

# Potenzieller Beitrag der Bioabfallverwertung zur Energieversorgung

**Michael Kern, Thomas Raussen**

## **Zusammenfassung**

Wenngleich die getrennte Erfassung von Bio- und Grünabfall mit über 100 kg/Ew\*a in Deutschland einen hohen Stand erreicht hat, ist in den nächsten Jahren eine weitere deutliche Steigerung zu erwarten, die nicht zuletzt auf den erwarteten Anforderungen der Novellierung des KrW-/AbfG beruht. Die hier dargestellten Modelle zeigen, dass eine kombinierte Vergärung und stoffliche Nutzung anfallender Gärreste für Bio- und Grünabfallfraktionen den vorzüglichen Verwertungsweg darstellt. Zusammen mit der energetischen Nutzung grobstückiger holziger Anteile aus dem Grünabfall können so jährlich etwa 1,7 TWh Strom und 3,9 TWh Wärme erzeugt werden. Der potenzielle Beitrag der Bioabfallwirtschaft zum notwendigen Ausbau der erneuerbaren Energien, um das für 2020 gesetzte Ziel (20 % des deutschen Energiebedarfs erneuerbar zu erzeugen) zu erreichen, liegt damit bei gut 3 %.

## **1 Einleitung**

Regenerative Energie aus Biomasse kann einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung leisten. Insbesondere Abfallbiomassen haben hierbei einen hohen Stellenwert, da sie nicht als Konkurrenzprodukt zu Nahrungs- oder Futtermitteln, wie beispielsweise Energiepflanzen, erzeugt werden müssen, sondern als Abfall sowieso anfallen. Darüber hinaus sind Sammlung und Transport ebenfalls im System vorhanden und verursachen keine zusätzlichen Belastungen.

Vor diesem Hintergrund gibt es politisch und gesellschaftlich eine hohe Akzeptanz für die energetische und stoffliche Nutzung von Biomasse aus Abfällen.

In diesem Sinne fordert das „Gesetz zur Neuordnung des Kreislaufwirtschaft- und Abfallrechts“ (Arbeitsentwurf vom 23.02.2010) in § 11 unter Anforderungen an die Kreislaufwirtschaft für Abfallbiomasse, dass Bioabfälle, die einer Überlassungspflicht unterliegen, spätestens zum 1. Januar 2015 getrennt zu sammeln sind.

Darüber hinaus wird in Absatz 2 die Bundesregierung dazu ermächtigt, nach Anhörung der beteiligten Kreise durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates, zur Förderung der Verwertung von Bioabfällen und Abfallbiomasse insbesondere festzulegen,

1. welche Abfälle als Bioabfälle gelten,
2. welche Abfälle als Abfallbiomasse gelten,

3. welche Anforderungen an die getrennte Sammlung von Bioabfällen gestellt werden,
4. auf welche Weise Abfallbiomasse zu behandeln ist, welche Verfahren anzuwenden sind und welche anderen geeigneten Maßnahmen zu treffen sind,
5. welche Anforderungen an die Art und Beschaffenheit der behandelten Abfallbiomasse zu stellen sind,
6. dass bestimmte Abfallbiomassearten nach Ausgangsstoff, Art, Beschaffenheit, Herkunft, Menge oder Zeit der Aufbringung auf den Boden, Beschaffenheit des Bodens, Standortverhältnissen und Nutzungsart nicht oder nur in bestimmten Mengen oder Beschaffenheit oder für bestimmte Zwecke in Verkehr gebracht oder verwertet werden dürfen.

Beginnend Mitte der 80er-Jahre hat die getrennte Erfassung von Bio- und Grünabfällen in Deutschland mittlerweile einen hohen Stellenwert erreicht. Allerdings ist auch hier bei weitem noch nicht das gesamte Potenzial erschlossen, wie der hohe Anteil an nativ-organischen Abfällen im Hausmüll in einer Vielzahl von Hausmüllanalysen belegt.

Zudem zeigt sich ein deutliches Ost-Westgefälle, was die getrennte Erfassung von organischen Abfällen betrifft. So werden in den alten Bundesländern im Mittel mehr als doppelt so viel Bioabfälle je Einwohner getrennt erfasst wie in den neuen Bundesländern.

Die getrennte Erfassung von Bioabfällen ermöglicht die Biomasse sowohl energetisch als auch stofflich zu verwerten. Durch geeignete Vergärungsverfahren, die der Kompostierung vorgeschaltet werden, kann quantitativ pro Megagramm Bioabfall nahezu die gleichen Mengen Kompost erzeugt werden. Auch qualitativ sind die Komposte vergleichbar, da sowohl im Kompostierungs- als auch im Vergärungsprozess hauptsächlich Kohlenstoff ab- bzw. umgebaut wird und die anderen Makro- und Mikro-nährstoffe im Wesentlichen erhalten bleiben.

In den nachfolgenden Ausführungen wird eine optimierte energetische und stoffliche Nutzung von Bioabfällen betrachtet und aufgezeigt, welche Energiepotenziale hierdurch erschlossen werden können.

## **2      Aufkommen an Bio- und Grünabfällen**

### **2.1     Getrennte Erfassung von Bio- und Grünabfällen**

Die Getrennterfassung von organischen Abfällen über die Biotonne ist bundesweit in rund drei Viertel der 414 untersuchten öRE etabliert. So bieten derzeit ca. 300 öRE ihren Einwohnern die Nutzung der Biotonne an. In den Gebieten dieser öRE leben fast 65 Millionen Bundesbürger (= 80 % der Gesamtbevölkerung), denen theoretisch eine Biotonne zur Verfügung steht. Allerdings ist der Anschlussgrad in diesen Gebie-

ten unterschiedlich, sodass der genannte theoretische Wert bei Weitem nicht erreicht wird. Nach wie vor ohne Biotonnenangebot sind über 100 öRE.

Die Entwicklung des bundesweiten Aufkommens nativ-organischer Abfälle von 1990 bis 2008 spiegelt sich in Abbildung 1 wider.

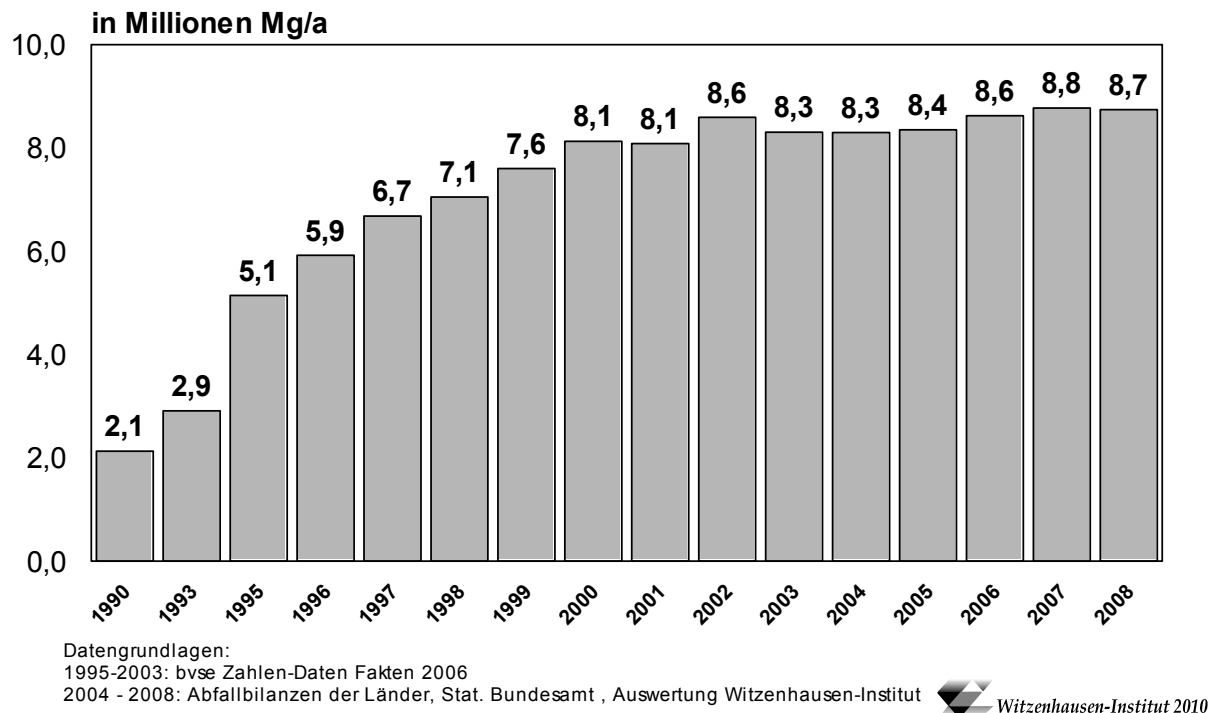


Abb. 1: Entwicklung des Bio- und Grünabfallaufkommens 1990–2008

Es wird deutlich, dass bis zum Jahr 2002 eine rasche Zunahme des Bio- und Grünabfallaufkommens zu verzeichnen war und sich in den Folgejahren die Mengen allmählich auf 8,8 Mio. Mg/a erhöhten. Für das Jahr 2008 war wieder ein leichter Rückgang auf 8,7 Mio. Mg festzustellen. Diese Kurve lässt den Schluss zu, dass sich die getrennte Erfassung im Bereich Bio- und Grünabfälle in der Bundesrepublik etabliert hat.

Eine Differenzierung des absoluten Aufkommens zeigt, dass in der Regel die höchsten Mengen in den einwohnerstarken Bundesländern, wie Nordrhein-Westfalen oder Bayern, erfasst werden, während das Aufkommen in dünn besiedelten Flächenländern, wie Brandenburg oder Mecklenburg-Vorpommern, eher gering ist (Abbildung 2).

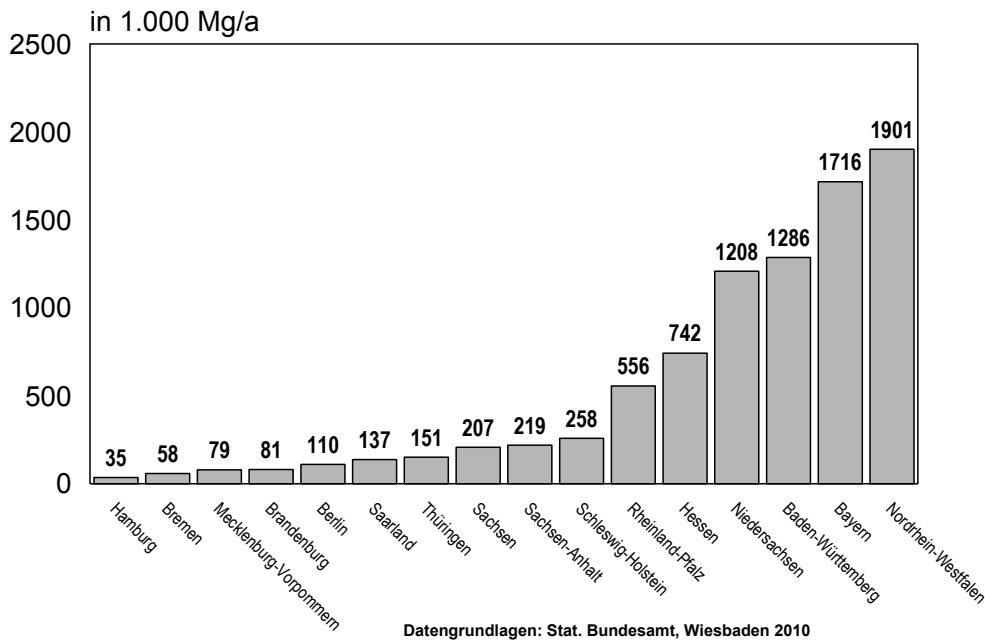


Abb. 2: Bundesweites Aufkommen an getrennt erfassten Bio- und Grünabfällen 2006

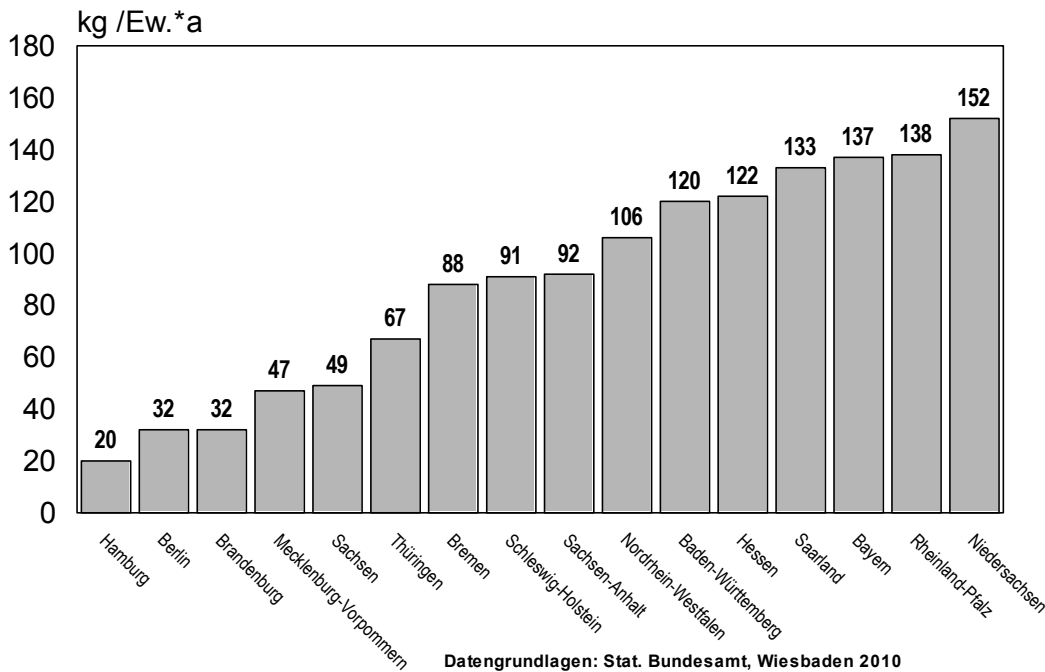


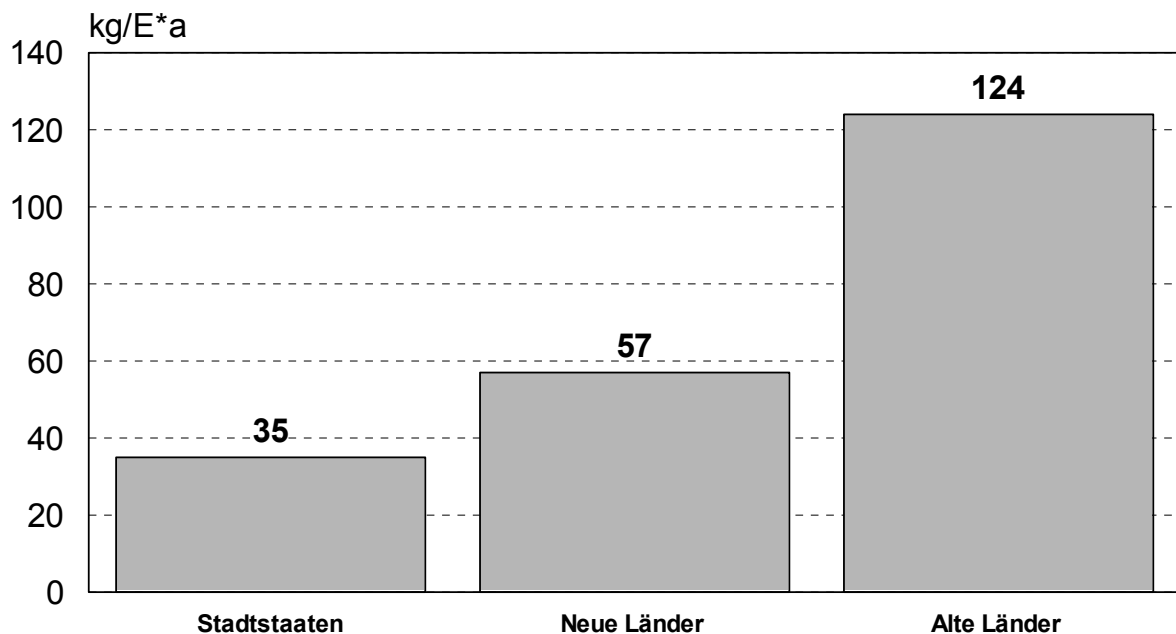
Abb. 3: Spezifisches Bio- und Grünabfallaufkommen

Im Mittel ergibt sich aus den Sammelmengen der einzelnen Bundesländer ein spezifisches Bio- und Grünabfallaufkommen von 107 kg Bio- und Grünabfall je Einwohner und Jahr, wovon jeweils ca. die Hälfte auf Bio- bzw. Grünabfälle zurückzuführen ist.

Dabei ist hinsichtlich der pro Kopf erfassten Mengen ein deutliches Gefälle zu beobachten. Während in Niedersachsen annähernd 152 kg/E\*a gesammelt werden, sind dies in Brandenburg nur etwas mehr als 32 kg/E\*a (Abbildung 3).

Das geringste spezifische Aufkommen von Bio- und Grünabfällen ist durchgängig in den östlichen Bundesländern zu verzeichnen, wobei Sachsen-Anhalt mit fast 92 kg/E\*a den höchsten Wert erreicht, damit aber immer noch ca. 15 kg unter dem Bundesdurchschnitt rangiert.

Im Mittel werden in den alten Bundesländern ca. 124 kg Einwohner und Jahr erfasst, in den neuen Bundesländern sind es mit 57 kg Einwohner und Jahr weniger als die Hälfte. In den Stadtstaaten sind es im Mittel ca. 35 kg Einwohner und Jahr, wobei allerdings Bremen mit 88 kg Einwohner und Jahr eine deutliche Spitzenposition einnimmt (Abbildung 4).



Quelle: Stat. Bundesamt Wiesbaden 2010

Abb. 4: Spezifisches Bio- und Grünabfallaufkommen in den alten und neuen Bundesländern sowie in den Staatstaten

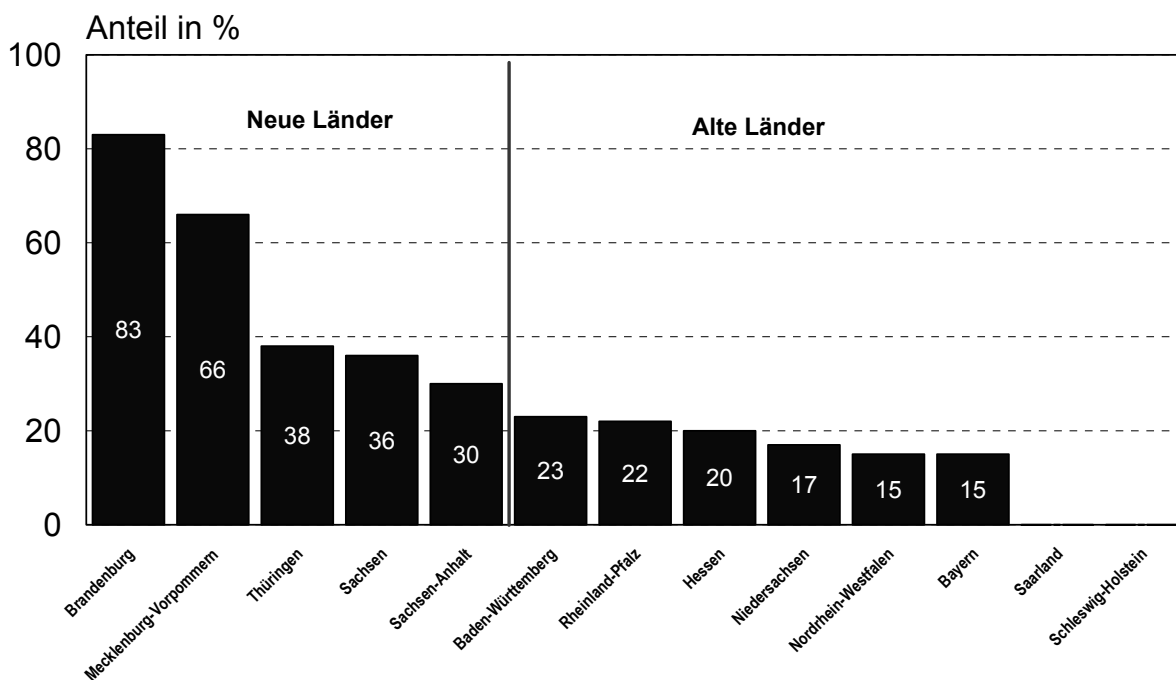
Das erfasste Bioabfallaufkommen korreliert direkt mit der Anzahl der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger, die eine getrennte Erfassung für Bioabfälle (Biotonne) eingeführt haben.

Betrachtet man das Biotonnenangebot auf Länderebene, so ergibt sich nachfolgendes, in Abbildung 5 dargestelltes Bild. Es fällt auf, dass in den Flächenländern lediglich die öRE Schleswig-Holsteins und des Saarlandes die Biotonne vollständig anbieten.

Allerdings sind auch in öRE, in denen das Biotonnenangebot besteht, nicht alle Einwohner mit einem Sammelgefäß ausgestattet. Die Gründe hierfür können z. B. eine nicht flächendeckende Einführung der Biotonne im Entsorgungsgebiet oder geringe Anreize zur Nutzung der zusätzlichen Gefäße, etwa wegen vergleichsweise hoher Zusatzgebühren, oder eine überhöhte Bevorteilung der Eigenkompostierung sein. Im

Mittel liegt die Anschlussquote bei den Kreisen und Städten, die eine Biotonne eingeführt haben, zwischen 50–60 %.

Das Angebot der separaten Erfassung von Grün- und Gartenabfällen ist bundesweit annähernd flächendeckend. In fast allen der 414 betrachteten öRE (97 %) erfolgt eine getrennte Erfassung dieses Stoffstroms etwa durch separate Abfahren oder die Annahme bei Grüngutsammelstellen. Allerdings sind die Abschöpfungsraten für Grünabfälle in den verschiedenen öRE extrem unterschiedlich, sodass von einem deutlichen Steigerungspotenzial auszugehen ist. Gerade bei den Grünabfällen zeigt sich, dass durch eine bürgernahe und bequeme Erfassung erhebliche Mengen erfasst werden können.



Datengrundlage: Abfallbilanzen der Länder 2006, eigene Erhebungen

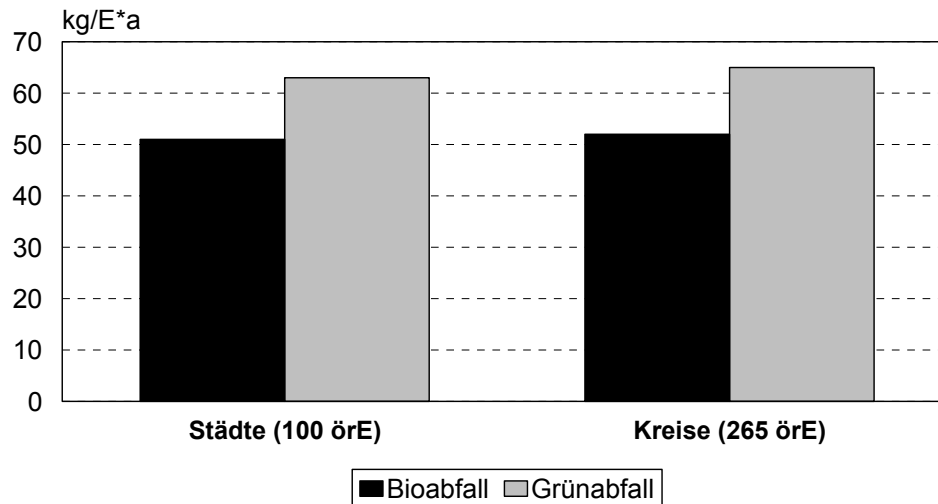
öRE ohne Biotonne oder kleiner/gleich 5 kg/E\*a Aufkommen organischer Abfälle werden als nicht angeschlossen bewertet

 Witzenhausen-Institut 2008

Abb. 5: Anteil der Einwohner in öRE **ohne** Biotonnenangebot (ohne Stadtstaaten)

Wie bereits dargestellt, werden im Mittel ca. 107 kg Bio- und Grünabfall pro Einwohner und Jahr getrennt erfasst. Betrachtet man das Mengenaufkommen differenziert nach Landkreisen (inklusive Zweckverbände) sowie kreisfreien Städten, lässt sich kein wesentlicher Unterschied im Mengenaufkommen feststellen (Abbildung 6).

Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Grenze zwischen privaten, kommunalen und gewerblichen Grünabfällen in der zugrunde gelegten Statistik als fließend anzusehen ist, was sicherlich auch eine gewisse Unschärfe in den Ergebnissen bedingt.



 Witzenhausen-Institut 2009

Abb. 6: Spezifisches Bio- und Grünabfallaufkommen differenziert nach Landkreisen (inklusive Zweckverbände) und kreisfreien Städten

### 3 Stoffliche und energetische Bioabfallverwertung

Ziel der Bioabfallbehandlung ist eine Optimierung stofflicher und energetischer Nutzungswege. Interessant ist, dass Bio- und Grünabfall eine Kaskadennutzung ermöglichen. Während üblicherweise in der Recyclingwirtschaft zuerst die stoffliche (Wieder)nutzung und abschließend die energetische Nutzung erfolgt, ist es hier umgekehrt: zunächst werden durch Vergärung Stoffe erzeugt (Biogas), die energetisch genutzt werden. Anschließend erfolgt die stoffliche Nutzung der Gärreste. Ob die Vergärung von Bioabfällen demzufolge als stoffliches Verfahren einzuordnen ist, ist eine interessante Frage und bedarf weiterer juristischer Klärung.

#### 3.1 Stoff- und Energiebilanz der Kompostierung und Vergärung von Bioabfällen

Entscheidend für die Stoff- und Energiebilanzen der Kompostierung und Vergärung von Bioabfällen sind die zugrunde gelegten Rahmenbedingungen. Um das nachfolgend vorgestellte Vergärungs- und Kompostierungsmodell vergleichbar zu machen, wurde von einem **identischen** Ausgangsmaterial für beide Modelle ausgegangen (Tabelle 1). Orientierend an Praxiswerten wird davon ausgegangen, dass der Bioabfall (Biotonne) ca. 12 % holzige Komponenten beinhaltet [1], die sowohl in der Kompostierung als auch in der Vergärung nicht abgebaut werden. Diese Materialien werden entweder nach einer Aufbereitung des Inputs oder einer nachgelagerten Konfektionierung der Produkte abgetrennt und der energetischen Verwertung zugeführt.

Abweichend hiervon wurde vereinfachend im Kompostierungsmodell bei der holzigen Fraktion davon ausgegangen, dass durch eine intensivere biologische Trocknung holziger Materialien bei der Kompostierung ein TS-Gehalt von ca. 30–35 % erreicht wird. Hingegen wurde beim Vergärungsmodell von einem TS der holzigen Fraktion von ca. 35–40 % ausgegangen. Hierin liegt der höhere Heizwert beim Kompostierungsmodell begründet, die höheren Masseverluste bleiben unberücksichtigt.

Die Wirkungsgrade des Biomasseheizkraftwerkes (BMHKW) bzw. des Blockheizkraftwerkes (BHKW) für die Biogasverwertung orientieren sich an üblichen Praxiswerten. Zudem wurde der erforderliche Eigenstrombedarf für die Kompostierung mit  $45 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{Mg}$  Input bzw. für die Gärrestbehandlung mit  $40 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{Mg}$  Input veranschlagt. Für die Vergärung wurde ein Energiebedarf von 15 % des erzeugten Stroms bzw. 20 % der erzeugten Wärme unterstellt. Bei der Wärmenutzung wurde angenommen, dass ca. 50 % der vermarktbaren Wärme tatsächlich genutzt werden.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Kompostierung bedingt durch die energetische Verwertung der holzigen Fraktion einen Energieüberschuss von  $56 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{Mg}$  (Strom) erreicht (Tabelle 2). Das Vergärungsmodell erreicht mit  $206 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{Mg}$  (Strom) allerdings einen annähernd vierfach so hohen Energiewert. Hierbei wurde der jeweils unterstellte Eigenbedarf an Energie berücksichtigt. Hinsichtlich der nutzbaren Wärme erzielt die Vergärung mit  $206 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{MWh}$  knapp doppelt so hohe Energiegewinne wie die Kompostierung.

Tab. 1: Eckwerte der Verwertungsmodelle für Bioabfälle (Biotonne)

<b>Eckwerte stoffliche und energetische Bioabfallverwertung</b>	
<b>Kompostierung</b>	<b>Vergärung</b>
<b>Stoffströme</b>	<b>Stoffströme</b>
Bioabfall 1,00 Mg	Bioabfall 1,00 Mg
Holziger Anteil 12,00 %	Holziger Anteil 12,00 %
Menge Holziger Anteil 0,12 Mg	Menge Holziger Anteil 0,12 Mg
Input Kompostierung 88,00 %	Input Vergärung 88,00 %
Input Kompostierung 0,88 Mg	Input Vergärung 0,88 Mg
Anteil Kompost 45,00 %	
Menge Kompost 0,40 Mg	Gärrest 90,00 %
	Menge Gärrest 0,79 Mg
	Gärrest fest 70,00 %
	Gärrest flüssig 30,00 %
	Menge Gärrest fest 0,55 Mg
	Menge Gärrest flüssig 0,24 Mg
<b>Energie</b>	<b>Energie</b>
holziger Anteil: Biomassekraftwerk	holziger Anteil: Biomassekraftwerk
Energiegewinn BMHKW	Energiegewinn BMHKW
Feuerungswärmeleistung 3.200 kWh/Mg	Feuerungswärmeleistung 2.900 kWh/Mg
Strom 25 % Strom	Strom 25 % Strom
Wärme 60 % Wärme	Wärme 60 % Wärme
	<b>Biogas: BHKW</b>
	Biogas 100 Nm <sup>3</sup> /Mg
	Methan 55 %
	Feuerungswärmeleistung 5,5 kWh/Nm <sup>3</sup>
	<b>Energiegewinn BHKW</b>
	Strom 38 % Strom
	Wärme 42 % Wärme
<b>Energiebedarf Kompostierung</b>	<b>Energiebedarf Vergärung</b>
Energiebedarf 45 kWh/Mg Input	Energiebedarf Strom 15 % Strom
	Energiebedarf Wärme 20 % Wärme
	Gärrestbehandlung 40 kWh/Mg Input

Tab. 2: Vergleichende Energiebilanz unterschiedlicher Verfahren der Bioabfallverwertung (Biotonne)

<b>Vergleichende Energiebilanz</b>					
<b>Kompostierung</b>			<b>Vergärung</b>		
<b>je Mg</b>	<b>Strom (kWh/Mg)</b>	<b>Wärme (kWh/Mg)</b>	<b>je Mg</b>	<b>Strom (kWh/Mg)</b>	<b>Wärme (kWh/Mg)</b>
BMHKW (Holz)	96	230	BMHKW (Holz)	87	209
BHKW (Biogas)	-		BHKW (Biogas)	184	203
Eigenbedarf Kompostierung	-39,6	0	Eigenbedarf Vergärung	-28	-37
			Eigenbedarf Gärrestbehandlung	-35	0
Wärmenutzung (50% vermarktbare Wärme)		-115	Wärmenutzung (50% vermarktbare Wärme)		-206
<b>SUMME</b>	<b>56</b>	<b>115</b>	<b>SUMME</b>	<b>208</b>	<b>206</b>

Betrachtet man die energiebezogenen CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenziale auf der Grundlage der BMU CO<sub>2</sub>-Vermeidungsfaktoren ergibt sich ein spezifisches CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzial aus Gutschriften von Strom und Wärme von 70 kg CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzial (Kompostierung) im Vergleich zu 198 kg CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzial (Vergärung) (Tabelle 3).

Hierbei bleiben allerdings die zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Gutschriften für die stofflichen Nutzung (Dünger, Bodenverbesserer, C-Speicher usw.) sowie Lastschriften für Schadgasemissionen, Transporte etc. unberücksichtigt.

Tab. 3: Vergleich des CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzials unterschiedlicher Verfahren der Bioabfallverwertung (Biotonne)

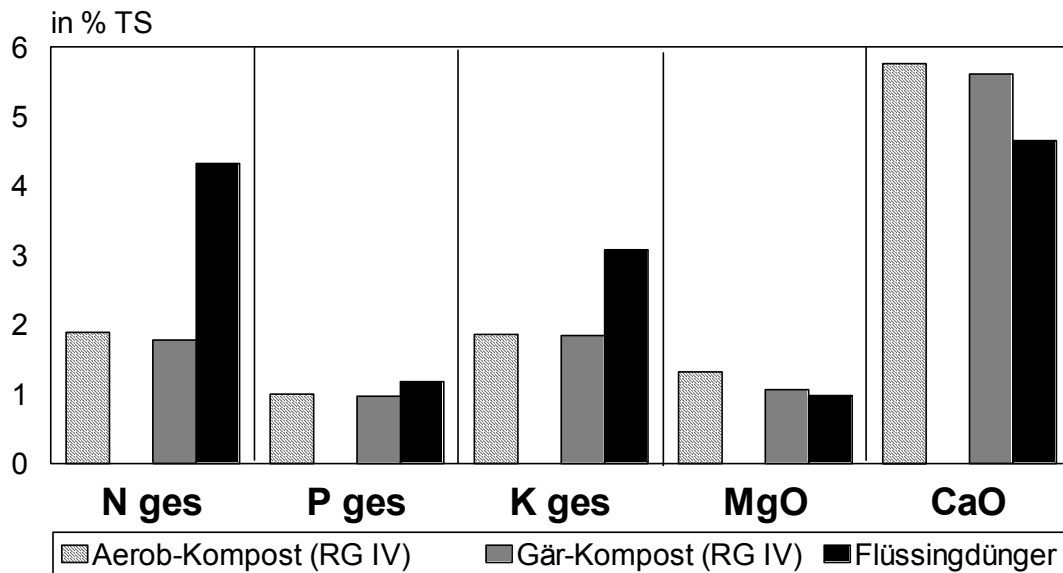
<b>Energiebedingtes CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzial</b>					
<b>Kompostierung</b>			<b>Vergärung</b>		
<b>je Mg</b>	<b>Strom (kg CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Wärme (kg CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>je Mg</b>	<b>Strom (kg CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Wärme (kg CO<sub>2</sub>e)</b>
<b>CO<sub>2</sub>-Vermeidung</b>	<b>39</b>	<b>31</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Vermeidung</b>	<b>143</b>	<b>55</b>

BMU, Erneuerbare Energien in Zahlen 2009, CO<sub>2</sub>-Vermeidungsfaktoren  
(Strom= 0,688 kg CO<sub>2</sub>e/kWh; Wärme 0,228 CO<sub>2</sub>e/KWh)

Geht man davon aus, dass bei einer Trockenvergärung mit anschließender Kompostierung der festen Gärreste ein in seinen wertgebenden Bestandteilen vergleichbares Kompostprodukt entsteht, ist allerdings ebenfalls eine vergleichbares Ergebnis bei den CO<sub>2</sub>-Gutschriften bei der stofflichen Verwertung zu erwarten.

Untersuchungen von [2] zeigen sehr anschaulich (Abbildung 7), dass sich nach einer anaeroben Vorschaltanlage die Qualität des kompostierten Gärrestes im Vergleich zum zuvor in der Anlage erzeugten Kompost ohne Vergärung, nicht merklich verändert hat. Im Gegenteil, durch die Fest-/Flüssig-Trennung könnte sogar der für die Pflanzen negative Salzgehalt im Kompost merklich reduziert werden.

Der flüssige Gärrest ist mit wasserlöslichen und unmittelbar pflanzenverfügbaren Nährstoffen angereichert, was ihn wiederum zu einem wirksamen Dünger aufwertet (vergleichbar mit Gülle), der nicht nur im beschriebenen Fall [2], sondern in den allermeisten Fällen auch gut in Landwirtschaft abzusetzen ist.



Quelle: Roth, Vergärungsanlage Ilbenstadt (Wetterau) 2009

Abb.7: Anlagenspezifische Nährstoffgehalte von Komposten und Gärresten vor und nach Integration einer Vergärungsstufe

Was die klimarelevanten Schadgase bei der Kompostierung bzw. Vergärung von Bioabfällen betrifft, ist das Aufkommen maßgeblich von dem Anlagentyp, der Anlagenausführung sowie der Betriebsführung bestimmt. Bei der Vergärung ist gerade der Prozessübergang von der anaeroben in die aerobe Phase hinsichtlich möglicher Ammoniak- und Methanemissionen sorgfältig zu handhaben. Emissionsmindernde Maßnahmen, wie die gasdichte Abdeckung offener Gärrestlager usw., sollten hierbei selbstverständlich sein.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Vergärung unter der Voraussetzung das vergleichbares Material betrachtet wird, unter stofflichen, energetischen und aus Gründen des Emissionsschutzes das klar zu favorisierende Verfahren ist. Hierbei werden allerdings für beide Verwertungswege ein ordnungsgemäßer Betrieb sowie eine entsprechende Verfahrenstechnik vorausgesetzt.

### 3.2 Stoffliche und energetische Bioabfallverwertung in Deutschland

Die nachfolgende bundesweite Betrachtung basiert auf den in Tabelle 4 und Abbildung 8 dargestellten Stoffströmen und unterstellten Behandlungsverfahren. Für Bio-

abfälle (Biotonne) wurde unterstellt, dass 60 % des getrennt erfassten Bioabfallaufkommens in eine Vergärung verbracht wird, 28 % in die Kompostierung geht (ohne anaerobe Vorbehandlung) und 12 % holziges Material direkt einer energetischen Verwertung zugeführt wird.

Bei den Grünabfällen wurde unterstellt, dass 45 % in die Kompostierung und 25 % in eine Vergärung gelangen. 30 % holzige Anteile werden direkt einer energetischen Verwertung zugeführt wird.

Tab. 4: Verwertungsströme Bio- und Grünabfälle in Deutschland

STOFFBILANZ Bioabfall			STOFFBILANZ Grünabfall		
Vergärung	2.520.000	Mg	Vergärung	1.125.000	Mg
Verbrennung	504.000	Mg	Verbrennung	1.350.000	Mg
Kompostierung	1.176.000	Mg	Kompostierung	2.025.000	Mg
<b>SUMME</b>	<b>4.200.000</b>	<b>Mg</b>	<b>SUMME</b>	<b>4.500.000</b>	<b>Mg</b>

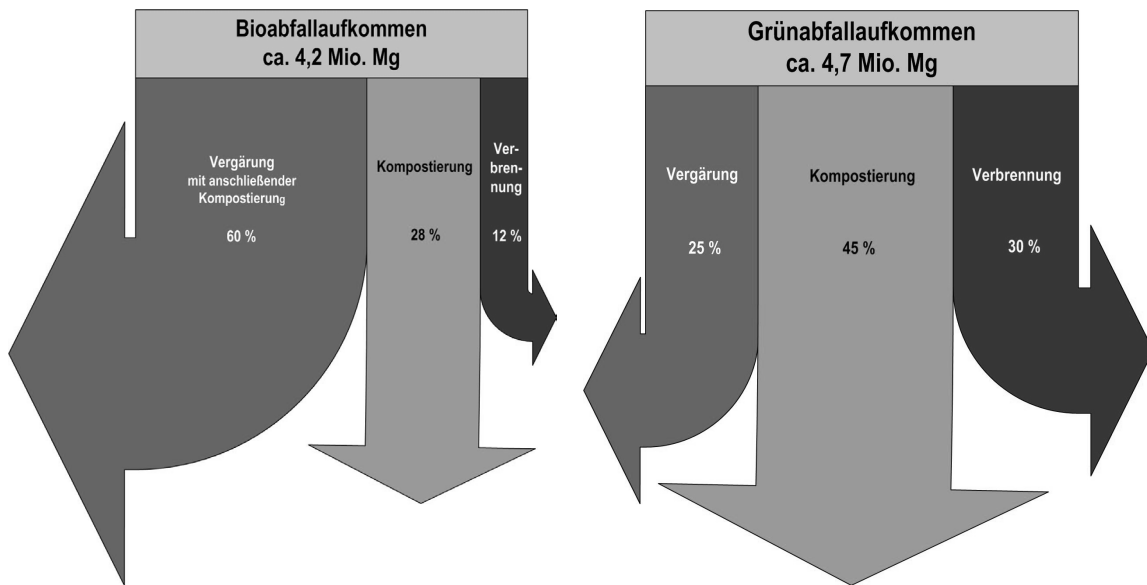


Abb. 8: Verwertungsströme Bio- und Grünabfälle

Im Ergebnis wird die in Tabelle 5 dargestellte Energiebilanz ermittelt. Bei der stofflich-energetischen Bioabfallverwertung lassen sich unter Berücksichtigung des Energiebedarfs jährliche Energiegewinne von annähernd 670.00 MWh<sub>el</sub>/a realisieren, bei der stofflich-energetischen Grünabfallverwertung sogar über 1 Mio. MWh<sub>el</sub>/a. Zusätzlich wird jährlich noch mehr als das Doppelte an nutzbarer Wärmeenergie erzeugt. Allerdings ist hier die reale Nutzung der Wärmeenergie in der Praxis geringer zu veranschlagen.

Durch einen erhöhten Erfassungsgrad von Bio- und Grünabfall (vgl. Abschnitt 2) steigert sich das Energieerzeugungspotenzial entsprechend.

Tab. 5: Energiebilanz Bio- und Grünabfälle Deutschland

<b>ENERGIEBILANZ Bioabfall</b>			<b>ENERGIEBILANZ Grünabfall</b>		
	<b>Strom MWh</b>	<b>Wärme MWh</b>		<b>Strom MWh</b>	<b>Wärme MWh</b>
<b>Energiegewinn</b>			<b>Energiegewinn</b>		
<b>Vergärung</b>	526.680	582.120	<b>Vergärung</b>	188.100	207.900
<b>Verbrennung</b>	365.400	876.960	<b>Verbrennung</b>	978.750	2.349.000
<b>SUMME</b>	<b>892.080</b>	<b>1.459.080</b>	<b>SUMME</b>	<b>1.166.850</b>	<b>2.556.900</b>
<b>Energiebedarf</b>			<b>Energiebedarf</b>		
<b>Vergärung</b>	79.002	116.424	<b>Vergärung</b>	28.215	41.580
<b>Gärrestbehandlung</b>	90.720	0	<b>Gärrestbehandlung</b>	40.500	0
<b>Kompostierung</b>	52.920	0	<b>Kompostierung</b>	91.125	0
<b>SUMME</b>	<b>222.642</b>	<b>116.424</b>	<b>SUMME</b>	<b>159.840</b>	<b>41.580</b>
<b>BILANZ</b>	<b>669.438</b>	<b>1.342.656</b>	<b>BILANZ</b>	<b>1.007.010</b>	<b>2.515.320</b>

Das Leitszenario 2009 der Bundesregierung [3] erwartet für 2020 einen regenerativen Anteil von 35,2 % am deutschen Stromverbrauch. Zur Erreichung dieses Ziels sind gegenüber dem jetzigen Stand 84 Mio. MWh<sub>el</sub>/a regenerativer Strom zusätzlich erforderlich. Das in Tabelle 5 dargestellte Potenzial der Bioabfallwirtschaft macht – ohne mögliche Steigerung der Erfassung – davon immerhin 2 % aus. Im Wärmebereich liegt der entsprechende Anteil bei knapp 6 % (vgl. Tabelle 6). Von diesen Potenzialen der Bioabfallwirtschaft ist bisher erst ein geringer Teil umgesetzt.

Tab. 6: Perspektiven der erneuerbaren Energien in Deutschland [3] und Potenzial des Bio- und Grünabfalls

	<b>Strom</b>	<b>Wärme</b>	<b>Kraftstoff</b>	<b>Energie gesamt</b>
	[Mio. MWh]			
regenerative Erzeugung 2010	109	128	41	<b>278</b>
erwarteter Verbrauch 2020	549	1.094	660	<b>2.303</b>
erwarteter Anteil erneuerbarer Energien	193	192	65	<b>450</b>
notwendiger Zubau erneuerbarer Energien	84	64	24	<b>172</b>
<b>Potenzial Bio- und Grünabfall</b>	<b>1,7</b>	<b>3,9</b>	<b>-</b>	<b>5,5</b>
Anteil am notwendigen Zubau	<b>2,0%</b>	<b>6,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>3,2%</b>

Auffallend ist, dass gerade die direkte energetische Nutzung der holzigen Abfälle zu einem erheblichen Energiegewinn beitragen (Abbildung 9). Bei der Verbrennung holziger Biomasse kann ein Zielkonflikt zwischen energetischer und stofflicher Nutzung entstehen, wenn sich die Verbrennung nicht auf grobstückige holzige Materialien beschränkt, sondern auch krautige und feine holzige Materialien einsetzt. In jedem Fall sollte die in Biomasseheiz(kraft)werken anfallenden Rostaschen ebenfalls als Res-

source verstanden werden, insbesondere hinsichtlich ihrer Phosphat- und Kalibestandteile. Wenn die Asche nicht direkt stofflich verwertet werden kann (z. B. als Zuschlag zu Sekundärrohstoffdüngern), dann sollte sie zumindest rückholbar zwischengelagert werden.

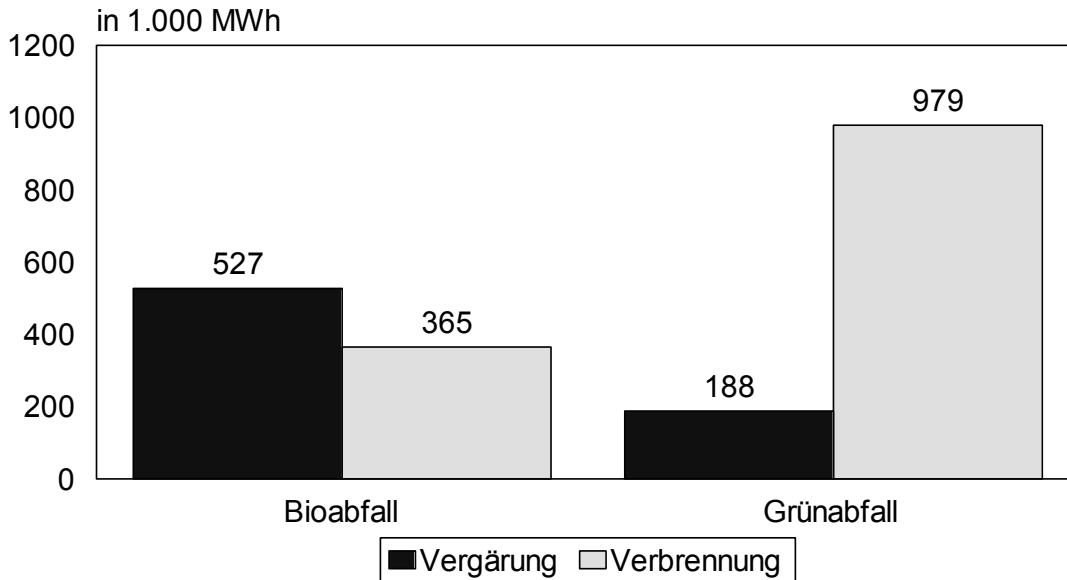


Abb. 9: Jährliches Potenzial an elektrischer Energie durch Bio- und Grünabfallnutzung in Deutschland

Bei der Vergärung besteht dieser Zielkonflikt nicht, da dort in einer Kaskadennutzung die energetische und stoffliche Ebene bedient werden kann und neben dem Biogas ebenfalls hochwertige Dünger und Bodenverbesserer entstehen. Die erzeugte Energiemenge aus ca. 2,5 Mio. Mg Bioabfall entspricht ungefähr dem Energieäquivalent von ca. 1,4 Mio. Mg Energiemais. Für den Anbau von 1,4 Mio. Mg Energiemais werden immerhin ca. 28.000 ha Anbaufläche benötigt.

## 4 Fazit

1. Die Erfassung von Bio- und Grünabfall hat sich in Deutschland auf hohem Niveau etabliert. Dennoch besteht ein deutliches Steigerungspotenzial.
2. Die Stoffströme können nur durch differenzierte Verwertungswege optimal genutzt werden. Pauschale Empfehlungen sind nicht hilfreich.
3. Der Vergleich potenzieller Verwertungswege erfordert einheitliche, praxisnahe Rahmenbedingungen. Unter diesen Bedingungen schneidet eine differenzierte Verwertung der Bio- und Grünabfälle, die auf Vergärung leicht abbaubarer, feuchter Stoffgruppen in Verbindung mit Kompostierung fester Gärreste und anderer Stoffe sowie der Verbrennung grobstückiger holziger Anteile setzt unter stofflichen und energetischen Gesichtspunkten deutlich am besten ab.

4. Der Beitrag differenzierter Nutzungskonzepte für Bio- und Grünabfall zu den Erweiterungszielen der Bundesregierung für die regenerative Energieerzeugung liegt im Strombereich mit 2 % und im Wärmebereich mit 6 % in beachtlicher Größenordnung.

## **5        Literatur**

- [1] bifa-Umweltinstitut, Augsburg: Ökoeffiziente Verwertung von Bioabfällen und Grüngut in Bayern. Studie im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit (StMUG), Augsburg, 2010.
- [2] Vortrag Dr. Roth, Biomasseforum Witzenhausen, 2008
- [3] BMU (2009): Leitszenarion 2009 – Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung. Berlin

