

Abbrandverhalten von Ersatzbrennstoffen mit Biomassen in Rostfeuerungen

Piotr Nowak, Hans-Joachim Gehrman, Helmut Seifert und Thomas Glorius

Die Verbrennung von Abfällen wie Altholz oder von aus hochkalorischen Fraktionen des Haus- und Gewerbeabfalls hergestellten, gütegesicherten Sekundärbrennstoffen kann dem Anlagenbetreiber in der Energie- und Zementindustrie eine attraktive Alternative gegenüber der Nutzung von fossilen Brennstoffen bieten. Das EU-Projekt „RECOMBIO“ zielt auf die Entwicklung und Demonstration innovativer Methoden der hocheffizienten und kostengünstigen, energetischen Nutzung von Sekundärbrennstoffen (Solid Recovered Fuels) sowie von low-rank-Biomassen in unterschiedlichen Feuerungstypen ab. Das Institut für Technische Chemie (ITC) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) untersucht im Rahmen des Projektes brennstoff- und verbrennungsspezifische Aspekte der Mitverbrennung von Sekundärbrennstoffen mit Holzhackschnitzeln in einer Rostfeuerung.

Ziel der Studie ist die Untersuchung des Verbrennungsprozesses für ausgewählte Brennstoffe und deren Mischungen mit Holzhackschnitzeln in einem Laborfestbettreaktor und in einer halbtechnischen Rostfeuerung. Zusätzlich zur experimentellen Methode soll eine numerische Simulation die Verbrennung der oben genannten Brennstoffe mithilfe eines am ITC entwickelten, numerischen Modells darstellen, so dass die Validierung des Modells mithilfe der empirischen Ergebnisse aus Verbrennungsversuchen von Sekundärbrennstoffen und deren Mischungen mit Biomasse erfolgen kann. Bereits durchgeführte experimentelle Untersuchungen betreffen:

- die Auswahl von Sekundärbrennstoffen und Biomassen;
- die chemisch-physikalische Analyse der gewählten Brennstoffe;

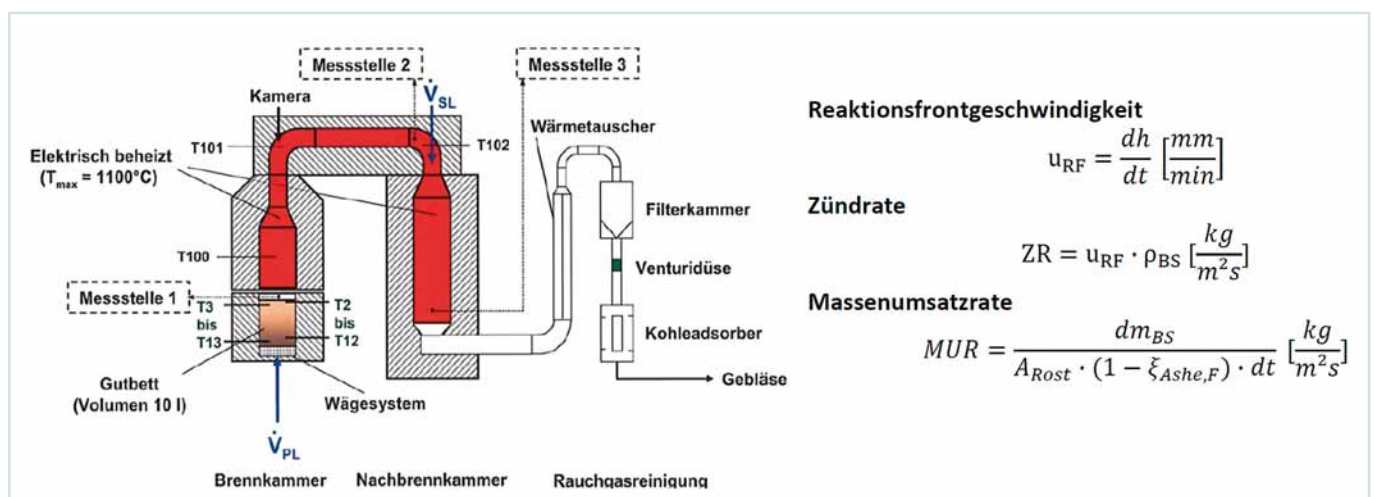
- die Charakterisierung des Verbrennungsprozesses dieser Brennstoffe und deren Mischungen mit gewählter Biomasse im Festbettreaktor KLEAA und
- die Vorbereitung und Durchführung von Verbrennungsversuchen der oben genannten Brennstoffmischungen im Rostsystem TAMARA.

Eine Anpassung des mathematischen Modellansatzes ist dann erforderlich, wenn die numerisch berechneten Temperatur- und Konzentrationsverteilungen im Rostsystem deutlich von den experimentell ermittelten Daten abweichen. Die Anpassung erfolgt bspw. durch eine Detaillierung in kinetischen Abläufen und der Entwicklung von Summenparametern, die bestimmte charakteristische Materialeigenschaften der Brennstoffe für das mathematische Modell bereitstellen. Materialeigenschaften sind

bspw. die Schüttdichte oder die spezifische Oberfläche. Eine Anpassung des Modells hinsichtlich von Einflüssen der Vermischung und Schürung kann durch die Einführung entsprechender Koeffizienten berücksichtigt werden.

Ausgewählte Ergebnisse

Zwei durch REMONDIS, dem Koordinator des EU-Projektes, hergestellte gütegesicherte Sekundärbrennstoffe (SRF), BIOBS und SBS1, wurden am KIT im Institut für Technische Chemie hinsichtlich ihrer verbrennungstechnischen Eigenschaften in einem Festbettreaktor charakterisiert (siehe Abb. 1) [2]. Dabei wurde das Mischungsverhältnis zwischen den SRF und Holzhackschnitzeln (HHS) variiert und das Verbrennungsverhalten mittels unterschiedlicher Kennzahlen beschrieben. Die Kennzahlen aus den Experimenten an



Reaktionsfrontgeschwindigkeit

$$u_{RF} = \frac{dh}{dt} \left[\frac{mm}{min} \right]$$

Zündrate

$$ZR = u_{RF} \cdot \rho_{BS} \left[\frac{kg}{m^2 \cdot s} \right]$$

Massenumsatzrate

$$MUR = \frac{dm_{BS}}{A_{Rost} \cdot (1 - \xi_{Ashe,F}) \cdot dt} \left[\frac{kg}{m^2 \cdot s} \right]$$

Abb. 1 KLEAA-Laborfestbettreaktor und wesentliche Kennzahlen

dem Festbettreaktor erlauben eine erste Abschätzung des Verbrennungsverhaltens der untersuchten Brennstoffe auf einer kontinuierlichen Rostfeuerung.

Die Reaktionsfrontgeschwindigkeit u_{RF} beschreibt das Fortschreiten der Brennstoffzündung von oben nach unten entgegen der Primärluftströmung. Sie wird mithilfe von Thermoelementen ermittelt, die im unteren Brennkammerteil versetzt angeordnet sind. Durch Multiplikation mit der Ausgangsschüttdichte des Brennstoffes kann eine Zündrate ZR bestimmt werden, die im direkten Vergleich mit der Massenumsatzrate MUR den Abbrand in der Hauptverbrennungszone beschreibt. Je nach Brennstoffeigenschaften und Betriebsbedingungen kann eine zweite MUR definiert werden, die den Umsatzverlauf in der Koksabbrandphase beschreibt.

Durch den geringeren Wassergehalt der HHS im Vergleich zu SBS1 weisen die HHS (Abb. 2 rechts, 0 %) die höchste Zünd- und Massenumsatzrate in der Hauptverbrennungszone auf. Unabhängig von der Haupt-

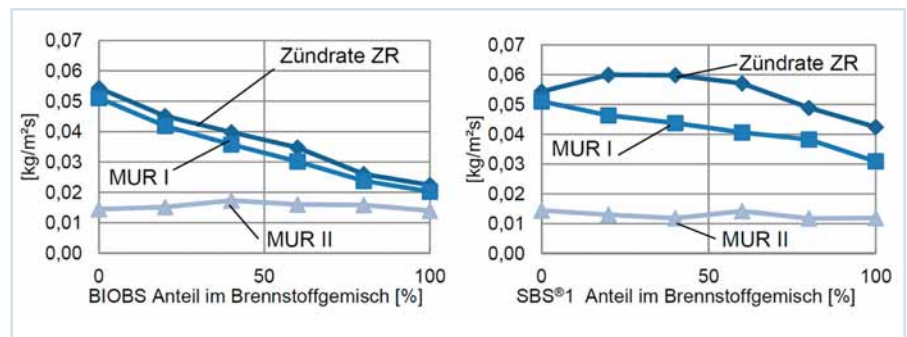


Abb. 2 Zündrate, Massenumsatzrate für BIOBS und SBS1-Gemische mit HHS

verbrennungszone, die durch die ZR und die MUR I gekennzeichnet werden kann, wird der aus dieser Phase verbleibende Koks unter den gegebenen Betriebsbedingungen (lokale Luftzahl, Reaktivität des Kokes) mit nahezu konstanter MUR II verbrannt.

Für eine kontinuierliche Rostanlage bedeutet dies, dass der Ausbrandrost unabhängig von der eingesetzten Brennstoffmischung bei den gegebenen Betriebsbedingungen in ähnlicher Weise betrieben werden kann.

Der Wasserdampf, der durch die Trocknung freigesetzt wird, verdünnt die Sauerstoffkonzentration in der Primärluft und verzögert die Zündung der freigesetzten flüchtigen bei BIOBS im Vergleich zu HHS und SBS1. Während der flüchtigenfreisetzung gebildeter Koks wird größtenteils noch während der Zündung umgesetzt. Die ZR bei Zunahme des BIOBS-Anteils (Abb. 2 links) in der Mischung mit HHS nimmt durch die steigende Gesamtschüttdichte und Brennstofffeuchte kontinuierlich ab.

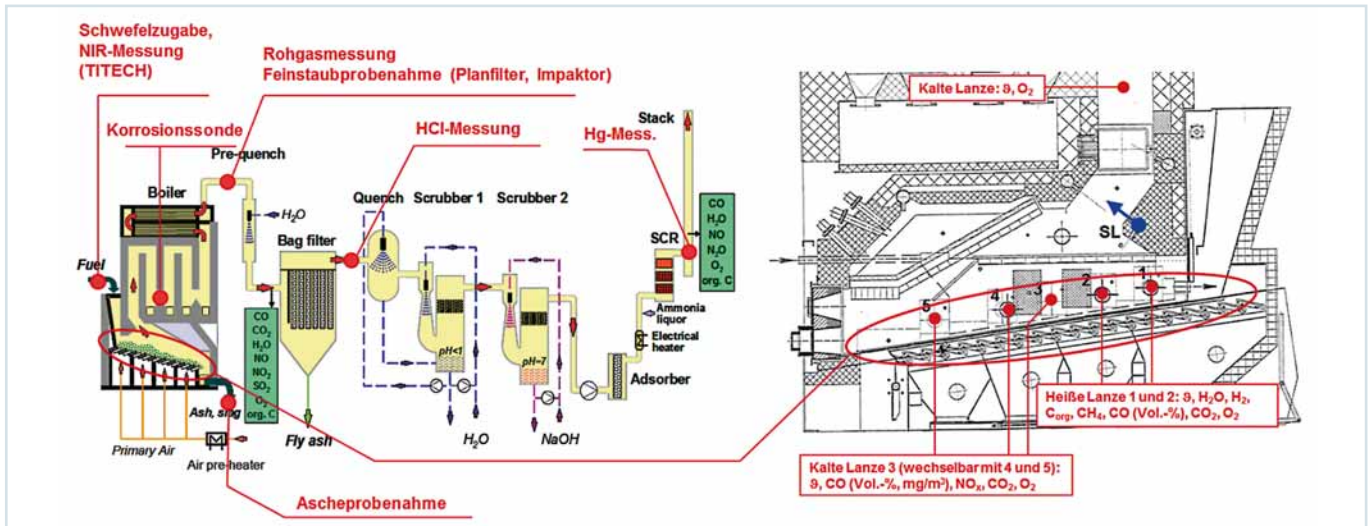


Abb. 3 TAMARA-Versuchsanlage und Messstellen

Während der Messkampagne an der kontinuierlichen Rostfeuerung „TAMARA“ wurden die im Festbettreaktor KLEAA ermittelten Verbrennungseigenschaften validiert und darüber hinaus insbesondere die Emissionen, Belagsbildung an Feuerraumwänden und Kessel sowie die Auswirkungen auf die Korrosion vertiefend untersucht [2]. TAMARA ist eine halbtechnische Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserreinigung des ITC am KIT, die mit allen wesentlichen Komponenten einer großtechnischen Vorschubrostfeuerung ausgestattet ist. Durch die Anwendung eines gemäß der

17. BImSchV gebauten Gasreinigungssystems ist der Einsatz einer breiten Auswahl von Abfällen und Sekundärbrennstoffen möglich. Die Rostanlage hat eine thermische Leistung von 0,5 MW (Abb. 3).

Modellvalidierung steht noch aus

Zur Bewertung des Abbrandverhaltens wurden die lokalen Verbrennungsparameter oberhalb des Rostes, im Kessel und in der Abgasreinigung ermittelt [3]. Aus diesen Messungen kann der Verlauf des Brennstoffumsatzes und ein axiales Profil für die

Gastemperaturen oberhalb des Brennnetzes über der Rostlänge ermittelt werden. Diese experimentell ermittelten Ergebnisse bilden eine zuverlässige, empirische Basis für die Modellvalidierung, die als der nächste Schritt der Arbeit geplant ist. Das validierte und angepasste Modell kann in der Zukunft zur Bewertung des Verbrennungsverhaltens und in der Konsequenz zur groben Abschätzung der Parameter einer Rostfeuerung (z. B. Größe, Primärluftmengen) nutzbar sein.

Literatur

- [1] Mätzing, H.; Gehrman, H.-J.; Kolb, T.; Seifert, H.: Experimental and Theoretical Investigation of Biomass Conversion in a Fixed Bed, Environmental Engineering Science, University of Vermont 2010.
- [2] Nowak, P.; Gehrman, H.-J.; Paur, H.-R.; Pfrang-Stotz, G.; Schubert, St.; Glorius, Th.: Energetische Nutzung von Solid Recovered Fuels mit Holzhackschnitzeln in einer Rostfeuerung, Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz, Berlin 28.-29.1.2013.
- [3] Gehrman, H.-J.; Maier, J.; Kipshagen, F.-J.; Nowak, P.; Paur, H.-R.; Pfrang-Stotz, G.; Seifert, H.; Glorius, Th.: Mitverbrennung von Solid Recovered Fuels mit hohem biogenen Anteil in Kraftwerken, Kraftwerktechnisches Kolloquium, Dresden 23.-24.10.2012.

Dipl.-Ing. P. Nowak, Dr.-Ing. H.-J. Gehrman, Prof. Dr. H. Seifert, Karlsruher Institut für Technologie, Eggenstein-Leopoldshafen; T. Glorius, REMONDIS GmbH, Erfstadt
piotr.nowak@kit.edu