

## HANDLUNGSLEITFADEN



**HANDLUNGSLEITFADEN**  
**ZUR KLIMASCHONENDEN UND HOCHWER-  
TIGEN VERWERTUNG VON MÄHGUT UND  
LAUB BEI BEZIRKLICHEN  
EINRICHTUNGEN IM LAND BERLIN**

BEARBEITET FÜR:

**Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbrau-  
cherschutz, Referat Abfallwirtschaft**

**Brückenstraße 6, 10179 Berlin**

ERSTELLT VON:

**ICU - INGENIEURCONSULTING  
UMWELT UND BAU**

Dr. Wiegel, März und Partner Ingenieure  
Wexstraße 21

10715 Berlin

IN KOOPERATION MIT :

**Priv. Doz. Dr. Frank Riesbeck**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät  
Ökologie der Ressourcennutzung  
Invalidenstr. 42  
10099 Berlin

BERLIN, JUNI 2011



# INHALT

<b>1</b>	<b>ÜBERSICHT ZUM HANDLUNGSLEITFADEN .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>AUSGANGSLAGE .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Grünresteverwertung im Kontext der klimapolitischen Ziele Berlins .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Eignung der Grünreste zur energetischen Verwertung .....</b>	<b>4</b>
2.2.1	Energetische Verwertungsverfahren .....	4
2.2.2	Verwertungseignung der Grünreste .....	6
2.2.2.1	Mähgut.....	6
2.2.2.2	Laub.....	7
<b>2.3</b>	<b>Flächenspezifische Ertragspotentiale .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4</b>	<b>Mengen-Hochrechnung für die Berliner Bezirke. ....</b>	<b>8</b>
<b>2.5</b>	<b>Zusammenfassung zum energetischen Verwertungspotential .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6</b>	<b>Kostenabschätzung für eine klimaschonende Verwertung .....</b>	<b>11</b>
2.6.1	Ermittlung der spezifischen Behandlungskosten.....	12
2.6.2	Optionale Kosten für benötigten Kompost.....	12
2.6.3	Hochrechnung der Verwertungskostenänderung .....	12
<b>2.7</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbewertung an Hand der spezifischen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten .....</b>	<b>14</b>
<b>2.8</b>	<b>Fazit der Ausgangslage .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>UMSETZUNG EINER OPTIMierten VERWERTUNG BEI KOMMUNALEN EINRICHTUNGEN.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Leistungsblatt zur Ausschreibung einer klimaschonenden Verwertung.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Konzept zur Organisation.....</b>	<b>17</b>
3.2.1	Bereitstellung des Mähgutes seitens der Bezirksämter.....	17
3.2.2	Bereitstellung des Laubes seitens der Bezirksämter.....	19

3.2.3	Umsetzung in die Leistungsbeschreibung.....	19
<b>4</b>	<b>FAZIT .....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>22</b>
<b>5.1</b>	<b>Begründung der ökologischen Mindestanforderung zur höherwertigen Verwertung.....</b>	<b>22</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kenngößen der Verwertungsverfahren	5
Tabelle 2:	Zur Hochrechnung angesetzte energetisch produktive Flächenanteile und Pflegekategorie-Anteile	8
Tabelle 3:	Hochrechnung der Jahresmengen an Laub	9
Tabelle 4:	Laubanfall bei den bezirklichen Grünflächenämtern	10
Tabelle 5:	Übersicht der Mengen für Gesamt-Berlin und Eigenschaften der Grünreste	10
Tabelle 6:	Anfall von Mähgut und Laub je Bezirk	11
Tabelle 7:	Kostenprognose der Behandlung	13
Tabelle 8:	Übersicht der Verfahrensänderung zur Sammlung und Verwertung	18
Tabelle 9:	Beispielhafte Übersicht der Anforderungen in der Ausschreibung	20
Tabelle 10:	Vereinfachte Berechnung der Energieeffizienz (als Vergabekritererium)	23
Tabelle 11:	Ergebnisübersicht einer virtuellen Bieterabfrage	24

# 1 Übersicht zum Handlungsleitfaden

Im Rahmen der von der Senatsumweltverwaltung beauftragten und im Jahr 2009 erfolgreich abgeschlossenen Biomassestudie (11042UEPII/3) wurden sowohl das Aufkommen biogener Stoffe im Land Berlin untersucht als auch entsprechende konzeptionelle Ansätze zur Optimierung einer hochwertigen und klimaschonenden Verwertung aufgezeigt.

Diese Ansätze sind nun in einer weiteren Studie der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz zu konkretisieren. Dieses Projekt wurde gefördert im Rahmen des Umweltentlastungsprogramms II aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und dem Land Berlin (Projektnr.11268 UEPII / 3). Ziel ist es, ein aus ökologischer und ökonomischer Sicht praxistaugliches Verfahren für die kommunalen Einrichtungen zu entwickeln und in Form eines konkreten und umsetzbaren Handlungsleitfadens darzustellen. Der Handlungsleitfaden stellt damit einen Extrakt der Gesamtstudie dar.

Von den Berliner Grünflächenämtern werden insgesamt pro Jahr rd. 35.000 Mg/a an **Mähgut** und **Laub** ausschließlich über die Kompostierung verwertet (zzgl. der von den Bezirksämtern gemulchten Anteile). Die Kompostierung nutzt diese Abfälle zwar stofflich, nicht aber den Energiegehalt der Grünreste. Vielfach setzt die Kompostierung, insbesondere wenn sie in hohen Mieten stattfindet, in so hohem Umfang klimaschädliches Methan frei, dass trotz Klimanutzen des erzeugten Kompostes die Kompostierung eher belastend ist.

Eine klimaökologisch höherwertige Nutzung hat sich bislang nur für holzige Grünreste auch über die Erlössituation nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zufriedenstellend bei den Bezirksämtern weitgehend etabliert.

Der vorliegende Handlungsleitfaden soll insbesondere den bezirklichen Grünflächenämtern eine konkrete Hilfestellung dafür geben, dass durch die Bezirke zukünftig auch eine höherwertige und klimaschonende Verwertung von **Mähgut** und **Laub** realisiert wird. Die Darstellungen und Hinweise sind auch für andere kommunalen Einrichtungen und private Unternehmen des Garten- und Landschaftsbaus nutzbar.

Im Kapitel 2 wird zunächst als **Ausgangslage** dargestellt,

- welche **Ziele des Landes Berlin zur klimaschonenden Behandlung** insbesondere von organischen Abfällen gesetzt sind, (Kapitel 2.1)
- ab wann und in welcher Form höherwertige **Verwertungsverfahren** im Raum Berlin jetzt und künftig verfügbar sind, (Kapitel 2.2.1)
- wie sich die **Eignung der Grünreste** für welche Verwertungsform darstellt, (Kapitel 2.2.2)
- in welchen **Mengen nach Pflegekategorien im jeweiligen Bezirk und Gesamt-Berlin** die Grünreste anfallen. (Kapitel 2.3 und 2.4)

Die **Gesamtübersicht zum aktuellen Verwertungspotential** liefert Kapitel 2.5, die dazugehörige **Kostenbetrachtung** wird in Kapitel 2.6 aufgestellt und die spezifischen **CO<sub>2</sub>-Einsparungskosten** werden in Kapitel 2.7 abschätzt.

Darauf aufbauend wird in der **Umsetzung der optimierten Verwertung** (Kapitel 3) beschrieben,

- wie die **höherwertige Verwertung in künftigen Ausschreibungen** zur Entsorgung der Grünreste zu berücksichtigen ist, (Kapitel 3.1)
- welche **Maßnahmen im täglichen Betrieb** der Ämter einzuleiten sind, um die Grünreste für eine hochwertige Verwertung bereitzustellen. (Kapitel 3.2)

Grundsätzlich wurde bei der Bewertung von folgenden Rahmenbedingungen ausgegangen:

- a) Die anfallenden Grünreste sind möglichst klimaschonend zu verwerten,
- b) Hauptaufgabe der Ämter ist die Pflege der Grünflächen, der Erhalt von Erholungsräumen und naturnaher ökologischer Systeme, nicht vorrangig die Biomasseproduktion,
- c) der Druck zur Kostenreduzierung bei den Ämtern ist erheblich (und führt z.B. derzeit zu einer verstärkten Umstrukturierung in Richtung weniger pflegeintensiver, „biomasseärmerer“ extensiver Grünflächen). Eine eventuell kostenintensivere höherwertige Grünrestenutzung darf nicht die Wahrnehmung der Hauptaufgaben in Frage stellen.

## 2 Ausgangslage

### 2.1 Grünresteverwertung im Kontext der klimapolitischen Ziele Berlins

Global hat sich das Land Berlin zum Ziel gesetzt, die Klimagasemissionen bis zum Jahr 2020 um 40 % gegenüber 1990 zu senken. Dabei spielt auch die optimierte energetische Nutzung organischer Abfälle eine Rolle, die in der im Jahr 2009 abgeschlossenen Biomassestudie <sup>1</sup> untersucht wurde. Über eine optimierte energetische Nutzung aller organischen Stoffströme Berlins können rd. 230.000 Mg/a an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten eingespart werden.

Von den betrachteten 1,2 Mio Mg an Organik-Abfällen in Berlin bilden die Mähgut- und Laubmengen der Berliner Bezirke zwar nur 3 %, der spezifisch realisierbare Beitrag zur Klimaschutz ist jedoch deutlich höher: Über die energetische Nutzung der bezirklichen Grünreste kann gegenüber der Kompostierung eine Treibhausgas-Einsparung von bis zu 500 kg CO<sub>2</sub> je Tonne dieser Materialien erreicht werden. Setzt man in konservativer Schätzung im Mittel rd. 300 kg CO<sub>2</sub> je Tonne an, ergibt dies für 35.000 Mg/a Grünreste gut 10.000 Mg/a eingesparter CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Im Vergleich ist dies eine sehr erhebliche Entlastung: Aus der künftigen Vergärung von 60.000 Mg/a Bioabfällen erwarten die BSR eine Entlastung von lediglich knapp über 5.000 Mg/a CO<sub>2</sub>-Äquiv. pro Jahr.

Das am 12.Mai 2011 vom Berliner **Abgeordnetenhaus beschlossene Abfallwirtschaftskonzept (AWK)** gibt verbindlich vor, dass spätestens 2016 alle biogenen Abfälle einer klimaschonenden Verwertung zugeführt werden sollen. Zur Gewährleistung einer schadlosen und hochwertigen Verwertung gemäß § 5 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz kommt insbesondere allen kommunalen Einrichtungen des Landes Berlin eine Vorbildfunktion gemäß § 23 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz Berlin zu.

Des Weiteren sind alle öffentlichen Auftraggeber des Landes Berlin nach den Vorgaben des § 7 Berliner Ausschreibungs- und Vergabegesetz angehalten, bei der Beauftragung von Dienstleistungsaufträgen zur Verwertung von Abfällen anspruchsvolle Umweltstandards festzulegen.

In Kenntnis der ökologisch besseren Verwertungswege sollen an die künftige Verwertung der Grünreste hochwertige ökologische Mindestanforderungen im Sinne des § 7 Berliner Ausschreibungs- und Vergabegesetzes gestellt werden, die in künftige Ausschreibungen in Form von Leistungsblättern einfließen sollen.

Spätestens ab 1. Januar 2013 sollen diese Umweltschutzanforderungen bei künftigen Ausschreibungen zur Beauftragung von Dienstleistungen zur Grünflächenpflege mit anschließender Verwertung des anfallenden Mähgutes und des Laubs verbindlich zur Anwendung kommen.

---

<sup>1</sup> Witzhausen Institut / ICU, Nutzung von Biomasse in Berlin, 2008

## 2.2 Eignung der Grünreste zur energetischen Verwertung

### 2.2.1 Energetische Verwertungsverfahren

Ziel aller höherwertigeren und klimaschonenden Verwertungsverfahren ist es, den Energiegehalt der Grünreste zu nutzen und die bei den Verfahren auftretenden schädlichen Emissionen an Klimagasen zu minimieren. Die potentiellen Anbieter im Raum Berlin wurden zu Verfahrenstechniken, Kapazitäten und Realisierungszeiträumen befragt. Die drei aussichtsreichsten Haupt-Verfahren werden nachstehend kurz skizziert und sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

**Vergärung:** Die stofflich-energetische Vergärung ist grundsätzlich nur für Mähgut sinnvoll einsetzbar, da Laub keine relevanten Biogasausbeuten erwarten lässt. Rund 50 % der organischen Substanz werden zu Biogas umgesetzt, die andere Hälfte wird als Gärrest stofflich verwertet. Klimakritisch sind Methan- und Lachgasfreisetzungen bei Vergärungsanlagen, sofern bei diesen die Methanemissionen nicht nach den Vorgaben der TA-Luft begrenzt werden. Die klimaschädliche Wirkung dieser Gase besteht darin, dass Methan 21-fach, Lachgas 298-fach klimawirksamer ist als Kohlendioxid.

**Energetische Nutzung:** Die Verbrennung macht die gesamte organische Masse energetisch verwertbar, Kompost kann nicht gewonnen werden. Für eine Mitverbrennung z.B. in effizienten Heizkraftwerken müssen insbesondere feuchte Grünreste vorher - in der Regel mit Erdgaseinsatz - getrocknet werden. Eine rohfeuchte Zudosierung von Grünresten ist nur in kleineren Anteilen in Biomassekraftwerken möglich.

**Hydrothermale Karbonisierung (HTC):** Bei diesem innovativen Verfahren wird das Grünmaterial nach Aufbereitung in einem Wasserkreislauf auf 5 % Trockensubstanz suspendiert und in einem druckfesten System auf rd. 210 °C bei 20 bar erhitzt. Die organische Substanz zerfällt, sinkt als schwarzgefärbter Schlamm ab, wird aus der Flüssigphase extrahiert und nachfolgend getrocknet. 80 - 85 % der organischen Substanz werden als hochwertiges Kohleersatz-Produkt zurückgewonnen.

**Alle rein energetischen Verfahren** wie Verbrennung und hydrothermale Karbonisierung stellen **weniger Anforderungen** an die Konsistenz der Roh-Grünreste als die Vergärung, weil sie unabhängig von einer **biologischen** Verfügbarkeit der organischen Substanz arbeiten, und sind **daher auch für Laub geeignet**.

Diese rein energetischen Verfahren erzielen einen deutlich höheren Klima-Vorteil, weil sie die organische Substanz fast vollständig nutzen, und die Klimagutschrift energetisch ersetzter, klimaschädlicher Kohle höher ausfällt als diejenige für Kompost aus der Vergärung. Zudem können bei Vergärungsanlagen hohe Emissionen an schädlichen Klimagasen (z.B. Methan und Lachgas) auftreten, die die Klimabilanz solcher Anlagen deutlich verschlechtern.



Tabelle 1: Kenngrößen der Verwertungsverfahren

Verfahren	Kompostierung	Vergärung	Trocknung und Verbrennung	Hydrothermale Karbonisierung
Kurzbeschreibung	Verrottung in Mieten, Siebung, Komposterzeugung	Biogaserzeugung i.d.R. Verstromung in BHKW, oder Veredelung zu Treibstoff	Trocknung auf Restfeuchte von 15 % i.d.R. per Erdgas, Co-Feuerung im Kohle-Kraftwerk	Druckerhitzung des Rohstoffs, Zersetzung der Organik zu „Biotonne“
Bevorzugt geeignete Rohstoffe	Alle, bei mind. 30 % Porenvolumen der Miete	<b>Hochfeuchte Abfälle:</b> Bioabfall Innenstadt, <b>Mähgut</b>	Alle „ <b>niedrigfeuchten</b> “ Abfälle, <b>Laub</b>	Alle „ <b>niedrigfeuchten</b> “ Abfälle, <b>Laub</b>
Erzeugter Energieträger	keiner	Biogaseinsatz in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Strom- und Fernwärmeerzeugung; alternativ Nutzung als Treibstoff	fester Brennstoff als Kohleersatz	fester Brennstoff als Kohleersatz
Klimabilanz <sup>2</sup>	Klimabelastung von 0 – 50 kg CO <sub>2</sub> pro Tonne Input	Klimaentlastung von 60 – 245 kg CO <sub>2</sub> pro Tonne Input <sup>3</sup>	Klimaentlastung von 200 - 400 kg CO <sub>2</sub> pro Tonne Input	Klimaentlastung von 250-500 kg CO <sub>2</sub> pro Tonne Input
Komposterzeugung	ja	ja	nein	teilweise
Kosten € pro Mg Input	10-30	Erlöse von bis zu 5 Euro bzw. Kosten bis zu 30 Euro	10-30	10-30
Anzahl potentielle Anbieter	mind. 10 im Raum Berlin	2	2	2
Unternehmen	verschiedene	a) Hennickendorfer Kompost, b) GASAG	a) RWE, b) Vattenfall	Suncoal / Carbon-solutions
Termin zur Verfügbarkeit der Anlagen	sofort	a) Mai 2011 b) perspektivisch	a) Test Okt. 2011, b) perspektivisch	Pilotanlagen, erste großtechnische Anlagen 7/2012

<sup>2</sup> Spannweite je Verfahren meist bestimmt durch den Trockensubstanz-(TS)-Gehalt des Rohstoffs

<sup>3</sup> Größere Spannweite bestimmt durch Maßnahmen zur Minimierung der Methanemission

## 2.2.2 Verwertungseignung der Grünreste

Für die o.g. Verwertungsverfahren sind Grünreste unterschiedlich geeignet. Dies betrifft vorrangig die Vergärung, da für eine hohe Biogas-Ausbeute das organische Material entsprechend biologisch abbaubar sein muss. Im Folgenden werden diese qualitativen Aspekte kurz dargestellt, bevor in Kapitel 2.3 und 2.4 auf die Mengen eingegangen wird. Gemeinsamer Bezugspunkt sind dabei die sogenannten „Pflegekategorien“, die Typen von Grün- und Naturflächen und deren Pflegebedarf, z.B. die Schnitthäufigkeit, beschreiben.

### 2.2.2.1 Mähgut

Zur wirtschaftlichen Funktion einer **Vergärung** von Mähgut sind **biologische** Parameter einzuhalten: Wassergehalt, Rohfasergehalt, Rohzucker, Rohproteingehalt sowie Zellulose und Ligningehalt sind die wesentlichen Parameter, die die Eignung eines Pflanzenbestandes für eine Vergärung bestimmen. Bei einem **späten** Schnittzeitpunkt und dem damit verbundenen, altersbedingt geringen Rohprotein- und Rohzuckergehalt ist eine Vergärung nicht mehr effizient. Ebenso ungünstig für eine effektive Biogaserzeugung ist ein **häufiges** Mähen von Flächen (Rasenflächen der Pflegekategorie 1, 2), da der Wassergehalt meistens hoch, Zucker- und Rohproteingehalt aber noch niedrig liegen. Die Verwertungseignung von Mähgut nach Pflegekategorien stellt sich wie folgt dar:

**Pflegekategorie 1 und 2:** Aufgrund der Kleinräumigkeit und der Häufigkeit der Schnitte auf **Park-, Zier- und Sportrasen** ist eine getrennte Erfassungs-Organisation zur energetischen Verwertung wenig sinnvoll.

**Pflegekategorie 3:** Der häufige Schnitt auf **Gebrauchsrasenflächen** (etwa 10-12 mal pro Jahr) verhindert ein hohes Vergärungspotential. Wenn allerdings an den Annahmestellen Möglichkeiten der Silierung geschaffen werden, kann die Gasausbeute erhöht werden.

**Pflegekategorie 4:** In den Flächen des **Landschaftsrasens** (mit 3 bis 4 Schnitten) liegt das größte Potential für eine Vergärung inklusive Anpassung der Schnittzeitpunkte für optimale Qualitäten hinsichtlich Vergärung. Da es sich meistens nicht um zusammenhängende Großflächen handelt, ist ein Einsatz von Großtechnik wenig sinnvoll. Das Anwelken und Silieren sollte an den Annahmestellen erfolgen, in einigen Teilgebieten (Summe ca. 800 ha in Berlin) wäre ein Anwelken auf der Fläche möglich.

Insgesamt ist in dieser Pflegekategorie 4 ein Potential für die Vergärung von ca 12.800 Mg/a in Berlin zu verzeichnen, bei Trocknung könnte das gleiche Potential für rein energetische Verfahren zur Verfügung stehen.

**Pflegekategorie 5:** In den ausgewiesenen ca. 500 ha **Landschaftsschutzgebieten** (mit 1 bis 2 Schnitten pro Jahr) sind ca. 370 ha extensiv gepflegte Wiesen, bei denen der 1. Schnitt nicht vor dem 15. Juli durchgeführt werden darf, allerdings erfolgt auch auf den anderen Wiesenflächen der erste Schnitt meistens erst im Juni/Juli. Das Biogasbildungspotential des ersten Schnittes dieser Flächen ist gering, der zweite wäre als Anwelksilage als Co-Vergärungssubstrat geeignet.

Generell muss bei Schnitten im Herbst darauf geachtet werden, **kein oder nur wenig Laub** mit zu erfassen, da dieses in der Vergärung im besten Fall nur energetisch ineffektiven Ballast darstellt, im schlechten Fall eine Schwimmdeckenbildung in den Fermentern verstärkt.

Gelingt es auf den Annahmeflächen, Möglichkeiten der Trocknung zu schaffen, wird damit vorteilhafterweise bei gleichem Energiegehalt die zu transportierende Masse vermindert. Begünstigt wird damit **jedes** nachgeschaltete Verwertungsverfahren, also neben der Vergärung auch die Trocknung mit Verbrennung sowie hydrothermale Karbonisierung. Realistisch betrachtet, würden dazu aus logistischen Gründen maximal 50% der Gesamtmasse, also ca. 4.300 Mg/a in Betracht kommen.

### 2.2.2.2 Laub

Im Gegensatz zu Mähgut ist **Laub** generell nicht zur Vergärung geeignet, weil das Gasbildungspotential stoffbedingt zu gering ist. Somit kommt für eine höherwertige Verwertung nur die rein energetische Verwertung in Betracht. Damit entfällt die Notwendigkeit, irgendeine Unterteilung nach Baumarten oder auch eine sorgfältige Abgrenzung vom Mähgut vornehmen zu müssen, falls im Herbst das Falllaub mit der letzten Mahd aufgenommen wird.

## 2.3 Flächenspezifische Ertragspotentiale

Die nachstehenden Ausführungen zu den Erträgen basieren auf repräsentativen Ertragsuntersuchungen in den Bezirken Marzahn-Hellersdorf und Treptow-Köpenick. Diese ergaben für die verschiedenen Pflegekategorien folgende durchschnittlichen spezifischen Erträge pro Jahr:

- **Pflegekategorie 1 und 2:** Diese Flächen wurden nicht näher betrachtet, da sie aufgrund der Kleinräumigkeit nur einen sehr geringen Mengenanteil und durch die Häufigkeit der Schnitte einen sehr geringen Anteil an organischer Trockensubstanz mit zudem geringem Vergärungspotential aufweisen.
- **Pflegekategorie 3** umfasst gedüngte und bewässerte Gebrauchsrasenflächen mit bis zu 12 Schnitten pro Jahr. Bei der Auswertung wird mit einem Durchschnittsertrag von 6 Mg/ha bei einer Dichte von ca. 0,33 Mg/m<sup>3</sup> gerechnet.
- **Pflegekategorie 4**, intensiv genutzte Wiesenflächen bzw. „Landschaftsrassen“ mit 3-5 Schnitten pro Jahr, haben einen durchschnittlichen Jahresertrag von ca. 6 Mg/ha an Frischmasse bzw. bei einer Dichte von ca. 0,33 Mg/m<sup>3</sup> rund 18 m<sup>3</sup>/ha.
- **Pflegekategorie 5** Extensiv gemähte Wiesenflächen auf **sandigen und anlehmigen** Böden (Wiesen, Sukzessions- und Biotopflächen) haben durchschnittlich nur einen Ertrag von ca. 2,2 Mg/ha bei einer Dichte von 0,2 Mg/m<sup>3</sup> oder rund 11 m<sup>3</sup>/ha Frischmasse (höherer Trockensubstanzgehalt = geringere Dichte). Extensiv gemähte Wiesenflächen auf **lehmigen Böden** bei guter Wasserversorgung können durchschnittlich einen Ertrag von ca. 8 Mg/ha bei einer Dichte von 0,2 Mg/m<sup>3</sup> oder rund 40 m<sup>3</sup>/ha Frischmasse haben. Für die Berechnung in den Bezirken wurden als Mittelwert 4 Mg/ha für die Pflegekategorie 5 bei einer Dichte von 0,2 Mg/m<sup>3</sup> verwendet.

Die **Straßenbäume** der Pflegekategorie 12 sind zwar durch die bezirklichen Ämter zu pflegen, die Laubentsorgung unterfällt jedoch dem Regime der BSR. Für das **Laub der Bäume in bezirklichen Park- und Grünanlagen (Pflegekategorie 13)** sind dagegen die Grünflächenämter zuständig.

Umfangreiche Untersuchungen zum **Laubanfall** unterschiedlicher Baumarten in Abhängigkeit der Altersstruktur weisen pro Jahr eine Spannweite von 1,2 – 6,8 m<sup>3</sup> pro Baum auf. Der gewichtete Mittelwert - mit einer Sicherheit versehen aufgrund unterschiedlicher Feuchtegehalte - liegt bei ca. **2 m<sup>3</sup> pro Baum und Jahr bzw. ca. 0,1 Mg pro Baum und Jahr.**

## 2.4 Mengen-Hochrechnung für die Berliner Bezirke.

Die hier eingebrachte Hochrechnung der Mengen an Mähgut und Laub ist als Orientierung über die ungefähre Massensituation der Bezirke zu verstehen. Dies ist wichtig, um insbesondere sinnvolle Szenarien anhand relativer Flächengrößen für die zukünftige Bewirtschaftung aus energetischen Gesichtspunkten aufzuzeigen.

Die **Flächengröße der Grünflächen** wurde für alle Bezirke der Datenbank der Senatsstadtentwicklungsverwaltung (FIS Broker 2011) entnommen. Die Aufteilung der Gesamtflächen nach Pflegekategorien wurde im April 2011 bei den Ämtern abgefragt, führte jedoch nach den zurückgesandten Ergebnissen noch nicht zu einer vollständig möglichen Dokumentati-on. Es wurde daher anhand der folgenden abgeschätzten Flächenverteilung eine Hochrechnung für die Bezirke vorgenommen: Mehrere 100 Einzelflächen sind je Bezirk in der o.g. Datenbank ausgewiesen. Die Flächengröße (über oder unter 1 ha) hat Einfluss darauf, in welchem Umfang eine „energetisch verwertbare“ Pflege stattfindet und wie sich die Pflege nach Kategorien verteilt. Die Anteile wurden aus dem kürzlich vollständig erfassten Berliner Bezirk Marzahn-Hellersdorf abgeleitet und für die anderen Bezirke angewendet.

Tabelle 2: Zur Hochrechnung angesetzt energetisch produktive Flächenanteile und Pflegekategorie-Anteile

Abschätzung der Flächenzuordnung	Teilflächengröße	
	unter 1 ha	über 1 ha
<b>Außenbezirke</b> - Reinickendorf., Spandau, Steglitz - Zehlendorf, Tempelhof. - Schöneberg, Neukölln, Treptow - Köpenick, Marzahn - Hellersdorf, Lichtenberg .-Hohenschönhausen, Pankow – Weißensee		
Anteil mit energetischem Potential	95%	86%
davon PK 3	60%	25%
davon PK 4	40%	40%
davon PK 5	0%	35%
<b>Innenstadt</b> - Charlottenburg – Wilmersdorf, Friedrichshain – Kreuzberg, Mitte		
Anteil mit energetischem Potential	95%	70%
davon PK 3	80%	30%
davon PK 4	20%	50%
davon PK 5	0%	20%

Danach ergeben sich für die Bezirke die in Tabelle 3 aufgeführten, berechneten Jahresmengen an **Mähgut** je Pflegekategorie.

Tabelle 3: Hochrechnung der Jahresmengen an Mähgut nach Pflegekategorien

Mähgutmengen der Bezirke	PK 03		PK 04		PK 05		Summe PK 03, 04, 05	
	(ha)	Mg/a	(ha)	Mg/a	(ha)	Mg/a	(ha)	Mg/a
Charlottenburg-Wilmersdorf	90	542	103	618	38	151	231	1.312
Friedrichshain-Kreuzberg	64	384	56	335	19	75	139	794
Lichtenberg	148	888	196	1.175	146	584	490	2.647
Marzahn-Hellersdorf	138	843	244	1.467	241	955	623	3.264
Mitte	132	789	250	1.502	55	221	437	2.512
Neukölln	79	475	139	833	74	298	292	1.606
Pankow	176	1.059	242	1.453	187	747	606	3.260
Reinickendorf	131	787	187	1.124	150	599	468	2.510
Spandau	156	955	209	1.254	183	771	548	2.980
Steglitz-Zehlendorf	140	840	202	1.213	163	653	505	2.706
Tempelhof-Schöneberg	59	356	85	509	67	268	211	1.132
Treptow-Köpenick	138	831	227	1.362	206	823	571	3.015
<b>Summe Bezirke</b>	<b>1.452</b>	<b>8.748</b>	<b>2.141</b>	<b>12.845</b>	<b>1.529</b>	<b>6.145</b>	<b>5.121</b>	<b>27.738</b>
Ertrag Mg/ha	<b>6,03</b>		<b>6,00</b>		<b>4,02</b>		<b>5,42</b>	

Unter Berücksichtigung der unvermeidbaren Unschärfen einer solchen Abschätzung kann festgehalten werden, dass die Jahreserträge der PK 4 mit rd. 13.000 Mg/a den größten Gewichtsbeitrag liefern, gefolgt von der PK 3 mit rd. 9.000 Mg/a und der PK 5 mit 6.000 Mg/a. Gesamt ergibt diese Hochrechnung einen Betrag von rd. **28.000 Mg/a an Mähgut**. Dieses Potential enthält auch die Mähgut-Anteile, die unmittelbar bei der Mahd wieder gemulcht werden.

**Laubanfall:** Nach den auswertbaren Auskünften der Bezirksämter zu den Baumbeständen wurde in Tabelle 4 das Laubvolumen angesetzt, das für eine Verwertung verfügbar gemacht werden kann – konservativ sind dies 25 % des Gesamtlaubes. Wie in Kapitel 1 angesprochen und durch die bezirklichen Grünflächenämter bestätigt, wird beim Laub analog zum Mähgut davon ausgegangen, dass aufgrund der angespannten Personal- und Kostenlage zunächst kein weiterer Aufwand betrieben werden kann, um die Erfassung zu erweitern. Obwohl sich die Erfassung grob geschätzt in den Bereich von 50 % des Gesamtlaubes ausdehnen ließe, werden zunächst die verbleibenden 75 % unter den derzeitigen finanziellen Rahmenbedingungen als nicht erfassbares Mulchgut angesetzt. Somit ergeben sich damit rund **53.000 m<sup>3</sup> bzw. 13.000 Mg pro Jahr an Laubmasse**. Unter verbesserten finanziellen Rahmenbedingungen könnte dieses erfassbare Potential auf rund 26.000 Mg pro Jahr verdoppelt werden.

## 2.5 Zusammenfassung zum energetischen Verwertungspotential

Die nachstehenden beiden Tabellen fassen die einzelnen Kenngrößen für Mähgut und Laub zusammen sowie die hochgerechnete Verteilung auf die einzelnen Berliner Bezirke. Tabelle 5 skizziert die Mengen der Pflegekategorien und des Laubes, die Anfallzeiträume, spezifische Eigenschaften und die Eignung für die Verfahren.

Tabelle 4: Hochrechnung der Jahresmengen an Laub

Laubmengen - Bezirke	Bäume	Laubmenge gesamt		Laubmenge erfassbar	
			100%	Abschätzung:	25%
Bezirk	[Stück]	[m³/a]	[Mg/a]	[m³/a]	[Mg/a]
Charlottenburg-Wilmersdorf	57.200	114.400	5.720	28.600	1.430
Friedrichshain-Kreuzberg	28.900	57.800	2.890	14.450	723
Lichtenberg, Hohenschönh.	39.000	78.000	3.900	19.500	975
Marzahn-Hellersdorf	49.980	99.960	4.998	24.990	1.250
Mitte	34.840	69.680	3.484	17.420	871
Neukölln	25.000	50.000	2.500	12.500	625
Pankow	54.829	109.658	5.483	27.415	1.371
Reinickendorf	57.200	114.400	5.720	28.600	1.430
Spandau	34.190	68.380	3.419	17.095	855
Steglitz-Zehlendorf	70.000	140.000	7.000	35.000	1.750
Tempelhof-Schöneberg	30.000	60.000	3.000	15.000	750
Treptow - Köpenick	44.179	88.358	4.418	22.090	1.104
<b>Summe Bezirke</b>	<b>468.118</b>	<b>1.050.636</b>	<b>52.532</b>	<b>262.659</b>	<b>13.133</b>

Bei im einzelnen Bezirk nicht bekannter Anzahl der Anlagenbäume wurde für deren Abschätzung die für jeden Bezirk bekannte Anzahl der Straßenbäume mit dem Faktor 1,3 (*kursiv dargestellt*) multipliziert; in diesem gemittelten Verhältnis stehen bei den Bezirken, die Angaben zu den Anlagenbäumen machen konnten, deren Anzahl zur Anzahl der bezirklichen Straßenbäume.

Tabelle 5: Übersicht der Mengen für Gesamt-Berlin und Eigenschaften der Grünreste

	Mähgut aus ....			Laub
	PK 3	PK 4	PK 5	
Menge Mg/a	8.800	13.000	6.100	mind. 13.000
Strukturtyp	Gebrauchsrasen	Landschaftsrassen	Wiesen, Sukzessions- und Biotopflächen	Bäume allgemein
Schnitte pro Jahr	ca. 12 x	3 – 4 x	1 – 2 x	--
Saisonaler Anfall	April-Oktober	Mai/Juli/August/Oktober	Ende Juli/September	Oktober - Dezember
Trockensubstanzgehalt TS	8-15 %	10-20% -	10-25%	25-55%
Organ. TS-Gehalt	> 85%	> 85%	> 85%	> 80
Dichte nach Schnitt	0,33 t/m³	0,33 t/m³	0,2 t/m³	0,05 - 0,3
Gasbildungspotential	gering	hoch	sehr gering bis mittel	gering
<b>Eignung für:</b>				
Vergärung	bedingt, als Co-Vergärungssubstrat	gut geeignet	nur zweiter Schnitt geeignet	nein
Verbrennung oder Hydrothermale Karbonisierung - HTC	geeignet	geeignet	erster Schnitt sehr gut geeignet, zweiter Schnitt geeignet	ja

Erkennbar wird die oben bereits geschilderte Sensibilität der Vergärung gegenüber den Mähgut-Arten, daneben die schwere Kalkulierbarkeit des Laubes hinsichtlich des Transportaufwandes, da die Dichte je nach Feuchte um fast den Faktor 10 schwanken kann.

Tabelle 6 liefert aus der Hochrechnung die abgeschätzten Mengen je Bezirk.

Tabelle 6: Anfall von Mähgut und Laub je Bezirk

Anfall Mähgut und Laub	Mähgut Summe PK 3, 4, 5	Laubmenge, 25% erfassbar	Summe Mähgut und Laub
	[Mg/a]	[Mg/a]	[Mg/a]
Charlottenburg-Wilmersdorf	1.312	1.430	2.742
Friedrichshain-Kreuzberg	794	723	1.516
Lichtenberg	2.647	975	3.622
Marzahn-Hellersdorf	3.264	1.250	4.514
Mitte	2.512	871	3.383
Neukölln	1.606	625	2.231
Pankow	3.260	1.371	4.630
Reinickendorf	2.510	1.430	3.940
Spandau	2.980	855	3.835
Steglitz-Zehlendorf	2.706	1.750	4.456
Tempelhof-Schöneberg	1.132	750	1.882
Treptow-Köpenick	3.015	1.104	4.120
<b>Summe Bezirke</b>	<b>27.738</b>	<b>13.133</b>	<b>40.871</b>

Notwendigerweise haben die Außenbezirke durch die größeren Grünflächen den höheren Mähgut-Anfall mit teilweise über 3.000 Mg/a. Tendenziell korreliert auch der Laubanfall mit der Bezirksgröße.

## 2.6 Kostenabschätzung für eine klimaschonende Verwertung

Im Folgenden wird eine modellhafte, orientierende Kostenentwicklung bei Umstellung auf höherwertige Verwertung beschrieben. Es ergeben sich Kostenänderungen, die umfassen:

- Kosten des geänderten Verwertungsverfahrens gegenüber der bisherigen Kompostierung incl. zusätzlicher Transportkosten zum Standort der Verwertung,
- ggf. Kosten für Zukauf von Kompost als Bodenverbesserungsmittel anstelle des bislang selbst erzeugten.

### 2.6.1 Ermittlung der spezifischen Behandlungskosten

Überschlägig können die **derzeitigen Kosten** der eigenen **Kompostierung** mit rd. 7 €/m<sup>3</sup> angesetzt werden. Volumenbezogen erfolgt auch die Be- und Abrechnung externer Kompostierung. Die Kosten der Fremdkompostierung für Laub und Mähgut werden bei zwei unabhängigen Kompostierungsanlagen im Berliner Raum mit rund 6 €/m<sup>3</sup> frei Kompostplatz angegeben (Preise aus Internetrecherche 2011). Beide Preise für Fremdkompostierung und Kompostierung auf eigenem Kompostplatz liegen also in der gleichen Größenordnung. Nimmt man eine mittlere Dichte von 300 kg/m<sup>3</sup> an, sind je **Megagramm rd. 23 €** anzusetzen.

Für die künftige, **höherwertige Verwertung frei Anlage** werden nach orientierenden Abschätzungen der einzelnen Verfahrensanbieter, die die konkreten Andienungsformen der Grünreste insbesondere bezüglich des Wassergehaltes noch nicht abschließend festgelegt haben, die Kosten mit rund **10 – 30 € pro Tonne** angesetzt. Überschlägig wird inklusive einem Transportkostenzuschlag von rd. 6 €/Mg gesamt von **26 €/Mg** für eine Abschätzung der künftigen Verwertungskosten ausgegangen.

### 2.6.2 Optionale Kosten für benötigten Kompost

Den Verarbeitungskosten zuzurechnen sind die entstehenden **Kosten für Kompost** als benötigtes Bodenverbesserungsmittel, wenn dafür ein relevanter Bedarf besteht und dieser nicht mehr über die eigene Kompostierung erzeugt werden sollte.

In der Biomassestudie von 2008 wurde von den Bezirken Charlottenburg - Wilmersdorf, Mitte, Steglitz - Zehlendorf, Tempelhof - Schöneberg und Treptow - Köpenick angegeben, dass annähernd alles kompostierte Material als Kompost wieder eingesetzt worden ist. Im Jahr 2008 wurde von diesen 5 Bezirken rund 11.500 m<sup>3</sup> Kompost erzeugt, wovon ca. 10.000 m<sup>3</sup> als Eigenbedarf gemeldet wurden.

Im Jahr 2011 gibt das Grünflächenamt des Bezirkes Tempelhof-Schöneberg einen Eigenbedarf von 60% des selbst erzeugten Kompostes an, der restliche Kompost wird derzeit an andere Bezirke, Schulen oder Initiativen abgegeben, die sich damit den Zukauf von Kompost sparen können.

Dagegen sehen andere Grünflächenämter aufgrund der derzeitigen finanziellen und personellen Situation keine Möglichkeit, den bereits selbst erzeugten Kompost einer entsprechenden Nutzung zuzuführen. In diesen Bezirken wird der erzeugte Kompost derzeit ungenutzt zwischengelagert. Angesichts dieser teilweisen langjährig reichenden Kompostreserven sehen diese Bezirke keinen Bedarf, zusätzlichen Kompost auf dem Markt zu kaufen.

Angesichts der unterschiedlichen Einschätzungen dieser bezirklichen Situationen wird lediglich optional als zusätzliche Kostenposition in der Verfahrensänderung zur Grünrestenutzung ein pauschaler mittlerer Bedarf von 1.500 m<sup>3</sup>/a an Kompost je Bezirk angesetzt. Es wird von Kosten von rd. **8 €/m<sup>3</sup>** bzw. bei 600 kg/m<sup>3</sup> von rd. **13 €/Mg** Kompost ausgegangen.

### 2.6.3 Hochrechnung der Verwertungskostenänderung

Aus den in Kap. 2.4 abgeschätzten Mengen an Laub und Mähgut je Bezirk werden in Tabelle 7 die Kosten der derzeitigen Kompostierung (Fremd- und Eigenkompostierung) den



Kosten einer zukünftigen klimaschonenden Behandlung gegenübergestellt. **Nach den weiterhin bestehenden Unschärfen der bezirklichen Situationen kann dies nur eine Orientierung liefern.**

Zunächst sind in den ersten drei Spalten die bezirklichen Mengen an Mähgut und Laub wiedergegeben. Multipliziert mit den Behandlungskosten von 23 €/Mg ergeben sich die „derzeitigen Kosten“ - als Summe für alle Bezirke rd. 940.000 €/a.

Tabelle 7: Kostenprognose der Behandlung

Kostenprognose der Behandlung	Mengen			derzeitige Kosten Behandlung			zukünftige Kosten Behandlung			Mehrkosten durch Änderung
	Mähgut PK 3, 4, 5	Laub 25% erfassbar	Summe Mähgut und Laub	Mähgut	Laub	Summe	Mähgut	Laub	Summe	
				23,0 €/Mg	23,0 €/Mg		26,00 €/Mg	26,00 €/Mg		
Bezirk	[Mg/a]	[Mg/a]	[Mg/a]	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a
Charlottenburg-Wilmersdorf	1.312	1.430	<b>2.742</b>	30.166	32.890	<b>63.056</b>	34.101	37.180	<b>71.281</b>	8.225
Friedrichshain-Kreuzberg	794	723	<b>1.516</b>	18.256	16.618	<b>34.874</b>	20.637	18.785	<b>39.422</b>	4.549
Lichtenberg	2.647	975	<b>3.622</b>	60.875	22.425	<b>83.300</b>	68.815	25.350	<b>94.165</b>	10.865
Marzahn-Hellersdorf	3.264	1.250	<b>4.514</b>	75.080	28.739	<b>103.818</b>	84.873	32.487	<b>117.360</b>	13.542
Mitte	2.512	871	<b>3.383</b>	57.784	20.033	<b>77.817</b>	65.321	22.646	<b>87.967</b>	10.150
Neukölln	1.606	625	<b>2.231</b>	36.932	14.375	<b>51.307</b>	41.749	16.250	<b>57.999</b>	6.692
Pankow	3.260	1.371	<b>4.630</b>	74.971	31.527	<b>106.497</b>	84.750	35.639	<b>120.388</b>	13.891
Reinickendorf	2.510	1.430	<b>3.940</b>	57.732	32.890	<b>90.622</b>	65.262	37.180	<b>102.442</b>	11.820
Spandau	2.980	855	<b>3.835</b>	68.540	19.659	<b>88.200</b>	77.481	22.224	<b>99.704</b>	11.504
Steglitz-Zehlendorf	2.706	1.750	<b>4.456</b>	62.243	40.250	<b>102.493</b>	70.361	45.500	<b>115.861</b>	13.369
Tempelhof-Schöneberg	1.132	750	<b>1.882</b>	26.038	17.250	<b>43.288</b>	29.435	19.500	<b>48.935</b>	5.646
Treptow-Köpenick	3.015	1.104	<b>4.120</b>	69.348	25.403	<b>94.751</b>	78.393	28.716	<b>107.109</b>	12.359
<b>Bezirke o. Kompostzukauf</b>	<b>27.738</b>	<b>13.133</b>	<b>40.871</b>	<b>637.965</b>	<b>302.058</b>	<b>940.023</b>	<b>721.178</b>	<b>341.457</b>	<b>1.062.634</b>	<b>122.612</b>
<b>Option Bezirke mit Kosten für zugek. Kompost *)</b>			zzgl.	144.000	€/a Kompost-Kosten				<b>1.206.634</b>	<b>266.612</b>
*)pauschal 1.500 m³/a je Bezirk, bei 8 €/m³ je Bezirk 12.000 €/a										

Im Tabellenblock „zukünftige Kosten“ sind für Mähgut und Laub gleichermaßen und unabhängig von den unterschiedlichen technischen Behandlungsvarianten Behandlungskosten mit den o.g. 26 €/Mg veranschlagt. Die Verwertungskosten für eine hochwertige und schadlosen Verwertung erhöhen sich damit (bei gleichen Mengen) im Verhältnis der Entsorgungskosten (26:23) um lediglich 13 %.

Optional wurden zudem konservativ und pauschal Kosten für 1.500 m³/a an Kompost je Bezirk bei 8 €/je m³ berücksichtigt, unter der Prämisse, dass ein Bedarf bei diesen bezirklichen Einrichtungen nach Kompost vorhanden wäre. Damit stünden in dieser Berechnung allen Berliner Bezirken in Summe 18.000 m³/a Kompost zur Verfügung.

In dieser optionalen Modellberechnung würden die Kompost-Beschaffungskosten mit 15 % Mehrkosten stärker ins Gewicht fallen als die Kosten der Verfahrensoptimierung. Summatisch würden sich die Kosten für die „zukünftige Behandlung“ um rd. 270.000 €/a bzw. um 28 % erhöhen.

## 2.7 Wirtschaftlichkeitsbewertung an Hand der spezifischen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten

Die o.g. Zahlenverhältnisse erlauben eine betriebswirtschaftliche Orientierung, in welcher Größenordnung sich der Aufwand für eine verbesserte Grünreste-Nutzung in spezifische Kosten der Treibhausgas-Minderung umsetzt:

Je Megagramm Grünreste können gegenüber der derzeitigen Kompostierung nach Tabelle 1 bis zu 500 kg CO<sub>2</sub> eingespart werden. Setzt man wie oben beschrieben einen konservativen Arbeitswert von 300 kg an und multipliziert diesen mit dem Aufkommen von rd. 41.000 Mg/a aus Tabelle 7, ergibt dies rund 12.300 Mg CO<sub>2</sub>-Reduktion pro Jahr. Dieses Ziel wird nach Tabelle 7 mit Mehrkosten von rund 120.000 € (ohne Kompostzukauf) bzw. rund 270.000 € (mit Kompostzukauf) pro Jahr erreicht, mithin würde also nach dieser Kalkulation mit 10 € bzw. **22 € pro Megagramm CO<sub>2</sub>-Minderung ein außerordentlich niedriger Kosten-Wert** erreicht werden. Durch ggf. Abweichungen der Realität von der o.g. Schätzung dürften sich die genannten Mehrkosten auch verdoppeln - sie lägen auch dann noch deutlich unter den Kosten vergleichbarer Verwertungsprojekte organischer Abfälle. So rangiert z.B. der Aufwand zur CO<sub>2</sub>-Minderung bei der künftigen Bioabfallvergärung gegenüber der vorherigen Bioabfallkompostierung um 400 €/Mg CO<sub>2</sub><sup>4</sup> und damit etwa auf dem Niveau der Photovoltaik.

## 2.8 Fazit der Ausgangslage

- Die Mengen an energetisch verwertbarem Mähgut der Bezirksämter liegen bei rd. 28.000 Mg/a, an Laub können rd. 13.000 Mg/a erfasst werden.
- Über eine energetisch optimierte Verwertung dieser Grünreste können rd. 12.000 Mg/a an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten eingespart werden.
- Als Verwertungsverfahren kommen die Vergärung, die (Co)-Verbrennung, ggf. nach Trocknung, und die Hydrothermale Karbonisierung in Betracht. Insgesamt kann von 5 - 8 interessierten Anbietern in Berlin und dem Berliner Umfeld ausgegangen werden.
- Abgeschätzt werden sich die Kosten der Verwertung von Grünresten um rd. 15 % gegenüber der aktuellen Eigen- und Fremdkompostierung erhöhen, zzgl. der Kosten für ggf. zuzukaufenden Kompost.
- Die Minderungskosten pro Megagramm CO<sub>2</sub> durch verbesserte Grünrestenutzung werden bei Umsetzung der Maßnahmen rechnerisch bei 20 – 30 € liegen - und damit deutlich niedriger als andere Reduktionsmaßnahmen im Bereich regenerativer Energiequellen.

<sup>4</sup> aus 40 € Mehrkosten je Tonne Bioabfall und 5.050 Mg/a CO<sub>2</sub>-Einsparung für 60.000 Mg/a Bioabfall lt. Anhang zur Pressemitteilung der BSR zum Erörterungstermin des Genehmigungsverfahrens .

### 3 Umsetzung einer optimierten Verwertung bei kommunalen Einrichtungen

Die oben geschilderte Ausgangslage einer optimierten Verwertung lässt sich zunächst mit folgenden Konsequenzen zusammenfassen:

1. Zukünftig muss die Grüngutverwertung der kommunalen Einrichtungen sowohl für die bei Eigenleistung anfallenden Mengen als auch für die vom beauftragten Dienstleister mit entsorgten Mengen ein hohes ökologisches Niveau erfüllen.
2. Zur hochwertigen Verwertung können künftig folgende zwei technische Verwertungstypen zum Einsatz kommen:
  - a) die Vergärung als biologische, kombiniert stofflich-energetische Verwertungsform,
  - b) die rein energetische Verwertung als Verbrennung, mit einer Vorbehandlung – entweder mit Trocknung oder als hydrothermale Karbonisierung.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass für die Vergärung ggf. vom Verwerter eine höhere Sortenreinheit eingefordert wird. Der damit einhergehende Mehraufwand bei der Erfassung ist zu berücksichtigen.

3. Im Großraum Berlin ist derzeit der Angebotsmarkt höherwertiger Verwertungsverfahren noch nicht vollständig entwickelt, da diese Verwertungsqualität bislang von kommunalen Einrichtungen noch nicht nachgefragt wurde. Daher können erst nach der Installation bzw. nach der Umrüstung bestehender Behandlungsanlagen entsprechende Ausschreibungen mit derartigen ökologischen Mindestkriterien durchgeführt werden. Nach unserer fachlichen Einschätzung wird dies erst Mitte 2012 bzw. Anfang 2013 der Fall sein. Erst zu diesem Zeitpunkt sollte den kommunalen Auftraggebern das erarbeitete Leistungsblatt mit ökologischen Kriterien für derartige Ausschreibungen nach dem Ausschreibungs- und Vergabegesetz verbindlich vorgegeben werden.
4. Die Bezirksämter stehen unter erheblichem Kostendruck und daher mittelbar unter der Maßgabe, Schnitte von Grünflächen und Entsorgungskosten (durch Flächenmulchung) einzusparen. Die davon bestimmte Pflegepraxis wird zunächst als gegeben hingenommen, obwohl bei dichterem Schnittfolge wie auch bei Abtransport größerer Mengen aus den Pflegeflächen (anstelle der Mulchung) deutliche Mehrmengen an Organikresten erzielbar wären.

#### 3.1 Leistungsblatt zur Ausschreibung einer klimaschonenden Verwertung

Die qualitativ höherwertige Verwertung der Biomasse im Sinne der o.g. Punkte 1 und 2 sollte - im Gegensatz zur derzeit ausschließlich durchgeführten umweltbelastenden Kompostierung – zukünftig Gegenstand entsprechender Ausschreibungen durch die Bezirke sein. Die entsprechende Ausschreibung können folgende Tätigkeitsbereiche umfassen:

- Beauftragung zur externen Verwertung der Grünreste ab den festgelegten Übergabepunkten, sofern die Eigenleistung der Pflege durch die Bezirke erbracht wird.

- Beauftragung zur Fremdbeauftragten Pflege mit anschließender Verwertung der mitgenommenen Grünreste.

Basierend auf der Ermächtigungsgrundlage des Berliner Ausschreibungs- und Vergabegesetzes enthält die vom Land Berlin erarbeitete Verwaltungsvorschrift für ein umweltverträgliches Beschaffungswesen (Verwaltungsvorschrift VwVBU - Beschaffung und Umwelt – VwVBU) im Anhang 1 verbindliche Leistungsblätter mit ökologischen Mindestkriterien für umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen.

Spätestens ab 1. Januar 2013 ist das Leistungsblatt zur hochwertigen und klimaschonenden Verwertung der bei kommunalen Einrichtungen anfallenden Grünreste Mähgut und Laub in die VwVBU aufzunehmen, so dass ab diesem Zeitpunkt dieses Leistungsblatt von allen kommunalen Einrichtungen bei der Beauftragung einer Dienstleistung zur Verwertung dieser Biomasse verbindlich angewendet werden muss. Bis zum Inkrafttreten dieser Vorgabe sollten insbesondere die Grünflächenämter möglichst eine wie beschriebene klimaschonende Verwertung in Form **von Nebenangeboten** abfragen, um den Ausbau entsprechender Behandlungskapazitäten in Berlin zu beschleunigen..

Das Leistungsblatt soll folgende ökologische Mindestkriterien bei einer Ausschreibung den Bietern verbindlich vorgeben:

**1. Einhaltung der Emissionsgrenzwerte:**

*Alle für die Anlagen der Grünrestverwertung geltenden Emissionsgrenzwerte, insbesondere die Vorschriften nach BImSchG und alle Vorgaben der TA-Luft sind vollständig einzuhalten.*

**2. Einhaltung einer Mindestenergieeffizienz:**

*Aus der in der Trockensubstanz der Grünreste gebundenen Energie müssen in der abschließenden energetischen Verwertungsstufe mindestens 55 % als nutzbare Energie ausgebracht werden. Hierzu gehören Strom, Wärme und die organische Trockensubstanz eines erzeugten Gärrestkompostes. Die Vorbehandlung und der Transport werden hierbei nicht berücksichtigt.*

**3. Nachweis zur Einhaltung der obigen Vorgaben:**

*Zur Dokumentation der Einhaltung der beiden obigen Vorgaben sind folgende Nachweise vorzulegen:*

- *zu Punkt 1) ein Messbericht über alle Abluftströme, aus dem anschaulich hervorgeht, dass alle entsprechenden Grenzwerte – hier insbesondere der für die klimaschonende Vergärung wichtige TOC-Grenzwert von 50 mg pro Kubikmeter Abgas gem. TA-Luft (Nummer 5.2.5) – eingehalten werden.*
- *zu Pkt 2) ein aussagekräftiger Bericht über die Einhaltung der obigen Mindestenergieeffizienz sowie Ausweisung der relevanten Energieströme der thermischen Anlage unter transparenter und stoffbezogener Ausweisung der Energieerträge und -aufwendungen bei der Behandlung der betroffenen Grünreste.*

Die Begründung und die fachliche Berechnungsgrundlage für diese Mindestanforderungen sind dem Anhang zu entnehmen. Unter der Anwendung dieser ökologischen Mindestkrite-

rien kann zukünftig eine hochwertige und klimaschonende Verwertung der anfallenden kommunalen Grünreste gewährleistet werden.

## 3.2 Konzept zur Organisation

Die Tabelle 8 stellt den IST-Stand und das künftige Konzept einer höherwertigen Verwertung der Grünreste anschaulich dar.

Die Spannbreite der Aufteilung in „Eigenleistung“ und „Fremdleistung“ ist von Bezirk zu Bezirk und je nach Pflegekategorie stark unterschiedlich und kann damit nicht allgemeingültig (farblich) in der Tabelle verankert werden.

Diese Aufteilung soll – was die **Pflegemaßnahme\_s**elbst angeht – hier nicht mit Empfehlungen versehen werden, weil sie vorrangig von personellen, operativen und wirtschaftlichen Aspekten der jeweiligen Bezirke beeinflusst wird. Die ökologische **Qualität der klimaschonenden Verwertung** der Grünabfälle ist dagegen eine generelle Mindestanforderung und gilt unabhängig davon, ob die Pflegeleistung selbst erbracht oder fremdbeauftragt wurde.

### 3.2.1 Bereitstellung des Mähgutes seitens der Bezirksämter

Die Erfassung des Mähgutes durch die bezirklichen Einrichtungen wird in den verschiedenen Pflegekategorien wie bisher realisiert.

Der Transport des Mähgutes erfolgt wie bisher zu den Sammel- bzw. Kompostplätzen, die künftig nur mehr als Sammelplätze bzw. Umschlagstationen dienen.

Die Verladung in Container erfolgt je nach Ausstattung der Ämter entweder in Eigenleistung, oder die Beladung ist Leistungsgegenstand des Transportunternehmens/Entsorgers.

Die Ämter ermitteln – wenn noch nicht detaillierter vorliegend – jeweils den wöchentlichen Anfall an Mähgut zu den Sammelplätzen im Jahresgang als logistische Grundgröße für eine entsprechende Leistungsbeschreibung. Je nach den technischen Möglichkeiten der Ämter sollte die Anzahl der Sammelplätze möglichst gering ausfallen, um die Abholung durch den (externen) Transporteur zu vereinfachen und so die damit zusammenhängenden Kosten zu senken.

Mit der künftigen nahezu vollständigen Einspeisung des vorhandenen Mähgutes in höherwertige, externe Verfahren wird anhand der Preise und Logistik-Bedingungen eine konkrete Beurteilung dahingehend möglich sein, ob eine Ausweitung der derzeitigen Mähgut-Mengen durch Nutzungsänderung aus wirtschaftlichen Aspekten möglich ist. Es ist dann in Auswertung der sehr spezifischen Flächen und Pflegeverhältnisse für jeden Bezirk die wirtschaftlichste Rangfolge herauszuarbeiten, in der Flächen durch Änderung der Pflegeverhältnisse auch zur verstärkten Grünmasseproduktion herangezogen werden können.

Tabelle 8: Übersicht der Verfahrensänderung zur Sammlung und Verwertung

Bisherige Arbeitsweise (Muster für Bezirk mit eigener Kompostierung)			
Ort/Maßnahme	Mähgut	Laub	
<b>Vor Ort</b>	A: Mähen und Mulchen B: Mähen, abtransportieren nach Schnitt	Flächen-Mulchung (Beete und Gehölzflächen)	Einsammeln, Lagern
<b>Aufbereitung vor Ort</b>	---	---	---
<b>Transport</b>	Kleintransporter für nicht gemulchtes Material	---	Kleintransporter
<b>Kompostplatz</b>	Abkippen in freiem Bereich	---	Abkippen in freiem Bereich
<b>Verarbeitung</b>	Bei ausreichender Menge auf dem Platz wird vom Lohnunternehmen das bereitliegende Material geshreddert und zu Mieten aufgesetzt; anschl. Kompostierung	---	Gemischt mit der übrigen Grünschnittverarbeitung
<b>Produkt</b>	Kompost, ggf. Lohnunternehmen für Siebung	langjährige Humusbildung	Kompost
<b>Verwertung</b>	Eigenverwertung	Eigenverwertung	
<b>gelb</b>	durch NGA		
<b>grün</b>	externer Dienstleister / Entsorger		

Konzept für künftige Arbeitsweise			
Ort/Maßnahme	Mähgut		Laub
<b>Vor Ort</b>	Mähen und in Container lagern, max. 3-4 Tage		Sammeln in dezentralen Containern, ggf. künftig Ballenlagerung
<b>Aufbereitung vor Ort</b>	ggf. Silierung		künftig anteilige Ballierung
<b>Transport</b>	Transport per Dienstleister ...	... oder Eigen-transport	Transport per Dienstleister
<b>Kompostplatz</b>	Verwendung als Zwischensammelungs- und Umschlagplatz		zusätzlich ggf als Ballenlager
<b>Verarbeitung</b>	je nach Angebot <b>Vergärung</b> / (Biomasse-) Kraftwerk; Mitverbrennung; HTC Verfahren*		(Biomasse-) Kraftwerk; Mitverbrennung; HTC Verfahren*
<b>Produkt</b>	Biogas und Kompost	Biogas/ Kompost; Energiegewinnung; Biokohle zur Energiegewinnung	Energiegewinnung; Biokohle zur Energiegewinnung
<b>Verwertung</b>	extern		extern
* HTC: Hydrothermale Karbonisierung			

### 3.2.2 Bereitstellung des Laubes seitens der Bezirksämter

Die extern zur Verwertung verbrachte Laubmenge liegt abgeschätzt bei einem Viertel des Gesamt-Laubanfalls. Der Rest wird weit überwiegend auf Beeten gemulcht. Diese Form der Verrottung hat gegenüber der zentralisierten Laubkompostierung zumindest den Vorteil einer deutlich geringeren Methanfreisetzung.

Für die Verwertung von Laub kommt als höherwertiges Verwertungsverfahren vorrangig die energetische Verwertung in Betracht, also thermische Verfahren. Für diese ist es wiederum **nicht** von Bedeutung, dass das Laub **sortenrein** anfällt – d.h. ein mit Laub vermischter letzter Grünflächenschnitt ist für diesen Verwertungsweg ebenfalls gut geeignet.

Die Erfassung des Laubes erfolgt in den verschiedenen Flächenstrukturen wie bisher realisiert, die Einbindung von Mähgutanteilen in das Laub ist verwertungstechnisch unkritisch. Der Transport des Laubes erfolgt wie bisher zu den Sammel- bzw. Kompostplätzen, die künftig nur mehr als Sammelpunkte bzw. Umschlagstationen dienen. Auch beim Laub erfolgt die Verladung in Container je nach Ausstattung der Ämter entweder in Eigenleistung, oder als Leistungsgegenstand des Transportunternehmens/Entsorgers. Analog zum Mähgut ermitteln die Ämter jeweils den wöchentlichen Anfall an Laub in den Monaten Oktober bis Dezember für eine entsprechende Leistungsbeschreibung.

Die im Herbst anfallenden Laubmengen werden eine verstärkt ausgebaute höherwertigere Verwertungs-Infrastruktur nicht zwangsläufig überfordern:

- So kann z.B. auf Seiten der Zulieferer von Biomassekraftwerken eine zeitweise Zwischenlagerung von Altholz erfolgen, wenn das Biomassekraftwerk das Herbstlaub abarbeitet.
- Anbieter z.B. der hydrothermalen Karbonisierung arbeiten mit Kompostwerksbetreibern zusammen, die die entsprechenden Zwischenlagerflächen vorhalten können.

Falls dennoch nötig, kann eine solche Zwischenlagerung über zwei bis drei Monate bis zur Vegetations- und Grünanfall-Pause (Januar-März) bedarfsweise über Ballierung effektiviert werden. In der Verpressung von Laub in Rundballen wurden in Einzelversuchen gute Ergebnisse mit Dichten über 0,5 Mg/m<sup>3</sup> erzielt. Im Herbst 2011 sollten demnach abgestimmt mit den Bezirken Ballierungsversuche mit Laub unter Einsatz der in Berliner Landwirtschaftsbetrieben vorhandenen Ballenpressen durchgeführt werden. Daraus können auf die spezifische Berliner Situation abgestimmte Kosten- und Betriebswerte ermittelt werden.

### 3.2.3 Umsetzung in die Leistungsbeschreibung

Die Leistungsbeschreibung in der Ausschreibung kann orientierend nach Tabelle 9 erfolgen; aufgeteilt nach der externen Verwertung selbst gemähten Grünschnitts (dann mit und ohne Transport in Eigenleistung) oder als Verwertung der Grünreste als Bestandteil der externen Pflegeleistung.

Tabelle 9: Beispielhafte Übersicht der Anforderungen in der Ausschreibung

Maßnahme / Ausschreibungsinhalt	Mähd in Eigenleistung		Mähd als Fremdleistung mit Transport und Verwertung
	Ausschreibung der Verwertung mit Transport	ohne Transport	
Bearbeitungszeitraum Angebot	3 Monate		3 Monate
Mindestkriterien der Verwertung	gem. Kap 3.1	gem. Kap 3.1	gem. Kap 3.1
Laufzeitbeginn (Beispiel)	Jan 13	Jan 13	Jan 13
Vertragsdauer Jahre	3	3	3
Beschreibung Mähgut / Grünreste	TS, OTS, Störstoffe		Bietereintrag
Mengenanfall pro Woche m <sup>3</sup> (Beispiel)	60	60	Bietereintrag
Mengenanfall pro Woche m <sup>3</sup> max	100	100	
Standort Grünrest-Übergabe	Beschreibung Amt	Beschreibung Bieter	entfällt
Containerstellung	Beschreibung Bieter	entfällt	entfällt
Wochentag Abholung	n.V.	entfällt	entfällt
Eingesetztes Verwertungsverfahren	Beschreibung Bieter		Beschreibung Bieter
Zusicherung Erfüllung Kriterien	Werteeintrag / Bestätigung Bieter		Werteeintrag / Bestätigung Bieter
Preisangabe Pflege € /ha	nein	nein	ja
Preisangabe Transport €/m <sup>3</sup>	ja	nein	ja
Preisangabe Verwertung €/m <sup>3</sup> oder €/Mg	ja	ja	ja

Die Mindestlaufzeit für die Beauftragung hochwertiger Verwertungsverfahren sollte zumindest 3 Jahre umfassen, um derartige moderne Verfahren dauerhaft auf dem Entsorgungsmarkt zu etablieren. Für die externe Verwertung von Laub kann die Ausschreibung analog aufgebaut werden.

Zur Erzielung von günstigen Konditionen sollte die Entsorgung dieser beiden Biomasseströme möglichst gemeinsam ausgeschrieben werden.



## 4 Fazit

Im Rahmen des Projektes wurden die Konzepte und Anbieter höherwertiger Verwertungstechnologien recherchiert: Teils handelt es sich um Vergärungs- teils um rein energetische Verfahren.

Mit Mähgut und Laub der bezirklichen Grünflächenämtern können zumindest rund 41.000 Mg/a erfasst und über eine höherwertige Verwertung als die Kompostierung behandelt werden. Durch diese hochwertige Verwertung werden rund 12.000 Mg/a an schädlichem CO<sub>2</sub>-Ausstoß vermieden. Durch Ausbau der Erfassung von Grünresten, speziell von Laub, kann dieser Einsparungsbetrag perspektivisch auf 20.000 Mg/a erhöht werden.

Die absehbaren Mehrkosten der höherwertigen Verwertung sind geringfügig und werden für alle bezirklichen Einrichtungen mit rund 120.000 € (ohne Kompostzukauf) bzw. rund 270.000 € (mit Kompostzukauf) pro Jahr vorkalkuliert. Auch bei Sensitivitätsschwankungen der Abschätzungen lässt sich eine sehr wirtschaftliche Maßnahme zur Treibhausgas-Reduzierung darstellen, die je nach Kompostzukauf zwischen rund 10 und rund 22 € pro Mg CO<sub>2</sub> liegen wird. So liegt der finanzielle Aufwand zur CO<sub>2</sub>-Minderung bei der künftigen Berliner Bioabfallvergärung gegenüber der vorherigen Bioabfallkompostierung bei 400 €/Mg CO<sub>2</sub><sup>1</sup> und damit etwa auf dem Niveau der Photovoltaik.

Zur Umsetzung der klimaschonenden Verwertung von Mähgut und Laub wurden anspruchsvolle Kriterien zur Einforderung einer höherwertigen Verwertung über künftige Ausschreibungen entwickelt und mit einem skizzierten Anforderungskatalog zur Umsetzung der verbesserten Verwertung ergänzt.

Die Maßnahmen sollten baldmöglichst umgesetzt werden. Spätestens jedoch ab Januar 2013 werden die ökologischen Mindestkriterien durch die vom Land Berlin geplante Verwaltungsvorschrift für ein umweltverträgliches Beschaffungswesen bei Ausschreibungen zur Beauftragung von Dienstleistungen zur Grünflächenpflege allen kommunalen Auftraggebern – insbesondere den bezirklichen Grünflächenämtern - als konkrete Hilfestellung verbindlich vorgegeben.

- Anhang -

---

<sup>1</sup> Abschätzung basiert auf geschätzten 40 € Mehrkosten pro Mg Bioabfall sowie auf der BSR-Pressemitteilung zum Erörterungstermin des Genehmigungsverfahrens (Frühjahr 2011) über eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von 5.050 Mg/a für 60.000 Mg/a Bioabfall.

## 5 Anhang

### 5.1 Begründung der ökologischen Mindestanforderung zur höherwertigen Verwertung

Die für eine klimaökologisch höherwertige Verwertung notwendigen **Leistungswerte** müssen vergaberechtlich eindeutig und möglichst einfach zu prüfen sein.

Prinzipiell könnte für jedes Verfahren eine komplette **Klimabilanz** erstellt werden. In diese fließen Emissionsdaten der Vorbehandlung ein wie auch Last- und Gutschriften der eingesetzten und produzierten Energieträger. Diese Berechnung erfordert eine erhebliche Anzahl von Parameter-Vorgaben und einen sehr umfassenden Datenbestand beim Bieter über alle emissionsseitigen und energetischen Einzelheiten seines Verfahrens. Eine Klimabilanz kann demnach im wissenschaftlichen Bereich für eine Rangfolgen-Bestimmung der Verfahren herangezogen werden, ist aber zu unsicher für eine Ausschluss-Entscheidung im Rahmen einer verfahrensoffenen Ausschreibung. Die Mindestanforderungen sind also demzufolge nicht auf Vollständigkeit abgestellt, sondern auf eindeutige und vereinfachte Beantwortung der Frage, ob ein Verfahren als klimaökologisch hochwertig einzustufen ist.

Im folgenden werden die Mindestanforderungen erläutert

#### 1. Einhaltung der Emissionsgrenzwerte:

Hier wird insbesondere die strikte Einhaltung der TA-Luft-Grenzwerte des organischen Kohlenstoffs (**TOC**) in der **Abluft** eingefordert, der 0,5 kg/h oder **50 mg/m<sup>3</sup>** nicht überschreiten darf - als für alle nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz genehmigten Anlagen geltende Forderung der TA-Luft (Nummer 5.2.5) Damit wird eine ausreichende Reduzierung der klimaschädlichen Methanemission insbesondere bei der Vergärung erreicht - hinsichtlich der direkt emittierten Klimagase steht damit die Vergärung auf etwa demselben Emissionsniveau wie die übrigen (thermischen) Verfahren.

#### 2. Einhaltung einer Mindestenergieeffizienz:

Zur Berechnung der vereinfachten (!) Energieeffizienz mit mindestens 55 % wird eine Formel herangezogen, die in der Grundform dem Anhang der Abfallrahmenrichtlinie 2008/98 EG zur Bewertung von Verbrennungsprozessen entstammt.  $E_p$  ist die Summe aller produzierten Energie. Die Umrechnungsfaktoren für Wärme und Strom werden laut EU mit 2,6 und 1,1 angesetzt.

Tabelle 10: Vereinfachte Berechnung der Energieeffizienz (als Vergabekritererium)

Vereinfachte Formel zur Energieeffizienz	
<b>Effizienz =</b>	$\frac{E_p}{E_w}$
<b>Effizienz</b>	Wert zwischen 0 und 1, Soll: 0,55 = 55 %
<b>E<sub>p</sub> [kWh]</b>	Produz. Energie (Strom/Wärme/Kompost)
<b>E<sub>w</sub> [kWh]</b>	Energie aus Abfall (Hu der TS)
<b>2,6</b>	Primärenergie-Faktor für Strom
<b>1,1</b>	Primärenergie-Faktor für Wärme
<b>0,8</b>	Primärenergie-Faktor für Hu oTS Kompost

Die EU-Effizienzberechnung bezieht sich auf den **unteren** Heizwert eines Brennstoffs - für Verbrennungsprozesse ist dies angemessen, weil wegen der verfahrenseigenen Verdampfung der Feuchte kein anderer Bezug in Frage kommt. Vergärung und HTC gewinnen dagegen Energie aus Abfällen, **ohne** deren Wassergehalt verdampfen zu müssen. Damit kann im Vergleich der Verfahren nicht mehr der untere Heizwert des Feucht-Inputs als Bezugswert E<sub>w</sub> herangezogen werden, sondern der Heizwert der Trockensubstanz ohne Abzug der Verdampfungsenergie.

Um die stoffliche Verwertung über die Vergärung zu berücksichtigen, ist der oTS-Heizwert des Kompostes/Gärrestes mit dem Faktor 0,8 eingebracht.

In einer Ausschreibung werden die Stoffdaten des zu behandelnden Materials vorgegeben – hier realitätsnah mit 30 % Trockensubstanz und über den oTS-Anteil mit einem Heizwert von rd. 4 kWh/kgTS. Den Bietern obliegt der verbindliche Eintrag, welche Energiebeträge aus einem erzeugten Brennstoff über Strom und Wärme gewonnen werden.

Tabelle 11 weist die Ergebnisse einer potentiellen Bieterangabe für die verschiedenen Verfahren aus. Wie oben bereits geschildert, geht es hier einzig darum, energetisch gewünschte Verfahren **vergaberechtlich** eindeutig oberhalb eines numerischen Wertes zu positionieren, wohingegen die alleinige Kompostierung ohne Energienutzung diesen Wert nicht erreicht. Die hier ermittelten Werte der Energieeffizienz sind dagegen **nicht** zur Rangfolgenbildung der Verfahren untereinander geeignet, da der energetische Verfahrensaufwand keinen Eingang in diese Berechnung findet.

Tabelle 11: Ergebnisübersicht einer virtuellen Bieterabfrage

<b>Organik-Rohstoff:</b>		<i>TS-Gehalt:</i> 30%		<i>oTS Gehalt:</i> 85%		
		<i>Hu oTS:</i> 18,00 MJ/kg		<i>Hu TS:</i> 4,25 kWh/kg		
<b>Ermittlung der Energieeffizienz der Verfahren</b>		<b>Vergärung</b> <small>(mit Gutschrift für Kompostproduktion)</small>	<b>Hydrothermale Karbonisierung (HTC)</b>	<b>Verbrennung mit Trocknung</b>	<b>Verbrennung ohne Trocknung</b>	<b>Kompostierung</b>
Energieträger		<i>Biogas</i>	<i>Bio-Kohle</i>	<i>Trockengut</i>	<i>Rohmaterial</i>	<i>entfällt</i>
Menge	kg/Mg	128	238	353	1.000	0
Energieoutput Hu	kWh/Mg	574	1.227	931	789	0
eta Strom	%	35%	0%	25%	20%	0%
eta Nutzwärme	%	5%	85%	20%	38%	0%
Strom	kWh/Mg	201	0	233	158	0
Wärme	kWh/Mg	29	1.043	186	300	0
Strom, Faktor 2,6	kWh/Mg	522	0	605	410	0
Wärme, Faktor 1,1	kWh/Mg	32	1.148	205	330	0
OTS in Kompost	kg/Mg	89	18	1.607	446	110
Energie Kompost	kWh/Mg	357	0	0	0	440
Strom und Wärme	kWh/Mg	554	1.148	810	740	0
<b>Summe Energie</b>	<b>kWh/Mg</b>	<b>911</b>	<b>1.148</b>	<b>810</b>	<b>740</b>	<b>440</b>
<i>Energieinput TS</i>	<i>kWh/Mg</i>	<i>1.275</i>	<i>1.275</i>	<i>1.275</i>	<i>1.275</i>	<i>1.275</i>
<b>Effizienz Input/Output</b>		<b>71%</b>	<b>90%</b>	<b>64%</b>	<b>58%</b>	<b>35%</b>
<b>Kriterium 55 % erfüllt ?</b>		<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>nein</b>

### 3. Nachweis zur Einhaltung der obigen Vorgaben:

zu Punkt 1) Messberichte über Abluftströme bereit zu stellen, ist nach BImSchG und TA-Luft übliche Routine und hier insbesondere für den Treibhausgas-relevanten TOC-Grenzwert von 50 mg pro Kubikmeter Abgas von Bedeutung.

zu Pkt 2) Ein Bericht über die energetischen Eckwerte der erklärten Mindestenergieeffizienz sowie die Ausweisung der relevanten Energieströme stellt keine besonders schwierig zu erfüllende Anforderung dar, da dies mit einfachen Berechnungen aus der Jahresbilanz an Energieerträgen und -aufwendungen sowie den Stoffdaten der behandelten Grünreste abgeleitet werden kann.