

# Integration einer Lasermessung im Müllaufgabebereich einer MVA als Bestandteil einer vorausschauenden Feuerleistungsregelung

Jürgen Oischinger<sup>1\*</sup>, Martin Meiller<sup>1</sup>, Robert Daschner<sup>1</sup>, Andreas Hornung<sup>1,2</sup>, Florian Grafmans<sup>3</sup>, Ragnar Warnecke<sup>3</sup>, Robert Breitenberger<sup>4</sup>, Franz Dannerbeck<sup>4</sup>, Martin Zwiellehner<sup>4</sup>

\*juergen.oischinger@umsicht.fraunhofer.de

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, An der Maxhütte 1, 92237 Sulzbach-Rosenberg, Deutschland

<sup>2</sup> Univ.-Prof. High Temperature Process Technologies Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Deutschland

<sup>3</sup> Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH (GKS), Hafestraße 30, 97424 Schweinfurt, Deutschland

<sup>4</sup> SAR GmbH, Prozess- und Umwelttechnik, Gobener Weg 31, 84130 Dingolfing, Deutschland

## Abstract

Bei heterogenen Festbrennstoffen wie beispielsweise Hausmüll unterliegen Heizwert, Wasser- und Aschegehalt, chemische Zusammensetzung, Schadstoffbelastung sowie Schüttdichte je nach Abfalltyp starken Schwankungen. In Müllverbrennungsanlagen können diese Unterschiede zu einer ungleichmäßigen Verbrennung mit den Folgen einer verminderten Leistung, höherem Verschleiß und erhöhten Emissionen führen. In der Folge können thermische Überlastungen zu Schäden an Ausmauerung, Kessel und Rost und im schlimmsten Fall zum Stillstand der Anlage führen. Während Feuerungsregelungen die nach aktuellem Stand der Technik arbeiten, nur im Nachhinein auf solche variierenden Brennstoffzusammensetzungen reagieren, ist es das Ziel des Projekts, eine Regelung zu realisieren, die vorausschauend arbeitet. Möglich wird dies, indem mit Hilfe innovativer Sensorik (u.a. 3D-Laser-Scannern) der eingesetzte Brennstoff »online« analysiert wird und in weiterer Folge der Heizwert berechnet wird. Mithilfe des 3D-Laserscanners wird es möglich das Volumen des Mülls bei der Aufgabe am Müllaufgabetrichter zu erfassen. Gleichzeitig ist die Masse des aufgegebenen Mülls durch die Kranwaage erfasst worden, so dass aus beiden Werten die Schüttdichte des Mülls ermittelt werden kann. Dabei ist zu beachten, dass sich während des Transports des Brennstoffs in die Feuerung die Dichte des Mülls deutlich verändert. Nur genaue Kenntnisse dieser Zusammenhänge ermöglichen Rückschlüsse auf den Heizwert und insbesondere die Brennstoffwärmeleistung des auf den Rost aufgegebenen Brennstoffs. Die gewonnenen Daten bilden die Basis für eine optimierte Anlagensteuerung und eine Integration in die Feuerungsleistungsregelung. Im Rahmen des Projekts AdOnFuelControl wurde ein 3D-Laserscanner in Betrieb genommen, in einem Prüfstand getestet sowie in der Großtechnik eingesetzt und unter realen Anwendungsbedingungen erprobt. Parallel dazu wurden verschiedene Brennstoffe hinsichtlich ihres Energiegehalts sowie ihres Kompressionsverhaltens charakterisiert. Dabei wird das speziell für die Versuche genutzte Beprobungsverfahren vorgestellt. Mit Blick auf großtechnische Anwendungen bilden die gewonnenen Werte somit eine erste Basis mithilfe derer die Ergebnisse auch auf andere Anlagen übertragen werden sollen. Zudem werden die ersten Erfahrungen mit dem 3D-Laserscanner sowie der aktuelle Stand der Arbeiten gezeigt.

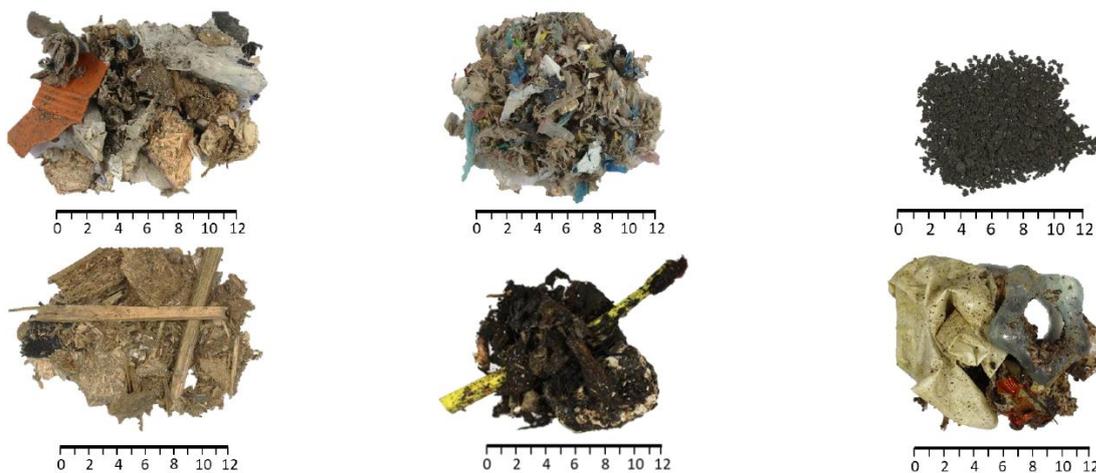
## 1 Einleitung

Verbrennungsanlagen, die heterogene Brennstoffe verwerten sind insbesondere Restabfall-, Biomasse- und Ersatzbrennstoffverbrennungsanlagen, die in der Regel als Rostfeuerungen ausgeführt sind. Allen ist gemein, dass die Mehrfachheterogenität des einzusetzenden Brennstoffs zu besonders ungleichmäßigen Verbrennungszuständen führen kann. In Folge dessen können sich eine Reihe negativer Effekte einstellen. Beispielsweise kann es bei Überschüttungen am Rost mit niederkalorischem Brennstoff zu Leistungseinbrüchen, unvollständiger Ausbrand von Feststoff und Gasphase, Verstopfung des Asche-/Schlackeaustragssystems sowie zu Emissionsgrenzwertüberschreitungen aufgrund unpassendem Brennstoff-/Luft-Verhältnis kommen. Im Gegensatz dazu kann es bei einer Überschüttung am Rost mit hochkalorischem Brennstoff zu thermischer Überlastung von Ausmauerung und Kessel, Schaden am Rostbelag kommen. Gelingt es die oben genannten negativen Effekte durch eine optimale Feuerungsregelung zu vermeiden oder zumindest zu minimieren, so kann eine Bildung von Schadstoffen (z.B. CO) reduziert, die energetische Effizienz der Anlage gesteigert und damit CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart und niedrigere Betriebskosten realisiert werden. Um dies zu erreichen, benötigt die Feuerungsleistungsregelung (FLR) Kenntnis über den tatsächlichen Heizwert und Brennstoffmassenstrom in der Feuerung sowie das Brennstoffinventar auf dem Rost. Mithilfe eines 3D-Laserscanner soll im Rahmen des Projekts AdOnFuelControl zusätzliche Informationen über den eingesetzten Brennstoff gewonnen werden

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Probenmaterial und Probenahme bzw. Probengewinnung

Im Rahmen des Projekts wurden sechs verschiedene Einsatzstoffe betrachtet. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die betrachteten Einsatzstoffe. Neben Ersatzbrennstoff (EBS) Feinkorn wurden EBS Fluff, getrockneter und granulierter Klärschlamm, Altholz, Hausmüll aus dem Zwischenlager sowie frischer Hausmüll untersucht.



**Abbildung 1.** Betrachtete Einsatzstoffe: EBS Feinkorn (oben links), EBS Fluff (oben Mitte), getrockneter und granulierter Klärschlamm (oben rechts), Altholz (unten links), Hausmüll aus dem Zwischenlager (unten Mitte) sowie frischer Hausmüll (unten rechts).

Die Einsatzstoffe EBS Feinkorn, EBS Fluff, getrockneter und granulierter Klärschlamm sowie Altholz wurden in Big Bags angeliefert. Für die Probenahme wurden die Proben auf einer PVC-Plane ausgebreitet, gemischt und mittels Probenkreuz verjüngt. Dabei wurden zwei gegenüberliegende Segmente für Pressversuche in eine Portalpresse gefüllt. Die beiden verbleibenden Segmente wurden erneut gemischt und wieder mittels Probenkreuz verjüngt. Nun wurden wieder die beiden gegenüberliegenden Segmente in die Presse gegeben. Die beiden verbleibenden Segmente wurden gemischt und daraus Proben von mindestens 2 Liter entnommen und im Labor weiteren Analysen unterzogen.

Für die Beprobung des Hausmülls wurde die Methode von Danz et al. [1] herangezogen, welcher die Vorgaben der LAGA PN98-Richtlinie [2] zu Grunde liegen. Im Rahmen der Versuche wurde frischer Hausmüll aus der Region Schweinfurt sowie Hausmüll aus dem Zwischenlager an jeweils zwei

Versuchstagen beprobt. Das Müllbett wurde durch Abkippen mittels Radladers erzeugt und der Müll wurde zur Probenahme auf einer PVC-Plane in Form eines Müllbetts von 4 m x 6 m ausgebreitet.



**Abbildung 2.** Ausbreiten des Müllbetts mittels Radlader (links) sowie das entstandene Müllbett (rechts).

Der linke Teil der Abbildung 3 zeigt das schematische Vorgehen der Probenahme. Mittels „Springer-Schritt“ werden fünf Segmente aus den jeweiligen Reihen und Spalten für die Beprobung vereinigt. Die grünen Felder wurden für eine umfassende chemische Analyse des Hausmülls verwendet. Im Fall der lila Felder wurde zunächst das Kompressionsverhalten in einem Portalpressenprüfstand untersucht und anschließend brennstoffspezifische Eigenschaften im Labor charakterisiert. Die weißen Felder beider Versuchstage (jeweils für frischen bzw. gealterten Müll) wurden für einen großtechnischen Siebversuch vereinigt.



**Abbildung 3.** Schematisches Vorgehen der Probenahme (links) und ausgebreitetes Müllbett mit Raster sowie den Eimern für die 4 Einzelproben (rechts).

Bei den grünen Feldern wurde das Material in einem Einwellen-Zerkleinerer (Typ: M600/1-600-5,5 kW) der Fa. Erdwisch auf < 20 mm zerkleinert (vgl. Abbildung 4 links und Mitte). Vor der Zerkleinerung wurden Inertanteile und nicht zerkleinerbare Anteile aussortiert und verwogen. Über den gesamten Versuchszeitraum konnten mit dem gewählten Einwellen-Zerkleinerer der Hausmüll auf die gewünschte Größe zerkleinert werden. Der Inhalt von ca. 1 ¼ Felder wurde jeweils vollständig zerkleinert, auf der Plane gemischt und mittels Probenkreuz verjüngt, so dass daraus eine Einzelprobe von mindestens 1 Liter gewonnen werden konnte. Für die Entnahme der Einzelproben wurden Eimer mit einem Volumen von 5,6 Liter verwendet und nahezu vollständig befüllt. Aus den fünf Segmenten wurden somit vier Einzelproben gewonnen. Diese wurden erneut vereinigt, untereinander gemischt und mittels Probenkreuz auf eine Laborprobe von mindestens 2 Liter (Volumen der Behälter für die Probenahme: 5,6 Liter) verjüngt (siehe Abbildung 4, rechts). Pro Art des Mülls (frischer Hausmüll oder Hausmüll aus dem Zwischenlager) wurden somit zwei Laborproben gewonnen, die im Labor chemisch analysiert wurden.



**Abbildung 4.** Einwellen-Zerkleinerer (Typ: M600/1-600-5,5 kW) der Fa. Erdwisch (links), Einwellen-Zerkleinerer mit zerkleinertem Müll (Mitte), Verjüngung des zerkleinerten Mülls mittels Probenkreuz (rechts).

Im Fall der lila Proben wurde das Material chargenweise gewogen und bis zum Anschlag in die Portalpresse (Typ: PP 1207) der Fa. Strautmann Umwelttechnik (vgl. Abbildung 5, links) eingefüllt sowie gepresst. Durch Aufnahme des Drucks und der sich dabei ergebenden Volumenänderung kann das Kompressions- sowie Dekompressionsverhalten erfasst werden. Anschließend wurde das Material auf zwei Planen aufgeteilt und jeweils die gegenüberliegenden Viertel in dem Einwellen-Zerkleinerer separat zerkleinert. Somit wurden vier Einzelproben à mindestens 1 Liter (Volumen der Behälter für die Probenahme: 5,6 Liter) erhalten, welche anschließend gemischt und mittels Probenkreuz verjüngt wurden. Aus zwei gegenüberliegenden Vierteln wurden dann jeweils eine Laborprobe à mindestens 2 Liter (Volumen der Behälter für die Probenahme: 5,6 Liter) also gesamt zwei Laborproben gewonnen, welche anschließend im Labor hinsichtlich brennstoffspezifischer Parameter untersucht wurden.



**Abbildung 5.** Portalpresse (Typ: PP 1207) der Fa. Strautmann Umwelttechnik (links) und Probenentteilung mittels Probenkreuz (rechts).

Die weißen Felder des jeweiligen „Mülltyps“ (frisch oder vom Zwischenlager) wurden für die jeweiligen Versuchstage in einem Container gesammelt und zur Aufgabe auf die Siebmaschine in die Schaufel des Radladers umgefüllt. Im linken Teil der Abbildung 6 die großtechnische Siebung des frischen Hausmülls mit einem 40 mm Sieb zu sehen. Im rechten, unteren Teil der Abbildung 6 ist Siebung des frischen Hausmüll der Fraktion < 40 mm mit einem 10 mm Sieb zu sehen.



**Abbildung 6.** Großtechnische Siebung des frischen Hausmülls mit einem 40 mm Sieb (links) sowie großtechnische Siebung des frischen Hausmülls mit einem 10 mm Sieb (rechts).

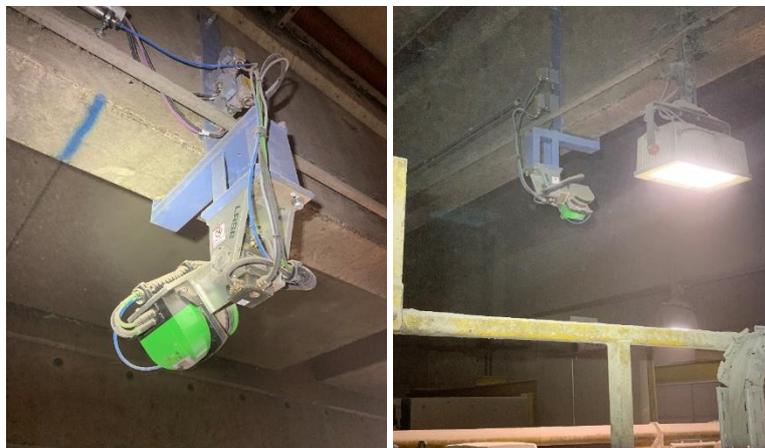
### 2.2 Volumenmessung mittels 3D-Laserscanner

Im Rahmen des Projekts kam ein 3D-Laserscanner (Model LASE 3000D-C1-118) zur Ermittlung des Volumens zum Einsatz. Nach einer Inbetriebnahme im Büro wurden erste Prüfstandtests im Feld vollzogen. Im linken Teil der Abbildung 7 ist der eingesetzte Laser zu sehen und im rechten Teil der Prüfstand mit montiertem Laser in der Fahrzeughalle des Abfallwirtschaftszentrums Rothmühle in Bergheinfeld.



**Abbildung 7.** 3D-Laserscanner (Produkt L3000D-118) der Firma LASE Industrielle Lasertechnik GmbH (links) und Prüfstand mit montiertem Laser in der Fahrzeughalle des Abfallwirtschaftszentrums Rothmühle in Bergheinfeld (rechts).

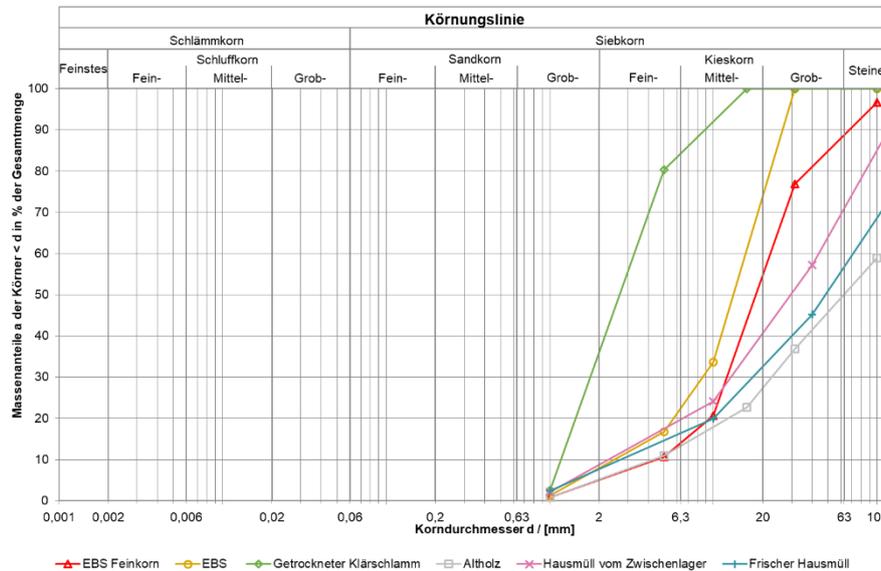
Nach der erfolgreichen Durchführung der Prüfstandtests wurde der 3D-Laserscanner in der Flucht des Müllaufgabetrichters der Linie 12 an einem Deckenträger im Müllbunker des GKS montiert.



**Abbildung 8.** Im Müllbunker des GKS montierter 3D-Laserscanner.

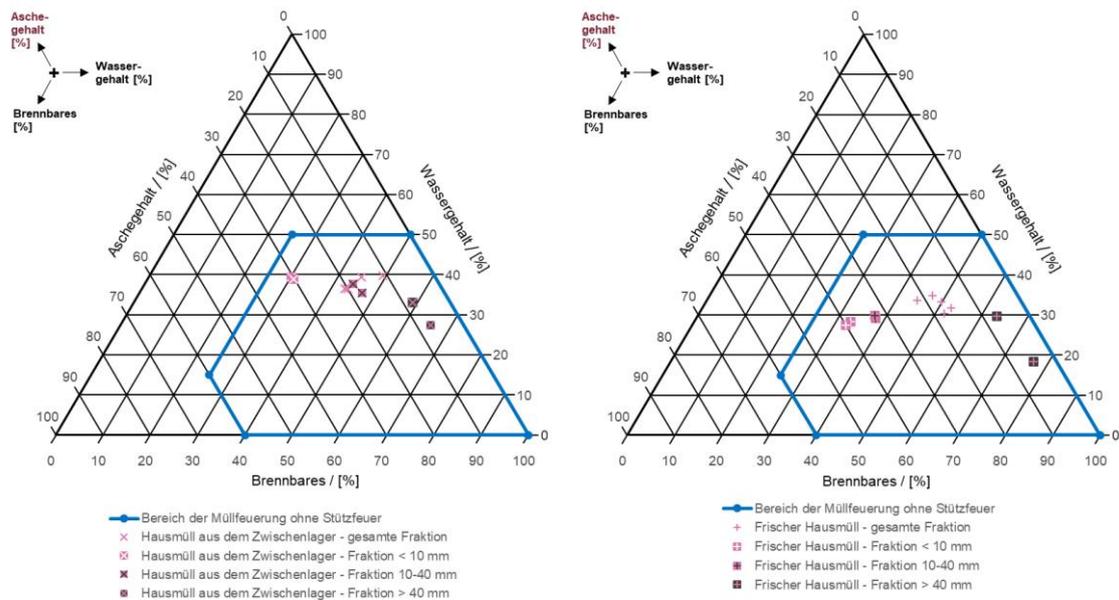
### 3 Erste Ergebnisse

Die aus der Beprobung und Untersuchung der verschiedenen Einsatzstoffe gewonnenen Erkenntnisse sowie Daten dienen im Projekt als Basis für die weitere Integration des Lasers in die Feuerungsleistungsregelung im GKS. Nachfolgend werden exemplarisch einige Ergebnisse der Einsatzstoffe sowie Aufnahmen des Lasers aus den Prüfstandtests vorgestellt. In Abbildung 9 sind die Korngrößenverteilungslinien für die betrachteten Einsatzstoffe zu sehen. Im Fall von EBS Fluff und getrockneten, granulierten Klärschlamm sind die Korngrößenverteilungen relativ eng gestuft, wohingegen bei den restlichen Einsatzstufen die Proben sehr weit gestuft sind und auch noch einen deutlichen Anteil von > 100 mm aufweisen.



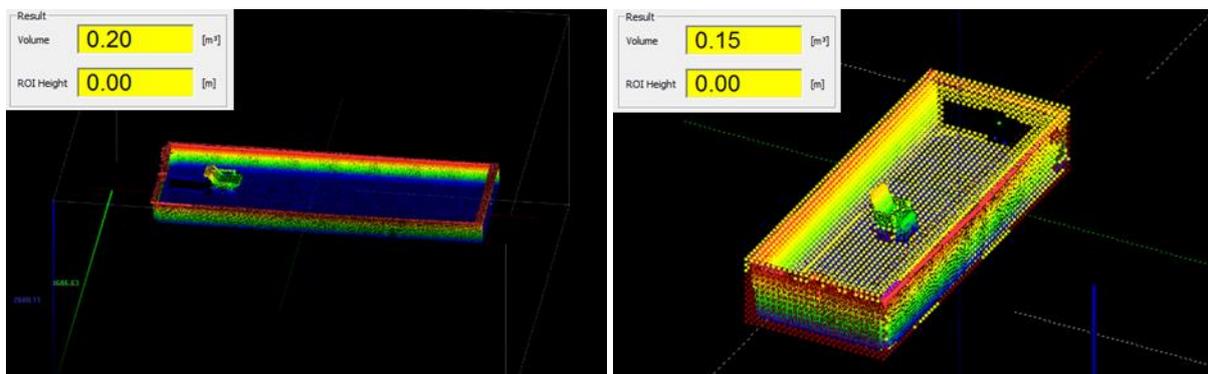
**Abbildung 9.** Korngrößenverteilungslinien für die betrachteten Einsatzstoffe

Im linken Teil der Abbildung 10 sind die gesamte Fraktion sowie einzelne Größenfraktionen im Tanner-Diagramm für Hausmüll aus dem Zwischenlager und im rechten Teil der Abbildung für frischen Hausmüll exemplarisch für die Einsatzstoffe dargestellt. Im Vergleich der gesamten Fraktion zeigt sich ein höherer Wassergehalt beim Hausmüll aus dem Zwischenlager gegenüber dem frischen Hausmüll. Dies ist vermutlich durch die Lagerung im Freien bedingt. Die Fraktionen <math>< 10\text{ mm}</math> haben bei beiden Einsatzstoffen einen niedrigeren Anteil an Brennbarem im Vergleich zu der gesamten Fraktion. Die Fraktionen <math>> 40\text{ mm}</math> zeigten, bedingt v.a. durch große Kunststoffteile o.ä. einen deutlich höheren Anteil an Brennbarem bei gleichzeitig niedrigen Anteilen an Asche.



**Abbildung 10.** Darstellung von Hausmüll aus dem Zwischenlager (links) als gesamte Fraktion sowie einzelner Größenfraktionen im Tanner-Dreieck. Analog dazu die Darstellung von frischem Hausmüll (rechts).

Im Rahmen der Prüfstandtests wurden verschiedene Einflussfaktoren/Störfaktoren betrachtet. In Abbildung 11 sind beispielhaft die Auswirkung des Schattenwurfs auf die Erfassung des Volumens eines Stuhls zu erkennen. Voraussichtlich ist aber dieser Einfluss bei Volumenerfassung im Trichter aber nicht maßgeblich.



**Abbildung 11.** Auswirkung des Schattenwurfs auf die Erfassung des Volumens eines Stuhls.

Im weiteren Projektverlauf wird der Laser in die Feuerungsleistungsregelung des GKS integriert werden.

#### 4 Literatur

- [1] Danz, P., Mrotzek, A. u. Marzi, T.: Beprobung großer Siedlungsabfallmengen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zur Bestimmung der Feuchte und des Heizwerts. Müll und Abfall (2008) 2
- [2] LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen. Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 32, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Mainz 2001