,275 m ²	0,125 - 0,2 m ²

Datenquelle: Herstellerangaben 2008



Witzenhausen-Institut 2008

Der Flächenbedarf für die Fermenter erhöht sich stetig von stehenden Fermentern (Nassvergärung, kontinuierliche Trockenfermentation), liegenden Fermentern (Pfpfenstrom) bis hin zu den Boxenfermentern. Andererseits sind bei Verfahren mit ge-ringerem Flächenbedarf für die Fermenter mehr Nebenaggregate wie Substrataufbe-

reitung, Gärrestaufbereitung und Lager für flüssigen Gärrest erforderlich, sodass die Unterschiede hinsichtlich des Gesamtflächenbedarfs für die unterschiedlichen Verfahren nicht sehr ausgeprägt sind. Allerdings lassen sich bei den kontinuierlichen Verfahren die Bauteile leichter entzerren, was bei der Integration in den Bestand von Vorteil sein kann. Berücksichtigt werden muss auch der Zustand des Baugrundes, der für die zusätzlichen Anlagenteile vorgesehen ist.

2.3.2 Annahme und Aufbereitungstechnik

Die Anforderungen an die Aufbereitung sind unterschiedlich. Die höchsten Anforderungen stellt die Nassvergärung, gefolgt von den kontinuierlichen Trockenvergärungsverfahren. Für beide Verfahrensgruppen sind nach der Annahme, die gegenüber der Kompostierung keiner Anpassung bedarf, eine Zerkleinerung, Siebung und Störstoffentfrachtung sowie häufig ein Sandfang notwendig. Mit Ausnahme des Sandfangs sind diese Funktionen in der Regel auf Kompostierungsanlagen vorhanden und sollten, sofern sie zufriedenstellend arbeiten, in das Vergärungskonzept mit möglichst geringen Anpassungen integriert und nur, sofern notwendig, ertüchtigt werden.

Die Boxenfermenter arbeiten häufig ohne eine vorgeschaltete Aufbereitung. Grob strukturiertes Material ist bei diesen Verfahren der Fermentation und insbesondere einer intensiven Perkolation förderlich. Unmittelbar nach der Fermentation ist der Gärrest für eine Aufbereitung zu feucht. Die Störstoffentfrachtung und Konditionierung erfolgt am Ende der Kompostierung des festen Gärrestes. Bei der Integration von Boxenfermentern stellt sich die Aufgabe, den Annahmehereich der bestehenden Kompostierungsanlage weiter zu nutzen, die vorhandene Aufbereitung aber als letzten Verfahrensschritt vorzusehen. Hier ist die Umstellung auf mobile Aggregate häufig notwendig.

3 Auswahl und Integration geeigneter Technik

Basierend auf den in Kapitel 2 dargestellten Untersuchungen und Überlegungen können nun konkret eine oder mehrere Konzepte für die Vorschaltanlage entwickelt werden.

3.1 Verfahrensvergleich

Für die in Abbildung 1 übersichtsartig dargestellten grundsätzlich verfügbaren Vergärungsverfahren gibt es jeweils eine Reihe von Anbietern, die wiederum innerhalb der Verfahrensgruppen unterschiedliche Konzepte und Techniken anbieten.

Dennoch lässt sich anhand der unter Kapitel 2 dargestellten Untersuchungen und Überlegungen häufig eine Vorauswahl treffen. Ist beispielsweise die Fläche sehr begrenzt und soll ggf. zusätzlich die Inputmenge erhöht werden, bieten sich Nass- und

Pfropfenstromverfahren insbesondere mit stehenden Fermentern an. Besteht in anderen Fällen eine gute Nachfrage nach flüssigen Gärresten (z. B. in Ackerbaugebieten mit geringem Viehbesatz) bieten sich möglicherweise thermophile Verfahren an, bei denen keine nachträgliche Hygienisierung des Gärrestes erforderlich ist. Wo andererseits an solchen Standorten die Abwärme von BHKW nicht anderweitig genutzt werden kann, ist eine nachträgliche Hygienisierung des flüssigen Gärrestes u. U. leicht möglich.

Diese Beispiele zeigen nur einen kleinen Ausschnitt der Überlegungen, die angestellt werden müssen, und für die keine lineare Entscheidungskette, sondern aufgrund der Vernetzung der Fragestellungen eine z. T. mehrdimensionale Entscheidungsmatrix notwendig wird. Ein vereinfachtes Beispiel zeigt Tabelle 2 für den Vergleich von zwei häufig eingesetzten Verfahrenstypen.

Tab. 2: Zusammenfassende Bewertung der Trockenvergärungsverfahren am Beispiel Pfpfenstrom- bzw. Boxenvergärung (basierend auf Herstellerangaben 2008 und eigenen Berechnungen)

Variantenvergleich Trockenvergärung				
Untersuchungskriterien	Pfpfenstrom		Boxen	
Transport Anlieferung Bioabfälle	zentrale Anlieferung direkt durch Sammelunternehmen, kein Umladen, weite Transporte in externe Kompostanlagen entfallen, positive Ökobilanz für Transportwege			
Transport Anlieferung Grünabfälle	kontinuierliche Beschickung: jahreszeitliche Peaks: Zwischenlagerung	+	durch Boxen jahreszeitliche Peaks besser abzufangen	++
Qualitätsanforderungen Input Bioabfälle	Materialaufbereitung zwingend Aufbereitung und Störstoffauslese vor Fermenter	+	Materialaufbereitung optional unanfällig in Bezug auf Störstoffe, Störstoffseparation bei Kompostaufbereitung	++
Qualitätsanforderungen Input Grünabfälle	keine hohen Anteile holziger und strohiger Materialien	-	unanfälliger in Bezug auf holzige Anteile	+
Wartungsaufwand	Dosiertechnik, Aufbereitung, Rührtechnik, Entwässerung	--	begrenzt auf Fermentertechnik	+
Prozeßstabilität	im Fermenter exakte Prozessführung erforderlich	-	einzelne Module können aus dem Prozess herausgenommen werden, bei Ausfall einer Box laufen die anderen weiter	+
Gaserträge	hohe kontinuierliche Gaserträge	+	durch diskontinuierlichen Betrieb pro Box schwankende Gaserträge, deshalb gutes Gesamtmanagement für gleichmäßige Gasbildung	-
Gärreste	Gärrestentwässerung für Prozeßführung erforderlich	--	nur feste Gärreste, keine Entwässerung erforderlich	++
	Lagertank für flüssigen, thermophilen Gärrest erforderlich	-	nur kleiner Lagertank für zu entsorgendes Perkolat	+
	Vorteil: Gärrest ist i.d.R. hygienisiert und weniger festen Gärrest, der nachgerottet werden muss	++	Nachteil: Gärrest und Überschußperkolat nicht hygienisiert, größere Mengen für Nachrotte mit Sicherstellung der Hygienisierung	--
Anwendererfahrung	Anwendererfahrung seit 1997/98, Verfahren ist ausgereift	++	Anwendererfahrung seit 2003, sehr viele Neuentwicklungen bei Verfahrensdetails in den letzten beiden Jahren	+



Dennoch sollen nachfolgend einige wesentliche Kriterien für die Auswahl und Gestaltung geeigneter Vergärungsverfahren dargestellt werden.

Wie Tabelle 2 zeigt, weisen das dargestellte Pfropfenstrom- und das Boxenverfahren in den einzelnen Untersuchungskriterien zum Teil unterschiedliche Stärken und Schwächen auf. Diese gilt es bei einer konkreten Anlagenplanung entsprechend zu berücksichtigen.

3.2 Nutzung vorhandener Infrastruktur

Nicht nur die bereits etablierten Standorte der Bioabfallverwertung, sondern auch die Nutzung von Teilen der bestehenden Infrastruktur sprechen in der Regel für die Integration einer Vergärungsanlage in bestehende Kompostierungsanlagen.

Ziel sollte die weitgehende Weiterverwendung sein von:

- Annahme und Aufbereitung
- Gärrestkompostierung
- allgemeiner Infrastruktur

Neu zu schaffen sind im Wesentlichen:

- Fermenter, einschließlich Substratzuführung
- Biogasnutzung (BHKW, Gasaufbereitung, etc.)
- Aerobisierung und Gärrestkonditionierung
- Lagertank für flüssigen Gärrest bzw. Perkolat
- Leittechnik

3.2.1 Annahme und Aufbereitung

Häufig kann eine weitgehende Nutzung der vorhandenen Annahme (Waage, Annahmehunker, Dosiereinrichtungen) und Aufbereitung (Zerkleinerungs- und Sortieraggregate) erfolgen. Diskontinuierliche Trockenvergärungen werden auch direkt mit unaufbereitetem Bioabfall beschickt. Die Störstoffabtrennung erfolgt dann aus dem kompostierten Gärrest. Bei allen Vergärungsverfahren ist der Gärrest unmittelbar nicht für eine Aufbereitung geeignet, da er in der Regel zu feucht ist.

Ziel der Planungen für die Integration einer Vergärungsanlage muss sein, bestehende funktionierende Annahme- und Aufbereitungsaggregate in die neue Anlage zu integrieren. Bei vorgesehener Durchsatzsteigerung ist die Aufbereitung zu vergrößern oder über betriebliche Maßnahmen (Einführung zusätzlicher Schichten) anzupassen. Neu zu schaffen ist nach der Aufbereitung die Substratzufuhr zu den Fermentern mittels Radlader, Schubböden, Pumpen oder Ähnlichem.

3.2.2 Intensivrottebereiche und Abluftbehandlung

Von besonderer Bedeutung für die Integrationskonzepte von Vergärungen ist die Weiternutzung der bestehenden Kompostierungstechnik. Dazu ist die Konditionierung des Gärrests im Hinblick auf die nachfolgende Kompostierung wesentlich. Bei den kontinuierlichen Vergärungsverfahren ist angesichts des TS-Gehalts der Gärreste (vgl. Abbildung 9) eine Separation in festen und flüssigen Gärrest für die nachfolgende Kompostierung des festen Anteils unumgänglich. Ebenso ist eine möglichst intensive Aerobisierung der festen Gärreste wesentlich, um einen raschen Übergang aus der anaeroben in die Kompostierungsphase zu gewährleisten. Dazu werden z. T. bestehende Aggregate wie Rottetrommel oder Intensivrotteboxen genutzt. Es ist sinnvoll, den Abluftstrom aus der Aerobisierung separat zu erfassen, um ggf. bei zukünftig steigenden Anforderungen an die Emissionsreduzierung diesen Abluftstrom konzentriert behandeln zu können.

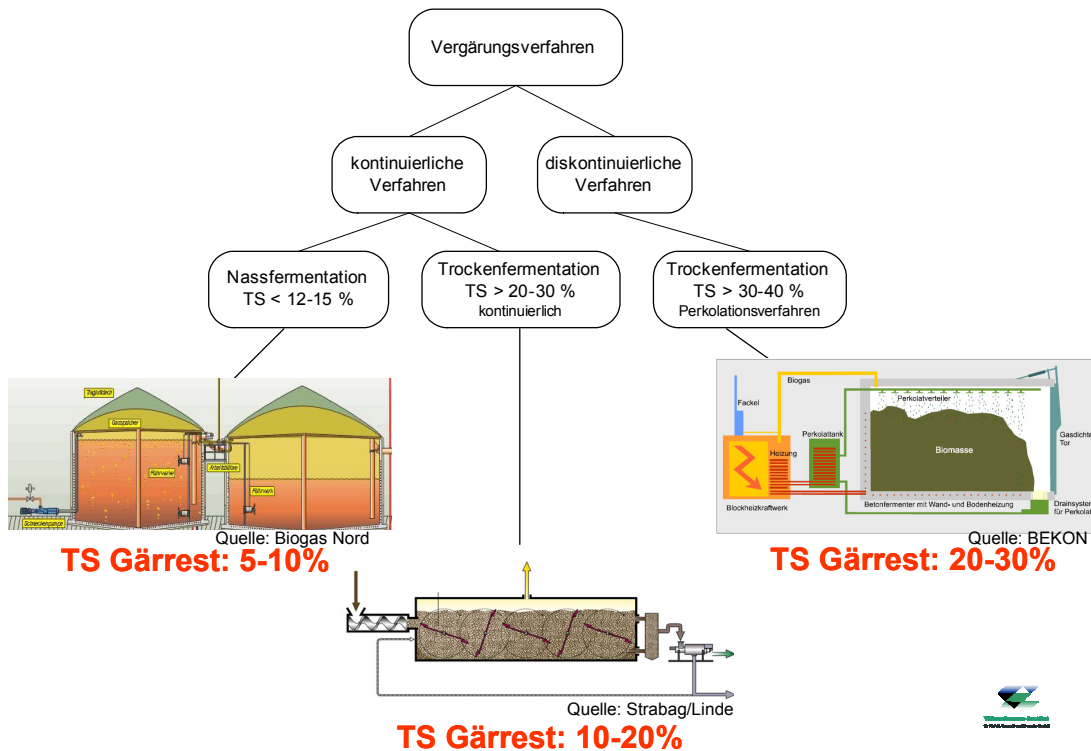


Abb. 9: Typische Trockensubstanzgehalte von Gärresten verschiedener Vergärungsverfahren (Quelle: [5])

Sofern sich der Intensivrottebereich für die Kompostierung bewährt hat und in einem guten technischen Zustand ist, kann er mit geringen Anpassungen für die Kompostierung des festen Gärrestes verwendet werden. Da bei der Vergärung bereits organisches Material abgebaut wird und außerdem die notwendige Intensivrottezeit kürzer ist, wird die volle Kapazität der Kompostierung nicht benötigt. Oder anders formuliert: es liegen besonders günstige Voraussetzungen vor, wenn die Kapazität der Gesamtanlage um 30 bis 50 % höher als die bisherige reine Kompostierung ist, da dann der

bestehende Intensivrottebereich optimal genutzt werden kann. Zu berücksichtigen ist dabei, dass häufig der feste Gärrest mit 10 bis 30 % unvergorenem Bio- oder Grünabfall gemischt wird, um eine für die Kompostierung günstige Struktur einzustellen und für die Hygienisierung (Temperaturprofil) ausreichend schnell abbaubare organische Substanz bereitzustellen.

3.2.3 Nachrotte und Lager

Der kompostierte Gärrest entspricht weitgehend dem Bioabfallkompost [7], sodass die Einrichtungen für die Nachrotte und ggf. Substrataufbereitung etc. weiter verwendet werden.

Je nach Verfahren muss bei landwirtschaftlicher Verwertung zusätzlich eine Lagermöglichkeit für den über sechs Monate anfallenden flüssigen Gärrest bzw. das Überschussperkolat geschaffen werden. Ist hingegen die Entsorgung über eine Kläranlage vorgesehen, sind entsprechende Aufbereitungsschritte nach Vorgabe der Kläranlage einzuplanen.

3.2.4 E-Technik / Leitechnik

Ein eigenes Prozessleitsystem für die Vergärung ist Teil des typischen Lieferumfangs. Dessen Parallelbetrieb mit der Steuerung der vorhandenen Kompostierung ist durchaus möglich. Wesentliche zu betrachtende Schnittstellen sind: Aufbereitung – Dosierung, Fermenteraustrag und Lüftungstechnik.

3.2.5 Sonstige

Sonstige Einrichtungen wie

- Sozial- und Verwaltungstrakte
- Substratmischungen, Abpackstraßen etc.
- Regenwasser- und Abwassererfassung

sind in ihrer Kapazität ausreichend und werden beibehalten bzw. wenn notwendig ertüchtigt.

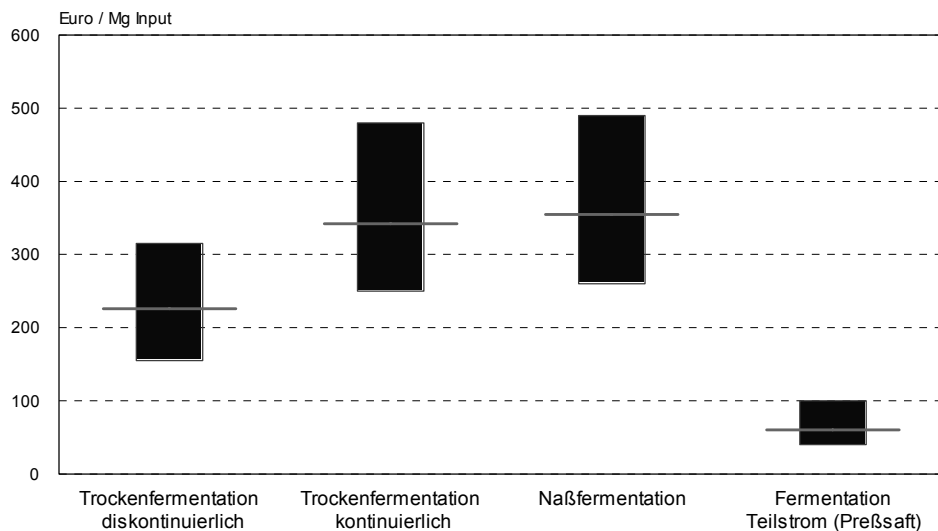
4 Wirtschaftlichkeit

Ein nicht unerheblicher Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit geplanter Vorschaltanlagen hat der Abschreibungsstand vorhandener Technik und Bauteile. Viele der in 1990er-Jahren gebauten Kompostierungsanlagen sind hinsichtlich der Anlagentechnik häufig weitgehend abgeschrieben. Anders die Bauteile, deren Integration in die neue kom-

binierte Vergärungsanlage mit Kompostierung des festen Gärrestes meist Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit des Gesamtkonzeptes ist. Insofern sind klassische „Vorschaltanlagen“, bei denen die Inputmenge soweit gesteigert werden kann, dass der feste Gärrest die bestehende Kompostierung voll auslastet, wirtschaftlich optimal.

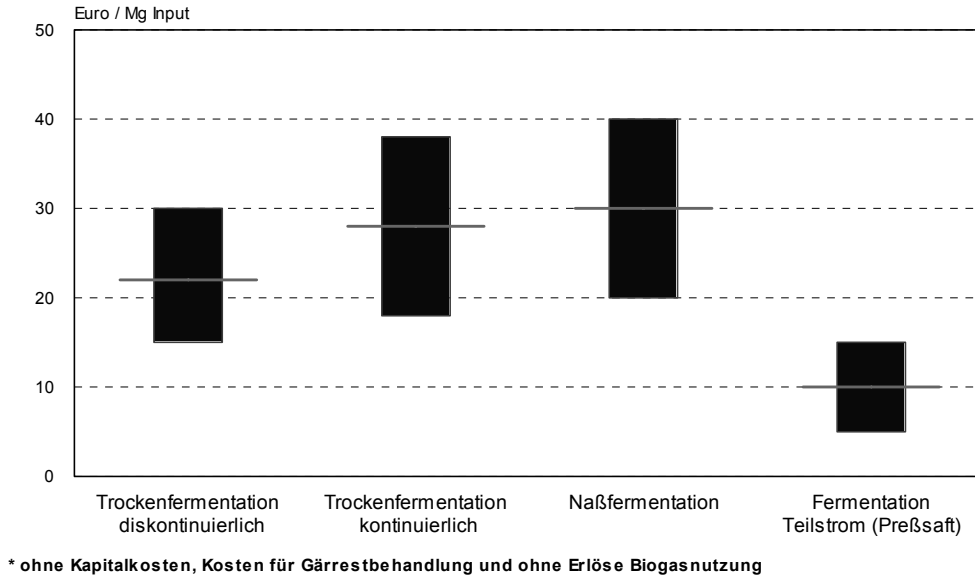
4.1 Kosten und Erlöse

Die nachfolgenden Abbildungen veranschaulichen, basierend auf Herstellerangaben, typische spezifische Kosten (Mittelwerte sowie Abweichungen) verschiedener Bioabfallvergärungsverfahren (ohne Kosten Gärrestbehandlung). Während Abbildung 10 spezifische Investitionskosten aufzeigt, veranschaulicht Abbildung 11 typische Bereiche für die spezifischen Betriebskosten. Schließlich zeigt Abbildung 12 die unterschiedlichen zu erwartenden Erlöse der verschiedenen Vergärungsverfahren auf.



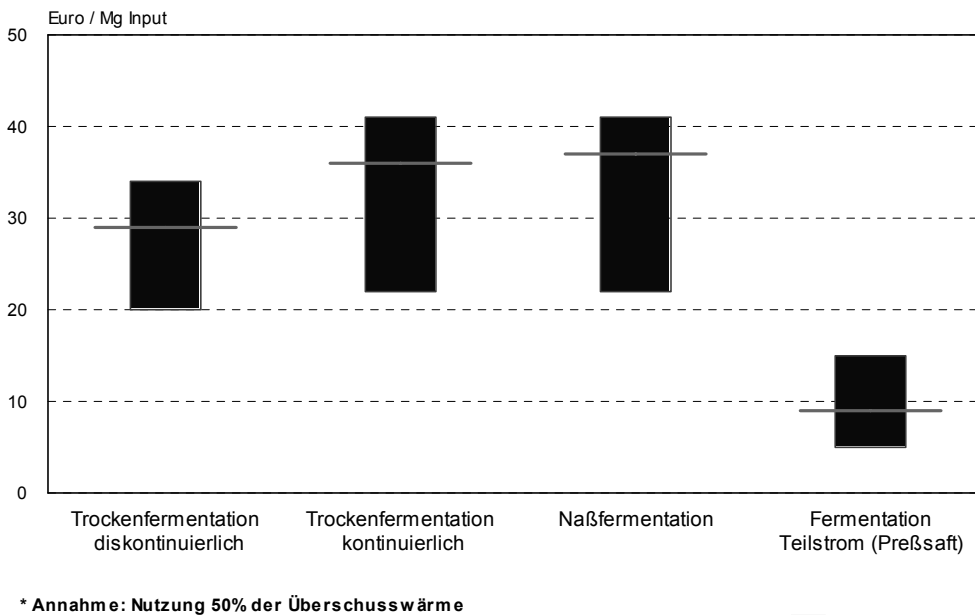
Datengrundlage: Herstellerangaben 2008 und eigene Berechnungen

Abb. 10: Spezifische Investitionskosten verschiedener Bioabfallvergärungsverfahren (Anlage: 20.000 Mg/a)



Witzenhausen-Institut 2008

Abb. 11: Spezifische Betriebskosten verschiedener Bioabfallvergärungsverfahren (Anlage: 20.000 Mg/a)



Witzenhausen-Institut 2008

Abb. 12: Spezifische Erlöse verschiedener Bioabfallvergärungsverfahren (Anlage: 20.000 Mg/a)

Die angegebenen wirtschaftlichen Spannbreiten sind lediglich als Trend zu werten. Obwohl die Angaben der Hersteller einheitlich angefragt wurden und hinsichtlich Liefergrenzen, Gaserträgen usw. weitgehend standardisiert wurden, ist ein Kostenvergleich für den Einzelfall aus den vorstehenden Grafiken nicht abzuleiten, da tatsächlich standort- und inputbezogene Faktoren eine sehr bedeutende Rolle spielen. Dar-

über hinaus stehen für die Verfahrenstypen unterschiedliche Anzahlen von Anbietern zur Verfügung, deren Kostenstrukturen deutlich voneinander abweichen.

4.2 Behandlungskosten

Behandlungskosten müssen Nachrotte und ggf. Kosten bzw. Erlöse der Substratvermarktung einbeziehen. → können beachtlich sein

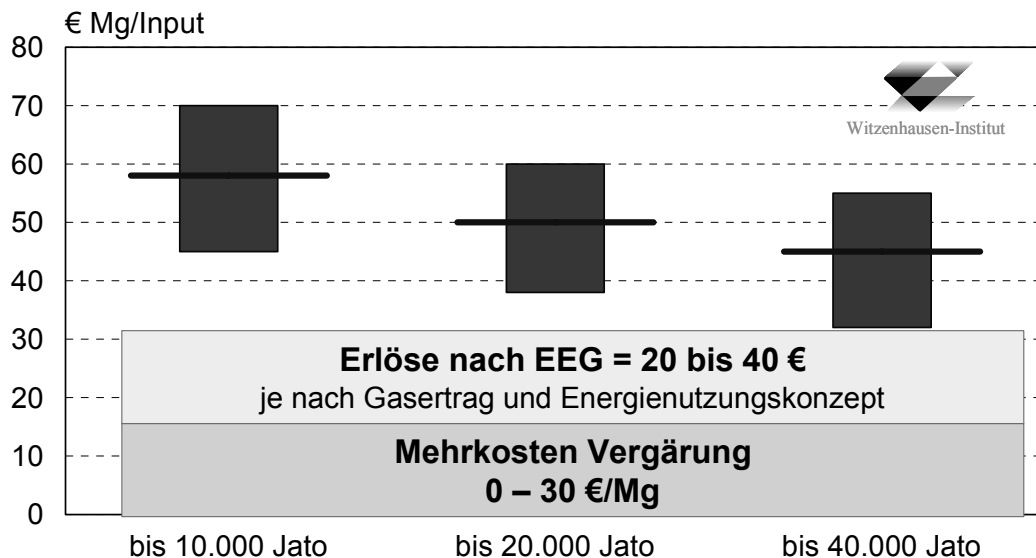


Abb. 13: Kosten und Erlöse einer Vorschaltanlage (ohne Einnahmen aus Bioabfallbehandlung und ohne Kosten der Gärrestbehandlung)

5 Schlussfolgerungen

Als wesentliche Eckpunkte für die Integration einer Vergärungsanlage als Vorschaltanlage zu einer bestehenden Bioabfallkompostierung bewähren sich aus den Erfahrungen folgende drei standortabhängige Faktoren:

1. Nutzungsoptionen Gärreste
2. Nutzungsoptionen Biogas
3. Integrationsoptionen vorhandener Infrastruktur und Technik

Unter den bestehenden rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen lässt sich unter optimalen Bedingungen eine Vorschaltanlage kostenneutral errichten und betreiben. Vorteile liegen in erhöhten Durchsatzleistungen, reduzierten Geruchsemissionen und verbesserter Klima- und Energiebilanz. Für die Planung hat sich ein gestuftes Vorgehen zur Erstellung einer Ausschreibung mit Leistungsverzeichnis bewährt.

6 Literatur

- [1] Cuhls, C., B. Mähl und J. Clemens (2008): Emissionen aus der Kompostierung und Vergärung von Bioabfällen im Vergleich. In: M. Kern, T. Raussen und K. Wagner (Hrsg): Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung II, HeRo Schriftenreihe Band 3, Witzenhausen, S. 299–321.
- [2] IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung und Partner (2008): Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland. Endbericht mit Materialband.
- [3] Kehres, B. (2008): Stand der Novellierung der abfall- und düngemittelrechtlichen Bestimmungen. In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung III. Stofflich – energetisch. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel: K. Wiemer, M. Kern. S. 447–458.
- [4] Kern, M., T. Raussen, A. Lootsma, K. Funda (2008): Vergleichende Bewertung der stofflichen und energetischen Verwertung von Bio- und Grünabfall. In: M. Kern, T. Raussen, K. Wagner (2008): Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung II, HeRo Schriftenreihe Band 3, Witzenhausen, S. 35–51.
- [5] Raussen, T., A. Lootsma (2008): Am Ende anfangen – die Aufbereitung von Gärresten stellt für große Vergärungsanlagen einen maßgeblichen Verfahrensschritt dar. Müllmagazin (2), S. 14–20.
- [6] Raussen, T., M. Kern (2007): Standortsuche für Bioenergieprojekte. In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung II. Stofflich – energetisch. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel: K. Wiemer, M. Kern. S. 383–406.
- [7] Roth, J. (2008): Ein Jahr anaerobe Vorschaltanlage vor der Kompostierung und Erfahrungen mit der Weiterverarbeitung, Verwertung und Qualität. In: M. Kern, T. Raussen, K. Wagner (2008): Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung II, HeRo Schriftenreihe Band 3, Witzenhausen, S. 289–298.