

Volkhard Scholz und Manfred Gläser, Potsdam-Bornim

Emissionen bei der Verbrennung von halbtrockener Biomasse

Biomasse gewinnt zunehmend auch als Brennstoff an Bedeutung. Mitunter werden Biofestbrennstoffe eingesetzt, die zumindest partiell relativ hohe Feuchten aufweisen. Gegenstand dieser Untersuchungen ist daher die Ermittlung des Einflusses des Gesamtwassergehaltes solcher halbtrockenen Brennstoffe auf die Emission von Schadgasen. Es zeigt sich, daß mit Ausnahme von Schwefeldioxid die Schadstoffemissionen bei erhöhten Feuchten im allgemeinen zunehmen und bei Halmgütern stärker vom Gesamtwassergehalt abhängig sind als bei Holzbrennstoffen.

Um die umwelt- und energiepolitischen Ziele der Bundesregierung und verschiedener Landesregierungen zu erfüllen, muß Biomasse in weit größerem Maße als bisher als Energieträger mit einbezogen werden. Das erfordert zwangsläufig die Verwendung von pflanzlichen Brennstoffen, die bisher nicht oder nur vereinzelt genutzt werden, wie etwa Stroh, Feldgehölze und andere landwirtschaftlich produzierte Energieträger. Dabei ist nicht auszuschließen, daß unbeabsichtigt oder auch gezielt Brennstoffe zum Einsatz kommen, die einen höheren Gesamtwassergehalt aufweisen, als er im allgemeinen üblich ist.

Diese sogenannten halbtrockenen Brennstoffe, die einen Gesamtwassergehalt zwischen 20 und 50 % besitzen, waren Gegenstand von Emissionsmessungen im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg.

Hintergrund dieser Untersuchungen war, daß einerseits die Brennstofflieferanten nicht immer den gewünschten Gesamtwassergehalt gewährleisten können und andererseits Technologien diskutiert werden, die feuchte oder halbtrockene Biobrennstoffe favorisieren, da die Trocknung von pflanzlichen Materialien relativ

Dr.-Ing. Volkhard Scholz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung des Instituts für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim (Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zanke). Dr. rer. nat. habil. Manfred Gläser war im Rahmen des vom Landesumweltamt Brandenburg geförderten Forschungsprojektes „Schadstoffarme Verbrennung von halbtrockener Biomasse“ im gleichen Institut beschäftigt.

zeit- und kostenaufwendig ist [1]. Die aus der Literatur bekannten Ergebnisse zu Emissionsmessungen bei der Verbrennung von nicht trockener Biomasse gelten ausschließlich für Nadelholz, wurden meist sporadisch ermittelt und sind nicht verallgemeinerungsfähig [2, 3].

Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen war es daher, den Einfluß des Gesamtwassergehaltes auf die Emission umweltrelevanter Gase bei der Verbrennung von landwirtschaftlich produzierter, halbtrockener Biomasse zu ermitteln.

Meßprinzip

Der für die Untersuchungen eingesetzte Meßstand besteht aus:

- Brennkammer mit Abgaskanal
- Gasanalyseanlage IMR-MS 100 (Fa. Atomika)
- Staubmeßeinrichtung
- Flammenionisationsdetektor (FID)
- diversen Meßfühlern.

Die Signale werden im Meßstand-Rechner verarbeitet (Bild 1).

Bei dem Gasanalysegerät handelt es sich um ein flexibles und universell einsetzbares Massenspektrometer. Die zur Trennung einzelner Atome oder Moleküle in einem elektrischen Wechselfeld eines Quadrupols erforderliche Ionisation erfolgt bei diesem Massenspektrometer auf „sanfter“ Weise durch Ionen-Molekül-Re-

aktionen bei Einzelstoßbedingungen. Die nachzuweisenden Meßgasmoleküle werden also durch Ladungsübertragung von zuvor durch Elektronenstoß ionisierten Reaktionsatomen im Reaktionsraum ionisiert (Gl. 1). Dadurch wird die bei Elektronenstoß vielfach erfolgende starke Fragmentierung der nachzuweisenden Moleküle weitgehend vermieden. Die Spektren sind damit wesentlich übersichtlicher und leichter zu identifizieren.



- A^+ : Reaktionsgasion
- A : Reaktionsgasmolekül
- B^+ : Meßgasion
- B : Meßgasmolekül
- k : Reaktionsrate

Im Gegensatz zur konventionellen Abgasanalytik können mit diesem Analysengerät sämtliche vom Gesetzgeber vorgegebenen Abgaskomponenten gleichzeitig und nach ein und demselben Meßprinzip erfaßt werden (Ausnahme C_{ges}). Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, weitere bisher nicht beachtete Komponenten im Abgas zu analysieren, was bei der konventionellen Meßtechnik, die für die zu bestimmenden Gase jeweils ein spezielles Meßprinzip einsetzt, nicht möglich ist. Der Gesamtkohlenstoff C_{ges} wird mit einem Flammenionisationsdetektor (FID) gemessen und der Staubgehalt mit einer gravimetrischen Staubmeßeinrichtung.

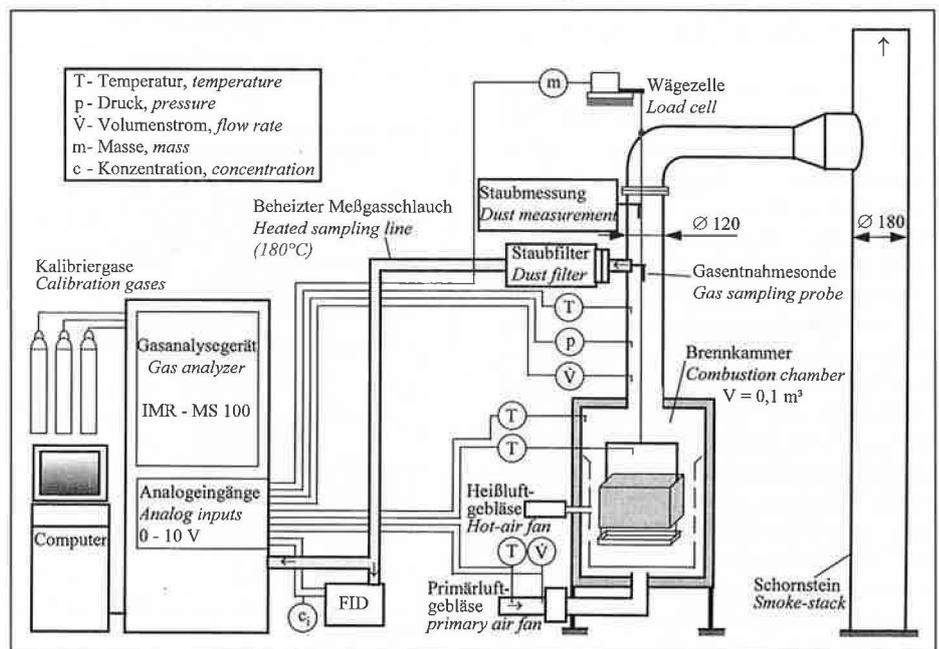


Bild 1: Aufbau des Meßstandes

Fig. 1: Design of the measuring stand

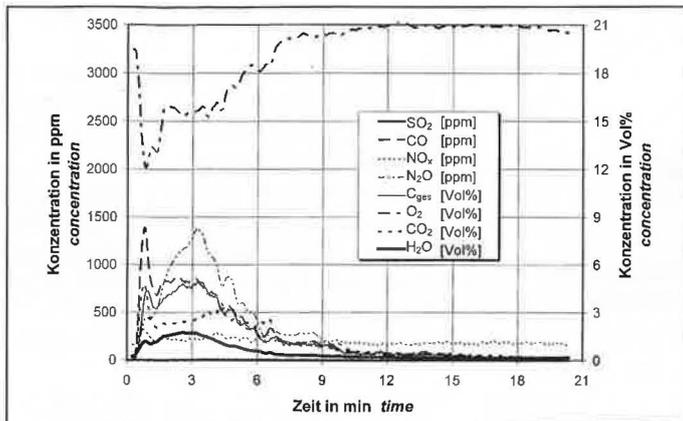


Bild 2: Verlauf der Emissionen bei der Verbrennung von Roggenstroh mit 50 % Gesamtwassergehalt

Fig. 2: Course of emissions when combusting rye straw with 50 % total moisture

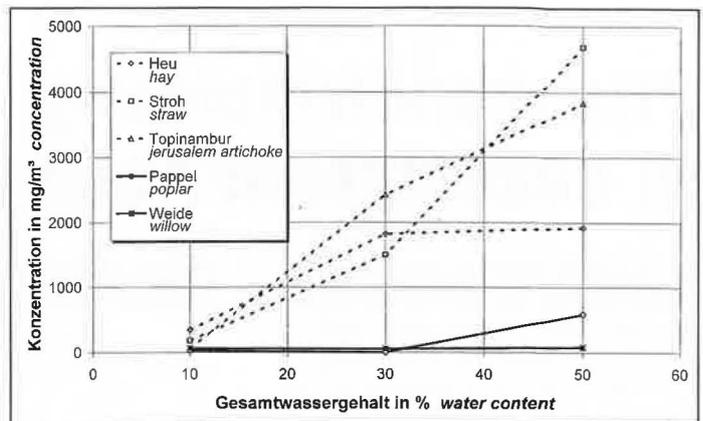


Bild 3: Mittlere Lachgas-Emissionen in Abhängigkeit von Brennstoffart und Gesamtwassergehalt

Fig. 3: Mean nitrous oxide emissions depending on type of fuel and total moisture

Meßprogramm

Für die Verbrennungsversuche wurden eingesetzt: Roggenstroh, Knaulgras, Topinamburkraut, Pappel und Weide, jeweils in gehäckseltem oder gehacktem Zustand mit Gesamtwassergehalten von annähernd 10, 30 und 50 %. Sie wurden chargenweise und unverdichtet verbrannt. Dabei wurden folgende Abgas-komponenten gemessen: Sauerstoff O_2 , Kohlenmonoxid CO , Kohlendioxid CO_2 , Schwefeldioxid SO_2 , Stickoxide NO_x , Lachgas N_2O , Gesamtkohlenstoff C_{ges} , Wasser H_2O und Staub.

Darüber hinaus wurden in der Asche die Elemente Phosphor, Kalium, Magnesium, Stickstoff, Calcium sowie der pH-Wert bestimmt.

Die Auswertung der Emissionsverläufe erfolgte sowohl durch Vergleich von Momentan- oder Maximalwerten als auch durch Mittelwertbildung über die Hauptverbrennungsphase [4].

Ergebnisse

Die Emissionen weisen einen typischen Verlauf auf. Unmittelbar nach dem Zünden, offenbar in der Phase der Entgasung, durchlaufen viele Schadgaskomponenten ein Maximum. In Abhängigkeit vom Wasserdampfgehalt wird in der Hauptverbrennungsphase häufig noch ein zweites Maximum erreicht, bevor in der Glühphase die Konzentration aller Schadgase gegen Null geht (Bild 2).

In der Hauptverbrennungsphase, in der ein Großteil des Wassers entweicht, beträgt bei Halmgut das Verhältnis der mittleren Konzentrationen von feuchtem (50 % H_2O) zu trockenem Gut (10 % H_2O) im Mittel etwa

- 3 für Kohlenmonoxid CO ,
- 3 für Stickoxide NO_x ,
- 0,4 für Schwefeldioxid SO_2 ,
- 10 für Gesamtkohlenstoff C_{ges} und
- 25 für Lachgas N_2O .

Bei den Holzbrennstoffen liegen diese Verhältnisse deutlich darunter. Die Ursache hierfür wird in der Freisetzungsrates des Wassers vermutet.

Im Gegensatz zu den übrigen Schadgaskomponenten verringert sich bei Schwefeldioxid SO_2 mit zunehmendem Wasseranteil die Konzentration des Gases. Dies ist offenbar auf die verstärkte Bildung von Schwefelsäure zurückzuführen, die nicht als Gas erfaßt wird.

Besonders interessant ist die Abhängigkeit des in der TA Luft und Bundesim-missionsschutzverordnung (BImSchV) zwar nicht limitierten, aber extrem klimawirksamen Lachgases (Distickstoffmonoxid N_2O) vom Gesamtwassergehalt des Brennstoffs und vom Wasserdampfanteil im Gasgemisch. Die Spitzenkonzentrationen liegen hier um den Faktor 100 über den Werten bei wasserdampfarmer Verbrennung (Bild 3).

Der Staubgehalt des Abgases ist im wesentlichen unabhängig vom Gesamtwassergehalt des Brennstoffs. Die Inhaltsstoffe der Asche, insbesondere die pflanzenverfügbaren Nährstoffe, weisen ebenfalls keine meßbare Abhängigkeit vom Wassergehalt auf.

Schlußfolgerungen

Bei der Verbrennung feuchter oder halbtrockener Biomasse in technisch nicht angepaßten Rostfeuerungsanlagen können sich, mit Ausnahme des Schwefeldioxids SO_2 , die Konzentrationen der Schadgase CO , NO_x , C_{ges} und N_2O gegenüber trockenem Gut erheblich erhöhen. Dabei sind die Emissionen von Holz wesentlich geringer vom Wassergehalt abhängig als die von Halmgütern wie Heu und Stroh. Lachgas N_2O weist in Abhängigkeit vom Wasserdampfgehalt die höchsten Konzentrationszunahmen auf. Bei der Verbrennung von Halmgut ist daher besonderes Augenmerk auf einen

ausreichend hohen und gleichbleibenden Trockensubstanzgehalt des Gutes zu legen. Feuchtes Gut bedarf spezieller Kesselkonstruktionen, die beispielsweise eine Vortrocknung des Gutes ermöglichen oder den in der Trocknungszone entweichenden Wasserdampf separat abführen, um unerwünschte chemische Reaktionen in der Flamme zu verhindern.

Der für Biomasseverbrennung erstmals eingesetzte On-line Multikomponenten Gasanalysator IMR-MS 100 hat sich für Messungen dieser Art gut bewährt. In weiteren Untersuchungen sollen die Übertragbarkeit der Laborergebnisse geprüft und andere umweltrelevante Gase einbezogen werden.

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] • Scheffer, K.: Umweltschonende Biomasseerzeugung durch ein neues Ackerbausystem. In: Biomasse zur direkten energetischen Nutzung, Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG), Bonn, Selbstverlag 1992
- [2] • Marschall, H.-P.: Einsatz von Waldrestholz zur umweltfreundlichen Wärmeerzeugung mit dezentraler Hackschnitzel-Erzeugung und -Verfeuerung. Fortschritt-Berichte VDI, Nr.70, Reihe 15: Umwelttechnik, Düsseldorf, 1990
- [3] Hoffelder, P.: Projekt „Freihung“ als Beispiel für ein kommunales Wärmesystem. 3. Symposium Biobrennstoffe, Regensburg, 1994 (Veranstalter OTTI)
- [4] Scholz, V., M. Gläser, St. Richter und P. Kaulfuß: Schadstoffarme Verbrennung von halbtrockener Biomasse. Forschungsbericht des ATB 1996/5, Potsdam-Bornim

Schlüsselwörter

Verbrennung, Emissionen, Biofestbrennstoffe, Abgasanalytik, Ionen-Molekül-Reaktions-Massenspektrometrie

Keywords

Combustion, emissions, solid biofuels, exhaust analysis, ion-molecule-reaction-mass spectrometry