



Zusammenfassung der Ergebnisse des Messprogramms zur Begleitung des vorübergehenden Getreideeinsatzes in Feuerungsanlagen „Emissionen im Abgas von Getreidefeuerungen“

Gerhard Schmoeckel

Bei der Verbrennung von Getreide muss wegen der besonderen Brennstoffzusammensetzung (siehe Tabelle 1) mit deutlich höheren Emissionen als bei der Verbrennung von naturbelassenem Holz gerechnet werden. Entsprechend § 3 der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV) ist die Verfeuerung von Getreide in Kleinfeuerungsanlagen nicht zulässig.

Tabelle 1: Umweltrelevante Eigenschaften ausgewählter biogener Brennstoffe nach [1]

Parameter	Naturbelas- senes Holz	Getreide- stroh	Roggen	Weizen	Triticale
Aschegehalt [%]	0,7	5,7	2,0	2,7	2,1
Ascheschmelzpunkt [°C]	1330	960	740	710	690
Kalium [%]	0,2	1,1	0,7	0,5	0,6
Stickstoff [%]	0,32	0,47	1,91	2,28	1,68
Schwefel [mg/kg]	318	740	1100	1200	1100
Chlor [mg/kg]	125	2500	1610	430	690

Aufgrund der witterungsbedingten Ausnahmesituation im Jahr 2002 ist jedoch einigen bayerische Betreibern von Kleinfeuerungsanlagen im Rahmen einer Sonderaktion der Einsatz von Getreide in der Heizperiode 2002/2003 vorübergehend gestattet worden. An 3 Getreidefeuerungen (jeweils mit einer Nennwärmeleistung von ca. 50 kW) wurden dabei Emissionsmessungen im Abgas durchgeführt.

Die Messungen erfolgten bei unterschiedlichen Mischungsverhältnissen der Brennstoffe Holz und Getreide. Vor den Messungen wurden die Feuerungen vom Anlagenhersteller gewartet. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Dabei handelt es sich um Mittelwerte über den Probenahmezeitraum (2 x 2 h für PCDD/F und PAK; sonst 3 - 7 x 0,5 h).

Tabelle 2: Messergebnisse eines Messprogramms an 3 Feuerungsanlagen; Konzentrationsangaben bezogen auf Normbedingungen (trocken) und einen O₂-Gehalt von 13 Vol.-%)

Anlagenhersteller / Typ		A Heizomat / HSK Ra 50			B Ökotherm 1 / Kompakt C0			C Ökotherm 2 / Kompakt C0			
Brennstoff		HH / R (85%), T (15%) ¹⁾			HP / R			HP / W			Filter ²⁾
Mischung ³⁾ Holz/Getreide	%	100/0	70/30	35/65	100/0	50/50	0/100	100/0	50/50	0/100	0/100
O ₂	Vol.-%	9,5	8,8	8,9	12,3	10,9	11,3	14,8	14,4	13,0	12,4
Abgastemp.	°C	303	285	285	135	140	146	143	150	155	155
CO	mg/m ³	114	60	32	134	105	153	273	370	318	307
NO _x als NO ₂	mg/m ³	76	164	219	100	392	581	148	463	621	600

SO ₂	mg/m ³	25	54	90	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt-C	mg/m ³	< 2	⁴⁾	⁴⁾	6	34	11	7	79	⁴⁾	⁴⁾
HCl	mg/m ³	0,9	2,4	5,0	14	33	46	22	65	64	31
Staub	mg/m ³	34	56	74	12	70	108	11	106	248	172
PCDD/F	ng TE/m ³	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	-	-	-	-	-	-
PAK	µg/m ³	33 ⁵⁾	15 ⁵⁾	25 ⁵⁾	-	-	-	-	-	-	-

HH = Holzhackschnitzel

HP = Holzpellets

T = Triticale

W = Weizen

R = Roggen

¹⁾ Getreideanbauflächen nicht mit KCl gedüngt

²⁾ Messung erfolgte im gereinigten Abgas nach „Metallschaumfilter“

³⁾ Mischungsverhältnis Holz / Getreide

⁴⁾ Ausfall des Messgeräts

⁵⁾ ohne Naphthalin

Aufgrund der Neigung des Brennstoffs zur Schlackebildung im Feuerraum konnten bei der Anlage A lediglich maximal 65 % Getreide eingesetzt werden. Die Anlagen B und C sind mit einer wassergekühlten Brennmulde ausgestattet, sodass eine Schlackebildung im Glutbett vermieden werden kann.

Die gemessenen Konzentrationen an CO, Gesamt-C (soweit sie vorliegen) und PAK zeigen, dass auch bei Einsatz von Getreide eine hohe Ausbrandqualität erreichbar ist. Dagegen steigen die NO_x-Messwerte mit zunehmendem Getreideanteil an der Brennstoffmischung erwartungsgemäß deutlich an. Dabei zeigen die niedrigeren NO_x- und CO-Emissionswerte an der Anlage A einen technologischen Vorsprung auf. Die gemessenen SO₂-Emissionswerte bestätigen, dass der im Brennstoff enthaltene Schwefel weit überwiegend als SO₂ emittiert wird, sodass mit zunehmendem Getreideanteil auch die SO₂-Emissionen ansteigen.

Mit zunehmendem Getreideanteil steigt ebenfalls die Staubkonzentration im Abgas an. Dies ist offenbar insbesondere auf den hohen Gehalt an Kalium im Getreide zurückzuführen. Kaliumoxid bzw. Kaliumhydroxid geht im Feuerraum in die Gasphase über und wird bei der Abkühlung im Kessel wieder kondensiert [2]. Der an der Anlage C versuchsweise installierte „Metallschaumfilter“ erbrachte eine Staub-Abscheideleistung von ca. 30 %.

Die HCl-Emissionsmesswerte bedürfen einer genaueren Diskussion. An allen Anlagen wurden mit zunehmendem Getreideanteil erwartungsgemäß ansteigende HCl-Emissionen festgestellt. Die im Abgas der Anlagen A gemessenen HCl-Emissionswerte liegen jedoch insgesamt auf deutlich niedrigerem Niveau. Dies erscheint plausibel, da nach Auskunft des Anlagenbetreibers die Getreideanbauflächen seit mehreren Jahren nicht mit chlorhaltigen Düngemitteln gedüngt wurden, sodass von niedrigen Chlorgehalten im Brennstoff ausgegangen werden kann. Die im Abgas der Anlagen B und C bei Einsatz von 100 % Holz gemessenen HCl-Emissionswerte erscheinen dagegen vergleichsweise hoch. Die beiden Anlagen wurden vor Messbeginn längere Zeit bei Einsatz von 100 % Getreide (normal gedüngt) betrieben, sodass man von der Bildung chlorhaltiger Ablagerungen in den Kesselzügen ausgehen muss. Diese Ablagerungen werden bei Einsatz chlorarmer Brennstoffe offensichtlich teilweise wieder ausgetragen, worauf die erhöhten HCl-Messwerte bei der Verbrennung von Holz zurückgeführt werden könnten.

Die im Abgas der Anlage A gemessenen PCDD/F-Konzentrationen lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Bei Berücksichtigung des offenbar niedrigen Chlorgehaltes im Brennstoff dieser Anlage ist dies plausibel. Im Rahmen eines vorangegangenen FuE-Vorhabens wurden bei Verbrennungsversuchen mit Weizenstroh bei Chlorgehalten von 1500 - 2000 mg/kg mittlere Emissionskonzentrationen im Abgas an HCl von etwa 60 mg/m³ gemessen [3]. Die PCDD/F-Konzentrationen im Abgas betragen im Mittel 0,7 ng TE/m³. Mit Emissionen in dieser Höhe muss auch bei Einsatz von Getreide von normal gedüngten Anbauflächen gerechnet werden – insbesondere auch weil unter Praxisbedingungen die Verbrennungsbedingungen erfahrungsgemäß eher ungünstiger sind, als bei diesen Messungen, denen eine Wartung durch den Anlagenhersteller vorausging.

In Tabelle 3 sind für die Schadstoffe CO, NO_x, SO₂, HCl, Staub und PCDD/F die aus den Versuchsergebnissen abgeschätzten Emissionsfaktoren den entsprechenden Emissionsfaktoren der in Kleinfeuerungsanlagen am häufigsten eingesetzten Brennstoffe [4] gegenübergestellt.

Tabelle 3: Emissionsfaktoren für die Verfeuerung von Erdgas, Heizöl EL und naturbelassenem Holz in Heizkesseln zwischen 4 und 25 kW aus [4] und aus Versuchsergebnissen abgeschätzte Emissionsfaktoren für Stroh (siehe [3]) und Getreide (Ergebnisse dieses Messprogramms)¹⁾

Stoff	Einheit	Erdgas	Heizöl EL	naturbel. Holz	Stroh	Getreide
CO	mg/m ³	26	56	5182	170	200
	mg/MJ	7	13	3628	120	140
NO _x als NO ₂	mg/m ³	70	200	100	330	600
	mg/MJ	19	46	69	230	420
SO ₂	mg/m ³	2	320	7	k.A.	100
	mg/MJ	0,5	77	5		70
HCl	mg/m ³	k.A.	k.A.	1	60	50
	mg/MJ			0,7	42	35
Staub	mg/m ³	0,1	9	33	170	150
	mg/MJ	0,03	2,1	23 ^[5]	120	105
PCDD/F	ng TE/m ³	0,006	0,005	0,07	0,7	k.A. ²⁾
	mg/TJ	0,0017	0,0011	0,051	0,5	

¹⁾ Die angegebenen Konzentrationswerte beziehen sich bei den Brennstoffen Erdgas und Heizöl EL auf einen Sauerstoffgehalt im Abgas von 3 Vol.-% und bei den Festbrennstoffen auf 13 Vol.-%

²⁾ Die gemessenen PCDD/F-Emissionswerte waren nicht repräsentativ (siehe Text)

Zusammenfassend muss für die Schadstoffe NO_x, HCl, Staub und PCDD/F bei der Verbrennung von Getreide mit deutlich höheren Emissionen gerechnet werden, als bei den Brennstoffen Erdgas, Heizöl EL und naturbelassenes Holz. Hinsichtlich der SO₂-Emissionen ist der Brennstoff Getreide mit dem Brennstoff Heizöl EL vergleichbar. Die Angaben zu den Staubemissionen aus Holzfeuerungen berücksichtigen den derzeitigen Anlagenbestand an Heizkesseln zwischen 4 und 25 kW. Für Kamin- und Kachelöfen wird mit Emissionsfaktoren von ca. 115 mg/MJ gerechnet [5]. Die im Rahmen dieses Messprogramms bei der Verbrennung von Getreide gemessenen Staubemissionen liegen damit auf dem Niveau der von Kamin- und Kachelöfen.

Im Vergleich zur Verbrennung von Stroh liegen die Emissionen bei der Getreideverbrennung auf gleichem Niveau – mit Ausnahme der Emissionen an NO_x, die das Zweifache betragen.

Weitere Anstrengungen zur Verminderung der Emissionen von Stroh- und Getreidefeuerungen sind daher erforderlich.

¹ H. Hartmann: Naturbelassene biogene Festbrennstoffe – umweltrelevante Eigenschaften und Einflussmöglichkeiten, Bay StMGUV, 2000, Materialien Nr. 154

² M. Oser, Th. Nussbaumer: Aerosolbildung bei der Holzverbrennung, 7. Holzenergiesymposium, 2002, ETH Zürich

³ T. Launhardt: Verbrennungsversuche mit naturbelassenen biogenen Festbrennstoffen, Bay StMGUV, 2000, Materialien Nr. 156

⁴ F. Pfeiffer, M. Struschka: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren zur Darstellung der Emissionsentwicklung aus Feuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher, Umweltbundesamt, 2000, UBA-Forschungsbericht 295 46 364

⁵ M. Struschka: Ermittlung und Evaluierung der Feinstaubemissionen aus Kleinfeuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher, Umweltbundesamt, 2003, UBA-Forschungsbericht 299 44 140