

Kleinf Feuerungsanlage für Getreide und Stroh
– eine Gemeinschaftsentwicklung in der Region Amberg-Sulzbach –

Dr. Mario Mocker, Dr.-Ing. Peter Quicker, Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich
ATZ Entwicklungszentrum Sulzbach-Rosenberg
Dipl.-Ing. (FH) Ralph Berger, Prof. Dr.-Ing. Stefan Beer
Fachhochschule Amberg-Weiden

1 Einleitung

Wegen stetig steigender Preise für Erdgas und Heizöl gehen immer mehr Verbraucher dazu über, regenerative Brennstoffe für die Wohnraumbeheizung einzusetzen. Neben dem Vorteil der niedrigen Brennstoffkosten sind regenerative Brennstoffe CO₂-neutral und können nachhaltig genutzt werden. Geläufige Brennstoffe sind Scheitholz, Holzpellets und Hackschnitzel. Niedrige Getreidepreise und der alljährliche Anfall von ungenutztem Stroh und Abfallgetreide in der Landwirtschaft führten zu der Überlegung, vor allem in landwirtschaftlichen Betrieben auch Stroh und Getreide als Brennstoff einzusetzen.

Allerdings kommt es bei der Verbrennung von Stroh und Getreide in herkömmlichen Kleinf Feuerungsanlagen für Holzbrennstoffe durch Verschlackung des Brennraums und Korrosion zu erheblichen Beeinträchtigungen des Anlagenbetriebs, außerdem werden häufig die Abgasgrenzwerte überschritten. Daher sind derzeit nur wenige Kleinf Feuerungsanlagen auf dem Markt für eine energetische Nutzung von Stroh und Getreide geeignet [Hering, 2006].

Das ATZ Entwicklungszentrum betreibt in Kooperation mit der Fritz Grimm GmbH & Co. KG, der Herding GmbH Filtertechnik und der Fachhochschule Amberg-Weiden die Neuentwicklung einer angepassten Feuerungs- und Abgasreinigungstechnik. Das Projekt zielt auf eine Kleinf Feuerungsanlage mit 49 kW thermischer Leistung zum Einsatz in landwirtschaftlichen Wohn- und Betriebsgebäuden ab. Als Brennstoffe sind Getreidekörner und Strohpellets vorgesehen. Die geeignete Ernte-, Lager- und Fördertechnik ist insbesondere für Getreide bei den interessierten Landwirten meist vorhanden. Die hauseigene thermische Verwertung von Abfallgetreide oder speziell angebautem Energiekorn mindert die Kosten für Wärmeerzeugung und ggf. notwendige Entsorgung.

Gegen die Verbrennung von Getreide, dem eine hohe Symbolwirkung in der abendländischen Kultur zukommt, werden vielfach ethische Bedenken geäußert. Mit diesen Vorbehalten sollte auch in technischen Kreisen sensibel umgegangen werden. Die bewusste Abgrenzung zum so genannten Brotgetreide kann zur verbesserten Akzeptanz beitragen. Andererseits gehören auch die Energie- bzw. Wärmerversorgung zu den menschlichen Grundbedürfnissen. Der gezielte Anbau

alternativer Energiepflanzen (z.B. Mais als Biogassubstrat, Raps zur Pflanzenöl- und Biodieselproduktion, schnellwachsende Holzarten) findet deshalb breite gesellschaftliche Zustimmung ohne vergleichbare Vorbehalte. Hier kann die Fachwelt durch die Bereitstellung objektiver Fakten, beispielsweise zur Flächeneffizienz, wertvolle Beiträge zur Versachlichung der Diskussion leisten. Im hier beschriebenen Projekt soll die Getreide- und Strohverbrennung soweit optimiert werden, dass nachteilige ökologische Auswirkungen (z.B. Feinstaubemissionen) auf ein vertretbares Maß reduziert werden.

2. Ausgangssituation

2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Derzeitige Situation

Brennstoffe und technische Anforderungen für Kleinf Feuerungsanlagen sind in der 1. BImSchV festgelegt. Bei einer Nennwärmeleistung unter 15 kW sind weder Stroh noch Getreide als so genannter Regelbrennstoff zugelassen und dürfen somit nicht eingesetzt werden. Ab Leistungen von 15 kW bis unter 100 kW dürfen „Stroh oder ähnliche pflanzliche Stoffe“ (z.B. Schilf, Elefantengras, Heu und Maisspindel) als Brennstoff eingesetzt werden, wobei niedrigere Grenzwerte für Kohlenmonoxid und Staub als bei Holzbrennstoffen eingehalten werden müssen. Getreidekörner fallen nach Empfehlung des Länderausschusses Immissionsschutz nicht unter die zugelassenen Regelbrennstoffe. Ab einer Feuerungswärmeleistung von 100 kW greift für die genannten Brennstoffe gemäß der 4. BImSchV die Pflicht zur Durchführung eines Genehmigungsverfahrens, für Anlagen unter 1 MW als vereinfachtes Verfahren. Die Emissionsgrenzwerte bei der Verbrennung von Getreide und Stroh werden dann von der zuständigen Behörde z.B. anhand der TA Luft festgelegt.

Von einigen Anforderungen der 1. BImSchV können die zuständigen Behörden unter bestimmten Bedingungen Ausnahmen zulassen. Hierdurch wird die Verfeuerung von Getreidekörnern auch in Anlagen zwischen 15 und 100 kW thermischer Leistung ermöglicht. Bayern hat neben den Ländern Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen, Thüringen und Sachsen-Anhalt einheitliche Anforderungen für die Erteilung von Ausnahmeregelungen vorgegeben. Neben der wiederkehrenden Überwachung im Betrieb sind dabei auch Begrenzungen für Staub und NO_x am Prüfstand zu beachten. Weiterhin können in Bayern nur Betriebe der Land- und Forstwirtschaft, des Gartenbaus und des Agrargewerbes eine Ausnahme-genehmigung erhalten. Die aktuellen Emissionsgrenzwerte sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Emissionsgrenzwerte für die Verbrennung von Getreide und Stroh

Regelwerk		1. BImSchV (Stroh)	Ausnahmeregelung in Bayern (Getreide)			TA Luft	
Leistung ¹⁾		NWL [kW]	NWL [kW]			FWL [MW]	
		>15 - <100	>15 - 50	>50 - <100	>15 - <100	0,1 - <1	1 - <50
			Praxisbetrieb ²⁾		Prüfstand ³⁾		
Emissions- grenzwert	CO	[mg/m ³ N]	4.000	1.000	500	-	250
	Staub		150	100	75	75	50 20
	NO _x		-	-	-	500	500 400
	C _{gesamt}		-	-	-	-	50
	PCDD/F [ng/m ³ N]		-	-	-	-	0,1
O ₂ -Bezug [%]		13	13			11	

¹⁾ NWL: Nennwärmeleistung, FWL: Feuerungswärmeleistung

²⁾ wiederkehrende Messung nach 1. BImSchV

³⁾ Prüfstandsmessung in Anlehnung an DIN EN 303-5

Novelle der 1. BImSchV

Auf Betreiben des Agrarsektors und der Bundesländer zeichnet sich die Aufnahme von Getreidekörnern als Regelbrennstoff in die 1. BImSchV ab. Im Gegenzug werden bei der geplanten Novelle der Rechtsnorm die Emissionsanforderungen bei der Verfeuerung von Festbrennstoffen spürbar verschärft. Für Getreide und Stroh werden zudem die NO_x- und PCDD/F-Emissionen im Prüfstandsbetrieb begrenzt. Die neuen Grenzwerte sind bislang in einem Eckpunktepapier der Länder dargelegt [BMU 2006]. Unmittelbar nach Verabschiedung der für 2008 angekündigten Novelle soll ein Staubgrenzwert von 60 mg/m³ N gelten, der mit modernen Holzhackgut- und Holzpelletsfeuerungen erreicht werden kann. Ab 2015 soll die Staubemission auf 20 mg/m³ N begrenzt werden. Dann würden auch für die bislang als unkritisch angesehenen Biobrennstoffe absehbar ähnliche Sekundärmaßnahmen zur Abgasentstaubung benötigt, wie sie bereits jetzt für die Getreideverbrennung entwickelt werden. Eine Grenzwertverschärfung ergibt sich außerdem durch den von 13 auf 11% verringerten Bezugssauerstoffgehalt. Tabelle 2 enthält die für Getreide und Stroh relevanten Anforderungen der geplanten Novelle.

Tabelle 2: für die Verbrennung von Getreide und Stroh relevante Eckpunkte der geplanten 1. BImSchV-Novelle

Zeitpunkt der Inbetriebnahme		3 Monate nach Inkrafttreten der Novelle			ab 2015		
		Praxisbetrieb ²⁾		Prüfstand ³⁾	Praxisbetrieb ²⁾	Prüfstand ³⁾	
NWL ¹⁾ [kW]		>15 - 500	>500 - <1.000	>15 - <1.000	>15 - < 1.000		
Emissionsgrenzwert	CO	[mg/m ³ N]	1.000	600	-	400	-
	Staub		60	60	-	20	-
	NO _x		-	-	600	-	500
	PCDD/F [ng/m ³ N]		-	-	0,1	-	0,1
O ₂ -Bezug [%]		11			11		

¹⁾ NWL: Nennwärmeleistung

²⁾ wiederkehrende Messung nach 1. BImSchV

³⁾ Prüfstandsmessung in Anlehnung an DIN EN 303-5

2.2 Stand der Technik

Feuerungstechnik

Aus technischer Sicht haben Getreide und Stroh schlechtere Brennstoffeigenschaften als Holzbrennstoffe. So liegt der Aschegehalt von Stroh und Getreide etwa um das 10-fache höher als der von Holz, was zur Folge hat, dass für einen weitestgehend automatisierten Betrieb der Feuerungsanlage ein Ascheaustragsystem erforderlich ist.

Ein weiteres Problem hinsichtlich der Stroh- und Getreideaschen sind die niedrigen Ascheschmelzpunkte. Die Erweichungstemperatur von Strohasche liegt normalerweise zwischen 900 °C und 1.000°C (Rapsstroh 1.200 °C), bei Getreidekörnern beträgt der Wert ca. 700°C. Hierdurch kann es zur Verschlackung des Brennraums kommen, außerdem können größere Schlackebrocken das automatische Austragsystem behindern. Die niedrigen Schmelztemperaturen sind auf den hohen Mineraliengehalt der Asche zurückzuführen, wobei vor allem das Verhältnis SiO₂-K₂O-CaO relevant ist [Härdtlein 2004]. Durch Zugabe von Additiven, beispielsweise Kalk, können die Ascheerweichungstemperatur erhöht und somit die Schlackebildung vermieden werden. Eine andere Strategie ist, die Glutbetttemperatur durch eine wassergekühlte Feuerungsmulde unter die Ascheerweichungstemperatur zu senken. Jedoch können bei diesem Feuerungsprinzip in kälteren Zonen der Brennmulde Korrosionserscheinungen auftreten. Die Korrosionsproblematik tritt auch an den Wärmetauscherflächen auf und ist vor allem auf die vergleichsweise hohen Chlorgehalte von Getreide- und Stroh zurückzuführen. Durch Verzicht auf chloridhaltige Mineraldünger und Wahl eines geeigneten Erntezeitpunkts können die

Chlorgehalte des Brennstoffs günstig beeinflusst werden. Tabelle 3 enthält eine Gegenüberstellung der relevanten Eigenschaften verschiedener Biobrennstoffe.

Tabelle 3: Eigenschaften verschiedener Biobrennstoffe

	Hackschnitzel	Holzpellets	Strohpellets	Getreide
Schüttgewicht	350 kg/m ³	650 kg/m ³	600 kg/m ³	750 kg/m ³
Typ. Heizwerte	3,5 kWh/kg	4,9 kWh/kg	4,0 kWh/kg	4,0 kWh/kg
Wassergehalt	< 50%	< 12%	< 20%	< 16%
Aschegehalt	0,5-2%	< 1,5%	5-7%	2-3%
Erweichungspunkt	1.200-1.400°C	1.200- 1.400°C	900-1.200°C	700-800°C
Chlorgehalt	50-150 mg/kg	< 0,02%	2.000-5.000 mg/kg	500-900 mg/kg
Stickstoffgehalt	0,2-0,6%	< 0,3%	0,4-1,0%	1,7-2,3%
Schwefelgehalt	200-600 mg/kg	< 0,04%	500-1.500 mg/kg	1.000-1.200 mg/kg

Derzeit sind in Deutschland etwa 20 Anbieter für Anlagen zur Getreide- und Strohverbrennung bekannt. Die Anlagentechnik hierfür ist deutlich aufwändiger als bei der Verfeuerung von naturbelassenem Holz. Dem stand bisher kein ausreichender Kostenvorteil auf der Brennstoffseite gegenüber, so dass diese Einsatzstoffe in Deutschland bislang nur in geringem Umfang verwendet wurden. In der Regel sind die verwendeten Feuerungsarten aus der Holz- bzw. Pelletverbrennung bekannt und wurden für den Einsatz von Getreide und Stroh modifiziert. Im größeren Leistungsbereich kommen auch Ganzballenfeuerungen für Stroh zum Einsatz. Die Mehrzahl der Anlagen stammt aus Dänemark, wo die Strohverbrennung in erheblichen Umfang praktiziert wird. Dort bestehen erheblich geringere Emissionsanforderungen, weshalb die Aktivitäten der Hersteller nicht primär auf die Schadstoffminderung abzielen. Lediglich eine der auf dem Markt befindlichen Anlagen unter 50 kW stellt eine speziell auf Getreidekörner abgestimmte Neuentwicklung dar [Boos 2005].

Abgasreinigung

Die Verbrennung von Getreide und Stroh kann im Vergleich zu Holz zu signifikant höheren Emissionen führen, insbesondere in Bezug auf CO, Gesamt-C, PAK, NO_x, HCl, PCDD/F und Staub.

Die partikelförmigen Emissionen sind aufgrund des hohen Feinststaubanteils (ca. 90% < 1µm) problematisch, zudem lagern sich an ihnen bevorzugt reaktive Aerosole, Dioxine und Furane an [Härdtlein 2004]. Aufgrund des schlechteren Abscheideverhaltens feiner Partikel reichen bei der Getreide- und Strohverbrennung einfache Zyklone zur Entstaubung nicht aus. Elektro- oder Gewebefilter sind prinzipiell geeignet, werden aber im kleinen Leistungsbereich bisher nicht serienmäßig angeboten. Allerdings befinden sich Klein-Elektrofilter in der

Entwicklung [Beer 2005, Heidenreich 2006]. Rauchgaskondensationsanlagen könnten ebenfalls zur Entstaubung beitragen, werfen aber ähnlich wie Nasswäscher möglicherweise neue Probleme mit der Kondensat- bzw. Waschwasserableitung auf.

Erhöhte CO-, VOC- und PAK-Gehalte im Abgas sind meist auf unkontrollierte Verbrennungszustände zurückzuführen (z.B. Emissionsspitzen bei Bewegung eines Ascheschiebers; durch Verschlackung gestörte Luftführung). Modifikationen bzw. Weiterentwicklungen der Feuerungstechnik lassen eine Verringerung dieser Emissionen auf ein vertretbares Maß erwarten.

Zur Minimierung der Stickoxidemissionen in kleinen Anlagen wird versucht, die Luftstufung zu optimieren. Zunächst sollen in der unterstöchiometrischen Reduktionszone Stickoxide abgebaut werden, ein vollständiger Ausbrand findet dann in der folgenden Oxidationszone statt. Messungen an bestehenden Anlagen weisen auf Verbesserungsbedarf in diesem Punkt hin [Hering 2006]. Derzeit geht ein guter CO-Ausbrand häufig noch zu Lasten der NO_x-Emission. Mit etwas größerem technischen Aufwand kann auch eine Rauchgasrückführung vorgesehen werden. Bewährte Sekundärmaßnahmen zur Rauchgasentstickung (SCR und SNCR) sind aus wirtschaftlichen Erwägungen nur bei größeren Anlagen einzusetzen.

Als Sekundärmaßnahme zur Abscheidung saurer Schadgase wäre prinzipiell die Eindüsung einer basischen Komponente, evtl. ergänzt durch zusätzliche Adsorbentien (z.B. Aktivkohle), in den Abgasstrang möglich. Dieses Vorgehen ist dann effektiv, wenn stromabwärts ein filternder Abscheider liegt. Bei fehlenden Emissionsbegrenzungen für HCl und SO₂ wird dieses Vorgehen im Kleinf Feuerungsbereich wegen der aufwändigen Anlagentechnik nicht praktiziert. Allerdings kann die Anhebung des Ascheschmelzpunkts durch Kalkzugabe im Feuerraum zum Abbau saurer Abgasbestandteile beitragen, was neben der Emissionsminderung auch die Korrosionsgefahr in nachgeschalteten Anlagenteilen verringert.

Die Datenlage über PCDD/F-Emissionen aus der Getreide- und Strohverbrennung ist noch lückenhaft. Eine Korrelation zwischen den Emissionen und dem Brennstoff-Chlorgehalt scheint gegeben zu sein [Launhardt 2000]. Aufgrund der Anlagerung von Dioxinen und Furanen an Staub steht deren Emission auch im Zusammenhang mit dem Partikelgehalt im Abgas. Derzeit kann noch nicht abschließend beurteilt werden, ob die geltenden bzw. diskutierten Grenzwerte für Gesamtstaub die Einhaltung einer Emissionsbegrenzung von 0,1 ng TE PCDD/F sicherstellen.

3 Feuerungsentwicklung

3.1 Projektstruktur

Das hier vorgestellte Projekt stellt ein erfolgreiches Beispiel einer regionalen Entwicklungskooperation dar. Die in Amberg ansässige Fa. Grimm produziert seit über 70 Jahren Wärmeezeuger zur thermischen Nutzung von Holz und Biomasse. Seit 1988 bietet die Fa. Grimm auch Hackschnitzelheizungen an, ab 1999 erfolgte die Markteinführung der „Grimm-pellino“-Pelletheizungen. Aufgrund der zahlreichen Anfragen aus der Landwirtschaft nach Kleinverbrennungsanlagen für Getreidekörner möchte der Hersteller sein Produktspektrum dahingehend abrunden. Im Projekt obliegen der Fa. Grimm die Entwicklung und Bau von Feuerung und Kessel, die Installation der Testanlage auf einem Prüfstand und die Unterstützung des Testbetriebs durch erfahrene Praktiker.

Die Herding GmbH Filtertechnik führte in den Jahren 1981/82 Sinterlamellenfilter aus gesintertem Kunststoff ein. Im vorliegenden Vorhaben kommt der so genannte ALPHA-Filter zum Einsatz. Dabei handelt es sich um neu entwickelte Filterelemente auf Ton- und Glasbasis mit hoher chemischer und thermischer Beständigkeit. Mehrere Filterelemente werden zu Clustern gebündelt und finden ihr Einsatzgebiet in erster Linie bei Trocknungs- und Verbrennungsprozessen.

Der Fachhochschule Amberg-Weiden obliegt die Federführung bei Ausgestaltung und Optimierung der Feuerraumgeometrie. Hierfür kommen moderne numerische Simulationsverfahren zum Einsatz. Zudem bietet die FH mit ihrem Feuerungsprüfstand den Standort zur Erprobung der Kleinfeuerungsanlage unter definierten und reproduzierbaren Bedingungen. Technische Ausstattung und Mitarbeiter gewährleisten eine einem unabhängigen Prüfinstitut vergleichbare Qualität der durchzuführenden Untersuchungen.

Das ATZ Entwicklungszentrum fokussiert sich auf Verfahren und Werkstoffe für die Energietechnik. In den zwei Fachabteilungen Werkstofftechnik und Verfahrenstechnik werden ganzheitliche Lösungen für die dezentrale Nutzung regenerativer Energien aus Biomasse und Reststoffen erarbeitet. Neben der Gesamtkoordination liegen die Projektaufgaben in der Entwicklung der verfahrenstechnischen Konzepte, der Bereitstellung einer alternativen Filtertechnologie und dem Aufbringen von thermisch gespritzten Schichten in besonders korrosionsgefährdeten Bereichen der Anlage.

Durch Bündelung dieser lokalen Kompetenzen konnten erfolgreich Fördermittel des BMELV für die Region akquiriert werden. Das Vorhaben ist in einen größeren Projektverbund der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) integriert, in dessen Rahmen sechs Neuentwicklungen zu der Thematik unterstützt werden und

vier Institutionen Feldtests an bereits auf dem Markt befindlichen Anlagen durchführen. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, erfolgen alle Untersuchungen mit Referenzbrennstoffen, die von der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) zur Verfügung gestellt werden.

Im Projekt werden bewusst zwei verschiedene Konfigurationen der Abgasentstaubung einer vergleichenden Bewertung unterzogen. Funktionalität und Emissionsverhalten im Dauerbetrieb werden mit Pellets aus Weizen- und Roggenstroh sowie mit Wintergerste- und Winterweizenkörnern getestet. Die resultierenden Erkenntnisse dienen dazu, die Feuerung zur Marktreife zu optimieren.

3.2 Technisches Konzept

Niedrige Staubemissionen sollen bei der geplanten Feuerungsanlage durch den Einsatz zweier verschiedener Abgasreinigungstechniken – des ALPHA-Filters der Firma Herding und eines am ATZ Entwicklungszentrum konzipierten Schüttschichtfilters – erreicht werden.

Abbildung 1 veranschaulicht den Aufbau eines ALPHA-Clusters. Die zylindrischen, bis ca. 400 °C beständigen Grundelemente sind auf der Außenseite mit einer anorganischen Beschichtung versehen, um auch bei einer Abscheidung feinsten Stäube eine Oberflächenfiltration mit langer Lebensdauer bei niedrigen Druckverlusten zu gewährleisten. Der vom ATZ Entwicklungszentrum gestaltete Schüttschichtfilter besteht aus einem Gehäuse, in das verschiedene Rostformen, auf denen eine Schüttung ruht, eingebracht werden können. Abbildung 2 zeigt das Funktionsprinzip schematisch auf. Beide Filter werden mit einer automatischen Steuerung ausgestattet, die die Abreinigung regelt. Zur periodischen Reinigung des ALPHA-Filters wird Druckluft benötigt, während das Schüttgut im ATZ-Filter durch einfache mechanische Elemente gereinigt bzw. ausgetauscht wird. Für den technisch aufwändigeren ALPHA-Filter wird eine hohe Abreinigungseffizienz erwartet. Möglicherweise sind aber auch mit dem Schüttschichtkonzept die erforderlichen Reingaswerte sicherzustellen.



Abbildung 1: Filterelement (Cluster) des ALPHA-Filters

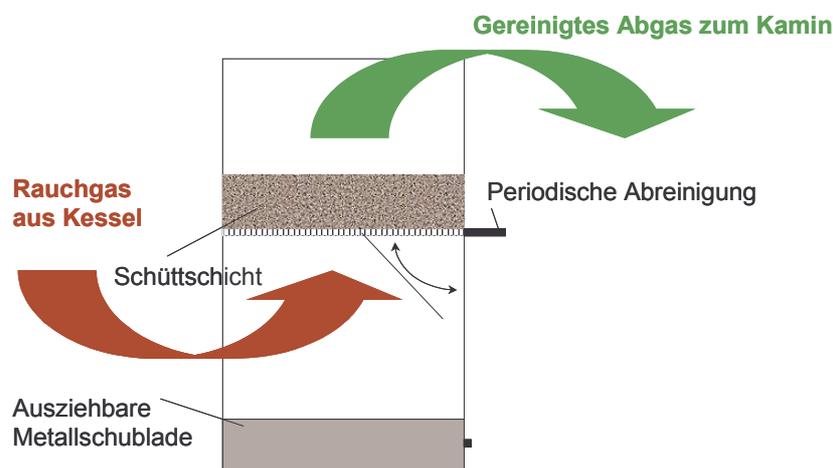


Abbildung 2: schematischer Aufbau des Schüttschichtfilters

Ein stabiles Verbrennungsverhalten wird durch die komplette Neukonzeption des Feuerraums gewährleistet. Bewegte Elemente sorgen für eine ausreichende Schürwirkung und stellen den Aschenaustrag sicher. Zur Minimierung von Stickoxiden ist eine ausreichende Verweilzeit in der Reduktionszone gegeben. Die Sekundärluft wird über ein spezielles Mischungselement in das Rauchgas eingebracht, was zusammen mit der nachfolgenden Strömungsführung zum vollständigen Ausbrand führt. Korrosionsgefährdete Bereiche der Feuerung werden am ATZ Entwicklungszentrum mit einer thermisch gespritzten Schutzschicht versehen. Hier kann auf die Erfahrungen der letzten Jahre im Zusammenhang mit funktionalen Schichten in Abfallverbrennungsanlagen zurückgegriffen werden. Der Rauchrohrkessel ist mit spiralförmigen Reinigungselementen ausgestattet, wodurch eine übermäßige Belagsbildung vermieden wird.

4 Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt die neu entwickelte Feuerung auf dem Prüfstand der FH Amberg-Weiden. In der Konfiguration mit Schütttschichtfilter wurden seit der Inbetriebnahme im September 2006 umfangreiche Testläufe mit den vier Referenzbrennstoffen durchgeführt. Neben der Detailoptimierung werden derzeit auch die Umbauarbeiten zur Installation des ALPHA-Filter vorbereitet.



Abbildung 3: Feuerungsprüfstand an der FH Amberg-Weiden

Abbildung 4 zeigt beispielhaft den temperaturabhängigen Emissionsverlauf der Verbrennung von Gerstenkörnern. Zu Beginn des Versuchs ist erwartungsgemäß noch kein vollständiger Ausbrand gewährleistet. Mit steigender Temperatur im Vorofen und in der Nachbrennkammer stellt sich ein zufrieden stellender CO-Emissionswert ein. Erfreulicherweise geht der gute Ausbrand nicht, wie bei anderen Getreidefeuerungen zu beobachten, mit erhöhten NO_x-Emissionen einher. Ferner ist bei der Beurteilung zu beachten, dass die hier dargestellten Messwerte im Vorgriff auf eine novellierte 1. BImSchV bereits auf einen Sauerstoffgehalt im Abgas von 11% bezogen wurden.

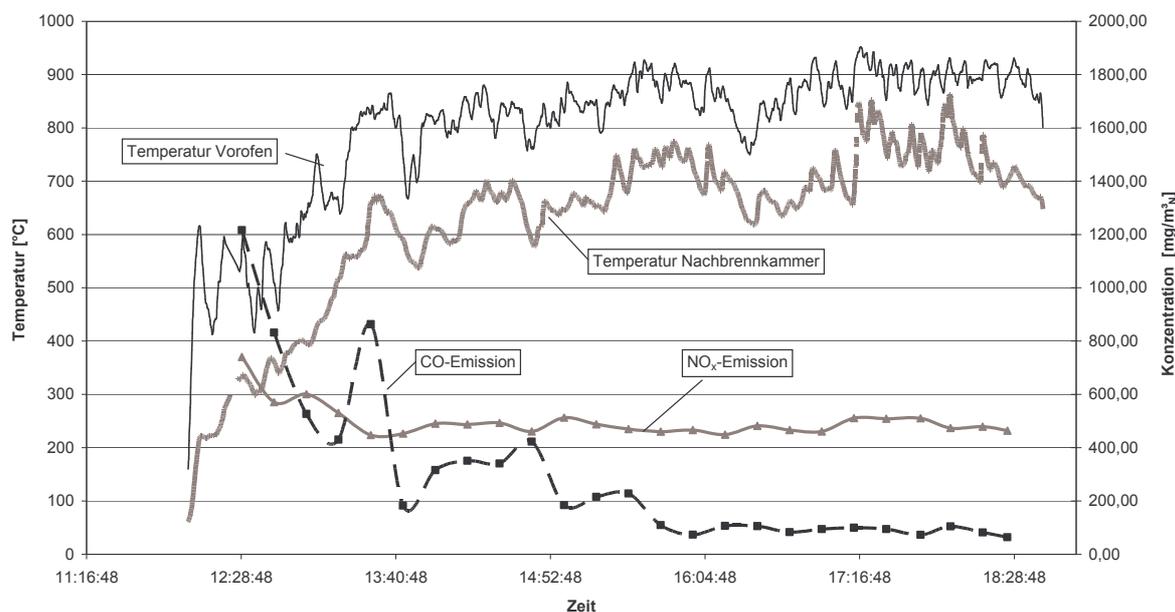
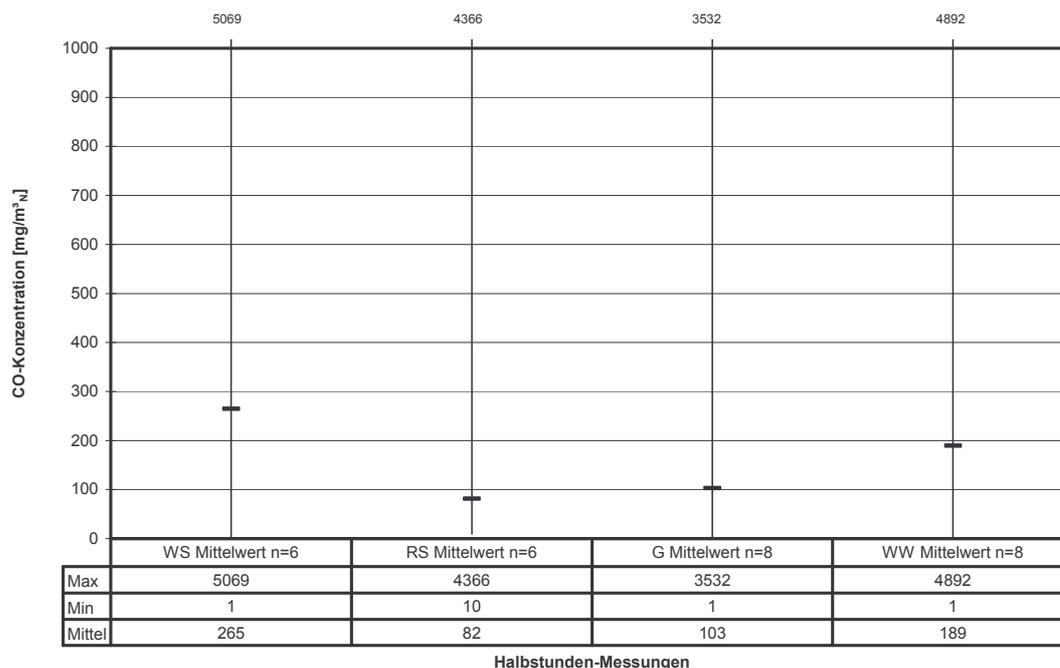


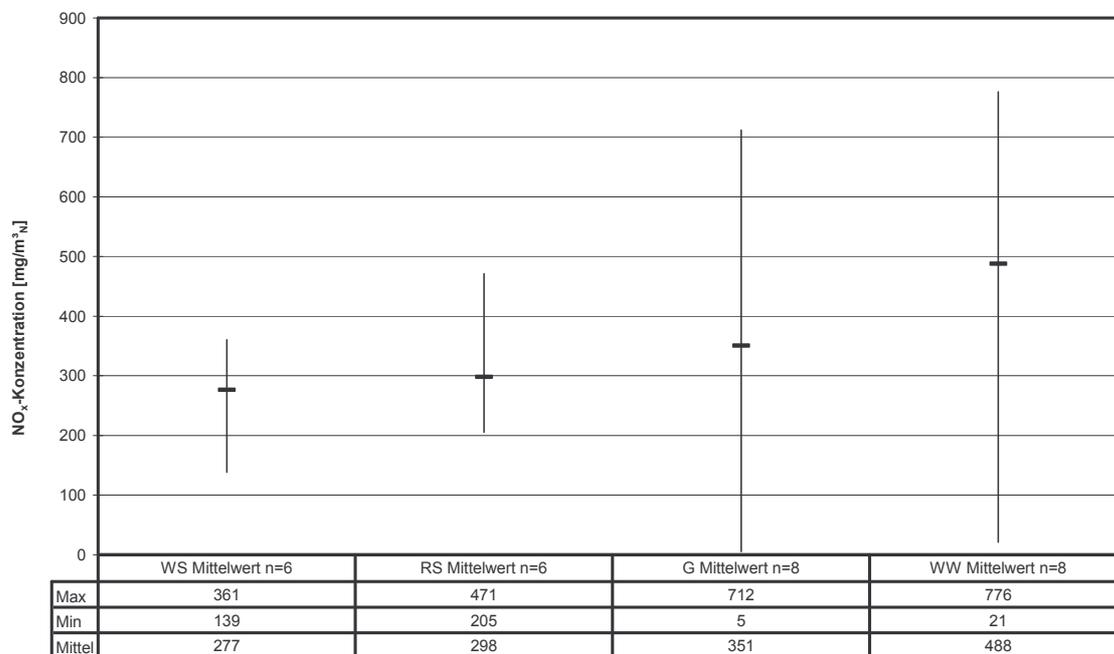
Abbildung 4: Verlauf der Feuerraumtemperaturen sowie der CO- und NO_x-Emissionen bei der Verbrennung von Wintergerste (O₂-Bezug 11%)

Eine Übersicht über die bisherigen Versuchsreihen wird in den nachfolgenden Abbildungen gegeben. Zur Erfassung der Emissionswerte wurden jeweils einzelne Halbstunden-Messungen durchgeführt. Aufgeführt sind die Anzahl der Halbstunden-Messungen (n) sowie die Extrem- und Mittelwerte über alle einzelnen Messpunkte. Abbildung 5 gibt die CO-Emissionen wieder. Die mittlere Emission erfüllt auch den für 2015 diskutierten strengen Grenzwert von $400 \text{ mg/m}^3_{\text{N}}$. Allerdings treten immer noch kurzzeitig sehr hohe Emissionsspitzen auf, die mit den Bewegungen der Brennstoffschieber korrelieren. Die verbesserte Einregelung der bewegten Bauteile ist Gegenstand der laufenden Optimierung. Die NO_x-Werte bei der Verbrennung von Stroh liegen tendenziell niedriger als bei der Verbrennung von Getreidekörnern (Abbildung 6). Dieses Ergebnis entspricht der Erwartung und spiegelt den höheren Stickstoffgehalt in der Feldfrucht wieder. Auch die Stickoxidemissionen der neu entwickelten Feuerung erfüllen die zukünftig zu erwartenden Grenzwerte und belegen den Nutzen des Verbrennungskonzepts mit starker Luftstufung auch in kleinsten Leistungsbereichen.



Halbstunden-Messungen

Abbildung 5: CO-Emissionen der Versuchsfeuerung (n: Anzahl der Halbstundenmessungen; WS: Weizenstroh; RS: Roggenstroh; G: Gerste; WW: Winterweizen; O₂-Bezug 11%)



Halbstunden-Messungen

Abbildung 6: NO_x-Emissionen der Versuchsfeuerung (n: Anzahl der Halbstundenmessungen; WS: Weizenstroh; RS: Roggenstroh; G: Gerste; WW: Winterweizen; O₂-Bezug 11%)

Bei Betrachtung der gasförmigen Schadstoffe konnte bereits in relativ kurzer Zeit nach der Inbetriebnahme ein äußerst zufrieden stellendes Emissionsverhalten erreicht werden. Bezüglich der Staubemission sind mit der momentanen Konfiguration (Schüttstichtfilter) die angepeilten Reingaswerte nicht in allen Betriebszuständen sicherzustellen. Mit jedem der Referenzbrennstoffe ist jedoch eine Verbesserung zu erreichen (Abbildung 7), so dass die Anlage derzeit genehmigungskonform betrieben werden könnte. Insbesondere bei der Verbrennung von Roggenstroh lagen die bisher erreichten Entstaubungsleistungen aber lediglich im Bereich des vergleichsweise hohen Grenzwerts der 1. BImSchV. Mit Weizenstroh wurden sehr niedrige Staubgehalte festgestellt, was allerdings zum großen Teil auf den reproduzierbar geringen Staubgehalt im Rohgas zurückzuführen ist. In der bisherigen Betriebszeit konnten aber bei weitem noch nicht alle Optimierungsansätze erprobt werden. Hierzu sind weitergehende Testreihen mit Variationen des Schüttungsmaterials, der Korngrößen und der Schichtdicke erforderlich. Außerdem steht nach der Umrüstung auf den ALPHA-Filter eine Anlagenkonfiguration zur Verfügung, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auch strengsten Reingasanforderungen gerecht werden wird.

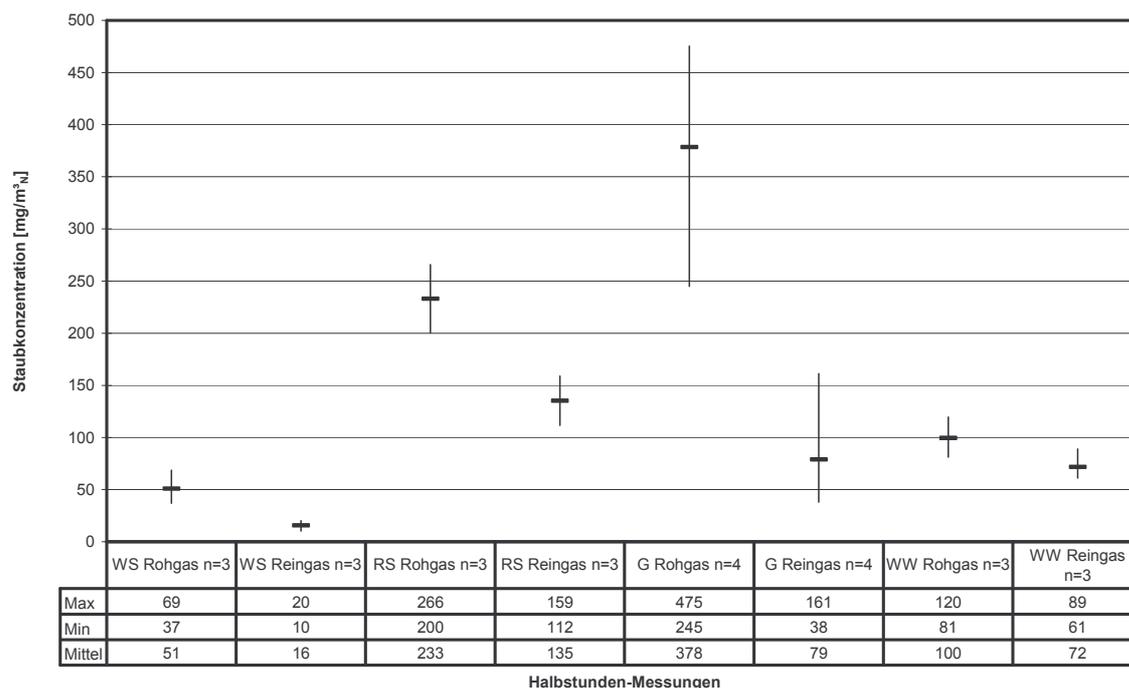


Abbildung 7: Staubemissionen der Versuchsfeuerung (n: Anzahl der Halbstundenmessungen; WS: Weizenstroh; RS: Roggenstroh; G: Gerste; WW: Winterweizen; O₂-Bezug 11%)

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das ATZ Entwicklungszentrum betreibt in Kooperation mit der Fachhochschule Amberg-Weiden, der Fritz Grimm GmbH & Co. KG und der Herding GmbH Filtertechnik die Neuentwicklung einer Kleinfeuerungsanlage für Getreide und Stroh. Die Verbrennungsanlage ist mit bis zu 49 kW thermischer Leistung auf die Beheizung landwirtschaftlicher Wohn- und Betriebsgebäude ausgerichtet. Durch Bündelung regionaler Kompetenzen konnte ein Erfolg versprechender Ansatz rasch umgesetzt werden. Das Projekt wird über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe finanziell unterstützt.

Die technische Konzeption baut auf dem aktuellen Wissenstand auf und sieht eine stark gestufte Verbrennung vor, um CO- und NO_x-Emissionen wirksam zu verringern. Die vorhandenen Ergebnisse belegen den Nutzen der gewählten Maßnahmen. Bewegte Elemente im Feuerraum verhindern die Verschlackung und gewährleisten eine kontrollierte Luftführung. Vereinzelt noch auftretende CO-Spitzen sollen durch eine optimierte Regelung der Ascheschieber verringert werden.

Sekundärmaßnahmen zur Entstaubung werden bei der Verbrennung von Getreide und Stroh als notwendig erachtet. Dies gilt vor dem Hintergrund einer absehbaren Grenzwertverschärfung auch für die sehr kleinen Anlagen. Im Projekt werden deshalb zwei verschiedene Filtersysteme auf die Anforderungen zugeschnitten und einer vergleichenden Bewertung unterzogen. Bisher liegen erste Erfahrungen mit einem einfach konstruierten Schüttschichtfilter vor, dabei werden die geltenden Emissionsbegrenzungen eingehalten. Es bestehen darüber hinaus noch erhebliche Verbesserungsansätze, so dass die Entstaubungsleistung als steigerungsfähig angesehen werden kann. Alternativ wird mit dem ALPHA-Filter der Fa. Herding eine leistungsfähige industrielle Filtertechnik zur Verfügung gestellt, was niedrigste Staubgehalte sicherstellen sollte. Die experimentelle Untersuchung dieser Konfiguration steht derzeit noch aus.

Literatur

Beer S.: Entwicklung und Test einer Elektrofilteranlage für kleine Biomasseheizkessel; 13. Symposium Energie aus Biomasse, Biogas, Flüssigkraftstoffe, Festbrennstoffe, Kloster Banz, Bad Staffelstein 25.-26.11.2004, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V (OTTI) Regensburg 2004, S. 283-287

BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Eckpunktepapier Novellierung der 1. BImSchV, Stand: 10.11.2006

Boos W., Agroflam Feuerungstechnik: Feuerungsanlagen: Technische Situation, Verschlackung, Ascheanfall, Korrosion, Automatisierung (Vortrag); 1. Tagung für Stroh- und Getreideverbrennung, Wetzlar 22.10.2005, Erneuerbare Energien Kommunikations- und Informationsservice GmbH, Reutlingen 2005

Härdtlein, M., Eltrop, L., Thrän, D. (Hrsg.): Voraussetzungen zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe, Band 23, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster 2004

Heidenreich, R.: Potentiale und Lösungen zur Minderung der Staubemissionen bei der Verbrennung von Pflanzen in Kleinkesseln, Seminarveranstaltung „Alternative Biobrennstoffe“, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Berlin, 11.05.2006

Hering, Th., Peisker, D., Vetter, A.: Stand der Felduntersuchungen an Kleinfeuerungsanlagen mit Biobrennstoffen, Seminarveranstaltung „Alternative Biobrennstoffe“, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Berlin, 11.05.2006

Launhardt, T., Hartmann, H., Link, H., Schmid, V.: Verbrennungsversuche mit naturbelassenen biogenen Festbrennstoffen in einer Kleinfeuerungsanlage – Emissionen und Aschequalität, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.), München 2000