

## Vorschaltanlagen für die Bioabfallverwertung

Die Nutzungsoptionen für Gärreste und Biogas sowie die vorhandene Infrastruktur und Technik sind wesentliche Eckpunkte zur Integration einer Vergärung

Von Thomas Raussen, Michael Kern und Nils Oldhafer

Bei der Integration einer Vergärungsanlage in bestehende Kompostierungsanlagen müssen neben einer rein technisch-wirtschaftlichen Anlagenplanung die wesentlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Beispielsweise muss vorab geklärt werden, welche Anforderungen die Abnehmer an die Produkte kompostierter fester Gärreste, flüssiger Gärreste und Biogas stellen. 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. Dem Interesse des Anlagenbetreibers dient hierbei am ehesten eine differenzierte Ausschreibung.

### 1 Hintergründe

Derzeit wird an vielen Standorten von Bioabfallkompostieranlagen die Möglichkeit geprüft, ob eine Vergärungsanlage zur Energieerzeugung und zum teilweisen Abbau der organischen Substanz integriert werden kann. Wesentliche Gründe für diese Überlegungen, Planungen und Investitionen sind:

- Ökologische Gründe
  - a) Da die Ressourcen sowohl an fossilen Energieträgern als auch an Pflanzennährstoffen und humusbildenden Materialien begrenzt sind, stellt die Kombination aus energetischer Nutzung (Vergärung) und stofflicher Nutzung (kompostierte feste Gärreste und gegebenenfalls flüssige Gärreste) eine optimierte Nutzung der Ressource *Bioabfälle* dar<sup>4</sup>.
  - b) Darüber hinaus sind biogene Abfälle, die ohnehin zu erfassen und zu behan-

deln sind, anders als angebaute Energiepflanzen eine Ressource, die ohne Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion zur Verfügung steht.

- c) Die Kompostierung erweist sich im Hinblick auf die Klimabilanz als neutral beziehungsweise beinhaltet eine leichte Kohlenstoffdioxid-Belastung, während die Kombination aus Vergärung mit stofflicher Nutzung der kompostierten Gärreste eine deutliche Klimaentlastung aufweist<sup>2</sup>. Diese Feststellung gilt trotz erster Hinweise auf erhöhte Methanemissionen bei der Vergärung<sup>1</sup>, deren Datengrundlage allerdings noch keine verallgemeinernden Aussagen erlaubt.

- Ökonomische Gründe

- a) Die Vorschaltung einer Vergärung ist mit Kapital- und Betriebskosten verbunden, die über die Erlöse aus Strom- und Wärmebeziehungsweise Gaseinspeisung und eventuell einem reduzierten Aufwand in der nachgelagerten Kompostierung bestenfalls knapp gedeckt werden.
- b) Die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) schuf vor allem neue starke Anreize für die 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 (zum Beispiel voraussichtlich enge Definition des Begriffs Landschaftspflegematerial).

- c) An geeigneten Standorten und bei Anlagengrößen über 20.000 Megagramm pro Jahr (Mg/a) Input wird die Aufbereitung und Einspeisung des Biogases in das Erdgasnetz interessant und durch die positiven ordnungsrechtlichen wie auch Vergütungsregelungen des in 2008 novellierten EEG sowie der Gasnetzzugangs- und Gasnetzentgeltverordnungen auch eher wirtschaftlich.

- Sonstige Gründe

- a) 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.
- b) Durch die Integration von Vergärungsanlagen lassen sich die Durchsatzmengen der weiter bestehenden Kompostierungsanlagen steigern. Anreize für die Integration sind dort gegeben, wo Bioabfallmengen extern vergeben werden oder zusätzliche externe Mengen akquiriert werden können.
- c) 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, dass sich die Betreiber zumindest intensiv mit der Frage auseinandersetzen, ob eine Vergärungsanlage sinnvoll ist. 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. Die Erfahrungen legen nahe, zu Beginn zu klären, wie die Produkte der Vergärung *Gärreste (fest und gegebenenfalls flüssig)* und *Biogas* genutzt werden sollen. Wie bei allen zu vermarktenden Produkten ist zunächst zu prüfen, was die Kunden (zum Beispiel Landwirt, Erdenwerk, Wärmeabnehmer oder Gasversorger) in genau welcher Qualität zu welchem Zeitpunkt benötigen und zu welchen Zahlungen oder Zuzahlungen die Kunden bereit sind.

Darüber hinaus ist es notwendig, die bestehende Infrastruktur der Bioabfallkompostierung im Hinblick auf ihren Nutzen für die zukünftige Gesamtanlage kritisch zu prüfen. Erst nach Untersuchung der drei Themenfelder *Gärrestnutzung*, *Biogasnutzung* und *Nutzung* der vorhandenen Infrastruktur können in der Regel Fragen nach der einzusetzenden Vergärungstechnik, der Integration der vorhandenen Technik und Bauteile sowie wirtschaftliche Fragen zielführend untersucht werden. Mittlerweile ist 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.

### 2.1 Nutzung der Gärreste

Die Verfahren, die zum Teil aufwändig und mit hohen Kosten für die Gärrestaufbereitung verbunden sind, werden in der Literatur ausführlich beschrieben<sup>5</sup>. Wegen der besonderen Bedeutung der Weiterverarbei-

tung 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 die umfassenden Anforderungen an Gärprodukte, die sowohl vom Gesetzgeber als auch von den Kunden und anderen Stellen gestellt werden. Im Hinblick auf den festen kompostierten Gärrest bestätigt sich an vielen Anlagen die Erfahrung<sup>7</sup>, dass

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

Bei allen Vergärungsverfahren einschließlich der Tunnelvergärung bleibt immer ein Überschussperkolat oder flüssiger Gärrest übrig, dessen Menge und Zusammensetzung allerdings von den Inputstoffen, den Verfahren und der Betriebsführung abhängig ist. Letztergenannte bietet eine Reihe weiterer Optionen, mit denen die anfallenden Mengen an flüssigen Gärresten beeinflusst werden können:

- Bei der Separation des Gärrests ist in der Regel nicht die maximale Entwässerung Ziel, sondern ein Trockenmasse-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 ausreichende 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 zehn Prozent 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

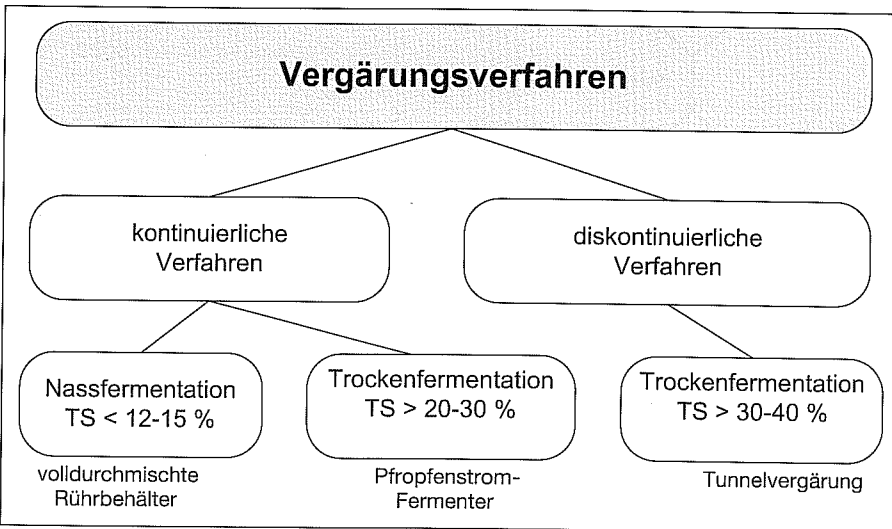


Abbildung 1: Typisierung von Vergärungsverfahren

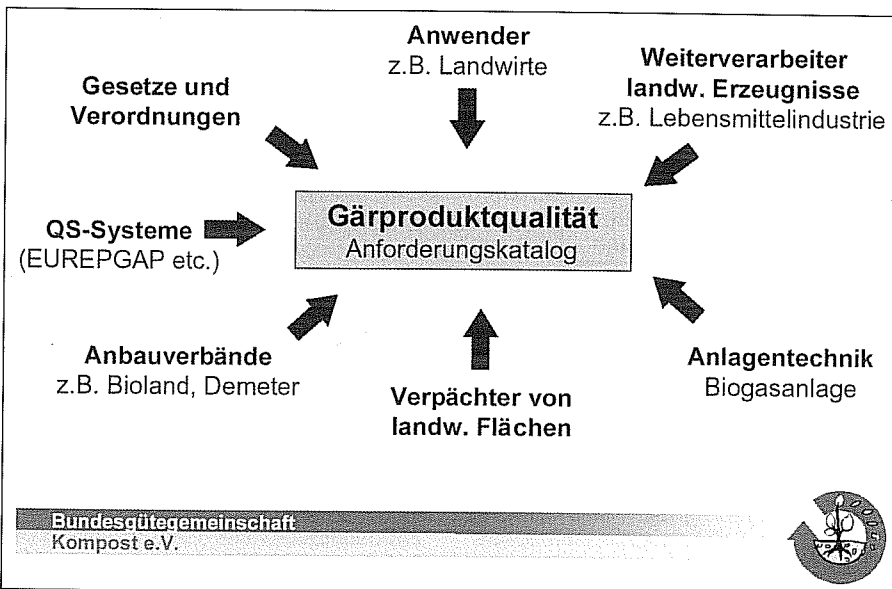


Abbildung 2: Anforderungen an die Gärproduktqualität (Quelle BGK, 2009)

die Akzeptanz für den Gärrest als Flüssigdünger in der Regel gut und die flüssigen Gärreste erzielen, da sie als landwirtschaftliche Volldünger eingesetzt werden, Erlöse, sofern die Transportentfernungen fünf bis zehn Kilometer nicht überschreiten. Dort, wo eine landwirtschaftliche Verwertung nicht möglich ist, müssen flüssige Gärreste in Kläranlagen behandelt werden.

In den meisten Fällen wird der flüssige Gärrest landwirtschaftlich verwertet werden. Dafür ist allerdings seine Hygienisierung nach Bioabfallverordnung (BioAbfV) sicher zu stellen. Dies ist bei thermophilen Verfahren (über 50 Grad Celsius) über eine Mindestverweilzeit – nachgewiesen durch Prozessprüfung – gegeben<sup>3</sup>. Mesophile Verfahren (30 bis 40 Grad Celsius) benötigen eine Hygienisierung des flüssigen Gärrests oder Überschussperkolats durch eine Erwärmung auf 70 Grad Celsius über eine Stunde in Hygienisierungsbehältern, die ihre Wärme in der Regel aus der Abwärme des Blockheizkraftwerks (BHKW) beziehen. Etwas anders stellt sich die Frage der Hygienisierung für den festen Gärrest. Dieser wird in der Regel mit einem gewissen Anteil (10 bis 30 Prozent) 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 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<sup>3</sup>. Zusammenfassend steht neben den dargestellten Überlegungen zur Hygienisierung vor allem die Frage der Nutzung des flüssigen Gärrests für die Verfahrensauswahl im Vordergrund (Abbildung 4).

## 2.2 Nutzungsoptionen für Biogas

Abbildung 5 zeigt schematisch Nutzungsoptionen für Biogas. Das Standardverfahren ist die Nutzung des produzierten Biogases in einem BHKW zur Strom- und Wärmeerzeugung. Da Bioabfallbehandlungsanlagen meistens in Außenbereichen errichtet werden, ist die ökologisch und ökonomisch wichtige Nutzung der produzierten Wärme auf die Beheizung der Fermenter und gegebenenfalls eines Betriebsgebäudes jedoch beschränkt.

Die Verlegung einer Mikrogasleitung über einige hundert Meter bis wenige Kilometer zu einem geeigneten Wärmeabnehmer und der Betrieb des BHKW an diesem Standort bieten eine interessante Alternative (vergleiche zum Beispiel Raussen/Kern<sup>6</sup>), die wirtschaftlich zu prüfen ist. Aktuell werden derartige Maßnahmen unter bestimmten Bedingungen durch Kredite und Tilgungszuschüsse der KfW Bankengruppe gefördert.

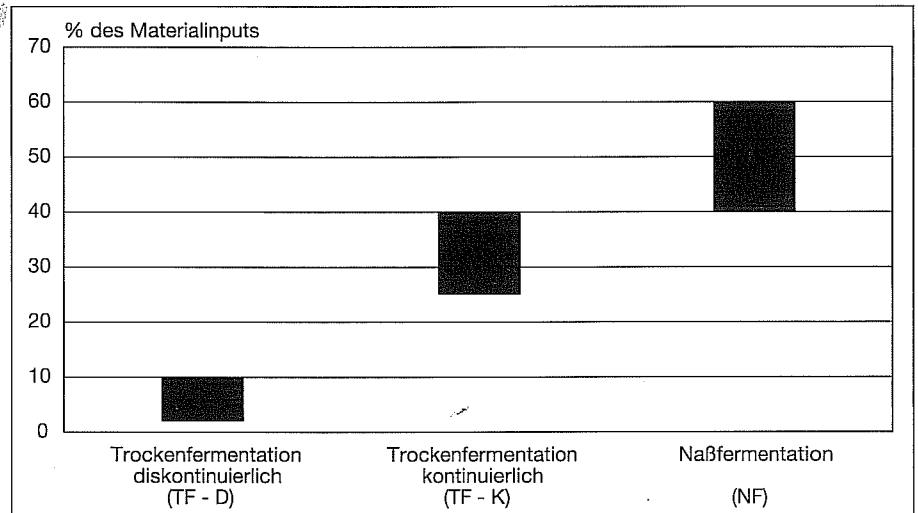


Abbildung 3: Bioabfallvergärung: Überschusswasser differenziert nach Vergärungsverfahren

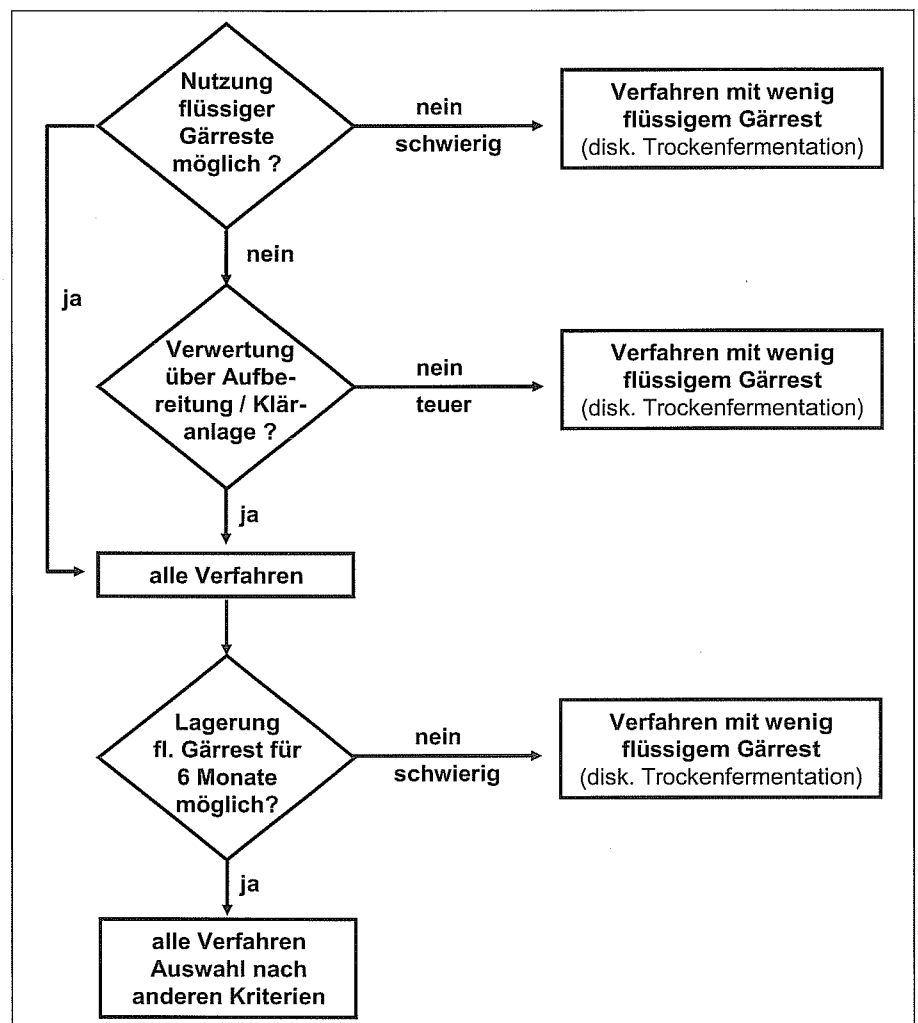


Abbildung 4: Anfall flüssigen Gärrests als Kriterium für die Auswahl geeigneter Vergärungsverfahren (vereinfachte Darstellung)

Das Biogas aufzubereiten und nach Verdichtung (mindestens 200 bar) über eine eigene Tankstelle (beispielsweise für die Abfallfahrzeugflotte) zu nutzen, wirkt grundsätzlich attraktiv, wird aber unter den gegebenen Rahmenbedingungen (zum Beispiel Energiesteuerbefreiung des fossilen Brennstoffes Erdgas) kaum umgesetzt<sup>6</sup>.

Großes Interesse besteht hingegen an *Biomechan* oder *Bioerdgas*, das nach Aufbereitung

ins Erdgasnetz eingespeist wird und zur Energieerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) oder als Biokraftstoff beziehungsweise als (teil)regenerative Wärmequelle genutzt wird. Voraussetzung ist neben einer ausreichenden Biogasmenge (mindestens 250 Normkubikmeter (Nm<sup>3</sup>) Rohbiogas pro Stunde, etwa 20.000 Megagramm Bioabfall pro Jahr) für den wirtschaftlichen Betrieb der Biogasaufbereitungs- und Einspeiseanlagen

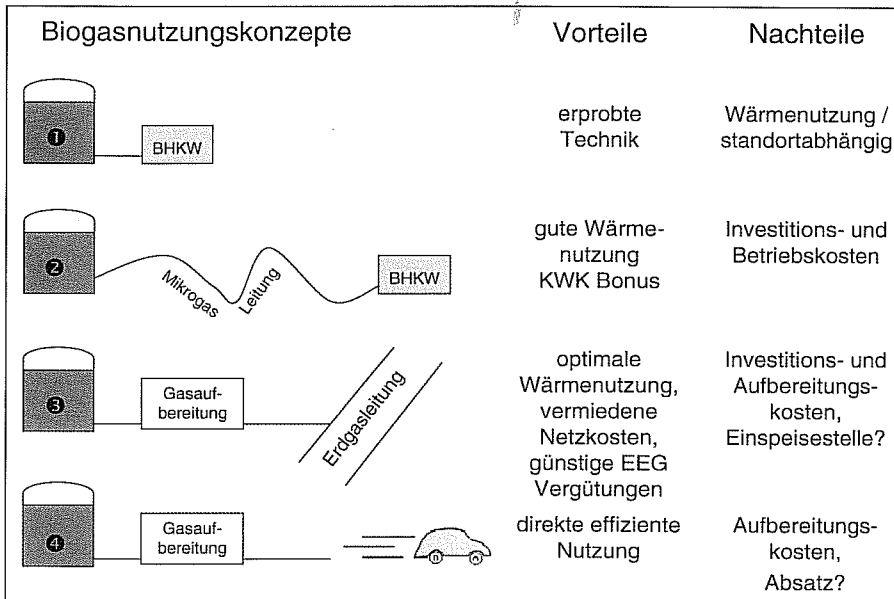


Abbildung 5: Übersicht zu Biogasnutzungskonzepten

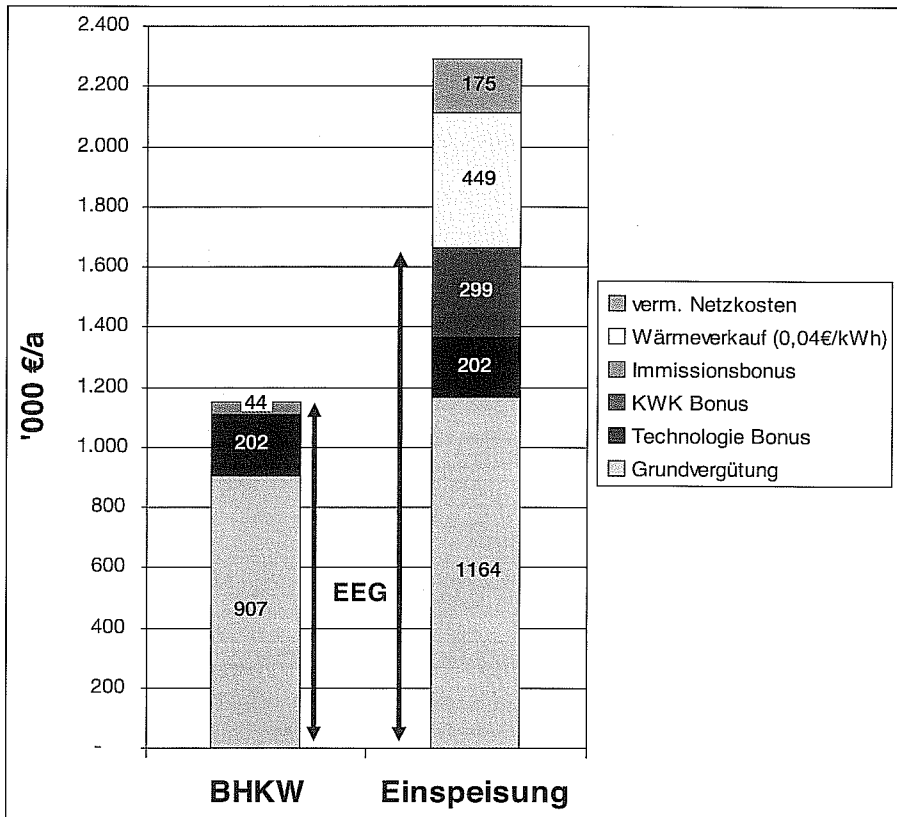


Abbildung 6: Jährliche Erlöse aus der Biogasnutzung einer Bioabfallvergärung (40.000 Mg/a) bei BHKW-Verstromung ohne externe Wärmenutzung und Bioerdgaseinspeisung (EEG, direkte Wärmeinnahmen, GasNEV)

eine aufnahmefähige Erdgasleitung in maximal einigen Kilometer Entfernung. Die rechtlichen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für die Einspeisung und Nutzung von aufbereitetem Biogas haben sich durch die 2008 novellierte Rechtsnormen – EEG sowie Gasnetzzugangs- (GasNZV) und Gasnetzentgeltverordnung (GasNEV) – deutlich verbessert. Abbildung 6 zeigt aus einer aktuellen Planung die potenziellen Erlöse einer Verstromung vor Ort ohne Wärmenutzung und einer Bioerdgaserzeugung. Die zusätzlichen Kosten der zweiten Option sind dem gegenüber zu stellen.

In der Konzept- beziehungsweise Vorplanung einer Vorschaltanlage ist daher zu prüfen, welche Nutzungswege für das Biogas am gegebenen Standort im Hinblick auf mögliche Abnehmer der Wärme beziehungsweise des aufbereiteten Gases verfügbar sind (Abbildung 7). Die Unterschiede im Hinblick auf die potenziellen Erlöse einer Bioabfallvergärungsanlage je nach Nutzungsweg, die in Abbildung 6 veranschaulicht werden, bedeuten nicht, dass die Aufbereitung und Einspeisung des Biogases immer den optimalen Nutzungsweg für das Biogas darstellt. Der

optimale Nutzungsweg hängt von vielen Faktoren ab, insbesondere von den Standort- und mengenabhängigen Kosten der Gasaufbereitung und -einspeisung. Deutlich wird aber aus Abbildung 6: Wenn die Bioerdgaserzeugung favorisiert wird, führen die hohen spezifischen Gaslerlöse dazu, dass Vergärungsverfahren mit hohen spezifischen Biogaserträgen bevorzugt werden.

Zu beachten ist, dass bei der Bioerdgaseinspeisung, bei Mikrogasnetzen oder bei der Kraftstoffherzeugung keine Abwärme vom BHKW für die Beheizung der Fermenter und/oder Hygienisierung beziehungsweise Gärresttrocknung zur Verfügung steht. Mitunter wird bei diesen Konzepten an der Vergärungsanlage weiterhin ein BHKW einer Leistungsklasse betrieben, die für die Beheizung der Fermenter hinreichend ist. Alternativ kann die Abwärme von Gasaufbereitungsverfahren (Aminwäschen) und/oder Verdichtern eingesetzt werden, oder aber eine externe regenerative Wärmequelle (häufig ein Heizkessel, der mit dem aufbereiteten holzigen Anteil von Grünabfällen befeuert wird) betrieben werden.

## 2.3 Verfügbare Flächen und bestehende Infrastruktur

Die Planungen für die Integration einer Vergärungsanlage als Vorschaltanlage einer bestehenden Kompostierung zielen darauf ab, die vorhandene Technik und Infrastruktur weitgehend zu nutzen. Die Bewertung der bestehenden Infrastruktur und die Ermittlung eines anrechenbaren Sachwertes sind im Verlauf der weiteren Planungen wichtig, um die oftmals schwierigen Entscheidungen, welche Anlagenteile weitergenutzt, welche ertüchtigt und welche ersetzt werden, rational vorbereiten zu können.

### 2.3.1 Verfügbare Flächen

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über den Flächenbedarf verschiedener Vergärungsverfahren 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 die nicht unerheblichen Fahrflächen für die Befüllung und Entleerung der Boxen hinzuzurechnen.

Der Flächenbedarf für die Fermenter erhöht sich stetig von stehenden Fermentern (Nassvergärung, kontinuierliche Trockenfermentation), liegenden Fermentern (Pfropfenstrom) bis hin zu den Boxenfermentern. Andererseits sind bei Verfahren mit geringem Flächenbedarf für die Fermenter mehr Nebenaggregate erforderlich – zum Beispiel Substrataufbereitung, Gärrestaufbereitung und Lager für flüssigen Gärrest – so dass der Gesamtflächenbedarf für die unterschiedlichen Verfahren nicht sehr voneinander abweicht. 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 – mit möglichst geringen Anpassungen in das Vergärungskonzept integriert und, 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 Perkolatation förderlich. Unmittelbar nach der Fermentation ist der Gärrest für eine Aufbereitung zu feucht. Die Störstoffentfrachtung und Konditionierung finden am Ende der Kompostierung des festen Gärrestes statt. Bei der Integration von Boxenfermentern stellt sich die Aufgabe, den Annahmehbereich der bestehenden Kompostierungsanlage weiter zu nutzen, die vorhandene Aufbereitung aber als letzten Verfahrensschritt vorzusehen. Hier ist es häufig notwendig, auf mobile Aggregate umzustellen.

## 3 Auswahl und Integration geeigneter Technik

Basierend auf den Untersuchungen und Überlegungen, die in Kapitel 2 dargestellt wurden, können konkret 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 gegebenenfalls 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 (zum Beispiel 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 Ab-

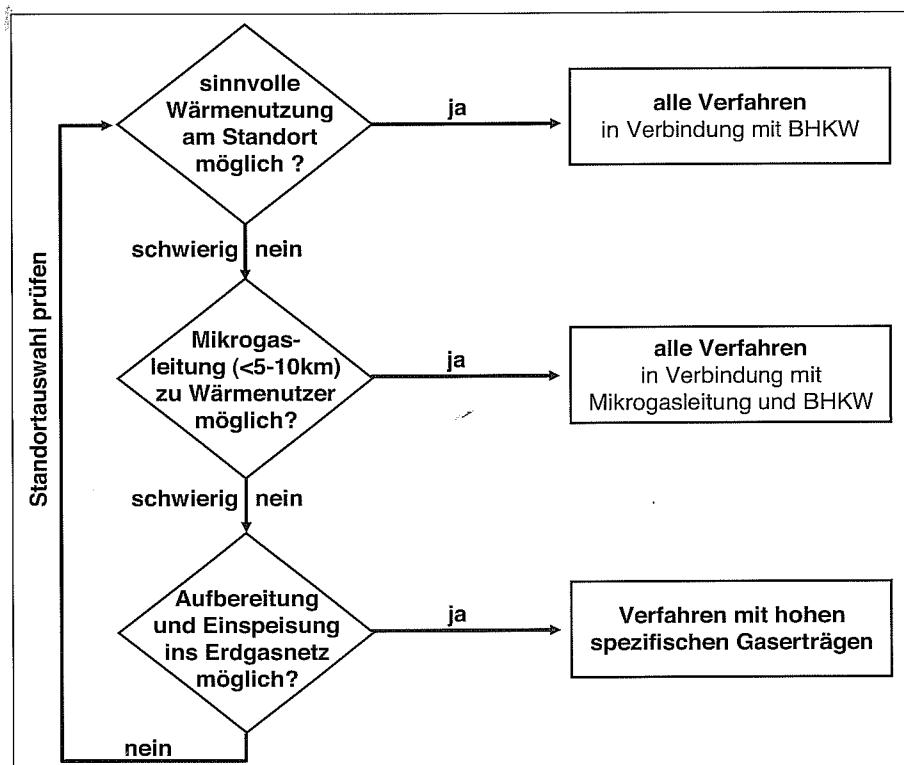


Abbildung 7: Gasnutzungskonzept als Kriterium für die Auswahl geeigneter Vergärungsverfahren (vereinfachte Darstellung)

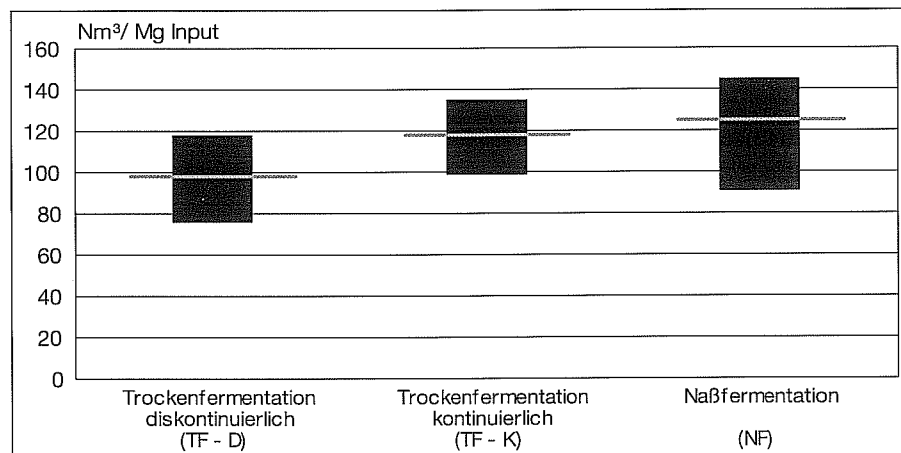


Abbildung 8: Bioabfallvergärung: Gaserträge differenziert nach Vergärungsverfahren

Input Bioabfall Mg/a	Flächenbedarf nach Verfahren		
	Nassfermentation	Kontinuierliche Trockenfermentation	Diskontinuierliche Trockenfermentation
20.000	4.500 – 5.000 m²	4.000 – 5.500 m²	2.500 – 3.000 m²
40.000	6.000 – 8.000 m²	5.000 – 6.000 m²	5.000 m²
Pro MG	0,15 – 0,25 m²	0,125 – 0,275 m²	0,125 – 0,2 m²

Datenquelle: Herstellerangaben 2008

Tabelle 1: Flächenbedarf der Bioabfallvergärung ohne Nachrotteflächen

wärme von BHKW nicht anderweitig genutzt werden kann, ist eine nachträgliche Hygienisierung des flüssigen Gärrestes unter Umständen 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 zum Teil mehrdimensionale Entscheidungsmatrix notwendig wird. Ein vereinfachtes Beispiel zeigt

Tabelle 2 für den Vergleich von zwei Verfahrenstypen, die häufig eingesetzt werden.

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

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 ei-

Variantevergleich Trockenvergärung

Untersuchungskriterien	Variantevergleich Trockenvergärung	
	Pfropfenstrom	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, Ruhrtechnik, 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
	Vorteile: Gärrest 1st i.d.R. Hygienisiert; weniger fester Gärrest, der nachgerollt werden muss	++ Nachteil: Gärrest und Oberschußperkolat 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 vergangenen beiden Jahren

Tabelle 2: Zusammenfassende Bewertung der Trockenvergärungsverfahren am Beispiel Pfropfenstrom- beziehungsweise Boxenvergärung (basierend auf Herstellerangaben 2008 und eigenen Berechnungen)

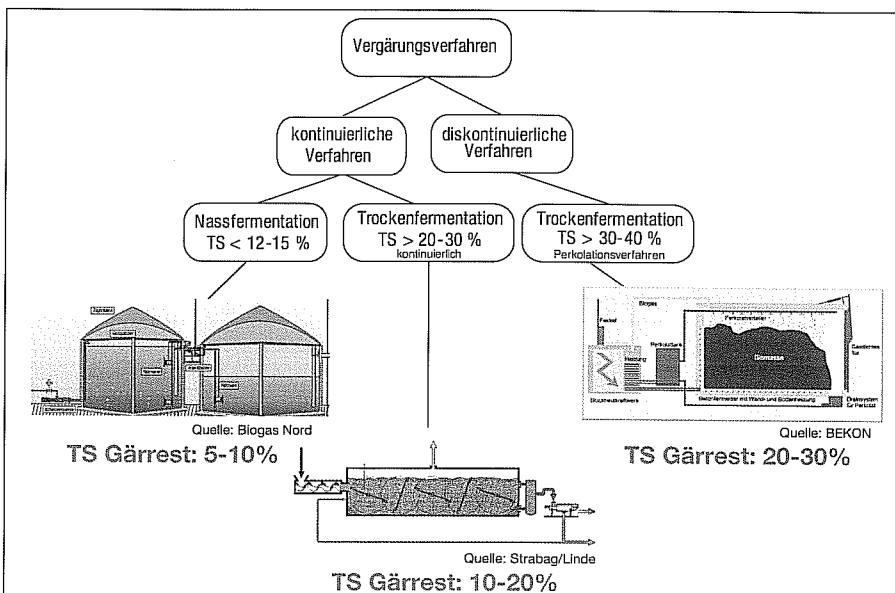


Abbildung 9: Typische Trockensubstanzgehalte von Gärresten verschiedener Vergärungsverfahren (Quelle: Raussen/Lootsma<sup>5</sup>)

ner konkreten Anlagenplanung zu berücksichtigen.

## 3.2 Nutzung vorhandener Infrastruktur

Nicht nur die bereits etablierten Standorte der Bioabfallverwertung sondern auch die Nutzung von Teilen der bestehenden Infra-

struktur sprechen in der Regel dafür, eine Vergärungsanlage in bestehende Kompostierungsanlagen zu integrieren. Ziel sollte die weitgehende Weiterverwendung folgender Anlagenteile sein: Annahme und Aufbereitung, Gärrestkompostierung und allgemeine Infrastruktur. Neu zu schaffen sind im Wesentlichen: Fermenter einschließlich Substratzuführung,

Biogasnutzung (zum Beispiel BHKW und Gasaufbereitung), Aerobisierung und Gärrestkonditionierung, Lagertank für flüssigen Gärrest beziehungsweise Perkolat sowie Leittechnik.

### 3.2.1 Annahme und Aufbereitung

Häufig können die vorhandene Annahme (Waage, Annahmehunker, Dosiereinrichtungen) und die Aufbereitung (Zerkleinerungs- und Sortieraggregate) weitgehend genutzt werden. Diskontinuierliche Trockenvergärungen werden auch direkt mit unaufbereitetem Bioabfall beschickt. Die Störstoffe werden dann aus dem kompostierten Gärrest abgetrennt. Bei allen Vergärungsverfahren ist der Gärrest nicht unmittelbar 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 Weiterentwicklung der bestehenden Kompostierungstechnik. Dazu ist die Konditionierung des Gärrests im Hinblick auf die nachfolgende Kompostierung wesentlich. Bei den kontinuierlichen Vergärungsverfahren ist angesichts des Trockensubstanz-Gehalts der Gärreste (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. Teilweise werden dazu bestehende Aggregate wie Rottetrommel oder Intensivrotteboxen genutzt. Es ist sinnvoll, den Abluftstrom aus der Aerobisierung separat zu erfassen, um gegebenenfalls bei zukünftig steigenden Anforderungen an die Emissionsreduzierung diesen Abluftstrom konzentriert behandeln zu können.

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 nicht die volle Kapazität der Kompostierung benötigt. Anders formuliert: Es liegen besonders günstige Voraussetzungen vor, wenn die Kapazität der Gesamtanlage um 30 bis 50 Prozent höher ist als die der bisherigen reinen Kompostierung, da dann

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

### 3.2.3 Nachrotte und Lager

Der kompostierte Gärrest entspricht weitgehend dem Bioabfallkompost<sup>7</sup>, so dass die Einrichtungen für die Nachrotte und gegebenenfalls Substrataufbereitung weiter verwendet werden können.

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

### 3.2.4 E-Technik/Leittechnik

Ein eigenes Prozessleitsystem für die Vergärung ist Teil des typischen Lieferumfangs. Grundsätzlich ist es möglich, das Prozessleitsystem mit der Steuerung der vorhandenen Kompostierung parallel zu betreiben. Aufbereitung/Dosierung, Fermenteraustrag und Lüftungstechnik sind die wesentlichen Schnittstellen, die zu berücksichtigen sind.

### 3.2.5 Sonstige Einrichtungen

Sonstige Einrichtungen wie zum Beispiel Sozial- und Verwaltungstrakte, Substratmischungen, Abpackstraßen sowie Regenwasser- und Abwassererfassung besitzen eine ausreichende Kapazität und werden beibehalten oder erforderlichenfalls ertüchtigt.

## 4 Wirtschaftlichkeit

Einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit geplanter Vorschaltanlagen besitzt der Abschreibungsstand vorhandener Technik und Bauteile. Viele der Kompostierungsanlagen aus den 1990er Jahren sind im Hinblick auf die Anlagentechnik häufig weitgehend abgeschrieben. Anders ist die Situation bei den Bauteilen, deren Integration in die neue kombinierte Vergärungsanlage mit Kompostierung des festen Gärrestes meist Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit des Gesamtkonzeptes ist. Wirtschaftlich optimal sind insofern klassische *Vorschaltanlagen*, bei denen die Inputmenge soweit gesteigert werden kann, dass der feste Gärrest die bestehende Kompostierung voll auslastet.

### 4.1 Kosten und Erlöse

Die Abbildungen 10 und 11 veranschaulichen, auf der Basis von Herstellerangaben, typische spezifische Kosten (Mittelwerte sowie Abweichungen) verschiedener Bioabfallvergärungsverfahren (ohne Kosten der Gärrestbehandlung). Während Abbildung

10 spezifische Investitionskosten aufzeigt, beschreibt Abbildung 11 typische Bereiche für die spezifischen Betriebskosten. Schließlich zeigt Abbildung 12 die unterschiedlichen zu erwartenden Erlöse der verschiedenen Vergärungsverfahren auf.

Die angegebenen wirtschaftlichen Spanneiten sind lediglich als Trend zu werten. Obwohl die Angaben der Hersteller einheitlich angefragt wurden und in Bezug zum Beispiel auf Liefergrenzen und Gaserträge weitgehend standardisiert wurden, ist ein Kostenvergleich für den Einzelfall aus den vorstehenden Grafiken nicht abzuleiten, da konkret die tatsächlichen standort- und inputbezogenen Faktoren eine sehr bedeutende Rolle spielen. Darüber hinaus stehen für die Verfahrenstypen unterschiedliche Anzahlen von Anbietern zur Verfügung, deren Kostenstrukturen deutlich voneinander abweichen.

### 4.2 Behandlungskosten

Die Behandlungskosten müssen die Nachrotte und gegebenenfalls die Kosten bezie-

hungsweise Erlöse der Substratvermarktung einbeziehen. Diese können beachtlich sein.

## 5 Schlussfolgerungen

Als wesentliche Eckpunkte für die Integration einer Vergärungsanlage als Vorschaltanlage zu einer bestehenden Bioabfallkompostierung bewähren sich aus den Erfahrungen folgende drei standortabhängigen Faktoren: Nutzungsoptionen Gärreste, Nutzungsoptionen Biogas sowie Integrationsoptionen vorhandener Infrastruktur und Technik.

Unter den bestehenden rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen lässt sich eine Vorschaltanlage unter optimalen Voraussetzungen kostenneutral errichten und betreiben. Vorteile liegen in erhöhten Durchsatzleistungen, reduzierten Geruchsemissionen und einer verbesserten Klima- und Energiebilanz. Für die Planung hat es sich bewährt, eine Ausschreibung mit Leistungsverzeichnis in abgestuften Schritten durchzuführen. ♦

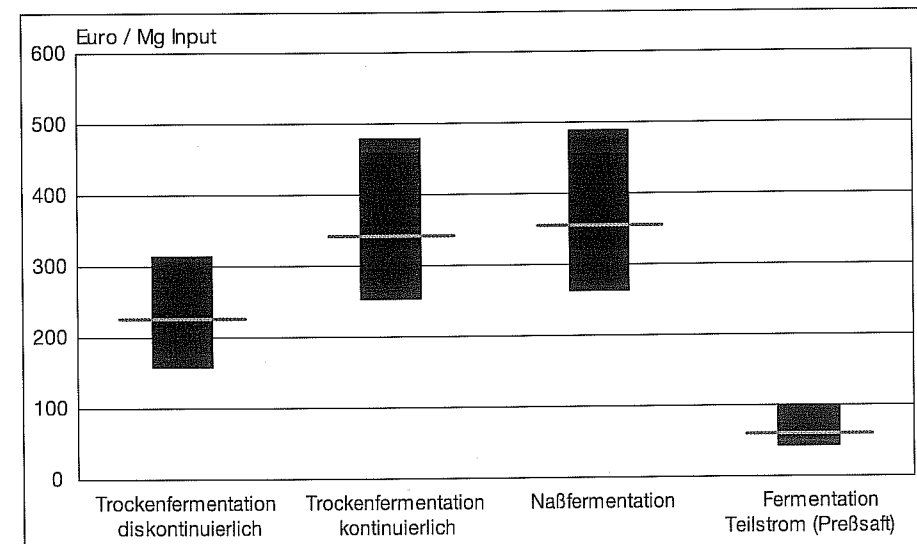


Abbildung 10: Spezifische Investitionskosten verschiedener Bioabfallvergärungsverfahren (Anlage: 20.000 Mg/a)

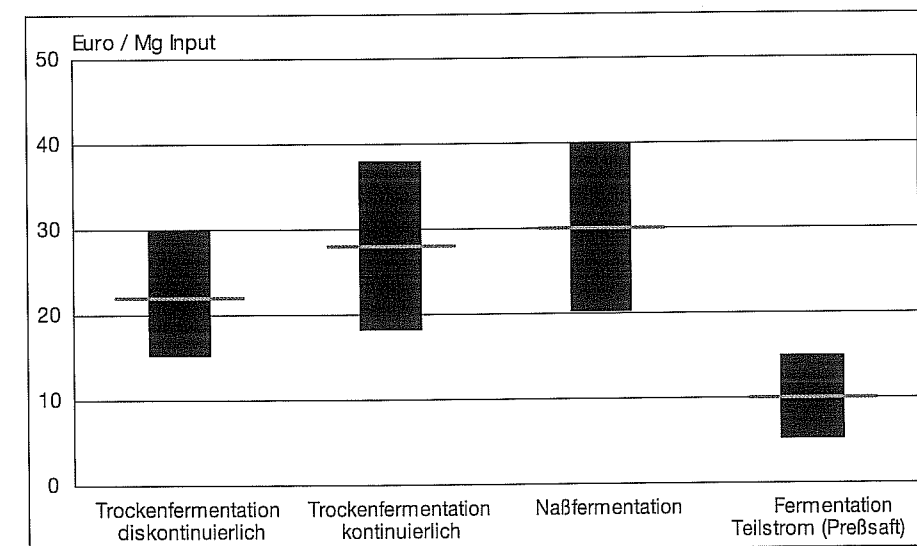


Abbildung 11: Spezifische Betriebskosten verschiedener Bioabfallvergärungsverfahren (Anlage: 20.000 Mg/a)

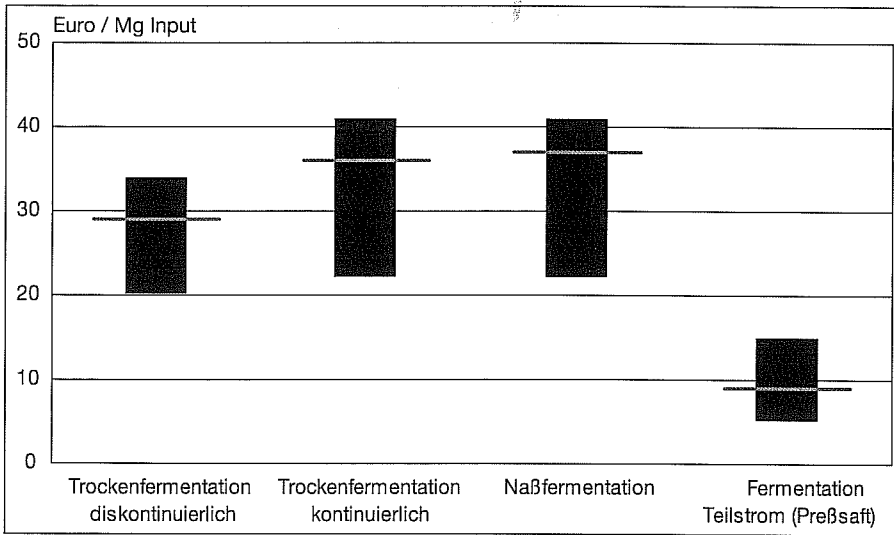


Abbildung 12: Spezifische Erlöse verschiedener Bioabfallvergärungsverfahren (Anlage: 20.000 Mg/a)

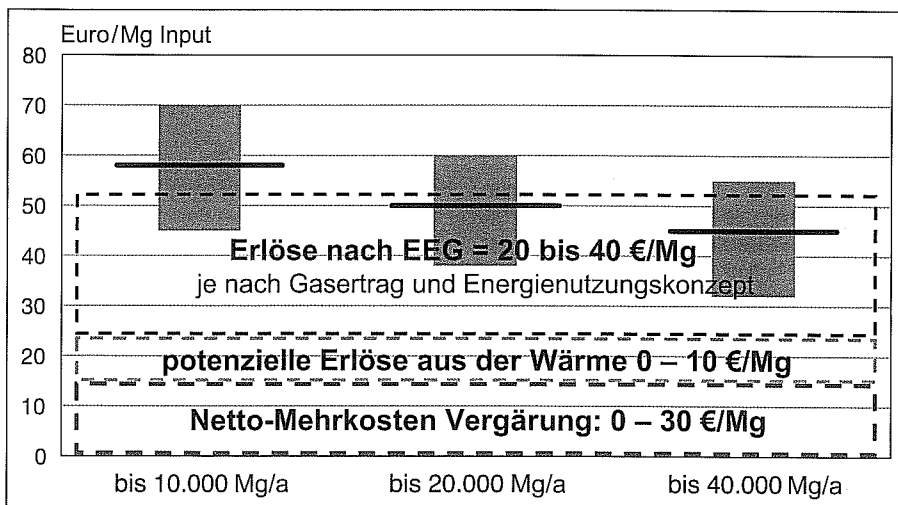


Abbildung 13: Kosten und Erlöse einer Vorschaltanlage (ohne Einnahmen aus Bioabfallbehandlung und ohne Kosten der Gärrestbehandlung)

#### Literatur

1 Cuhls, C.; Mähl, B.; Clemens, J. (2008): Emissionen aus der Kompostierung und Vergärung von Bioabfällen im Vergleich. In: KERN, M., RAUSSEN, T. u. K. WAGNER (Hrsg): Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung II, 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. Stofflich – energie-

tisch III. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel: K. Wiemer, M. Kern. S. 447-458.

3 Kern, M.; Raussen, T.; Lootsma, A.; Funda, K. (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.; Lootsma, A. (2008): Am Ende anfangen – die Aufbereitung von Gärresten stellt für große Vergärungsanlagen einen maßgeblichen Verfahrensschritt dar. In: MüllMagazin 2/2008, S. 14-20.

6 Raussen, T.; Kern, M. (2007): Standortsuche für Bioenergieprojekte. In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung. Stofflich – energetisch II. 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.

Dr. **Michael Kern** ist Geschäftsführer der Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH.



Kontakt:  
Werner-Eisenberg-Weg 1  
D-37213 Witzenhausen  
Tel. 05542.93 80-0  
Fax -93 80-77  
eMail: m.kern@witzenhausen-institut.de  
Internet: www.abfallforum.de

Dipl.-Ing. M.Sc. **Thomas Raussen** ist Geschäftsführer der Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH.



Kontakt:  
eMail: t.raussen@witzenhausen-institut.de

Dipl.-Ing. **Nils Oldhafer** ist Geschäftsführer der Umwelttechnik & ingenieure GmbH.



Kontakt:  
Wöhlerstr. 42  
D-30163 Hannover  
Tel. 0511.9698500  
Fax: -9698502  
eMail: n.oldhafer@qualitaet.de  
Internet: www.uigmbh.de

Anzeige



Uwe Lahl

## Biokraftstoffe und nachhaltige Mobilität

268 Seiten. Zahlreiche Tabellen und Abbildungen, zum Teil farbig.  
Preis: 29,80 Euro. ISBN 978-3-941216-99-0. Rhombos-Verlag, Berlin 2009

Der Autor untersucht die Risiken und Chancen, die eine globale Biomassewirtschaft aufweist. Teil eines Zukunftskonzeptes „Nachhaltige Mobilität“ ist der Wechsel der Rohstoffbasis für die Kraftstoffe der Zukunft: der Ölwechsel auf Biomasse.

Versandkostenfrei bestellen unter: [www.rhombos.de](http://www.rhombos.de)