

Brennwerttechnik für häusliche Holzhackschnitzelkessel

Mit dem Einsatz eines handelsüblichen Zusatzwärmetauschers mit Kondensatabscheider können neue oder bestehende häusliche Holzheizungen in sogenannte Brennwertkessel umgewandelt werden. Durch die zusätzliche Abgaskühlung und die Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfs kann die Wärmeleistung um durchschnittlich 18 % gesteigert werden, wodurch sich der Kesselwirkungsgrad auf über 100 % erhöht (bezogen auf den unteren Heizwert). Als Nebeneffekt findet eine Staubabscheidung von 20 bis 37% statt. Je nach Holzfeuchte fällt ein spezifisches Kondensatvolumen von etwa 0,05 bis 0,2 l/kWh vom Kessel erzeugte Wärmeenergie an. Bei Holzfeuerungen liegen die pH Werte des Kondensats zwischen 2,9 und 6,4. Bei der Einleitung in das häusliche Abwassersystem gelten regionale Bestimmungen.

Dr. Hans Hartmann leitet das Sachgebiet „Technologie Nachwachsender Rohstoffe“ am Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, dem die weiteren Autoren ebenfalls angehören; Schulgasse 18, 94315 Straubing; e-mail: hans.hartmann@tfz.bayern.de

Schlüsselwörter

Brennwerttechnik, Holzfeuerung, Staubabscheidung, Kondensat

Keywords

Flue gas condensation, wood furnace, dust separation, condensate

Durch den Einsatz eines Zusatzwärmetauschers können die Abgase einer Hackschnitzelfeuerung unter den Taupunkt abgekühlt werden. Dadurch lässt sich die Wärmeausnutzung des Brennstoffs beachtlich steigern. Dieser Prozess, der mittlerweile bei Erdgas- und Heizölfeuerungen als „Brennwerttechnik“ bekannt ist, führt zu Systemwirkungsgraden von über 100% (bezogen auf den unteren Heizwert H_u). Auch bei Holzfeuerungen kann dieser Effekt erzielt werden, zumal hierfür durch den immer vorhandenen Wassergehalt im Brennstoff besonders günstige Bedingungen für die Gewinnung von latenter Wärme aus dem Abgas gegeben sind.

Erprobung

Ein Sekundärwärmetauscher (BOMAT AWR 532) wurde als Zusatzbauteil mit einer herkömmlichen Holzhackschnitzelfeuerung (HDG Compact C100) kombiniert und am Feuerungsprüfstand des TFZ betrieben, wobei unterschiedliche Brennstoffarten, Kesselleistungen und Rücklauftemperaturniveaus am Sekundärwärmetauscher untersucht wurden. Die Wärmeabgabe des Kessel

und des Wärmetauschers wurden separat erfasst, ebenso wurde die Abgasqualität (CO , Gesamt-C, NO_x , Staub) vor und nach dem Zusatzwärmetauscher separat gemessen (Bild 1).

Leistungs- und Wirkungsgradsteigerung

In den Versuchen wurde eine Steigerung der abgegebenen Wärmeleistung von durchschnittlich 18% gemessen. Da dieser Effekt ausschließlich auf eine bessere Ausnutzung der eingesetzten Brennstoffenergie zurückgeht, steigt auch der Kesselwirkungsgrad entsprechend auf über 100% (Bild 2). Dieser Effekt ist besonders deutlich bei feuchteren Brennstoffen (Wirkungsgrad bis 106% bei 40% Wassergehalt in Brennstoff). Der Wirkungsgrad sinkt dagegen um ~ 2 %, sobald die Rücklauftemperatur des für die Kühlung der Abgase eingesetzten Heizkreislaufwassers von 20 °C auf 30 °C erhöht wird.

Emissionsminderung

Durchgehend für alle Versuche lässt sich eine signifikante Verminderung der Staubemissionen durch den Einsatz des Sekundär-

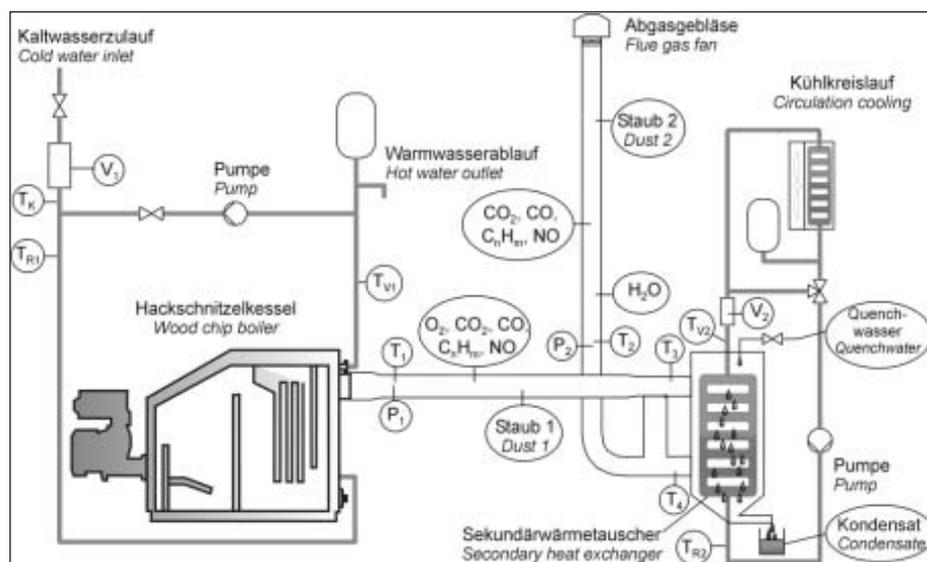


Bild 1: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus und der Messstellenanordnung

Fig. 1: Schematic description of the experimental set-up and arrangement of measuring points

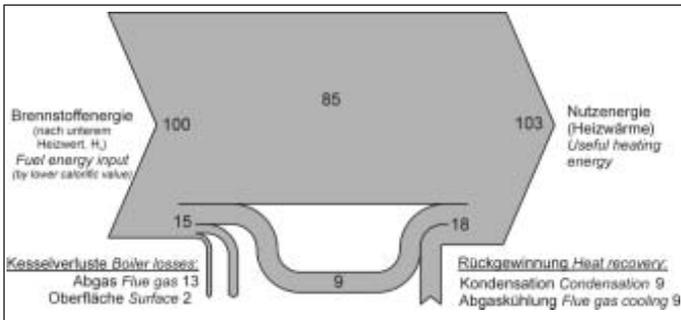


Bild 2: Typischer Energiefluss der untersuchten Brennwertfeuerung mit Holz hackschnitzeln

Fig. 2: Typical energy flow diagram of the tested condensation operation

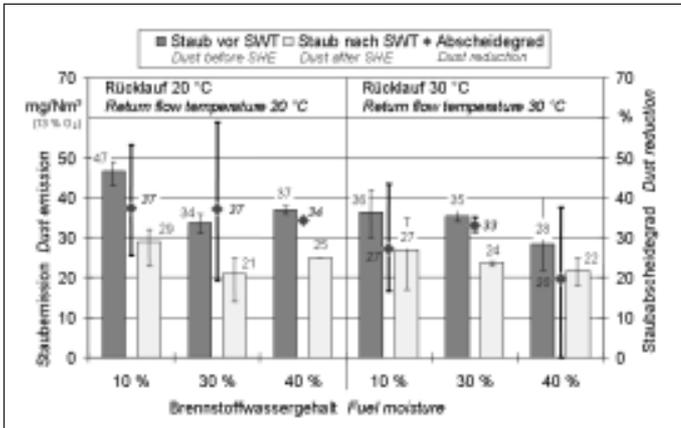


Bild 3: Staub-Emissionsminderung durch Einsatz des Sekundärwärmetauschers (SWT) bei verschiedenen Brennstoffwassergehalten und verschiedenen Rücklauftemperaturen (Messungen bei 60kW Heizleistung mit Waldhackschnitzeln, Mittelwerte und Bandbreite von je drei Wiederholungsmessungen)

Fig. 3: Dust emission reduction for different fuel moistures and return flow temperatures using secondary heat exchanger (SHE) (measurements with forest wood chips at 60kW boiler power, mean values and amplitudes with 3 replications per variable)

wärmetauschers feststellen. Bei Holz hackschnitzeln liegt der Staubabscheidegrad des Sekundärwärmetauschers in einer Größenordnung von 20 bis 37% (Bild 3). Höhere Brennstoffwassergehalte wirken sich hier jedoch nicht positiv aus. Eine Absenkung der Rücklauftemperatur um 10 Kelvin (von 30 auf 20 °C) erweist sich aber als vorteilhaft (4 bis 14 % höhere Staubabscheidegrade).

Bei den untersuchten Nicht-Holz-Brennstoffen (Getreidestroh- und Miscanthuspellets sowie Triticalekörner), bei denen die Staubmesswerte insgesamt deutlich erhöht waren, war der Staubabscheidegrad des Sekundärwärmetauschers geringer als bei Holzbrennstoffen. Auch eine Halbierung der Heizlast führte in der Regel zu geringeren Staubabscheidegraden.

Im Gegensatz zu den deutlichen Minderungseffekten beim Staubausstoß konnten bei den übrigen Abgasschadstoffkomponenten Kohlenstoffmonoxid (CO), flüchtige organische Kohlenstoffverbindungen (C_nH_m) und Stickstoffmonoxid (NO) keine Verbesserungen festgestellt werden.

Kondensatqualität und -menge

Analog zum genannten Wirkungsgrad besteht auch beim Kondensatanfall eine Abhängigkeit vom Brennstoffwassergehalt. Wenn dieser praxisüblich zwischen 10 und 40% variiert, schwankt auch die gebildete Kondensatmenge je nach Betriebsbedingungen zwischen ~ 0,05 und 0,2 Litern je Kilowattstunde (abgegebene Kesselwärme), wobei die Absenkung der Rücklauftemperatur

um 10 Kelvin eine Steigerung um 30 bis 50% verursacht (Bild 4). Bei etwa gleichem Brennstoffwassergehalt (hier um ~ 10%) kommt es mit dem verwendeten Getreidekörner-Brennstoff zum höchsten spezifischen Kondensatmengenanstieg, während (trockene) Holzbrennstoffe weniger Kondensat bilden.

Die Kondensatqualität ist vor allem abhängig von der verwendeten Brennstoffart. Bei Holz hackschnitzeln ist ein saures Kondensat zu erwarten (pH 2,9 bis 6,4). Halmgutbrennstoffe erweisen sich als nachteilig; der pH-Wert ist bei diesen Kondensaten mit 1,7 bis 2,2 besonders niedrig, was sich durch den höheren Chlorgehalt erklären lässt. Auch die Schwermetallkonzentrationen im Kondensat liegen hier fast durchweg höher als bei den Holzbrennstoffen.

Fazit

Der Einsatz eines Sekundärwärmetauschers mit Abgaskondensationsbetrieb stellt eine interessante Option zur Verbesserung des Systemwirkungsgrades und zur Minderung der Staubemissionen bei Holzfeuerungen dar. Das gilt besonders für Holz hackschnitzeln mit ihrem vergleichsweise hohen Brennstoffwassergehalt. Bei der Verbrennung verursacht dieser aber - zusammen mit dem bei Holzfeuerungen meist relativ hohen Luftüberschuss - ein relativ großes Abgasvolumen, daher muss der Sekundärwärmetauscher bei gleicher Feuerungs-Nennleistung im Vergleich zum Heizöl- oder Erdgasbetrieb deutlich größer ausgelegt sein.

Bei der Minderung des Staubausstoßes kann davon ausgegangen werden, dass die hier gemessenen Abscheidegrade am unteren Ende der technischen Möglichkeiten liegen. Eine gezielte Verbesserung der Staubabscheideleistung wäre wünschenswert.

Für die Anwendung des Sekundärwärmetauschers in der breiteren Praxis ist eine Verwendung der gewonnenen Niedertemperaturwärme erforderlich. Bei vielen Betreibern von Hackschnitzelfeuerungen (etwa in Altbaugebäuden auf landwirtschaftlichen Betrieben) liegen diese Bedingungen jedoch heute noch nicht vor, zugleich sind dort auch die Kosten für die Bereitstellung des Brennstoffs eher gering. Chancen für einen wirtschaftlichen Einsatz eines Zusatzwärmetauschers bestehen daher vor allem bei Neuanlagen in Neubauten und bei Pelletheizungen, bei denen relativ teurer Brennstoff durch die Wirkungsgradsteigerung eingespart werden kann. Hier können sich die Mehrkosten von derzeit 3000 bis 5000 € je Anlage (bei 60 kW Kesselleistung) amortisieren.

Weitere Hinweise

Die Arbeiten wurden von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert. Die Autoren bedanken sich bei der Firma BOMAT (Überlingen), der Firma HDG (Massing) und dem Bayerischen Landesamt für Umweltschutz (Augsburg) für die gute Zusammenarbeit. Die Langfassung ist in der Reihe „Berichte aus dem TFZ“ (Heft 2) und als Download erhältlich (www.tfz.bayern.de).

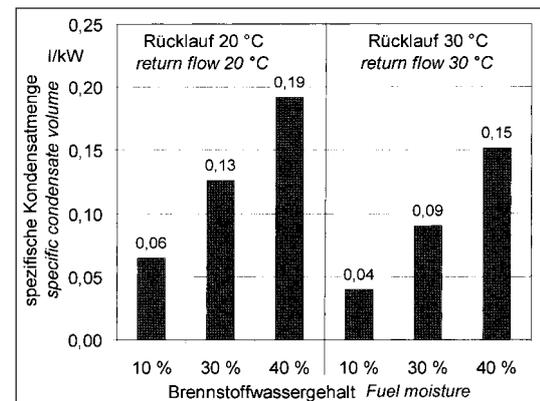


Bild 4: Spezifischer Kondensatanfall durch den eingesetzten Sekundärwärmetauscher bezogen auf die vom Kessel abgegebene Wärme. (Brennstoff: Holz hackschnitzeln)

Fig. 4: Volume of condensate collected from the secondary heat exchanger during the condensation operation (Fuel: wood chips)