

---

Vorübergehende energetische Nutzung von Getreide in der Heizperiode 02/03

# Emissionsmessungen im Abgas von Getreidefeuerungen

---

Bayerisches Landesamt  
für Umweltschutz



## **Bayerisches Landesamt für Umweltschutz**

### **Messprogramm zur Begleitung des vorübergehenden Getreideeinsatzes in Feuerungsanlagen (Projekt 1300)**

#### **Zusammenfassung der Messergebnisse**

#### **Bericht Nr. 54 537/1**

Auftraggeber:	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz Bürgermeister-Ulrich-Str. 160 86179 Augsburg
Standort:	91083 Baiersdorf 91468 Gutenstetten (Haag) 93104 Ehring
Art der Messung:	Messungen nach §26 BImSchG
Auftragsnummer:	Vertrag zum Schreiben Az. 1/3-8721.21-1388/03
Auftragsdatum:	04.04.2003
Messzeitraum:	08./09.04. und 23./24./25.04.2003
Bearbeitet von:	Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein
Berichtsumfang:	Insgesamt 69 Seiten
Aufgabenstellung:	Bestimmung der Schadstoffkonzentrationen an PCDD/F, PAH, Staub, Gesamt-C, CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Probenahmestellen</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Betriebszustand der Anlagen während der Messungen</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse der Messungen</b>	<b>8</b>
	<b>Anhag A: Ergebnisse der Messungen im Abgas der Anlage A</b>	<b>17</b>
	<b>Anhag B: Ergebnisse der Messungen im Abgas der Anlage B</b>	<b>40</b>
	<b>Anhag C: Ergebnisse der Messungen im Abgas der Anlage C</b>	<b>54</b>

## 1 Aufgabenstellung

Im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz wurde im Rahmen der Umweltbegleitforschung zur energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (hier: Projekt 1300) ein Messprogramm durchgeführt.

Im Rahmen des o.g. Projektes, wurden an drei ausgesuchten Holzfeuerungsanlagen (A/B/C) während der (Mit-)Verbrennung von Getreide die Emissionskonzentrationen der im Messprogramm festgelegten Schadstoffe bestimmt.

Dabei wurden parallele Messungen mit Messverfahren, die für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen nach §4 BImSchG i.V.m. der 4. BImSchV üblich sind, sowie mit Messverfahren für Anlagen, die dem Anwendungsbereich der 1. BImSchV unterliegen, durchgeführt.

Bei den untersuchten Anlagen handelt es sich um folgende Feuerungen:

**Anlage A:** Heizomat, Typ HSK-Ra 50, Wärmeleistung 50 kW

**Anlagen B und C:** Ökotherm, Typ Kompakt C0, Wärmeleistung 49 kW

Untersuchungsumfang im Abgas der **Anlage A:**

Staub	mind. 3 Einzelmessungen je Brennstoffart (Dauer je 0,5 h)
HCl	mind. 3 Einzelmessungen je Brennstoffart (Dauer je 0,5 h)
CO	kontin. über die Dauer der PCDD/F-Messungen je Brennstoffart (2 x 2 h)
NO <sub>x</sub>	kontin. über die Dauer der PCDD/F-Messungen je Brennstoffart (2 x 2 h)
SO <sub>2</sub>	kontin. über die Dauer der PCDD/F-Messungen je Brennstoffart (2 x 2 h)
Gesamt-C	kontin. über die Dauer der PCDD/F-Messungen je Brennstoffart (2 x 2 h)
PCDD/F	
und PAH	zwei Einzelmessungen je Brennstoffart (Analytik aus derselben Probe)

Parallele Messungen nach Abschnitt 4 der 1.BImSchV (Staub, CO, O<sub>2</sub>).

Untersuchungsumfang im Abgas der **Anlage B** und der **Anlage C:**

Staub	mind. 3 Einzelmessungen je Brennstoffart (Dauer je 0,5 h)
HCl	mind. 3 Einzelmessungen je Brennstoffart (Dauer je 0,5 h)
CO	kontinuierlich über die Dauer der oben aufgeführten Einzelmessungen
NO <sub>x</sub>	kontinuierlich über die Dauer der oben aufgeführten Einzelmessungen
Gesamt-C	kontinuierlich über die Dauer der oben aufgeführten Einzelmessungen

Parallele Messungen nach Abschnitt 4 der 1.BImSchV (Staub, CO, O<sub>2</sub>).

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in anlagenbezogenen Einzelberichten wie folgt dokumentiert:

Anlage A:	Bericht 54571/2 vom 16.10.2003
Anlage B:	Bericht 54571/3 vom 14.10.2003
Anlage C:	Bericht 54571/4 vom 17.10.2003

Der vorliegende Bericht 54571/4 stellt insgesamt eine Zusammenfassung der Ergebnisse dar. Detaillierte Angaben zu den Feuerungsanlagen, Probenahmestellen und eingesetzten Messverfahren sind in den Einzelberichten dokumentiert.

## 2 Probenahmestellen

Nachfolgend wird die Lage der Probenahmestellen anhand von Bildern dokumentiert.



Abb. 1: Probenahmestelle Anlage A<sup>1</sup>



Abb. 2: Probenahmestelle Anlage B<sup>2</sup>

- 
- <sup>1</sup> Die Messöffnungen (zwei) wurden im vertikalen Rohrleitungsabschnitt oberhalb des Thermoelementes installiert.
  - <sup>2</sup> Die Messöffnungen (zwei) wurden im horizontalen Rohrleitungsabschnitt mit ausreichend großer Einlaufstrecke installiert.



Abb. 3: Probenahmestelle Anlage C<sup>3</sup>

Die Probenahmestellen für die Messungen nach 1. BImSchV lagen möglichst ca. 0,4 m hinter dem Eintritt des Abgases in das Rauchrohr (bei Anlage A wurde für die Messungen die Öffnung des Thermoelementes, das zu diesem Zweck entfernt wurde, genutzt; vgl. Abb. 1).

---

<sup>3</sup> Im Bild die Messstelle für die gasförmigen Verbindungen, die Staubprobenahme erfolgte weiter rechts im horizontalen Rohrleitungsabschnitt.

### 3 Betriebszustand der Anlagen während der Messungen

#### Anlage A

Die Anlage wechselt zwischen verschiedenen Lastzuständen, je nach Wärmebedarf. Zweimal täglich (ca. 04:00 und 10:00 Uhr) herrscht für ca. 2 Stunden maximale Wärmeabnahme, wenn in der Käserei die Frischmilch wärmebehandelt wird.

Die Messungen wurden bei folgenden Brennstoffmischungen durchgeführt:

- 100 % Holzhackschnitzel
- ca. 30 % Getreide und 70 % Holzhackschnitzel
- ca. 60 – 65 % Getreide und 35 – 40 % Holzhackschnitzel.

Das verfeuerte Getreide war eine Mischung aus Roggen (85%) und Triticale (15 %). Der Roggen wurde speziell für die Nutzung als Brennstoff angebaut. Nach Aussage des Betreibers wurden auf diesen Boden seit ca. 20 Jahren keine chlorhaltigen Dünger mehr ausgebracht.

Je Brennstoffmischung erfolgten zwei PCDD/F-Einzelmessungen, wobei darauf geachtet wurde, dass eine Messung während der oben genannten Vollastbetriebszeiten erfolgte. Parallel dazu wurden jeweils die Messungen der zusätzlichen Schadstoffkomponenten durchgeführt.

#### Anlage B

Die Anlage wurde erst kurz vor Beginn der Messungen in Betrieb genommen. Da die Rücklauftemperatur des Warmwasserkreislaufes niedrig war, wurde eine maximale Lastabnahme erreicht.

Im Messverlauf erreichte die Rücklauftemperatur 63 °C und die Steuerung regelte je nach Wärmebedarf die Feuerung zwischen 70 und 90 %. Die Leistungsabgabe des Kessels wird in dieser Phase durch den maximal möglichen Wärmeübergang am Pufferbehälter (2000 l Wassertank) begrenzt.

Die Messungen wurden bei folgenden Brennstoffmischungen durchgeführt:

- 100 % Holzpellets
- ca. 50 % Getreide und 50 % Holzpellets
- 100 % Getreide.

Das verfeuerte Getreide bestand ausschließlich aus Roggen (100 %), der für andere Verwendung nicht mehr nutzbar war. Das Getreide, das im Wechsel mit Hackfrüchten angebaut wird, wird nicht mit chlorhaltigen Kalidüngern behandelt. Allerdings müssen die Hackfrüchte jeweils gedüngt werden. Das bedeutet, dass die Felder, auf denen der Roggen angebaut wurde, alle zwei Jahre gedüngt werden. Zusätzlich wurde bei der Ernte mit dem Mähdrescher darauf geachtet, dass möglichst wenig Feingut im Korn zurückbleibt.

## Anlage C

Die Anlage wurde erst kurz vor Beginn der Messungen in Betrieb genommen. Da die Rücklauf Temperatur des Warmwasserkreislaufes niedrig war, wurde eine maximale Lastabnahme erreicht.

Im Messverlauf wurde in Abhängigkeit der Lastabnahme (weitgehend konstant durch großen Speicherbehälter) bzw. in Abhängigkeit der Brennstoffdosierung eine Feuerungswärmeleistung zwischen 40 und 47 kW erreicht.

Die Messungen wurden bei folgenden Brennstoffmischungen durchgeführt:

- 100 % Holzpellets
- ca. 50 % Getreide und 50 % Holzpellets
- 100 % Getreide
- 100 % Getreide mit Testfilter im Abgaskanal.

Das verfeuerte Getreide bestand ausschließlich aus Futterweizen (100 %). Das Getreide war nicht gereinigt, so dass dem Brennstoff ein hoher Feinstaubanteil anhaftete. Auf die Felder auf dem das Getreide angebaut wird, wird chlorhaltiger Dünger ausgetragen, um die entsprechend der EU-Richtlinien erforderlichen Konzentrationen an Spurenelemente im Boden einzuhalten.



## 4 Ergebnisse der Messungen

### 4.1 Ergebnisse der Messungen nach Messverfahren für Anlagen nach 4. BImSchV

#### 4.1.1 Anlage A

Die Messungen wurden soweit möglich bei Volllast der Feuerungsanlage durchgeführt. Bei der Feuerung von Holzhackschnitzeln wurde eine Leistung von 42 – 46 kW (laut Wärmemengenzähler) erreicht. Bei den Brennstoffmischungen mit Getreide wurde zwar von der Steuerung der Feuerungsanlage „Volllast“ angezeigt, die Leistung (laut Wärmemengenzähler) betrug jedoch lediglich 25 – 42 kW.

Mittels statistischer Verbrennungsrechnung und einem mittleren Heizwert von 17,6 MJ/kg wurden für die verschiedenen Brennstoffmischungen die Abgasvolumenströme als Grundlage für die Massenstromberechnung bestimmt. Zusätzlich wurden Volumenströmmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse von Messungen und Berechnung stimmen gut überein.

Auf dieser Grundlage wurden Volumenströme für die Massenstromberechnung durch Verbrennungsrechnung für die Betriebszustände ermittelt, in welchen keine Volumenströmmessungen durchgeführt wurden. Je nach Brennstoffmischung und Heizwert liegen der Berechnung spezifische Rauchgasvolumina (für die stöchiometrische Verbrennung) von 4,6 bis 4,9 m<sup>3</sup>/kg Brennstoff zugrunde.

**Tabelle 1: Anlage A - Ergebnisse der Messungen**

<b>Brennstoffe:</b>		Brennstoff Holz			Holzhackschnitzel (HH)			Brennstoff Getreide			85% Roggen, 15 % Triticale (R/T)		
<b>Mischung:</b>		Holz / Getreide			100 / 0			70 / 30			35 / 65		
<b>Abgasreinigung:</b>		--			--			--			--		
<b>O<sub>2</sub></b>	Vol.-%	<b>9,5</b>			<b>8,8</b>			<b>8,9</b>					
<b>CO<sub>2</sub></b>	Vol.-%	<b>10,1</b>			<b>10,3</b>			<b>10,5</b>					
<b>Abgastemp.:</b>	°C	<b>303</b>			<b>285</b>			<b>285</b>					
		Min.	Max.	<b>Mittel</b>	Min.	Max.	<b>Mittel</b>	Min.	Max.	<b>Mittel</b>			
<b>CO</b>	mg/m <sup>3</sup>	38	206	<b>114</b>	14	101	<b>60</b>	5	94	<b>32</b>			
	kg/h			0,023			0,016			0,003			
<b>NO<sub>x</sub> als NO<sub>2</sub></b>	mg/m <sup>3</sup>	55	115	<b>76</b>	44	204	<b>164</b>	136	258	<b>219</b>			
	kg/h			0,017			0,053			0,053			
<b>SO<sub>2</sub></b>	mg/m <sup>3</sup>	15	46	<b>25</b>	29	114	<b>54</b>	61	115	<b>90</b>			
	kg/h			0,005			0,014			0,019			
<b>Gesamt-C</b>	mg/m <sup>3</sup>	< 1,7	< 2,7	<b>&lt; 2,1</b>	--	--	<b>-- *)</b>	--	--	<b>-- *)</b>			
	kg/h			< 0,001			--			--			
<b>HCl</b>	mg/m <sup>3</sup>	0,4	1,3	<b>0,9</b>	1,6	3,3	<b>2,4</b>	3,0	6,2	<b>5,0</b>			
	kg/h			< 0,001			< 0,001			< 0,001			
<b>Staub</b>	mg/m <sup>3</sup>	16	43	<b>34</b>	42	74	<b>56</b>	49	126	<b>74</b>			
	kg/h			0,005			0,010			0,010			
<b>PCDD/F</b>	ng/m <sup>3</sup> TE	0,02	0,03	<b>0,02</b>	0,01	0,02	<b>0,02</b>	0,01	0,03	<b>0,02</b>			
	µg/h			0,003			0,003			0,003			
<b>PAH</b>	mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,07	<b>0,05</b>	0,02	0,03	<b>0,02</b>	0,01	0,06	<b>0,03</b>			
	g/h			0,008			0,004			0,005			

Konzentrationen bezogen auf trockenes Abgas, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O<sub>2</sub>

Mit Ausnahme von CO, PCDD/F, PAH und Gesamt-C nehmen die Schadstoffgehalte im Abgas mit steigendem Getreideanteil zu. Beim CO ist die Abhängigkeit gerade umgekehrt, d. h. der CO-Gehalt sinkt mit steigendem Getreideanteil. Bei PCDD/F und PAH ist kein signifikanter Einfluss erkennbar.

Auffallend sind die zunächst unerwartet niedrigen und mit zunehmendem Getreideanteil nur geringfügig ansteigenden HCl-Konzentrationen. Die Ursache hierfür liegt zum einen im geringen Chlorgehalt der Holz hackschnitzel. Dass auch bei Getreidefeuerung der HCl-Gehalt im Abgas nur mäßig ansteigt, liegt wahrscheinlich daran, dass der Roggen speziell für die Nutzung als Brennstoff angebaut wurde. Nach Aussage des Betreibers erfolgt auf diesem Boden seit ca. 20 Jahren keine Ausbringung chlorhaltiger Dünger mehr.

Zusätzlich zu diesem Effekt ist die Einbindung von Chloriden zu einem hohen Anteil in Schlacke und Asche denkbar.

Der geringe HCl-Gehalt im Abgas wird auch durch die niedrigen PCDD/F-Konzentrationen bestätigt.

Trotz der im Bereich der Probenahme hohen Abgastemperatur (270 bis 320 °C) ist eine Neubildung von PCDD/F nicht zu erwarten. Aufgrund des Cl/S-Verhältnisses, das unter 0,1 liegt, ist die Chlorierung von Aromaten weitgehend unterbunden.

Die dokumentierten Naphthalin-Konzentrationen wurden über das Verhältnis Naphthalin zu Phenanthren aus vergleichbaren Messungen mit 2:1 (im Mittel) abgeschätzt. Die gemessenen Naphthalin-Konzentrationen konnten nicht verwendet werden, da das zur Probenahme zu diesem Zeitpunkt noch übliche Kunstharz (XAD) nach Angabe des Analysenlabors für diese Komponente unplausible Ergebnisse liefert.

Die Gesamt-C-Konzentrationen bei Feuerung von 100 % Hackschnitzeln entspricht den Ergebnissen aus Messungen im Abgas vergleichbarer Anlagen. Die Konzentrationen bei Mischfeuerung lagen dagegen in einem nicht zweifelsfrei plausiblen Bereich und wurden daher nicht dokumentiert. Eine mögliche Erklärung könnte auch hier der hohe Feinstaubanteil sein (siehe Bild unten). Gemäß Angaben des FID-Herstellers können an feinste Rußpartikel adsorbierte organische Komponenten in der FID-Flamme überproportional hohe Peaks auslösen.

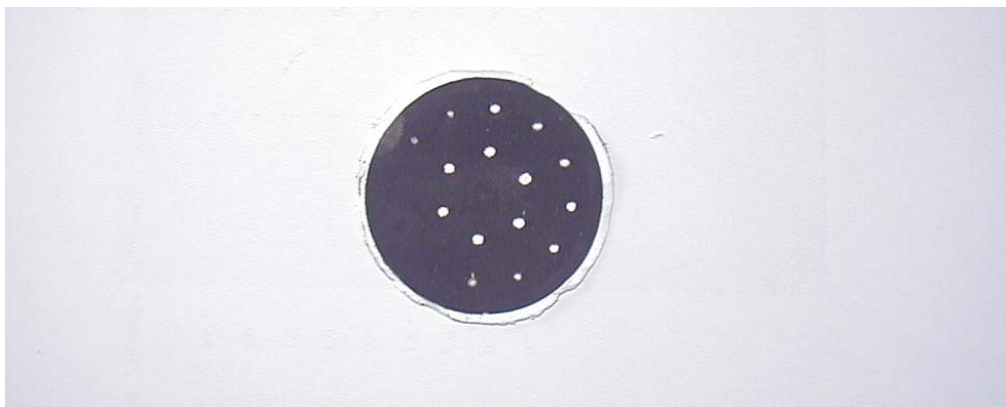


Abb. 4: Vorfilter der Rauchgasmessung mit einem schwarzen Belag aus feinsten Rußpartikeln

Das Bild eines Vorfilters vor der Messgasaufbereitung für die Rauchgasmessung (Seite 9) zeigt die Feinstpartikel (schwarzer Belag), wie sie im Abgas insbesondere bei der Feuerung von Getreide, enthalten waren. Vergleichbare Feinstpartikel werden vor dem FID nicht abgeschieden, da der dort eingesetzte Vorfilter eine größere Porenweite aufweist (für die Messung an herkömmlichen Holzfeuerungen ausreichend).

## 4.1.2 Anlage B

Die Messungen wurden soweit möglich bei Vollast der Feuerungsanlage durchgeführt. Bei der Feuerung von Holzpellets wurde eine Leistung von 44 kW erreicht (bei einem angenommenen Heizwert der Pellets von 18,8 MJ/kg). Bei der Mischfeuerung waren es noch 40 kW (bei einem Heizwert von 18 MJ/kg) und bei der reinen Roggenfeuerung noch 36 kW (angen. Heizwert: 17,1 MJ/kg). Die Ursache für den Rückgang der Leistung wurde bereits unter Abschnitt 3 dokumentiert.

**Tabelle 2: Anlage B - Ergebnisse der Messungen**

<b>Brennstoffe:</b>		Brennstoff Holz			Holzpellets			Brennstoff Getreide			100 % Roggen		
<b>Mischung:</b>		Holz / Getreide			50 / 50			0 / 100					
<b>Abgasreinigung:</b>		--			--			--					
<b>O<sub>2</sub></b>	Vol.-%	<b>12,3</b>			<b>10,9</b>			<b>11,3</b>					
<b>CO<sub>2</sub></b>	Vol.-%	<b>8,3</b>			<b>9,6</b>			<b>9,1</b>					
<b>Abgastemp.:</b>	°C	<b>135</b>			<b>140</b>			<b>146</b>					
		Min.	Max.	<b>Mittel</b>	Min.	Max.	<b>Mittel</b>	Min.	Max.	<b>Mittel</b>			
<b>CO</b>	mg/m <sup>3</sup>	81	202	<b>134</b>	63	150	<b>105</b>	146	167	<b>153</b>			
	kg/h			0,017			0,012			0,017			
<b>NO<sub>x</sub> als NO<sub>2</sub></b>	mg/m <sup>3</sup>	95	107	<b>100</b>	376	424	<b>392</b>	511	631	<b>581</b>			
	kg/h			0,012			0,044			0,063			
<b>Gesamt-C</b>	mg/m <sup>3</sup>	5	6	<b>6</b>	10	69	<b>34</b>	9	12	<b>11</b>			
	kg/h			0,001			0,004			0,001			
<b>HCl</b>	mg/m <sup>3</sup>	11	17	<b>14</b>	33	34	<b>33</b>	44	49	<b>46</b>			
	kg/h			0,002			0,004			0,005			
<b>Staub</b>	mg/m <sup>3</sup>	8	15	<b>12</b>	57	77	<b>70</b>	87	139	<b>108</b>			
	kg/h			0,002			0,008			0,012			

Konzentrationen bezogen auf trockenes Abgas, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O<sub>2</sub>

Die Schadstoffkonzentrationen zeigen – abgesehen von CO und Gesamt-C - eine eindeutige Tendenz zu höheren Emissionen mit steigendem Getreideanteil. Durch die träge Reaktion der Feuerung bei Lastwechseln – insbesondere bei der Feuerung von festen Brennstoffen – können Emissionsspitzen an CO und Gesamt-C auftreten, die nicht brennstoffspezifisch einzuordnen sind.

**4.1.3 Anlage C**

Die Messungen wurden soweit möglich bei Vollast der Feuerungsanlage durchgeführt. Bei der Feuerung von Holzpellets wurde eine Leistung von 47 kW erreicht (bei einem angenommenen Heizwert der Pellets von 18,8 MJ/kg). Bei der Mischfeuerung waren es noch 40 kW (bei einem Heizwert von 17,9 MJ/kg) und bei der reinen Futterweizenfeuerung 44 kW (angen. Heizwert: 17,0 MJ/kg).

**Tabelle 3: Anlage C - Ergebnisse der Messungen**

<b>Brennstoffe:</b>		Brennstoff Holz			Holzpellets			Brennstoff Getreide			100 % Futterweizen		
<b>Mischung:</b>		Holz / Getreide			100 / 0			50 / 50			0 / 100 ohne Filter		
<b>Abgasreinigung:</b>		--			--			--			--		
<b>O<sub>2</sub></b>	Vol.-%	<b>14,8</b>			<b>14,4</b>			<b>13,0</b>					
<b>CO<sub>2</sub></b>	Vol.-%	<b>5,9</b>			<b>6,3</b>			<b>7,5</b>					
<b>Abgastemp.:</b>	°C	<b>143</b>			<b>150</b>			<b>155</b>					
		Min.	Max.	<b>Mittel</b>	Min.	Max.	<b>Mittel</b>	Min.	Max.	<b>Mittel</b>			
<b>CO</b>	mg/m <sup>3</sup>	248	295	<b>273</b>	324	416	<b>370</b>	301	336	<b>318</b>			
	kg/h	0,040			0,042			0,045					
<b>NO<sub>x</sub> als NO<sub>2</sub></b>	mg/m <sup>3</sup>	124	173	<b>148</b>	460	465	<b>463</b>	608	628	<b>621</b>			
	kg/h	0,022			0,053			0,088					
<b>Gesamt-C</b>	mg/m <sup>3</sup>	5	10	<b>7</b>	41	148	<b>79</b>	--	--	<b>--</b>			
	kg/h	0,001			0,009			--					
<b>HCl</b>	mg/m <sup>3</sup>	16	29	<b>22</b>	63	69	<b>65</b>	60	68	<b>64</b>			
	kg/h	0,003			0,007			0,009					
<b>Staub</b>	mg/m <sup>3</sup>	9	13	<b>11</b>	98	118	<b>106</b>	209	294	<b>248</b>			
	kg/h	0,002			0,012			0,034					

Konzentrationen bezogen auf trockenes Abgas, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O<sub>2</sub>

Die Schadstoffkonzentrationen zeigen – abgesehen von CO - eine eindeutige Tendenz zu höheren Emissionen mit steigendem Getreideanteil. Durch die träge Reaktion der Feuerung bei Lastwechseln – insbesondere bei der Feuerung von festen Brennstoffen – können Emissionsspitzen an CO und Gesamt-C auftreten, die nicht brennstoffspezifisch einzuordnen sind.

Die Gesamt-C-Konzentrationen bei reiner Getreidefeuerung (mit und ohne Filter) sind nicht zweifelsfrei plausibel und wurden daher nicht dokumentiert (vgl. Ausführungen unter Abschnitt 4.1.1).

**Tabelle 4: Anlage C - Messungen mit und ohne Testfilter (100 % Futterweizen)**

<b>Brennstoffe:</b>		Brennstoff Holz	Holzpellets					
		Brennstoff Getreide	100 % Futterweizen					
<b>Mischung:</b>	Holz / Getreide		<b>0 / 100 ohne Filter</b>			<b>0 / 100 mit Filter</b>		
<b>Abgasreinigung:</b>			--			--		
<b>O<sub>2</sub></b>	Vol.-%		<b>13,0</b>			<b>12,4</b>		
<b>CO<sub>2</sub></b>	Vol.-%		<b>7,5</b>			<b>8,0</b>		
<b>Abgastemp.:</b>	°C		<b>155</b>			<b>155</b>		
			Min.	Max.	<b>Mittel</b>	Min.	Max.	<b>Mittel</b>
<b>CO</b>	mg/m <sup>3</sup>		301	336	<b>318</b>	281	332	<b>307</b>
	kg/h				0,045			0,042
<b>NO<sub>x</sub> als NO<sub>2</sub></b>	mg/m <sup>3</sup>		608	628	<b>621</b>	569	619	<b>600</b>
	kg/h				0,088			0,081
<b>Gesamt-C</b>	mg/m <sup>3</sup>		--	--	--	--	--	--
	kg/h				--			--
<b>HCl</b>	mg/m <sup>3</sup>		60	68	<b>64</b>	21	36	<b>31</b>
	kg/h				0,009			0,004
<b>Staub</b>	mg/m <sup>3</sup>		209	294	<b>248</b>	129	220	<b>172</b>
	kg/h				0,034			0,023

Konzentrationen bezogen auf trockenes Abgas, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O<sub>2</sub>

Die Messungen ohne und mit Testfilter sind – wie die Randbedingungen (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> und die Schadstoffe CO und NO<sub>x</sub> zeigen – bei weitgehend vergleichbaren Bedingungen durchgeführt worden. Die Komponenten HCl und Staub werden deutlich gemindert. Dies scheint darauf hinzuweisen, das HCl an im Filter abgeschiedenen Partikel adsorbiert ist. Der Versuch kann keine Erkenntnisse hinsichtlich der Standzeit des Filters liefern.

Nachfolgende Fotos zeigen den Filter nach der Messung sowie das Filtergehäuse.



Abb.5: beaufschlagter Filter im Filterhalter



Abb.6: Ansicht des beaufschlagten Filtermaterials



Abb.7: Über der Feuerungsanlage installiertes Filtergehäuse

## 4.2 Vergleich der Messergebnisse unterschiedlicher Messverfahren

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der Messungen nach 1. BlmSchV (Kaminkehrer) den Ergebnissen der Messungen gegenübergestellt, wie sie an Anlagen nach 4. BlmSchV (Messstelle nach §26 BlmSchG; hier: Müller-BBM) durchzuführen sind.

### Anlage A:

**Tabelle 5: Anlage A – Ergebnisse der Vergleichsmessungen 1. BlmSchV / 4. BlmSchV**

<b>Brennstoffe:</b>	Brennstoff Holz Brennstoff Getreide		Holzhackschnitzel (HH) 85% Roggen, 15 % Triticale (R/T)	
<b>Mischung:</b>	Holz / Getreide	<b>100 / 0</b>	<b>70 / 30</b>	<b>35 / 65</b>
<b>Abgasreinigung:</b>		--	--	--
<b>Datum:</b>		08.04.03	08.04.03	09.04.03
<b>Messzeit:</b>	Beginn	09:56	04:35	11:40
	Ende	10:11	04:50	11:55
<b>Kaminkehrer</b>				
<b>O<sub>2</sub></b>	Vol.-%	5,6	8,6	9,8
<b>CO (13 % O<sub>2</sub>)</b>	g/m <sup>3</sup>	0,12	0,03	0,01
<b>Staub (13 % O<sub>2</sub>)</b>	g/m <sup>3</sup>	0,06 *)	0,1 *)	0,09 *)
<b>Müller-BBM</b>				
<b>O<sub>2</sub></b>	Vol.-%	5,0	9,6	9,1
<b>CO (13 % O<sub>2</sub>)</b>	mg/m <sup>3</sup>	91	14	1
<b>Staub (13 % O<sub>2</sub>)</b>	mg/m <sup>3</sup>	43 *)	63 *)	49 *)

Probenahmedauer variiert: 1. BlmSchV = 15 min; 4.BlmSchV = 30 min

### Anlage B:

**Tabelle 6: Anlage B – Ergebnisse der Vergleichsmessungen 1. BlmSchV / 4. BlmSchV**

<b>Brennstoffe:</b>	Brennstoff Holz Brennstoff Getreide		Holzpellets 100% Roggen	
<b>Mischung:</b>	Holz / Getreide	<b>100 / 0</b>	<b>50 / 50</b>	<b>0 / 100</b>
<b>Abgasreinigung:</b>		--	--	--
<b>Datum:</b>		23.04.03	23.04.03	23.04.03
<b>Messzeit:</b>	Beginn	11:19	13:30	15:45
	Ende	11:34	13:45	16:00
<b>Kaminkehrer</b>				
<b>O<sub>2</sub></b>	Vol.-%	12,2	10,1	11,1
<b>CO (13 % O<sub>2</sub>)</b>	g/m <sup>3</sup>	0,1	0,05	0,09
<b>Staub (13 % O<sub>2</sub>)</b>	g/m <sup>3</sup>	0,04	0,16	0,15
<b>Müller-BBM</b>				
<b>O<sub>2</sub></b>	Vol.-%	12,3	10,3	11,3
<b>CO (13 % O<sub>2</sub>)</b>	mg/m <sup>3</sup>	112	65	119
<b>Staub (13 % O<sub>2</sub>)</b>	mg/m <sup>3</sup>	15 *)	75 *)	87 *)

\*) Probenahmedauer variiert: 1. BlmSchV = 15 min; 4.BlmSchV = 30 min

## Anlage C:

**Tabelle 7: Anlage C – Ergebnisse der Vergleichsmessungen 1. BlmSchV / 4. BlmSchV**

<b>Brennstoffe:</b>	Brennstoff Holz Brennstoff Getreide		Holzpellets 100% Futterweizen	
<b>Mischung:</b>	Holz / Getreide	<b>100 / 0</b>	<b>50 / 50</b>	<b>0 / 100</b>
<b>Abgasreinigung:</b>		--	--	--
<b>Datum:</b>		24.04.03	24.04.03	24.04.03
<b>Messzeit:</b>	Beginn	18:18	15:25	12:13
	Ende	18:33	15:40	12:28
<b>Kaminkehrer</b>				
<b>O<sub>2</sub></b>	Vol.-%	13,7	13,4	11,5
<b>CO (13 % O<sub>2</sub>)</b>	g/m <sup>3</sup>	0,28	0,37	0,35
<b>Staub (13 % O<sub>2</sub>)</b>	g/m <sup>3</sup>	0,15	0,22	0,11
<b>Müller-BBM</b>				
<b>O<sub>2</sub></b>	Vol.-%	14,8	14,5	12,1
<b>CO (13 % O<sub>2</sub>)</b>	mg/m <sup>3</sup>	300	441	311
<b>Staub (13 % O<sub>2</sub>)</b>	mg/m <sup>3</sup>	13 *)	118 *)	242 *)

\*) Probenahmedauer variiert: 1. BlmSchV = 15 min; 4. BlmSchV = 30 min

Die Ergebnisse nach 1. BlmSchV und 4. BlmSchV sind hinsichtlich O<sub>2</sub> und CO unter Berücksichtigung von Messunsicherheiten beider Verfahren, verschiedener Messstellen und Zeitversatz durch unterschiedliche Leitungslängen ggf. auch der Zeitnahme bei den stark variierenden Abgaskonzentrationen als vergleichbar einzustufen. Die Staubkonzentrationen hingegen liegen beim Messverfahren nach 4. BlmSchV überwiegend niedriger. Inwieweit die differierenden Ergebnisse auf die unterschiedliche Messdauer oder die verschiedenen Messverfahren zurückzuführen sind, kann an dieser Stelle nicht sicher beurteilt werden.



Für den Inhalt des vorliegenden Prüfberichtes zeichnet verantwortlich



Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein  
Telefon +49 (0)89 85602 – 252

## MÜLLER-BBM

Akkreditiertes Prüflaboratorium  
nach DIN EN ISO/IEC 17025



DAP-PL-2465.20

---

Dieser Prüfbericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM.

**Anhang A: Ergebnisse der Messungen im Abgas der Anlage A**

Tabellen A.1 - A.9	Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 30% Getreide 70 % Holz
Tabellen A.10 - A.19	Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holzhackschnitzel
Tabellen A.20 - A.28	Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 65% Getreide 35 % Holz

Erläuterung einiger in nachfolgenden Tabellen verwendeten Variablen (insbesondere bei der Verbrennungsrechnung):

$\mu\text{CO}_2$	bezogene Kohlendioxidmasse [kg/kg]
VGoT	trockenes Rauchgasvolumen [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
VLoT	trockenes Verbrennungsluftvolumen [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
VLT,n	VLoT bezogen auf das Luftverhältnis n [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
$\mu\text{H}_2\text{O}$	bezogene Wasserdampfmasse [kg/kg]
n	Luftzahl oder Luftverhältnis [-]
Luftmenge	tatsächliche Verbrennungsluftmenge [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

**Tabelle A.1: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 30% Getreide 70 % Holz  
Hauptvolumenstrom (Abgasrandbedingungen)**

Datum	08.04.2003			
<b>Betriebsbedingungen</b>	<b>30% Getreide 70 % Holz</b>			
Getreideart	80% - 90% Roggen, Rest Triticale			
Lastzustand	Unterhaltslast bis Volllast wechselnd			
Wärmeleistung	18 bis 46 kW			
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>Volllast</b>	<b>Teillast</b>	<b>Unterhaltslast</b>
<b>Brennstoffmengen</b>	<b>kg/h</b>	23	8	4
<b>Roggen / Holzhackschnitzel</b>				
Durchsatz	kg/h	23	8,0	4,0
Dampferzeugung	t/h			
Feuerungswärmeleistung	MW	0,117	0,041	0,020
Heizwert H <sub>u</sub>	MJ/kg	18,3	18,3	18,3
μCO <sub>2</sub>	kg/kg	1,789	1,789	1,789
VGoT	m <sup>3</sup> /kg	4,80	4,80	4,80
VLoT	m <sup>3</sup> /kg	4,92	4,92	4,92
VLT,n	m <sup>3</sup> /kg	6,70	9,56	30,36
Umg.-feuchte	kg/m <sup>3</sup>	0,005	0,005	0,005
μH <sub>2</sub> O	kg/kg	0,610	0,610	0,610
Luftzahl n		1,36	1,94	6,18
Luftmenge	m <sup>3</sup> /h	154	76	121
stöch. Vol.-Strom tr.,N.	m <sup>3</sup> /h	110	38	19
<b>Vol.-strom Betrieb</b>	m <sup>3</sup> /h	366	170	256
<b>Vol.-strom feucht,N.</b>	m <sup>3</sup> /h	169	81	122
<b>Vol.-strom trocken,N.</b>	m <sup>3</sup> /h	151	75	119
<b>Strömungsgeschwindigkeit</b>	m/s	3,2	1,5	2,3
<b>Feuchte</b>	kg/m <sup>3</sup>	0,098	0,071	0,026
CO <sub>2</sub> max	Vol.-%	18,98	18,98	18,98
<b>CO<sub>2</sub> tats.</b>	Vol.-%	13,92	9,76	3,07
<b>Hauptvolumenstrom</b>				
Barometerstand	hPa	973	973	973
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	13,9	9,8	3,1
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	5,6	10,2	17,6
Temperatur im Kanal	°C	295	275	275
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2	-0,2
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,098	0,071	0,026
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	3,2	1,5	2,3
Kanalquerschnitt	m	0,2	0,2	0,2
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,03	0,03	0,03
Dichte				
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,603	0,623	0,619
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,305	1,301	1,294
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,367	1,345	1,309
Volumenstrom				
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	370	170	260
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	170	80	120
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	150	70	120

**Tabelle A.2: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 30% Getreide 70 % Holz  
Hauptvolumenstrom (Abgasrandbedingungen)**

Datum	08.04.2003		
<b>Betriebsbedingungen</b>	<b>30% Getreide 70 % Holz</b>		
Getreideart	80% - 90% Roggen, Rest Triticale		
Lastzustand	Unterhaltslast bis Volllast wechselnd 20 bis 46 kW		
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	Volllast	64 min	15 min
	Teillast	26 min	36 min
	Unterhaltslast	30 min	69 min
<b>Hauptvolumenstrom (im PCDD/F-Messzeitraum)</b>			
Barometerstand	hPa	973	973
CO <sub>2</sub> -Gehalt gemessen	Vol.-%	10,40	10,10
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	10,4	10,1
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	8,0	9,6
Temperatur im Kanal	°C	295	275
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,084	0,033
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	2,6	2,2
Kanalquerschnitt	m	0,2	0,2
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,03	0,03
Dichte			
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,597	0,634
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,294	1,325
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,346	1,346
Volumenstrom			
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	299	247
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	138	114
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	125	109

**Tabelle A.3: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 30% Getreide 70 % Holz  
PCDD/F**

Messung		08.04.	08.04.	Mittelwert	
Messzeit - Beginn		03:40	06:25		
Messzeit - Ende		05:40	08:25		
<b>Teilvolumenstrom</b>					
Dauer der Absaugung	min	120	120		
Sondendurchmesser	mm	12	12		
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	650	915		
Temperatur an der Gasuhr	°C	14	15		
Volumen an der Gasuhr - Start	m³	89,694	91,363		
Volumen an der Gasuhr - Ende	m³	91,363	93,260		
Volumen, feucht, 273 K, 1013 hPa	m³	1,125	1,691		
Volumen, trocken, 273 K, 1013 hPa	m³	1,018	1,624		
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	3,0	4,3		
<b>PCDD - / PCDF - Konzentrationen</b>					
2,3,7,8	Tetrachlordibenzodioxin	pg/m³	3,9	< 0,6	2,3
1,2,3,7,8	Pentachlordibenzodioxin	pg/m³	7,9	< 0,6	4,2
1,2,3,4,7,8	Hexachlordibenzodioxin	pg/m³	6,9	1,8	4,4
1,2,3,6,7,8	Hexachlordibenzodioxin	pg/m³	13,7	3,1	8,4
1,2,3,7,8,9	Hexachlordibenzodioxin	pg/m³	11,8	3,1	7,4
1,2,3,4,6,7,8	Heptachlordibenzodioxin	pg/m³	47,1	19,1	33,1
	Oktachlordibenzodioxin	pg/m³	71,7	38,8	55,2
2,3,7,8	Tetrachlordibenzofuran	pg/m³	86,4	19,1	52,7
1,2,3,7,8	Pentachlordibenzofuran	pg/m³	26,5	14,2	20,3
2,3,4,7,8	Pentachlordibenzofuran	pg/m³	28,5	11,1	19,8
1,2,3,4,7,8	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	11,8	4,3	8,0
1,2,3,6,7,8	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	10,8	2,5	6,6
1,2,3,7,8,9	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	< 1,0	< 0,6	0,8
2,3,4,6,7,8	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	7,9	2,5	5,2
1,2,3,4,6,7,8	Heptachlordibenzofuran	pg/m³	19,6	6,8	13,2
1,2,3,4,7,8,9	Heptachlordibenzofuran	pg/m³	< 2,9	< 1,8	2,4
	Oktachlordibenzofuran	pg/m³	20,6	8,6	14,6
<b>PCDD - / PCDF - Konzentrationen TE</b>					
(TE: Toxizitätsäquivalent nach 17. BImSchV)					
Summenkonzentration TE					
- im Betriebszustand		ng/m³	0,02	0,00	0,01
- feucht, 273 K, 1013 hPa		ng/m³	0,04	0,01	0,02
- trocken, 273 K, 1013 hPa		ng/m³	0,04	0,01	0,03
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O2		ng/m³	0,02	0,01	0,02
<b>PCDD - / PCDF - Massenstrom TE</b>					
Mittelwert im Messzeitraum		µg/h	0,005	0,001	0,003

**Tabelle A.4: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 30% Getreide 70 % Holz  
PAH**

Messung		08.04.	08.04.	Mittelwert
<b>PAH-Konzentrationen</b>				
Naphthalin *)	µg/m <sup>3</sup>	13	9	11
Acenaphthylen	µg/m <sup>3</sup>	5,7	2,3	4,0
Acenaphthen	µg/m <sup>3</sup>	0,6	0,3	0,4
Fluoren	µg/m <sup>3</sup>	1,7	0,7	1,2
Phenanthren	µg/m <sup>3</sup>	6,4	4,3	5,3
Anthracen	µg/m <sup>3</sup>	0,7	0,3	0,5
Fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	5,2	1,9	3,6
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	2,1	2,0	2,0
Benzo (a) anthracen	µg/m <sup>3</sup>	0,9	0,2	0,5
Crysen/Triphenylen	µg/m <sup>3</sup>	2,1	0,4	1,2
Benzo (b+j+k) fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	3,9	0,6	2,3
Benzo (a) pyren	µg/m <sup>3</sup>	0,5	0,1	0,3
Indeno (1,2,3-cd) pyren	µg/m <sup>3</sup>	1,1	0,2	0,6
Benzo (ghi) perylen	µg/m <sup>3</sup>	2,2	0,2	1,2
Dibenz (a,c + a,h) anthracen	µg/m <sup>3</sup>	0,2	< 0,1	0,1
<b>PAH-Konzentration (in Summe ohne NWG)</b>				
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,02	0,03
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,02	0,03
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,02	0,02
<b>PAH - Massenstrom</b>	g/h	0,006	0,002	0,004

\*) abgeschätzt über das Verhältnis zu Phenanthren aus den Ergebnissen vergleichbarer Messungen

**Tabelle A.5: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 30% Getreide 70 % Holz  
Partikelförmige Emissionen (Staub)**

<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>		<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		04:10	04:48	05:31	06:38	
Messzeit - Ende		04:40	05:20	06:01	07:08	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V/U	T/U	V	U/T	
<b>Teilvolumenstrom</b>						
Dauer der Absaugung	min	30	32	30	30	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	10,6	11,9	5,6	14,6	
Sondendurchmesser	mm	20	20	20	20	
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	853	816	798	785	
Temperatur an der Gasuhr	°C	3	4	4	4	
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	3,8	3,5	3,7	3,8	
abgesaugtes Volumen						
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,893	0,879	0,912	0,979	
<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>						
Hülse	Nr.	4	5	6	7	
Staubmasse	mg	74	46	129	33	
<b>Staub-Konzentration</b>						
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	34	22	61	15	33
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	75	48	128	32	71
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	82	53	142	33	78
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	63	46	74	42	56
<b>Staub-Massenstrom</b>	kg/h	0,011	0,005	0,021	0,003	0,010

**Tabelle A.6: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 30% Getreide 70 % Holz  
Chlorwasserstoff (HCl)**

<b>Messung</b>		<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		04:20	05:50	06:33	
Messzeit - Ende		04:50	06:20	07:03	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		U/T	V	U/T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,9	5,6	14,7	
<b>Chlorwasserstoff-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	1,6	1,8	0,6	1,3
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	3,4	3,8	1,2	2,8
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	3,8	4,2	1,3	3,1
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	3,3	2,2	1,6	2,4
<b>Chlorwasserstoff-Massenstrom</b>	kg/h	< 0,001	0,001	< 0,001	0,001

**Tabelle A.7: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 30% Getreide 70 % Holz Kohlenmonoxid (CO)**

Messung		08.04.	08.04.	08.04.	08.04.	08.04.	08.04.	08.04.
Messzeit - Beginn		03:40	04:00	05:16	05:40	06:45	07:20	07:33
Messzeit - Ende		04:00	04:20	05:40	06:20	06:58	07:33	08:00
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	V	T	T	U
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	5,5	5,7	5,8	5,6	10,9	10,1	17,8
<b>CO-Konzentration</b>								
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	68	81	52	62	10	8	116
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	148	175	112	134	23	17	252
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	163	193	124	148	25	19	278
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	84	101	65	77	20	14	704
<b>CO-Massenstrom</b>	kg/h	0,024	0,029	0,019	0,022	0,002	0,001	0,033

**Tabelle A.8: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 30% Getreide 70 % Holz Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, als NO<sub>2</sub>)**

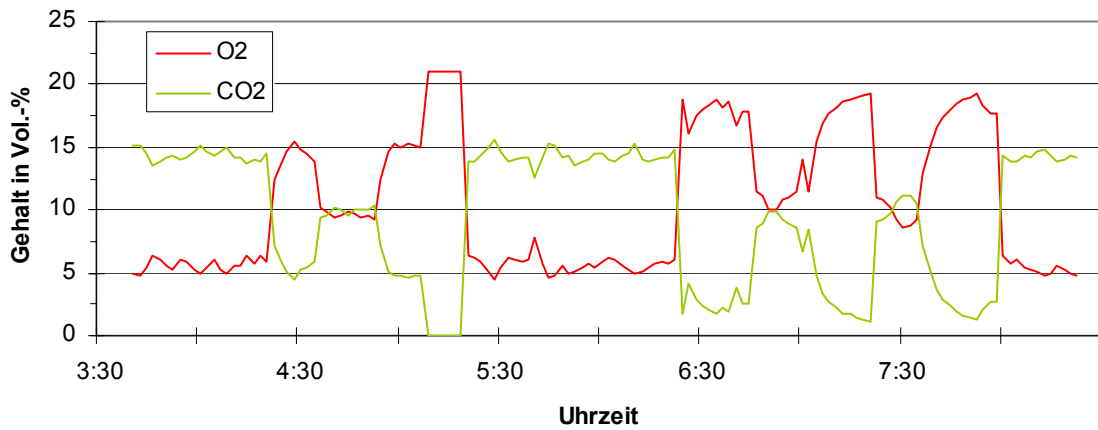
Messung		08.04.	08.04.	08.04.	08.04.	08.04.	08.04.	08.04.
Messzeit - Beginn		03:40	04:00	05:16	05:40	06:45	07:20	07:33
Messzeit - Ende		04:00	04:20	05:40	06:20	06:58	07:33	08:00
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	V	T	T	U
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	5,5	5,7	5,8	5,6	10,9	10,1	17,8
<b>NO<sub>2</sub>-Konzentration</b>								
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	212	224	197	191	192	198	48
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	459	485	427	413	416	429	104
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	506	535	472	456	459	474	115
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	193	204	180	174	175	180	44
<b>NO<sub>2</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,076	0,080	0,071	0,068	0,032	0,033	0,014

**Tabelle A.9: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 30% Getreide 70 % Holz Schwefeloxide (SO<sub>2</sub>)**

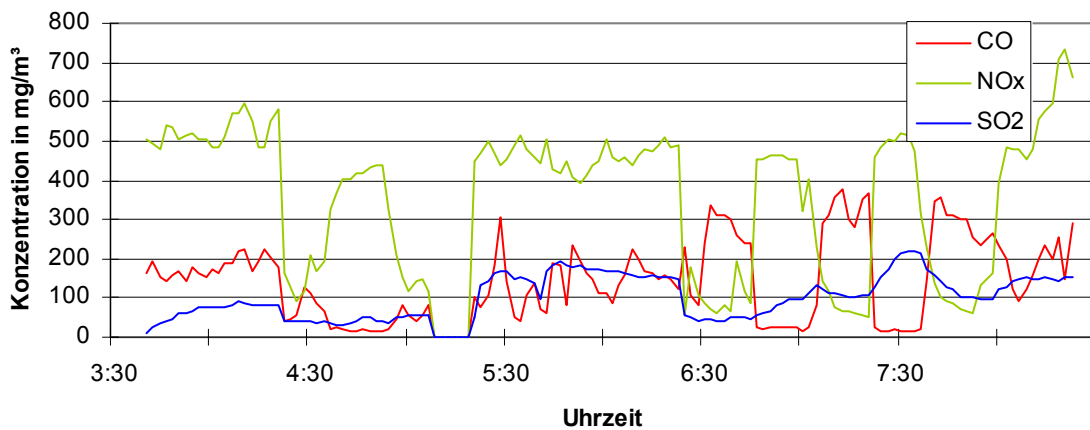
Messung		08.04.	08.04.	08.04.	08.04.	08.04.	08.04.	08.04.
Messzeit - Beginn		03:40	04:00	05:16	05:40	06:45	07:20	07:33
Messzeit - Ende		04:00	04:20	05:40	06:20	06:58	07:33	08:00
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	V	T	T	U
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	5,5	5,7	5,8	5,6	10,9	10,1	17,8
<b>SO<sub>2</sub>-Konzentration</b>								
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	22	33	59	68	32	79	50
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	47	73	127	148	70	171	109
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	51	80	140	163	77	189	120
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	32	31	53	114	29	72	46
<b>SO<sub>2</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,008	0,012	0,021	0,024	0,005	0,013	0,014



**Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Heizomat-Anlage)**  
**Messreihe 1 am 08.04.2003 - Brennstoff: 30 % Getreide und 70 % Holzpellets**



**Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Heizomat-Anlage)**  
**Messreihe 1 am 08.04.2003 - Brennstoff: 30 % Getreide und 70 % Holzpellets**



**Tabelle A.10: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holz  
Hauptvolumenstrom (Abgasrandbedingungen)**

Datum	08.04.2003			
<b>Betriebsbedingungen</b>	<b>100 % Holz</b>			
Getreideart	80% - 90% Roggen, Rest Triticale			
Lastzustand	Unterhaltslast bis Volllast wechselnd			
Wärmeleistung	16 bis 46 kW			
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>Volllast</b>	<b>Teillast</b>	<b>Unterhaltslast</b>
<b>Brennstoffmengen</b>	<b>kg/h</b>	16	8	3
<b>Roggen / Holzhackschnitzel</b>				
Durchsatz	kg/h	16,0	8,0	3,0
Dampferzeugung	t/h			
Feuerungswärmeleistung	MW	0,084	0,042	0,016
Heizwert $H_u$	MJ/kg	18,8	18,8	18,8
$\mu\text{CO}_2$	kg/kg	1,836	1,836	1,836
VGoT	m <sup>3</sup> /kg	4,93	4,93	4,93
VLoT	m <sup>3</sup> /kg	5,05	5,05	5,05
VLT,n	m <sup>3</sup> /kg	6,86	10,39	44,17
Umg.-feuchte	kg/m <sup>3</sup>	0,005	0,005	0,005
$\mu\text{H}_2\text{O}$	kg/kg	0,602	0,602	0,602
Luftzahl n		1,36	2,06	8,75
Luftmenge	m <sup>3</sup> /h	110	83	132
stöch. Vol.-Strom tr.,N.	m <sup>3</sup> /h	79	39	15
<b>Vol.-strom Betrieb</b>	m <sup>3</sup> /h	259	183	277
<b>Vol.-strom feucht,N.</b>	m <sup>3</sup> /h	120	88	132
<b>Vol.-strom trocken,N.</b>	m <sup>3</sup> /h	107	81	129
<b>Strömungsgeschwindigkeit</b>	m/s	2,3	1,6	2,4
<b>Feuchte</b>	kg/m <sup>3</sup>	0,095	0,064	0,019
CO <sub>2</sub> max	Vol.-%	18,97	18,97	18,97
<b>CO<sub>2</sub> tats.</b>	Vol.-%	13,96	9,21	2,17
<b>Hauptvolumenstrom</b>				
Barometerstand	hPa	973	973	973
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,0	9,2	2,2
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	5,5	10,8	18,6
Temperatur im Kanal	°C	295	275	275
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2	-0,2
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,095	0,064	0,019
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	2,3	1,6	2,4
Kanalquerschnitt	m	0,2	0,2	0,2
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,03	0,03	0,03
Dichte				
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,604	0,623	0,619
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,308	1,302	1,293
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,367	1,342	1,305
Volumenstrom				
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	260	180	280
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	120	90	130
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	110	80	130

**Tabelle A.11: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holz  
Hauptvolumenstrom (Abgasrandbedingungen)**

Datum	08.04.2003		
<b>Betriebsbedingungen</b>	<b>100 % Holzhackschnitzel</b>		
Getreideart	--		
Lastzustand	Unterhaltslast bis Volllast wechselnd 20 bis 46 kW		
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	Volllast	25 min	63 min
	Teillast	74 min	57 min
	Unterhaltslast	21 min	0 min
<b>Hauptvolumenstrom (im PCDD/F-Messzeitraum)</b>			
Barometerstand	hPa	973	973
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	9,2	10,9
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	10,6	8,3
Temperatur im Kanal	°C	290	315
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,052	0,078
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	1,9	2,0
Kanalquerschnitt	m	0,2	0,2
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,03	0,03
Dichte			
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,609	0,580
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,309	1,302
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,342	1,350
Volumenstrom			
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	214	222
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	103	106
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	95	96

**Tabelle A.12: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holz  
PCDD/F**

Messung		08.04.	08.04.	Mittelwert	
Messzeit - Beginn		09:08	11:35		
Messzeit - Ende		11:12	13:35		
<b>Teilvolumenstrom</b>					
Dauer der Absaugung	min	124	120		
Sondendurchmesser	mm	12	12		
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	945	930		
Temperatur an der Gasuhr	°C	13	16		
Volumen an der Gasuhr - Start	m³	93,260	95,020		
Volumen an der Gasuhr - Ende	m³	95,020	96,770		
Volumen, feucht, 273 K, 1013 hPa	m³	1,669	1,664		
Volumen, trocken, 273 K, 1013 hPa	m³	1,567	1,517		
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	4,3	4,6		
<b>PCDD - / PCDF - Konzentrationen</b>					
2,3,7,8	Tetrachlordibenzodioxin	pg/m³	3,8	2,0	2,9
1,2,3,7,8	Pentachlordibenzodioxin	pg/m³	< 4,5	4,6	4,5
1,2,3,4,7,8	Hexachlordibenzodioxin	pg/m³	4,5	4,0	4,2
1,2,3,6,7,8	Hexachlordibenzodioxin	pg/m³	5,1	8,6	6,8
1,2,3,7,8,9	Hexachlordibenzodioxin	pg/m³	4,5	5,3	4,9
1,2,3,4,6,7,8	Heptachlordibenzodioxin	pg/m³	13,4	50,7	32,1
	Oktachlordibenzodioxin	pg/m³	28,7	65,9	47,3
2,3,7,8	Tetrachlordibenzofuran	pg/m³	138,5	74,5	106,5
1,2,3,7,8	Pentachlordibenzofuran	pg/m³	21,7	29,7	25,7
2,3,4,7,8	Pentachlordibenzofuran	pg/m³	19,8	26,4	23,1
1,2,3,4,7,8	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	5,1	9,9	7,5
1,2,3,6,7,8	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	5,1	7,9	6,5
1,2,3,7,8,9	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	< 0,6	< 0,7	0,6
2,3,4,6,7,8	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	3,2	9,2	6,2
1,2,3,4,6,7,8	Heptachlordibenzofuran	pg/m³	7,7	21,1	14,4
1,2,3,4,7,8,9	Heptachlordibenzofuran	pg/m³	< 1,9	2,6	2,3
	Oktachlordibenzofuran	pg/m³	10,8	17,1	14,0
<b>PCDD - / PCDF - Konzentrationen TE</b>					
(TE: Toxizitätsäquivalent nach 17. BImSchV)					
Summenkonzentration TE					
- im Betriebszustand		ng/m³	0,02	0,01	0,01
- feucht, 273 K, 1013 hPa		ng/m³	0,03	0,03	0,03
- trocken, 273 K, 1013 hPa		ng/m³	0,03	0,03	0,03
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O2		ng/m³	0,03	0,02	0,02
<b>PCDD - / PCDF - Massenstrom TE</b>					
Mittelwert im Messzeitraum		µg/h	0,003	0,003	0,003

**Tabelle A.13: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holz  
PAH**

Messung		08.04.	08.04.	Mittelwert
<b>PAH-Konzentrationen</b>				
Naphthalin *)	µg/m <sup>3</sup>	9	8	8
Acenaphthylen	µg/m <sup>3</sup>	14,1	78,4	46,3
Acenaphthen	µg/m <sup>3</sup>	1,9	1,8	1,8
Fluoren	µg/m <sup>3</sup>	3,2	4,9	4,0
Phenanthren	µg/m <sup>3</sup>	4,3	4,2	4,2
Anthracen	µg/m <sup>3</sup>	1,0	0,9	0,9
Fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	3,6	5,8	4,7
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	2,8	6,4	4,6
Benzo (a) anthracen	µg/m <sup>3</sup>	0,5	0,4	0,5
Crysen/Triphenylen	µg/m <sup>3</sup>	1,0	0,8	0,9
Benzo (b+j+k) fluoranthren	µg/m <sup>3</sup>	1,5	1,7	1,6
Benzo (a) pyren	µg/m <sup>3</sup>	0,3	0,5	0,4
Indeno (1,2,3-cd) pyren	µg/m <sup>3</sup>	0,3	0,5	0,4
Benzo (ghi) perylen	µg/m <sup>3</sup>	0,5	1,3	0,9
Dibenz (a,c + a,h) anthracen	µg/m <sup>3</sup>	< 0,1	< 0,1	0,1
<b>PAH-Konzentration (in Summe ohne NWG)</b>				
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,05	0,03
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,10	0,07
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,12	0,08
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,07	0,05
<b>PAH - Massenstrom</b>	g/h	0,004	0,011	0,008

\*) abgeschätzt über das Verhältnis zu Phenanthren aus den Ergebnissen vergleichbarer Messungen

**Tabelle A.14: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holz  
Partikelförmige Emissionen (Staub)**

<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>		<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		09:20	10:00	10:35	11:12	
Messzeit - Ende		09:50	10:30	11:05	11:42	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		U/T/V	V/T	T	T/V	
<b>Teilvolumenstrom</b>						
Dauer der Absaugung	min	30	30	30	30	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	13,2	6,5	11,0	10,6	
Sondendurchmesser	mm	20	20	20	20	
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	736	778	790	804	
Temperatur an der Gasuhr	°C	4	9	11	13	
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	1,5	3,8	4,4	5,1	
abgesaugtes Volumen						
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,382	0,928	1,046	1,165	
<b>Staub-Konzentration</b>						
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	15	34	8	23	20
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	31	74	19	51	44
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	33	78	20	56	47
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	34	43	16	43	34
<b>Staub-Massenstrom</b>	kg/h	0,004	0,007	0,002	0,005	0,005

**Tabelle A.15: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holz  
Chlorwasserstoff (HCl)**

<b>Messung</b>		<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		09:15	10:04	10:37	11:10	
Messzeit - Ende		09:45	10:34	11:07	11:40	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		U/T	V/T	T	T/V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	15,5	7,2	11,1	11,0	
<b>Chlorwasserstoff-Konzentration</b>						
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	0,4	1,0	0,3	0,2	0,5
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	0,8	2,1	0,7	0,4	1,0
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	0,9	2,2	0,7	0,5	1,1
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	1,3	1,3	0,6	0,4	0,9
<b>Chlorwasserstoff-Massenstrom</b>	kg/h	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

**Tabelle A.16: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holz  
Gesamt-Kohlenstoff (Gesamt-C)**

<b>Messung</b>		<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>
Messzeit - Beginn		09:10	09:45	10:00	11:35	12:00	12:20	12:50
Messzeit - Ende		09:30	10:00	10:20	12:00	12:20	12:50	13:20
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		U	V	V	V	V	T	T
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	18,7	5,4	4,9	6,7	5,2	9,4	10,7
<b>Gesamt-C-Konzentration</b>								
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	< 12	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 3
<b>Gesamt-C-Massenstrom</b>	kg/h	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

**Tabelle A.17: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holz  
Kohlenmonoxid (CO)**

<b>Messung</b>		<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>
Messzeit - Beginn		09:10	09:45	10:00	11:35	12:00	12:20	12:50
Messzeit - Ende		09:30	10:00	10:20	12:00	12:20	12:50	13:20
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		U	V	V	V	V	T	T
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	18,7	5,4	4,9	6,7	5,2	9,4	10,7
<b>CO-Konzentration</b>								
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	347	91	139	163	120	28	22
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	720	188	288	339	249	59	45
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	781	204	312	368	270	64	49
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	2728	104	155	206	137	44	38
<b>CO-Massenstrom</b>	kg/h	0,102	0,022	0,034	0,040	0,030	0,005	0,004

**Tabelle A.18: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holz  
Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, als NO<sub>2</sub>)**

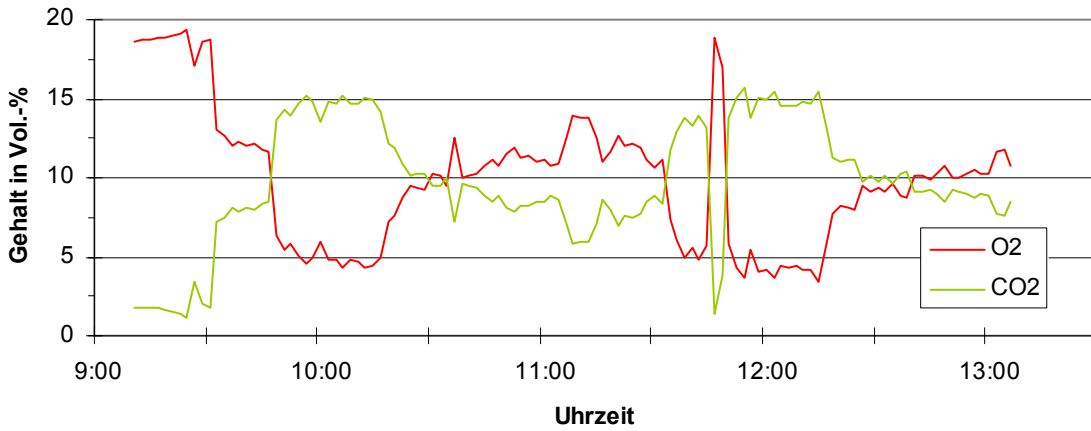
<b>Messung</b>		<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>
Messzeit - Beginn		09:10	09:45	10:00	11:35	12:00	12:20	12:50
Messzeit - Ende		09:30	10:00	10:20	12:00	12:20	12:50	13:20
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		U	V	V	V	V	T	T
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	18,7	5,4	4,9	6,7	5,2	9,4	10,7
<b>NO<sub>2</sub>-Konzentration</b>								
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	18	87	81	75	77	65	64
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	38	182	168	155	161	134	132
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	41	197	182	169	174	146	144
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	18	75	70	115	66	55	78
<b>NO<sub>2</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,005	0,022	0,020	0,019	0,019	0,012	0,011

**Tabelle A.19: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 100 % Holz  
Schwefeloxide (SO<sub>2</sub>)**

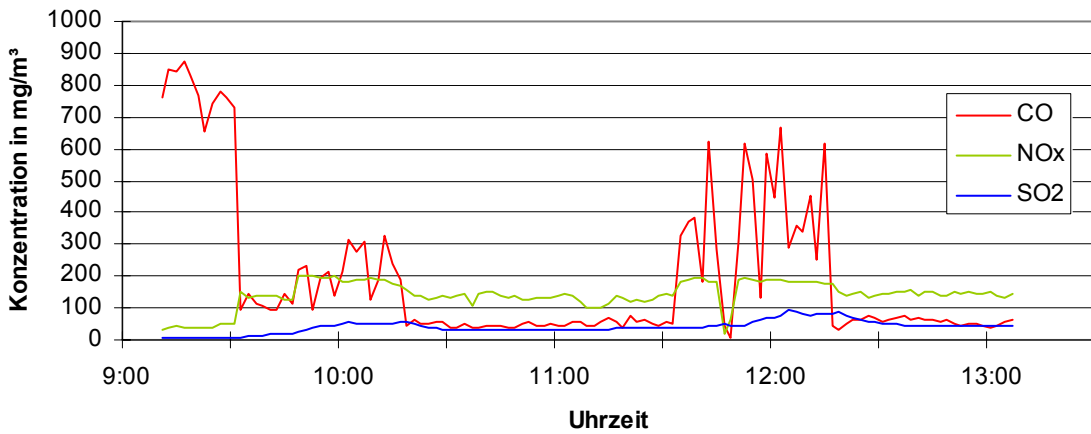
<b>Messung</b>		<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>
Messzeit - Beginn		09:10	09:45	10:00	11:35	12:00	12:20	12:50
Messzeit - Ende		09:30	10:00	10:20	12:00	12:20	12:50	13:20
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		U	V	V	V	V	T	T
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	18,7	5,4	4,9	6,7	5,2	9,4	10,7
<b>SO<sub>2</sub>-Konzentration</b>								
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	4	18	23	23	37	22	20
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	8	37	47	47	76	45	42
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	9	40	51	51	83	49	46
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	8	15	20	46	32	19	17
<b>SO<sub>2</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,001	0,004	0,006	0,006	0,009	0,004	0,004



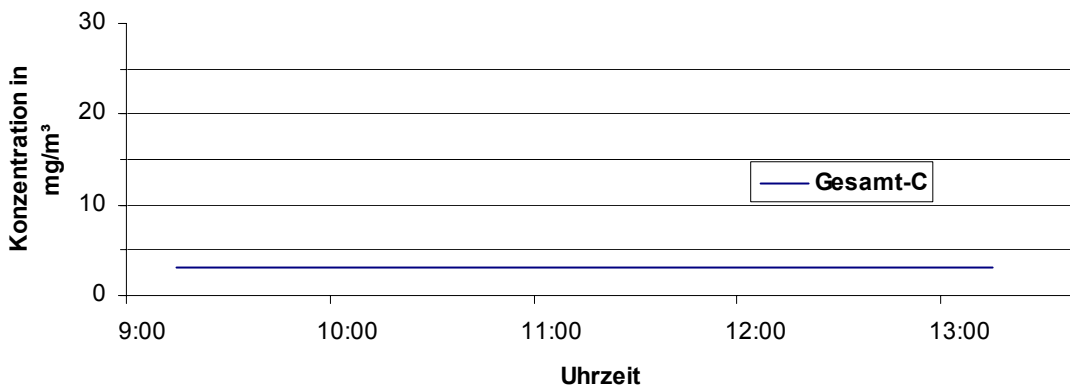
Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Heizomat-Anlage)  
 Messreihe 2 am 08.04.2003 - Brennstoff: 100 % Holzpellets



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Heizomat-Anlage)  
 Messreihe 2 am 08.04.2003 - Brennstoff: 100 % Holzpellets



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Heizomat-Anlage)  
 Messreihe 2 am 08.04.2003 - Brennstoff: 100 % Holzpellets



**Tabelle A.20: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 65% Getreide 35 % Holz  
Hauptvolumenstrom (Abgasrandbedingungen)**

Datum	08./09.04.2003					
<b>Betriebsbedingungen</b>	<b>65% Getreide 35 % Holz</b>					
Getreideart	80% - 90% Roggen, Rest Triticale					
Lastzustand	Unterhaltslast bis Volllast wechselnd					
Wärmeleistung	18 bis 46 kW					
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>Volllast</b>			<b>Teillast</b>	<b>Unterhaltslast</b>
		<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Mittel</i>		
<b>Brennstoffmengen</b>	<b>kg/h</b>	23	12	16	8	5
<b>Roggen / Holzhackschnitzel</b>						
Durchsatz	kg/h	23,4	12,1	15,6	8,0	5,0
Dampferzeugung	t/h					
Feuerungswärmeleistung	MW	0,115	0,059	0,076	0,039	0,024
Heizwert H <sub>u</sub>	MJ/kg	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6
μCO <sub>2</sub>	kg/kg	1,734	1,734	1,734	1,734	1,734
VGoT	m <sup>3</sup> /kg	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
VLoT	m <sup>3</sup> /kg	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
VLT,n	m <sup>3</sup> /kg	6,76	8,33	7,52	9,61	13,15
Umg.-feuchte	kg/m <sup>3</sup>	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
μH <sub>2</sub> O	kg/kg	0,621	0,621	0,621	0,621	0,621
Luftzahl n		1,42	1,75	1,58	2,02	2,76
Luftmenge	m <sup>3</sup> /h	158	101	117	77	66
stöch. Vol.-Strom tr.,N.	m <sup>3</sup> /h	109	56	73	37	23
<b>Vol.-strom Betrieb</b>	m <sup>3</sup> /h	376	235	276	171	143
<b>Vol.-strom feucht,N.</b>	m <sup>3</sup> /h	173	108	127	82	69
<b>Vol.-strom trocken,N.</b>	m <sup>3</sup> /h	154	98	115	75	64
<b>Strömungsgeschwindigkeit</b>	m/s	3,3	2,1	2,4	1,5	1,3
<b>Feuchte</b>	kg/m <sup>3</sup>	0,099	0,081	0,090	0,071	0,053
CO <sub>2</sub> max	Vol.-%	18,99	18,99	18,99	18,99	18,99
<b>CO<sub>2</sub> tats.</b>	Vol.-%	13,38	10,85	12,03	9,40	6,87
<b>Hauptvolumenstrom</b>						
Barometerstand	hPa	973	973	973	973	973
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	13,4	10,9	12,0	9,4	6,9
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	6,2	9,0	7,7	10,6	13,4
Temperatur im Kanal	°C	295	295	295	275	275
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,099	0,081	0,090	0,071	0,053
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	3,3	2,1	2,4	1,5	1,3
Kanalquerschnitt	m	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Dichte						
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,601	0,600	0,601	0,622	0,620
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,303	1,300	1,301	1,299	1,297
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,364	1,351	1,357	1,343	1,330
Volumenstrom						
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	380	230	280	170	140
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	170	110	130	80	70
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	150	100	110	80	60

**Tabelle A.21: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 65% Getreide 35 % Holz  
Hauptvolumenstrom (Abgasrandbedingungen)**

Datum	08. und 09.04.2003		
<b>Betriebsbedingungen</b>	<b>65% Getreide 35 % Holz</b>		
Getreideart	80% - 90% Roggen, Rest Triticale		
Lastzustand	Unterhaltslast bis Volllast wechselnd 20 bis 42 kW		
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	Volllast	55 min	58 min
	Teillast	65 min	68 min
	Unterhaltslast	0 min	0 min
<b>Hauptvolumenstrom (im PCDD/F-Messzeitraum)</b>			
Barometerstand	hPa	973	973
CO <sub>2</sub> -Gehalt gemessen	Vol.-%	10,10	10,90
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	10,1	10,9
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	9,5	8,2
Temperatur im Kanal	°C	275	295
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,064	0,065
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	1,9	2,3
Kanalquerschnitt	m	0,2	0,2
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,03	0,03
Dichte			
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,625	0,604
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,306	1,309
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,346	1,350
Volumenstrom			
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	220	262
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	103	121
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	94	107

**Tabelle A.22: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 65% Getreide 35 % Holz  
PCDD/F**

<b>Messung</b>		<b>08.04.</b>	<b>09.04.</b>	<b>Mittelwert</b>	
Messzeit - Beginn		14:50	09:40		
Messzeit - Ende		16:50	12:41		
<b>Teilvolumenstrom</b>					
Dauer der Absaugung	min	120	127		
Sondendurchmesser	mm	12	12		
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	940	880		
Temperatur an der Gasuhr	°C	15	17		
Volumen an der Gasuhr - Start	m³	96,770	97,790		
Volumen an der Gasuhr - Ende	m³	97,790	99,556		
Volumen, feucht, 273 K, 1013 hPa	m³	0,968	1,561		
Volumen, trocken, 273 K, 1013 hPa	m³	0,897	1,444		
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	2,5	3,9		
<b>PCDD - / PCDF - Konzentrationen</b>					
2,3,7,8	Tetrachlordibenzodioxin	pg/m³	3,3	2,8	3,1
1,2,3,7,8	Pentachlordibenzodioxin	pg/m³	3,3	11,8	7,6
1,2,3,4,7,8	Hexachlordibenzodioxin	pg/m³	4,5	7,6	6,0
1,2,3,6,7,8	Hexachlordibenzodioxin	pg/m³	6,7	11,8	9,2
1,2,3,7,8,9	Hexachlordibenzodioxin	pg/m³	4,5	10,4	7,4
1,2,3,4,6,7,8	Heptachlordibenzodioxin	pg/m³	21,2	29,1	25,1
Oktachlordibenzodioxin		pg/m³	49,1	46,4	47,7
2,3,7,8	Tetrachlordibenzofuran	pg/m³	35,7	60,9	48,3
1,2,3,7,8	Pentachlordibenzofuran	pg/m³	32,3	38,8	35,6
2,3,4,7,8	Pentachlordibenzofuran	pg/m³	13,4	43,6	28,5
1,2,3,4,7,8	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	7,8	16,6	12,2
1,2,3,6,7,8	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	4,5	11,8	8,1
1,2,3,7,8,9	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	< 1,1	< 0,7	0,9
2,3,4,6,7,8	Hexachlordibenzofuran	pg/m³	3,3	17,3	10,3
1,2,3,4,6,7,8	Heptachlordibenzofuran	pg/m³	15,6	44,3	30,0
1,2,3,4,7,8,9	Heptachlordibenzofuran	pg/m³	< 3,3	3,5	3,4
Oktachlordibenzofuran		pg/m³	19,0	14,5	16,7
<b>PCDD - / PCDF - Konzentrationen TE</b>					
(TE: Toxizitätsäquivalent nach 17. BImSchV)					
Summenkonzentration TE					
- im Betriebszustand		ng/m³	0,01	0,02	0,01
- feucht, 273 K, 1013 hPa		ng/m³	0,02	0,04	0,03
- trocken, 273 K, 1013 hPa		ng/m³	0,02	0,05	0,03
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O2		ng/m³	0,01	0,03	0,02
<b>PCDD - / PCDF - Massenstrom TE</b>					
Mittelwert im Messzeitraum		µg/h	0,002	0,005	0,003

**Tabelle A.23: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 65% Getreide 35 % Holz  
PAH**

Messung		08.04.	09.04.	Mittelwert
<b>PAH-Konzentrationen</b>				
Naphthalin *)	µg/m <sup>3</sup>	15	6	11
Acenaphthylen	µg/m <sup>3</sup>	37,3	0,8	19,1
Acenaphthen	µg/m <sup>3</sup>	3,0	0,4	1,7
Fluoren	µg/m <sup>3</sup>	2,6	0,8	1,7
Phenanthren	µg/m <sup>3</sup>	7,7	3,0	5,4
Anthracen	µg/m <sup>3</sup>	0,9	0,1	0,5
Fluoranthen	µg/m <sup>3</sup>	8,8	1,0	4,9
Pyren	µg/m <sup>3</sup>	6,4	1,0	3,7
Benzo (a) anthracen	µg/m <sup>3</sup>	0,4	< 0,1	0,3
Crysen/Triphenylen	µg/m <sup>3</sup>	0,8	0,2	0,5
Benzo (b+j+k) fluoranthen	µg/m <sup>3</sup>	1,2	0,3	0,8
Benzo (a) pyren	µg/m <sup>3</sup>	0,4	< 0,1	0,3
Indeno (1,2,3-cd) pyren	µg/m <sup>3</sup>	0,6	< 0,1	0,3
Benzo (ghi) perylen	µg/m <sup>3</sup>	1,6	0,1	0,8
Dibenz (a,c + a,h) anthracen	µg/m <sup>3</sup>	< 0,1	< 0,1	0,1
<b>PAH-Konzentration (in Summe ohne NWG)</b>				
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,02
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,05
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,05
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,03
<b>PAH - Massenstrom</b>	g/h	0,008	0,002	0,005

\*) abgeschätzt über das Verhältnis zu Phenanthren aus den Ergebnissen vergleichbarer Messungen

**Tabelle A.24: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 65% Getreide 35 % Holz  
Partikelförmige Emissionen (Staub)**

<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>		<b>08.04.</b>	<b>08.04.</b>	<b>09.04.</b>	<b>09.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		14:50	15:26	09:40	11:37	
Messzeit - Ende		15:20	15:56	10:10	12:07	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V/T	T	T	V	
<b>Teilvolumenstrom</b>						
Dauer der Absaugung	min	30	30	30	30	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	9,3	10,6	9,0	8,6	
Sondendurchmesser	mm	20	20	20	20	
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	783	750	714	713	
Temperatur an der Gasuhr	°C	15	16	9	10	
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	2,4	2,9	3,0	2,9	
abgesaugtes Volumen						
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,599	0,736	0,732	0,711	
<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>						
Hülse	Nr.	12	37	38	39	
Staubmasse	mg	110	61	54	63	
<b>Staub-Konzentration</b>						
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	82	37	31	38	47
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	170	76	68	82	99
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	184	82	73	89	107
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	126	63	49	57	74
<b>Staub-Massenstrom</b>	kg/h	0,017	0,007	0,006	0,010	0,010

**Tabelle A.25: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 65% Getreide 35 % Holz  
Chlorwasserstoff (HCl)**

<b>Messung</b>		<b>08.04.</b>		<b>09.04.</b>	<b>09.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		14:50		09:40	11:37	
Messzeit - Ende		15:20		10:10	12:07	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V/T		T	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	9,3		9,1	8,6	
<b>Chlorwasserstoff-Konzentration</b>						
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	1,9		3,6	3,9	3,1
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	4,1		7,8	8,5	6,8
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	4,4		8,8	9,6	7,6
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	3,0		5,9	6,2	5,0
<b>Chlorwasserstoff-Massenstrom</b>	kg/h	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001

**Tabelle A.26: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 65% Getreide 35 % Holz  
Kohlenmonoxid (CO)**

Messung		08.04.	08.04.	08.04.	09.04.	09.04.	09.04.	09.04.
Messzeit - Beginn		14:50	15:45	16:10	09:00	09:50	10:50	12:00
Messzeit - Ende		15:05	16:10	16:40	09:20	10:20	11:05	12:20
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	T	V	T	T	U	V
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	8,0	10,6	7,7	9,0	8,9	13,4	7,7
<b>CO-Konzentration</b>								
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	11	18	19	14	3	38	5
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	23	37	40	29	7	81	10
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	25	41	44	32	8	89	11
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	15	32	26	21	5	94	7
<b>CO-Massenstrom</b>	kg/h	0,003	0,003	0,005	0,003	0,001	0,005	0,001

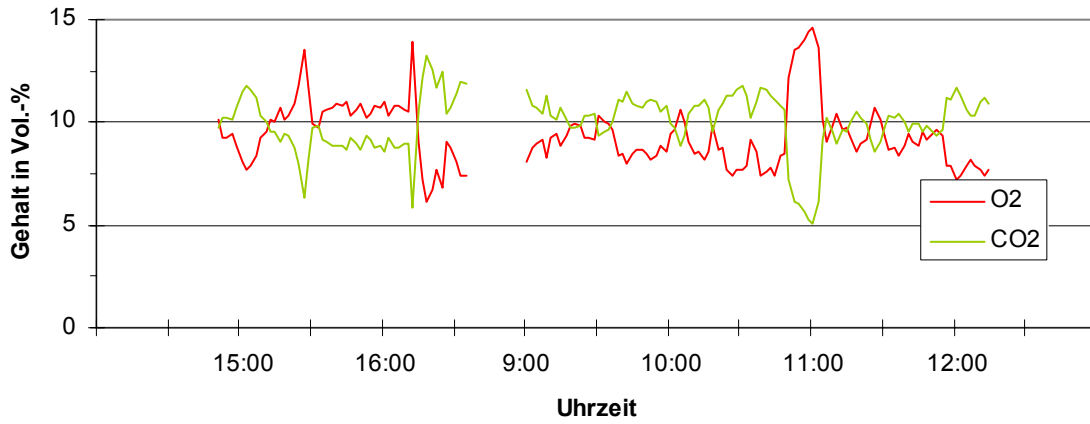
**Tabelle A.27: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 65% Getreide 35 % Holz  
Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, als NO<sub>2</sub>)**

Messung		08.04.	08.04.	08.04.	09.04.	09.04.	09.04.	09.04.
Messzeit - Beginn		14:50	15:45	16:10	09:00	09:50	10:50	12:00
Messzeit - Ende		15:05	16:10	16:40	09:20	10:20	11:05	12:20
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	T	V	T	T	U	V
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	8,0	10,6	7,7	9,0	8,9	13,4	7,7
<b>NO<sub>2</sub>-Konzentration</b>								
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	215	247	273	270	289	152	271
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	458	528	584	576	617	326	578
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	502	578	640	631	677	357	633
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	191	220	244	240	258	136	241
<b>NO<sub>2</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,055	0,046	0,070	0,050	0,054	0,021	0,070

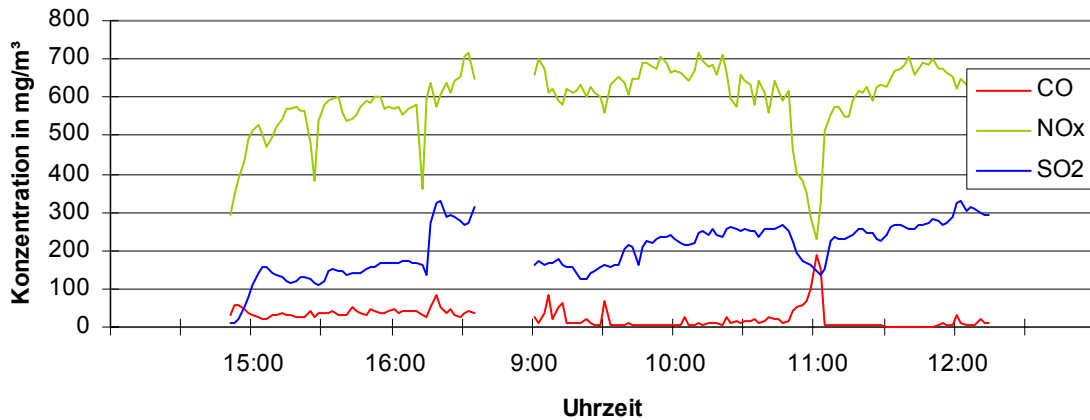
**Tabelle A.28: Holzfeuerung Heizomat 50 kW - 65% Getreide 35 % Holz  
Schwefeloxide (SO<sub>2</sub>)**

Messung		08.04.	08.04.	08.04.	09.04.	09.04.	09.04.	09.04.
Messzeit - Beginn		14:50	15:45	16:10	09:00	09:50	10:50	12:00
Messzeit - Ende		15:05	16:10	16:40	09:20	10:20	11:05	12:20
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	T	V	T	T	U	V
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	8,0	10,6	7,7	9,0	8,9	13,4	7,7
<b>SO<sub>2</sub>-Konzentration</b>								
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	60	71	120	70	98	68	130
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	128	151	256	149	209	146	277
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	140	166	280	163	229	160	303
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	97	63	107	102	87	61	115
<b>SO<sub>2</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,015	0,013	0,031	0,013	0,018	0,010	0,033

**Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Heizomat-Anlage)**  
**Messreihe 3 am 08./09.04.2003 - Brennstoffanteile 65 % Getreide und 35 % Holz**



**Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Heizomat-Anlage)**  
**Messreihe 3 am 08./09.04.2003 - Brennstoffanteile 65 % Getreide und 35 % Holz**





**Anhang B: Ergebnisse der Messungen im Abgas der Anlage B**

Tabellen B.1	Holzfeuerung Ökotherm Hauptvolumenstrom (Verbrennungsrechnung)
Tabellen B.2 – B.6	Holzfeuerung Ökotherm - 100% Holzpellets
Tabellen B.7 - A.11	Holzfeuerung Ökotherm - 50 % Getreide / 50% Holzpellets
Tabellen B.12 - A.16	Holzfeuerung Ökotherm - 100% Getreide

Erläuterung einiger in nachfolgenden Tabellen verwendeten Variablen (insbesondere bei der Verbrennungsrechnung):

$\mu\text{CO}_2$	bezogene Kohlendioxidmasse [kg/kg]
VGoT	trockenes Rauchgasvolumen [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
VLoT	trockenes Verbrennungsluftvolumen [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
VLT,n	VLoT bezogen auf das Luftverhältnis n [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
$\mu\text{H}_2\text{O}$	bezogene Wasserdampfmasse [kg/kg]
n	Luftzahl oder Luftverhältnis [-]
Luftmenge	tatsächliche Verbrennungsluftmenge [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

**Tabelle B.1: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW  
Hauptvolumenstrom aus Verbrennungsrechnung**

Datum		23.04.2003		
<b>Betriebsbedingungen (Holzpellets/Getreide)</b>		<b>100/ --</b>	<b>50 / 50</b>	<b>-- / 100</b>
Lastzustand		Teillast bis Volllast wechselnd		
Wärmeleistung		36 bis 44 kW		
<b>Brennstoffmengen</b>	<b>kg/h</b>	8,4	8,3	7,6
<b>Roggen / Holzhackschnitzel</b>				
Durchsatz	kg/h	8,4	8,3	7,6
Feuerungswärmeleistung	MW	0,044	0,042	0,036
Heizwert H <sub>u</sub>	MJ/kg	18,8	18,0	17,1
μCO <sub>2</sub>	kg/kg	1,836	1,762	1,688
VGoT	m <sup>3</sup> /kg	4,93	4,73	4,52
VLoT	m <sup>3</sup> /kg	5,05	4,84	4,63
VLT,n	m <sup>3</sup> /kg	11,91	9,80	9,45
Umg.-feuchte	kg/m <sup>3</sup>	0,005	0,005	0,005
μH <sub>2</sub> O	kg/kg	0,602	0,616	0,629
Luftzahl n		2,36	2,03	2,04
Luftmenge	m <sup>3</sup> /h	100	82	71
stöch. Vol.-Strom tr.,N.	m <sup>3</sup> /h	41	39	34
<b>Vol.-strom Betrieb</b>	m <sup>3</sup> /h	161	180	158
<b>Vol.-strom feucht,N.</b>	m <sup>3</sup> /h	104	87	76
<b>Vol.-strom trocken,N.</b>	m <sup>3</sup> /h	98	80	70
<b>Strömungsgeschwindigkeit</b>	m/s	1,4	1,6	1,4
<b>Feuchte</b>	kg/m <sup>3</sup>	0,057	0,069	0,073
CO <sub>2</sub> max	Vol.-%	18,97	18,98	19,00
<b>CO<sub>2</sub> tats.</b>	Vol.-%	8,04	9,37	9,31
<b>Hauptvolumenstrom</b>				
Barometerstand	hPa	980	980	980
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	8,0	9,4	9,3
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	12,1	10,6	10,7
Temperatur im Kanal	°C	135	275	275
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2	-0,2
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,057	0,069	0,073
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	1,4	1,6	1,4
Kanalquerschnitt	m	0,2	0,2	0,2
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,03	0,03	0,03
Dichte				
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,842	0,626	0,625
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,301	1,300	1,298
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,336	1,343	1,343
Volumenstrom				
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	161	180	158
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	104	87	76
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	98	80	70

Die Volumenströme aus der Verbrennungsrechnung (oben) sind Mittelwerte für den jeweiligen Betriebszustand und variieren daher im Vergleich mit den für den Zeitraum der Staubeinzelmessungen ermittelten Volumenströmen.

**Tabelle B.2: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 100 % Holzpellets  
Hauptvolumenstrom und partikelförmige Emissionen (Staub)**

<b>Betriebsbedingungen</b>		<b>100 % Holzpellets</b>			
Getreideart		--			
Lastzustand		Teillast bis Volllast wechselnd FWL im Mittel ca. 40 kW			
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
	Volllast	X	X	X	
	Teillast	--	65%	--	
	Unterhaltslast	--	--	--	
<b>Hauptvolumenstrom</b>					
Barometerstand	hPa	980	980	980	
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	8,5	7,5	8,8	8,3
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	12,1	13,1	11,7	12,3
Temperatur im Kanal	°C	135	135	135	
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2	-0,2	
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,079	0,070	0,082	
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	2,6	2,9	2,5	
Kanalquerschnitt	m	0,16	0,16	0,16	
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,02	
Dichte					
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,836	0,835	0,835	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,291	1,291	1,291	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,339	1,334	1,341	
Volumenstrom					
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	186	207	179	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	120	134	116	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	110	123	105	
<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		11:06	11:43	12:16	
Messzeit - Ende		11:37	12:10	13:00	
<b>Teilvolumenstrom</b>					
Dauer der Absaugung	min	30	27	44	
Sondendurchmesser	mm	20	20	20	
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	934	914	923	
Temperatur an der Gasuhr	°C	22	32	31	
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	2,2	2,1	2,2	
abgesaugtes Volumen					
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,802	0,703	1,172	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,730	0,646	1,064	
<b>Staub-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	10	8	5	7
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	15	12	8	12
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	16	13	9	13
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	15	13	8	12
<b>Staub-Massenstrom</b>	kg/h	0,002	0,002	0,001	0,002

**Tabelle B.3: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 100 % Holzpellets  
Chlorwasserstoff (HCl)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		11:01	11:33	12:08	
Messzeit - Ende		11:31	12:03	12:38	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V/T	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,9	12,8	11,5	
<b>Chlorwasserstoff-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	8	9	12	9
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	12	14	18	14
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	13	15	20	16
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	11	14	17	14
<b>Chlorwasserstoff-Massenstrom</b>	kg/h	0,001	0,002	0,002	0,002

\*) entspr. 17.BImSchV keine Bezugsrechnung, wenn O<sub>2</sub> gemessen < O<sub>2</sub> Bezug

**Tabelle B.4: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 100 % Holzpellets  
Gesamt-Kohlenstoff (Gesamt-C)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		11:01	11:33	12:08	
Messzeit - Ende		11:31	12:03	12:38	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V/T	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,9	12,8	11,5	
<b>Gesamt-C-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	4	4	3	4
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	6	6	5	6
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	7	7	6	6
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	6	6	5	6
<b>Gesamt-C-Massenstrom</b>	kg/h	0,001	0,001	0,001	0,001

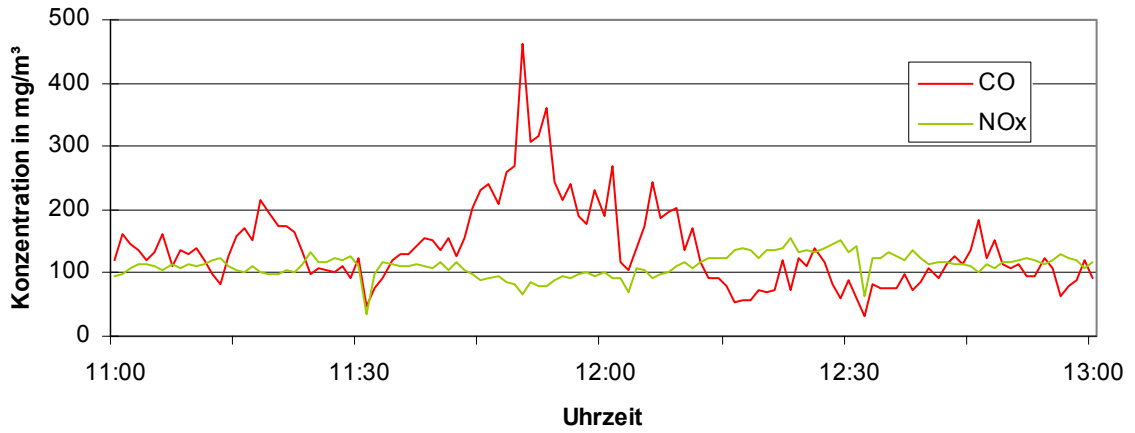
**Tabelle B.5: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 100 % Holzpellets  
Kohlenmonoxid (CO)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		11:01	11:33	12:08	
Messzeit - Ende		11:31	12:03	12:38	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V/T	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,9	12,8	11,5	
<b>Kohlenmonoxid-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	80	122	57	87
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	125	190	88	134
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	136	207	96	146
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	120	202	81	134
<b>Kohlenmonoxid-Massenstrom</b>	kg/h	0,015	0,025	0,010	0,017

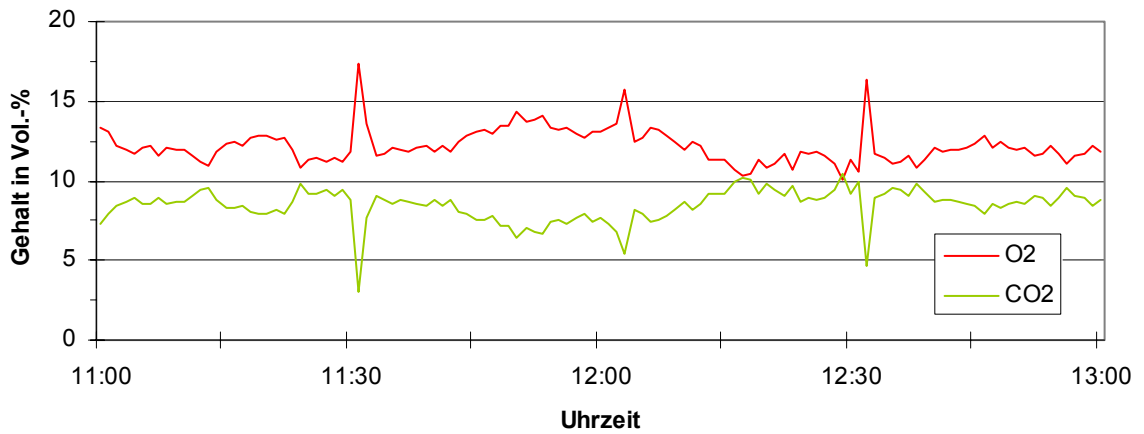
**Tabelle B.6: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 100 % Holzpellets  
Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, als NO<sub>2</sub>)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		11:01	11:33	12:08	
Messzeit - Ende		11:31	12:03	12:38	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V/T	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,9	12,8	11,5	
<b>NO<sub>x</sub>-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	66	57	75	66
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	102	89	116	102
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	111	97	127	112
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	98	95	107	100
<b>NO<sub>x</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,012	0,012	0,013	0,012

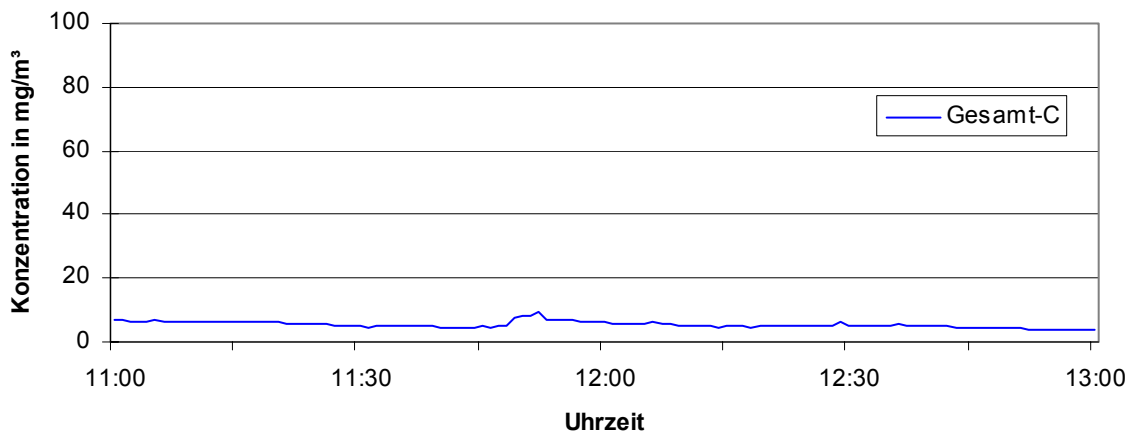
Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 1)  
 Messreihe 1 am 23.04.2003 - Brennstoff: 100 % Holzpellets



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 1)  
 Messreihe 1 am 23.04.2003 - Brennstoff: 100 % Holzpellets



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 1)  
 Messreihe 1 am 23.04.2003 - Brennstoff: 100 % Holzpellets



**Tabelle B.7: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 50 % Getreide 50 % Holzpellets  
Hauptvolumenstrom und partikelförmige Emissionen (Staub)**

<b>Betriebsbedingungen</b>		<b>50% Getreide und 50 % Holzpallets</b>			
Getreideart		Roggen			
Lastzustand		Teillast bis Volllast wechselnd FWL im Mittel ca. 36,5 kW			
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
Volllast		X	--	--	
Teillast		65%	65-75%	65-75%	
Unterhaltslast		--	--	--	
<b>Hauptvolumenstrom</b>					
Barometerstand	hPa	980	980	980	
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	9,9	9,2	9,8	9,6
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	10,6	11,3	10,7	10,9
Temperatur im Kanal	°C	140	140	140	
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2	-0,2	
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,069	0,069	0,069	
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	2,1	2,1	2,1	
Kanalquerschnitt	m	0,16	0,16	0,16	
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,02	
Dichte					
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,833	0,831	0,833	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,304	1,300	1,303	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,347	1,343	1,346	
Volumenstrom					
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	153	153	153	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	98	98	98	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	90	90	90	
<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		13:23	14:01	14:37	
Messzeit - Ende		13:53	14:31	15:07	
<b>Teilvolumenstrom</b>					
Dauer der Absaugung	min	30	30	30	
Sondendurchmesser	mm	20	20	20	
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	910	885	871	
Temperatur an der Gasuhr	°C	26	27	27	
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	1,6	2,0	1,6	
abgesaugtes Volumen					
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,517	0,676	0,524	
<b>Staub-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	57	55	44	52
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	90	86	68	81
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	97	94	74	88
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	75	77	57	70
<b>Staub-Massenstrom</b>	kg/h	0,009	0,008	0,007	0,008

**Tabelle B.8: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 50 % Getreide 50 % Holzpellets  
Chlorwasserstoff (HCl)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		13:23	13:55	14:28	
Messzeit - Ende		13:53	14:26	14:58	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V/T	T	T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	10,6	11,1	11,1	
<b>Chlorwasserstoff-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	25	24	25	24
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	39	37	39	38
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	42	41	42	42
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	33	33	34	33
<b>Chlorwasserstoff-Massenstrom</b>	kg/h	0,004	0,004	0,004	<i>0,004</i>

**Tabelle B.9: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 50 % Getreide 50 % Holzpellets  
Gesamt-Kohlenstoff (Gesamt-C)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		13:23	13:55	14:28	
Messzeit - Ende		13:53	14:26	14:58	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V/T	T	T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	10,6	11,1	11,1	
<b>Gesamt-C-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	19	50	7	25
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	29	78	11	39
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	32	85	12	43
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	24	69	10	34
<b>Gesamt-C-Massenstrom</b>	kg/h	0,003	0,008	0,001	<i>0,004</i>



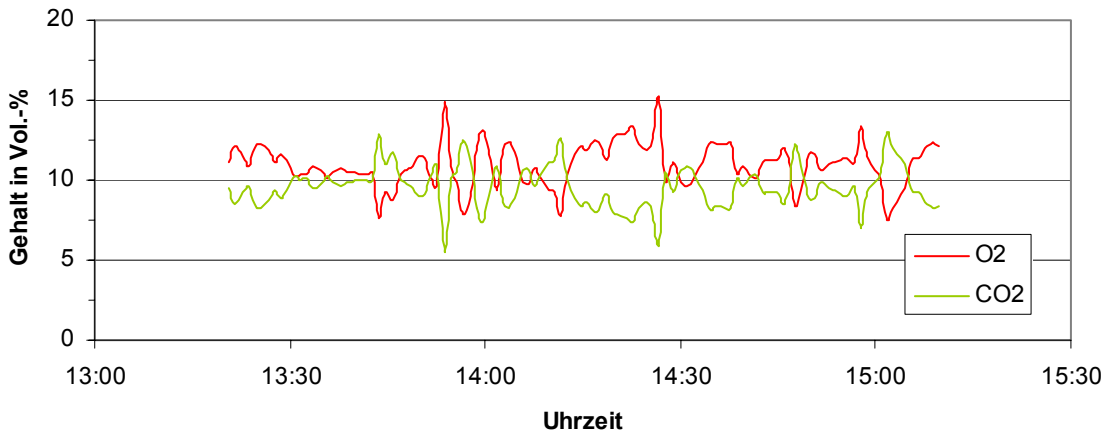
**Tabelle B.10: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 50 % Getreide 50 % Holzpellets Kohlenmonoxid (CO)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		13:23	13:55	14:28	
Messzeit - Ende		13:53	14:26	14:58	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V/T	T	T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	10,6	11,1	11,1	
<b>Kohlenmonoxid-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	48	109	75	77
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	75	171	117	121
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	82	186	127	132
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	63	150	103	105
<b>Kohlenmonoxid-Massenstrom</b>	kg/h	0,007	0,017	0,011	0,012

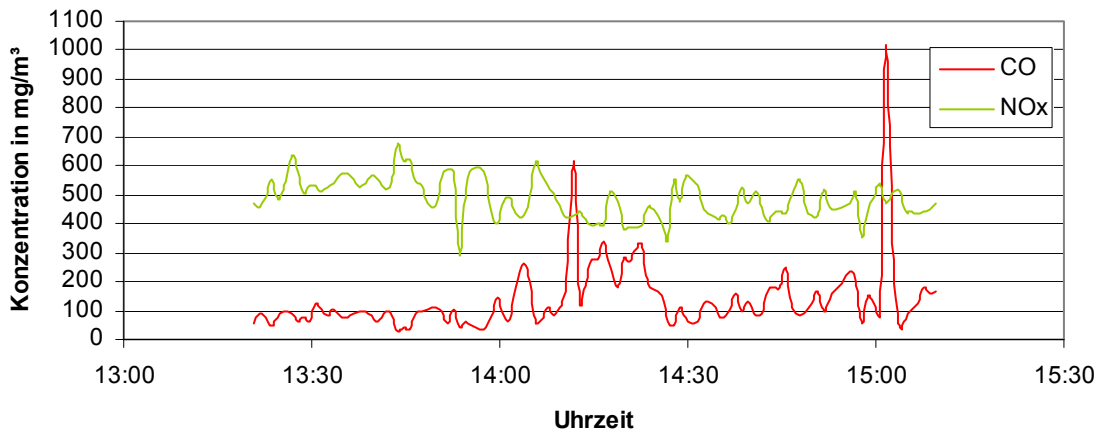
**Tabelle B.11: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 50 % Getreide 50 % Holzpellets Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, als NO<sub>2</sub>)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		13:23	13:55	14:28	
Messzeit - Ende		13:53	14:26	14:58	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V/T	T	T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	10,6	11,1	11,1	
<b>NO<sub>x</sub>-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	324	274	274	291
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	506	427	428	454
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	551	465	466	494
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	424	376	377	392
<b>NO<sub>x</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,050	0,042	0,042	0,044

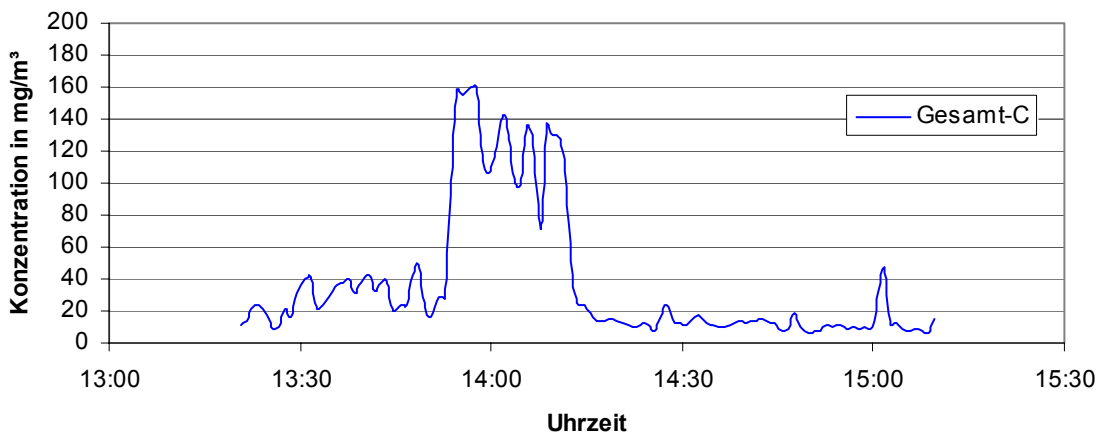
Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 1)  
 Messreihe 2 am 23.04.2003 - Brennstoff: 50 % Getreide und 50 % Holzpellets



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 1)  
 Messreihe 2 am 23.04.2003 - Brennstoff: 50 % Getreide und 50 % Holzpellets



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 1)  
 Messreihe 2 am 23.04.2003 - Brennstoff: 50 % Getreide und 50 % Holzpellets



**Tabelle B.12: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 100 % Getreide  
Hauptvolumenstrom und partikelförmige Emissionen (Staub)**

<b>Betriebsbedingungen</b>		<b>100% Getreide</b>			
Getreideart		Roggen			
Lastzustand		Teillast bis Volllast wechselnd FWL im Mittel ca. 36,5 kW			
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
	Volllast	--	--	--	
	Teillast	65-85%	65-85%	65-85%	
	Unterhaltslast	--	--	--	
<b>Hauptvolumenstrom</b>					
Barometerstand	hPa	980	980	980	
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	8,6	9,7	9,1	9,1
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,8	10,7	11,4	11,3
Temperatur im Kanal	°C	146	146	146	
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2	-0,2	
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,073	0,073	0,073	
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	2,1	2,1	2,1	
Kanalquerschnitt	m	0,16	0,16	0,16	
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,02	
<b>Dichte</b>					
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,816	0,819	0,818	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,295	1,300	1,297	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,339	1,345	1,342	
<b>Volumenstrom</b>					
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	155	155	155	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	97	97	97	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	89	89	89	
<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		15:35	16:10	16:45	
Messzeit - Ende		16:05	16:40	17:15	
<b>Teilvolumenstrom</b>					
Dauer der Absaugung	min	30	30	30	
Sondendurchmesser	mm	20	20	20	
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	868	800	872	
Temperatur an der Gasuhr	°C	25	25	27	
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	2,0	1,5	1,7	
<b>abgesaugtes Volumen</b>					
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,667	0,477	0,540	
<b>Staub-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	58	104	67	76
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	92	164	106	121
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	101	179	115	132
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	87	139	96	108
<b>Staub-Massenstrom</b>		<b>0,009</b>	<b>0,016</b>	<b>0,010</b>	<b>0,012</b>

**Tabelle B.13: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 100 % Getreide  
Chlorwasserstoff (HCl)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		15:35	16:06	16:38	
Messzeit - Ende		16:05	16:36	17:08	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		T	T	T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,6	10,6	11,3	
<b>Chlorwasserstoff-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	30	34	34	33
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	48	54	54	52
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	52	59	59	57
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	44	46	49	46
<b>Chlorwasserstoff-Massenstrom</b>	kg/h	0,005	0,005	0,005	0,005

**Tabelle B.14: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 100 % Getreide  
Gesamt-Kohlenstoff (Gesamt-C)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		15:35	16:06	16:38	
Messzeit - Ende		16:05	16:36	17:08	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		T	T	T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,6	10,6	11,3	
<b>Gesamt-C-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	6	9	8	8
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	10	14	12	12
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	11	15	13	13
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	9	12	11	11
<b>Gesamt-C-Massenstrom</b>	kg/h	0,001	0,001	0,001	0,001

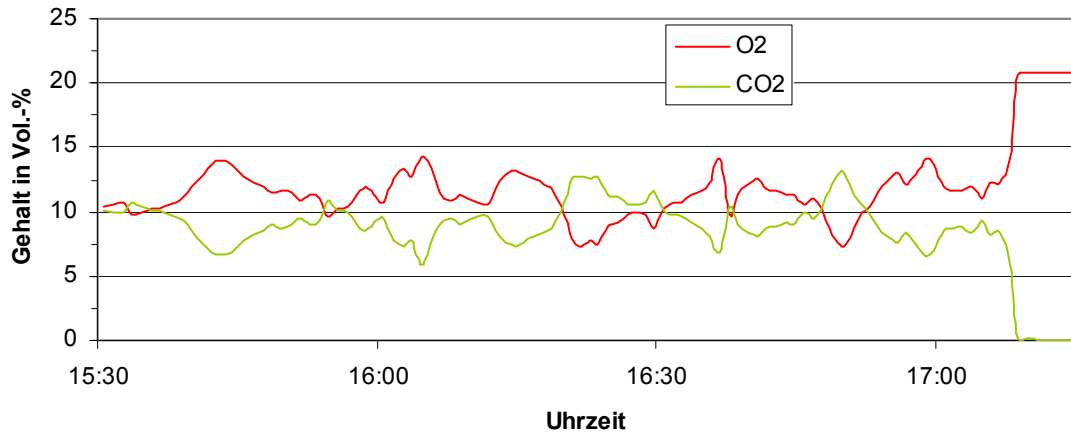
**Tabelle B.15: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 100 % Getreide Kohlenmonoxid (CO)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		15:35	16:06	16:38	
Messzeit - Ende		16:05	16:36	17:08	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		T	T	T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,6	10,6	11,3	
<b>Kohlenmonoxid-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	99	109	116	108
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	158	174	185	172
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	172	190	202	188
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	146	146	167	153
<b>Kohlenmonoxid-Massenstrom</b>	kg/h	0,015	0,017	0,018	0,017

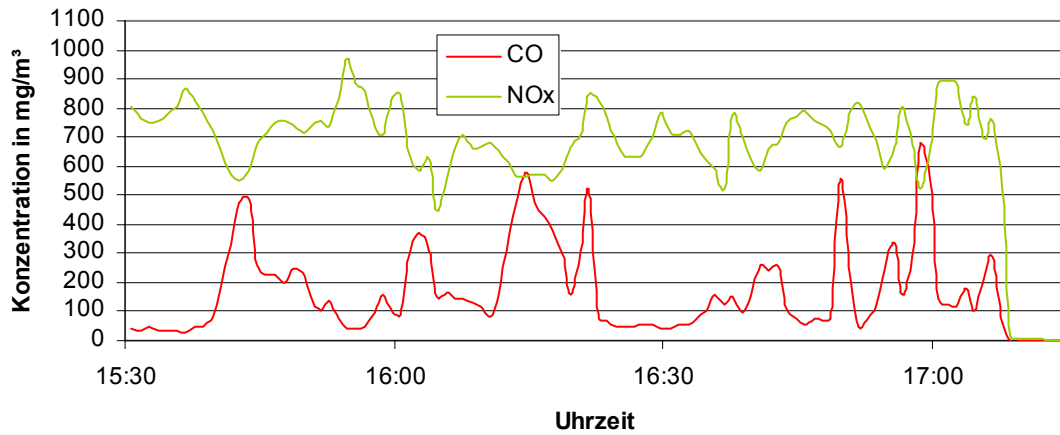
**Tabelle B.16: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage B) – 100 % Getreide Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, als NO<sub>2</sub>)**

<b>Messung</b>		<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>23.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		15:35	16:06	16:38	
Messzeit - Ende		16:05	16:36	17:08	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		T	T	T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,6	10,6	11,3	
<b>NO<sub>x</sub>-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	426	381	419	409
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	681	609	670	653
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	742	664	730	712
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	631	511	602	581
<b>NO<sub>x</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,066	0,059	0,065	0,063

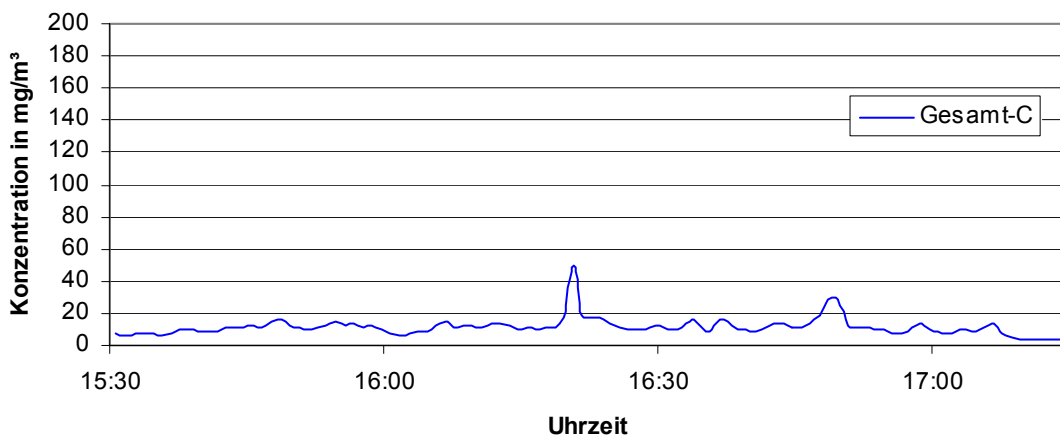
Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 1)  
 Messreihe 3 am 23.04.2003 - Brennstoff: 100 % Getreide



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 1)  
 Messreihe 3 am 23.04.2003 - Brennstoff: 100 % Getreide



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 1)  
 Messreihe 3 am 23.04.2003 - Brennstoff: 100 % Getreide



**Anhang C: Ergebnisse der Messungen im Abgas der Anlage C**

Tabellen C.1	Holzfeuerung Ökotherm Hauptvolumenstrom (Verbrennungsrechnung)
Tabellen C.2 – C.6	Holzfeuerung Ökotherm - 100% Holzpellets
Tabellen C.7 - C.11	Holzfeuerung Ökotherm - 50 % Getreide / 50% Holzpellets
Tabellen C.12 - C.15	Holzfeuerung Ökotherm - 100% Getreide
Tabellen C.16 - C.19	Holzfeuerung Ökotherm - 100% Getreide mit Testfilter

Erläuterung einiger in nachfolgenden Tabellen verwendeten Variablen (insbesondere bei der Verbrennungsrechnung):

$\mu\text{CO}_2$	bezogene Kohlendioxidmasse [kg/kg]
VGoT	trockenes Rauchgasvolumen [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
VLoT	trockenes Verbrennungsluftvolumen [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
VLT,n	VLoT bezogen auf das Luftverhältnis n [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
$\mu\text{H}_2\text{O}$	bezogene Wasserdampfmasse [kg/kg]
n	Luftzahl oder Luftverhältnis [-]
Luftmenge	tatsächliche Verbrennungsluftmenge [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

**Tabelle C.1: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C)  
Hauptvolumenstrom aus Verbrennungsrechnung**

Datum		24./25.04.2003			
Betriebsbedingungen (Holzpellets/Getreide)		100/ --	50 / 50	-- / 100 ohne/mit Filter	
Getreideart		100% Futterweizen			
Lastzustand		Teillast bis Vollast wechselnd			
Wärmeleistung		40 bis 47 kW			
Brennstoffmengen	kg/h	8,5	8,0	10,0	10,0
<b>Roggen / Holzhackschnitzel</b>					
Durchsatz	kg/h	8,5	8,0	10,0	10,0
Dampferzeugung	t/h				
Feuerungswärmeleistung	MW	0,044	0,040	0,047	0,047
Heizwert H <sub>u</sub>	MJ/kg	18,8	17,9	17,0	17,0
μCO <sub>2</sub>	kg/kg	1,836	1,758	1,680	1,680
VGoT	m <sup>3</sup> /kg	4,93	4,71	4,50	4,50
VLoT	m <sup>3</sup> /kg	5,05	4,83	4,61	4,61
VLT,n	m <sup>3</sup> /kg	12,77	14,91	15,35	11,25
Umg.-feuchte	kg/m <sup>3</sup>	0,005	0,005	0,005	0,005
μH <sub>2</sub> O	kg/kg	0,602	0,616	0,631	0,631
Luftzahl n		2,53	3,09	3,33	2,44
Luftmenge	m <sup>3</sup> /h	109	119	154	112
stöch. Vol.-Strom tr.,N.	m <sup>3</sup> /h	42	38	45	45
<b>Vol.-strom Betrieb</b>	m <sup>3</sup> /h	178	198	257	192
<b>Vol.-strom feucht,N.</b>	m <sup>3</sup> /h	113	123	159	118
<b>Vol.-strom trocken,N.</b>	m <sup>3</sup> /h	106	116	150	110
<b>Strömungsgeschwindigkeit</b>	m/s	2,5	2,7	3,6	2,7
<b>Feuchte</b>	kg/m <sup>3</sup>	0,053	0,047	0,047	0,063
CO <sub>2</sub> max	Vol.-%	18,97	18,98	19,00	19,00
<b>CO<sub>2</sub> tats.</b>	Vol.-%	7,50	6,15	5,70	7,78
<b>Hauptvolumenstrom</b>					
Barometerstand	hPa	980	980	980	980
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	7,5	6,1	5,7	7,8
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	12,7	14,2	14,7	12,4
Temperatur im Kanal	°C	143	150	155	155
statischer Druck	hPa	0	0	0	0
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,053	0,047	0,047	0,063
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	2,5	2,7	3,6	2,7
Kanalquerschnitt	m	0,16	0,16	0,16	0,16
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
Dichte					
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,825	0,810	0,799	0,800
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,300	1,297	1,295	1,296
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,333	1,326	1,323	1,334
Volumenstrom					
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	178	198	257	192
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	113	123	159	118
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	106	116	150	110



**Tabelle C.2: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Holzpellets  
Hauptvolumenstrom und partikelförmige Emissionen (Staub)**

<b>Betriebsbedingungen</b>		<b>100 % Holzpellets</b>			
Getreideart		--			
Lastzustand		Anzeige 100 % Last FWL im Mittel ca. 44 kW			
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>Hauptvolumenstrom</b>					
Barometerstand	hPa	980	980	980	
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	5,9	6,0	5,9	5,9
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,8	14,7	14,8	14,8
Temperatur im Kanal	°C	143	143	143	
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2	-0,2	
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,056	0,057	0,056	
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	4,4	4,3	4,4	
Kanalquerschnitt	m	0,16	0,16	0,16	
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,02	
Dichte					
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,819	0,819	0,819	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,291	1,291	1,291	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,325	1,326	1,325	
Volumenstrom					
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	316	311	316	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	201	198	201	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	187	184	187	
<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		18:00	18:35	19:08	
Messzeit - Ende		18:30	19:05	19:38	
<b>Teilvolumenstrom</b>					
Dauer der Absaugung	min	30	30	30	
Sondendurchmesser	mm	16	16	16	
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	905	894	890	
Temperatur an der Gasuhr	°C	26	25	25	
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	2,3	2,6	2,3	
abgesaugtes Volumen					
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,501	0,558	0,499	
<b>Staub-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	6	4	6	5
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	9	6	9	8
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	10	7	9	9
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	13	9	12	11
<b>Staub-Massenstrom</b>					
	kg/h	0,002	0,001	0,002	0,002

**Tabelle C.3: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Holzpellets  
Chlorwasserstoff (HCl)**

<b>Messung</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		17:58	18:30	19:03	
Messzeit - Ende		18:30	19:01	19:34	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,7	14,8	14,6	
<b>Chlorwasserstoff-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	14	9	8	10
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	22	14	12	16
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	23	15	13	17
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	29	19	16	22
<b>Chlorwasserstoff-Massenstrom</b>	kg/h	0,004	0,003	0,002	0,003

**Tabelle C.4: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Holzpellets  
Gesamt-Kohlenstoff (Gesamt-C)**

<b>Messung</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		17:58	18:30	19:03	
Messzeit - Ende		18:30	19:01	19:34	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,7	14,8	14,6	
<b>Gesamt-C-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	4	3	3	3
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	7	5	4	5
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	8	5	4	6
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	10	7	5	7
<b>Gesamt-C-Massenstrom</b>	kg/h	0,001	0,001	0,001	0,001

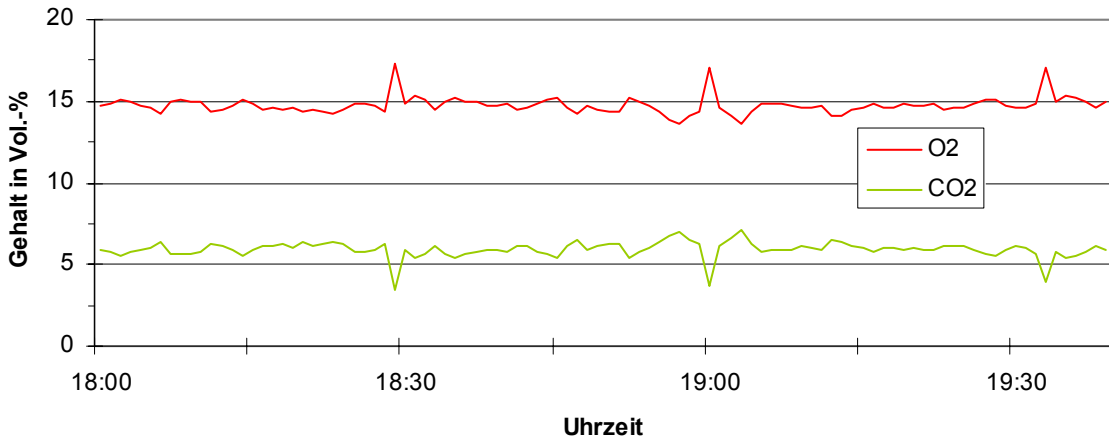
**Tabelle C.5: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Holzpellets  
Kohlenmonoxid (CO)**

<b>Messung</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		17:58	18:30	19:03	
Messzeit - Ende		18:30	19:01	19:34	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,7	14,8	14,6	
<b>Kohlenmonoxid-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	137	127	117	127
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	216	200	184	200
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	232	215	198	215
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	295	277	248	273
<b>Kohlenmonoxid-Massenstrom</b>	kg/h	0,043	0,040	0,037	0,040

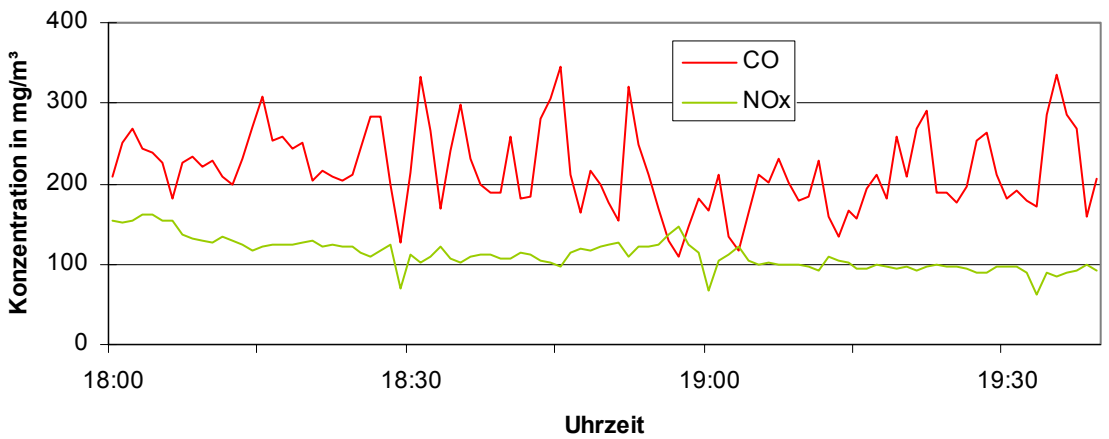
**Tabelle C.6: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Holzpellets  
Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, als NO<sub>2</sub>)**

<b>Messung</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		17:58	18:30	19:03	
Messzeit - Ende		18:30	19:01	19:34	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,7	14,8	14,6	
<b>NO<sub>x</sub>-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	80	67	59	69
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	127	106	92	108
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	136	114	99	116
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	173	147	124	148
<b>NO<sub>x</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,025	0,021	0,019	0,022

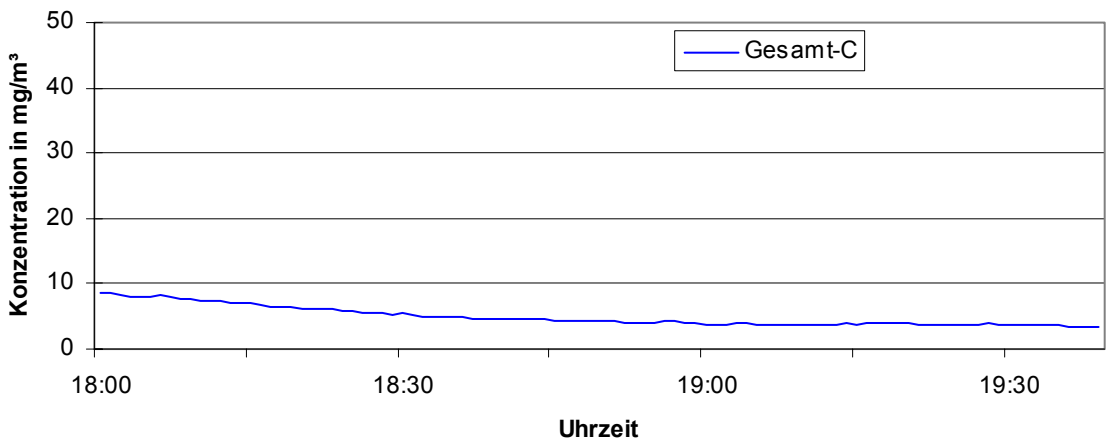
Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 2)  
 Messreihe 3 am 24./25.04.2003 - Brennstoff: 100 % Holzpellets



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 2)  
 Messreihe 3 am 24./25.04.2003 - Brennstoff: 100 % Holzpellets



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 2)  
 Messreihe 3 am 24./25.04.2003 - Brennstoff: 100 % Holzpellets



**Tabelle C.7: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 50 % Getreide 50 % Holzpellets  
Hauptvolumenstrom und partikelförmige Emissionen (Staub)**

<b>Betriebsbedingungen</b>		<b>50% Getreide und 50 % Holzpallets</b>			
Getreideart		Futterweizen			
Lastzustand		Anzeige 100 % Last FWL im Mittel ca. 40 kW			
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>Hauptvolumenstrom</b>					
Barometerstand	hPa	980	980	980	
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	6,4	6,3	6,3	6,3
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,3	14,4	14,4	14,4
Temperatur im Kanal	°C	150	150	150	
statischer Druck	hPa	0	0	0	
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,060	0,060	0,060	
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	3,2	3,2	3,2	
Kanalquerschnitt	m	0,16	0,16	0,16	
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,02	
Dichte					
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,806	0,806	0,806	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,291	1,291	1,291	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,328	1,327	1,327	
Volumenstrom					
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	231	234	234	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	144	146	146	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	134	136	136	
<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		15:10	15:45	16:22	
Messzeit - Ende		15:40	16:18	16:52	
<b>Teilvolumenstrom</b>					
Dauer der Absaugung	min	30	33	30	
Sondendurchmesser	mm	16	16	16	
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	840	850	855	
Temperatur an der Gasuhr	°C	24	25	26	
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	2,0	2,1	2,2	
abgesaugtes Volumen					
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,427	0,496	0,455	
<b>Staub-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	58	49	47	51
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	92	79	75	82
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	99	85	81	88
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	118	103	98	106
<b>Staub-Massenstrom</b>		<b>0,013</b>	<b>0,012</b>	<b>0,011</b>	<b>0,012</b>

**Tabelle C.8: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 50 % Getreide 50 % Holzpellets Chlorwasserstoff (HCl)**

<b>Messung</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		15:09	15:41	16:12	
Messzeit - Ende		15:39	16:11	16:43	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,3	14,3	14,1	
<b>Chlorwasserstoff-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	30	31	34	32
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	49	49	55	51
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	53	53	59	55
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	63	63	69	65
<b>Chlorwasserstoff-Massenstrom</b>	kg/h	0,007	0,007	0,008	0,007

**Tabelle C.9: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 50 % Getreide 50 % Holzpellets Gesamt-Kohlenstoff (Gesamt-C)**

<b>Messung</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		15:09	15:41	16:12	
Messzeit - Ende		15:39	16:11	16:43	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,3	14,3	14,1	
<b>Gesamt-C-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	72	24	21	39
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	115	38	33	62
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	124	41	35	67
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	148	49	41	79
<b>Gesamt-C-Massenstrom</b>	kg/h	0,017	0,006	0,005	0,009

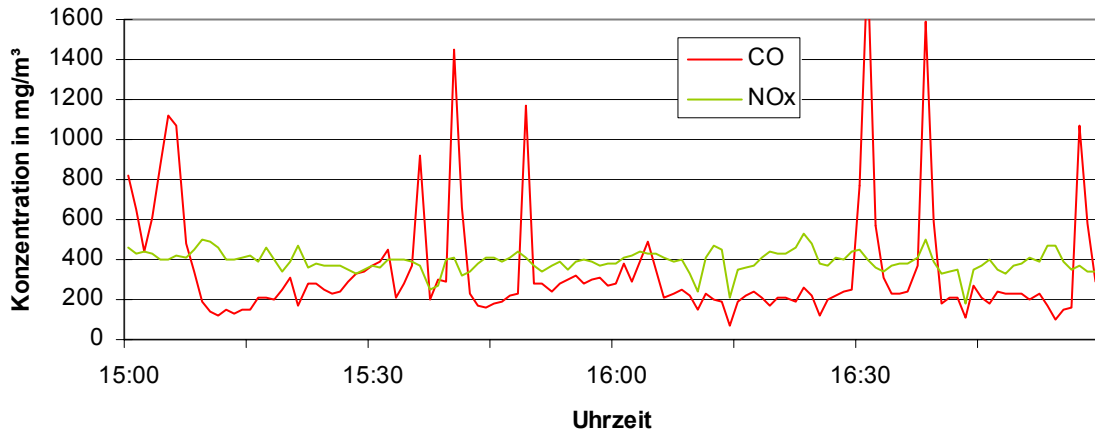
**Tabelle C.10: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 50 % Getreide 50 % Holzpellets Kohlenmonoxid (CO)**

<b>Messung</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		15:09	15:41	16:12	
Messzeit - Ende		15:39	16:11	16:43	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,3	14,3	14,1	
<b>Kohlenmonoxid-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	157	180	208	182
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	252	288	334	292
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	271	310	359	313
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	324	370	416	370
<b>Kohlenmonoxid-Massenstrom</b>	kg/h	0,036	0,042	0,049	0,042

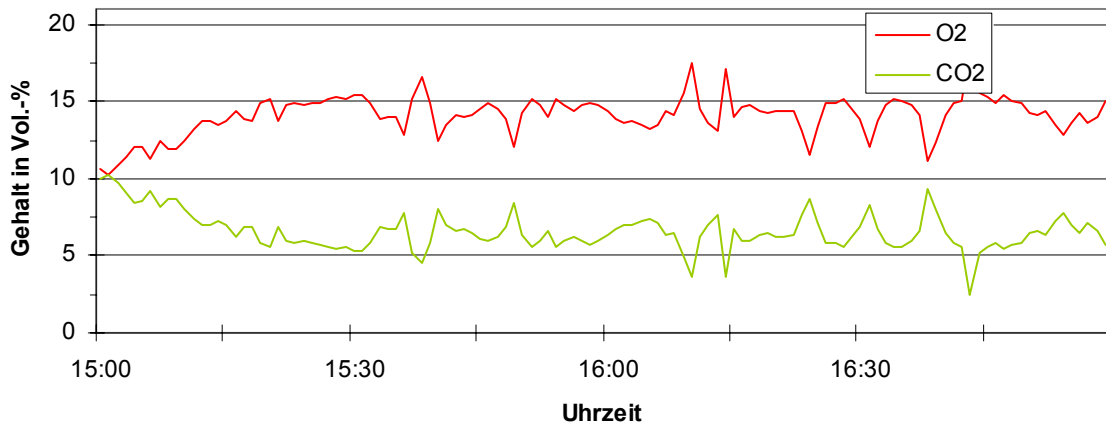
**Tabelle C.11: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 50 % Getreide 50 % Holzpellets Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, als NO<sub>2</sub>)**

<b>Messung</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		15:09	15:41	16:12	
Messzeit - Ende		15:39	16:11	16:43	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	14,3	14,3	14,1	
<b>NO<sub>x</sub>-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	225	223	233	227
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	361	358	373	364
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	388	385	401	391
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	463	460	465	463
<b>NO<sub>x</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,052	0,052	0,055	0,053

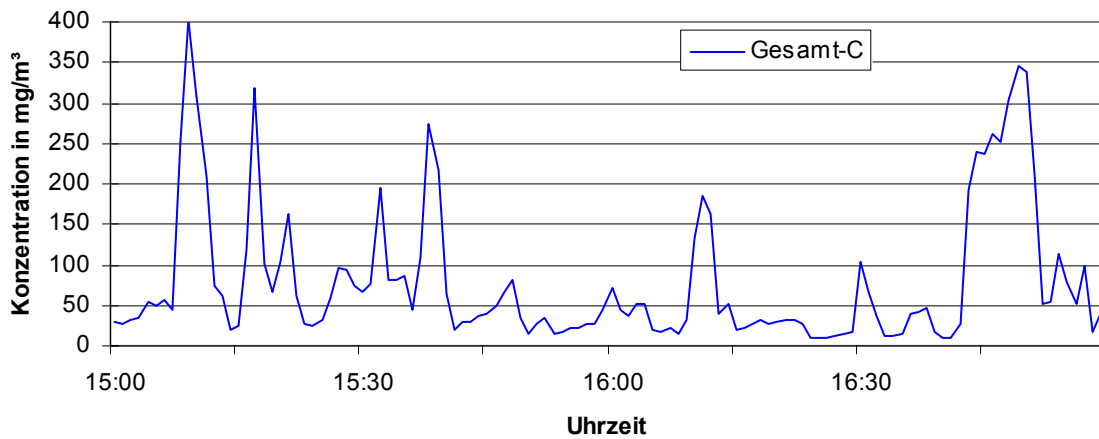
Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 2)  
 Messreihe 2 am 24./25.04.2003 - Brennstoff: 50 % Weizen und 50 % Holzpellets



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 2)  
 Messreihe 2 am 24./25.04.2003 - Brennstoff: 50 % Weizen und 50 % Holzpellets



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 2)  
 Messreihe 2 am 24./25.04.2003 - Brennstoff: 50 % Weizen und 50 % Holzpellets





**Tabelle C.12: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Getreide (ohne Testfilter)  
Hauptvolumenstrom und partikelförmige Emissionen (Staub)**

<b>Betriebsbedingungen</b>		<b>100% Getreide</b>			
Getreideart		Futterweizen			
Lastzustand		Anzeige 100 % Last FWL im Mittel ca. 47 kW			
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>Hauptvolumenstrom</b>					
Barometerstand	hPa	980	980	980	
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	8,3	7,4	6,9	7,5
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	12,2	13,2	13,7	13,0
Temperatur im Kanal	°C	155	155	155	
statischer Druck	hPa	0	0	0	
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,078	0,070	0,065	
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	3,0	3,4	3,6	
Kanalquerschnitt	m	0,16	0,16	0,16	
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,02	
Dichte					
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,796	0,797	0,796	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,291	1,291	1,291	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,338	1,333	1,330	
Volumenstrom					
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	219	245	261	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	135	151	161	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	123	139	149	
<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>		<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>24.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		12:06	12:35	13:20	
Messzeit - Ende		12:28	13:15	13:40	
<b>Teilvolumenstrom</b>					
Dauer der Absaugung	min	20	25	20	
Sondendurchmesser	mm	20	16	16	
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	815	846	775	
Temperatur an der Gasuhr	°C	18	23	23	
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	2,2	2,0	2,4	
abgesaugtes Volumen					
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,460	0,337	0,325	
<b>Staub-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	150	163	109	140
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	242	264	176	227
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	266	286	190	248
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	242	294	209	248
<b>Staub-Massenstrom</b>	kg/h	0,033	0,040	0,028	0,034

**Tabelle C.13: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Getreide (ohne Testfilter) Chlorwasserstoff (HCl)**

Messung		24.04.	24.04.	24.04.	Mittelwert
Messzeit - Beginn		12:04	12:39	13:32	
Messzeit - Ende		12:37	13:15	14:02	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	12,3	12,8	13,0	
<b>Chlorwasserstoff-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	41	35	-- *)	38
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	67	57	-- *)	62
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	74	62	-- *)	68
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	68	60	-- *)	64
<b>Chlorwasserstoff-Massenstrom</b>	kg/h	0,009	0,009	-- *)	0,009

\*) Probe musste wegen einer möglichen Undichtigkeit verworfen werden

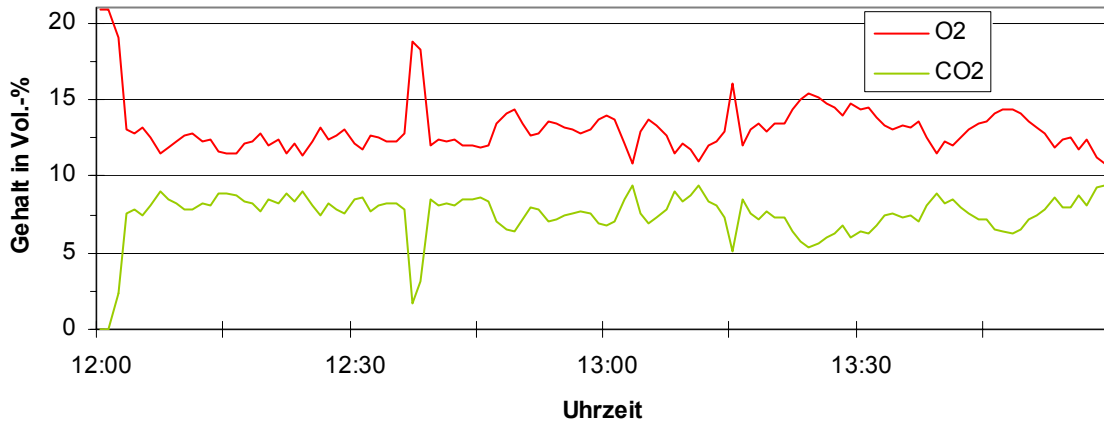
**Tabelle C.14: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Getreide (ohne Testfilter) Kohlenmonoxid (CO)**

Messung		24.04.	24.04.	24.04.	Mittelwert
Messzeit - Beginn		12:04	12:39	13:32	
Messzeit - Ende		12:37	13:15	14:02	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	12,3	12,8	13,0	
<b>Kohlenmonoxid-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	184	182	189	185
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	298	295	306	300
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	327	324	336	329
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	301	316	336	318
<b>Kohlenmonoxid-Massenstrom</b>	kg/h	0,040	0,045	0,050	0,045

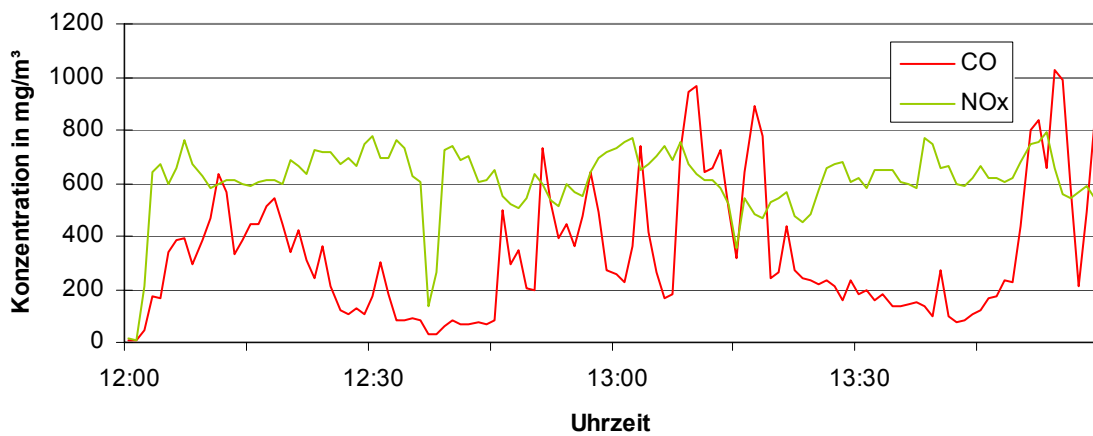
**Tabelle C.15: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Getreide (ohne Testfilter) Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, als NO<sub>2</sub>)**

Messung		24.04.	24.04.	24.04.	Mittelwert
Messzeit - Beginn		15:35	16:06	16:38	
Messzeit - Ende		16:05	16:36	17:08	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		T	T	T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	12,3	12,8	13,0	
<b>NO<sub>x</sub>-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	371	362	352	362
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	602	587	571	587
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	661	644	627	644
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	608	628	627	621
<b>NO<sub>x</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,081	0,090	0,093	0,088

**Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 2)  
Messreihe 1 am 24./25.04.2003 - Brennstoff: 100 % Futterweizen**



**Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 2)  
Messreihe 1 am 24./25.04.2003 - Brennstoff: 100 % Futterweizen**



**Tabelle C.16: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Getreide (mit Testfilter)  
Hauptvolumenstrom und partikelförmige Emissionen (Staub)**

<b>Betriebsbedingungen</b>		<b>100% Getreide</b>			
Getreideart		Futterweizen			
Lastzustand		Anzeige 100 % Last FWL im Mittel ca. 47 kW			
<b>Messung</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>Hauptvolumenstrom</b>					
Barometerstand	hPa	980	980	980	
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	8,6	7,8	7,6	8,0
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,8	12,6	12,8	12,4
Temperatur im Kanal	°C	155	155	155	
statischer Druck	hPa	-0,2	-0,2	-0,2	
Feuchte (trocken, 273 K, 1013 hPa)	kg/m <sup>3</sup>	0,081	0,075	0,073	
Strömungsgeschwindigkeit	m/s	2,9	3,2	3,2	
Kanalquerschnitt	m	0,16	0,16	0,16	
Messquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,02	
Dichte					
- im Betriebszustand	kg/m <sup>3</sup>	0,796	0,796	0,796	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,290	1,290	1,290	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	kg/m <sup>3</sup>	1,339	1,335	1,334	
Volumenstrom					
- im Betriebszustand	m <sup>3</sup> /h	211	229	234	
- feucht, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	130	141	144	
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup> /h	118	129	132	
<b>Partikelförmige Emissionen (Staub)</b>		<b>25.04.</b>	<b>25.04.</b>	<b>25.04.</b>	<b>Mittelwert</b>
Messzeit - Beginn		08:40	09:15	09:53	
Messzeit - Ende		09:10	09:47	10:23	
<b>Teilvolumenstrom</b>					
Dauer der Absaugung	min	30	32	30	
Sondendurchmesser	mm	16	16	16	
Druck an der Gasuhr (absolut)	hPa	907	825	905	
Temperatur an der Gasuhr	°C	13	12	16	
Geschwindigkeit in der Sonde	m/s	2,5	2,1	3,1	
abgesaugtes Volumen					
- trocken, 273 K, 1013 hPa	m <sup>3</sup>	0,504	0,468	0,633	
<b>Staub-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	83	130	98	104
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	134	211	159	168
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	148	231	173	184
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	129	220	169	172
<b>Staub-Massenstrom</b>					
	kg/h	0,017	0,030	0,023	0,023

**Tabelle C.17: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Getreide (mit Testfilter)  
Chlorwasserstoff (HCl)**

Messung		25.04.	25.04.	25.04.	Mittelwert
Messzeit - Beginn		08:46	09:21	09:58	
Messzeit - Ende		09:17	09:51	10:28	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,7	12,6	12,9	
<b>Chlorwasserstoff-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	14	21	20	18
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	22	35	33	30
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	24	38	36	33
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	21	36	35	31
<b>Chlorwasserstoff-Massenstrom</b>	kg/h	0,003	0,005	0,005	0,004

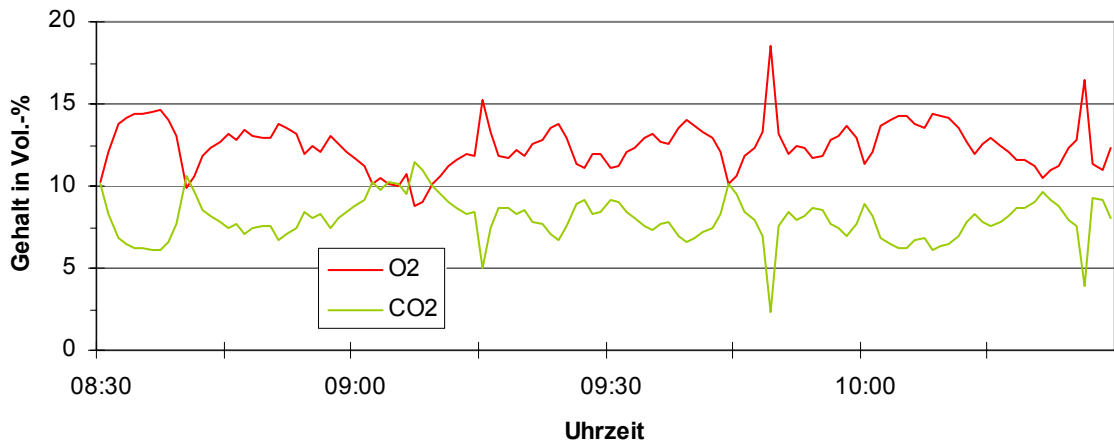
**Tabelle C.18: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Getreide (mit Testfilter)  
Kohlenmonoxid (CO)**

Messung		25.04.	25.04.	25.04.	Mittelwert
Messzeit - Beginn		12:04	12:39	13:32	
Messzeit - Ende		12:37	13:15	14:02	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		V	V	V	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,7	12,6	12,9	
<b>Kohlenmonoxid-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	183	181	188	184
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	297	294	305	299
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	327	324	336	329
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	281	309	332	307
<b>Kohlenmonoxid-Massenstrom</b>	kg/h	0,039	0,042	0,044	0,042

**Tabelle C.19: Holzfeuerung Ökotherm 50 kW (Anlage C) – 100 % Getreide (mit Testfilter)  
Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, als NO<sub>2</sub>)**

Messung		25.04.	25.04.	25.04.	Mittelwert
Messzeit - Beginn		15:35	16:06	16:38	
Messzeit - Ende		16:05	16:36	17:08	
Volllast (V), Teillast (T), Unterhaltungsbetrieb (U)		T	T	T	
O <sub>2</sub> -Gehalt	Vol.-%	11,7	12,6	12,9	
<b>NO<sub>x</sub>-Konzentration</b>					
- im Betriebszustand	mg/m <sup>3</sup>	370	360	351	360
- feucht, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	600	585	569	585
- trocken, 273 K, 1013 hPa	mg/m <sup>3</sup>	661	644	627	644
- trocken, 273 K, 1013 hPa, 13 Vol.-% O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	569	613	619	600
<b>NO<sub>x</sub>-Massenstrom</b>	kg/h	0,078	0,083	0,083	0,081

Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 2 mit Testfilter)  
 Messreihe 4 am 24./25.04.2003 - Brennstoff: 100 % Futterweizen



Emissionmessungen bei Einsatz von Getreide (Ökotherm-Anlage 2 mit Testfilter)  
 Messreihe 4 am 24./25.04.2003 - Brennstoff: 100 % Futterweizen

