

Vergleichende Bewertung der stofflichen und energetischen Verwertung von Bio- und Grünabfall

**Michael Kern, Thomas Raussen, Auke Lootsma,
Karsten Funda**

I Einleitung

Die getrennte Erfassung vom Bio- und Grünabfällen hat in Deutschland ein hohes Niveau erreicht. Allerdings ist der Anteil der daraus gewonnenen Energie noch vergleichsweise gering und die Biomasse wird überwiegend stofflich genutzt. Gerade vor dem Hintergrund, dass gegenwärtig Energiepflanzen in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln großflächig angebaut werden, muss die Frage gestellt werden, ob die kombinierte stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse nicht zielführender ist.

Nachhaltiges Management biogener Stoffströme optimiert stoffliche und energetische Verwertungswege mit dem Ziel eines idealen Zusammenwirkens von Nährstoff- und Kohlenstoff-Recycling, Energiebereitstellung (Strom, Wärme und ggf. Kraftstoff), CO₂-Reduzierung durch Substitution fossiler Energieträger sowie günstiger Behandlungskosten bei erweiterter regionaler Wertschöpfung.

Wie eine optimierte Erfassung und Verwertung von nativ-organischen Abfällen aussehen soll bzw. wie eine entsprechende Umsetzung erreicht werden kann, welche zusätzlich erschließbaren Potenziale vorhanden sind, welcher Aufwand erforderlich ist und wie sich der Nutzen in Relation zum Aufwand darstellt, sind zentrale Fragen der Abfallwirtschaft geworden.

Bei den Grünabfällen hat der Markt bereits in das Stoffstrommanagement eingegriffen. In vielen Kompostierungsanlagen werden holzige Grünabfälle bereits abgetrennt und in Biomassekraftwerken der energetischen Verwertung zugeführt.

Auch bei den getrennt erfassten Bioabfällen ist eine Veränderung zu erwarten. Mit der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) wurde die Vergärung von Bioabfällen bei stofflicher Nutzung des Gärrestes mit zusätzlichen 2 Cent je kWh Strom in besonderer Weise privilegiert, so dass eine deutliche Zunahme der Vergärungsanlagen, entweder als Vorschaltanlagen vor der Kompostierung oder als eigenständige Anlagen, zu erwarten ist.

2 Stoffliche oder energetische Biomasseverwertung

Die Entwicklung des bundesweiten Aufkommens nativ-organischer Abfälle von 1990 bis 2006 spiegelt sich in Abbildung I wider. Nach der Auswertung aller Siedlungsabfallbilanzen erbrachte die getrennte Erfassung von Bio- und Grünabfällen im Jahr 2006 eine Gesamtmenge von 8,6 Mio. Mg, wobei das Aufkommen der beiden Stoffströme mit einem Anteil von 4,2 Mio. Mg Bioabfall und 4,4 Mio. Mg Grünabfall ein etwa ausgeglichenes Verhältnis zeigt.

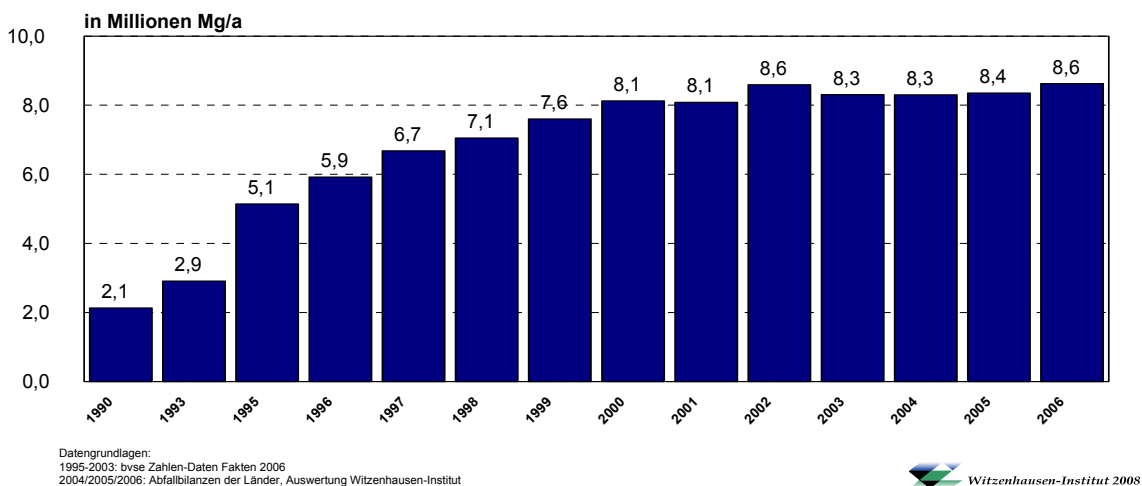


Abb. I: Entwicklung des Bio- und Grünabfallaufkommens 1990–2006

Diese Entwicklung verdeutlicht, dass sich die Getrenntsammlung im Bereich Bio- und Grünabfälle in der Bundesrepublik etabliert hat, wenngleich es noch deutliche Unterschiede in den verschiedenen Bundesländern gibt.

In Mittel ergibt sich ein spezifisches Bio- und Grünabfallaufkommen von 105 kg Bio- und Grünabfall je Einwohner und Jahr. Dabei ist hinsichtlich der pro Kopf erfassten Mengen ein deutliches Gefälle zu beobachten. Während in Niedersachsen annähernd 150 kg/E*a gesammelt werden, sind dies in Brandenburg nur etwas mehr als 20 kg/E*a.

Dennoch sind im Bereich der Bio- und Grünabfallverwertung Optimierungspotenziale, bezogen auf den Klima- und Ressourcenschutz sowie auf die Wirtschaftlichkeit, gegeben. Die Erzeugung von Kompost ist sicher dort von Vorteil, wo Torfprodukte durch Kompostprodukte substituiert werden. Dort, wo die Komposte überwiegend landwirtschaftlich verwertet werden, ist der Einsatz von behandeltem festem Gärrest als nahezu gleichwertig zu Aerobkompost zu sehen.

Unbestritten ist, dass aus ökonomischen Aspekten die Ausweitung der biologischen Abfallbehandlung sinnvoll und in der Regel auch wirtschaftlich ist, unabhängig davon, ob eine ausschließlich stoffliche oder kombinierte stofflich-

energetische Verwertung erfolgt. Geht man gegenwärtig von mittleren Restabfallbehandlungskosten von 100 bis 120 €/Mg aus, liegen die Kosten der Bioabfallbehandlung (Kompostierung oder Vergärung) in der Regel zwischen 40 und 60 €/Mg, die der Pflanzenabfallkompostierung mit 20 bis 30 €/Mg sogar deutlich unter diesem Wert.

Bereits jetzt greifen das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und die Verteuerung fossiler Brennstoffe in die Mengenstromentwicklung biogener Abfälle ein. Altholz, für dessen Entsorgung noch vor wenigen Jahren Zuzahlungen im hohen zweistelligen Bereich zu leisten waren, erzielt neuerdings Erlöse, die ebenfalls im zweistelligen Bereich liegen können.

Die Verschiebung der Rahmenbedingungen beeinflusst in recht unmittelbarer Weise die Entwicklung der Stoffströme. Dies betrifft sowohl Art, Menge und Qualität der Abfallströme als auch die Art der Anlagen zu deren Verwertung.

In der Praxis wird diesem Sachverhalt Rechnung getragen, indem bereits jetzt die Zahl der Bioabfallvergärungsanlagen zunimmt, überwiegend als Vorschaltanlagen vor der Kompostierung.

Die aktuell geführte Diskussion zur Optimierung der biologischen Abfallbehandlung überspringt festgefahrene Denkkategorien. Es geht längst nicht mehr um Kompostierung versus Vergärung, sondern um ganzheitliche Betrachtungsweisen eines organischen Stoffstrommanagements.

Abbildung 2 zeigt ein vereinfachtes stofflich-energetisches Nutzungskonzept für Bio- und Grünabfälle. Ziel ist hierbei eine optimale Integration der Kompostierung, Vergärung und direkten energetischen Verwertung der holzigen Grünabfälle. Dieses Konzept kann zusätzlich mit den Stoffströmen Altholz oder verschiedenen gewerblichen organischen Stoffströmen ergänzt werden.

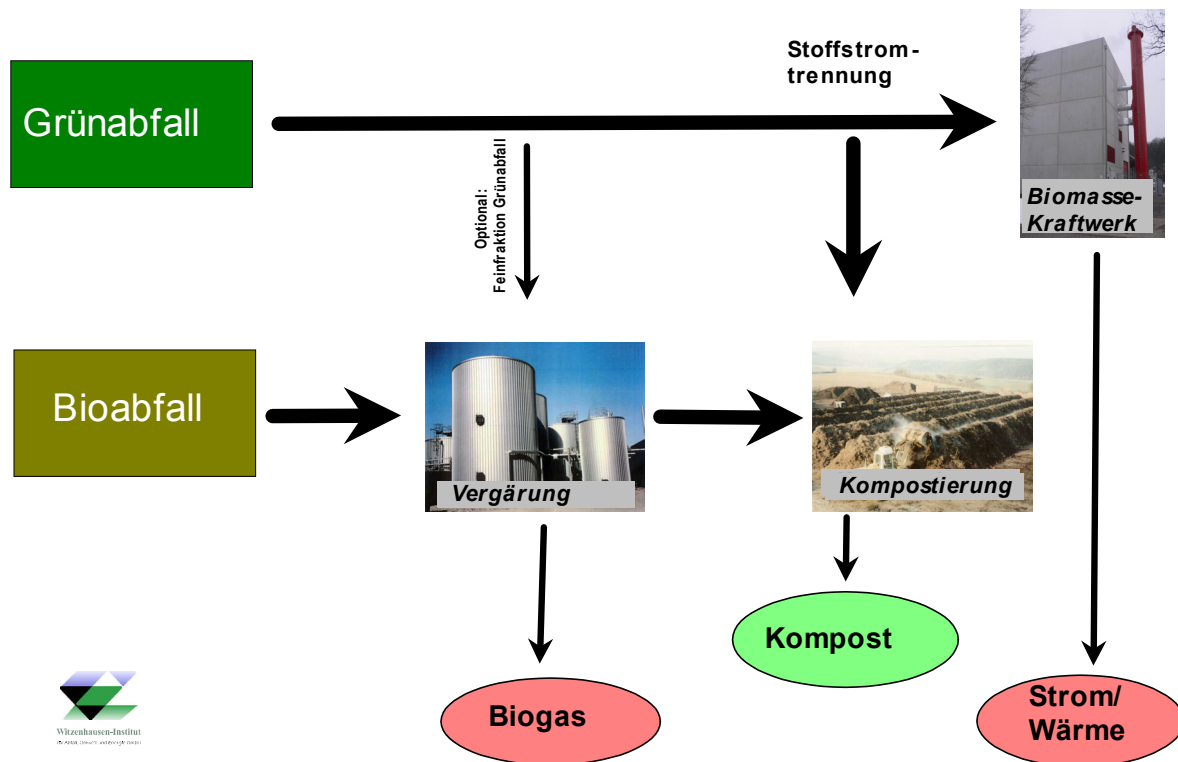


Abb. 2: Vereinfachtes Stoffstrommanagement-Konzept für Bio- und Grünabfall

3 Energetische Nutzung fester biogener Abfallstoffe

Neben ökologischen Gesichtspunkten, dem Klimaschutz sowie der Stärkung einer langfristigen Energieversorgungssicherheit hat vor allem die Preisentwicklung für fossile Energieträger zu einer Rückbesinnung auf traditionelle biogene Festbrennstoffe für die Wärme- und Stromerzeugung geführt. So ist die Nutzung von Festbrennstoffen mit 40 % (Stand 2006) der regenerativen Primärenergieerzeugung die bei weitem wichtigste regenerative Energie in Deutschland.

Als Folge dieser Entwicklungen ist das Interesse an Alternativen zu fossilen Energieträgern gestiegen. Während sich halmgutartige Brennstoffe in Deutschland bisher nicht durchsetzen konnten, steigt das Interesse an Holzreststoffen aus verschiedenen Nischenbereichen wie Grünabfall oder Landschaftspflegeholz. Dabei steht – nach entsprechender Aufbereitung – der holzige Anteil des Grünabfalls im Vordergrund.

In kleinen Mengen wird dieser auch in Kleinf Feuerungsanlagen eingesetzt. Aufgrund der niedrigeren Holzqualitäten (höhere Feuchtigkeit, ungleichmäßigere Stückigkeit, mineralische Anhaftungen) erfolgt der Einsatz von Hölzern aus der Landschaftspflege oder Teilströmen des Grünabfalls in der Regel jedoch in größeren Heizanlagen sowie in Heizkraftwerken (Abbildung 3).



Abb. 3: Mischung von Waldholz mit aufbereiteten holzigen Grünabfällen

3.1 Abtrennung holziger Reststoffe aus dem Grünabfall

Zur Aufbereitung von Grünabfall ist zunächst eine Materialzerkleinerung erforderlich, wobei anders als bei der Aufbereitung für die Kompostierung grobes Schredder- oder Hackgut erzeugt werden soll. Anschließend wird das Grobmaterial mittels eines Trommel- oder Sternsieves abgetrennt. Auf diese Weise lassen sich mit in der Regel auf Kompostierungsanlagen vorhandenen Maschinen preislich interessante Brennstoffe gewinnen. Wegen des geringen Verunreinigungsgrads von Grünabfällen kann auf eine Störstoffentfrachtung des Materials in der Regel verzichtet werden. Der Energieaufwand für die Aufbereitung des Grünguts zu einem verwertbaren Brennstoff und für Transporte ist gering.

Untersuchungen des Witzenhausen-Instituts haben gezeigt, dass bis zu 30 Gew.-% des Grünabfallaufkommens sinnvoll als Brennstoff ausgeschleust werden können (Abbildung 4 und Abbildung 6).

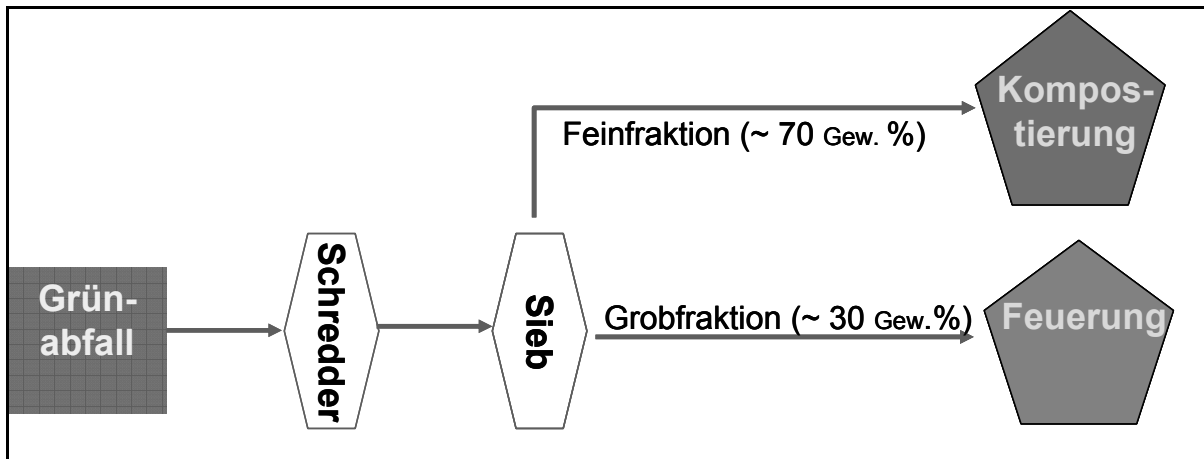


Abb. 4: Aufbereitungsschritte für die Ausschleusung von energetisch nutzba-
ren Teilströmen aus Baum- und Strauchschnitt

Die verbleibende Fraktion, in der Regel < 40 mm, steht als Material für die Kompostierung zur Verfügung. Es können ggf. auch weitere Teilströme (Mittelkorn) der Vergärung zugeführt werden. Bei größerem spezifischem Bedarf an Strukturmaterial kann durch entsprechende Wahl des Siebschnitts eine Anpassung erfolgen.



Sieben von zerkleinerten Grünabfällen



Grobfraktion



Feinfraktion

Abb. 5: Aufbereitungsschritte für Grünabfall

In der Praxis wird eine derartige Ausschleusung holzigen Materials als Brennstoff bereits an vielen Standorten durchgeführt. Häufig wird das aufbereitete Grüngut in einem Brennstoffmix mit anderen trockeneren Materialien verwendet (vgl. Abbildung 6). In dafür ausgelegten Heiz(kraft)werken kann das Material aus dem Baum- und Strauchschnitt 50 % bis 70 % des Brennstoffs ausmachen.

3.2 Verfahren, Technik der Brennstoffnutzung

Für die Verbrennung holziger Anteile des Grünabfalls sind keine speziellen Anlagen notwendig. Bedingt durch die ungleichmäßige Größenverteilung des Brennstoffs, insbesondere wenn er durch Schreddern gewonnen wurde, ist jedoch auf eine robuste Ausführung der Förderaggregate (Brennstoffzufuhr und auch Ascheaustrag) zu achten. Hier sollten statt Förderschnecken hydraulische Aggregate, Kratzkettenförderer oder Ähnliches zum Einsatz kommen. Wegen der häufig höheren Feuchtigkeit der Hölzer ist eine ausreichende Dimensionierung der Verbrennungsroste und entsprechende Luftführung zur Vortrocknung wichtig.

Für die Nutzung der holzigen Grünabfälle in Heizanlagen kommen vielfältige Anlagenkonzepte in Frage, die ab Größenordnungen von etwa $50 \text{ kW}_{\text{th}}$ interessant werden. Grundsätzlich sind diese wie konventionelle Holzhackschnitzelfeuerungsanlagen ausgeführt, sollten jedoch die zuvor genannten Anforderungen an die Fördertechnik und ggf. Vortrocknung des Brennstoffs aufweisen. Eine aktuelle Marktübersicht der Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V. (2007) zu Holzhackschnitzel-Heizungen zeigt, dass die Zuführung von aufbereitetem Grünabfall jeweils mit den Herstellern abgestimmt werden muss und nicht als Standard-Brennstoff betrachtet werden kann.

Die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung auf Basis von aufbereitetem Grünschnitt in Heizkraftwerken ist wegen der aufwändigeren Anlagentechnik und der Verfügbarkeit praxistauglicher Stromerzeugungsaggregate erst ab einer Größenordnung von $300 \text{ kW}_{\text{el}}$ ökonomisch. In der Praxis sind in Deutschland bereits über 20 Anlagen in Betrieb, deren Biomassefeuerungen mit nachgeschalteten ORC-Stromerzeugungsaggregaten ausgerüstet sind.

Während Dampfturbinen erst im Bereich über einem Megawatt elektrischer Leistung wirtschaftlich interessant sind, können ORC-Module in kleineren Anlagen und insbesondere auch bei feuchteren Brennstoffen eingesetzt werden. ORC-Anlagen werden als Kraft-Wärme-Kopplungen betrieben, was auch nach dem EEG besonders begünstigt wird. Eine gesicherte Wärmeabnahme, zumindest im Winterhalbjahr, ist in der Regel Voraussetzung für einen ökonomischen Betrieb und ökologisch sinnvoll. Des Weiteren gewährt das EEG für Strom aus ORC-Anlagen einen Technologiebonus.

Derzeit werden Module in einem Leistungsbereich zwischen 0,4 bis 2 MW_{el} angeboten. Unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades des Moduls und der Feuerungsanlage ergeben sich erforderliche Feuerungswärmeleistungen von 2 MW bis 15 MW. Bei einer Leistung von 2 MW_{FL} liegt der Brennstoffbedarf bei etwa 5.000 Mg/a.

Typische Stoffflüsse sowie der grundsätzliche Verfahrensablauf für ein ORC-Heizkraftwerk mit Nutzung von holzigem Grünabfall und Landschaftspflegeholz sind in Abbildung 6 im Überblick beschrieben. Als Varianten eingefügt sind mögliche Inputströme zur Herstellung eines Brennstoffmixes, bei dem neben technischen Fragestellungen auch die Auswirkungen hinsichtlich der Stromvergütung nach EEG („NawaRo-Bonus“) zu berücksichtigen sind.

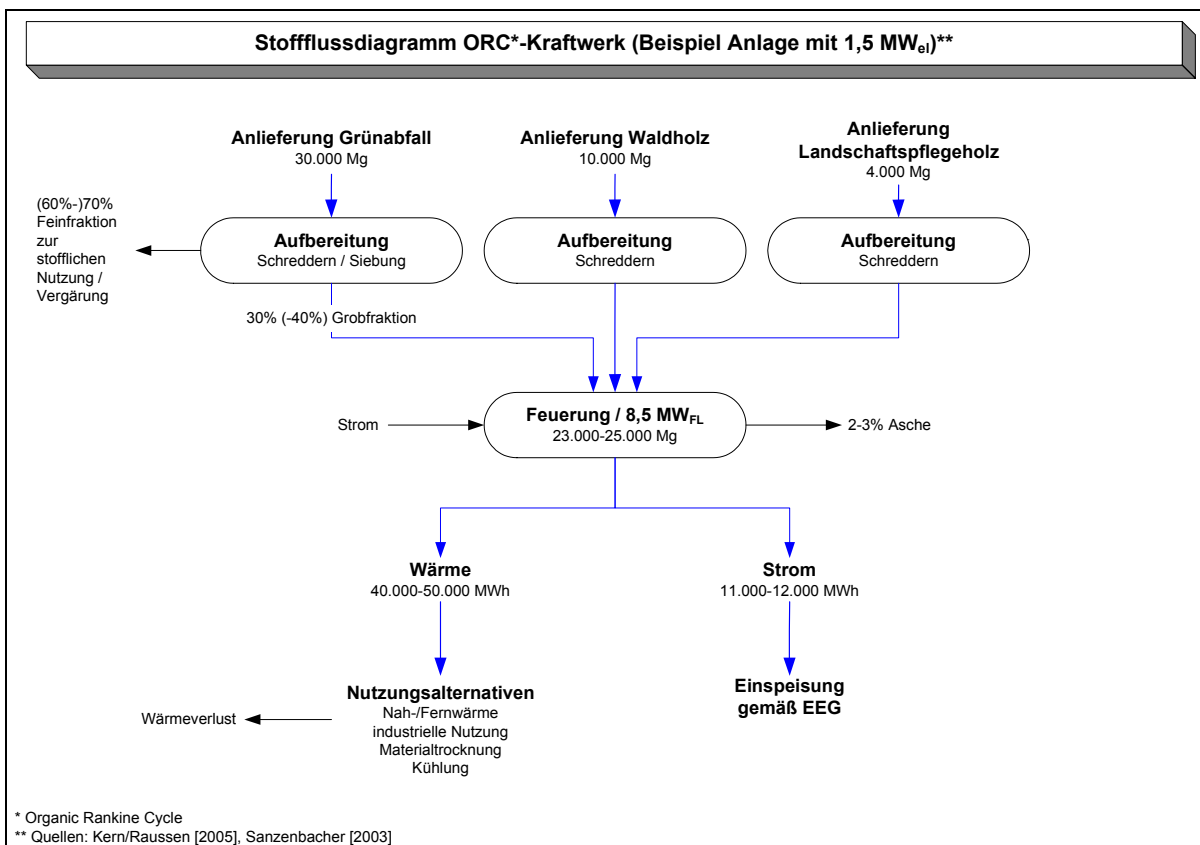


Abb. 6: Stoffflussdiagramm Biomasse-Kraftwerk (Beispiel: ORC-Technologie)

3.3 Wirtschaftlichkeit

Die Kompostierung von Grünabfällen ist mit Aufwendungen verbunden, wohingegen Erlöse für den Kompost in der Regel nur erzielt werden, wenn dieser zur Herstellung hochwertiger Erden und Substrate genutzt wird. Insofern reduziert die Ausschleusung des holzigen Materials in einer Größenordnung von ca. 30 % die Kompostierungskosten. Wesentliche Voraussetzung ist, dass ausreichend

Strukturmaterial im Feinanteil verbleibt, um eine qualitativ hochwertige Kompostierung des Feinanteils durchzuführen.

Auf die günstigen Beschaffungskosten für Energieholz aus Grünabfall wurde hingewiesen. Allerdings stehen diesen günstigen Rohstoffpreisen höhere Investitions- und häufig auch Wartungskosten für die Anlagen gegenüber. Dennoch zeigt das Monitoring zum Erneuerbare-Energien-Gesetz, dass gerade der Einsatz von Hölzern aus der Landschaftspflege und dem Grünabfall rapide ansteigt.

In Anlagen zur Stromerzeugung sind holzige Landschaftspflegematerialien besonders interessant, da diese mit dem novellierten EEG zusätzlich mit einem „Landschaftspflege-Bonus“ vergütet werden.

4 Vergärung von Bioabfällen

4.1 Vergärungsverfahren

Bei der Vergärung von Bioabfällen kommen verschiedene Vergärungsverfahren zum Einsatz, die sich vor allem in den Trockensubstanzgehalten des dem Reaktor zugeführten Materials, der Prozesstemperatur und -führung sowie im Stofffluss unterscheiden.

Als wesentliches Merkmal zur Einteilung der Vergärungsverfahren kann die Betriebsweise herangezogen werden, wobei kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren (Abbildung 7) zu unterscheiden sind.

Bei den kontinuierlichen Verfahren wird dem Fermenter in regelmäßigen Zeitintervallen Substrat zugeführt und der Ablauf des Gärrests ist entsprechend. Hierdurch wird eine kontinuierliche Biogasproduktion mit gleichbleibender Qualität angestrebt.

Bei diskontinuierlichen Verfahren hingegen werden die Fermenter nach entsprechenden Verweilzeiten von mehreren Wochen entleert und neu befüllt. Damit ist die Biogasproduktion der einzelnen Fermenter nicht kontinuierlich, was durch die Parallelschaltung mehrerer Fermenter, die zeitversetzt arbeiten, und durch Perkolatspeicher weitgehend kompensiert wird.



Witzenhausen-Institut 2008

Abb. 7: Übersicht über kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren

Als für die Praxis wesentliche Auswirkung ist festzuhalten, dass bei den diskontinuierlichen Verfahren ein stapelbarer Gärrest anfällt, der ohne weitere Behandlung kompostierbar ist.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal stellt der Trockensubstanzgehalt (TS) im Fermenter dar. Die Vergärungsverfahren lassen sich je nach Feststoffgehalt im Reaktorzulauf bzw. des Inputmaterials in Nass- und Trockenverfahren unterteilen.

Bei den Nassvergärungsverfahren (siehe Schema in Abbildung 8) wird durch die Zugabe von Flüssigkeit (in der Regel Presswasser aus der Gärrestaufbereitung) das Substrat auf einen Trockensubstanzgehalt von bis zu 15 % angemischt, so dass es pump- und rührfähig ist.

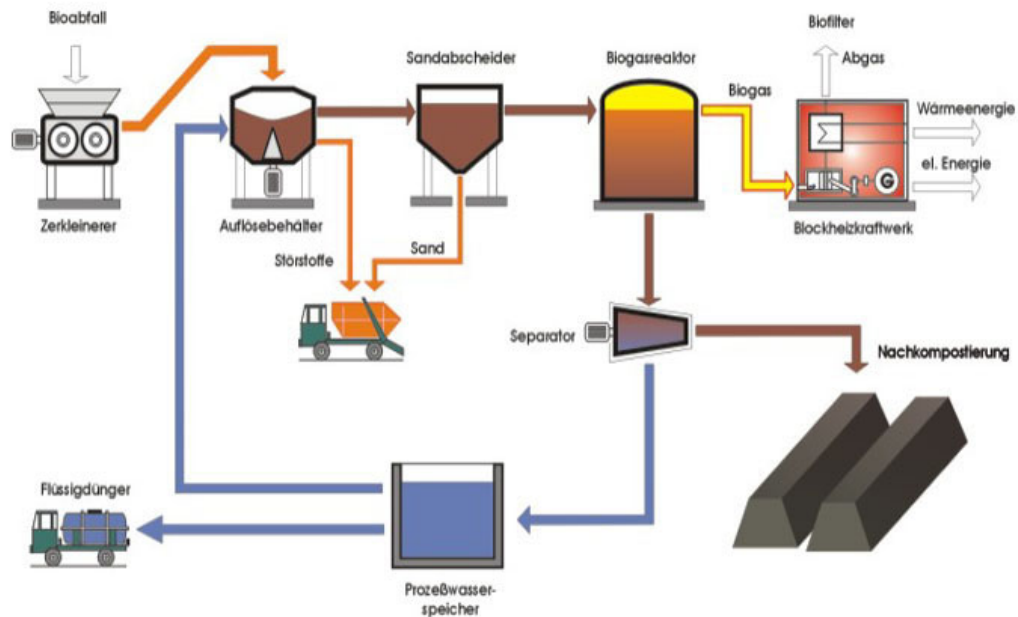


Abb. 8: Schema der kontinuierlichen Nassvergärung von Bioabfällen (Quelle: Fa. BTA)

Kontinuierliche Trockenverfahren arbeiten bei Feststoffgehalten zwischen 20 und 40 %. Feststoffgehalte oberhalb von 40 % führen zu Abbauehemmungen infolge von Wassermangel. Bei der kontinuierlichen Trockenfermentation wird das Inputmaterial ebenfalls vor der Fermentation mit Presswasser verdünnt, um entsprechende Trockensubstanzgehalte einzustellen. Beispielhaft ist das Pfropfenstromverfahren (Kompogas) in Abbildung 9 dargestellt.

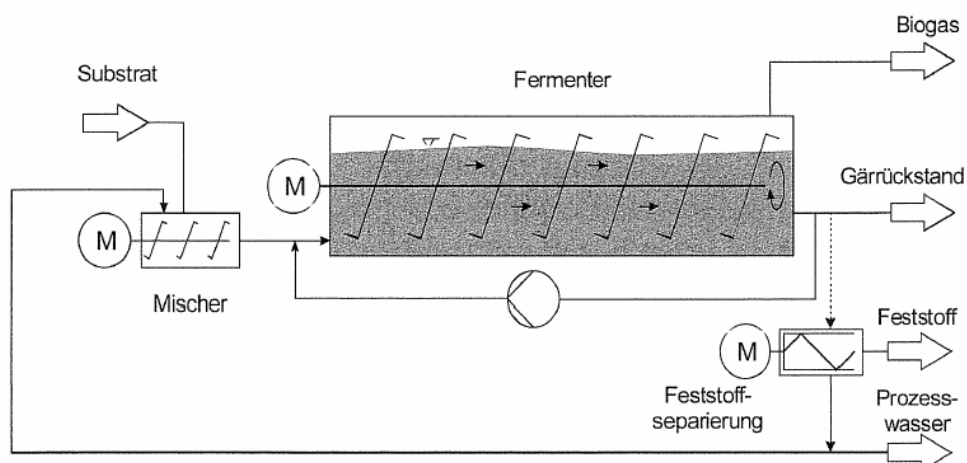


Abb. 9: Vergärungsstufe zur Nachrüstung bestehender Kompostwerke (Quelle: Fa. Kompogas)

Seit einigen Jahren kommen bei der Vergärung von Bioabfällen sowie auch bei der NawaRo-Vergärung sogenannte Perkolationsverfahren als Batchverfahren zum Einsatz (Abbildung 10). Bei dieser diskontinuierlichen Trockenvergärung wird das stapelfähige Material in abgeschlossenen Boxen mit Perkolat berieselt, wodurch in den Boxen Biogas entsteht. Zusätzlich wird auch Biogas aus dem Perkolatspeicher gewonnen.

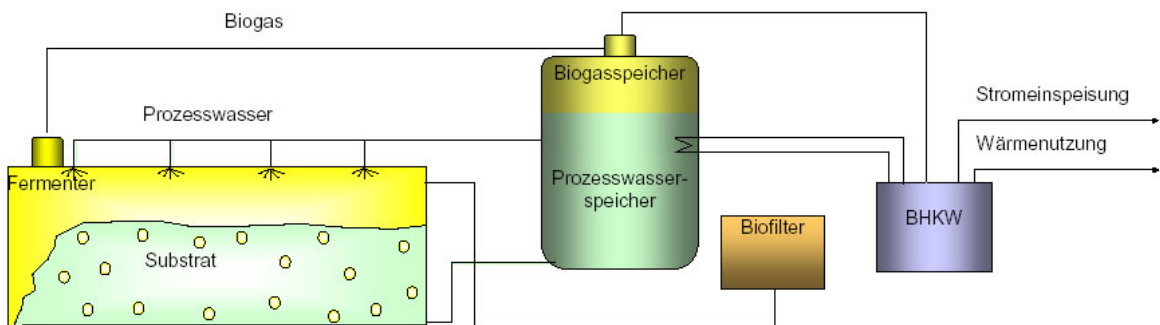
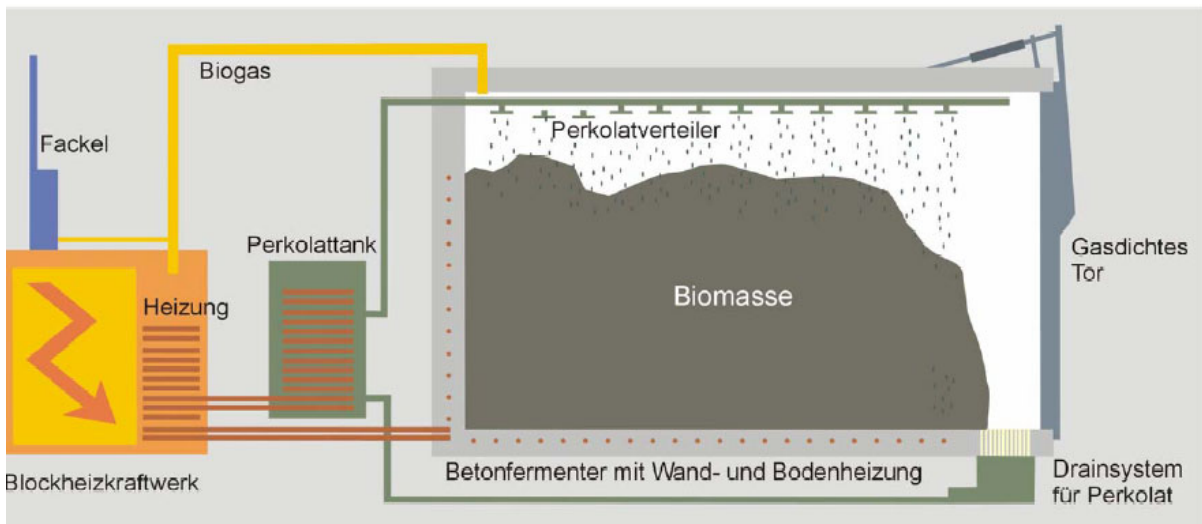


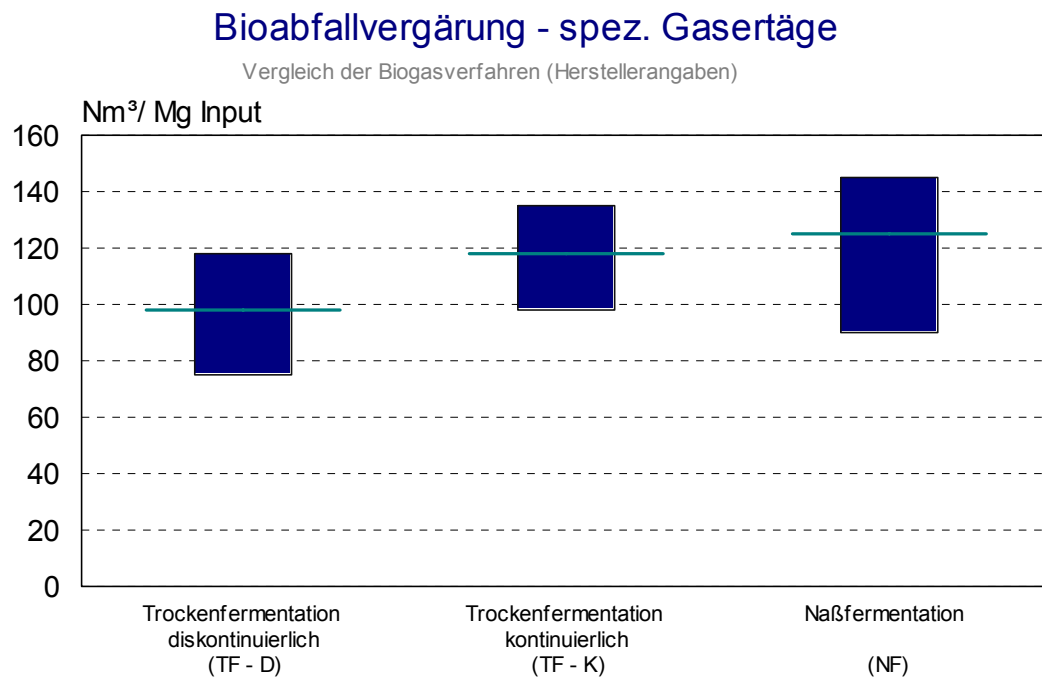
Abb. 10: Schema der Vergärung von Bioabfällen/diskontinuierliche Trockenvergärung (oben Verfahren Bekon, unten Verfahren Loock TNS)

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der Vergärungsverfahren ist die Prozesstemperatur, die in der Praxis entweder im mesophilen Bereich zwischen 33 und 38 °C oder bei thermophilen Temperaturen zwischen 55 und 60 °C eingestellt wird. Die Temperatur wird durch entsprechendes Beheizen der Fermenter oder durch eine anfängliche Selbsterhitzung bei aerober Betriebsführung eingestellt. Die zusätzliche Heizenergie wird aus der Abwärme der Verstromung gewonnen. Dieser Anteil, der bei thermophilen Verfahren höher ist, steht allerdings externer Wärmenutzung nicht mehr zur Verfügung.

Die Prozesstemperatur übt einen maßgeblichen Einfluss auf die Abbauraten und die Gasausbeute aus. Bei thermophiler Betriebsweise werden höhere Gasausbeuten und Abbauraten erreicht. Ein mesophiler Anlagenbetrieb ist bei allen Vergärungsverfahren möglich. Thermophil werden bislang nur kontinuierliche Verfahren betrieben.

4.2 Gas- und Energieertrag

Je nach Vergärungsverfahren und Bioabfallzusammensetzung werden aus einer Tonne Bioabfall 80–140 Nm³ Biogas mit einem Methangehalt von 55–60 % gewonnen (Vergleich Energiemais: 170 Nm³/Mg, Methangehalt 52 %). Abbildung 11 gibt eine Übersicht über die Spannweite der Gaserträge der verschiedenen Vergärungsverfahren.



Datengrundlage: Herstellerangaben 2008 und eigene Recherchen



Abb. 11: Bioabfallvergärung: Gaserträge differenziert nach Vergärungsverfahren

Ein Teil der über die Gasausbeute gewonnenen Energie wird in Form von Wärme und Strom für den Anlagenbetrieb benötigt. Der Eigenbedarf bei der diskontinuierlichen Trockenfermentation ist am niedrigsten (3–10 % Eigenstrombedarf und 10–20 % Prozesswärmebedarf).

Die kontinuierliche Trockenfermentation liegt mit dem Eigenverbrauch im Mittelfeld, weist jedoch je nach Verfahrensgestaltung erhebliche Unterschiede auf (z. B. deutlich höherer Wärmebedarf bei thermophilem Betrieb).

Bei der Nassfermentation wird insgesamt mehr Strom und Wärme benötigt als bei den anderen Verfahren. Jedoch besteht auch hier je nach Verfahrensgestaltung und Prozessführung eine große Spannweite.

Vergleicht man den Nettoertrag im Verhältnis zur Gasausbeute, so fällt insgesamt auf, dass die Boxenvergärungsverfahren trotz der geringsten Gasausbeute im Nettoertrag sowohl beim Wärme- als auch beim Stromertrag mit dem Mittelwert der Nassvergärungsverfahren vergleichbar sind. Allerdings ist bei den mesophilen Verfahren (Boxenvergärungsverfahren) zu berücksichtigen, dass der anaerobe Abbau der Biomasse nicht zu weit fortgeschritten sein darf, denn es wird noch abbaubare Biomasse für die Temperaturentwicklung zur Hygienisierung des Gärrestes benötigt.

4.3 Wasserbilanz

Die Wasserbilanz und die daraus resultierenden Konsequenzen sind ein erheblicher Entscheidungsfaktor bei der Prüfung der standortspezifischen Eignung des Verfahrens.

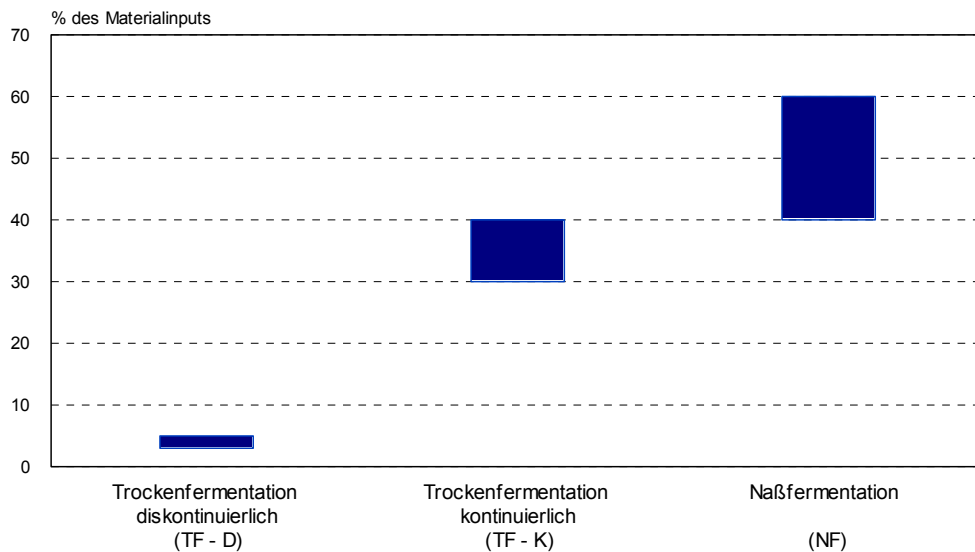
Wasser fällt bei den kontinuierlichen Verfahren in Form von Presswasser bei der Gärrestaufbereitung an. Ein Teil des Presswassers wird rückgeführt zur Verflüssigung des Bioabfall-Inputs.

Sowohl bei der Nassfermentation als auch bei der kontinuierlichen Trockenfermentation fallen erhebliche Mengen an Überschusswasser an (Abbildung 12). Diese müssen dann als flüssiger Gärrest entsorgt bzw. verwertet werden. 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 3–5 % des Materialinputs.

Bioabfallvergärung - Überschusswasser

Vergleich der Biogasverfahren (Herstellerangaben)



Datengrundlage: Herstellerangaben 2008 und eigene Berechnungen



Abb. 12: Bioabfallvergärung: Überschusswasser differenziert nach Vergärungsverfahren

4.4 Hygienisierung

Für die Hygienisierung von Bioabfällen gelten im Falle einer Vergärung die gleichen Anforderungen und Vorgaben wie im Falle der reinen Kompostierung.

Bei thermophilen Prozessen und einer Verweildauer von > 14 Tagen im Fermenter findet gleichzeitig eine Hygienisierung des Materials statt. Der Wärmebedarf für die Hygienisierung wird in der Regel über die Abwärme des BHKW gedeckt und ist daher bei vorgesehenem Wärmeverkauf als Eigenbedarf zu berücksichtigen.

Bei allen mesophilen diskontinuierlichen Verfahren erfolgt die Hygienisierung während der Kompostierung des Gärrestes. Um hierbei die erforderliche Erhitzung sicherzustellen, muss der Gärrest noch genügend Restorganik enthalten.

Bei einer mesophilen kontinuierlichen Trockenfermentation kann die Hygienisierung wahlweise vor der Vergärung durch Erhitzung oder nach der Vergärung durch Kompostierung des abgepressten Gärrestes erfolgen.

4.5 Kosten der Vergärung

Die Kosten der Vergärung von Bioabfällen werden wesentlich durch die Energieerlöse für Strom und Wärme bestimmt. Die Vergärung von Bioabfällen ist durch die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2008 deutlich interessanter geworden. Für Biogas aus Bioabfällen wird bei der stofflichen Nutzung des Gärrestes zusätzlich zur Grundvergütung eine Technologie-Bonus „Bioabfallbonus“ von 2 Cent/kWh gewährt.

Weitere Erlöse sind durch die Nutzung der anfallenden Abwärme aus der Stromerzeugung zu generieren. Der Erlös bei der Bioabfallvergärung wird wesentlich durch folgende Faktoren mitbestimmt:

- Biogaserträge (verfahrens- und substratabhängig)
- Verwertungs- und Absatzwege der Gärreste (insbesondere Press- bzw. Überschusswasser als Düngekonzentrat oder Abwasser)
- geeignete Wärmekonzepte und Verkauf von Überschusswärme

Den Erlösen stehen zusätzliche Investitions- bzw. Betriebskosten für die Vergärungsanlage gegenüber. Generell kann man festhalten, dass die Vergärungsverfahren im Batchbetrieb geringere Investitionen erfordern als kontinuierliche Nass- oder Trockenvergärungsanlagen. Zudem ist zu berücksichtigen, ob eine Vergärungsanlage als Vorschaltanlage in eine vorhandene Kompostierung integriert werden kann und damit wesentliche Verfahrensabschnitte für die Gärrestbehandlung mitgenutzt werden können oder ob es sich um eine neue eigenständige Anlage handelt.

Bei den spezifischen Betriebskosten für Vorschaltanlagen ist bei den technisch aufwändigen Anlagentypen 1 und 2 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 durch günstigere Betriebskosten aus.

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
- umwelt- und klimarelevante Vorteile durch die Erzeugung und Nutzung von Bioenergie (Biogas)

Welches Verfahren das wirtschaftlichste ist, ist jeweils unter den spezifische Randbedingungen vor Ort zu prüfen und zu bewerten.

5 Fazit

Der Vergärung von Bioabfällen wird zukünftig ein deutlich höherer Stellenwert zukommen als gegenwärtig. Insbesondere die zusätzliche Vergütung von 2 Cent/kWh bei der Vergärung von Bioabfällen bei stofflicher Nutzung des Gärrestes wird dazu beitragen, dass die Vergärung auch wirtschaftlich attraktiver wird. Ökologisch ist eine Verbesserung der CO₂-Bilanz zu erwarten. Nach einer aktuellen Studie des ifeu-Instituts¹ ist mit einem CO₂-Vorteil von der Bioabfallvergärung gegenüber der Kompostierung von bis zu 160 kg CO₂ je Tonne Bioabfall auszugehen.

Nach Einschätzung des Witzenhausen-Instituts werden mittel- bis langfristig über 100 Kompostierungsanlagen um einen aeroben Behandlungsschritt zur Biogaserzeugung erweitert werden. Dies ist vor allem auch deshalb realisierbar, weil ein Großteil der Kompostierungsanlagen abgeschrieben ist und entsprechende Ersatzinvestitionen anstehen. Umsetzsysteme (teilweise auch als Austragungssysteme) stellen bei vielen Kompostierungsanlagen Schlüsselkomponenten dar. Da leider einige Firmen, die damals Kompostierungsanlagen gebaut haben, heute nicht mehr am Markt vertreten sind und somit der Ersatz von Schlüsselkomponenten teilweise schwierig ist, dürfte dies zusätzlich die Entscheidung zu einer neuen Technik begünstigen.

Da bei der Vergärung ein hochwertiger fester Gärrest zurückbleibt, der nach einer aeroben Behandlung qualitativ vergleichbar mit ausschließlich aeroben Kompost ist und den gleichen Verwertungswegen zugeführt werden kann, integriert die Anaerobtechnik die stoffliche und energetische Verwertung von Bioabfällen in idealer Weise. Dort wo zusätzlich flüssige Gärreste nach einer Fest-/Flüssig-Trennung entstehen, wird gegenwärtig durch die hohen Düngemittelpreise ebenfalls eine günstige Abnahmesituation vorgefunden. Allerdings kann dies regional sehr unterschiedlich sein.

Nichtsdestotrotz wird die Kompostierung von Bio- und Grünabfällen auch weiterhin zentrales Standbein der biologischen Abfallbehandlung bleiben. Die Gewinnung und der Einsatz von qualitativ hochwertigen Komposten und Gärresten werden auch zukünftig einen wichtigen Beitrag als Humus- und Nährstofflieferant sowie als Bodenverbesserer in Deutschland leisten.

¹ Ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung u. Partner (2008): Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland. – Endbericht mit Materialband. F&E-Vorhaben, FKZ: 0327544. Heidelberg, Leipzig, Berlin, Darmstadt. Mai 2008