

**BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (FKZ 0327544)**

Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und –nutzung in Deutschland (FKZ 0327544)

AUFTRAGNEHMER UND PROJEKTLEITUNG:



INSTITUT FÜR UMWELT UND ENERGIEFORSCHUNG (IFEU),
HEIDELBERG

TEIL-BERICHT

Wirtschaftliche Bewertung von Kompostierungsanlagen hinsichtlich der Integration einer Anaerob-Stufe als Vorschaltanlage

BEARBEITUNG DURCH DIE ARBEITSGEMEINSCHAFT:



Witzenhausen-Institut
für Abfall, Umwelt und Energie GmbH

WITZENHAUSEN-INSTITUT
FÜR ABFALL, UMWELT UND ENERGIE GMBH

WERNER-EISENBERG-WEG 1

37213 WITZENHAUSEN



INGENIEURGEMEINSCHAFT WITZENHAUSEN
FRICKE UND TURK GMBH

BISCHHÄUSER AUE 12

37213 WITZENHAUSEN

Juli 2007

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG UND GRUNDLAGEN DER WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNGEN.....	3
2	STAND DER BIOABFALLKOMPOSTIERUNG	4
2.1	Charakterisierung der Kompostierungsanlagen in Deutschland	4
2.2	Kosten der Bioabfallkompostierung.....	7
3	WIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG DER INTEGRATION EINER ANAEROBEN BEHANDLUNGSSTUFE IN EIN BESTEHENDES KOMPOSTIERUNGSKONZEPT	8
3.1	Grundmuster anaerober Technologien	8
3.2	Typspezifische Charakterisierung der Anaerob-Technologien – verfahrens- und stoffstromspezifischen Parameter sowie Kosten	9
3.2.1	Typ 1: Teilstromvergärung.....	11
3.2.2	Typ 2: Vollstromvergärung mit dem Ziel des maximalen Gasertrags	13
3.2.3	Typ 3: Vollstromvergärung auf Basis eines niedrigeren Technisierungsgrads	15
3.3	Erlössituation EEG	17
3.4	Wirtschaftlichkeit der Integration auf Basis Stromvergütung EEG	19
3.5	Wirtschaftlichkeit bei veränderten Rahmenbedingungen und Nutzung von Synergien.....	21
3.5.1	Standortspezifische Möglichkeit zur Wärmenutzung	21
3.5.2	Durchsatzsteigerung der Gesamtanlage	23
3.5.3	Vollzug der TA Luft	24
3.5.4	Ersatzmaßnahmen / Abschreibungszustände	25
4	FAZIT	26

1 **Veranlassung und Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen**

Das Institut für Umwelt und Energieforschung (IFEU), Heidelberg erstellt in Kooperation mit weiteren Partnern im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit die Studie „Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und –nutzung in Deutschland“ (FKZ 0327544).

Im Rahmen des genannten Projekts wurden das WITZENHAUSEN-INSTITUT für Abfall, Umwelt und Energie sowie die Ingenieurgesellschaft Witzenhausen (IGW) mit der wirtschaftlichen Bewertung der Integration einer anaeroben Stufe in Kompostierungskonzepte beauftragt.

Die Vorgehensweise:

- ➔ Auswertung des bestehenden Kompostierungsanlagenparks in Deutschland
- ➔ Abschätzung der Betriebskosten der Bioabfallkompostierung
- ➔ Befragung von Herstellern der Anaerobtechnik zu Investitions- und Betriebskosten
- ➔ Abschätzung der Betriebskosten einer anaeroben Vorschaltstufe
- ➔ Abschätzung der Erlössituation in Abhängigkeit von den gewährten Boni sowie unterschiedlichen Energienutzungskonzepten
- ➔ Gesamtbewertung der Wirtschaftlichkeit der Integration
- ➔ Empfehlungen für Maßnahmen zum Ausbau der Biogaserzeugung aus Bioabfall

Die Datenbasis:

Die Investitionskostenschätzungen wurden soweit wie möglich auf der Basis der aktuellen Herstellerbefragung im Bereich der Anaerobtechnik sowie vorliegenden aktuellen Ausschreibungen erstellt. Ergänzend wurden Einschätzungen aus der planerischen Praxis hinzugezogen.

Den Betriebskostenkalkulationen wurden Erfahrungen aus dem konkreten Anlagenbetrieb zugrunde gelegt. Ergänzend wurden die Kalkulationsgrößen aus der Herstellerbefragung sowie Ausschreibungen berücksichtigt.

Die sich aus dem EEG ergebenden Vergütungssätze für die Stromeinspeisung sowie die gewährten Boni wurden in Abhängigkeit von den realisierten Projektkonzeptionen wie z.B. dem Energienutzungskonzept ausgewertet und zum Ansatz gebracht.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurden verknüpft mit den verfahrenstypischen Stoffflüssen und energetischen Parametern für die betrachteten Behandlungsverfahren.

Die Darstellung erfolgt nachstehend ergebnisorientiert in knapper Form, so dass die wesentlichen berücksichtigten stoffstromspezifischen wie wirtschaftlichen Parameter dargestellt werden.

2 Stand der Bioabfallkompostierung

2.1 Charakterisierung der Kompostierungsanlagen in Deutschland

In einer Aufstellung der BGK e.V. aus 2003 sind 813 Kompostierungsanlagen ausgewiesen, die gemäß einer aktuellen Abschätzung der BGK (2006) über eine genehmigte Kapazität von 10,1 Mio. Mg/a verfügen.

Detailangaben zu den genehmigten Kapazitäten liegen mit Stand 2003 für 668 Anlagen mit einer Gesamtkapazität von 9,65 Mio. Mg/a vor. Für 145 Kompostierungsanlagen fehlen detaillierte Informationen. Ausgehend von der Berechnung der BGK entfallen auf die 145 Anlagen 0,45 Mio. Mg/a Behandlungskapazität, entsprechend einer mittleren Größe von 3.100 Mg/a. Insbesondere wird es sich um Kleinanlagen in offener Ausführung handeln, in denen in vielen Fällen ausschließlich Grünabfälle kompostiert werden. Ein als gering eingeschätzter Anteil dieser Anlagen kommt überhaupt für eine Nachrüstung mit einer anaeroben Vorschaltanlage in Betracht. Da hierzu keine fundierten Angaben vorliegen werden die 145 Anlagen für die nachstehenden Auswertungen nicht berücksichtigt.

Für die Gesamtheit der näher beschriebenen 668 Kompostierungsanlagen wurde eine Größenklassierung durchgeführt (Tab. 1).

Tab. 1: Größenklassifizierung der Bioabfall-Kompostierungsanlagen in Deutschland

Größenklassen	Anzahl	Kapazität	Anzahl	Kapazität
< 6.500	287	1.460.260	43,0%	15,1%
6.501-10.000	123	949.610	18,4%	9,8%
10.001-15.000	70	914.550	10,5%	9,5%
15.001-20.000	49	911.820	7,3%	9,4%
20.001-30.000	69	1.796.925	10,3%	18,6%
30.001-50.000	42	1.654.856	6,3%	17,1%
>50.000	28	1.962.940	4,2%	20,3%
	668	9.650.961	100,0%	100,0%

In einer weitergehenden Betrachtung zeigen sich spezifische Unterschiede in der regionalen Verteilung (Tab. 2). Anlagen hoher Durchsatzleistungen wurden vor allem in NRW, Berlin-Brandenburg, Thüringen und Niedersachsen errichtet. In den südwestlich gelegenen Bundesländern Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Saarland finden sich überwiegend kleinere Kompostierungsanlagen.

Tab. 2: Größenklassifizierung der Bioabfall-Kompostierungsanlagen in Deutschland differenziert auf Ebene der Bundesländer

Größenklassen Kompostierungsanlagen in Deutschland (Anzahl)						
in Mg/a	GESAMT	<10.000	10.001-20.000	20.001-30.000	30.001-50.000	>50.000
Baden-Württemberg	54	42	5	3	2	2
Bayern	89	60	17	8	3	1
Berlin/Brandenburg	91	60	7	11	6	7
Bremen	2	0	0	1	1	
Hamburg	1	1	0			
Hessen	47	28	12	4	3	
Mecklenburg-Vorpommern	14	10	3	1		
Niedersachsen	45	15	12	9	9	
Nordrhein-Westfalen	60	22	9	11	8	10
Rheinland-Pfalz	23	10	8	2	3	
Saarland	24	17	7			
Sachsen	73	47	16	6	2	2
Sachsen-Anhalt	85	70	8	5	1	1
Schleswig-Holstein	28	14	8	6		
Thüringen	32	14	7	2	4	5
Summe	668	410	119	69	42	28

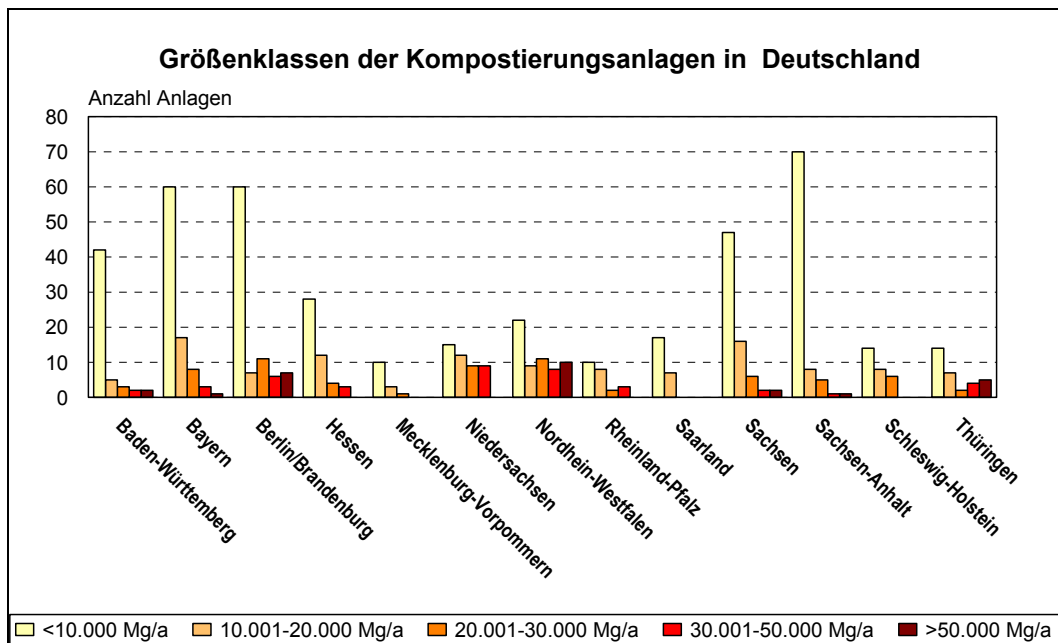


Abb. 1: Größenklassen der Bioabfall-Kompostierungsanlagen in Deutschland

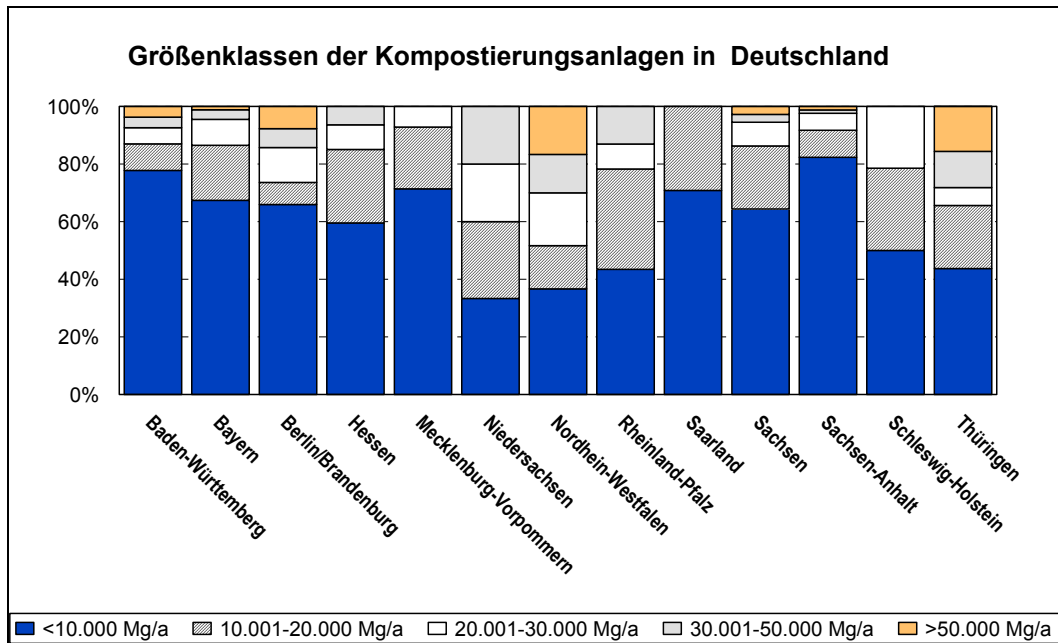


Abb. 2: Größenklassen der Bioabfall-Kompostierungsanlagen in Deutschland

Ob eine anaerobe Vorschaltanlage in Frage kommt hängt neben der Anlagengröße auch von dem Ausführungsstandard hinsichtlich des Kapselungsgrads ab. Für eine geruchsarme Nachkompostierung des Gärrückstands am Standort ist eine zumindest anfängliche gekapselte Prozessführung erforderlich. Kompostierungsanlagen, die über keine gekapselte Intensivrottemodule verfügen sind somit anders zu beurteilen als technisch aufwendigere Systeme.

Umfassende technische Informationen über den Anlagenpark in Deutschland liegen schon etwas zurück, so dass hier hilfsweise eine etwas ältere Zusammenstellung des Witzenhausen-Instituts herangezogen wird. Die Datenbasis bilden 535 Kompostierungsanlagen mit einer Gesamtkapazität von 7,1 Mio. Mg/a. Demnach waren ca. 61% der Anlagen offen bzw. überdacht ausgeführt. 29% verfügten über gekapselte Rottebereiche.

Nun hat sich die Anzahl Kompostierungsanlagen in der jüngsten Vergangenheit nicht entscheidend verändert. Die größeren Grundgesamtheiten in jüngeren Statistiken sind Ergebnis des höheren Erfassungsgrads bei den bestehenden Anlagen. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei den neu aufgenommenen Anlagen ein relevanter Anteil kleinerer, nicht gekapselter Anlagen inbegriffen ist. Legt man diese Annahme zugrunde, muss heute von einem Gesamtanteil offen bzw. überdacht ausgeführter Systeme von mindestens 70% ausgegangen werden.

Anders herum betrachtet laufen bei ca. 30% der Kompostierungsanlagen zumindest Teilprozesse gekapselt ab. Bei einer Grundgesamtheit von 813 Anlagen wären dies deutschlandweit zwischen 220 und 250 Kompostierungsanlagen, die prioritär als Standort für eine Erweiterung um eine anaerobe Vorstufe in Frage kommen.

2.2 Kosten der Bioabfallkompostierung

Die Kompostierung organischer Abfälle ist eine seit langem etablierte Technik zur stofflichen Verwertung getrennt erfasster Bio- und Grünabfälle. Die Anbieter von Kompostierungsverfahren haben in den vergangenen Jahrzehnten reichlich Erfahrungen mit der Technik sammeln können, so dass die Kompostierung keine große technische Herausforderung mehr darstellt. Die Verfahren sind weitgehend optimiert und bieten eine hohe technologische Sicherheit.

Infolge der seit Anfang der 90er Jahre extrem günstigen Entsorgungsmöglichkeiten in den Neuen Ländern wurde nur noch eine begrenzte Anzahl an neuen Kompostierungsanlagen gebaut. Seit 2000 sind Baumaßnahmen nach Kenntnis der Gutachter nahezu auf Aus- und Umbauten beschränkt. Die Anzahl Verfahrensanbieter hat sich parallel deutlich verringert, wobei die verbliebenen heute schwerpunktartig im Bereich des mechanisch-biologischen Anlagenbaus tätig sind. Die dort zum Einsatz kommenden Rottesysteme, wie z.B. die verbreiteten Tafelmieten bzw. Rottetunnelsysteme, entsprechen hinsichtlich der technischen Anforderungen prinzipiell denen der Bioabfallkompostierung.

Für die Betriebskosten wurden neben Praxiswerten aus dem Anlagenbetrieb Kalkulationsgrößen aus Ausschreibungen sowie allgemeine Erfahrungssätze zugrunde gelegt. Auf eine detaillierte verfahrenstechnische Differenzierung im Bereich der Kompostierung zwischen Tafelmieten-, Tunnel, Zeile, bzw. Container oder Boxenkompostierung wurde verzichtet. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde auf mittlere realistische Größen des Kompostierungsprozesses zurückgegriffen.

Wirtschaftlichkeit der Kompostierung

Die Kosten für die Kompostierung schwanken stark in Abhängigkeit vom Input und Kapazitätsauslegung sowie der Anlagentechnik. Insgesamt ist von Kosten für die Kompostierung (ohne Erfassungskosten) zwischen 20 €/Mg und 100 €/Mg auszugehen. In einzelnen Fällen liegen die Kosten auch außerhalb des genannten Bereichs.

Der Kostenfaktor „Anlagentechnik“ wird häufig von standortspezifischen Rahmenbedingungen maßgeblich mitbestimmt, wie z.B. im kleinräumigen Maßstab besehen die Nähe zur Wohnbebauung und damit den Kapselungs- und Abluftreinigungsgrad betreffend. Insbesondere aber offenbaren sich in der makroskopischen Betrachtung drastische Unterschiede hinsichtlich der Kostenstruktur wobei der untere Kostenbereich von ca. 20 €/Mg nahezu ausschließlich in Anlagen der Neuen Bundesländern erreicht wird. Hier dominieren Anlagen sehr hoher Durchsatzleistungen und sehr niedrige technische Standards. Aufgrund der steigenden Anforderungen an die Kompostierung infolge der Regelungen der TA Luft ist zukünftig mit tendenziell höheren Kosten zu rechnen. Wird die TA Luft in näherer Zukunft durch die Vollzugsbehörden umgesetzt, werden die derzeit noch bestehenden Marktverwerfungen keinen Bestand haben.

Ein weiteres Problem der Kompostierungsanlagen ergibt sich indirekt aus der AbfAbIV, da die Kosten für die Entsorgung der Siebreste in die Höhe geschwollen sind.

Der oben benannte Kostenbereich von 20 €/Mg bis 100 €/Mg lässt sich als Maßstab weiter einengen, da die Integration einer anaeroben Vorschaltanlage zumindest eine partielle Kapselung des Kompostierungsreaktors bedingt und somit die „Billiganlagen“ außen vor bleiben. Für eine technisch anspruchsvolle Kompostierung sind beispielsweise für eine Anlage einer Durchsatzleistung von 20.000 Mg/a 50 €/Mg bis 60 €/Mg zu veranschlagen.

Sämtliche Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit werden beispielhaft für drei unterschiedliche Jahresdurchsatzleistungen von 10.000 Mg/a, 20.000 Mg/a sowie 40.000 Mg/a dargestellt.

3 Wirtschaftliche Bewertung der Integration einer anaeroben Behandlungsstufe in ein bestehendes Kompostierungskonzept

3.1 Grundmuster anaerober Technologien

In den vergangenen Jahren hat die anaerobe Behandlung von nativ-organischen Abfällen zusehends an Bedeutung gewonnen. Entscheidende Faktoren für die gestiegene Akzeptanz sind die Möglichkeiten der energetischen Nutzung des anfallenden Biogases sowie die Kapselung des eigentlichen Gärprozesses und die dadurch im Vergleich zur Kompostierung besser beherrschbaren Geruchsemissionen. Die Vergütung der Energieerzeugung aus regenerativer Energien (EEG) hat den ausgelösten kleinen „Boom“ bei der Bioabfallvergärung unterstützt.

Mittlerweile gibt es über 70 Vergärungsanlagen für Bioabfälle, wobei z.T. auch Co-Fermentationsanlagen berücksichtigt sind. Gegenüber 1996, zu dem Zeitpunkt waren ca. 20 Vergärungsanlagen für Bioabfall ebenfalls inkl. Co-Fermentationsanlagen in Betrieb, hat sich die Anlagenzahl mehr als verdreifacht. Konkrete Projekte wurden bzw. werden derzeit in Böblingen, Passau, Weißenfels, Saalfeld, München und dem Wetteraukreis umgesetzt.

Gegenüber der Kompostierungstechnologie ist die Verfahrensvielfalt deutlich größer. Im Wesentlichen unterscheiden sich die angebotenen Verfahren hinsichtlich der Prozessführung (1- oder 2-stufig), dem Wassergehalt des Inputmaterials (Nass- bzw. Trockenverfahren) sowie der Betriebstemperatur (mesophiler/thermophiler Betrieb). Die Hersteller setzen bei der Bioabfallvergärung überwiegend auf die Trockenfermentation* mit Trockensubstanzgehalten des Gärguts >30%. Aber auch Nassverfahren (TS-Gehalte <15%) spielen eine bedeutende Rolle.

Bei Vergärungsanlagen ist das Spektrum der möglichen Inputmaterialien wesentlich größer als bei Kompostierungsanlagen, da hier auch nasse und strukturarme Stoffe (z.B. aus dem Gewerbe) verwertet werden können. Ungeeignet ist holz-(d.h. lignin-) reiches

* Siehe auch Auslegungshilfe des BMU zur Trockenfermentation vom Januar 2007

Material, welches durch anaerobe Mikroorganismen nicht abgebaut wird. Getrennt erfasster Bioabfall sowie Speisereste eignen sich hervorragend für die Vergärung. Je nach Jahreszeit variiert der Inhalt der Biotonne, in die Küchen- und/oder Gartenabfälle aus Privathaushalten eingegeben werden.

Die der Fermentation nachgeschalteten Entwässerungsstufen bedingen einen ausreichenden Strukturanteil des Gärrests. Des Weiteren ist zu beachten, dass für ein optimales Wachstumsmilieu für die Mikroorganismen und damit einen funktionierenden Vergärungsprozess ein geeignetes C:N-Verhältnis im Input einzustellen ist. Reine Bioabfälle/Speiseabfälle sind stickstoffreicher und weisen i.d.R. ein zu enges C:N-Verhältnis auf. Aus den beiden genannten Gründen kann es erforderlich sein, im Anlagenbetrieb bestimmte Anteile an stickstoffarmen Strukturmaterialien (Grünabfallbestandteile) zuzusetzen.

3.2 Typspezifische Charakterisierung der Anaerob-Technologien – verfahrens- und stoffstromspezifischen Parameter sowie Kosten

Die nachstehend tabellarisch gefassten Ergebnisse berücksichtigen die Integration einer Vergärungsanlage in eine bestehende Kompostierungsanlage unter folgenden Randbedingungen:

- ➔ Die bestehende Anlage verfügt über eine Grobaufbereitung (z.B. Zerkleinerung, Störstoffausschleusung).
- ➔ Die bestehende Anlage ist TA-Luft konform, d.h. bei den hier berücksichtigten Baugrößen (> 10.000 Mg/a) ist der Annahmehbereich und der Intensivrottebereich gekapselt ausgeführt, eine aktive Abluffassung und Reinigung ist vorhanden.
- ➔ Die aerobe Nachbehandlung der Gärreste ist aus Immissionsschutzgründen zwingend im Sinne der TA-Luft erforderlich und erfolgt in den bestehenden aeroben Behandlungseinrichtungen der Bestandanlage.
- ➔ Die sonstigen Standortgegebenheiten (Emissions- und Immissionssituation, Bebauungsplan, Baugrundverhältnisse, Verkehrssituation etc.) sind als „normal“ zu bewerten.
- ➔ Es gibt ein bestandbezogenes Einsparpotenzial für den aeroben Anlagenbereich, welches nur projektbezogen festgelegt werden kann.
- ➔ Es wurden keine Grundstückskosten berücksichtigt, da davon ausgegangen wurde, dass eine Integration in den Bestand ohne zusätzlichen Grunderwerb möglich ist, hier kann es hersteller- bzw. verfahrensbedingt zu Einschränkungen kommen (z.B. grundflächensparende Anordnung von stehenden anstatt liegenden Fermentern).
- ➔ Vereinfachend wurde die Annahme unterstellt, dass die Entsorgungs-/Vermarktungsbedingungen für Gärreste denen des Komposts annähernd entspricht. Prozessbedingt anfallendes Überschusswasser aus der anaeroben Stufe kann im aeroben Anlagenteil wieder eingesetzt werden. Letzteres wird

sicherlich nicht in allen Fällen möglich sein und erfordert die standortbezogene Einzelfallbetrachtung.

- ➔ Zusätzlicher Bedarf für Sozialräume besteht nicht. Auch allgemeine Kosten sind nicht tangiert.
- ➔ Die dargestellten Ergebnisse decken den größten Teil der am Markt aktuell aktiven Hersteller- und Verfahren ab. Bei der Anlage der Spannen wurde hersteller-/verfahrensbezogene Extremwerte nicht berücksichtigt.

Für die Ermittlung der Kosten ist eine Systemabgrenzung erforderlich. Dazu werden nachstehend drei Typen der anaeroben Bioabfallbehandlung unterschieden. Sie repräsentieren unterschiedliche Behandlungsziele und -wege:

- ➔ Typ 1: Teilstromvergärung
- ➔ Typ 2: Vollstromvergärung mit dem Ziel des maximalen Gasertrags
- ➔ Typ 3: Vollstromvergärung auf Basis eines niedrigeren Technisierungsgrads

Sämtliche Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit werden analog zur Bioabfallkompostierung beispielhaft für drei unterschiedliche Jahresdurchsatzleitungen von 10.000 Mg/a, 20.000 Mg/a sowie 40.000 Mg/a dargestellt.

In den nachfolgenden Darstellungen und Berechnungen werden für die Integration von Vergärungsanlagen in Kompostierungsanlagen Differenzkosten (zusätzliche Kapital- und Betriebskosten) sowie zusätzliche Differenzerlöse (Strom- und Wärmeerlöse unter Berücksichtigung von zusätzlichen Boni gemäß EEG) dargestellt. Schnittstelle der Betrachtung ist der Übergang in das aerobe Modul (Kompostierung).

Unberücksichtigt sind die zusätzlichen Kosten für die Gärrestkompostierung, die sich im Wesentlichen an den Kosten der bereits bestehenden Kompostierungsanlage orientieren. Durch die Vergärung werden für die nachgelagerte Gärrestkompostierung spezifische Einsparungen von ca. 5 bis 10 Euro je Mg Gärrest erwartet, die ebenfalls in der Kalkulation berücksichtigt wurden.

3.2.1 Typ 1: Teilstromvergärung

Der Typ 1 ist dadurch gekennzeichnet, dass nur ein Teilstrom von 50% bis 80% der angelieferten Menge tatsächlich in den Fermentern vergoren wird. Der ausgeschleuste Reststrom wird zusammen mit dem Gärrest aerob im bestehenden Anlagenteil behandelt. Anlagentechnisch findet sich dieser Typus z.B. bei den Nassvergärungsverfahren.

Es werden durch die Einengung des Stoffstroms zur Vergärung sehr hohe spezifische Gaserträge von im Mittel 150 Nm³ je Tonne Fermenterinput erzielt.

Insgesamt weisen Anlagen dieses Typs einen hohen Eigenbedarf an Strom und insbesondere Wärme auf.

Die Anlagen erreichen mit einem sehr hohen technischen Aufwand einen hohen Automatisierungsgrad. Die spezifischen Investitionskosten liegen daher je nach Anlagengröße mit 350 €/Mg bis 700 €/Mg relativ hoch.

Dies schlägt sich in den Betriebskosten nieder, die je nach Anlagegrößen Werte zwischen 40 €/Mg und 55 €/Mg nur für den Betrieb der anaeroben Vorschaltanlage einnehmen. Dabei handelt es sich um reine Kosten, Erlöse aus dem EEG sind an dieser Stelle noch nicht berücksichtigt. Die Betriebskosten für den bestehenden Kompostierungsteil kommen noch hinzu. Für diesen Bereich werden durch die veränderten Prozessbedingungen Einsparpotenziale in Höhe von bis zu 10 €/Mg ausgemacht.

Nach derzeitigen Stand des EEG wird für Nassvergärungsanlagen kein Bonus für innovative Technologien gewährt. Details zu der Anlagentypisierung sind Tab. 3 und Tab. 4 zu entnehmen.

Tab. 3: Typbeschreibung 1. Teilstromvergärung

Definition Typ 1 - Anlagen:		
- sehr hoher Automatisierungsgrad		
- umfangreiche zusätzliche Aufbereitungsschritte vor und nach der Vergärung		
- Räumliche Trennung von Teilbereichen (z.B. Hydrolyse) vom restlichen Verfahren		
- sehr hohe spezifische Gaserträge je Tonne Input-Vergärung		
- relativ hoher technischer Aufwand		
Grobmassen Typ 1:		
Übergabestelle Bestand (Input) %	100	
Ausschleusung vor der Vergärungs-Biologie % - Input	20 bis 50	ist der aeroben Nachbehandlung zuzuführen
Input Prozess % - Input	50 bis 80	
Output zur aeroben Behandlung % - Input	50	inkl. der zuvor ausgeschleusten Fraktion
Überschusswasser zur Entsorgung/Bewässerung im aeroben Bereich % - Input	40	
Fazit:		
Wirtschaftlich nur interessant, wenn entweder:		
- Kapazitätserhöhung der Gesamtanlage möglich,		
- Bestandspezifische Synergien aktiviert werden können (KWK-Bonus, Wärmeerlöse Reduzierung Aufwand aerobe Behandlung etc.) oder die		
- Förderung erhöht wird.		
- Bei Nassvergärungsanlagen muss ggf. das Thema Technologiebonus "ja/nein" neu festgelegt werden.		

Tab. 4: Kostenstruktur einer anaeroben Vorschaltanlage (Typ 1: Teilstromvergärung)

Witzenhausen-Institut GmbH		Ingenieurgemeinschaft Witzenhausen igw		
Kostenstruktur für die Integration einer Vergärungsanlage vor einer Kompostierungsanlage (alle Kostenangaben ohne MwSt.)				Stand Jun 07
Typ 1: Teilstromvergärung				
1	INPUT Bioabfall Vergärung (Aufbereitung) Mg/a	10.000	20.000	40.000
2	Trockensubstanz TS (%):	i.M. 45	i.M. 45	i.M. 45
3	organische Trockensubstanz oTS (%):	i.M. 60	i.M. 60	i.M. 60
4	davon INPUT Biologie Vergärung (%)	50 bis 80	50 bis 80	50 bis 80
INVEST				
5	Invest für die Integration der Vergärung (d.h. ohne allgemeine Trockenaufbereitung z.B. Störstoffabscheidung, Grobzerkleinerung, ohne Kompostierung, ohne Nachrotte und ohne Lager, jedoch inkl. zusätzlich erforderlicher vergärungsspezifischer vor- und nachgeschalteter Aufbereitungstechnik) in €/Mg Input (1)	400 bis 700 i.M. 600	350 bis 650; i.M. 550	350 bis 550; i.M. 450
davon:				
6	.- anlagenbezogener Bauteil in %	5 bis 10	5 bis 10	5 bis 10
7	.- Aufbereitung Input in %	10 bis 20	10 bis 20	10 bis 20
8	.- Aufbereitung Gärrest in %	10 bis 20	10 bis 20	5 bis 15
9	.- Fermenter in %	35 bis 45	35 bis 45	35 bis 45
10	.- Gasreinigung in %	15 bis 20	15 bis 20	10 bis 15
11	.- BHKW in %	8 bis 12	8 bis 12	8 bis 12
12	.- Sonstige	0 bis 5	0 bis 5	0 bis 5
STOFF-/ENERGIEBILANZ				
13	erwarteter Gasertrag (Nm ³ Biogas/Mg Input-Fermenter)	i.M. 150	i.M. 150	i.M. 150
14	erwarteter Methangehalt (%)	i.M. 55	i.M. 55	i.M. 55
15	Strombedarf der Anlage (kWh/Mg Input)	i.M. 85	i.M. 75	i.M. 65
16	Wärmebedarf der Anlage (kWh/Mg Input)	50 bis 180; i.M. 130	50 bis 180; i.M. 130	50 bis 180; i.M. 130
17	Gärrestmenge entwässert (Mg Gärrest/Mg Input-Fermenter)	0,20 bis 0,40	0,20 bis 0,40	0,20 bis 0,40
18	zu entsorgende Abwassermenge (l/Mg Input-Fermenter)	500 bis 700	500 bis 700	500 bis 700
BETRIEBSKOSTEN				
19	Volllaststunden BHKW (h/a)	7.000 bis 7.500	7.200 - 7.800	7.500 - 8.000
20	Arbeitsbedarf (AK/a)	1 bis 2	1 bis 2	1 bis 2
21	sonstige Betriebsmittel (€/Mg Input)	< 10	< 10	< 10
22	Wartung, Reparatur, Unterhalt (% des Invest)	2 bis 5; i.M. 3,5	2 bis 5; i.M. 3,5	2 bis 5; i.M. 3,5
23	Betriebskosten Vergärung inkl. Kapitaldienst ohne EEG-Förderung (€/Mg Input), Preisstand 2007	45 bis 55	42 bis 50	40 bis 45
24	Kostenreduzierung aerobe Behandlung (geringere erforderliche Durchsatzleistung, geringerer Organikeintrag, geringere Belüftungsraten), bestandspezifisch (€/Mg Input)	5 bis 10	5 bis 10	5 bis 10
SONSTIGES				
26	Flächenbedarf (m ² /Mg Input)	0,15 bis 0,25	0,12 bis 0,18	0,07 bis 0,12
27	Fermenteranzahl	> 2	> 2	> 2
28	mögliche Kapazitätssteigerung aerobe Behandlung (% von 1)	25 bis 45	25 bis 45	25 bis 45

3.2.2 Typ 2: Vollstromvergärung mit dem Ziel des maximalen Gasertrags

Beim Typ 2 handelt es sich um eine Vollstromvergärung mit dem Ziel einen möglichst hohen Gasertrag zu erhalten. Dazu wird ein hoher technischer Aufwand betrieben und ein hoher Automatisierungsgrad erreicht. Vor der eigentlichen Vergärung werden Störstoffe abgeschieden, so dass ca. 95% des angelieferten Materials in die Fermentierung gehen.

Der erreichbare Gasertrag kann zwischen 100 Nm³ und 130 Nm³ liegen, im Mittel wird von 110 Nm³ je Tonne Fermenterinput ausgegangen.

Der Eigenbedarf an Strom ist geringer als beim Typ 1, jedoch noch relativ hoch. Gegenüber dem Typ 1 ist hier mit der Trockenfermentation der Eigenwärmebedarf deutlich geringer.

Der technische Aufwand ist hoch, was sich in spezifischen Investitionskosten von 300 €/Mg bis 600 €/Mg je nach Anlagengröße widerspiegelt.

Die Betriebskosten bewegen sich im gleichen Spektrum wie beim Typ 1 und werden mit 40 €/Mg und 55 €/Mg für den Betrieb der anaeroben Vorschaltanlage abgeschätzt (ohne Erlöse). Im aeroben Anlagenpart sind Kostenreduzierungen durch die veränderten Prozessbedingungen von bis zu 10 €/Mg realistisch.

Nach derzeitigen Stand des EEG wird bei diesem Anlagentyp der Bonus für innovative Technologien gewährt (Trockenvergärung). Details zu der Anlagentypisierung sind Tab. 5 und Tab. 6 zu entnehmen.

Tab. 5: Typbeschreibung 2. Vollstromvergärung mit maximalem Gasertrag

Definition Typ 2 - Anlagen:	
<ul style="list-style-type: none"> - hoher Automatisierungsgrad - zusätzliche Aufbereitungsschritte vor und nach der Vergärung - hohe spezifische Gaserträge je Tonne Input-Vergärung - relativ hoher technischer Aufwand 	
Grobmassen Typ 2:	
Übergabestelle Bestand (Input) %	100
Input Prozess % - Input	95
Output zur aeroben Behandlung % - Input	55
Überschusswasser zur Entsorgung/Bewässerung im aeroben Bereich % - Input	35
Fazit:	
Wirtschaftlich nur interessant, wenn entweder: <ul style="list-style-type: none"> - Kapazitätserhöhung der Gesamtanlage möglich, - Bestandspezifische Synergien aktiviert werden können (KWK-Bonus, Wärmeerlöse Reduzierung Aufwand aerobe Behandlung etc.) oder die - Förderung erhöht wird. 	

Tab. 6: Kostenstruktur einer anaeroben Vorschaltanlage (Typ 2: Vollstromvergärung mit dem Ziel maximaler Gasertrag)

Witzenhausen-Institut GmbH		Ingenieurgemeinschaft Witzenhausen igw		
Kostenstruktur für die Integration einer Vergärungsanlage vor einer Kompostierungsanlage (alle Kostenangaben ohne MwSt.)				Stand Jun 07
Typ 2: Vollstromvergärung mit maximalem Gasertrag				
1	INPUT Bioabfall Vergärung (Aufbereitung) Mg/a	10.000	20.000	40.000
2	Trockensubstanz TS (%):	i.M. 45	i.M. 45	i.M. 45
3	organische Trockensubstanz oTS (%):	i.M. 60	i.M. 60	i.M. 60
4	davon INPUT Biologie Vergärung (%)	90 bis 100	90 bis 100	90 bis 100
INVEST				
5	Invest für die Integration der Vergärung (d.h. ohne allgemeine Trockenaufbereitung z.B. Störstoffabscheidung, Grobzerkleinerung, ohne Kompostierung, ohne Nachrotte und ohne Lager, jedoch inkl. zusätzlich erforderlicher vergärungsspezifischer vor- und nachgeschalteter Aufbereitungstechnik) in €/Mg Input (1)	400 bis 600 i.M. 480	300 bis 500; i.M. 350	250 bis 450; i.M. 300
davon:				
6	.- anlagenbezogener Bauteil in %	5 bis 10	5 bis 10	5 bis 10
7	.- Aufbereitung Input in %	5 bis 10	5 bis 10	5 bis 10
8	.- Aufbereitung Gärrest in %	10 bis 20	10 bis 20	5 bis 15
9	.- Fermenter in %	40 bis 50	40 bis 50	40 bis 50
10	.- Gasreinigung in %	15 bis 20	15 bis 20	10 bis 15
11	.- BHKW in %	8 bis 12	8 bis 12	8 bis 12
12	.- Sonstige	0 bis 5	0 bis 5	0 bis 5
STOFF-/ENERGIEBILANZ				
13	erwarteter Gasertrag (Nm ³ Biogas/Mg Input-Fermenter)	i.M. 110	i.M. 110	i.M. 110
14	erwarteter Methangehalt (%)	i.M. 55	i.M. 55	i.M. 55
15	Strombedarf der Anlage (kWh/Mg Input)	i.M. 65	i.M. 55	i.M. 45
16	Wärmebedarf der Anlage (kWh/Mg Input)	20 bis 80; i.M. 40	20 bis 80; i.M. 40	20 bis 80; i.M. 40
17	Gärrestmenge entwässert (Mg Gärrest/Mg Input-Fermenter)	0,50 bis 0,60	0,50 bis 0,60	0,50 bis 0,60
18	zu entsorgende Abwassermenge (l/Mg Input-Fermenter)	300 bis 400	300 bis 400	300 bis 400
BETRIEBSKOSTEN				
19	Volllaststunden BHKW (h/a)	7.000 bis 7.500	7.200 - 7.800	7.500 - 8.000
20	Arbeitsbedarf (AK/a)	1 bis 2	1 bis 2	1 bis 2
21	sonstige Betriebsmittel (€/Mg Input)	< 5	< 5	< 5
22	Wartung, Reparatur, Unterhalt (% des Invest)	2 bis 5; i.M. 3,5	2 bis 5; i.M. 3,5	2 bis 5; i.M. 3,5
23	Betriebskosten Vergärung inkl. Kapitaldienst ohne EEG-Förderung (€/Mg Input), Preisstand 2007	45 bis 55	42 bis 50	40 bis 45
24	Kostenreduzierung aerobe Behandlung (geringere erforderliche Durchsatzleistung, geringerer Organikeintrag, geringere Belüftungsraten), bestandspezifisch (€/Mg Input)	5 bis 10	5 bis 10	5 bis 10
SONSTIGES				
26	Flächenbedarf (m ² /Mg Input)	0,20 bis 0,30	0,15 bis 0,20	0,10 bis 0,15
27	Fermenteranzahl	1 bis 2	1 bis 2	(1) 2 bis 4
28	mögliche Kapazitätssteigerung aerobe Behandlung (% von 1)	30 bis 50	30 bis 50	30 bis 50

3.2.3 Typ 3: Vollstromvergärung auf Basis eines niedrigeren Technisierungsgrads

Beim Typ 3 handelt es sich wie Typ 2 ebenfalls um eine Vollstromvergärung, wobei eine möglichst einfache, robuste Anlagentechnik eingesetzt wird. Der Technisierungsgrad ist relativ gering. Im Prinzip wird der gesamte Anlageninput durch die Fermenter geschickt, eine Vorab-Klassierung ist nicht vorgesehen. Der geringere technische Aufwand spiegelt sich in geringeren Gaserträgen wider, die im Mittel mit 80 Nm³ je Tonne Fermenterinput angesetzt werden.

Dem geringeren Gasertrag steht im Vergleich der drei Anlagen der deutlich geringste Eignbedarf an Strom und Wärme gegenüber, was sich positiv auf die Netto-Energiebilanz auswirkt.

Aufgrund des geringeren technischen Aufwands liegen die spezifischen Investitionskosten mit 200 €/Mg bis 300 €/Mg relativ niedrig und deutlich unter denen der Anlagentypen 1 und 2.

Die Betriebskosten bewegen sich zwischen 30 €/Mg und 45 €/Mg für den Betrieb der anaeroben Vorschaltanlage (ohne Erlöse). Im aeroben Anlagenpart sind Kostenreduzierungen von bis zu 5 €/Mg möglich.

Nach derzeitigen Stand des EEG wird bei diesem Anlagentyp der Bonus für innovative Technologien gewährt. Details zu der Anlagentypisierung sind Tab. 5 und Tab. 6 zu entnehmen.

Tab. 7: Typbeschreibung 3. Vollstromvergärung mit reduziertem technischen Aufwand

Definition Typ 3 - Anlagen:	
- relativ geringer Automatisierungsgrad	
- keine zusätzlichen Aufbereitungsschritte vor und nach der Vergärung	
- relativ geringe spezifische Gaserträge je Tonne Input-Vergärung	
- relativ geringer technischer Aufwand	
Grobmassen Typ 3:	
Übergabestelle Bestand (Input) %	100
Input Prozess % - Input	100
Output zur aeroben Behandlung % - Input	90
Überschusswasser zur Entsorgung/Bewässerung im aeroben Bereich % - Input	5
Fazit:	
Wirtschaftlich nur interessant, wenn entweder:	
- Kapazitätserhöhung der Gesamtanlage möglich,	
- Bestandspezifische Synergien aktiviert werden können (KWK-Bonus, Wärmeerlöse Reduzierung Aufwand aerobe Behandlung etc.) oder die	
- Förderung erhöht wird.	

Tab. 8: Kostenstruktur einer anaeroben Vorschaltanlage (Typ 3: Vollstromvergärung auf Basis eines niedrigeren Technisierungsgrades)

Witzenhausen-Institut GmbH		Ingenieurgemeinschaft Witzenhausen igw		
Kostenstruktur für die Integration einer Vergärungsanlage vor einer Kompostierungsanlage (alle Kostenangaben ohne MwSt.)				Stand Jun 07
Typ 3: Vollstromvergärung mit reduziertem technischen Aufwand				
1	INPUT Bioabfall Vergärung (Aufbereitung) Mg/a	10.000	20.000	40.000
2	Trockensubstanz TS (%):	i.M. 45	i.M. 45	i.M. 45
3	organische Trockensubstanz oTS (%):	i.M. 60	i.M. 60	i.M. 60
4	davon INPUT Biologie Vergärung (%)	100	100	100
INVEST				
5	Invest für die Integration der Vergärung (d.h. ohne allgemeine Trockenaufbereitung z.B. Störstoffabscheidung, Grobzerkleinerung, ohne Kompostierung, ohne Nachrotte und ohne Lager, jedoch inkl. zusätzlich erforderlicher vergärungsspezifischer vor- und nachgeschalteter Aufbereitungstechnik) in €/Mg Input (1)	250 bis 300; i.M. 275	225 bis 275; i.M. 250	200 bis 250; i.M. 225
davon:				
6	.- anlagenbezogener Bauteil in %	5 bis 10	5 bis 10	5 bis 10
7	.- Aufbereitung Input in %	0	0	0
8	.- Aufbereitung Gärrest in %	0	0	0
9	.- Fermenter in %	55 bis 75	55 bis 75	55 bis 75
10	.- Gasreinigung in %	15 bis 20	15 bis 20	10 bis 15
11	.- BHKW in %	8 bis 12	8 bis 12	8 bis 12
12	.- Sonstige	0 bis 5	0 bis 5	0 bis 5
STOFF-/ENERGIEBILANZ				
13	erwarteter Gasertrag (Nm ³ Biogas/Mg Input-Fermenter)	i.M. 80	i.M. 80	i.M. 80
14	erwarteter Methangehalt (%)	i.M. 55	i.M. 55	i.M. 55
15	Strombedarf der Anlage (kWh/Mg Input)	i.M. 25	i.M. 25	i.M. 25
16	Wärmebedarf der Anlage (kWh/Mg Input)	i.M. 30	i.M. 30	i.M. 30
17	Gärrestmenge entwässert (Mg Gärrest/Mg Input-Fermenter)	0,90 bis 0,95	0,90 bis 0,95	0,90 bis 0,95
18	zu entsorgende Abwassermenge (l/Mg Input-Fermenter)	50 bis 100	50 bis 100	50 bis 100
BETRIEBSKOSTEN				
19	Volllaststunden BHKW (h/a)	7.000 bis 7.500	7.200 - 7.800	7.500 - 8.000
20	Arbeitsbedarf (AK/a)	1 bis 2	1 bis 2	1 bis 2
21	sonstige Betriebsmittel (€/Mg Input)	< 10	< 10	< 10
22	Wartung, Reparatur, Unterhalt (% des Invest)	2 bis 5; i.M. 3,0	2 bis 5; i.M. 3,0	2 bis 5; i.M. 3,0
23	Betriebskosten Vergärung inkl. Kapitaldienst ohne EEG-Förderung (€/Mg Input), Preisstand 2007	35 bis 45	32 bis 40	30 bis 35
24	Kostenreduzierung aerobe Behandlung (geringere erforderliche Durchsatzleistung, geringerer Organikeintrag, geringere Belüftungsraten), bestandspezifisch (€/Mg Input)	< 5	< 5	< 5
SONSTIGES				
26	Flächenbedarf (m ² /Mg Input)	0,30 bis 0,50	0,25 bis 0,35	0,15 bis 0,25
27	Fermenteranzahl	> 2	> 2	> 2
28	mögliche Kapazitätssteigerung aerobe Behandlung (% von 1)	5 bis 10	5 bis 10	5 bis 10

Zusammenfassend ist die Kostenstruktur der Integration einer anaeroben Stufe in eine bestehende Kompostanlage in Abb. 3 dargestellt. Bei den technisch aufwändigeren Anlagentypen 1 und 2 ist von Zusatzkosten in Höhe von 40 €/Mg bis 55 €/Mg auszugehen, wobei mit steigender Anlagenkapazität eine Kostendegression besteht. Die Verfahrenslösung gemäß Typ 3 zeichnet sich demgegenüber um ca. 10 €/Mg günstigere Betriebskosten aus.

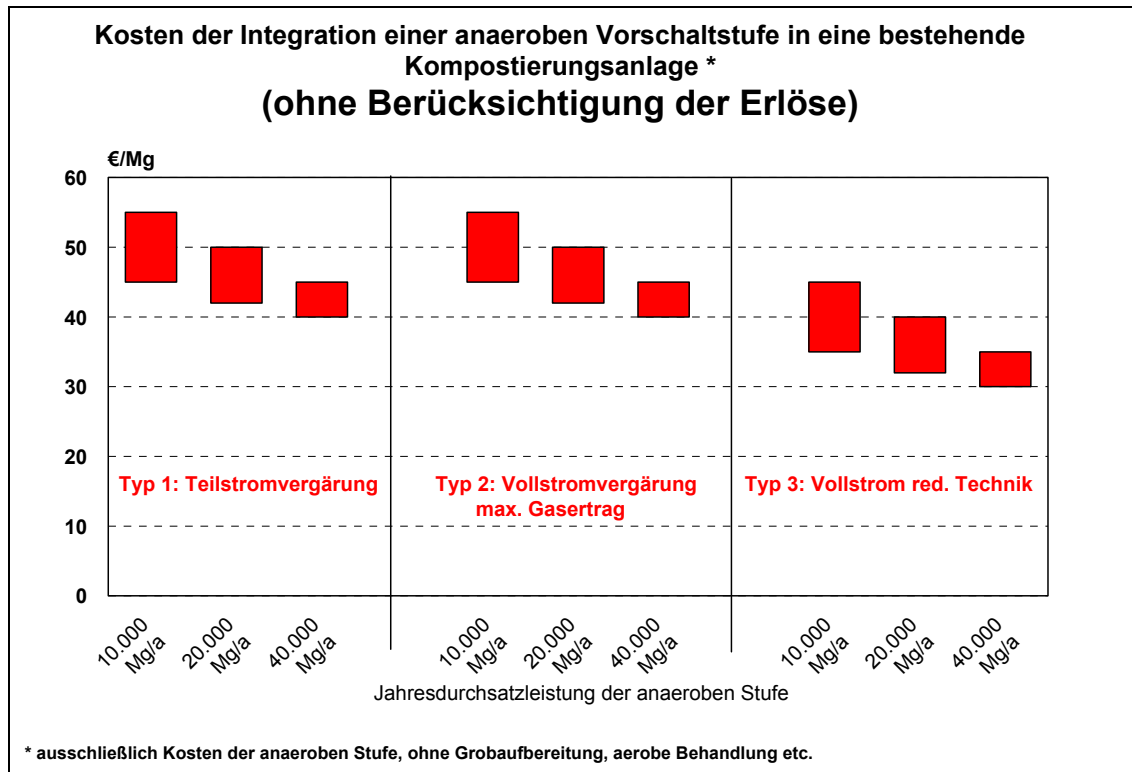


Abb. 3: Kosten der Integration einer anaeroben Vorschaltstufe in eine bestehende Kompostierungsanlage (ohne Berücksichtigung der Erlöse)

3.3 Erlössituation EEG

Die wirtschaftliche Grundlage für die Vergärungsanlage bildet das novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) mit Stand vom 21.07.2004. Neben einer Mindestvergütung für den aus Biomasse erzeugten Strom können weitere kumulierbare Boni gewährt werden.

EEG – Einspeisevergütungen

Bei der Vergärung von Bioabfällen ist der Netzbetreiber nach dem EEG zur Abnahme und Vergütung des erzeugten Stroms unter Berücksichtigung der im EEG festgelegten Mindestvergütungssätze verpflichtet. Die Vergütungsstruktur und auch die mittelfristig zu erwartenden Änderungen der rechtlichen Situation sind in Tab. 9 zusammengefasst. Basisjahr der Vergütungssätze 2008. Die Mindestvergütungssätze sind degressiv

aufgebaut und richten sich nach dem Jahr der Inbetriebnahme. Jedes Jahr werden die Sätze um 1,5% gegenüber dem Vorjahr gesenkt.

Tab. 9: Vergütung für Strom aus Biomasse im Jahr 2008
(Berücksichtigung der Degression für die Grundvergütung)

Anlagen- größe	Biomasse Mindestvergütung*	KWK-Bonus	Innovative Technologie Bonus**
	Cent/kWh	Cent/kWh	Cent/kWh
≤ 150 kW	10,83	2,00	2,00
≤ 500 kW	9,32	2,00	2,00
≤ 5 MW	8,38	2,00	2,00
≤ 20 MW	7,91	2,00	2,00

* Mindestvergütung des Vorjahres minus 1,5%

** nur in Verbindung mit KWK

Innovationsbonus / Technologiebonus

Der Einsatz innovativer Verfahren soll durch einen Technologiebonus von 2 Cent/kWh gefördert werden. Zu den innovativen Verfahren zählt auch die Trockenfermentation (häufig im Zusammenhang mit dem EEG definiert als Inputmaterial mit Trockensubstanzgehalt TS > 30 %), die damit eine um ca. 20 % erhöhte Mindestvergütung für den Strom erhält. Voraussetzung ist die Möglichkeit zur Wärmenutzung sowie der zumindest vorübergehende Betrieb einer Kraft-Wärme-Kopplungseinheit.

Gesamterlöse gemäß EEG (Mindestvergütungssätze sowie Technologiebonus)

Ausgangspunkt der Berechnung der Vergütungssätze ist die elektrische Gesamtenergieausbeute.

Je nach Anlagentyp ergeben sich infolge der unterschiedlichen Gaserträge Vergütungen von bis zu 30 €/Mg Input. Erlösseitig stellen sich die technisch aufwändigen Verfahren der Typen 1 und 2 besser. Die Erlöse werden auf Werte zwischen 23 €/Mg und 30 €/Mg kalkuliert (Abb. 4).

Beim Anlagentyp 3 werden die Vergütungen mit 17 €/Mg bis 22 €/Mg angegeben.

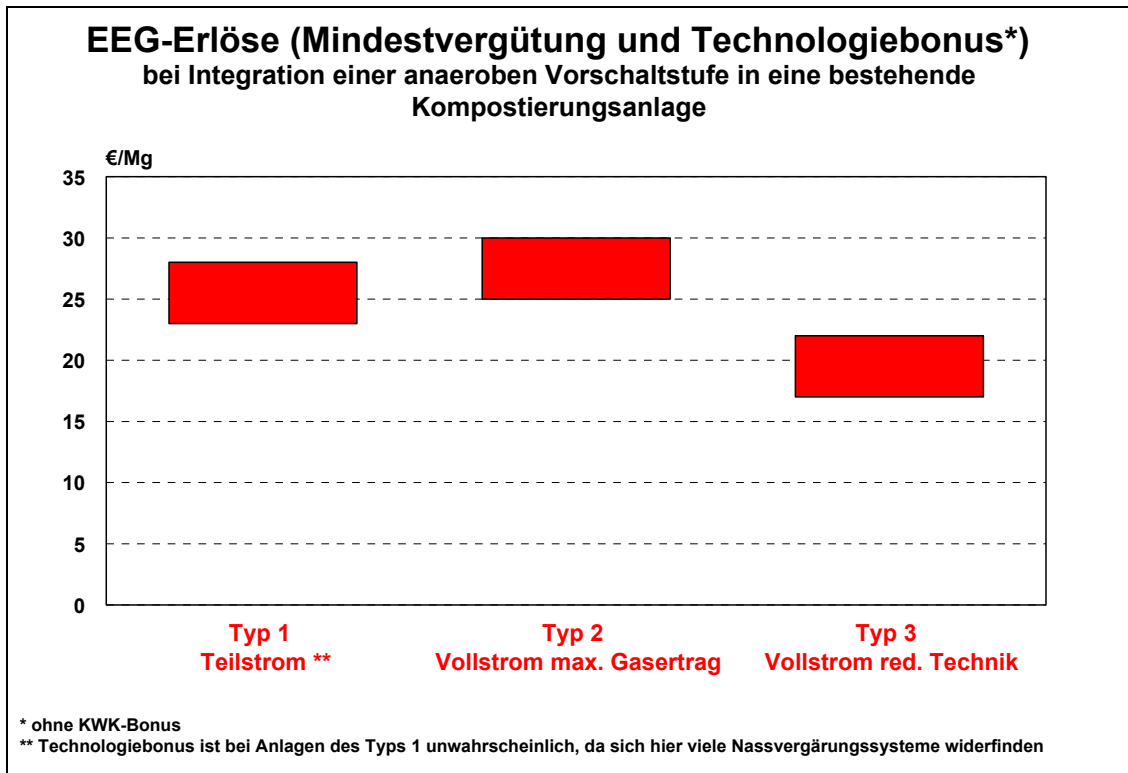


Abb. 4: Bereiche der erzielbaren Erlöse gemäß den Vergütungen des EEG bei Integration einer anaeroben Vorschaltstufe (ohne KWK-Bonus)

3.4 Wirtschaftlichkeit der Integration auf Basis Stromvergütung EEG

Sämtliche Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit werden beispielhaft für drei unterschiedliche Jahresdurchsatzleistungen bei Kompostierungsanlagen von 10.000 Mg/a, 20.000 Mg/a sowie 40.000 Mg/a als Differenzkosten dargestellt. Die integrierten Vergärungsmodule werden in gleicher Größenordnung angesetzt.

Ausgangspunkt der Kostenbetrachtungen und Untersuchung der anlagentypischen Wirtschaftlichkeitsschwellen sind:

- ➔ Kosten der Integration gemäß Kapitel 3.2
- ➔ Einsparpotenziale im bestehenden Anlagenpart (geringere erforderliche Durchsatzleistung, geringerer Organikeintrag, geringere Belüftungsraten etc.) gemäß Kapitel 3.2
- ➔ Stromseitige EEG-Erlöse inkl. Technologiebonus gemäß Kapitel 3.3

In nahezu allen betrachteten Fällen resultieren Zusatzkosten aus der Integration einer anaeroben Vorschaltstufe in eine bestehende Kompostierungsanlage von bis zu 27 €/Mg Input (Abb. 5). In der Abbildung sind die Zusatzkosten als Spannbreiten angegeben, wobei die untere Begrenzung dem best-case-Fall entspricht.

Die Analyse der best-case-Szenarien zeigt für den Typ 2 der technischen aufwändigen Vollstromvergärung kostenseitig leicht günstigere Bedingungen. Bei einer Anlagengröße von 40.000 Mg/a kann möglicherweise die Integration schon zu „Null“ betrieben werden.

Der Anlagentyp 3 erreicht im Vergleich der drei Typen eine weniger günstige Bilanz, trotz der deutlich niedrigeren Betriebskosten.

Grundsätzlich ist im Unterschied der betrachteten Anlagentypen festzuhalten, dass sich eben keine wirklich eindeutigen Vor- bzw. Nachteile einzelner Typen ableiten lassen.

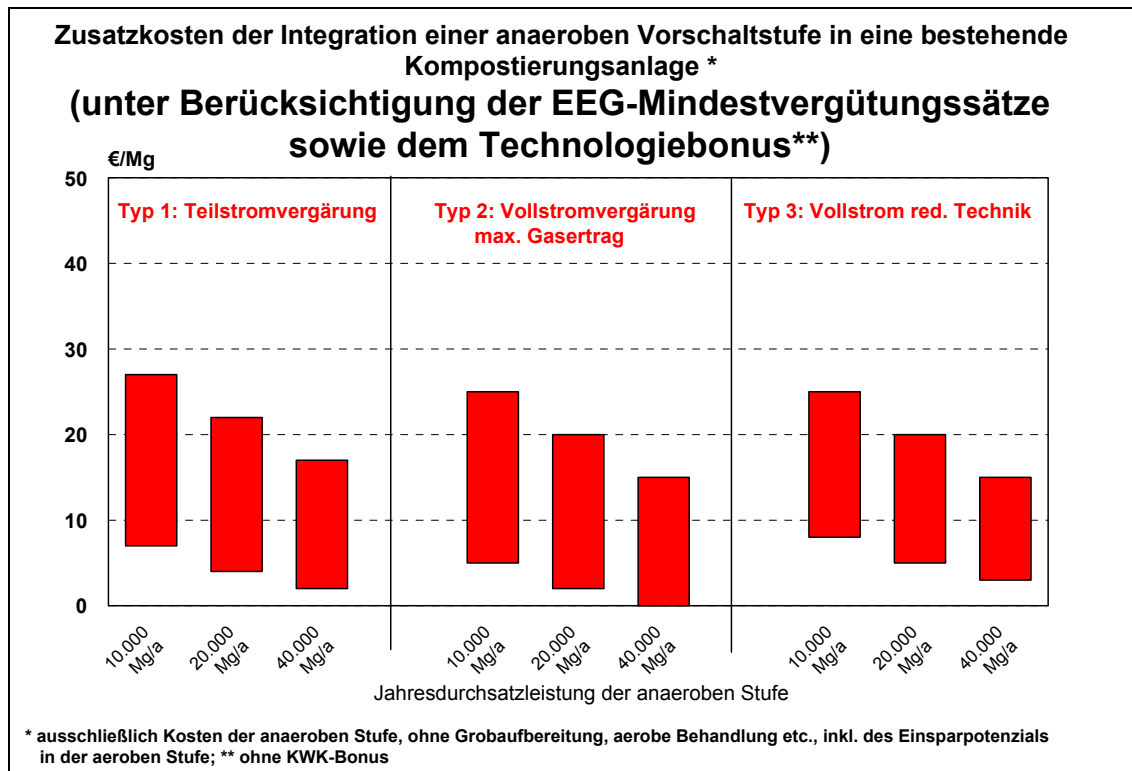


Abb. 5: Zusatzkosten der Integration einer anaeroben Vorschaltstufe in eine bestehende Kompostierungsanlage (unter Berücksichtigung der Erlöse sowie des Einsparpotenzials im bestehenden Anlagenpart)

Als zentrales Ergebnis ist festzuhalten, dass bei Integration einer anaeroben Stufe im Durchschnitt von Mehrkosten zwischen 10 €/Mg und 20 €/Mg auszugehen ist. Allein aus wirtschaftlichen Gründen bietet die anaerobe Behandlung als Integrationskonzept unter den gewählten Rahmenbedingungen bei reiner Stromeinspeisung keine zwingenden Vorteile.

Gleichzeitig fallen die wirtschaftlichen „Nachteile“ aber auch so gering aus, dass sich eine wirtschaftliche Gleichwertigkeit von Kompostierung und Vergärung/Kompostierung schon bei leicht veränderten Rahmenbedingungen ergeben kann.

Diese sollen nachstehend angesprochen werden.

3.5 Wirtschaftlichkeit bei veränderten Rahmenbedingungen und Nutzung von Synergien

3.5.1 Standortspezifische Möglichkeit zur Wärmenutzung

Einen entscheidenden Einfluss kann die Möglichkeit zur externen Wärmenutzung haben. Wirtschaftlich profitiert das Integrationskonzept durch die Vergütung gemäß KWK-Bonus sowie im optimalen Fall durch den Verkauf der erzeugten Überschusswärme, wenn am Standort ein Abnehmer mit einem geeigneten Wärmebedarfsprofil existiert.

KWK-Bonus gemäß EEG

Der KWK-Bonus von 2 Cent/kWh wird für den Stromanteil von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bis zu einer installierten elektrischen Leistung von 20 MW gewährt, bei dem es sich um Strom in Sinne des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes handelt. Durch diese zusätzliche Vergütung sollen insbesondere Anreize für eine Nutzung der überschüssigen thermischen Energie geschaffen werden.

Wärmenutzungskonzept

Anders als bei der Stromerzeugung sind die Erlöse im Wärmebereich stark standort- und marktabhängig. So ist zum einen die vollständige Abnahme der erzeugten Wärme bei den Vergärungskraftwerken auch an günstigen Standorten in der Regel nicht gegeben und die zu erzielenden Erlöse sind von den notwendigen zusätzlichen Investitionen (ggf. Nahwärmenetz etc.) und alternativen Wärmegestehungskosten abhängig. Die Erlöse wurden in den Kalkulationen konservativ mit einheitlich 20 €/MWh angesetzt. Der Anteil der extern genutzten Wärme wurde anlagenspezifisch mit 40% der Überschusswärme angesetzt. Dabei ist bereits berücksichtigt, dass Vergärungsanlagen bis zu 30% der erzeugten Wärme als Prozesswärme benötigen und darüber hinaus Wärmeverluste in relevanter Größenordnung (10% bis 15%) auftreten.

Die wirtschaftliche Betrachtung der Kosten sowie der stromseitigen Erlöse wurde daraufhin erweitert um die wärmeseitig generierbaren Erlöse. In Tab. 10 ist eine Gesamtbetrachtung der Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung sämtlicher Kosten und Erlöse zusammengestellt. Abb. 6 zeigt die sich ergebenden Zusatzkosten grafisch.

Als zentrales Ergebnis ist festzuhalten, dass die Wärmevergütungen bzw. -verkaufserlöse die Wirtschaftlichkeit weiter verbessert, so dass bei Integration einer anaeroben Stufe im Durchschnitt von Mehrkosten zwischen 7 €/Mg und 17 €/Mg auszugehen ist. Allein aus wirtschaftlichen Gründen bietet die anaerobe Behandlung als Integrationskonzept unter den gewählten Rahmenbedingungen auch bei Wärmenutzung nur begrenzte Vorteile. Gegenüber den reinen Stromeinspeisungsmodellen sind aber schon mehr Konstellationen erkennbar, die einen kostenneutralen bzw. nur leicht teureren Betrieb ermöglichen.

Deutlich besser gestaltet sich die wirtschaftliche Situation, wenn aufbereitetes Biogas ins Netz eingespeist wird und zur optimierten Verwertung in einem BHKW eingesetzt wird.

Tab. 10: Gesamtbetrachtung der Wirtschaftlichkeit der Integration einer anaeroben Vorschaltstufe in eine bestehende Kompostierungsanlage (unter Berücksichtigung der strom- und wärmeseitigen Erlöse sowie des Einsparpotenzials im bestehenden Anlagenpart)

Witzenhausen-Institut GmbH				Ingenieurgesellschaft Witzenhausen igw					
Kostenstruktur für die Integration einer Vergärungsanlage vor einer Kompostierungsanlage (alle Kostenangaben ohne MwSt.)									
Stand Jun 07									
	Typ 1			Typ 2			Typ 3		
INPUT Bioabfall-Vergärung (Aufbereitung) Mg/a	10.000	20.000	40.000	10.000	20.000	40.000	10.000	20.000	40.000
Betriebskosten Vergärung inkl. Kapitaleinsatz ohne EEG-Förderung (€/Mg Input), Preisstand 2007	45 bis 55	42 bis 50	40 bis 45	45 bis 55	42 bis 50	40 bis 45	35 bis 45	32 bis 40	30 bis 35
Kostenreduzierung aerobe Behandlung (geringere erforderliche Durchsatzleistung, geringerer Organikeintrag, geringere Belüftungsraten), bestandspezifisch (€/Mg Input)	5 bis 10			5 bis 10			< 5		
Vergütung nach EEG inkl. Technologiebonus, ohne KWK-Bonus (€/Mg Input)	23 bis 28			25 bis 30			17 bis 22		
KWK-Bonus	1,20 bis 1,90			1,60 bis 1,80			1,20 bis 1,40		
Verkauf von 40% der erzeugten Wärme	0,8 bis 1,30			1,00 bis 1,20			0,80 bis 1,00		
Zusatzkosten der Integration einer anaeroben Stufe (€/Mg Input) - nur Stromerlöse und Technologiebonus	7 bis 27	4 bis 22	2 bis 17	5 bis 25	2 bis 20	0 bis 15	8 bis 25	5 bis 20	3 bis 15
Zusatzkosten der Integration einer anaeroben Stufe (€/Mg Input) - Stromerlöse, Technologiebonus und Wärme	4 bis 25	1 bis 20	-1 bis 14	2 bis 22	-1 bis 17	-3 bis 12	6 bis 23	3 bis 18	1 bis 13

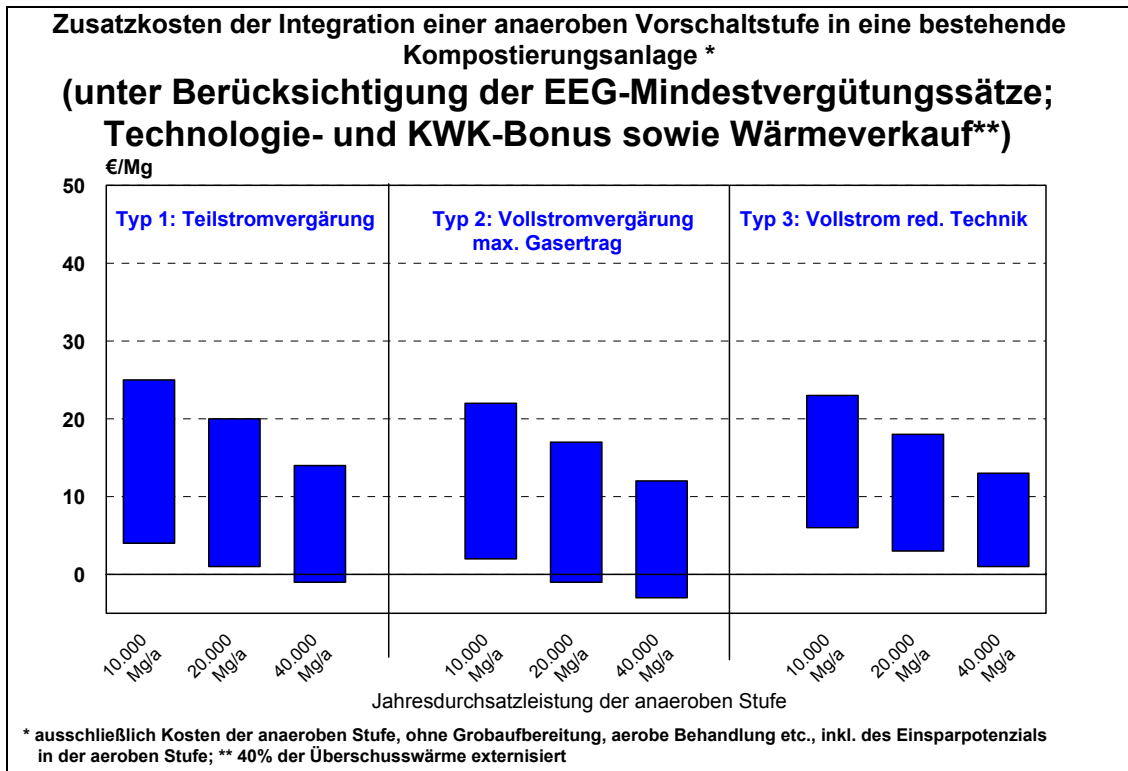


Abb. 6: Zusatzkosten der Integration einer anaeroben Vorschaltstufe in eine bestehende Kompostierungsanlage (unter Berücksichtigung der strom- und wärmeseitigen Erlöse sowie des Einsparpotenzials im bestehenden Anlagenpart)

3.5.2 Durchsatzsteigerung der Gesamtanlage

Ein Teil der bereits umgesetzten bzw. vorgeplanten Integrationsprojekte ist auf die Möglichkeit der Durchsatzsteigerung der Gesamtanlage zurückzuführen. Denkbare Fälle sind hierbei die Rückholung bislang externisierter Mengen in die eigene Regie z.B. bei sehr hohen externen Verwertungskosten aber auch die Option zur Vermarktung von freiwerdenden Behandlungskapazitäten. Bei letzterer Überlegung muss die Anlage sich preislich am Markt behaupten können, was angesichts der nach wie vor bestehenden Marktverwerfungen durch die Billiganlagen (z.T. 20 €/Mg) eine Herausforderung darstellt. Zu diesem Punkt ist der zukünftige Umgang mit dem Vollzug der TA Luft abzuwarten.

Die Rückholung eigener, bislang extern behandelte Bioabfallmengen besitzt auch ein kommunales abfallpolitisches Element. Die in der letzten Zeit viel diskutierte „Re-Kommunalisierung“ abfallwirtschaftlicher Aufgaben kann hierbei einen entscheidenden Motor für die Umsetzung einer Integrationslösung trotz eventuell leicht erhöhter Verwertungskosten darstellen. Derartig gelagerte Fälle sind immer wieder auch Gegenstand planerischer Aufgaben und rechtfertigen eine eigenständige Bewertungsgrundlage gegenüber dem ausschließlich wirtschaftlichen Blickwinkel.

Bezüglich der Möglichkeiten zur Durchsatzsteigerung der Gesamtanlage unterscheiden sich die Anlagentypen charakteristisch. Wie auch schon vorstehend für andere Fragestellungen festgestellt liegen die Typen 1 und 2 relativ eng beieinander. In Anlagen des Typ 1 wird von Steigerungspotenzialen von 20% und mehr des ursprünglichen Inputs ausgegangen, beim Typ 2 liegt die Mindestgröße bei 30%. In Extremfällen können Werte zwischen 40% und 50% erreicht werden. Dabei ist jedoch eine Verkürzung der Aufenthaltsdauer im Rottebereich wahrscheinlich, woraus ein abweichendes Behandlungsziel resultiert (z.B. ein verminderter Stabilisierungsgrad).

In Anlagen des Typs 3 erfolgt keine Vorab-Klassierung, der angelierte Bioabfall wird zu 100% durch die Fermenter geschickt. Verbunden mit den geringeren Abbaugraden im Fermentierungsprozess ist eine verminderte Kapazitätssteigerung von bis zu 10%.

3.5.3 Vollzug der TA Luft

Durch die Neufassung der TA-Luft 2002 kommen mit Ablauf der Übergangsfrist am 30.10.2007, verschärfte Immissionsschutzanforderungen auf eine große Zahl bestehender Kompostierungs- und Vergärungsanlagen zu. Die in diesem Zusammenhang geforderten Nachrüstungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen betreffen insbesondere

- ➔ Kompostanlagen, die ab einer Durchsatzleistung von 10.000 Mg/a (Bunker, Hauptrotte) zu kapseln sind
- ➔ eine ausreichende Dimensionierung der Lagerkapazität
- ➔ den Aufgabebunker, der geschlossen und mit Fahrzeugschleuse ausführen ist
- ➔ das Reinigen der Abgase aus Reaktoren und belüfteten Mieten mittels Biofilter
- ➔ die Geruchsstoffkonzentration im Abgas, die unter 500 GE/m³ liegen müssen (bei Kompostanlagen ab einer Durchsatzleistung von 10.000 Mg/a und bei Vergärungsanlagen ab einer Durchsatzleistung von 30 Mg/d)
- ➔ staubförmige Emissionen im Abgas, die eine Massenkonzentration von 10 mg/m³ nicht überschreiten dürfen

Aufgrund fehlender Übergangsvorschriften sind die vorgenannten Anforderungen für neu zu genehmigende Anlagen seit dem 01.10.2002 uneingeschränkt verbindlich. Für Anlagen, die zum Inkrafttreten der TA-Luft 2002 dem Stand der Technik entsprachen, sollen die zuständigen Behörden die erforderlichen Anordnungen zu Erfüllung der Pflichten gemäß § 5 Abs. 1 Nr. 1 und 2. BImSchG treffen. Insgesamt wird die TA-Luft 2002 bei entsprechendem Vollzug einen erheblichen Nachrüstungsbedarf nach sich ziehen. Dies gilt vor allem für bisher nicht gekapselte Kompostierungsanlagen mit einer Durchsatzleistung von mehr als 10.000 Mg/a.

Von den geforderten Nachrüstungen werden vor allem Anlagen in den neuen Bundesländern betroffen sein, wo unbelüftete, offene Kompostierungen vorherrschen, die z.T. auf dem Markt mit Annahmepreisen von 20 €/Mg akquirieren.

Ein konsequenter Vollzug der TA Luft würde zu einer umfangreichen Marktberreinigung führen, da im Zuge dessen vermutlich zahlreiche der Billiganlagen vom Markt verschwinden werden. Resultierend wird sich in Deutschland ein einheitlicheres Kosten-niveau der Kompostierung von oberhalb 50 €/Mg etablieren. Für die Förderung von Konzepten der Integration anaeroben Stufen in bestehende Kompostierungsanlagen wäre aufgrund der verbesserten Konkurrenzfähigkeit ein positiver Schub zu erwarten.

Die aktuellen Entwicklungen mit der Umsetzung der TA Luft gerade in den neuen Ländern machen allerdings diesbezüglich wenig Hoffnung. Vieles deutet auf eine weite Auslegung des Interpretationsspielraums durch die Vollzugsbehörden hin.

Größere Probleme drohen den Anlagen eher aus der konkreten Verteuerung der Siebrestentsorgung einfolge der AbfAbIV, nach der zukünftig Annahmepreise von 20 €/Mg unwahrscheinlich sind.

Ein kostenrelevantes Thema sind die zunehmenden Forderungen nach emissionsseitige Schutzmaßnahmen der Anlagenbetreiber zur Geruchsminimierung. Nicht selten enden diese Streitfälle vor Gericht mit der Folge, das keine kurzfristigen Entscheidungen getroffen werden müssen. Die Integration einer anaeroben Vorschaltanlage kann bei guter Betriebsführung die Geruchsemissionen deutlich senken.

3.5.4 Ersatzmaßnahmen / Abschreibungszustände

Viele der existierenden gekapselten Kompostierungsanlagen wurden bis Anfang der 90er Jahre in Betrieb genommen. Üblicherweise wird der Bauteil auf etwa 20 Jahre abgeschrieben während für Maschinen- und Elektroteile überwiegend 10 Jahre angesetzt werden. Diese hohem Verschleiß unterliegenden Anlagenteile dürfen in vielen Anlagen abgeschrieben sein.

Für viele der mit hohem Automatisierungsgrad arbeitenden Kompostierungsanlagen ist von akutem bzw. demnächst anstehenden umfangreichen Ersatzmaßnahmen auszugehen. Für die Anlagenbetreiber stellt die Integration einer anaeroben Vorschaltstufe eine ernsthafte Alternative zu reinen Erneuerung des aeroben Anlagenteils dar. Zur Zeit gestattet die Bewertung der Wirtschaftlichkeit noch keine allgemeingültige Empfehlung für die eine oder andere Option.

Anaerob-aerob arbeitende Konzepte weisen immer noch leichte höhere Kosten gegenüber der reinen Kompostierung auf. Die wirtschaftlichen „Nachteile“ fallen aber in der allgemeinen Betrachtung so gering aus, dass sich eine wirtschaftliche Gleichwertigkeit von Kompostierung und Vergärung/Kompostierung schon bei leicht veränderten Rahmenbedingungen ergeben kann. An einer standort- und projektspezifischen Einzel-falluntersuchung führt somit kein Fall vorbei.

Grundsätzlich stellt sich auch hier die Frage nach der Konkurrenzfähigkeit der nachgerüsteten Anlagen, unabhängig davon ob eine anaerobe Stufe installiert wurde.

4 Fazit

Wie die Ausführungen zeigen, ist die Integration einer Vergärungsstufe als Vorschaltanlage in Kompostierungsanlagen deutlich interessanter geworden. Je nach Technik und Nutzungskonzept können auf der Grundlage des EEG unter Berücksichtigung möglicher Boni Erlöse von 20 € bis 35 € je Tonne Bioabfall erzielt werden. Den Erlösen stehen aber zusätzliche Investitions- bzw. Betriebskosten gegenüber, die in der Regel nicht für einen wirtschaftlichen, im Vergleich zur ausschließlichen Kompostierung, kostenneutralen Betrieb ausreichen.

Als Ergebnis lässt sich festhalten:

- Die Integration einer Vergärungsstufe in eine Kompostierungsanlage setzt eine Kapselung bzw. Teilkapselung der Kompostierung voraus, da davon auszugehen ist, dass der Gärrest zwingend in einem geschlossenen System einer Nachrotte zugeführt werden muss. Zudem sollte als Mindestgröße 10.000 bis 20.000 Jahrestonnen Bioabfall vorhanden sein.
Das Anlagenpotenzial hierfür wird auf 200 bis 250 Kompostierungsanlagen abgeschätzt, in denen zusätzlich Ersatzinvestitionen erforderlich sind.
- Bei optimalen Randbedingungen lässt sich eine Integration einer Vergärungsstufe in eine Kompostierungsanlage bereits heute wirtschaftlich darstellen. Hierbei kommen insbesondere standort- und gebietskörperschaftsspezifische Synergien sowie kommunale umwelt- und klimapolitische Ziele zum Tragen. Im Einzelnen sind dies:
 - Durchsatzsteigerung für die biologische Behandlung der Anlage auf der gleichen Fläche von bis zu 40% des bisherigen Inputs
 - Geruchsminderung durch den anaeroben Abbau bei kritischen Standorten
 - Umwelt- und klimarelevante Vorteile durch die Erzeugung und Nutzung von Bioenergie (Biogas)

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass zum weiteren Ausbau der Vergärung von Bioabfällen entweder weitere wirtschaftliche Anreize zur Verbesserung der Erlössituation (höhere Vergütungssätze) oder zur Reduktion der Kosten (z. B. zinsgünstige Kredite) erforderlich sind. Alternativ können auch ordnungspolitische Maßnahmen (strikte Umsetzung TA-Luft, Effizienzkriterien für die biologische Abfallbehandlung usw.) zu einem weiteren Ausbau der Vergärung führen.

Förderpolitische Maßnahmen

Im Einzelnen wären als förderpolitische Maßnahme zur verstärkten Umsetzung von Anaerobanlagen als Vorschaltanlagen vor der Kompostierung folgende Maßnahmen einzeln oder in Kombination denkbar:

1. Direkter Investitionszuschuss für eine anaerobe Vorschaltanlage
2. Zinsgünstige Kredite auf die Investitionssumme bzw. anteilige Investitionssumme für die anaerobe Vorschaltanlage
3. Sonderabschreibung auf die Investition der anaeroben Vorschaltanlage
4. Zusätzliche Fördermaßnahmen, die i.d.R. zusätzlich ca. 10 €/Mg Inputmaterial (Bioabfall) erbringen müssten, um eine wirtschaftliche Gleichstellung von Kompostierung und Vergärung von Bioabfällen zu erreichen. Aus Umweltsicht sollten diese zusätzlichen Erlöse nicht an die Stromproduktion gekoppelt sein, sondern insbesondere eine sinnvolle Wärmenutzung induzieren.
5. Technologiebonus beibehalten und in Abhängigkeit von der Innovation und der Ökoeffizienz der Anlagen gestalten
6. Die eingesparten CO₂-Emissionen durch die Biogaserzeugung sollten quantifiziert und handelbar gemacht werden.

Witzenhausen, 11. Juli 2007

Dr.-Ing. Michael Kern
Witzenhausen-Institut GmbH
Geschäftsführer

Dipl.-Ing. Thomas Turk
Ingenieurgemeinschaft Witzenhausen GmbH
Geschäftsführer