

Winkler, G.; Krüger, S.; Beckmann, M.: Herstellung von Biomassebriketts aus Fraktionen einer Kompostanlage. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall – Band 1. Düsseldorf: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, S. 335–355. ISBN 3-935317-24-7. Erschienen auch in: Müllmagazin – Thema Biomasse (2006), Nr. 4, S. 32-39. ISSN 0934-3482

# Alles unter Kontrolle

## Bei der Herstellung von Biomassebriketts kann der Anlagenbetrieb des Kompostwerkes von saisonalen Schwankungen der Rohstoffzusammensetzung und der Nachfrage nach Kompost entkoppelt werden

Von Georg Winkler, Sascha Krüger und Michael Beckmann

In dem vorliegenden Beitrag wird ein Konzept zur Herstellung von Qualitätskompost und Biomassebrennstoff aus Bio- und Grünabfällen vorgestellt, mit dessen Hilfe der Kompostbetrieb weitestgehend von der saisonalen schwankenden Nachfrage nach Kompost abgekoppelt werden kann. Bei dem vorgestellten Verfahren besteht die Möglichkeit, das Verhältnis zwischen Kompost- und Brennstoffherstellung in weiten Bereichen zu variieren und somit flexibel auf das Angebot und die Nachfrage in dem jeweiligen Bereich zu reagieren. Darüber hinaus wird im Hinblick auf die Herstellung von Biomassebrennstoffen gezeigt, wie die brennstofftechnischen Parameter, das heißt die chemischen, mechanischen, kalorischen und reaktionstechnischen Eigenschaften, durch gezieltes Stoffstrommanagement auf den anschließenden thermischen Verwertungsprozeß angepaßt werden können. Erörtert wird auch das Korrosions- und Verschmutzungspotential von Biomassebrennstoffen, die im Vergleich zu fossilen Brennstoffen einen höheren Chlorgehalt aufweisen. Anders als bei den meisten Ersatzbrennstoffen (EBS) aus mechanisch-biologischer Aufbereitung von Siedlungsabfällen liegen bei den Biomassebrennstoffen über 90 Massenprozent des Chlorgehaltes in anorganischer Form vor.

Als Ausgangsprodukt für Qualitätskomposte und Biomassebrennstoffe nimmt die Bedeutung von Biomasse, das heißt Bio- und Grünabfällen, stetig zu. Neben der wachsenden Nachfrage nach Qualitätskomposten werden – aufgrund der Einspeisevergütung – vermehrt Biomassebrennstoffe als CO<sub>2</sub>-neutrale Energieträger nachgefragt. Abhängig vom Verfahren und von der Zusammensetzung des Rohkomposts fallen unterschiedliche Mengen an schwer- und nicht

verrottbaren Stoffströmen an. Diese belasten den Betrieb einer Kompostanlage aus wirtschaftlicher Sicht, verfahrensbedingt muß allerdings eine bestimmte Menge an schwer verrottbarem Material als Strukturbildner im Kreis geführt werden. Dieser Vorgang wirkt sich negativ auf den Gesamtdurchsatz einer Kompostanlage aus. Eine weitere ökonomische Beeinträchtigung ergibt sich, weil sowohl die Nachfrage nach Kompost als auch die Zusammensetzung des Rohmaterials saisonal schwanken, was im letztgenannten Fall dazu führt, daß der Anteil von schwer verrottbarem Material in der Gesamtmasse ständig variiert.

### Grundlagen zur Kompostierung und Biomasseaufbereitung

Mit der Kompostierung von Biomasse sollen biologisch abbaubare organische Abfälle in verwertbaren Kompost umgewandelt werden. Das Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (RAL-Gütezeichen) legt die Anforderungen an die Kompostierung und an den Kompost fest. Gütegesicherter RAL-Kompost wird zu 95 Prozent in pflanzenbaulichen Anwendungsbereichen eingesetzt, so zum Beispiel in der Landwirtschaft, im Landschaftsbau, im Hobbygartenbau oder in Erdwerken<sup>12</sup>.

Grundsätzlich läßt sich der Ablauf der Kompostierung in zwei Phasen einteilen. In der ersten Phase, der *Intensiv-, Vor- oder Heißrotte*, verweilt das Material je nach Kompostierungsverfahren einige Tage bis einige Wochen. Dabei entsteht ein *Frischkompost*. In der zweiten Phase, der *Nachrotte*, deren Dauer vier bis zwölf Wochen beträgt, wird der Frischkompost zu *Fertigkompost* umgewandelt.

Während des Rotteprozesses kommt es aufgrund der Wärme, die bei dem Umwand-

lungsprozeß freigesetzt wird, und wegen der schlechten Wärmeleitfähigkeit der Miete zu einer Temperaturerhöhung der Schüttung. Das Temperaturmaximum und die Dauer der hohen Temperaturen hängen ab von Faktoren wie Zusammensetzung des Materials, Verfügbarkeit der Nährstoffe für Mikroorganismen, Größe der Miete sowie Partikelgröße des Materials, Durchlüftung und Wassergehalt<sup>30</sup>.

Aus dem organischen Abfall – Ausgangsanteil 100 Prozent – entstehen durch den Verrottungsprozeß etwa 46 Massenprozent Kompost. Der Rotteverlust – hauptsächlich Wasserdampf und Kohlendioxid – beträgt etwa 48 Prozent. Der restliche Anteil (6 Massenprozent) wird in Form von Siebresten abgetrennt. Der allgemeine Verfahrensablauf der Kompostierung von Bio- und Grünabfällen wird in Abbildung 1 dargestellt<sup>17</sup>.

Aus verfahrenstechnischer Sicht sind bei den Kompostierungstechniken folgende wesentliche Unterscheidungsmerkmale zu nennen:

- offen oder geschlossen (gekapselt),
  - nicht erzwungene oder erzwungene Durchströmung des Rottegutes,
  - mit oder ohne mechanisches Umsetzen (dynamisches oder statisches Verfahren),
  - Anordnung des Rottegutes (Miete, modulare Miete, als Schüttung oder kompaktiert).

Die am häufigsten am Markt angebotenen Kompostierungsverfahren können grob in die folgenden sechs Grundtypen eingeteilt werden<sup>16</sup>.

Bei der *offenen Mietenkompostierung* wird das Ausgangsmaterial zu Dreiecks- oder Tafelmieten aufgeschüttet. Die Basisbreite der Miete richtet sich nach der Art der Materialien und schwankt zwischen 1,5 und 4 Me-

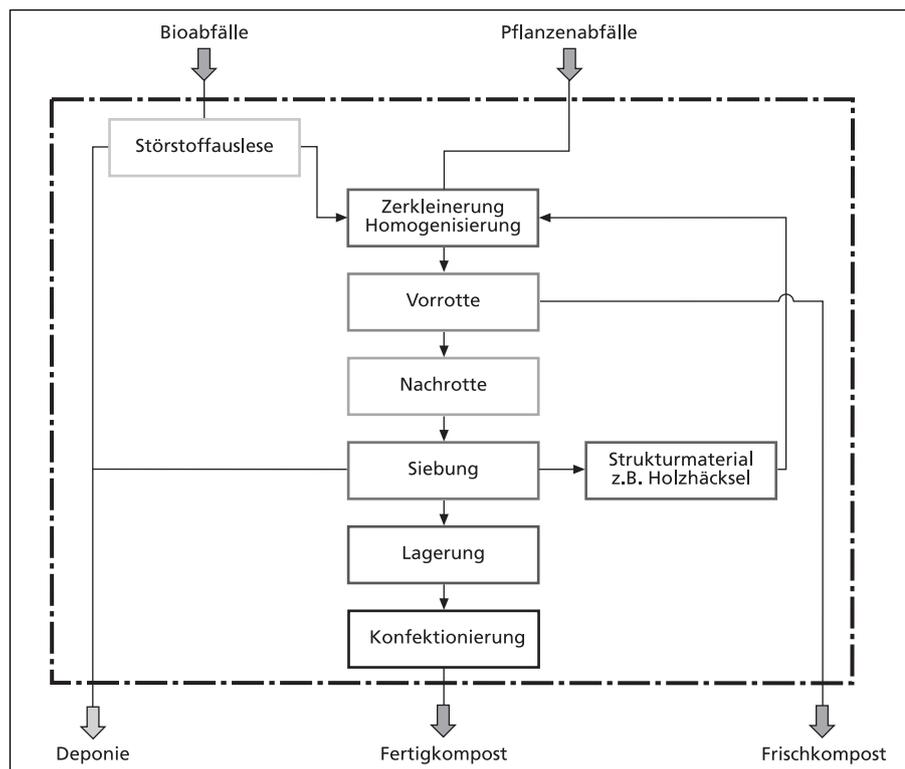


Abbildung 1: Verfahrensablauf der Kompostierung von Bio- und Grünabfällen

Quelle: Fricke/Turk 1991<sup>17</sup>

ter. Der für den Vorrottungsprozeß benötigte Sauerstoff gelangt mit der Luft durch Diffusion, freie Konvektion – nicht erzwungene Strömung – und beim Umsetzen der Mieten an das Material. Die Gesamttrottedauer beträgt bei diesem Verfahren drei bis sechs Monate, wobei die Zeit für die Intensivrotte mit vier bis sechs Wochen angenommen werden kann.

Im Unterschied zu der offenen Mietenkompostierung wird der Bioabfall bei der *gekapselten Mietenkompostierung* in einer Rottehalle kompostiert. Das Material, welches zu großen Tafelmieten aufgesetzt wird, wird durch von außen aufgeprägte Druck- und Saugbelüftung – erzwungene Strömung – belüftet. Die Gesamttrottedauer beträgt bei diesem Verfahren sechs bis acht Wochen, wobei die Zeit für die Intensivrotte mit etwa zwei Wochen angenommen werden kann. Die erzwungene Strömung bei der gekapselten Mietenkompostierung führt zu günstigen Stoff- und Wärmetransportbedingungen. Dadurch liegen die Verrottungszeiten bei der gekapselten Mietenkompostierung deutlich unter den Zeiten der offenen Mietenkompostierung.

Bei der *Trommelkompostierung* findet der Vorrottungsprozeß in einer sich drehenden Trommel statt. Durch die intensive Bewegung des Rottegutes in der Trommel wird das Material durchmischt, zerkleinert und belüftet. Hierdurch werden die Wärme- und Stofftransportvorgänge weiter intensiviert. Die Gesamttrottedauer beträgt bei diesem Verfahren sechs bis acht Wochen, wobei die Verweilzeit in der Trommel mit einem bis sieben Tagen vergleichsweise kurz ist. Die *Zeilen-/Tunnelkompostierung* zeichnet sich dadurch aus, daß das Rottegut in separaten, mit festen Wänden voneinander ge-

trennten Zeilen angeordnet wird, die nach oben offen (Zeilenkompostierung) oder geschlossen (Tunnelkompostierung) sind. Das Rottegut wird am Anfang einer Zeile oder eines Tunnels mit einer automatischen Beschickungsanlage aufgegeben, durch regelmäßige Umsetzvorgänge zum Austrag bewegt und dort mit einer automatischen Auszugsanlage ausgetragen. Das Rottegut wird durch einen Düsenboden – zum Beispiel Spigotboden – belüftet, gegebenenfalls kann zusätzlich bewässert werden. Die Verweilzeit des Gutes in der Zeile und im Tunnel beträgt jeweils vier bis acht Wochen. Die Nachrotte wird meist in offenen Mieten durchgeführt. Insgesamt beträgt die Gesamttrottedauer sowohl bei der Zeilen- als auch bei der Tunnelkompostierung etwa zwölf Wochen.

Ähnlich kurze Vorrottezeiten wie bei der Trommelkompostierung werden bei den Systemen der *Boxen-/Container-/Zellenkompostierung* erreicht. Die Vorrotte findet bei den genannten Systemen in einem abgeschlossenen, zwangsbelüfteten Raum mit vollständiger Ablufferfassung in sieben bis zwölf Tagen statt. Die meist mehrwöchige Nachrotte wird in der Regel in offenen Mieten durchgeführt. Die Gesamttrottedauer beträgt acht bis zwölf Wochen.

Im Unterschied zu den Verfahren, bei denen das Rottegut in bestimmten Zeitabständen mechanisch umgesetzt wird (dynamische Rotteverfahren), findet beim *Brikollare-Verfahren* keine Umsetzung des Materials statt (statisches Verfahren). Der Bioabfall wird zu Formlingen gepreßt und auf Paletten gestapelt in einer Rottehalle kompostiert. Der für den Kompostierungsprozeß unter anderem benötigte Sauerstoff gelangt durch nicht erzwungene Strömung und Diffusion durch

den Stapelbesatz, durch die Kapillaren und durch *Schrumpfungsrisse* an das Rottegut. Der Rotteverlust beträgt während der Vorrotte etwa 60 Massenprozent. Gegen Ende der Rotte sinkt der Wasseranteil in den Preßlingen auf 30 bis 35 Massenprozent. Die Preßlinge können danach als Frischkompost abgegeben werden. Die dafür benötigte Rottedauer beträgt fünf bis sechs Wochen. Zur Herstellung von Fertigkompost werden die Preßlinge erneut befeuchtet und zur Nachrotte auf Mieten gelegt, wofür eine Nachrottedauer von acht bis zehn Wochen erforderlich ist<sup>24</sup>.

Bei den genannten Rotteverfahren fallen je nach Zusammensetzung des Rohmaterials und des Verfahrens unterschiedliche Mengen an schwer- oder nicht kompostierbaren Stoffen an.

Ein Teil dieser Stoffe resultiert aus Fehlwürfen und mangelnder Trennung bei der Haushaltssammlung. Der Hauptteil an schwer- oder nicht verrottbarem Material wird jedoch durch den im Grünabfall enthaltenen Holzanteil gebildet. Holz und Strauchschnitt werden für die Kompostierung als Strukturmaterial durchaus benötigt. Sie müssen aber zusammen mit anderen Störstoffen durch Trennungsvorgänge – zum Beispiel Sieben und Sichten – vom Kompost abgetrennt werden. Die nur unzureichend verrotteten Holzbestandteile werden dann teilweise zurückgeführt, was die schwer- oder nicht verrottbaren Stoffströme innerhalb des Kompostbetriebes vergrößert.

Die vom Kompost und vom Bioabfall abgetrennten Störstoffe müssen getrennt entsorgt werden.

Die Aufbereitung des Kompostes sowie das Abtrennen von Störstoffen und Strukturmaterial belasten den Kompostbetrieb aus wirtschaftlicher Sicht.

Hinzu kommt, daß bereits die Bioabfallzusammensetzung saisonbedingt ist. Bioabfälle werden über das Jahr gesehen in der Regel kontinuierlich, Grünabfälle (Pflanzenabfälle) hingegen mit großen Schwankungen angeliefert, das heißt der Anteil an schwer verrottbarem Material variiert ständig. Darüber hinaus ist auch der Absatz des Kompostes saisonabhängig.

Aus Sicht des Kompostbetriebes, jedoch auch unter ökologischen Gesichtspunkten erscheint es zweckmäßig, den Holzanteil, der zunächst für die Kompostierung als Strukturmaterial benötigt wird, weiter zu Biomassebrennstoff aufzubereiten. Damit könnte die Rottedauer sogar verkürzt werden, das heißt es würde sich über die Vermeidung der rückgeführten Stoffströme hinaus – durch die geringe Verweildauer – eine wirtschaftliche Entlastung ergeben. Ein weiterer wirtschaftlicher Vorteil ergibt sich durch den Verkauf des aufbereiteten Biomassebrennstoffes. Zudem wird die saisonale Schwankung der Ertragssituation eines Kompostbetriebes gemindert. Diese Überlegungen sind auch im Zusammenhang mit einer stetig steigenden Nachfrage nach Qualitätskompost zu sehen. Prognosen für die weitere Entwicklung lassen eine anhaltend zunehmende Nachfrage erkennen, der Fall der früheren Überproduktion liegt nicht mehr vor<sup>20</sup>.

## Verfahren zur kombinierten Kompost- und Biomassebriketherstellung

Ausgehend von der zuvor genannten Zielstellung, große Mengen an Material, das zurückgeführt werden muß, und saisonale Schwankungen zu vermeiden, sowie das schwer kompostierbare Material Holz energetisch zu nutzen, wird im Folgenden ein Verfahren beschrieben, das sich bereits in dem Kompostwerk Weira/Thüringen im Probebetrieb befindet.

Das entwickelte Verfahren zur Herstellung von Briketts aus Biomasse zur weiteren Nutzung als Brennstoff wird im Folgenden grob in Verbindung mit einem vereinfachten Anlagenschema in den Abbildungen 2 bis 4 beschrieben.

Das Verfahren kann in drei Hauptabschnitte aufgeteilt werden: A) Verrottung, B) Kompostproduktion, C) Brikettierung.

### ■ Verrottung – Hauptabschnitt A

Der Hauptabschnitt A *Verrottung* (Abbildung 2) besteht im Wesentlichen aus den Anlagen und Verfahrensschritten

- A.1 Bunker,
- A.2 Umsetzen,
- A.3 Vorrötte,
- A.4 Nachrotte 1,
- A.5 Nachrotte 2.

Von außen werden der Anlage biogene Abfälle – Grünschnitt, Gartenabfälle, Speisereste, Vegetabilien – aus kommunaler Sammlung über den Bunker A.1 zugeführt und nachfolgend über Radlader (A.2) in eine mehrstufige Rotte (A.3 bis A.5) eingebracht. Die Dauer der Vorrötte, Nachrotte 1 und Nachrotte 2 beträgt jeweils etwa zehn Tage. Die Umsetzung findet jeweils zwi-

schendurch mit Hilfe von Umsetzern statt. Der Rotteverlust beträgt etwa 30 Massenprozent vom Inputmaterial. Bei einem Inputmassenstrom von etwa 60.000 Tonnen pro Jahr beträgt der Rotteverlust etwa 18.000 Tonnen pro Jahr, dementsprechend verbleiben als Rottegut etwa 42.000 Tonnen pro Jahr. Das Rottegut enthält noch einen nennenswerten Anteil an Holz und muß im Hauptabschnitt B mechanisch weiter aufbereitet werden.

### ■ Kompostproduktion – Hauptabschnitt B

Der Hauptabschnitt B *Kompostproduktion* (Abbildung 3) dient der weiteren mechanischen Aufbereitung des Rottegutes mit dem Ziel, eine Kompostfraktion, eine heizwertreiche Biomassefraktion für die weitere Brennstoffbriketherstellung und eine Hartstofffraktion zur Deponierung abzutrennen. Der Hauptabschnitt B setzt sich insbesondere zusammen aus:

- B.1 Siebanlage,
- B.2 Häcksler,
- B.3 Siebanlage,
- B.4 Hartstoffabscheider.

Das Rottegut aus dem Hauptabschnitt A (42.000 Tonnen pro Jahr) wird der Siebanlage B.1 zugeführt, in der drei Fraktionen

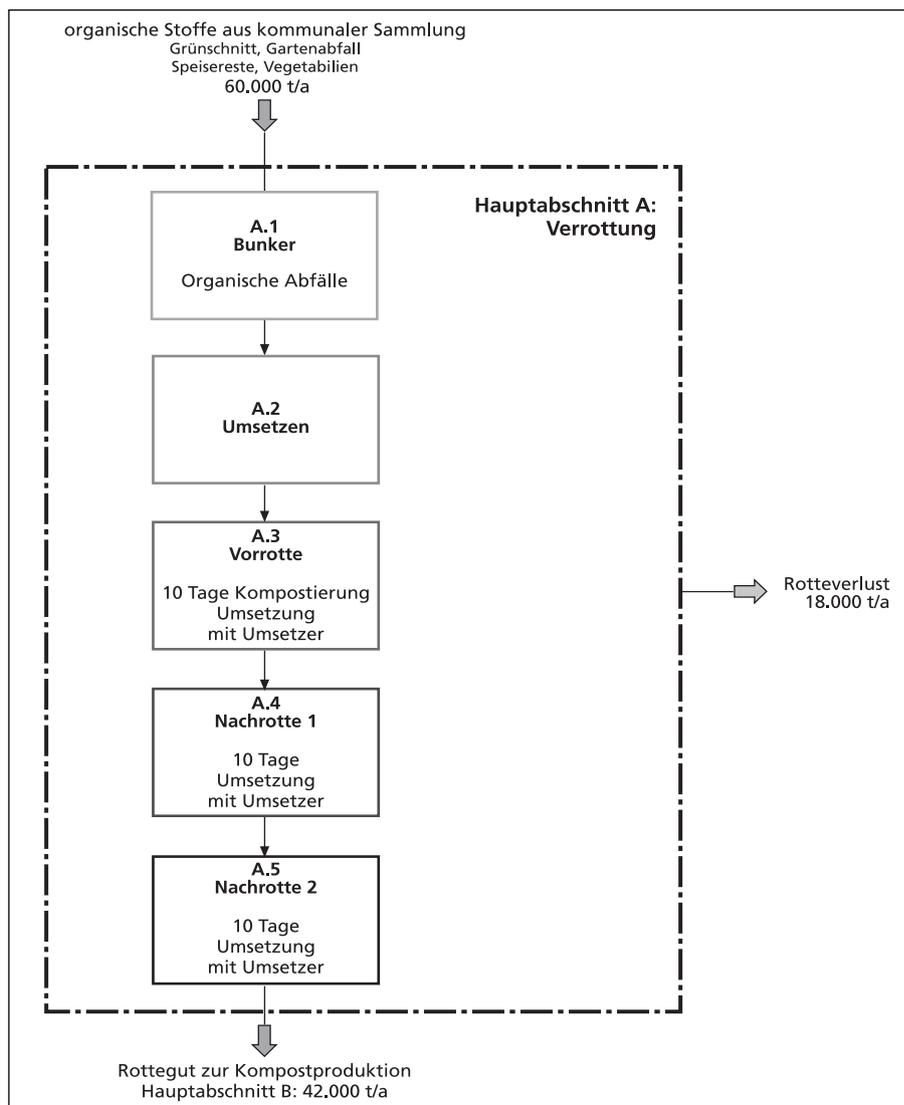


Abbildung 2: Schematische Darstellung Hauptabschnitt A: Verrottung

entsprechend der Siebweiten abgetrennt werden:

- Feinfraktion B.1 (0 bis 15 Millimeter) zur weiteren Nutzung als Kompost mit einem Massenanteil von etwa 30 Massenprozent vom Input zur Siebanlage B.1, das heißt etwa 12.600 Tonnen pro Jahr,
  - Mittelfraktion B.1 (15 bis 70 Millimeter) mit einem Massenanteil von etwa 40 Massenprozent vom Input zur Siebanlage B.1, das heißt etwa 16.800 Tonnen pro Jahr,
  - Grobfraktion B.1 (größer als 70 Millimeter) mit einem Massenanteil von etwa 30 Massenprozent vom Input zur Siebanlage B.1, das heißt etwa 12.600 Tonnen pro Jahr.

Die Grobfraktion B.1 (größer als 70 Millimeter) wird gemeinsam mit der von außen zugeführten Grobfraktion aus der externen Aufbereitung biogener Stoffe (etwa 10.000 Tonnen pro Jahr) in dem Häcksler B.2 zerkleinert. Beide Grobfraktionen bestehen im Wesentlichen aus stückigem Holz.

Das zerkleinerte Gut (etwa 22.600 Tonnen pro Jahr) wird gemeinsam mit der Mittelfraktion B.1 der Siebanlage B.3 zugeführt. In dieser folgt die Abtrennung

- der Feinfraktion B.3 (0 bis 5 Millimeter) zur weiteren Nutzung als Kompost mit einem Massenanteil von etwa 7 Massenprozent vom Input zur Siebanlage B.3, das heißt etwa 2.800 Tonnen pro Jahr, und
- der Grobfraktion B.3 (größer 5 Millimeter) mit einem Massenanteil von etwa 93 Massenprozent vom Input zur Siebanlage B.3, das heißt etwa 36.600 Tonnen pro Jahr. Die Grobfraktion B.3 wird zur weiteren Abscheidung von Störstoffen über einen Hartstoffabscheider B.4 geführt:
  - Die von Hartstoffen befreite Fraktion verläßt den Hauptabschnitt B als Ausgangsmaterial für die Brikettierung (etwa 97 Massenprozent vom Input zum Hartstoffabscheider B.4, das heißt etwa 35.500 Tonnen pro Jahr).
  - Die Störstoffe (etwa 3 Massenprozent vom Input zum Hartstoffabscheider B.4, das heißt etwa 1.100 Tonnen pro Jahr) werden zur Deponie abgegeben.

### ■ Brikettierung – Hauptabschnitt C

In dem Hauptabschnitt C *Brikettierung* (Abbildung 4) wird das zuvor im Hauptabschnitt B aufbereitete Gut (etwa 35.500

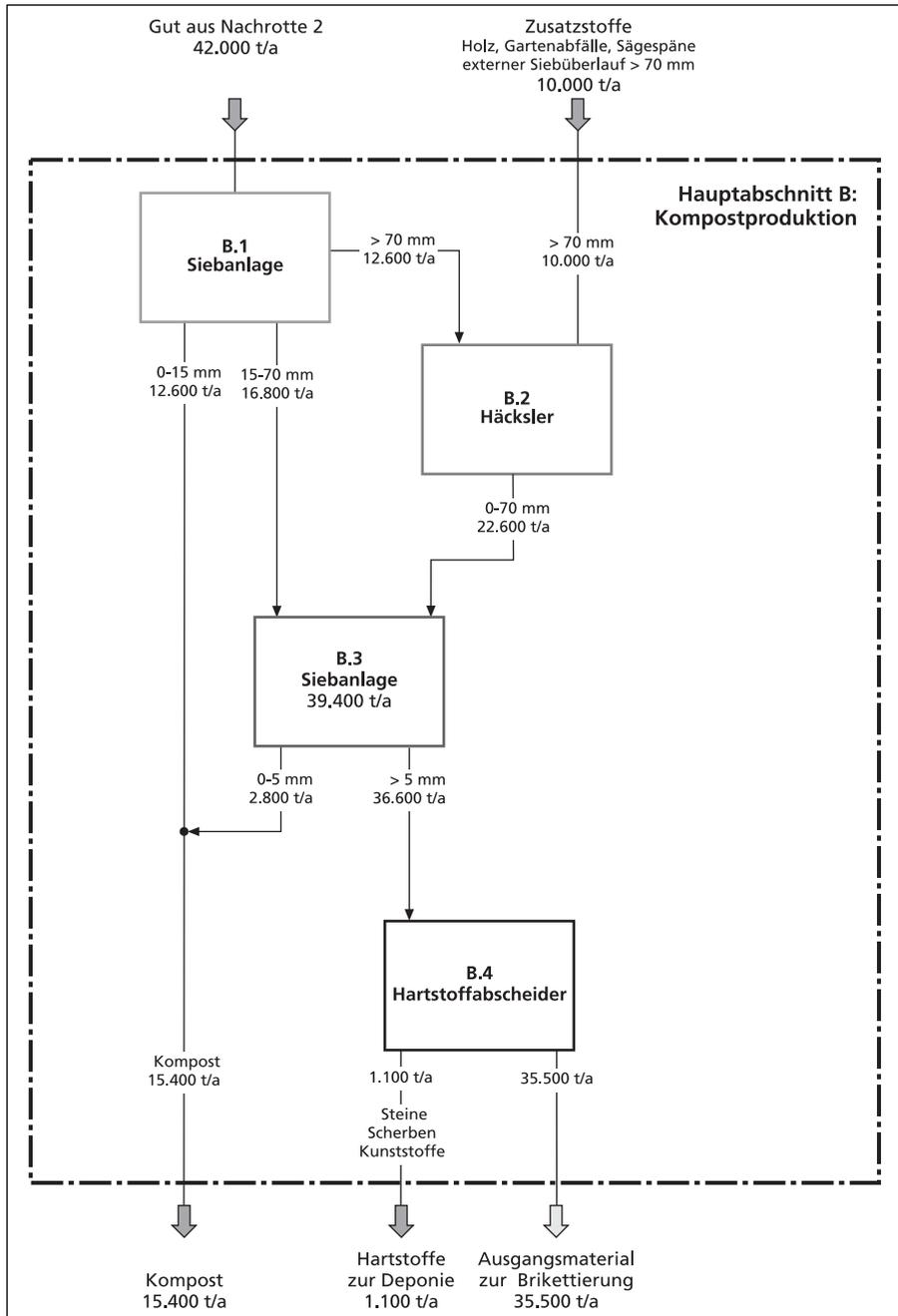


Abbildung 3: Schematische Darstellung Hauptabschnitt B: Kompostproduktion

Tonnen pro Jahr) zusammen mit Zusatzstoffen (etwa 3.500 Tonnen pro Jahr) zu kompakten Briketts verpresst. Der Hauptabschnitt C umfaßt die Verfahrensschritte und Apparate

- C.1 Brennstofflager,
- C.2 Zusatzstofflager,
- C.3 Mischer,
- C.4 Dosierbunker,
- C.5 Extruderpresse,

Das im Hauptabschnitt B aufbereitete Gut wird zunächst dem Brennstofflager C.1 zugeführt und zusammen mit Zusatzstoffen – zum Beispiel Baumwolle – aus dem Zusatzstofflager C.2 dem Mischer C.3 zugeführt. Der Anteil an Zusatzstoffen beträgt etwa 100 Kilogramm Zusatzstoffe je 1.000 Kilogramm aufbereitetes Gut. Die Mischung wird nachfolgend einem Dosierbunker C.4 und von dort der Extruderpresse C.5 zuge-

führt. In der Extruderpresse wird das Aufgabegut zu Briketts mit einem quadratischen Querschnitt mit einer Kantenlänge von etwa 70 Millimeter (Abbildung 5) und einer Länge von 100 bis 200 Millimeter (Abbildung 6) kompaktiert. Abschließend werden die Briketts durch Trocknung (C.6) weiter stabilisiert.

Ausgehend von einem Wassergehalt der Briketts vor der Trocknung von etwa 30 Massenprozent wird durch die Trocknung ein Wassergehalt (Endfeuchte) zwischen 15 und 25 Massenprozent angestrebt. Bei Annahme eines Wassergehaltes nach der Trocknung von 22 Massenprozent ergeben sich etwa 35.500 Tonnen Briketts pro Jahr.

#### ■ Vorteile des Verfahrens bezüglich der Durchsatzsteigerung der Anlage

In herkömmlichen Kompostierungsverfahren für Bioabfälle aus der kommunalen Samm-

lung beträgt die Dauer des Rotteprozesses für einen Durchlauf etwa zehn Wochen. Üblicherweise werden grobe und schwer kompostierbare Stoffe wie zum Beispiel Holz nach der Rotte durch Absieben von dem erzeugten Kompost abgetrennt und in die Vorrotte zurückgeführt. Je höher der Anteil an schwer kompostierbaren Stoffen im Eingangsmaterial ist, desto größer wird die Rückführung – die Betriebskosten steigen und der Erlös verringert sich.

Bei dem hier dargestellten Verfahren wird das schwer kompostierbare Material (im Wesentlichen stückiges Holz) bereits nach dem ersten Rottedurchlauf abgetrennt und nach weiteren mechanischen Aufbereitungsschritten zu Biomassebriketts verpresst. Durch die Abtrennung des schwer kompostierbaren Materials mit dem Ziel der Brennstoffproduktion wird die Rückführung dieser Fraktion vermieden und darüber hinaus kann die Rottezeit deutlich auf dreißig Tage – etwa vier gegenüber zehn Wochen – verringert werden. In dieser verkürzten Rottezeit werden nur leicht kompostierbare Stoffe wie Gräser, Blätter, Küchenabfälle zu Kompost umgesetzt. Der Kompost ist durch die Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. überprüft worden und hat das Gütezeichen Kompost erhalten<sup>13</sup>.

Das Abtrennen der schwer kompostierbaren Fraktion und deren weitere Aufbereitung zu einem Biomassebrennstoffbrikett entlasten den Betrieb der Kompostieranlage.

## Nutzung der Biomassebriketts als Brennstoff

Aufgrund der derzeitigen Situation auf dem Biomassebrennstoffmarkt bestehen gute Absatzmöglichkeiten für die Biomassebriketts. Diese können sowohl in Feuerungen – zum Beispiel Großanlagen mit Dampferzeuger, Kleinanlagen für Beheizung –, als auch in Vergasungsverfahren – zum Beispiel Kleinvorgaser mit nachgeschaltetem Gasmotor – verwertet werden. Entscheidend für den jeweiligen Einsatz der Briketts sind deren brennstofftechnische Eigenschaften, die auf den jeweiligen Einsatzfall – Feuerungstyp, Vergasertyp – abgestimmt sein müssen. Zu nennen sind hier insbesondere Heizwert, Aschegehalt, Wassergehalt, Ausbrandverhalten, mechanische Festigkeit und Feuerstandfestigkeit sowie Spurenstoffe.

Beispielhafte Analysenwerte des aufbereiteten Materials für die Brikettierung<sup>15</sup> (Fertigmischung; nach C.3 in Abbildung 4) und fertiger Briketts zeigen bei einer Gegenüberstellung mit den Brennstoffkriterien nach RAL-GZ 428, daß eine gute Qualität erreicht wird (Tabelle 1). Typisch für viele Biomassebrennstoffe ist ein im Vergleich zu fossilen Brennstoffen höherer Chlorgehalt. Im Unterschied zu den meisten Ersatzbrennstoffen aus Abfällen – aus mechanisch-biologischer Aufbereitung von Siedlungsabfällen – liegen bei den Biomassebrennstoffen über 90 Massenprozent des Chlorgehaltes in anorganischer Form vor. Dies ist auch bei den hier vorliegenden Biomassebriketts der Fall. In diesem Zusammenhang wird weiter unten auf das Korro-

sions- und Verschmutzungspotential näher eingegangen.

Bei dem hier dargestellten Verfahren gibt es mehrere Möglichkeiten, durch die Prozeßführung gezielt die brennstofftechnischen Eigenschaften der Biomassebriketts zu beeinflussen, um auf unterschiedliche Anforderungen der Kraftwerksbetreiber reagieren zu können. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die brennstofftechnischen Eigenschaften gegeben werden.

## ■ Gezieltes Einstellen der brennstofftechnischen Parameter

Die brennstofftechnischen Eigenschaften können durch mechanische, chemische, kalorische und reaktionstechnische Parameter beschrieben werden<sup>3, 7</sup>. Bei dem Herstellungsprozeß der Biomassebriketts können die brennstofftechnischen Parameter vor allem eingestellt werden:

- durch gezieltes Stoffstrommanagement der Inputströme, einschließlich der Zusatzstoffe, sowie
- durch Anpassung der Prozeßparameter bei den Trenn- und Zerkleinerungsprozessen, beim Preßvorgang und bei der Trocknung.

Beispielsweise läßt sich durch eine Veränderung der Siebmaschenweite – zum Beispiel in Siebanlage B.1 – der Kompostanteil im Siebüberlauf erhöhen (Maschenweite erniedrigen) oder verringern (Maschenweite erhöhen). Ferner kann der Anteil an Zusatzstoffen zu B.2 – zum Beispiel Holzanteil – oder C.3 – zum Beispiel Baumwolle – variabel eingestellt werden, wodurch sich zum Beispiel der Heizwert, die Festigkeit oder der Aschegehalt der Briketts einstellen lassen. Diese Parameter können weiter durch Variation von Neigung und Frequenz am Spannwellensieb der Siebanlage B.3 und an dem Hartstoffabscheider B.4 beeinflußt werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Feuerstandfestigkeit der Briketts über die Parameter für den Brikettiervorgang – zum Beispiel Körngröße und Korngrößenverteilung, Wassergehalt, Zusatzstoffe, Größe der Briketts, Preßdruck der Extruderpresse – anzupassen. Bei der abschließenden Trocknung (C.6) können zum Beispiel der Heizwert und die Festigkeit der Briketts weiter beeinflußt werden.

Bislang sind neben den brennstofftechnischen Analysen – Elementar- und Spurenzusammensetzungen, Heizwert und Ascheschmelzverhalten – Untersuchungen zum Verbrennungsverhalten in einem Batch-Reaktor<sup>8</sup> sowie Tastversuche in einer Biomasseverbrennungsanlage mit Rostsystem (Mischung aus 80 Massenprozent Altholz und 20 Massenprozent Biomassebriketts) durchgeführt worden. Sowohl im Batch-Reaktor als auch in der Biomasseverbrennungsanlage wiesen die Briketts ein gleichmäßiges Zünd- und Abbrandverhalten auf. Wie aus Abbildung 7 ersichtlich, ist auch in der Ausbrandzone des Verbrennungsrostes der Biomasseverbrennungsanlage die Ausgangsform des Briketts gut erhalten. Dies weist auf eine gute Feuerstandfestigkeit, eine geringe Zerfallsneigung und damit eine verringerte Gefahr des

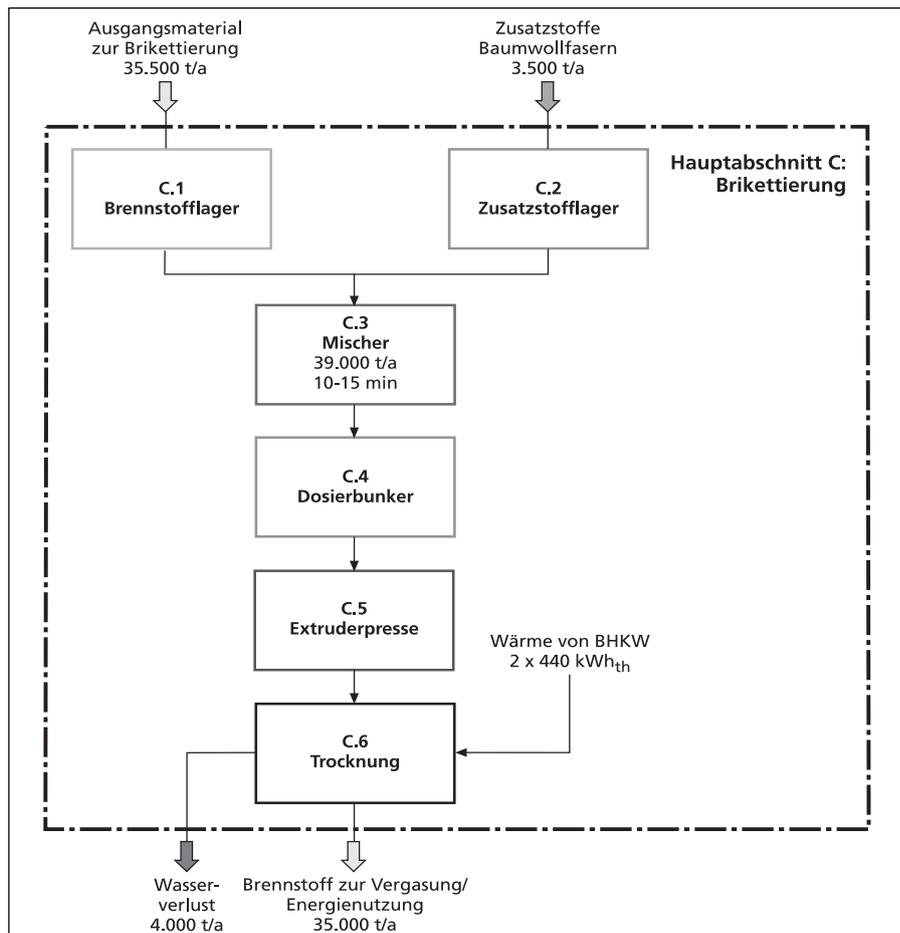


Abbildung 4: Schematische Darstellung Hauptabschnitt C: Brikettierung



Abbildung 5: Biomassebrikett



Abbildung 6: Biomassebrikett, Längsansicht Querschnitt

Probe	Einheit	RAL-GZ 428/5 und 428/3	Fertigmischung (Beispiel)	Brikett, vor Trocknung (Beispiel)
Wasser	Ma.-%	≤ 20	20,7	17,9
Asche (815 °C)	Ma.-%	–	11,0	35,4
Heizwert	MJ/kg (wf)		18.730	13.760
Arsen	mg/kg (wf)	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Blei	mg/kg (wf)	≤ 30	32	60
Cadmium	mg/kg (wf)	≤ 2	< 0,6	1,0
Chrom gesamt	mg/kg (wf)	≤ 30	31	177
Kupfer	mg/kg (wf)	≤ 20	76	171
Quecksilber	mg/kg (wf)	≤ 0,4	0,36	< 0,07
Fluor gesamt	mg/kg (wf)	≤ 100	62	87
Chlor gesamt*	mg/kg (wf)	≤ 600	3.100	4.300
Chlorid (Cl), anorg.	mg/kg (wf)		n.b.	4.210
PCP	mg/kg (wf)	≤ 3	≤ 0,05	≤ 0,05
PCB	mg/kg (wf)	≤ 50	0,118	< 0,005

\* Chlorgehalte verschiedener Biomassen<sup>18</sup> (Beispiele); Cl in mg/kg (wf): Weizen-Korn 673; Reis-Korn 567; Reis-Spelzen 673; Biokompost 1.339; Weizen-Stroh 3.300; Gras 7.315

Tabelle 1: Brennstoffkriterien nach RAL-GZ 428 und Analysendaten Fertigmischung und Brikett (Beispiele)

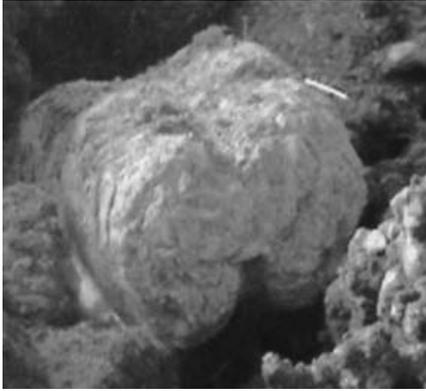


Abbildung 7: Biomassebrikett in der Ausbrandzone der Feuerung



Abbildung 8: Biomassebrikett, Ausbrand im Batch-Reaktor

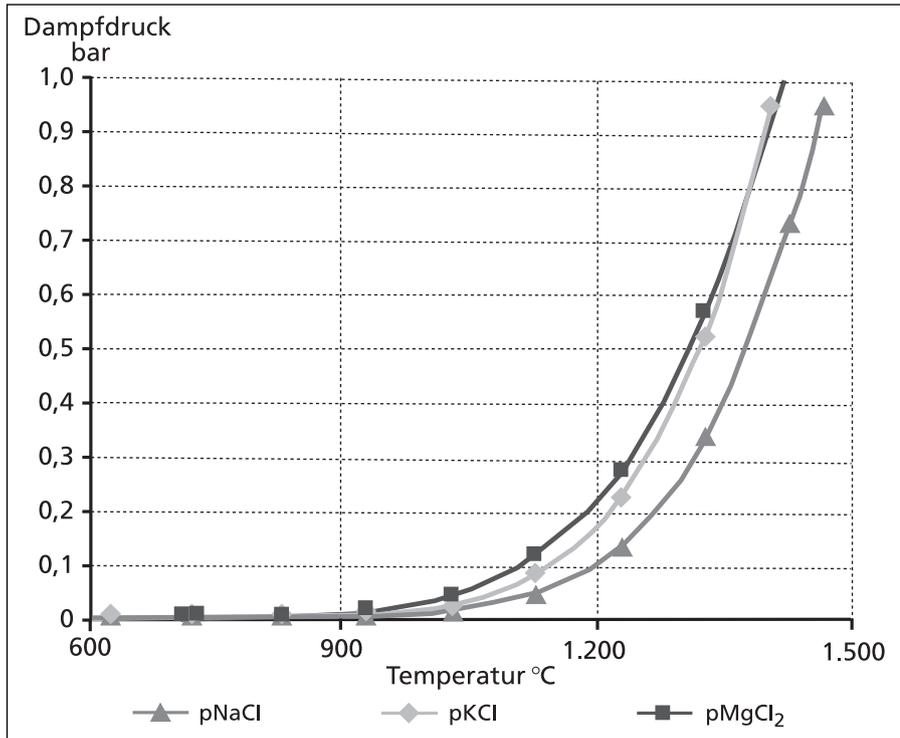


Abbildung 9: Dampfdruckkurven für Natriumchlorid (NaCl), Kaliumchlorid (KCl) und Magnesiumchlorid (MgCl<sub>2</sub>)  
Quelle: Beckmann/Scholz/Horeni 2006<sup>9</sup>

Staubaustrages hin. Der Ausbrand der Briketts sowohl am Ascheaustrag des Verbrennungsrostes als auch im Batch-Reaktor war nahezu vollständig (Abbildung 8).

Auf die Untersuchungen im Batch-Reaktor wird im folgenden Kapitel im Zusammenhang mit der Chlorfreisetzung und dem Korrosionspotential weiter eingegangen.

#### ■ Korrosions- und Verschmutzungsneigung von Biomassebrennstoffen

Um das Korrosionspotential eines Brennstoffes einschätzen zu können, reicht es nicht aus, allein den Chlorgehalt im Brennstoff zu bestimmen. Ferner zu beachten sind zunächst die Bindungsform (organisch, anorganisch), die Verbindung selbst zum Beispiel Polyvinylchlorid (PVC), Kaliumchlorid (KCl), Natriumchlorid (NaCl) und das komplexe Zusammenwirken der weiteren Brennstoffinhaltsstoffe wie zum Beispiel Alkalien, Schwefel, Schwermetalle (im Wesentlichen Zink und Blei), der Aschgehalt sowie das Ascheschmelzverhalten. Hierzu liegen Er-

kenntnisse vor, die bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen mit hohen Chlorgehalten (zum Beispiel Liu/Pan/Riley 2000<sup>22</sup>) und hohen Salzgehalten (zum Beispiel Bieber 1992<sup>10</sup>) sowie aus der Abfallverbrennung (zum Beispiel Born 2003<sup>11</sup>) gewonnen wurden. Diese liefern wertvolle Hinweise in Bezug auf das Korrosionspotential beim Einsatz von Biomassebrennstoffen in thermischen Prozessen.

Zur Einschätzung des Korrosionspotentials eines Brennstoffes ist neben dem Chlorgehalt die Bindungsform des Chlors (organisch oder anorganisch) zu betrachten. Organisch gebundenes Chlor findet sich zu meist in Brennstoffen mit hohen Kunststoffgehalten – hauptsächlich PVC – wie BRAM (Brennstoff aus Müll) oder EBS. Der anorganisch gebundene Chloranteil beträgt bei diesen Brennstoffen maximal zwei Prozent<sup>19</sup>. Aus Untersuchungen zur thermischen Zersetzung von PVC unter Heliumatmosphäre und einer Aufheizrate von 20 Kelvin pro Minute (K/min) ist bekannt, daß

bei etwa 300 Grad Celsius die Abspaltung von Chlor nahezu quantitativ stattfindet und sich HCl bildet<sup>21</sup>. Im Unterschied zu EBS liegen etwa 95 Prozent des Gesamtchlorgehaltes von Biomassebriketts – hergestellt aus Fraktionen von Kompostanlagen – in Form von Alkali- und Erdalkalichloriden (anorganisch gebundenes Chlor) vor, die abhängig vom Temperaturniveau und von der Schwefeldioxid(SO<sub>2</sub>)-Konzentration als Chloride (Abbildung 9) oder über Sulfatisierungsreaktionen als Sulfate mit der Folge der Bildung von Chlor (HCl und Cl<sub>2</sub>) freigesetzt werden können.

Mit dem Verbrennungsabgas werden diese flüchtigen Chloride zu den konvektiven Wärmetauscherflächen transportiert. Da die verschiedenen Salzspezies – Alkali- und Erdalkalichloride – bei unterschiedlichen Temperaturen in Sättigung treten, kommt es zu einer fraktionierten Ablagerung der Salze in den Belägen auf den Wärmetauscherflächen<sup>26, 27</sup>.

Im Zusammenhang mit diesem Sachverhalt wurden Verbrennungsversuche in einem Batch-Reaktor mit den Biomassebriketts durchgeführt. Zur qualitativen Bestimmung von Bestandteilen des Verbrennungsgases, die an kalten Dampferzeugerwänden und Rohren Beläge bilden können, wurde eine mit Druckluft gekühlte Sonde eingesetzt. Bei Feuerraumtemperaturen von 900 bis 1.000 Grad Celsius wurde die Oberflächentemperatur der Sonde auf etwa 300 Grad Celsius abgekühlt. An dieser Kühlfalle kam es zur Ausbildung von Belägen, die dann im Labor auf ihren Chlorgehalt untersucht wurden. Bei den durchgeführten Versuchen wurden nur geringe Ablagerungen an der Sonde festgestellt, der Chlorgehalt der Beläge betrug 5 bis 7 Massenprozent, was üblichen Werten von Chlorgehalten in Ablagerungen von Biomasseanlagen entspricht. In Belägen von Abfallverbrennungsanlagen sind – je nach untersuchtem Bereich – zwischen 5 und 15 Massenprozent enthalten.

Im Hinblick auf das Korrosionsrisiko muß weiter darauf hingewiesen werden, daß bei den Biomassebrennstoffen – zum Beispiel Holzpellets oder Gartenabfälle – das Verhältnis Schwefel zu Chlor deutlich niedriger ist, als bei Regelbrennstoffen wie Braun- und Steinkohle (Abbildung 10).

Der Schwefelgehalt im Brennstoff beziehungsweise die Konzentrationen von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Schwefeltrioxid (SO<sub>3</sub>) im Abgas beeinflussen entscheidend das Korrosionspotential<sup>9</sup>. Aus dem Betrieb von Kohlekraftwerken ergaben sich Hinweise, daß ein erhöhtes Schwefel/Chlor-Verhältnis im Brennstoff dessen Korrosionspotential herabsetzt. Die Schädigungen, die Bedeutung der Beläge und die Belagsentwicklung als Auslöser der Schädigung, sowie die Dynamik der schädigenden Prozesse sind beschrieben von Born 2003<sup>11</sup>, Metschke/Spiegel 2004<sup>23</sup> und Spiegel et al. 2005<sup>26</sup>.

Entscheidend ist hier die Sulfatisierungsreaktion für Chloride, das heißt die Umwandlung von chloridischen Salzen in Sulfate. Bereits bei geringen Konzentrationen von Schwefeldioxid beziehungsweise Schwefeltrioxid lie-

gen Alkali- und Erdalkalisalze in sulfatischer Form vor. Das Chlor wird aus den Belägen ausgetrieben. Hierdurch wird das korrosive Potential des Belages gemindert.

Es ergeben sich somit sehr komplexe stoffliche Wechselwirkungen bei der thermischen Umsetzung von Biomassebrennstoffen. Hinzu kommt, daß auch die jeweiligen Prozeßparameter bei der Verbrennung beziehungsweise Vergasung – zum Beispiel Luftzahl, Primär- zu Sekundärluftverhältnis – entscheidenden Einfluß auf die Korrosion und Verschmutzung der Wärmetauscherflächen haben. Ferner ist im Hinblick auf das Korrosions- und Verschmutzungsverhalten beim Einsatz von Biomassebrennstoffen in Verbrennungsanlagen ein *einfaches Scale-Up* vom Versuchs- und Pilotmaßstab auf großtechnische Anlagen nicht möglich.

Um beim Einsatz eines bestimmten Brennstoffes eine korrosions- und verschmutzungsoptimierte Anlagenfahrweise zu erreichen, sind in der Regel Versuche an den jeweiligen Anlagen durchzuführen. Gerade bei Brennstoffen mit unbekanntem Korrosionspotential ist die Bereitschaft von Betreibern zu Langzeitversuchen wegen der potentiellen Schadensgefahr verständlicherweise gering. Um das Korrosions- und Verschmutzungspotential eines bestimmten Brennstoffes oder eines bestimmten Anlagenbetriebes einzuschätzen, gibt es folgende Kurzzeituntersuchungen:

- Asche zu Salz Proportion (ASP) – Untersuchung im Abgasstrom (etwa ein Tag),
- Online-Wärmestromdichtemessung am Dampferzeuger (etwa eine Woche).

Mit Hilfe der Asche zu Salz Proportion (ASP) der Partikelfrachten im Abgas erhält man unmittelbare Informationen über das Korrosionspotential der Verbrennungsprodukte im Abgas. So ist es möglich, in Abhängigkeit von gegebenen oder gezielt herbeigeführten Betriebsituationen – zum Beispiel durch die Auswahl eines bestimmten Brennstoffes – die Verschmutzungs- und Korrosionsneigung einzuschätzen. Für die Messung wird eine spezielle Sonde in den Abgasstrom eingebracht, auf der sich die Partikel aus dem Rohgasstrom abscheiden. Nachfolgend werden der Asche- und der Salzanteil der abgeschiedenen Partikel bestimmt. Üblicherweise werden diese Messungen in einer Untersuchungskampagne fünf- bis zehnmal pro Tag durchgeführt und 2 bis 4 Meßtage pro Betriebsvariation werden zu einem Befund integriert. Indem man die Befunde aus diesen Messungen mit Langzeiterfahrungen, Vergleichen mit anderen Anlagen und Befunden aus Stillstandsbegehungen verknüpft, kann man das Korrosions- und Verschmutzungspotential der Betriebsituation zum Zeitpunkt der Messung abschätzen. Entsprechende Vorgehensweisen wurden im Zuge von Forschungsvorhaben und Betriebsuntersuchungen entwickelt<sup>23, 25</sup>.

Eine weitere Meßmethode zur Abschätzung des Verschmutzungspotentials eines Brennstoffes ist die Online-Wärmestrommessung an Membranverdampferwänden von Verbrennungsanlagen<sup>6, 4, 5</sup>. Mit dieser Meß-

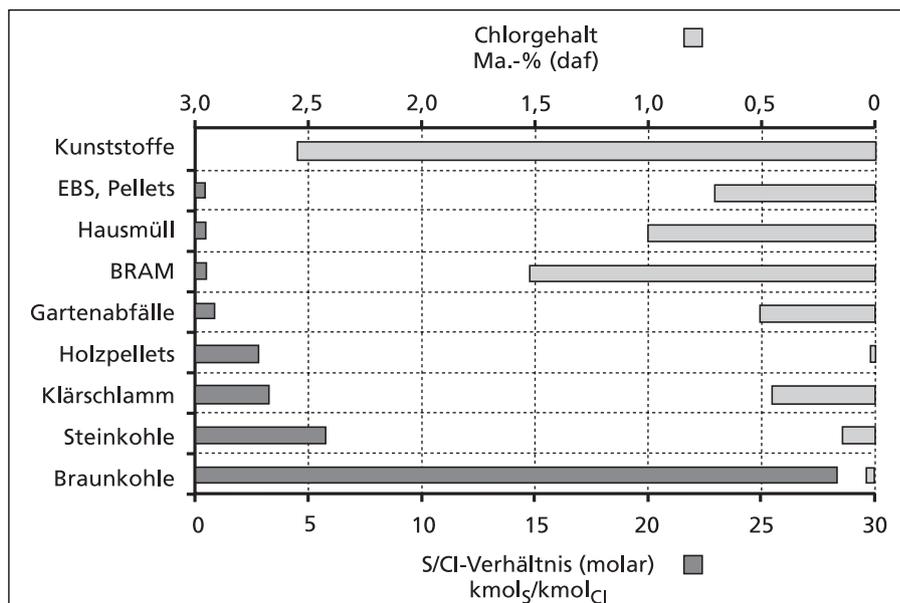


Abbildung 10: Chlorgehalt und molares Verhältnis Schwefel zu Chlor für ausgewählte Regelbrennstoffe, Biomassebrennstoffe und Ersatzbrennstoffe

Quelle: Beckmann/Scholz/Horeni 2006<sup>9</sup>  
 Datengrundlage: Kunststoffe, Klärschlamm, Braunkohle, Steinkohle: Bachhiesl/Tauschitz/Zefferer/Zellinger 2001<sup>1</sup>; EBS, Pellets, Gartenabfälle: Thomé 2002<sup>29</sup>; Hausmüll: Barin/Igelbüscher/Zenz 1995<sup>2</sup>; BRAM: Steinbrecht/Neidel 2001<sup>28</sup>; Holzpellets: Clausen/Schmidt 1996<sup>14</sup>

technik können betriebsspezifische Widerstände (Belagsschichten) auf den Membranverdampferwänden meßtechnisch erfaßt werden. Zur Durchführung von Wärmestrommessungen werden an der Außenseite des Steges der Membranwand und am äußeren Scheitel der Membranwandrohre Thermoelemente befestigt. Aus der Temperaturdifferenz der beiden Meßstellen kann dann orts- und zeitaufgelöst die Wärmestromdichte auf die Membranwand und die Änderungen der Wärmestromdichte berechnet werden. Wird im laufenden Betrieb der Anlage ein Brennstoff mit hohem Verschmutzungspotential aufgegeben, so kann der hierdurch resultierende Aufbau von Belagsschichten direkt detektiert werden. Es sind somit keine Langzeitversuche in Großkesselanlagen notwendig, um das Verschmutzungspotential eines Brennstoffes zu ermitteln.

## Zusammenfassung und Ausblick

Ziel des hier vorgestellten Verfahrens ist unter anderem die gleichzeitige Herstellung von Qualitätskompost und Biomassebrennstoff aus Bio- und Grünabfällen.

Die Betriebsparameter können so variiert werden, daß das Verhältnis der Menge an Kompost und Brennstoff sowie die Qualität von Kompost und Brennstoff in weiten Bereichen einstellbar sind.

Somit wird der Anlagenbetrieb des Kompostwerkes weitestgehend von saisonalen Schwankungen der Rohstoffzusammensetzung und der Nachfrage nach Kompost entkoppelt.

Die brennstofftechnischen Analysen des Biomassebrennstoffes, Untersuchungen an einem Batch-Reaktor und in einer Biomasseverbrennungsanlage zeigen, daß der Brenn-

stoff im Hinblick auf das Zünd- und Ausbrandverhalten gut geeignet ist. Weitere Untersuchungen zur Belagsbildung, Korrosionsneigung und zugehörigen Optimierung der Brennstoffqualität bei der Herstellung sind für jeden neuen Anwendungsfall durchzuführen.

Aufgrund des komplexen Zusammenwirkens der enthaltenen Brennstoffkomponenten und der Prozeßparameter bei der thermischen Verwertung der Biomassebriketts sind hierfür Untersuchungen an der jeweiligen Betriebsanlage erforderlich. Einschätzungen der Verschmutzungs- und Korrosionsneigung sind bereits mit Kurzzeitanalysen- und Kurzzeitmeßmethoden wie ASP und Online-Wärmestromdichtemessung möglich. Die Gefahr von Schädigungen, wie sie bei Langzeitversuchen besteht, ist hierdurch sehr gering. ♦

## Literatur

- 1 Bachhiesl, M.; Tauschitz, J.; Zefferer, H.; Zellinger, G.: Untersuchungen zur thermischen Verwertung von Biomasse und heizwertreichen Abfallfraktionen als Sekundärbrennstoffe in Wärmekraftwerken. Forschung im Verbund Schriftenreihe Band 73, 2001
- 2 Barin, I.; Igelbüscher, A.; Zenz, F.-R.: Thermodynamische Analyse der Verfahren zur thermischen Müllentsorgung. Studie im Auftrag des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen, 1995
- 3 Beckmann, M.; Horeni, M.; Scholz, R.; Rüppel, F.: Notwendigkeit der Charakterisierung von Ersatzbrennstoffen. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Ersatzbrennstoffe 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2003, S. 213-230
- 4 Beckmann, M.; Krüger, S.; Spiegel, W.: Charakterisierung und messtechnische Erfassung von betriebsspezifischen Widerständen an Membranwänden in Abfall- und Biomasseverbrennungsanlagen. In: Born, M.: Korrosionsforum 2. Oktober 2005
- 5 Beckmann, M.; Krüger, S.: A Method for Non Invasive Online Heat Flux Detection on Membrane Walls of Steam Generators, IT3 Conference, Savannah, Georgia, May 2006
- 6 Beckmann, M.; Krüger, S.: Online Heat Flux Measurement on Membrane Walls of Steam Generators of Municipal Solid Waste Incinerators, IT3 Conference, Houston, Texas, May 2005

- 7 **Beckmann, M.; Scholz, R.:** Biomasse und Ersatzbrennstoffe als schwierige Brennstoffe. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2006
- 8 **Beckmann, M.; Scholz, R.:** Zum Feststoffumsatz bei Rückständen in Rostsystemen. In: Brennstoff-Wärme-Kraft [BWK] 46 (1994), Nr. 5, S. 218-229
- 9 **Beckmann, M.; Scholz, R.; Horen, M.:** Energetische Verwertung von Ersatzbrennstoffen mit hohem Chlorgehalt. Kasseler Abfalltag, 2006
- 10 **Bieber, M.:** Untersuchungen zur optimalen Verbrennung von Salzkohle in der stationären Wirbelschichtfeuerung. Erschienen: TU Dresden 10.03.1992
- 11 **Born, M.:** Rauchgasseitige Dampferzeugerkorrosionen (Erfahrungen bei der Schadensminderung). Freiburg: Verlag SAXONIA Standortentwicklungs- und Verwaltungsgesellschaft mbH, 2003
- 12 **Breitenbach, E.:** Phytosanitäre Qualitätsbeurteilung von gewerblich hergestellten Komposten anhand ihres Pilzspektrums. Dissertation, 1989, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- 13 **Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.,** Köln: Fremdüberwachungszeugnis 2005, Fertigungskompost, Anlage Weira
- 14 **Clausen, J. Chr.; Schmidt, E. R.:** Specifications for Solid Biofuels in Denmark. In: Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung Universität Stuttgart – IER (Hrsg.): Biomasse als Festbrennstoff. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Band 6. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH, 1996
- 15 **DBI-AUA GmbH Analytik – Ökotoxikologie,** Halbrücker Str. 34, 09599 Freiberg: Prüfbericht Nr.: 05-1412: Fertigmischung Labor-Nr.: 05-1412-09. 11.05.2005
- 16 **Feidner, S.; Hangen, H.-O.:** Die Kompostierung von Bioabfall in Deutschland – Ergebnisse einer Umfrage. Schriftenreihe des Arbeitskreises für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS) e. V., Heft 28:25, 1994
- 17 **Fricke, K.; Turk, T.:** Stand und Stellenwert der Kompostierung in der Abfallwirtschaft. In: Wiemer, K.; Kern, M. (Hrsg.): Bioabfallkompostierung – flächendeckende Einführung. Abfallwirtschaft 6. M.C.I. Witzenhäuser: Baeza Verlag, 1991
- 18 **Gütegemeinschaft Kompost Sachsen-Thüringen e.V.:** Datenbank Organische/mineralische Abfälle und Wirtschaftsdünger
- 19 **Heyde, M.; Thiele, A.; Wiethoff, S.:** Qualitätssicherungsmaßnahmen für Vorprodukte aus gemischten Abfallquellen. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Ersatzbrennstoffe 4. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2004, S. 255-266
- 20 **Kehres, B.:** Informationsdienst Humuswirtschaft & Kompost 1/06. Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.
- 21 **Knümann, R.; Schleussner, M.; Bockhorn, H.:** Untersuchungen zur Pyrolyse von PVC und anderen Polymeren. VDI Berichte Nr. 922, Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH, 1991, S. 237246
- 22 **Liu, K.; Pan, W.-P.; Riley, J. T.:** An Atmospheric Pressure Fluidized Bed Combustion System Burning High-Chlorine Coals in the Convection Section. In: Corrosion-March 2000, NACE International, Corrosion – Vol. 56, No. 3, Page: 298-306
- 23 **Metschke, J.; Spiegel, W.:** Systematisierung und Bewertung von verfügbaren Maßnahmen zur Korrosionsminderung in der betrieblichen Praxis von MVA mittels partikelförmiger Rauchgasbestandteile. Endbericht EU 22, 12/2004, im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz unter Beteiligung des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE), verfügbar unter [www.chemin.de](http://www.chemin.de)
- 24 **Oechtering, A.:** Per Fax übermitteltes Informationsmaterial der REMONDIS Assets & Service GmbH & Co. KG
- 25 **Spiegel, W.:** Analyse des Rohgases und der Kesselablagerungen zur Beurteilung der Ersatzbrennstoffqualität. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2006
- 26 **Spiegel, W.; Herzog, Th.; Magel, G.; Müller, W.; Schmidl, W.:** Belagsgeschichten. Vortrag am 2. Diskussionsforum Rauchgasseitige Dampferzeugerkorrosion in Freiberg, 2005, verfügbar unter [www.chemin.de](http://www.chemin.de)
- 27 **Spiegel, W.; Herzog, T.; Magel, G.; Müller, W.; Schmidl, W.:** Dynamische chlorinduzierte Hochtemperaturkorrosion von Verdampfer- und Überhitzerbauteilen aufgrund spezieller Belagsentwicklungen: Häufiger Befund in Abfall- und Biomasse-gefeuerten Dampferzeugern. In: VGB PowerTech (2005), Nr. 1/2, S. 89-97
- 28 **Steinbrecht, D.; Neidel, W.:** Verbrennung von BRAM in der stationären Wirbelschicht.
4. Dialog Abfallwirtschaft M-V, 21.06.2001, Rostock
- 29 **Thomé, E.:** Energetische Verwertung von Ersatzbrennstoffen in einem umgebauten Kraftwerkskessel. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Ersatzbrennstoffe 2. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2002, S. 210-211
- 30 **Vogtmann, H.; Fricke, K.; Kehres, B. Turk, B.:** Bioabfall-Kompostierung. Hessisches Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Wiesbaden, 1989

Dieser Beitrag basiert auf der Veröffentlichung: Winkler, G.; Krüger, S.; Beckmann, M.: Herstellung von Biomassebriketts aus Fraktionen einer Kompostanlage. In: Thomé-Kozmiensky, Karl J.; Beckmann, Michael (Hrsg.): Energie aus Abfall. Band 1. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2006, S. 335 – 355. ISBN: 3-935317-24-7. Wir danken den Autoren sowie den Herausgebern für die Nachdruckerlaubnis.

**Dipl.-Ing. Georg Winkler ist Mitarbeiter der Organic-Power GmbH.**

**Adresse: Am Tannenborn 1, D-07806 Weira, Tel. 0364.84635-02, Fax: -635-04, eMail: VAS@gmx.org.**

**Dipl.-Ing. Sascha Krüger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Verfahren und Umwelt an der Bauhaus-Universität Weimar. (Tel. 03643.58-46-0, Fax: -58-48 03, eMail: sascha.krueger@uni-weimar.de)**

**Prof. Dr.-Ing. Michael Beckmann, Bauhaus-Universität Weimar, Lehrstuhl Verfahren und Umwelt, Coudraystraße 11C, D-99423 Weimar, Tel. 03643-584675, Fax 03643-584803, eMail: michael.beckmann@uni-weimar.de, Internet: www.uni-weimar.de/lvu/.**

Anzeige



**Wolf R. Herkner**

## Mobilfunkanlagen - Rechte der Nachbarn und Kommunen

**Streitfall Mobilfunk:** Der engmaschige Netzausbau erregt weiterhin die Gemüter, vor allem im Wohnumfeld überraschend errichteter Basisstationen. In der Anwohnerschaft fürchtet man Gesundheitsschäden durch "Elektrosmog", Verschandelung des Orts- und Landschaftsbilds und merkantile Wertminderung der eigenen Immobilien. Deshalb schließt man sich zu Bürgerinitiativen zusammen und/oder zieht vor Gericht, doch haben solche Nachbarbegehren bisher nur vereinzelt Erfolg. Infolgedessen werden die Gemeinden in Anspruch genommen, jedenfalls sensible Bereiche möglichst "anlangensfrei" zu halten. Am sog. runden Tisch mit den Betreibern, die von ihrer Standortwahl kaum abrücken, mißlingt dies regelmäßig. Bauleitplanerischen Maßnahmen gegen "Antennenwildwuchs" hefteten die Verwaltungsrichter aber schon wiederholt den makel unzulässiger Negativplanung an. Umso mehr gilt es, für künftiges Vorgehen in Gesetz und Rechtsprechung Schwächen auszumachen, wozu dieses Buch eine Beitrag leisten soll. Aufgezeigt wird u.a., daß es einen öffentlichen Mobilfunkversorgungsauftrag und für UMTS-Dienste aller Werbung zum Trotz einen Markt immer noch nicht gibt, wohl aber wissenschaftliche Hinweise auf pathologische Effekte unterhalb der seit 1997 in Kraft stehenden Grenzwerte. Risikovorsorge ist daher geboten. Eine kritische Auseinandersetzung mit den rechtlichen und auch politischen Hintergründen der Mobilfunkexpansion.

barbegehren bisher nur vereinzelt Erfolg. Infolgedessen werden die Gemeinden in Anspruch genommen, jedenfalls sensible Bereiche möglichst "anlangensfrei" zu halten. Am sog. runden Tisch mit den Betreibern, die von ihrer Standortwahl kaum abrücken, mißlingt dies regelmäßig. Bauleitplanerischen Maßnahmen gegen "Antennenwildwuchs" hefteten die Verwaltungsrichter aber schon wiederholt den makel unzulässiger Negativplanung an. Umso mehr gilt es, für künftiges Vorgehen in Gesetz und Rechtsprechung Schwächen auszumachen, wozu dieses Buch eine Beitrag leisten soll. Aufgezeigt wird u.a., daß es einen öffentlichen Mobilfunkversorgungsauftrag und für UMTS-Dienste aller Werbung zum Trotz einen Markt immer noch nicht gibt, wohl aber wissenschaftliche Hinweise auf pathologische Effekte unterhalb der seit 1997 in Kraft stehenden Grenzwerte. Risikovorsorge ist daher geboten. Eine kritische Auseinandersetzung mit den rechtlichen und auch politischen Hintergründen der Mobilfunkexpansion.

252 Seiten. Dezember 2006. Preis 28,00 Euro.  
ISBN 978-3-938807-28-6. RHOMBOS-VERLAG, Berlin.

Unsere Bücher finden Sie im Internet unter: [www.rhombos.de](http://www.rhombos.de)

RHOMBOS-VERLAG, Kurfürstenstrasse 17  
10785 Berlin, Tel. 030-261 94 61  
Fax 030-2 61 63 00,  
eMail: [verlag@rhombos.de](mailto:verlag@rhombos.de),  
Internet: [www.rhombos.de](http://www.rhombos.de)  
Verkehrsnummer: 65859

[www.rhombos.de](http://www.rhombos.de)