

Aufbereitung und Verwertung von Biomasse aus Bioabfällen zur energetischen Verwertung

Joachim Dach

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz

1 Einleitung

Die Aufbereitung von Bioabfällen zur energetischen Verwertung in Biomassekraftwerken scheint auf den ersten Blick nicht sinnvoll zu sein. Bekanntermaßen haben Bioabfälle aus der braunen Tonne:

- hohe Wassergehalte,
- ggf. höhere Mineralgehalte und daraus folgend
- vergleichsweise geringe untere Heizwerte.

Soweit eine energetische Nutzung des im Bioabfall enthaltenen Energiepotenzials angestrebt wird, scheint eine Vergärung naheliegender zu sein, als eine Aufbereitung zu einem Biomasse-Brennstoff. Bei näherer Betrachtung sind diese vergleichsweise ungünstigen Materialeigenschaften jedoch nicht grundsätzlich ein Ausschlusskriterium für eine Brennstoffaufbereitung. Vielmehr zeigt sich, dass die Brennstoffaufbereitung des Bioabfalls sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoll sein kann. Folgende Argumente können, in Abhängigkeit von den Voraussetzungen am jeweiligen Standort, eine Rolle spielen:

- mögliche ökologische Gründe:
 - Eine notwendige Voraussetzung ist, dass die Gesamtenergiebilanz positiv ist. D. h., dass weniger Energie zur Herstellung des Brennstoffes benötigt wird, als dieser an Energie erzeugt. Die Nutzung der Biomasse trägt damit zum Klimaschutz bei.
 - An vielen Standorten steht ungenutzte Abwärme zur Verfügung, die, ohne ökologische Zusatzbelastungen zu verursachen, für Aufbereitungsprozesse eingesetzt werden kann und somit den Trocknungsprozess beschleunigt.
 - Flächenbedarf und Abluftvolumina können bei einer Aufbereitung geringer sein als bei einer Bioabfallbehandlung.

- mögliche ökonomische Gründe:
 - Das Erneuerbare-Energien-Gesetz hat mit der Förderung der Stromerzeugung aus Biomasse günstige Rahmenbedingungen für eine energetische Verwertung geschaffen. Es besteht eine Nachfrage an Biomasse zur energetischen Verwertung.
 - Aufgrund der sich möglicherweise weiter verschärfenden Anforderungen an Bioabfallkompost (Diskussion: „Gleiches zu Gleichem“) können sich die ökonomischen Rahmenbedingungen der stofflichen Verwertung weiter verschlechtern. Die weitere Einschränkung der rechtlich zulässigen Nutzung und negative Beeinträchtigungen des Images von Bioabfallkompost lassen eher eine Ab- als eine Zunahme der Nachfrage nach Komposten erwarten.
 - Bioabfall hat in einer Anlage zur Brennstoffaufbereitung eine deutlich geringere Aufenthaltszeit als in einer Vergärungs- oder Kompostierungsanlage. Geringerer Platzbedarf, geringere Investitionskosten und –risiken sind die Folge.
- Im Einzelfall mögliche technologische Gründe
 - Bioabfälle stellen im Vergleich zu anderen Substraten aus der Landwirtschaft oder der Nahrungsmittelindustrie vergleichsweise hohe Anforderungen an eine Vergärung mit Stromerzeugung. Der Grund hierfür liegt in den über den Jahresgang stark wechselnden Zusammensetzungen mit teilweise hohen Anteilen holziger Bestandteile und Störstoffen sowie hohen Mineralgehalten.
 - Biomasseaufbereitungsanlagen sind mit geringerem Platzbedarf realisierbar. Es kann auf bewährte Aufbereitungs- und Trocknungstechnik zurückgegriffen werden.

2 Rechtliche Grundlagen

Aus anerkannter Biomasse erzeugter Strom wird nach § 5 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) mit 8,7 bis 10,2 C/kWh (je nach Leistung der Anlage und Jahr der Inbetriebnahme) gefördert werden. Die Regelung unterscheidet nicht, ob der Strom über eine Vergärungs-, Verbrennungstechnik oder eine andere Technologie erzeugt wird. In der Biomasseverordnung wird geregelt welche Stoffe als Biomasse gelten und welche technischen Verfahren unter den Anwendungsbereich fallen. Zur anerkannten Biomasse gehören nach § 2 der Biomasseverordnung auch:

- Pflanzen und Pflanzenbestandteile (allgemein)
 - Bioabfälle i.S. von § 2 Nr. 1 der Bioabfallverordnung:
Abfälle tierischer oder pflanzlicher Herkunft zur Verwertung, die durch Mikroorganismen, bodenbürtige Lebewesen oder Enzyme abgebaut werden können, insbesondere nach Anhang 1, Nr. 1, BioabfV, u.a. (nicht abschließende Aufzählung):
 - 030301 Rinden- und Korkabfälle
 - 200108 Biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle
 - 200201 biologisch abbaubare Abfälle
 - 200301 Gemischte Siedlungsabfälle (nur getrennt erfasste Bioabfälle)
 - 200302 Marktabfälle

Als technische Verfahren können nach § 4 BiomasseV angewendet werden:

- Feuerungsanlagen in Kombination mit Dampfturbinen-, Dampfmotor-, Stirlingmotor- und Gasturbinenprozessen, einschließlich Organic-Rankine-Cycle-(ORC)-Prozessen,
- Verbrennungsmotoranlagen,
- Gasturbinenanlagen,
- Brennstoffzellenanlagen,

andere Anlagen, die wie die in Nummern 1 bis 4 genannten technischen Verfahren im Hinblick auf das Ziel des Klima- und Umweltschutzes betrieben werden.

Auch nach der Novellierung des EEG (Stand: Regierungsentwurf vom 17.12.2003) soll das Ausschließlichkeitsprinzip beibehalten werden, d.h. eine Vergütung nach EEG ist nur möglich, wenn der Strom ausschließlich aus Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien kommt. Dies bedeutet auch, dass Strom aus der Mitverbrennung des biologisch abbaubaren Anteils des Abfalls in die Definition erneuerbarer Energien aufgenommen wird aber weiterhin keine Vergütung innerhalb des EEG erhält [1]. Somit ist eine Verwendung separierter Biomasse nach den Definitionen der BiomasseV weiterhin notwendig.

Weiterhin wird in der Novellierung eine Erhöhung der Vergütung für Anlagen im unteren Leistungsbereich (< 150 kW) vorgesehen. Zudem sind Bonus-Regelungen für Anlagen vorgesehen, die den Strom ausschließlich aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen und

Gülle erzeugen. Vorgesehen ist auch die Einführung von Boni für innovative Verwertungstechniken [2].

Nicht zuletzt sind bei der Verwertung von Biomasse die Regelungen des KrW-/AbfG zur stofflichen und energetischen Verwertung zu beachten. In § 6 (1) des KrW-/AbfG werden stoffliche und energetische Verwertung voneinander abgegrenzt. Energetische Verwertung wird allgemein als Gewinnung von Energie definiert, die Kriterien des (2) stellen jedoch eindeutig auf eine Verbrennung ab. In § 6 (2) wird als Verwertungskriterium ein Heizwert von 11.000 kJ/kg vorgegeben, den Bioabfall aus der braunen Tonne in aller Regel im Originalzustand nicht erreicht. Abfälle aus nachwachsenden Rohstoffen werden hiervon jedoch ausgenommen.

Ob eine Aufbereitung von Bioabfall als Biomasse zur energetischen Verwertung in Verbrennungsprozessen rechtlich zulässig ist, wird von [2] in einem Rechtsgutachten diskutiert. Im Hinblick auf den Heizwert ist es letztendlich notwendig zu überprüfen, ob eine Aufbereitung und Verbrennung von Bioabfällen einen energetischen bzw. ökologischen Nettonutzen erbringt oder zumindest ökologisch gleichwertig zu einer stofflichen Verwertung ist.

Da noch zu wenig praktische Erfahrungen und wissenschaftlich fundierte Untersuchungen vorliegen, kann diese Frage nicht abschließend beantwortet werden. Die nachfolgend dargestellten Untersuchungen sollen hierzu einen Beitrag liefern.

3 Verfahrenstechnische Konzepte

Grundsätzlich stellt sich zunächst einmal die Frage, mit welchem Verfahren der Bioabfall für die Verwertung in Biomassekraftwerken vorbereitet werden kann. Hauptziele der verfahrenstechnischen Aufbereitung sind:

- Separation von Störstoffen und Fehlwürfen, die den Aufbereitungsprozess stören und nicht der Biomasse zuzuordnen sind (Metalle, Kunststoff).
- Zerkleinerung und Homogenisierung.
- Separation von mineralischem Material bzw. Anreicherung von organischem Material.
- Erhöhung und Einstellung des Heizwertes der organisch angereicherten Fraktion durch Entwässerung und Trocknung.
- Sicherung der Qualitätsvorgaben des Verwerters.

Prinzipiell sind dies bekannte Aufgaben einer Abfallaufbereitung, so dass weitgehend auf gängige Verfahrenstechnik zurückgegriffen werden kann. Einen besonderen Stel-

lenwert nimmt der Schritt der Organikanreicherung und Heizwerterhöhung durch Entwässerung und Trocknung innerhalb des Aufbereitungsprozesses ein.

Zur Trocknung des Bioabfalls sind prinzipiell verschieden Verfahren denkbar:

- Biologische Verfahren zur Trocknung (Trocknung aufgrund von vorerwärmter Zuluft und Abbauwärme infolge eines biologischen Teilabbaus im Reaktor).
- Physikalische Verfahren zur Trocknung (Trocknung infolge von stark vorerwärmter Zuluft in einem Drehtrommeltrockner oder Schüttbett).

Bei sehr feuchten Abfällen wäre ggf. noch eine Entwässerung über Pressen oder ähnliches vorzuschalten. In Abbildung 1 ist ein allgemeines Ablaufschema der Aufbereitung dargestellt.

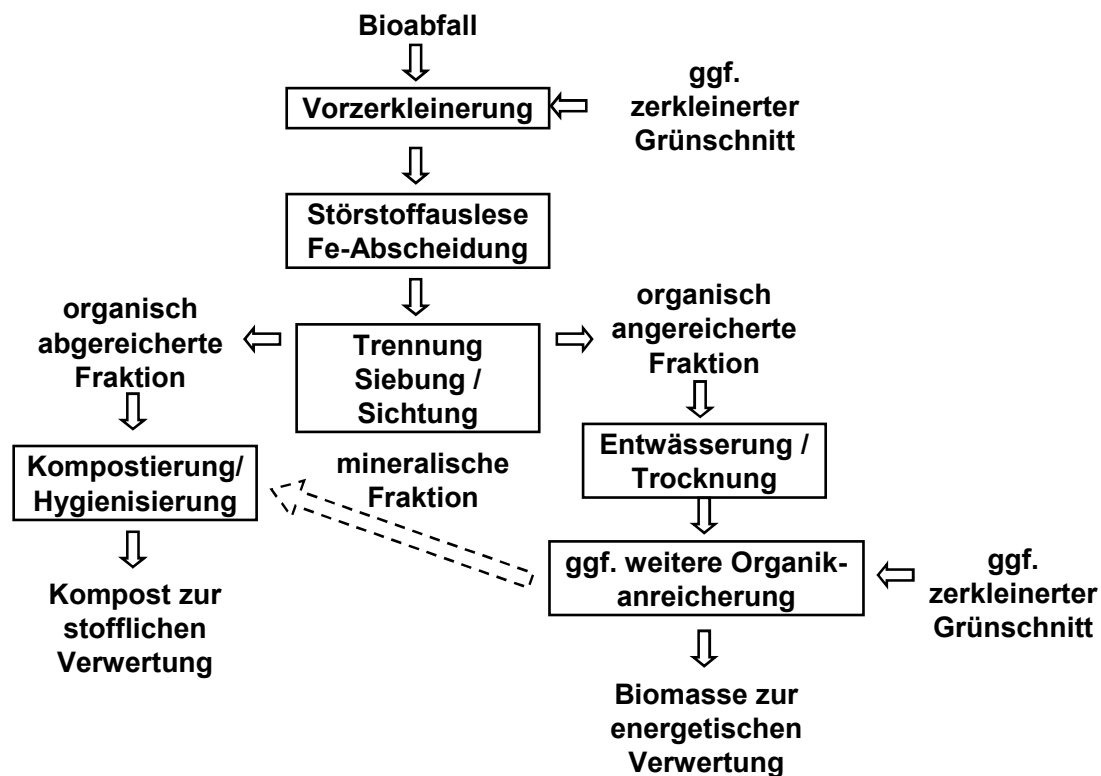


Abbildung 1: Allgemeines Verfahrensschema der Aufbereitung von Bioabfall zu Biomasse

Die genaue Auswahl und Anordnung der Verfahrensschritte, die Festlegung des Stoffstromsplittings und die energetische Einbindung der Anlage kann nur in Abhängigkeit des jeweiligen Standortes, der Qualität der Bioabfälle und in Abhängigkeit von den Anforderungen des Verwerters festgelegt werden.

Nachfolgend wird über großtechnische Aufbereitungsversuche berichtet, die dazu dienen die Machbarkeit des Konzeptes unter Beweis zu stellen und die Randbedingungen im Hinblick auf den Bau einer entsprechenden Anlage zu konkretisieren.

4 Aufbereitungsversuche

Die im Folgenden beschriebenen Versuche wurden im Zeitraum Januar 2003 bis März 2004 im Kompostwerk (mechanische Aufbereitung, Rottetunnel, druckbelüftete Nachrotte auf Tafelmiete) des Abfallwirtschaftszentrums Singhofen (Rhein-Lahn-Kreis, Rheinland-Pfalz) durchgeführt.

Primäres Ziel der Versuche war es, eine geeignete Biomasse zur Verwertung in einem Biomassekraftwerk herzustellen. Ein weiteres Ziel war, zu überprüfen, inwiefern sich der Feinanteil des Bioabfalls dazu eignet, direkt und ohne weitere Strukturstoffzugabe kompostiert zu werden. Die Versuche wurden weitgehend mit den am Standorten verfügbaren Aufbereitungs- und Behandlungsanlagen durchgeführt.

4.1 Qualität des angelieferten Bioabfalls und Abhängigkeiten des Heizwertes

Aufgrund von Vorgesprächen mit potenziellen Verwertern bestand die Aufgabe darin, den Ascheanteil (näherungsweise gleich Glührückstand) in der zu verwertenden Biomasse auf einen Bereich von 20 bis 30 Gew.-% zu reduzieren. Grundsätzlich bestehen zur Reduzierung des Ascheanteils verschiedene Möglichkeiten, die einzeln oder kombiniert eingesetzt werden können:

- Absiebung von Fraktionen mit erhöhtem Ascheanteil vor oder nach der Trocknung.
- Abscheidung von Mineralien über Schwerstoffabscheider.
- Erhöhung des Grünschnittanteils mit geringem Ascheanteil.

Zur Bewertung der Möglichkeiten einer Absiebung vor der Behandlung wurden zunächst mit verschiedenen Siebmaschinen Siebanalysen durchgeführt. Dabei wurde der Bioabfall in die Siebstufen < 15 mm, 15 bis 80 mm und > 80 mm klassiert. Die Siebung wurden im Dezember und Januar, also zu einer ungünstigen Jahreszeit mit geringem Grünschnittanteil im Bioabfall, durchgeführt. Die Verteilung zeigt Abbildung 2.

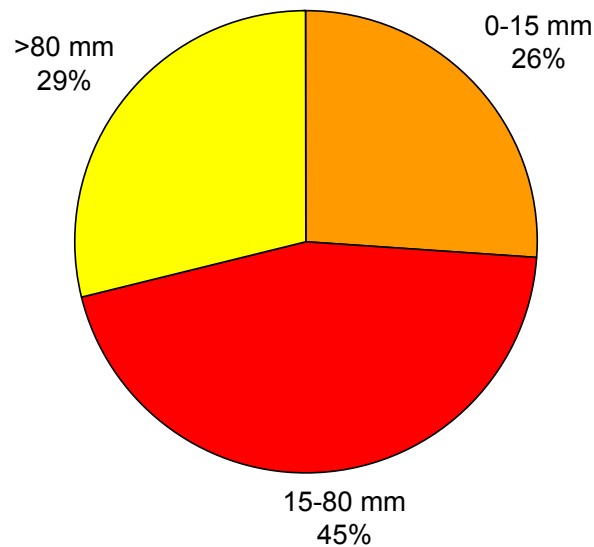


Abbildung 2: Verteilung der Masse nach Siebstufen (Versuch Dezember 2003)

Weitere Siebanalysen zu anderen Zeitpunkten brachten Ergebnisse mit ähnlicher Verteilung (+/- 5 % Abweichung pro Fraktion). Eine Übersicht über die Qualität der Bioabfälle im Anlieferungszustand gibt Tabelle 1:

Tabelle 1: Biomüll nach Siebfraktion (Winter)

	Wassergehalt [Gew.-%]	Aschegehalt [Gew.-% der TS]
0-15 mm	45 – 65	35 - 59
15-80 mm	57 - 68	17 - 32
0-80 mm	40 - 57	33 – 44
> 80 mm	42 - 50	13 – 18

In den Fraktionen < 80 mm lag der Wassergehalt im Bereich von 40 bis 70 Gew.-%. Im Überkorn > 80 mm liegt er mit 42 bis 50 Gew.-% etwas geringer. Im Gegensatz zum Wassergehalt unterscheiden sich die Aschegehalte der einzelnen Fraktionen deutlich. Während im Feinkorn Aschegehalte bis 60 Gew.-% auftreten, liegen sie im mittleren Bereich (15 bis 80 mm) mit 17 bis 32 Gew.-% und im Überkorn mit 13 bis 18 Gew.-% deutlich darunter. Vor diesem Hintergrund ist zumindest die Abtrennung eines Feinkorns mit erhöhtem Aschegehalt bzw. Mineralgehalt sinnvoll.

Weiterhin wurde der untere Heizwert der Bioabfall-Fraktion (vor Trocknung) untersucht. Dieser lag in der Mittelfraktion (15 bis 80 mm) zwischen 3.000 und 8.000 kJ/kg, im Überkorn (> 80 mm) bei bis zu 12.000 kJ/kg.

Der untere Heizwert der Trockensubstanz steht mit dem unteren Heizwert der Feuchtsubstanz über folgende physikalische Beziehung in Verbindung (w = Wassergehalt):

$$H_{U,FS} = H_{U,TS} * (1-w) - (2441 \text{ kJ/kg} * w) \text{ [kJ/kg]}$$

Aus den Heizwerten der Feuchtsubstanz lässt sich damit der Heizwert der Trockensubstanz abschätzen. Aus einer statistischen Auswertung der Beziehung zwischen dem Heizwert der Trockensubstanz und dem Glühverlust (s. Abbildung 3) ergibt sich, dass die Organik im Mittel einen Heizwert von 18.000 – 22.000 kJ/kg (im Mittel rd. 20.000 kJ/kg => Steigung der Regressionsgeraden) besitzt.

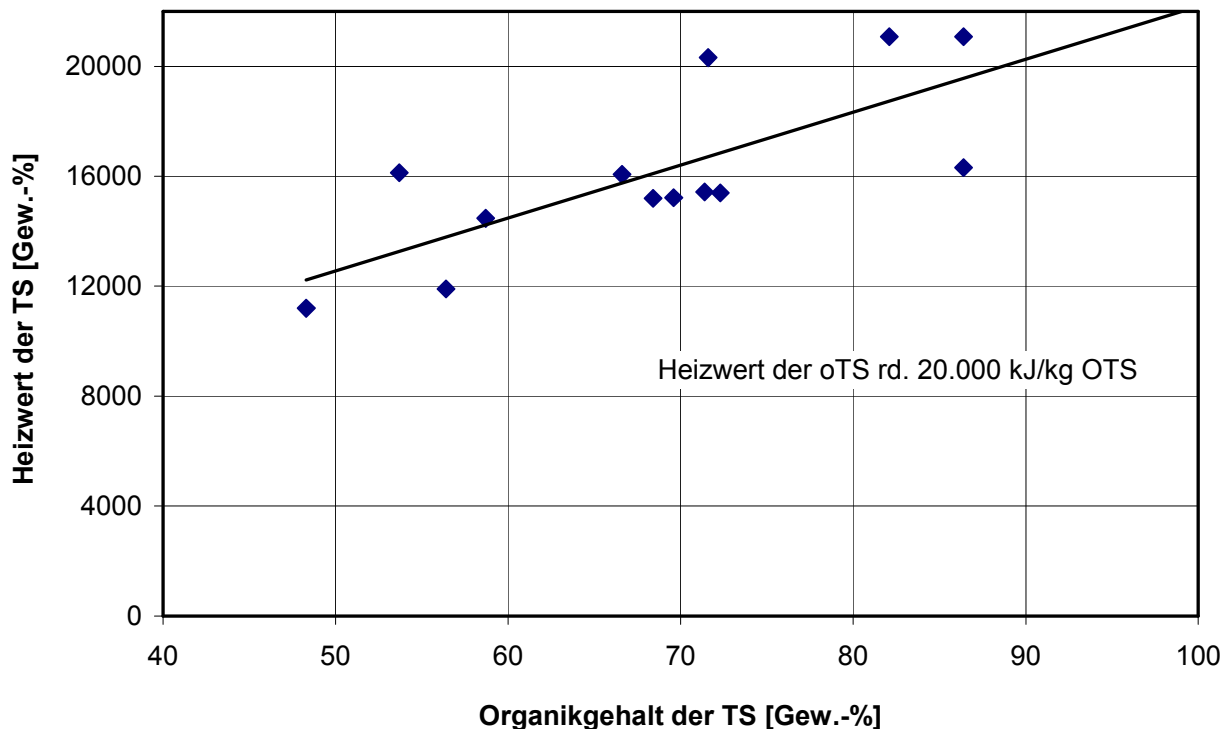


Abbildung 3: Heizwert der TS in Abhängigkeit des Organikgehaltes bei Bioabfall

Entsprechend berechnet sich überschlägig der untere Heizwert der Trockensubstanz ($H_{U,TS}$) aus dem Glühverlust wie folgt:

$$H_{U,TS} \text{ [kJ/kg]} = \text{GV [\%]} * 20.000 \text{ [kJ/kg]}$$

Unter Nutzung dieser Beziehungen lässt sich modellhaft darstellen, wie Glühverlust, Wassergehalt und Heizwert beim Biomüll im Originalzustand und beim Material zur Verwertung miteinander in Beziehung stehen (Abbildung 4).

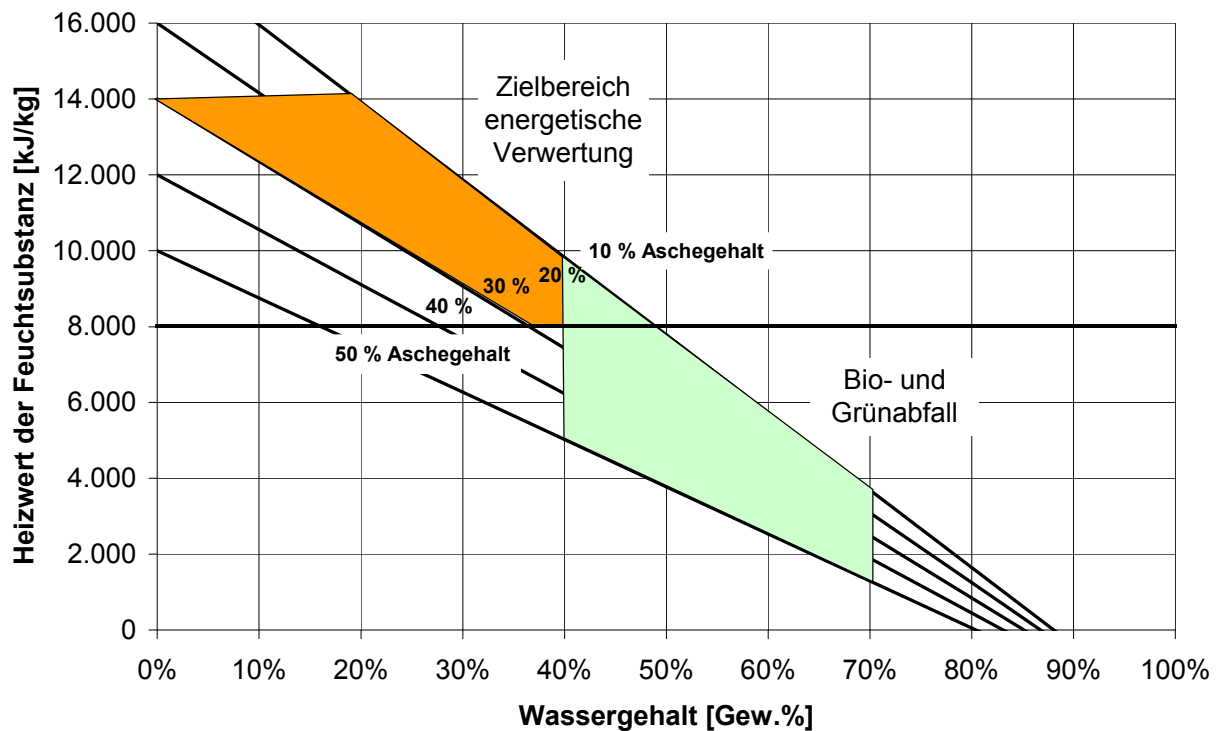


Abbildung 4: Beziehung zwischen Wassergehalt, Heizwert der Feuchtsubstanz und Glühverlust.

Man erkennt den Bereich, in dem der Biomüll angeliefert wird und den Zielbereich nach einer Aufbereitung für eine energetische Verwertung unter Annahme eines Zielbereiches von 8.000 bis 14.000 kJ/kg für den unteren Heizwert und weniger als 30 Gew.-% Aschegehalt.

4.2 Erfahrungen mit der mechanischen Aufbereitung

Im Rahmen der mechanischen Aufbereitung des Materials orientierten sich die Versuche an den verfahrenstechnischen Möglichkeiten des vorhandenen Kompostwerkes (Dekompaktierung, Störstoff- und Metallabscheidung, Überkornnachzerkleinerung, Siebung) unter Hinzuziehung zusätzlicher Einzelaggregate. So wurden zwei zusätzliche Aggregate hinsichtlich ihrer Eignung für die Klassierung des anfallenden Bioabfalls überprüft (Trommelsieb „Maxx“ für eine Absiebung < 15 mm; Sternsieb „Multistar 35E“). Beide Maschinen wurden von der Firma Farwick-Comtech zur Verfügung gestellt.

Im „**Trommelsieb-Versuch**“ wurde zunächst der Feinkornanteil < 15 mm des frischen Bioabfalls abgetrennt. Das Unterkorn mit dem erhöhten Mineralgehalt ging direkt in die Rottetunnel zur Kompostierung während das Überkorn der bestehenden mechanischen Vorbehandlungsanlage zur weiteren Aufbereitung zugeführt wurde. Hierbei durchlief das Material zunächst ein Trommelsieb mit einem Siebschnitt von 80 mm. Anschließend wurden die so entstandenen zwei Ströme mittels eines Magneten von metalli-

schen Verunreinigungen befreit. Das Überkorn wurde händisch auf Störstoffe untersucht und nach erfolgter Nachzerkleinerung dem Unterkorn beigemischt.

Das so gewonnene Material wurde mittels Radlader in die Rottetunnel für die Trocknung gefahren. Die Tunnel werden im Normalbetrieb zur Kompostierung eingesetzt.

Im „**Sternsieb-Versuch**“ wurden mittels Sternsiebes drei Fraktionen hergestellt (Unterkorn, Mittelkorn und Überkorn). Darüber hinaus wurden zwei verschiedene Qualitäten der Mittelfraktion erzeugt (10-80 mm und 20-80 mm). Hierbei musste das Sternsieb speziell für diesen Zweck adaptiert werden, da anderweitig eine unscharfe Trennung die Folge gewesen wäre.

Das Unterkorn wurde im Rottetunnel kompostiert; das Mittelkorn wurde zur Trocknung in die Rottetunnel verbracht. Das Überkorn wurde zwischengelagert und nach der Trocknung mit der Mittelfraktion vermischt.

Eine weitere mechanische Vorbehandlung wie bei dem Trommelsiebversuch erfolgte hierbei nicht. Dies hatte zur Folge, dass vor allem das Überkorn noch teilweise stark mit Störstoffen verunreinigt war.

Ausgangspunkt dieser Vorgehensweise war die Annahme, dass das Überkorn eine geringere Feuchtigkeit und höhere Organikgehalte als die Mittelfraktion besitzt und eine Trocknung des Überkorns somit ggf. verzichtbar ist. Weiterhin werden Störstoffe im Überkorn stark angereichert und können dort gezielter und einfacher entfernt werden.

4.3 Erfahrungen und Grenzen der biologischen Trocknung

Die Trocknung des Bioabfalls erfolgte in den Rottetunneln des Kompostwerkes. Dabei wurde das Material mittels Radlader ca. 2 bis 2,5 m hoch eingebracht (abhängig von der Siebfraktion). Die Trocknung erfolgte durch Druckbelüftung und Eigenerwärmung der Schüttung infolge biologischen Abbaus (biologische Trocknung). Die über einen Belüftungsboden eingebrachte Luft entzog dem Bioabfall die Feuchtigkeit und wurde je nach Innentemperatur im Umluftbetrieb gefahren oder aus dem Tunnel ausgetragen. Es wurde eine Trocknungsdauer von rd. 2 Wochen angesetzt. Dabei wurde das Material einmal umgesetzt.

Die Versuche zeigten, dass unter den gegebenen Bedingungen eine Trocknungszeit von ca. 14 Tagen nötig ist, um den Wassergehalt des Materials in Bereiche von 20 bis 30 Gew.-% (Masse) zu bringen.

Die letztendlich entscheidende Voraussetzung für eine erfolgreiche Trocknung ist die Aufrechterhaltung einer ausreichend hohen Lufttemperatur im Tunnel. Um die biologische Reaktion zu starten und den Trocknungsprozess zu unterstützen ist hier neben einer Möglichkeit zur Umluftführung (Startphase) insbesondere die Eingangstemperatur

von Bedeutung. Während in den Sommermonaten die Temperatur des angelieferten Bioabfalls und die Außentemperatur den Trocknungsprozess begünstigen, wird er im Winter naturgemäß durch diese Randbedingungen erschwert. So wurde ergänzend in einem Versuch geprüft, inwieweit die Zuführung von vorerwärmter Luft (rd. 40-50 °C, teilgesättigt) von Vorteil sein könnte. Die Wärme wäre ggf. aus Abwärme am Standort erzeugbar. Wie zu erwarten, beschleunigte sich der Trocknungsprozess durch die zugeführte Wärme und verkürzte somit die notwendige Aufenthaltszeit im Tunnel.

Im Rahmen der Trocknungsversuche wurden in einer ersten Versuchsstaffel im Februar 2003 für eine Fraktion nach Abtrennung des Überkorns > 80 mm verschiedene Parameter analysiert. Die Messwerte sind in nachfolgender Tabelle 2 den relevanten Qualitätsanforderungen für Biomasse eines Biomassekraftwerkes gegenübergestellt.

Tabelle 2: Ergebnisse der Trocknungsversuche (1. Versuchsstaffel)
Spezifikationen für die Verbrennung von Biomasse im Biomassekraftwerk

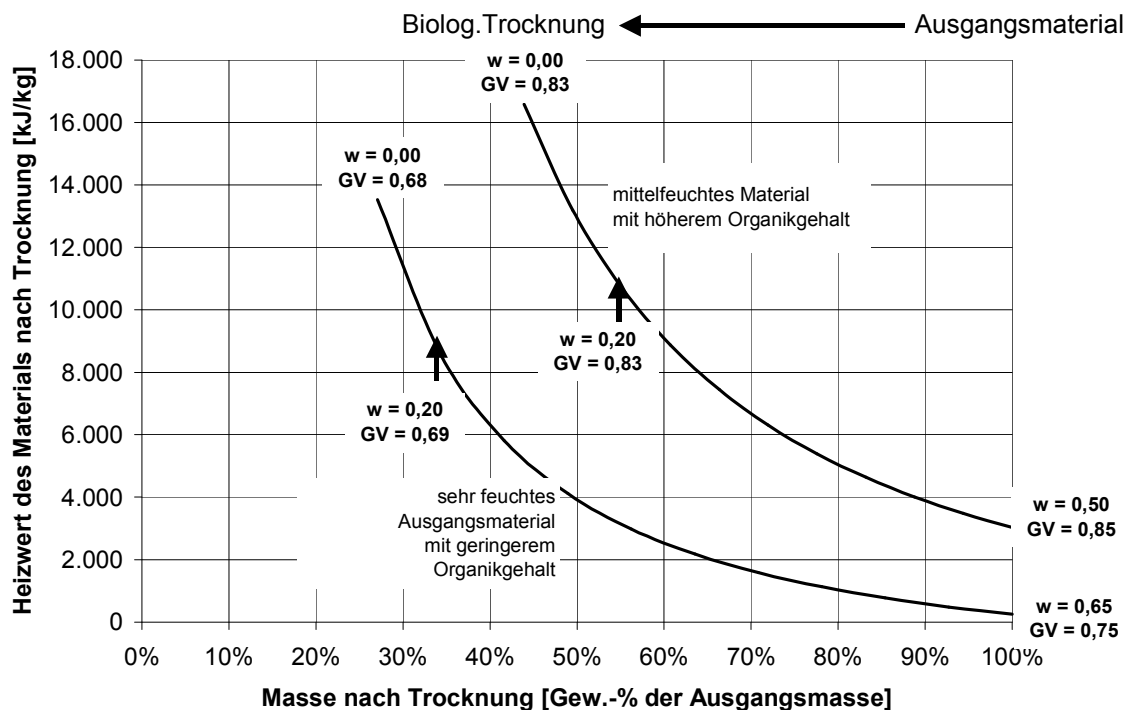
Parameter	Einheit	Toleranzbereich Kraftwerk	Messwerte aufbereitete Biomasse
Unterer Heizwert	MJ/kg	11,0 bis 16,5	9,8 bis 14,0
Ascheanteil	Gew.-%	2 – 15	14 – 28
Wasser	Gew.-%	< 30	9 – 30
Chlor	Gew.-%	< 0,9	0,2 bis 0,7
Schüttdichte	kg/m ³	150 bis 350	Einhaltbar
Korngröße		100 % < 150x15x15 mm 80% < 80x15x15 mm	Einhaltbar

In Tabelle 3 sind Einzelergebnisse der 2. Versuchsstaffel zusammengestellt.

Tabelle 3: Analyse-Ergebnisse der Trocknungsversuche (2. Versuchsstaffel)

Siebfraktion	15-80		15-x		10-80	20-80
Nummer der Probe	Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 1
Trockensubstanz (%)	70,5	70,7	62,2	70,3	69,9	76,2
Wassergehalt (%)	29,5	29,3	37,8	29,7	30,1	23,8
Glühverlust bei 550 °C (%)	82,1	81,3	78,8	81,4	77,8	79,7
Heizwert H_U (MJ/kg)	10,9	11,0	9,3	10,5	9,9	11,2

Es können auch aufgrund einiger theoretischer thermodynamischer Betrachtungen die Grenzen der biologischen Trocknung von Bioabfall abgesteckt werden. In Abbildung 5 sind die Trocknungskurven als Masseverlust infolge Wasserverdampfung und biologischen Teilabbau in Abhängigkeit der daraus folgenden Heizwertzunahme dargestellt. Beispielhaft sind zwei verschiedene Bioabfälle berechnet. Erstens ein Bioabfall mit einem hohen Feuchte- und vergleichsweise noch hohem Aschegehalt bzw. geringen Organikgehalt und zweitens ein Bioabfall mit mittlerer Ausgangsfeuchte und höherem Organikgehalt.

**Abbildung 5:** Zusammenhang zwischen Masseverlust und Heizwertzunahme bei der biologischen Trocknung von Bioabfallfraktionen (berechnet)

Unter Annahme einer systembedingten Grenze der biologischen Trocknung (Inaktivierung der Mikroorganismen) im Bereich von 20 Gew.-% Wassergehalt erkennt man die Möglichkeiten, und Grenzen. Bei dem dargestellten ungünstigeren Material ist es bereits ein ehrgeiziges Ziel einen unteren Heizwert von 8.000 kJ/kg zu erreichen. Bei günstigeren Voraussetzungen mit höherem Organik- und geringerem Wassergehalt ist ein Heizwertbereich von 10.000 bis 14.000 kJ/kg, wie auch im Praxisversuch festgestellt

wurde, erreichbar. Die Minderung des Anteils an organischer Substanz ist mit 2 bis 4 % vergleichsweise gering. Weitergehende Trocknung ist durch Nutzung von Abwärme möglich.

4.4 Erfahrungen bei der Kompostierung des Unterkorns

Das abgeseibte Unterkorn < 15 mm wurde ebenfalls in die Rotteboxen eingebracht, jedoch mit dem Ziel einer Kompostierung. Befürchtungen, dass aufgrund des überwiegenden Feinanteils eine Belüftung und Kompostierung erschwert wird, bestätigten sich nicht. Das Material konnte vergleichsweise problemlos kompostiert und sicher hygienisiert werden. Erste Analysen zeigten, dass die Grenzwerte der BioAbfV sicher eingehalten werden konnten (Tabelle 4).

Tabelle 4: Analyse-Ergebnisse des Siebunterlaufs

Parameter	Dimension	Abgeseibt	2001	Grenzwert BioAbfV	
		0 - 15 mm		Kategorie I	Kategorie II
Quecksilber	(mg/kg TS)	0,07	0,16	0,7	1,0
Blei	(mg/kg TS)	46	77	100	150
Cadmium	(mg/kg TS)	< 0,5	0,5	1,0	1,5
Chrom	(mg/kg TS)	25	26	70	100
Kupfer	(mg/kg TS)	35	87	70	100
Nickel	(mg/kg TS)	15	19	35	50
Zink	(mg/kg TS)	171	229	300	400

5 Erfahrungen bei der Verwertung im Biomasseheizkraftwerk

Die großtechnischen Versuche zur Verwertung der erzeugten Biomassen (rd. 500 Mg) wurden im Februar bis März 2004 in einem Biomassekraftwerk mit Rostfeuerung im Rhein-Main-Gebiet durchgeführt. Vom Verwerter wurde das Material prinzipiell als geeignet eingestuft (s.a. Tabelle 2). Allerdings wurde wegen des relativ geringen Heizwertes eingeschätzt, dass das Material nur zur Mitverbrennung unter Zumischung zu anderen Biomassebrennstoffen geeignet sei. Hervorzuheben ist auch der erhöhte Ascheanteil, der zwar noch im anlagentechnisch tolerablen Bereich liegt, jedoch deutlich über den anderer Biomassen, wie z.B. Altholz.. Die Erfahrungen lassen sich wie folgt zusammenfassen.

- Die aufbereitete Biomasse ist für eine Verwertung geeignet (Mittelfraktion mit Trocknung, Siebüberlauf > 80 mm auch ohne Trocknung)
- Die Brennstoffaufgabe erfolgt als Zumischung (10%) (keine Monochargenverbrennung).

- Eine weitergehende Wassergehaltsminderung ist wünschenswert jedoch nicht zwingend notwendig.
- Hinsichtlich der Qualität müssen Stückigkeit (Aufgabe Zentralschleuse) und Glasgehalt (Anbackungen im Feuerraum) verbessert werden.

Die Einordnung nach AVV erfolgt nach Abstimmung mit der Behörde in den Schlüssel 190501: nicht kompostierte Fraktion von Siedlungs- und ähnlichen Abfällen.

Ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Bewertung der Verwertung ist die Frage der Energiebilanz. Eine vereinfachte Energiebilanz für Strom (Tabelle 5) kommt zu dem Ergebnisse, der Bedarf an elektrischer Energie für die Aufbereitung rd. 10 % des späteren Energieerzeugung im Kraftwerk beansprucht. Die Energiebilanz ist damit deutlich positiv. Bei Kraft-Wärme-Kopplung im Kraftwerk verbessert sich die Bilanz noch.

Tabelle 5: Vereinfachte Energiebilanz Strombedarf- und –erzeugung

	Annahmen	Mittelwert (Bezug Ausgangsmasse)
Aufbereitung	Massenbilanz: Input 1 Mg (60 % Wassergehalt, Output: 0,57 Mg, 30 Wassergehalt, 10.000 MJ/Mg	
Mechanische Aufbereitung	12 bis 18 kWh/Mg (Erfahrungswerte)	15 kWh/Mg
Biologische Trocknung	15 bis 25 kWh/Mg (Erfahrungswerte)	20 kWh/Mg
		Summe Bedarf: rd. 35 kWh/Mg
Verwertung		
Biomassekraftwerk	(nur Strom ohne KWK) 0,57 Mg/Mg Input * 10.000 MJ/Mg * 25 % / 3,6	Produktion: rd. 400 kWh/Mg

6 Weitere Vorgehensweise

Aufgrund der bislang ermutigenden Ergebnisse wird das Konzept einer Anlage zur Aufbereitung von Biomasse zur energetischen und stofflichen Verwertung weiter verfolgt, soweit die Versuche zur energetischen Verwertung die sinnvolle Verwertbarkeit des Materials bestätigen. Ein Beispiel für eine Massenbilanz eines möglichen Behandlungskonzeptes, bei der das Unterkorn einer stofflichen Verwertung und die Mittel- und Überkornfraktion der energetischen Verwertung zugeführt wird, zeigt Abbildung 6.

Neben der technischen Machbarkeit spielen bei der Konzeption der Anlage natürlich auch ökonomische und ökologische Rahmenbedingungen am Standort eine Rolle. So ist noch nicht geklärt, ob eine biologische Trocknung tatsächlich die optimale Trocknungstechnik darstellt oder rein physikalische Trocknungsverfahren der Vorzug zu geben wäre. Am Standort stehen zukünftig mehrere Abwärmequellen im MW-Bereich zur Verfügung, die genutzt werden könnten. Hierzu wird das energietechnische Konzept derzeit entwickelt.

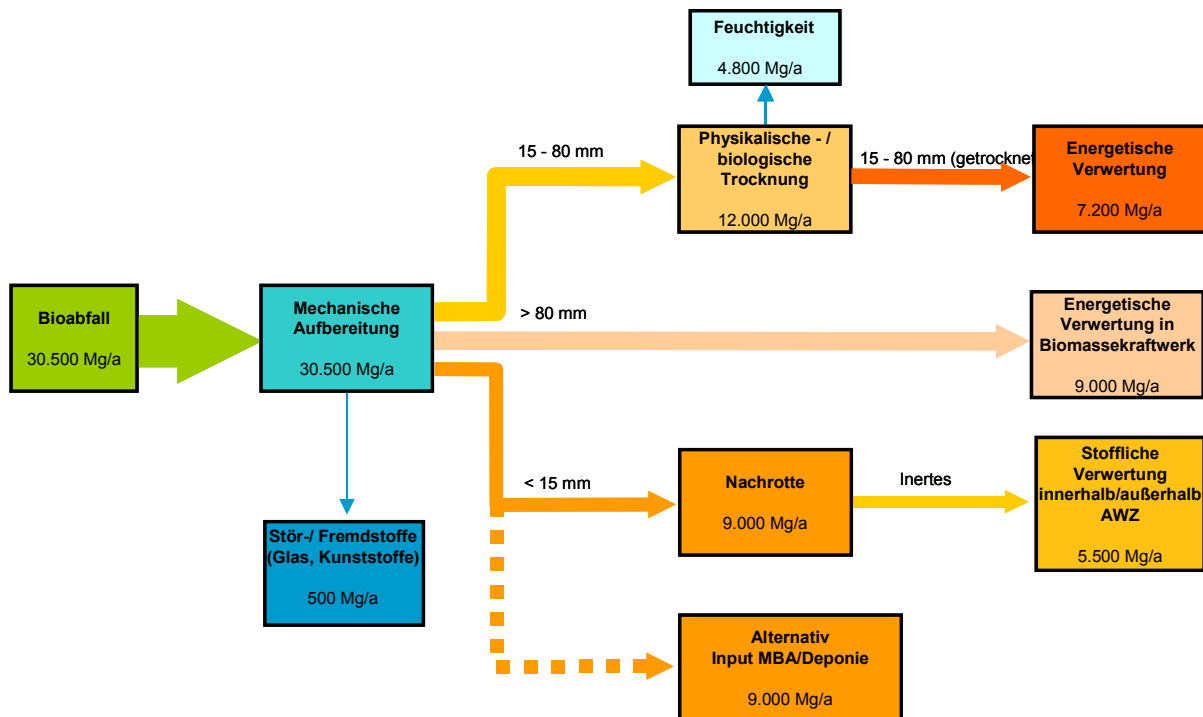


Abbildung 6: Stoffstromdiagramm (beispielhaft)

7 Fazit

Die Aufbereitung von Bioabfall zu energetisch verwertbarer Biomasse bietet interessante Perspektiven und ist, soweit die Organik angereichert werden kann und die Wassergehalte nicht zu hoch liegen, verfahrenstechnisch machbar. Die technische Machbarkeit der energetischen Verwertung muss noch unter Beweis gestellt werden. Eine Trocknung unter Einsatz von Primärenergie wäre den Zielen des Klimaschutzes gegenläufig. Eine biologische Trocknung in Kombination mit Nutzung ansonsten ungenutzter Abwärme erscheint vertretbar. Das Konzept bietet interessante wirtschaftliche Perspektiven zur Behandlung und Verwertung von Bioabfällen im Vergleich zu einer stofflichen Verwertung.

8 Literatur

- | | | |
|---|------|---|
| Klinski, Stefan | 2003 | Rechtliche Rahmenbedingungen und Probleme der Stromerzeugung aus Biomasse
Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des UBA „Erneuerbare Energien – rechtliche Fragen“ (FKZ 202 18 147) |
| Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit | 2003 | Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) Überblick zum Regierungsentwurf vom 17.12.2003 |

Anschrift des Verfassers

Dr.-Ing., Dipl.-WirtschIng. Joachim Dach
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
www.bjoernsen.de

Maria Trost 3
56070 Koblenz
0261/8851-181