

Flug- und Ausbrandverhalten von Ersatzbrennstoffen in Zementdrehrohrofen

Philipp Danz¹, Thomas Marzi¹, Asja Mrotzek¹, Luigi Di Matteo², Günther Marotz²,

¹Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen, ²Di Matteo Förderanlagen GmbH & Co. KG, Beckum

Flight and Burnout Behaviour of Refuse Derived Fuels in Cement Rotary Kilns

Abstract

The article describes a cooperation project between a plant constructor of pneumatic systems for cement kilns and a research institute. The results of this project will be used for the optimisation of pneumatic systems and the identification and separation of critical RDF fractions. For the determination of the flight and combustion behaviour of RDF in a rotating tubular kiln, experimental parameters about RDF fractions are needed and have to be combined in a model. Therefore the trajectories of single RDF fractions are determined and the combustion of the particles is calculated during their way through the flame.

Experimental information about the dwell time of RDF particles in the flame and about the trajectories are investigated through air separation. The results are the specific trajectory lengths and their dependence of the jet velocity. If additional data about the sink rates are available the trajectory length can be used for the calculation of the average particle velocity and the trajectory. The sink velocity is determined through a special sink velocity determination chute, constructed by Fraunhofer UMSICHT. These data are combined with a particle model, which describes the combustion behaviour of the particles. The combustion model considers the shrinking of the particle, the release of the volatile matter and the gasification of the fixed carbon during the combustion process. The release of the volatile matter and their calorific value respectively the fixed carbon gasification is measured by analytical methods, which are developed by some of the authors.

Zusammenfassung

Der Beitrag beschreibt ein Kooperationsprojekt eines Anlagenbauers pneumatischer Fördersysteme für Brennstoffe der Zementindustrie und eines Forschungsinstitutes. Die Ergebnisse dieses Projekts werden zur Optimierung der Fördersysteme und der Identifizierung problematischer EBS-Fraktionen (EBS = Ersatzbrennstoff) genutzt. Um das Flug- und Verbrennungsverhalten von EBS in einem Zement-Drehrohrofen zu bestimmen, werden experimentell bestimmte Parameter benötigt, die in einem Rechenmodell zusammengeführt werden können. Mittels eines solchen Modells soll die Flugbahn einzelner Partikel durch eine Brennerflamme im Drehrohrofen berechnet werden.

Experimentelle Informationen über die Verweilzeit der EBS-Partikel in der Brennerflamme und über die Flugbahn werden durch ein Windsichtungsverfahren ermittelt, das als Ergebnis die spezifische Flugweite und deren Abhängigkeit von der Austrittsgeschwindigkeit liefert. Bei gleichzeitiger Bestimmung der Sinkgeschwindigkeit können die Ergebnisse genutzt werden, um die Flugbahn und durchschnittliche Fluggeschwindigkeit zu ermitteln. Die Sinkgeschwindigkeit wird in einem speziellen Fallschacht, der bei Fraunhofer UMSICHT entwickelt wurde, bestimmt. Diese Daten werden mit einem Mo-

dell zur Beschreibung des Verbrennungsverhaltens kombiniert. Das Verbrennungsmodell berücksichtigt das Schrumpfen des Partikels, die Freisetzung flüchtiger Bestandteile und die Vergasung des fixen Kohlenstoffs während des Verbrennungsprozesses. Die hierzu notwendigen Daten, wie z. B. die Freisetzungsgeschwindigkeit der flüchtigen Bestandteile und deren Heizwerte in Abhängigkeit von der Temperatur, werden durch analytische Methoden bestimmt, die teilweise von Autoren dieses Beitrags entwickelt wurden.

Keywords

Ersatzbrennstoff, Sekundärbrennstoff, Flüchtigensfreisetzung, Flugverhalten, Drehrohröfen, Heizwert, Zündung

Refuse Derived Fuel, Devolatilisation, Flight Characteristics, Rotary Kiln, Heating Value, Ignition

1 Ersatzbrennstoffe in der Zementindustrie

Zemente haben als Grundbaustoff für die unterschiedlichsten Bauaufgaben eine große Bedeutung. Rohstoffe für die Herstellung von Portlandzementklinker sind Kalksteine und Tone, die in gemahlener und getrockneter Form in Drehrohröfen zu Zementklinker verarbeitet werden. In Abbildung 1 ist ein solcher Drehrohröfen dargestellt. Bevor das Rohmehl in den Ofen gelangt, wird es in Vorwärmanlagen durch die Abgase des Ofens auf 800 °C am Ofeneingang aufgeheizt und Kohlendioxid wird aus dem Kalk freigesetzt. Durch die Drehung des geneigt liegenden Rohrs bewegt sich das Mehl von der Aufgabestelle zur Flamme am unteren Ofenende. In diesem Bereich liegen Brenngastemperaturen von etwa 2000 °C vor und das Material wird bei Temperaturen um 1450 °C gesintert. Ein nachgeschalteter Kühler kühlt das Produkt auf 100 bis 300 °C ab (VEREIN DEUTSCHER ZEMENTWERKE 2006).

Die Herstellung von Zementen ist ein energieintensiver Prozess. So beträgt der theoretische thermische Energiebedarf für ein produziertes Kilogramm Klinker etwa 3 MJ (VEREIN DEUTSCHER ZEMENTWERKE 2005). Vor diesem Hintergrund wird aus Kosten- und Umweltschutzgründen versucht, den Einsatz teurer fossiler Energieträger zu reduzieren. Neben Maßnahmen zu einer energieeffizienten Prozessgestaltung werden diese Ziele vor allem durch die Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen (EBS), wie Tiermehl, Altreifen und hochkalorischen Fraktionen aus Siedlungs- und Gewerbeabfällen erreicht. Die Anforderungen an den Ersatzbrennstoff aus der Sicht der Zementindustrie richten sich an Form und Schadstoffgehalt sowie an die chemische Zusammensetzung der Brennstoffe. Im Brennerkopf und Calcinator werden blasfähige Ersatzbrennstoffe wie Fluff und Tiermehl eingesetzt. Grobstückige Brennstoffe wie Altreifen können z. B. am Drehrohrkopf aufgeben werden. Die Zufuhr der Ersatzbrennstoffe über den Brenner erfolgt z. B. mittels zweier vertikal übereinander liegender Rohre (s. Foto, Abbildung 1). Durch pneumatische Förderung werden sie in das Drehrohr eingeblasen. Neben den Ersatzbrennstoffen wird durch den Ringspalt Steinkohle und durch die außen liegenden

Rohre Verbrennungsluft eingedüst. Durch die Ausrichtung der Verbrennungsluftrohre kann eine Verdrallung erreicht werden, wodurch die Flammenform beeinflusst werden kann (SCHLÄFFER 2007). Während die Verwendung der pulverförmigen und flüssigen Brennstoffe Stand der Technik in der Zementindustrie ist, existiert relativ wenig Wissen über das Verbrennungsverhalten der eingedüsten Ersatzbrennstoffe, die aus festen Gewerbe- und Siedlungsabfällen hergestellt werden.

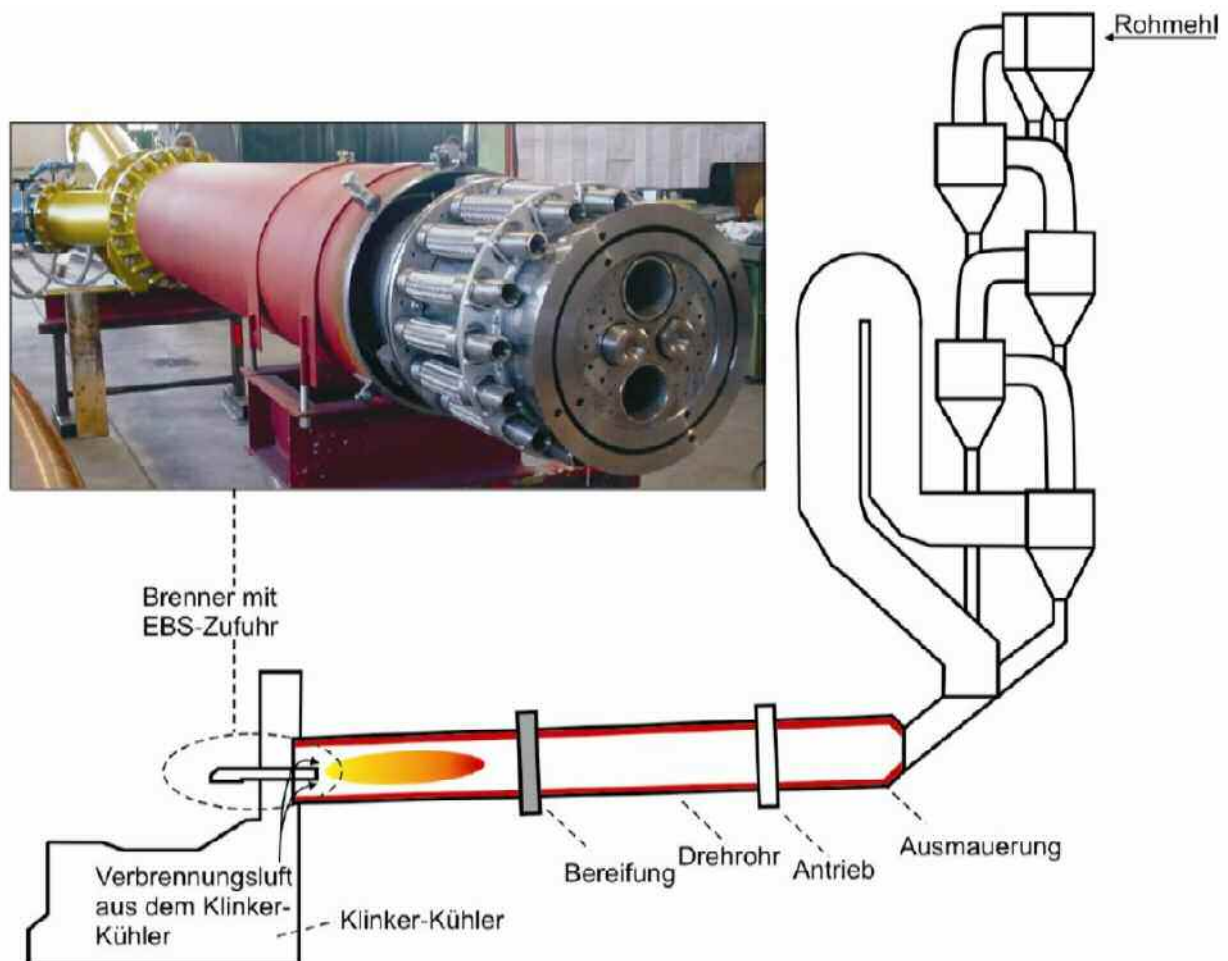


Abbildung 1 Schematische Darstellung des Klinkerbrennens (nach SCHOLZ 2002) mit Brenner der Fa. Unitherm Cemcon (aus: SCHLÄFFER 2007)

2 Flugverhalten und Ausbrand von Ersatzbrennstoffen im Ofen

Das Flug- und Ausbrandverhalten von Ersatzbrennstoffen in Zementdrehrohröfen ist weitgehend unbekannt. Teilweise vorliegende Produktverfärbungen geben jedoch Hinweise darauf, dass nicht alle Brennstoffpartikel auf ihrem Weg durch die heiße Flammenzone des Brenners vollständig ausbrennen. Gründe hierfür können zum einen, durch die physikalischen Partikeleigenschaften und die Art der pneumatischen Förderung beeinflusste, unterschiedliche Flugbahnen der Partikel sein. Hieraus resultieren

verschiedene Verweilzeiten für die jeweiligen Partikel in der heißen Flammenzone. In Kombination mit den brennstofftechnischen Eigenschaften, wie Partikelgröße und -oberfläche, Flüchtiganteil und Freisetzungsgeschwindigkeit der Flüchtigen ergeben sich hieraus mehr oder weniger optimale Bedingungen für einen vollständigen Partikelausbrand (BAIER 2004). Ein unvollständiger Partikelausbrand führt zu einer Wirkungsgradverschlechterung, da die im Brennstoff enthaltene Energie nicht vollständig freigesetzt wird, zu Kohlenmonoxidspitzen im Rauchgas des Drehrohrofens sowie zu einer schlechteren Klinkerqualität. Das im Folgenden vorgestellte Kooperationsprojekt zwischen dem Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT und der Di Matteo Förderanlagen GmbH & Co. KG hat das Ziel das Flug- und Ausbrandverhalten unterschiedlicher Ersatzbrennstoffe zu beschreiben. Hierdurch sollen pneumatische Fördereinrichtungen vor dem skizzierten Hintergrund optimiert bzw. kritische Brennstoffkomponenten ausgeschlossen werden.

3 Untersuchungen zur Beschreibung des Ausbrandverhaltens während der Flugphase

Um das Flugverhalten von Ersatzbrennstoffen im Drehrohr und die daraus resultierende Verweilzeit sowie den Ausbrand zu beurteilen, müssen Informationen zum Flug- und Ausbrandverhalten für einzelne Fraktionen des Ersatzbrennstoffs vorliegen. Hierzu soll zunächst die Flugbahn für verschiedene Ersatzbrennstofffraktionen bestimmt werden und, unter Annahme eines konstanten Temperaturprofils der Brennerflamme, der Ausbrand der Partikel auf ihrem Weg durch die Flamme berechnet werden.

Um Aussagen zur Verweilzeit der Ersatzbrennstoffpartikel in der heißen Brennerzone zu erhalten, soll die Flugbahn der Partikel im Drehrohr ermittelt werden. Hierzu kommt u. a. ein Windsichtungsverfahren zum Einsatz. Durch die Windsichtung werden Informationen zur Flugweite unterschiedlicher Ersatzbrennstofffraktionen in Abhängigkeit der Eindüsgeschwindigkeit erhalten. Mit Hilfe der Flugweite kann die durchschnittliche Fluggeschwindigkeit und Flugbahn berechnet werden. Die Ermittlung der Sinkgeschwindigkeit erfolgt nach dem in Abschnitt 3.1 beschriebenen Verfahren. Anhand der Ergebnisse soll überschlüssig ein Flugbahnmodell für Partikel in Abhängigkeit des Materials (Dichte und Form) erstellt werden.

Bei der Bestimmung des Ausbrandverhaltens ist zu berücksichtigen, dass sich der Verbrennungsvorgang in mehrere Schritte untergliedert, die sich zu einem komplexen Gesamtprozess überlagern. So wird der Brennstoff nach der Trocknung durch Energiezufuhr thermisch zersetzt. Dabei werden chemische Bindungen in der Struktur des Brennstoffs aufgebrochen und die gebildeten Produkte freigesetzt. Sie werden als „flüchtige Bestandteile“ oder „Flüchtige“ bezeichnet und initiieren durch ihre Zündung den eigentlichen Verbrennungsprozess. Durch die exotherme Oxidation der Flüchtigen

wird Energie freigesetzt, die wiederum zur erneuten Flüchtigensfreisetzung führt. Während der Entgasung der Flüchtigen bildet sich eine kohlenstoffhaltige Phase, der sogenannte Restkoks bzw. fixe Kohlenstoff (C_{fix}). Er zündet nach oder während der Verbrennung der flüchtigen Bestandteile unter Beteiligung von Vergasungsreaktionen. Da die flüchtigen Bestandteile schneller brennen als der Koks, ist die Flüchtigensfreisetzung maßgeblich für das Zündverhalten verantwortlich. Die Restkokumsetzung ist der letzte Schritt der Verbrennung. Als Asche verbleibt der anorganische Brennstoffanteil.

Um den Verbrennungsvorgang auf Ersatzbrennstoffpartikel zu übertragen, wird ein Partikelmodell angenommen, das die Abnahme des Partikeldurchmessers, die Freisetzung der Flüchtigen und den Ausbrand des fixen Kohlenstoffs wiedergibt. Zur Anwendung kommt ein Partikel-Modell, das in Anlehnung an (LEVENSPIEL 1972) entwickelt wird (s. Abbildung 2). Die flüchtigen Bestandteile werden als Flüssigkeit mit einer gewissen Verdampfungsenthalpie angenommen, die den aus fixem Kohlenstoff bestehenden Kern umgeben. Unter dem Einfluss der Außentemperatur, in diesem Fall die unterschiedlichen Temperaturzonen der Brennerflamme, werden die Flüchtigen freigesetzt. Erst nachdem der endotherme Vorgang der Flüchtigensfreisetzung abgeschlossen ist, kann die Verbrennung des fixen Kohlenstoffs erfolgen. Dabei verringert sich unter dem Einfluss eines bestimmten Temperaturniveaus über die Zeit der Durchmesser d_p des Partikels. Da die eingesetzten Ersatzbrennstoffe einen sehr niedrigen Ascheanteil aufweisen, wird das Partikel aschefrei modelliert, d. h. dessen Durchmesser d_p verringert sich solange, bis er den Wert $d_p = 0$ annimmt.

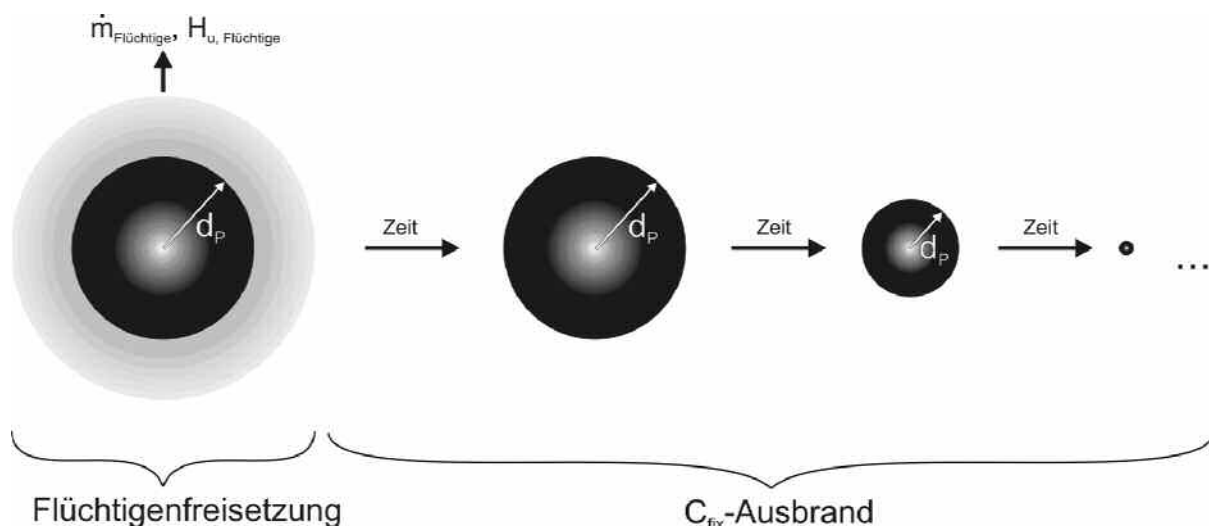


Abbildung 2 Partikelmodell

Im laufenden Projekt werden die folgenden Einflussparameter untersucht werden und rechnerisch miteinander kombiniert:

Flugeigenschaften:	<ul style="list-style-type: none"> • Sinkgeschwindigkeit • Flugweite bei Querstromsichtung
Ausbrandeigenschaften:	<ul style="list-style-type: none"> • Flüchtigenfreisetzung <ul style="list-style-type: none"> - Heizwert und Zusammensetzung - Freisetzungsgeschwindigkeit • C_{fix}-Ausbrand
Physikalische Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • Partikelgröße • Partikeloberflächen.

Die genannten Parameter sind für erste halbquantitative Bewertungen ausreichend. Weitere Einflussgrößen, wie die Verdrallung der Verbrennungsluft, Turbulenzen in der Flamme, Reynoldszahlen, iterative Rückkopplung zwischen der Verbrennungsenergie aus der Flüchtigenfreisetzung und der Flammentemperatur werden zunächst nicht betrachtet, sollen aber in einem Nachfolgeprojekt in die Betrachtungen integriert werden. Nachfolgend werden die empirischen Methoden zur Ermittlung der Sinkgeschwindigkeit, der Querstromsichtung, der Flüchtigenfreisetzung und des C_{fix} -Ausbrands vorgestellt.

3.1 Sinkgeschwindigkeit

Die Sinkgeschwindigkeit von homogenen, kugelförmigen, definierten Stoffen kann, wenn die einzelnen Stoffwerte bekannt sind, mit Hilfe von Gleichung 1 (STIEß 1995) berechnet werden:

$$w_f^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{\rho_P - \rho_F}{\rho_F} \cdot \frac{g \cdot d}{c_w(Re_d)} \quad (1)$$

w_f - Sinkgeschwindigkeit, ρ_P - Partikeldichte, ρ_F - Fluidichte, g - Erdbeschleunigung, d - Kugeldurchmesser, $c_w(Re_d)$ - c_w -Wert (Beiwert für den Luftwiderstand) in Abhängigkeit vom Kugeldurchmesser

Diese Vorgehensweise ist bei Ersatzbrennstoffen nicht ohne weiteres möglich, da die zur Berechnung notwendigen c_w -Werte nicht vorliegen. Die Heterogenität der Ersatzbrennstoffe lässt nur Aussagen zu Korngrößen in bestimmten Schwankungsbereichen und ungefähren Zusammensetzungen zu. Aus diesem Grund soll die Sinkgeschwindigkeit experimentell am Einzelkorn bestimmt werden. Dies erfolgt für eine große Partikelanzahl, so dass auf Grundlage der Ergebnisse Verteilungskurven erstellt werden können. Durch diese statistische Vorgehensweise werden Sinkgeschwindigkeitsklassen ermittelt, die den einzelnen Ersatzbrennstoff-Fractionen zugeordnet werden können. Untersuchungsergebnisse von Baier (Baier 2006) mit ähnlicher Zielsetzung, die mittels Windsichter ermittelt wurden, sind in Abbildung 3 dargestellt.

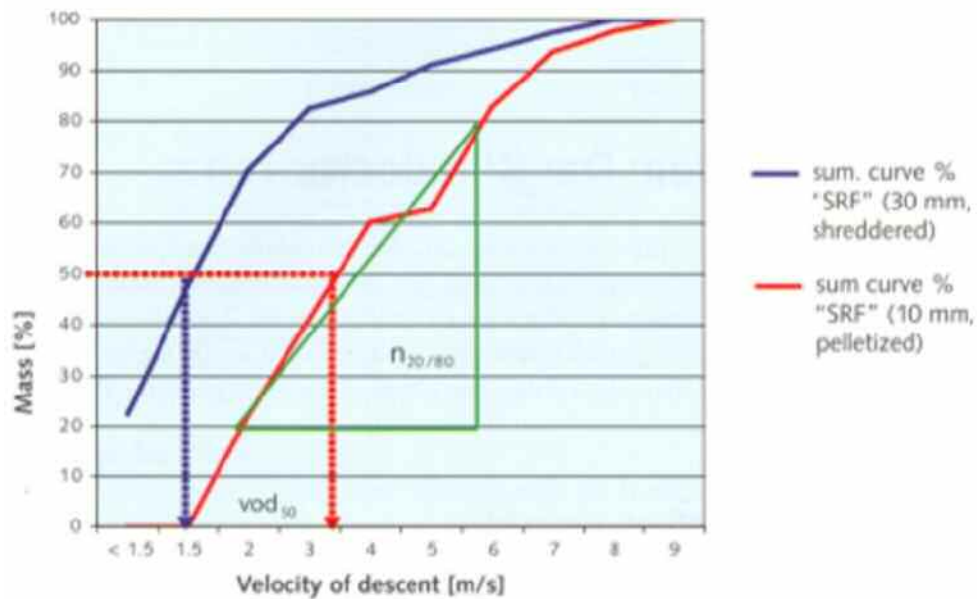


Abbildung 3 Volumetrische und gewichtsmäßige Klassierung des Brennstoffs in Fraktionen gleicher Sinkgeschwindigkeit in Luft (Baier 2006)

Abbildung 4 zeigt die zu den geplanten Untersuchungen eingesetzte Apparatur. Der Fallschacht ist transparent gestaltet, um Wandberührungen der Partikel zu erkennen und in diesem Fall das Messergebnis nicht zu werten. Der komplette Aufbau ist antistatisch beschichtet, bzw. elektrisch leitend, so dass statische Aufladungen vermieden werden, die das Sinkverhalten der Partikel beeinflussen könnten.

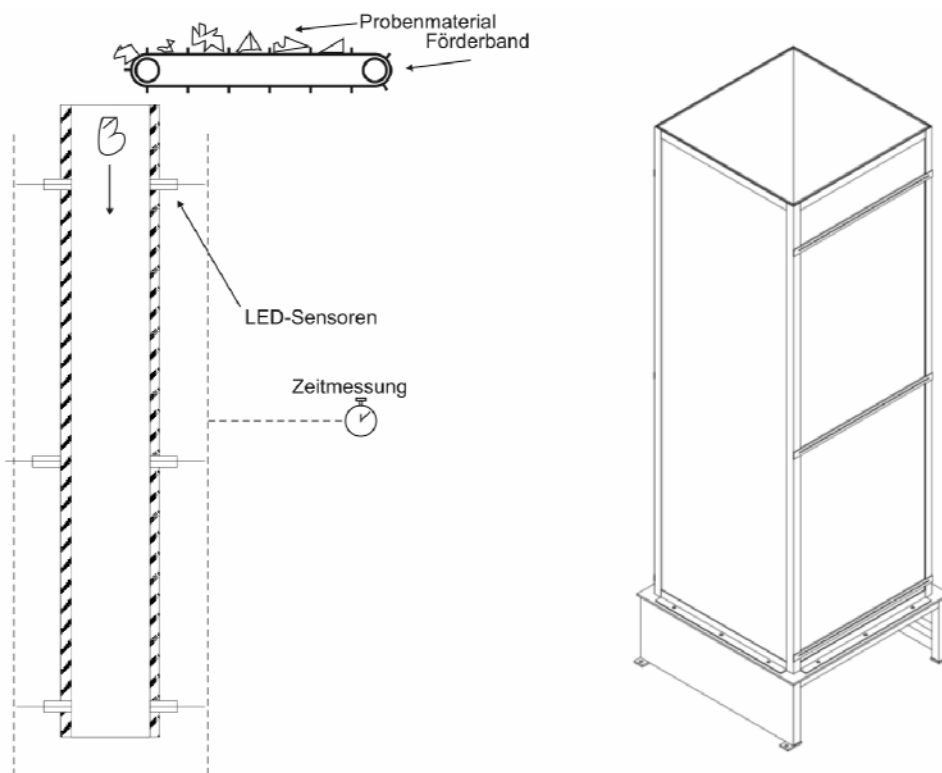


Abbildung 4 Fallschacht-Apparatur zur Bestimmung der Sinkgeschwindigkeit

3.2 Querstromsichtung im Schwerefeld

Die Querstromsichtung im Schwerefeld ist ein Prinzip der Windsichtung. Durch sie erfolgt die Trennung des Partikelstroms in mehrere Kornklassen, aufgrund unterschiedlicher Sinkgeschwindigkeiten. Da sie von der Größe, Form und Dichte der Partikel abhängt, wird durch Windsichten sowohl klassiert als auch sortiert. Partikel aus einheitlichen Stoffen werden nach ihrer Korngröße klassiert, während Partikel einheitlicher Größe, aber verschiedener Form und Dichte nach diesen beiden Kriterien sortiert werden (STIEß 1995). Ähnliche Prozesse spielen auch beim Transport der Brennstoffpartikel durch die Flamme des Drehrohrofens eine Rolle.

Um Aussagen darüber treffen zu können, welche Fraktionen der Ersatzbrennstoffe, bei unvollständigem Ausbrand in die einzelnen Abschnitte des Ofens gelangen, ist eine Apparatur entwickelt worden, wie sie in Abbildung 5 schematisch beschrieben ist. Die Ersatzbrennstoffe werden mit Drücken, wie sie in der Zementindustrie üblich sind, pneumatisch in diesen Querstromsichter gefördert. Die Austrittsöffnung entspricht der Auslegung in einer realen Anlage. In den Feldern I – V (exemplarisch) sollen sich unterschiedliche Fraktionen ablagern. Wo welches Partikel zum Liegen kommt ist abhängig von seiner Dichte und seiner Form. Es kann angenommen werden, dass im ersten Sektor eher große, leichte und im letzten Sektor eher kleine, schwere Partikel landen werden. Die so gewonnenen Fraktionen können nun auf die im nachfolgenden Abschnitt beschriebenen Parameter hin untersucht werden.

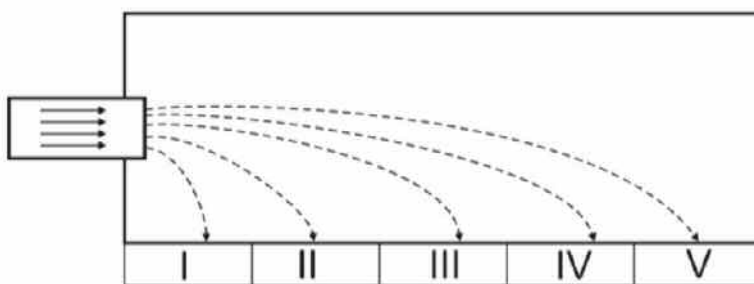


Abbildung 5 Querstromsichter im Schwerefeld (Prinzipdarstellung) und Fotografie

3.3 Flüchtigensfreisetzung und C_{fix} -Anteil

Die Flüchtigensfreisetzung wird mit Hilfe spezieller von Fraunhofer UMSICHT entwickelter Untersuchungsmethoden untersucht (MARZI 2005, MARZI 2006, MARZI 2007). Hierzu kommen konventionelle analytische Messsysteme zum Einsatz, die für die Untersuchungen nur leicht modifiziert werden müssen.

3.3.1 Heizwert und Zusammensetzung

Zur Ermittlung des Heizwertes und der Zusammensetzung der Flüchtigen wird der Verbrennungsprozess experimentell in seine Teilprozesse zerlegt. Im ersten Schritt wird die zu untersuchende Probe unter Sauerstoffmangel bei unterschiedlichen Temperaturen zersetzt. Aufgrund der komplexen Zusammensetzung des gebildeten Substanzgemisches ist eine analytische Charakterisierung nur eingeschränkt und mit hohem Aufwand möglich. Deshalb werden die flüchtigen Bestandteile in einem zweiten Schritt verbrannt und die Produkte CO_2 , N_2 und H_2O bestimmt. Hierdurch lässt sich ein charakteristischer »Fingerprint« für den Brennstoff ermitteln, der die Freisetzung C-, N-, und H-haltiger Zersetzungsprodukte in Abhängigkeit von der Temperatur beschreibt. Aus der Zusammensetzung der flüchtigen Bestandteile kann durch Anwendung der Berechnungsformel von Boie (BOIE 1957) ihr Heizwert berechnet werden. Durch die anschließende Oxidation des Zersetzungsrückstands bei $900\text{ }^\circ\text{C}$ wird ebenfalls dessen Zusammensetzung ermittelt. Hierdurch werden Anteil, Zusammensetzung und Heizwert des fixen Kohlenstoffs (C_{fix}) erhalten.

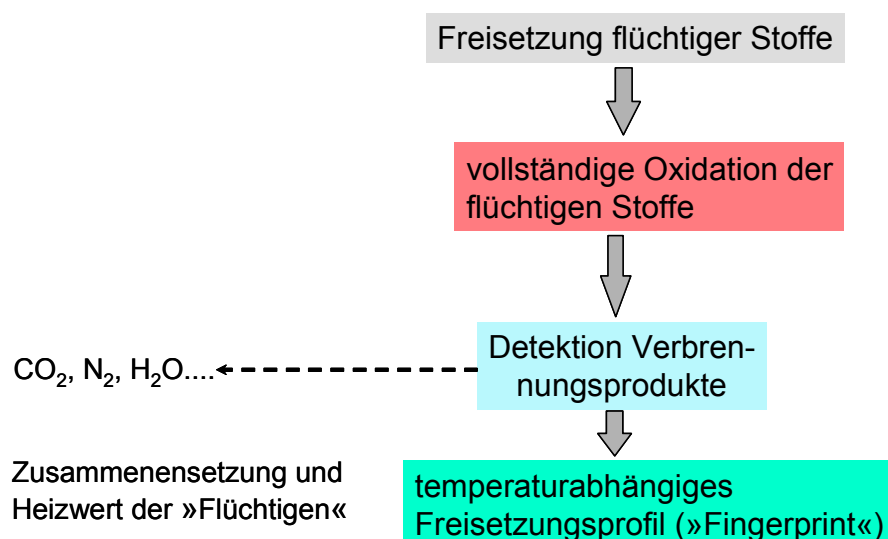


Abbildung 6 Erfassung von Zusammensetzung, Menge und Heizwert der Flüchtigen

Die Messungen werden mit einem handelsüblichen Elementaranalysator durchgeführt (Abbildung 6 und Abbildung 7). Er besteht aus drei hintereinander geschalteten Öfen. Im Normalbetrieb erfolgt die Bestimmung der Elementarzusammensetzung durch die Verbrennung einer Probe im ersten Ofen bei $900\text{ }^\circ\text{C}$ bis $1150\text{ }^\circ\text{C}$. Im zweiten Ofen werden die gebildeten Verbrennungsprodukte nachoxidiert. Nachgeschaltet ist ein Reduktionsofen, in dem Stickoxide zu molekularem Stickstoff reduziert und überschüssiger Sauerstoff, sowie Chlor und Schwefelverbindungen zurückgehalten werden. Der gebildete Stickstoff wird direkt zum Wärmeleitfähigkeitsdetektor (WLD) transportiert und dort quantitativ erfasst. Ebenfalls zu quantifizierende Gase wie CO_2 und H_2O , die sich aus dem Kohlenstoff- und Wasserstoffanteil der Brennstoffe bilden, werden von spezifisch wirkenden Adsorptionsfallen zurückgehalten, nacheinander kontrolliert thermisch freige-

setzt und ebenfalls mit Hilfe des Wärmeleitfähigkeitsdetektors erfasst. Nach der quantitativen Erfassung der Gase N_2 , CO_2 und H_2O wird der C-, H- und N-Gehalt des Brennstoffs berechnet.

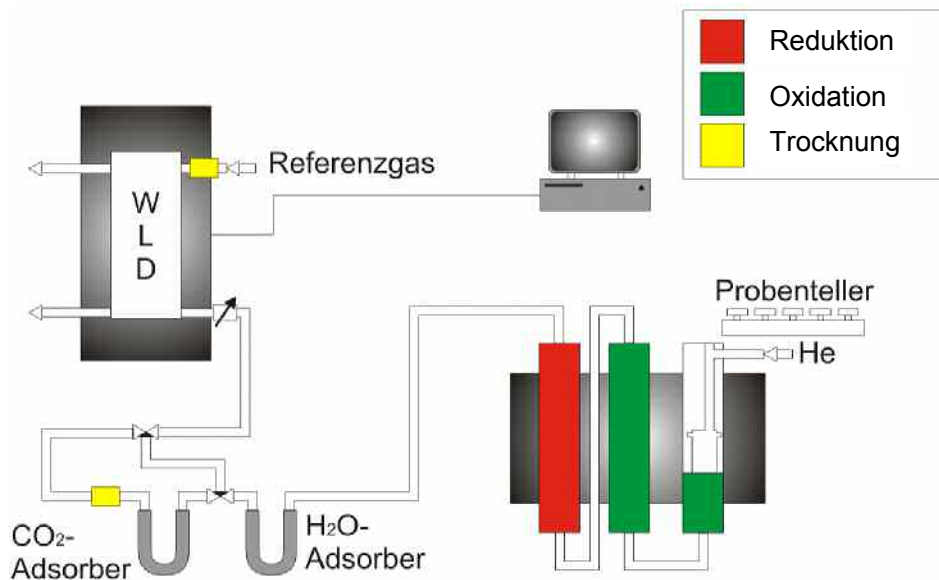


Abbildung 7 Messung mit angepasstem Elementaranalysator, sauerstofffreie Umsetzung im rechten Ofen bei unterschiedlichen Temperaturen

Um das thermische Freisetzungverhalten der flüchtigen Bestandteile zu bestimmen, wurde die oben beschriebene konventionelle Vorgehensweise modifiziert und der erste Ofen hierzu ohne Zuführung von Sauerstoff betrieben. Dabei werden die flüchtigen Bestandteile freigesetzt und im zweiten Ofen mit Hilfe eines Oxidationsmittels oxidiert. Die Zersetzung im ersten Ofen erfolgt bei unterschiedlichen Temperaturen. Abbildung 8 zeigt Ergebnisse für zwei untersuchte Siedlungsabfallfraktionen (MARZI 2007).

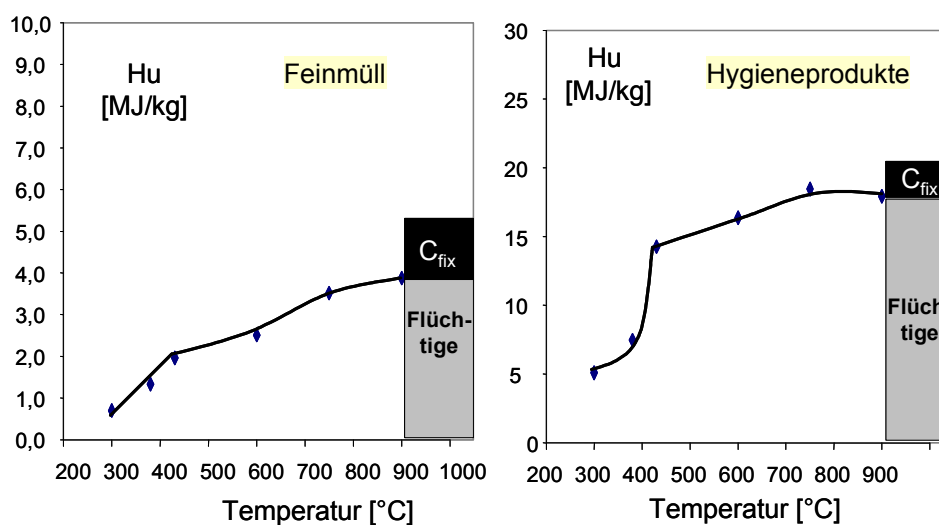


Abbildung 8 Freisetzung von Flüchtigen und deren Heizwertinventar in Abhängigkeit von der Temperatur für die Abfallfraktionen „Feinmüll“ und „Hygieneprodukte“

3.3.2 Freisetzungsgeschwindigkeit

Durch die unter 3.3.1 beschriebene Methode werden Informationen zur Art, Menge und Heizwert, der bei unterschiedlichen Temperaturen freigesetzten Flüchtigen erhalten. Informationen zur Freisetzungsgeschwindigkeit liegen jedoch hierdurch noch nicht vor. Aus diesem Grund wurde ein handelsübliches Gerät zur Bestimmung des organischen Kohlenstoffgehalts (TOC) modifiziert, um zeitabhängig die Freisetzung kohlenstoffhaltiger flüchtiger Stoffe bei unterschiedlichen Temperaturen zu untersuchen. Die Vorgehensweise ist ähnlich wie in Abschnitt 3.3.1 dargestellt, jedoch wird das in der Oxidationszone gebildete CO_2 kontinuierlich erfasst, so dass Aussagen zur Freisetzungsgeschwindigkeit der Flüchtigen möglich sind. Die Kombination der beiden Untersuchungsmethoden liefert als charakteristische Kenngröße ein dreidimensionales Freisetzungprofil für den Brennstoff (Abbildung 9).

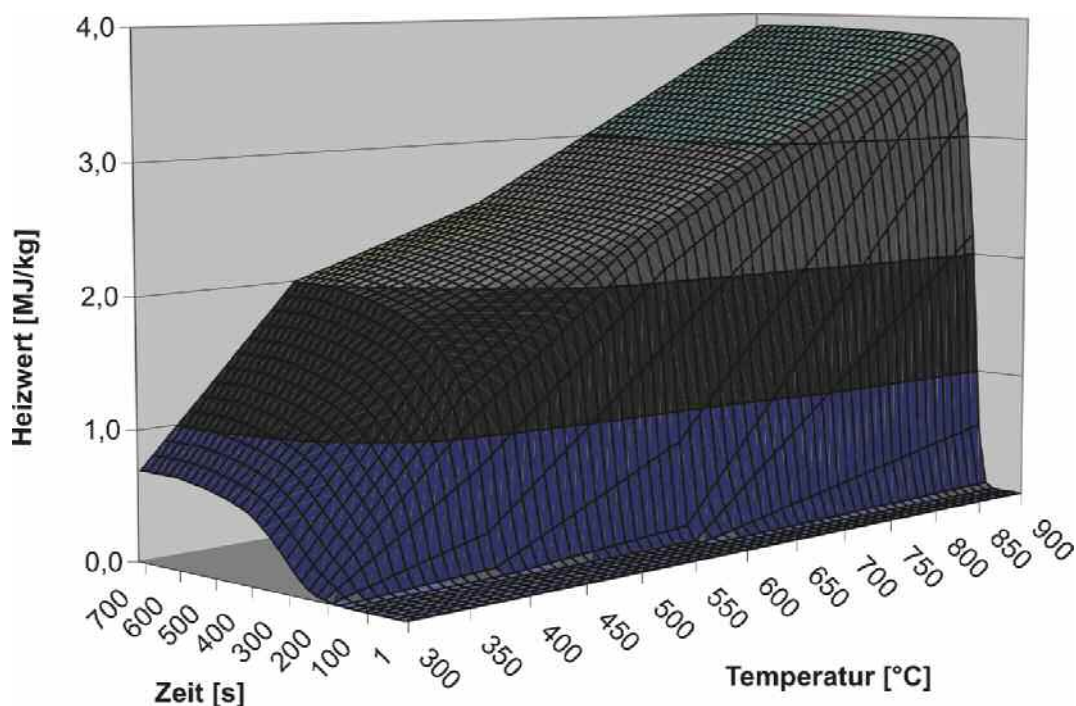


Abbildung 9 Freisetzung von Flüchtigen und deren Heizwertinventar in Abhängigkeit von Temperatur und Reaktionszeit für die Fraktion „Feinmüll“ (MARZI 2007)

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wird ein Projekt beschrieben, in dem mit Hilfe mechanischer Trennverfahren und chemisch analytischer Methoden das Flug- und Ausbrandverhalten unterschiedlicher Ersatzbrennstoffe im Zementdrehrohröfen beschrieben werden soll. Hierzu wurden Verfahren zur Ermittlung der Sinkgeschwindigkeit sowie zur Windsichtung entwickelt. Zur Bestimmung des Ausbrandverhaltens kommen analytische Laborgeräte zum Einsatz, die zwar in ihren Grundsätzen auf handelsüblichen Routinemethoden wie der Elementaranalyse oder der TOC-Bestimmung beruhen, allerdings eigens

für die beschriebene Aufgabenstellung methodisch weiterentwickelt wurden. Erste Ergebnisse sind für den Sommer 2008 zu erwarten. Weitere Optimierung der verwendeten Rechen- und Versuchsmodelle sind im Anschluss an das Projekt als Folgevorhaben vorgesehen.

Bei den vorgestellten Untersuchungen handelt es sich um ein Kooperationsprojekt zwischen dem Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT und der Di Matteo Förderanlagen GmbH & Co. KG. Es wird im AIF PRO INNO II-Programm unter der Projektnummer KF0024904WZ7 gefördert.

5 Literatur

- | | | |
|--------------------------------------|------|--|
| Baier, H. | 2004 | »Sekundärbrennstoffaufbereitung in der Praxis - Die SBS-Anlage Ennigerloh.« Aufbereitung und Verwertung von Sekundärbrennstoffen nach 2005. VDI-Seminar 438306. Hamm, 2004. |
| Baier, H. | 2006 | »Ersatzbrennstoffe für den Einsatz in Mitverbrennungsanlagen.« ZKG International Band 59 (3). 2006. |
| Boie, W. | 1957 | »Vom Brennstoff zum Rauchgas.« B.G. Teubner Verlagsgesellschaft. Leipzig, 1957. |
| Levenspiel, O. | 1972 | »Chemical Reaction Engineering.« John Wiley & Sons. New York, 1972. |
| Marzi, T.; Keldenich, K.; Görner, K. | 2005 | »Energetische Verwertung von Ersatzbrennstoffen - Entwicklung einer Methodik zur Erfassung der feuerungstechnischen Brennstoffeigenschaften« Müll und Abfall (11/05). 2005. |
| Marzi, T.; Mrotek, A.; Görner, K. | 2006 | »Ersatz- und Sekundärbrennstoff aus Abfällen – Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung des Verbrennungsverhaltens«; Abfallforschungstage 2006, Hannover, In: Kühle-Weidemeier, M.: Abfallforschungstage 2006: Abfalltagung mit wissenschaftlichem Schwerpunkt, 16.-17. Mai 2006, Hannover. Göttingen: Cuvillier Verlag, 2006, S. 69-82 |
| Marzi, T.; Mrotek, A.; Görner, K. | 2007 | »Combustion behaviour of refuse derived fuels- development of a characterisation method«, International Waste Management and landfill Symposium 11, 2007 Cagliari in: Cossu R. Sardinia 2007, 11 th International Waste Management and landfill Symposium Executive summaries, Cagliari: CISA 2007 |

- | | | |
|---------------------------------------|------|---|
| Schläffer, P.; Werner, A.; Haider, M. | 2007 | »Untersuchung der Verbrennungsgüte und der Flammenstruktur für unterschiedliche feste Brennstoffmischungen in einem Zement-Drehrohröfen.« 23. Deutscher Flammentag. Berlin, 2007. |
| Scholz, R.; Harnaut, T. | 2002 | »Energetische Bewertung und Optimierung von Verfahren der thermischen Abfallbehandlung am Beispiel des Klinkerbrennprozesses und des Schrotteinschmelzens.« 13. DVV-Kolloquium. 2002. |
| Stieß, M. | 1995 | »Mechanische Verfahrenstechnik 1.« Springer-Verlag Berlin-Heidelberg. Heidelberg, 1995. |
| Verein Deutscher Zementwerke e.V. | 2005 | Umweltdaten der deutschen Zementindustrie, 2005 |
| Verein Deutscher Zementwerke e.V. | 2006 | Zement-Merkblatt Betontechnik, Zemente und ihre Herstellung, B 1 1, 2006 |

Anschrift der Verfasser(innen)

Dipl.-Ing. (FH) Philipp Danz, Dr. rer. nat. Thomas Marzi, Dipl.-Ing. Asja Mrotzek

Fraunhofer UMSICHT

Osterfelder Str. 3

D-46047 Oberhausen

Telefon +49 208 85 98 11 70

Email philipp.danz@umsicht.fraunhofer.de

thomas.marzi@umsicht.fraunhofer.de

asja.mrotzek@umsicht.fraunhofer.de

Website: www.umsicht.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Luigi Di Matteo, Günther Marotz

DI MATTEO Förderanlagen GmbH & Co. KG

Römerstr. 6-16

D-59269 Beckum

Telefon +49 3677 62 875

Email luigi@dimatteo.de

Website: www.dimatteo.de