

# **Heizen mit Getreide**

**Walter Eggersglüß**

**PURS Nr. 27**

**Heizen mit Getreide**  
**Erfahrungsbericht: Getreide in Kleinf Feuerungsanlagen**

April 2003

Dipl.-Ing. Walter Eggersglüß ist Mitarbeiter der Land- und Umwelttechnik der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Am Kamp 13, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-847932

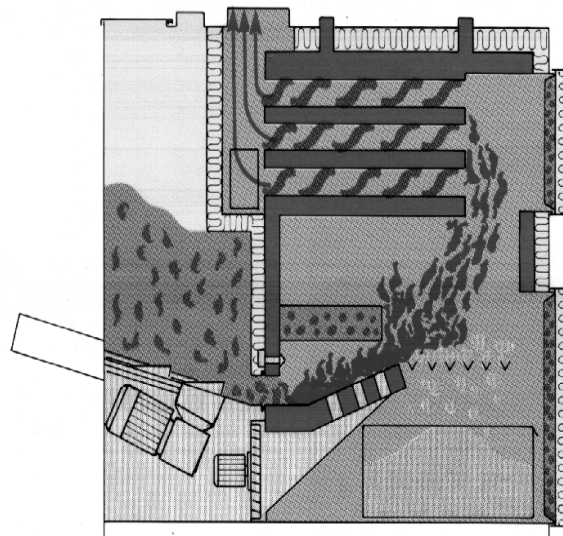
In Schleswig-Holstein wird seit 1979 auf Ackerflächen nachwachsende Biomasse energetisch genutzt. Anfangs waren es zahlreiche Strohfeuerungsanlagen und zwei Strohbrickettieranlagen. Die Mehrzahl war aus technischen und/oder wirtschaftlichen Gründen Ende der achtziger Jahre nicht mehr in Betrieb.

1995 führte die Landwirtschaftskammer einzelne Versuche zur Nutzung von Getreide und Rapskörnern als Brennstoff für Holzhackschnitzelfeuerungen durch. Ein Demonstrationsvorhaben zur Nutzung von Rapsschrot und später zur Verfeuerung von aus Getreidereinigungsabfällen hergestellte Getreide-Nebenprodukt-Pellets (GNP-Pellets) folgten. Seit 2001 laufen Feuerungsversuche mit unterschiedlichen Biomassepellets und Getreidekörnern auf dem Gelände der DEULA in Rendsburg, wo auch die Land- und Umwelttechnik beheimatet ist.

Als Kesseltechnik werden vorrangig sogenannte Magazinkessel dänischer Hersteller (PASSAT, BAXI) eingesetzt, bei denen ein Tages-Brennstoff-Vorratsbehälter und Kessel eine kompakte Einheit bilden. Per Schieber oder Schnecke wird der Brennstoff dosiert in den Feuerraum eingeschoben. Die Kessel arbeiten mehrstufig mit variabler Verbrennungsluft- und Brennstoffmengen-zufuhr. Neuere Varianten werden mit Lamda-Regelung angeboten.



**Abb.1:** BAXI-Magazinkessel MULTI-HEAT mit Schnecken-zuführung



**Abb.2:** Schnittbild des PASSAT-Magazinkessels C4 mit Schubboden

Mit Investitionskosten für die Kesseltechnik von etwa 250 Euro je kW Heizleistung sind diese Kessel relativ preisgünstig, benötigen aber tägliche Betreuung zum Nachfüllen des Brennstoffes und zur Beseitigung der Asche. Die hohe Schüttdichte der Pellets und Getreidekörner mit  $500 - 800 \text{ kg/m}^3$  erleichtert die Handhabung und hält trotz kleiner Brennstoff-Vorratsbälter den Betreuungsaufwand noch in Grenzen.

Dies gilt auch für Biomassepellets als Brennstoffe. Die voluminöseren Holzhackschnitzel geringer feuchte und angepasster Stückgröße können zwar verfeuert werden, der Bedienungsaufwand steigt dann aber stark an.

Zum Anzünden sind Hackschnitzel, Holzpellets o.ä. leicht entzündliche Brennstoffe von Vorteil. Getreidekörner sind schwer zu entzünden, besonders bei Weizen und Roggen sollte eine kräftige Grundglut mit anderen Brennstoffen erzeugt werden. Volllastbetrieb ist von Vorteil.

Besonders Weizen neigt zur Schlackebildung, die beim Versuchskessel der DEULA Rendsburg (PASSAT C4) vereinzelt auch schon zur Behinderung der Zuluftführung und damit zu steigenden Kohlenmonoxidwerten geführt hat. Bei Gerste sind die Erfahrungen deutlich positiver, störende Schlackebildung trat bisher nicht auf.

Für Abgasmessungen steht seit Ende 2001 ein Abgasanalysegerät vom Typ ECOM-JN der Fa.rbr mit NOx-Modul zur Verfügung, das neben Kohlenmonoxid (CO) auch Stickoxidgehalte (NOx) im Abgas feststellen kann.

Einige Messungen des Staubgehaltes wurden entsprechend der 1.BImSchV durch den zuständigen Bezirks-Schornsteinfegermeister durchgeführt.

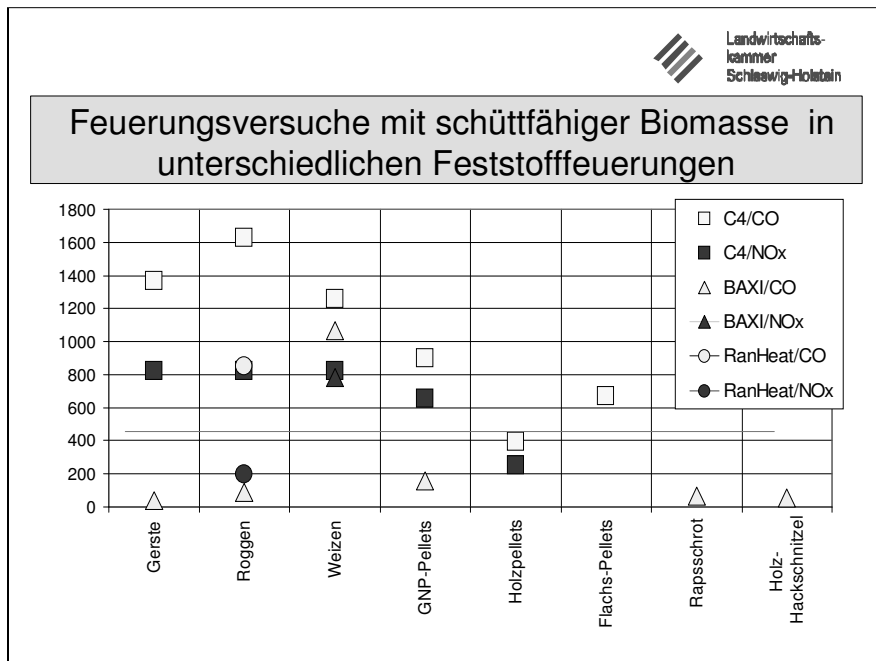
Insgesamt sind bei Getreide und auch bei GNP-Pellets die Grenzwerte für Kohlenmonoxid (CO) mit beiden Kesselvarianten (C4 bzw. BAXI) einzuhalten, solange der Kessel mit hoher Leistung betrieben wird. Die Staubgehalte im Abgas lagen in der Mehrzahl der Messungen mit Getreide im zulässigen Bereich.


Für Stickoxide gibt es in der Kleinf Feuerungsanlagenverordnung keinen Grenzwert. Die Messwerte liegen bei Getreide und GNP-Pellets mehrheitlich im Bereich zwischen 600 und 1.000 mg/m<sup>3</sup> Abgas (bez. auf 13 % O<sub>2</sub>) und damit über den Grenzwerten in der TA-Luft.

Bei Vergleichsmessungen lagen Holzpellets etwa um den Faktor 3 unter den Werten von Getreide.

Durch Optimierungen der Kesseltechnik und evtl. Brennstoffzusätze oder auch Brennstoffgemische können die Emissionswerte sicher noch deutlich reduziert werden.

Überraschend geringe NOx-Werte (bez. auf 13 % O<sub>2</sub>) bei der Verfeuerung von Roggenkörnern wurden bei der erstmaligen Messung eines großvolumigen Kessel (RanHeat) bei gleichzeitig hohem Luftüberschusswerten festgestellt. Hier sind weitere Messreihen erforderlich.





 Landwirtschaftskammer  
Schleswig-Holstein

### Feuerungsversuche mit schüttfähiger Biomasse in Magazinkesseln

Brennstoffe	Verbrennung		Emissionen		Asche	Schlacke
	Anheizen	visuell	CO	NOx		
Gerste	0	++	+	-	0	0
Roggen	-	+	+	-	0	-
Weizen	-	-	0	-	-	--
Getreidenebenprodukt-Pellets	0	+	+	-	0	--
Holz-Pellets	+	++	++	+	+	++
Flachsschäben-Pellets	+	++	+	?	+	0
Rapsschrot	0	0	+	?	0	-
Holz-Hackschnitzel	++	++	+	+	+	++

Bewertung: -- mangelhaft    0 befriedigend    ++ sehr gut    ? nicht gemessen


 Landwirtschaftskammer  
Schleswig-Holstein

**Feuerungsversuche mit schüttfähiger Biomasse in  
Magazinkesseln**

**Emissionsmessungen durch den Bezirks-Schornsteinfegermeister**

	Sauerstoff O <sub>2</sub> in %	Kohlenmonoxid CO in g/m <sup>3</sup>	Staubgehalt im Abgas in g/m <sup>3</sup>
<b>Passat C4</b>			
Weizen	<b>10,6</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>
Roggen	<b>5,6</b>	<b>0,40</b>	<b>0,10</b>
Gerste	<b>8,6</b>	<b>0,70</b>	<b>0,12</b>
Gerste	<b>8,7</b>	<b>0,60</b>	<b>0,10</b>
<b>HS Tarm Multi-Heat 4</b>			
GNP-Pellets	<b>3,8</b>	<b>0,20</b>	<b>0,22</b>
75%-GNP+ 25%-Holz	<b>8,7</b>	<b>0,20</b>	<b>0,18</b>

Die Verwertung von minderwertigen Getreidepartien und auch von Energiegetreide von Stilllegungsflächen zu Heizzwecken wäre, neben der Restholznutzung, eine weitere Möglichkeit, um Erdöl- und Erdgasvorräte zu schonen.

Interessant für die Heizwärmeversorgung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude erscheint besonders der Leistungsbereich bis 100 kW. Ausnahmegenehmigungen für den Einsatz dieser Energieträger für die Landwirtschaft würden auch das Interesse der Kesselhersteller steigen lassen, die Technik zu optimieren.


 Landwirtschaftskammer  
Schleswig-Holstein

**Heizen mit Energiekorn**  
Ausblick

Haupt-Einsatzbereich:	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude (dezentral)
Brennstoffangebot:	Getreideabfälle des Landhandels (Pelletierung und Optimierung)  minderwertiges, betriebseigenes Getreide  Energiegetreide von Stilllegungsflächen (erlaubt Optimierung durch Anbau, Sortenauswahl)
Technik:	Weiterentwicklung kompakter, kostengünstiger Kesseltechnik
Genehmigung:	Ausnahmegenehmigungen für die Landwirtschaft (wie z.B. holzverarbeitende Industrie)

## Anhang

Messergebnisse einzelner Kessel nach verschiedenen Getreidearten u.ä.

Holzpellets							PASSAT C4	
Datum	Uhrzeit	Vorschub	t-Abgas	O2	CO2	Lambda	CO	NOx
15.01.03	15:25	100/18	171	4,1	16,3	1,25	272	250
15.01.03	15:30	100/18	166	6	14,5	1,40	140	270
15.01.03	15:35	100/18	161	8	12,6	1,61	467	233
15.01.03	15:40	100/18	164	7,4	13,1	1,55	238	268
15.01.03	15:49	100/18	159	7,8	12,8	1,59	605	268
15.01.03	15:54	100/18	155	9	11,6	1,75	670	239
Anzahl Messungen		6	Minimum Uhrzeit:	15:25	Maximum Uhrzeit:		15:54	
Mittelwerte			Minimum			Maximum		
t-Abgas:	163 °C	t-Abgas:	155 °C	t-Abgas:	171 °C			
O2	7,1 %	O2	4,1 %	O2	9 %			
CO2	13,5 %	CO2	11,6 %	CO2	16,3 %			
Lambda	1,52	Lambda	1,25	Lambda	1,75			
CO	399 mg/m <sup>3</sup>	CO	140 mg/m <sup>3</sup>	CO	670 mg/m <sup>3</sup>			
NOx	255 mg/m <sup>3</sup>	NOx	233 mg/m <sup>3</sup>	NOx	270 mg/m <sup>3</sup>			

Getreidenebenprodukt-Pellets							PASSAT C4	
Datum	Uhrzeit	Vorschub	t-Abgas	O2	CO2	Lambda	CO	NOx
14.01.03	15:23	100/20	168	3,9	16,5	1,23	1247	588
14.01.03	15:29	100/20	173	3,6	16,8	1,21	1403	524
14.01.03	15:47	100/20	160	6	14,5	1,40	606	758
14.01.03	15:51	100/20	160	6,2	14,3	1,42	363	758
27.11.02	17:36-Regelung		139	6,1	14,4	1,41	1172	674
27.11.02	17:59-Regelung		140	7,9	12,7	1,60	755	763
Anzahl Messungen		6	Minimum Uhrzeit:	15:23	Maximum Uhrzeit:		17:59	
Mittelwerte			Minimum			Maximum		
t-Abgas:	157 °C	t-Abgas:	139 °C	t-Abgas:	173 °C			
O2	5,6 %	O2	3,6 %	O2	7,9 %			
CO2	14,9 %	CO2	12,7 %	CO2	16,8 %			
Lambda	1,38	Lambda	1,21	Lambda	1,60			
CO	924 mg/m <sup>3</sup>	CO	363 mg/m <sup>3</sup>	CO	1403 mg/m <sup>3</sup>			
NOx	678 mg/m <sup>3</sup>	NOx	524 mg/m <sup>3</sup>	NOx	763 mg/m <sup>3</sup>			

<b>Triticale</b>							<b>PASSAT C4</b>	
Datum	Uhrzeit	Vorschub	t-Abgas	O2	CO2	Lambda	CO	NOx
06.03.03	16:22	100/18	135	5,9	14,6	1,39	3666	500
06.03.03	16:27	100/18	124	7,9	12,7	1,60	2872	766
06.03.03	16:33	100/18	119	8	12,6	1,61	2395	559
06.03.03	16:39	100/18	114	8,2	12,4	1,64	3370	639
06.03.03	16:45	100/18	130	4,8	15,7	1,29	3121	432
Anzahl Messungen		5	Minimum Uhrzeit:	16:22	Maximum Uhrzeit:		16:45	
Mittelwerte			Minimum			Maximum		
t-Abgas:	124 °C	t-Abgas:	114 °C	t-Abgas:	135 °C			
O2	7,0 %	O2	4,8 %	O2	8,2 %			
CO2	13,6 %	CO2	12,4 %	CO2	15,7 %			
Lambda	1,51	Lambda	1,29	Lambda	1,64			
CO	3085 mg/m <sup>3</sup>	CO	2395 mg/m <sup>3</sup>	CO	3666 mg/m <sup>3</sup>			
NOx	579 mg/m <sup>3</sup>	NOx	432 mg/m <sup>3</sup>	NOx	766 mg/m <sup>3</sup>			

<b>100% Roggen</b>							<b>PASSAT C4</b>	
Datum	Uhrzeit	Vorschub	t-Abgas	O2	CO2	Lambda	CO	NOx
15.01.03	8:45	100/18	152	7,5	13,2	1,54	877	861
15.01.03	9:02	100/18	149	9,7	10,9	1,86	1253	875
15.01.03	9:08	100/18	158	7,9	12,7	1,60	3825	542
15.01.03	9:18	100/18	154	8,3	12,3	1,65	560	1018
18.04.02	9:30	100/12	154	4,4	16	1,27	857	826
18.04.02	10:16	100/12	155	4,4	16	1,27	1338	619
Anzahl Messungen		6	Minimum Uhrzeit:	8:45	Maximum Uhrzeit:		10:16	
Mittelwerte			Minimum			Maximum		
t-Abgas:	154 °C	t-Abgas:	149 °C	t-Abgas:	158 °C			
O2	7,0 %	O2	4,4 %	O2	9,7 %			
CO2	13,5 %	CO2	10,9 %	CO2	16 %			
Lambda	1,53	Lambda	1,27	Lambda	1,86			
CO	1452 mg/m <sup>3</sup>	CO	560 mg/m <sup>3</sup>	CO	3825 mg/m <sup>3</sup>			
NOx	790 mg/m <sup>3</sup>	NOx	542 mg/m <sup>3</sup>	NOx	1018 mg/m <sup>3</sup>			



100% Gerste							PASSAT C4	
Datum	Uhrzeit	Vorschub	t-Abgas	O2	CO2	Lambda	CO	NOx
13.02.02	13:35	100/18	151	7,3	13,2	1,54	818	824
13.02.02	13:41	100/18	154	6,2	14,5	1,40	613	1016
13.02.02	13:44	100/18	153	7	13,5	1,50	577	1125
13.02.02	13:54	100/13	144	12	8,7	2,33	2642	642
13.02.02	13:57	100/13	147	9,3	11,3	1,80	1072	856
13.02.02	14:00	100/13	156	5,7	14,8	1,37	541	887
Anzahl Messungen		6	Minimum Uhrzeit:	13:35	Maximum Uhrzeit:		14:00	
Mittelwerte			Minimum			Maximum		
t-Abgas:	151 °C	t-Abgas:	144 °C	t-Abgas:	156 °C			
O2	7,9167 %	O2	5,7 %	O2	12 %			
CO2	12,7 %	CO2	8,7 %	CO2	14,8 %			
Lambda	1,66	Lambda	1,37	Lambda	2,33			
CO	1043,8 mg/m <sup>3</sup>	CO	541 mg/m <sup>3</sup>	CO	2642 mg/m <sup>3</sup>			
NOx	892 mg/m <sup>3</sup>	NOx	642 mg/m <sup>3</sup>	NOx	1125 mg/m <sup>3</sup>			
100% Gerste							PASSAT C4	
Datum	Uhrzeit	Vorschub	t-Abgas	O2	CO2	Lambda	CO	NOx
13.02.02	13:19	75/10	149	8,8	11,6	1,75	1128	906
13.02.02	13:22	75/10	153	8,3	12,3	1,65	372	904
13.02.02	13:25	75/10	151	8,5	12,2	1,66	971	875
13.02.02	14:10	75/7	155	7,7	12,9	1,57	275	928
13.02.02	14:13	75/7	155	8,5	12,1	1,68	778	887
13.02.02	14:16	75/7	150	10	10,6	1,92	1570	943
Anzahl Messungen		6	Minimum Uhrzeit:	13:19	Maximum Uhrzeit:		14:16	
Mittelwerte			Minimum			Maximum		
t-Abgas:	152 °C	t-Abgas:	149 °C	t-Abgas:	155 °C			
O2	8,6 %	O2	7,7 %	O2	10 %			
CO2	12,0 %	CO2	10,6 %	CO2	12,9 %			
Lambda	1,71	Lambda	1,57	Lambda	1,92			
CO	849 mg/m <sup>3</sup>	CO	275 mg/m <sup>3</sup>	CO	1570 mg/m <sup>3</sup>			
NOx	907 mg/m <sup>3</sup>	NOx	875 mg/m <sup>3</sup>	NOx	943 mg/m <sup>3</sup>			

<b>100% Weizen</b>							<b>PASSAT C4</b>	
Datum	Uhrzeit	Vorschub	t-Abgas	O2	CO2	Lambda	CO	NOx
12.02.02	14:32	100/13	163	7,9	12,7	1,60	655	733
12.02.02	14:35	100/13	165	7,1	13,4	1,51	746	699
12.02.02	14:38	100/13	172	4,9	15,6	1,30	707	746
12.02.02	14:41	100/10	168	6,7	13,8	1,47	461	776
12.02.02	14:44	100/10	170	4,7	15,8	1,28	391	703
12.02.02	14:47	100/10	162	7,7	12,9	1,57	922	881
Anzahl Messungen		6	Minimum Uhrzeit:	14:32	Maximum Uhrzeit:		14:47	
Mittelwerte			Minimum			Maximum		
t-Abgas:	167 °C	t-Abgas:	162 °C	t-Abgas:	172 °C			
O2	6,5 %	O2	4,7 %	O2	7,9 %			
CO2	14,0 %	CO2	12,7 %	CO2	15,8 %			
Lambda	1,46	Lambda	1,28	Lambda	1,60			
CO	647 mg/m <sup>3</sup>	CO	391 mg/m <sup>3</sup>	CO	922 mg/m <sup>3</sup>			
NOx	756 mg/m <sup>3</sup>	NOx	699 mg/m <sup>3</sup>	NOx	881 mg/m <sup>3</sup>			
							passatabgas.wdb	
<b>100% Weizen</b>							<b>PASSAT C4</b>	
Datum	Uhrzeit	Vorschub	t-Abgas	O2	CO2	Lambda	CO	NOx
07.02.02	14:25	65/9	139	11,2	9,5	2,14	2446	
07.02.02	14:50	65/9	148	9,5	11,1	1,83	1235	
12.02.02	14:57	70/7	162	9	11,6	1,75	293	998
12.02.02	15:00	70/7	164	7,6	13	1,56	572	984
12.02.02	15:03	70/7	163	8,1	12,5	1,62	1027	926
07.02.02	15:10	65/9	148	8,6	12	1,69	2305	
Anzahl Messungen		6	Minimum Uhrzeit:	14:25	Maximum Uhrzeit:		15:10	
Mittelwerte			Minimum			Maximum		
t-Abgas:	154 °C	t-Abgas:	139 °C	t-Abgas:	164 °C			
O2	9 %	O2	7,6 %	O2	11,2 %			
CO2	11,6 %	CO2	9,5 %	CO2	13 %			
Lambda	1,77	Lambda	1,56	Lambda	2,14			
CO	1313 mg/m <sup>3</sup>	CO	293 mg/m <sup>3</sup>	CO	2446 mg/m <sup>3</sup>			
NOx	969 mg/m <sup>3</sup>	NOx	926 mg/m <sup>3</sup>	NOx	998 mg/m <sup>3</sup>			