

# Stand der Technik und Erfahrungen bei der Verbrennung von Stroh und Getreide

Dr. habil. Armin Vetter; Dipl. Ing. Thomas Hering

(Thüringer Zentrum Nachwachsende Rohstoffe der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Apoldaer Straße 4, 07778 Dornburg, Tel.: 036427/868-0, Fax.: 036427/22340, Email: a.vetter@dornburg.tll.de)

## 1 Einleitung

Nach THRÄN und KALTSCHMITT (2001) sind europaweit 11 Heizkraftwerke, 78 Fernwärmewerke und ca. 13.000 dezentrale Kleinanlagen bekannt, die auf der Basis von Stroh in Betrieb bzw. in Bau sind. Vorreiter ist dabei Dänemark mit ca. 75 % der errichteten Anlagen, gefolgt von Großbritannien und Österreich. Dem gegenüber spielt die energetische Nutzung von Stroh, Ganzpflanzengetreide und Körnern derzeit in Deutschland mit 2 Fernwärmeheizanlagen (Schkölen, Jena) und schätzungsweise 20 bis 30 Einzelanlagen (15 - 100 kW) eine untergeordnete Rolle.

Die Potentiale an Brennstoffen sind zweifelsohne auch in Deutschland vorhanden. So entfallen ca. 22 % des gesamten Biomassepotentials in Deutschland auf Stroh. Mit einem gezielten Anbau von z. B. Ganzpflanzentriticale ließen sich die Potentiale weiter erhöhen.

## 2 Ursachen für die geringe Nutzung

Die Hauptursache dürfte darin liegen, dass Biomasse für energetische Zwecke erst durch den Anstieg der Ölpreise und dem Inkraft treten des Erneuerbaren Energiengesetzes, d. h. seit ca. 2 Jahren, verstärkt genutzt wird. Naturgemäß kamen dabei zuerst preiswerte Brennstoffe, wie Althölzer und Nebenprodukte der Holzverarbeitenden Industrie sowie Waldrestholz zum Einsatz. Neben der Preiswürdigkeit war ebenfalls mitentscheidend, dass die Feuerungstechnik bekannt ist und diese über Förderprogramme laufend weiter entwickelt wurde. Insbesondere die Nachfrage in Österreich und Deutschland nach Feuerungen im kleinen und mittleren Leistungsbereich zog eine wesentliche technische Entwicklung und Senkung der Investitionskosten nach sich.

Strohfeuerungsanlagen fallen bereits ab einer Feuerungswärmeleistung von 100 kW unter die TA-Luft. Damit müssen die bei Holz erst ab 1 MW geltenden Emissionsgrenzwerte bei Verbrennungsanlagen für Stroh und strohähnliche Stoffe bereits ab 100 kW eingehalten werden. Dies erfordert erhöhten technischen Aufwand und damit erhöhte Kosten. Bei kleineren Anlagen (< 100 kW) ist das Problem der Brennstoffzuführung nicht optimal gelöst, so dass es oft zu Störungen kommt. Der niedrige Ascheschmelzpunkt verursacht ebenfalls höhere Aufwendungen, damit bei der notwendigen „kalten“ Verbrennung vor allem die CO-Grenzwerte eingehalten werden können. Die im Vergleich zu Holz verhältnismäßig hohen Stickstoff- und Chlorgehalte wurden und werden ebenfalls immer wieder mit erhöhten NO<sub>x</sub>-, HCl- und Dioxinmissionen diskutiert, was zu einer erheblichen Verunsicherung von potentiellen Betreibern von Stroh- und Getreideverbrennungsanlagen führt. Vor allem durch die in Betrieb, in Errichtung und Planung befindlichen Biomasseheizkraft- und Kraftwerke ist eine Verknappung der „Billigbrennstoffe“ abzusehen. Die gegenwärtigen positiven Rahmenbedingungen lassen für die Zukunft, neben einer verstärkten Nutzung von Waldrestholz, auch eine stärkere energetische Verwertung von Stroh und strohähnlichen Stoffen erwarten.

### 3 Stand der Technik

Den Stand der Technik bei der Strohverbrennung repräsentieren im Wesentlichen dänische und z. T. österreichische Hersteller. Drei Heizkraftwerke werden in Dänemark ausschließlich mit Stroh betrieben, ein weiteres in Kombination mit Holz. Die Elektroenergieerzeugung erfolgt über konventionelle Dampfturbinen, d. h. die Kessel sind mit Überhitzern und Economizern ausgerüstet. In den Werken der ersten Generation, errichtet um 1990, z. B. Rukoling und Hasler wird mit Dampfdrücken um 60 bzw. 67 bar und Dampftemperaturen von 450 °C gearbeitet. Der Vollaststromwirkungsgrad (netto) liegt bei 21 - 23 %. Das Heizkraftwerk Marnedo (Stroh + Holz), 1996 in Betrieb gegangen, erreicht bereits elektrische Vollastwirkungsgrade von 26 %. Das im Jahr 2000 in Betrieb gegangene Heizwerk Maribo arbeitet mit bedeutend höheren Dampftemperaturen und -drücken (542 °C, 93 bar), damit soll ein elektrischer Wirkungsgrad von 29 % erreicht werden. Betriebserfahrungen aus diesem Werk liegen noch nicht vor.

In Deutschland wird oft die Logistik großer Strohmenen diskutiert. Im dänischen Grehna (Stroh + Kohle) werden jährlich knapp 60.000 t Stroh verbraucht, die von ca. 15.000 ha bereitzustellen sind. Im größten deutschen Strohheizwerk in Schkölen, mit 3,15 MW Leistung, werden ca. 3.000 t Stroh pro Jahr benötigt. Die Bereitstellung durch ein Lohnunternehmen bereitet keine Probleme.

Der von der Fa. Volund errichtete Zigarrenbrenner mit Nachverbrennung auf einem Rost läuft technisch zufriedenstellend. Eine befürchtete Korrosion im Kesselraum, den Rauchgasrohren bzw. den Wärmetauchern konnte auch nach sechsjährigem Betrieb nicht festgestellt werden.

In Jena wurde von der ebenfalls dänischen Fa. Linka eine Kipptisch-Einschubfeuerung mit 1,7 MW Leistung errichtet. Die Verbrennung erfolgt nach einer diskontinuierlichen Zuführung des Brennstoffs in Scheiben in einer wassergekühlten Brennmulde.

In Österreich existieren 10 strohbefeuerte Fernheizwerke, die von dänischen, niederländischen und österreichischen Herstellern errichtet wurden. Das von der Fa. Kohlbach errichtete Fernheizwerk Dobersberg mit 2,5 MW Leistung gleicht auf den ersten Blick stark der in Jena errichteten Heizanlage.

Die Zuführung erfolgt ebenfalls in Form von Strohscheiben, die jedoch in Dobersberg kontinuierlich erfolgt. Die Verbrennung wird auf einem Dreizonenvorschubrost vorgenommen. Die Brennkammer und vor allem die Nachverbrennungszone sind größer als in Jena ausgelegt, so dass ein besserer Ausbrand erreicht wird. Die beschriebenen Anlagen sind rauchgasseitig alle mit Zyklon- und Gewebefilter bzw. Elektrofilter ausgerüstet.

Aufgrund der kurz beschriebenen Wirkungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes und seiner Verordnungen sind Anlagen im Bereich von 100 kW bis ca. 1,0 MW in Deutschland ökonomisch nicht vertretbar. Strohfeuerungen ohne Gewebefilter haben generell erhebliche Probleme bei der Einhaltung der geforderten Staubgrenzwerte. In Bezug auf die Form, die Schüttdichte und den Heizwert ist anzunehmen, dass Getreidekörner in Holzpellet- oder Hackschnitzelfeuerungen thermisch gut verwertbar sind. Für die Nutzung von Holzpellets ist in den letzten beiden Jahren ein wachsender Markt mit zahlreichen Anbietern von Anlagen entstanden. Aufgrund der Eigenschaften von Getreidekörnern, insbesondere der Verschlackungsneigung, ergeben sich jedoch Probleme bei der Verbrennung. Nachfragen in Österreich und Deutschland ergaben, dass nur 3 Hersteller gegenwärtig Öfen zur alleinigen Verbrennung von Getreide anbieten. In Dänemark sind es mehrere Anbieter, die schon Anlagen in mehr als 100 landwirtschaftlichen Betrieben errichtet haben. Günstig für eine möglichst gute Verbrennung ist eine wassergekühlte Brennmulde/Brennschale bzw. ein wassergekühlter Rost. Die Nachverbrennungszone sollte möglichst groß ausgelegt sein, was notwendigerweise zu höheren

Investitionen führt.

## 4 Erfahrungen

Die Erfahrungen in Schkölen und Dobersberg zeigen, dass es möglich ist, Stroh und Ganzpflanzengetreide mit vertretbarem Aufwand umweltfreundlich zu verbrennen. Die befürchteten Korrosionserscheinungen traten bisher nicht in größerem Umfang auf. Eine möglichst gleichmäßige Zuführung und Verteilung der Brennstoffe ist eine wesentliche Voraussetzung um z. B. CO-Spitzen zu vermeiden. Ansatzpunkte zur Optimierung ergeben sich durch den Einsatz möglichst homogener Brennstoffe (gleichmäßiger Wassergehalt und Dichte) sowie über eine energieinhaltsbezogene Brennstoffzuführung. Dies fordert, im Gegensatz zu Holz, einen etwas höheren technischen Aufwand. Bei einer guten Verbrennungsführung (Luftführung) und einer entsprechend dimensionierten Nachverbrennungszone sind die CO-Emissionsgrenzwerte einhaltbar. Mit einer Rauchgasrezirkulation können auch die Stickoxidemissionen auf einem verhältnismäßig niedrigem Niveau gehalten werden. Dies trifft auch für den stickstoffhaltigen Brennstoff Ganzpflanzengetreide zu. Die Richtwerte für die Konzentration an Dioxinen und Furanen von 0,1 ng/m<sup>3</sup> TE NATO/CCMS sind einhaltbar.

Problematisch bei der Verbrennung von Stroh, Ganzpflanzengetreide und Körnern sind die Staubemissionen. Während bei Holzfeuerungen ca. 70 - 80 % der Stäube über einen Zyklon abgeschieden werden können, sind dies bei Getreide, Stroh, etc. nur 20 - 30 %, d. h. es fallen vorrangig Fein- und Feinststäube an, die derzeit nur mit einem Gewebe- oder Elektrofilter abscheidbar sind. Diese teure Technik ist natürlich nur in Großanlagen ökonomisch vertretbar. Für Kleinfeuerungen (< 100 kW) muss dieses Problem durch die Verbrennungsführung gelöst werden. Bei Versuchen zur Kleieverbrennung in Dornburg wurden Staubwerte im Rohgas deutlich über dem Grenzwert ermittelt. Im Reingas waren dagegen nur 9 mg/m<sup>3</sup> vorhanden. Es war somit eine sehr gute Abscheidung der Stäube gegeben.

Im Rahmen eines von der TLL betreuten Projektes der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. erfolgten erste Untersuchungen zur Verbrennung von markiertem und unmarkiertem Getreide auf dem Prüfstand des Institutes für Luft- und Kältetechnik Dresden. Zum Einsatz kam ein 49 kW-Kessel der Fa. Ökotherm.

Wesentliche Unterschiede zwischen markierten und unmarkierten Getreidekörnern waren bei der Verbrennung nicht zu verzeichnen. Die Kohlenmonoxidgrenzwerte konnten ausnahmslos eingehalten werden. Die Stickoxidemissionen lagen überraschenderweise mit 690 - 730 mg/m<sup>3</sup> deutlich über den in Dornburg bei Kleiepellets (250 - 240 mg/m<sup>3</sup>) gemessenen Werten. In Hinblick auf die Staubgehalte war festzustellen, dass diese im Rauchgas mit 200 - 240 mg/m<sup>3</sup> über dem Grenzwert von 150 mg/m<sup>3</sup> lagen. Prüfprotokolle aus Dänemark zeigen ähnlich hohe Staubemissionen. Da ökonomisch vertretbare Filtertechnik in diesem Bereich bislang nicht existiert, muss die Verbrennungstechnik zur Einhaltung der Staubgrenzwerte weiter optimiert werden.

Die thermische Verwertung von Getreide in Mischungen mit Holzpellets und Hackschnitzeln stellt in der Regel keine Probleme dar. So wurden in der Dornburger Hackschnitzelanlage schon vor einigen Jahren versuchsweise ca. 40 t Getreide als Zumischung bis 30 % zu Hackschnitzeln verbrannt.

## 5 Fazit

Strohheiz- und Strohheizkraftwerke im größeren Leistungsbereich sind auch unter deutschen Rahmenbedingungen an entsprechenden Standorten umweltfreundlich und ökonomisch betreibbar. Die Technik ist allerdings noch nicht so ausgereift wie bei Anlagen auf der Basis von Holz. Im Leistungsbereich von 100 bis ca. 1,0 MW ist aufgrund der deutschen Immissionsgesetzgebung ein

wirtschaftlicher Betrieb nicht möglich. Getreidekornverbrennungsanlagen haben wegen der Brennstoffpreise ihr Einsatzspektrum in einem Bereich von 15 bis 50 (100) kW, in dem sie mit Holzpelletöfen konkurrieren können. Probleme gibt es gegenwärtig vor allem bei der Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Staubgrenzwerte. Abschließend sei angemerkt, dass Getreidekörner weder in der 1. BImSchV noch in der 4. BImSchV ausdrücklich als zugelassener Brennstoff aufgeführt sind. Es besteht somit bei der thermischen Nutzung dieses Brennstoffes eine rechtlich nicht eindeutige Situation.

## **6 Literatur**

Obernberger, I.: Beurteilung der Umweltverträglichkeit des Einsatzes von Einjahresganzpflanzen und Stroh zur Fernwärmeerzeugung. Jahresbericht (1997), 152 S.

Thrän, D.; Kaltschmitt, M.: Stroh als biogener Festbrennstoff in Europa. Gölzower Fachgespräche Bd. 17 (2001), S. 85 - 102