LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

Abluftreinigung bei BHKW - Erfahrungsbericht

Schriftenreihe, Heft 21/2012



Ermittlung der Standzeiten von Abgas-reinigungseinrichtungen an BHKW-Motoren hinsichtlich der Minderung von Formaldehyd, Methan, Kohlenmonoxid, Stickoxiden und Geruch

Roland Kretschmann, Frank Rothe, Wolfgang Poppitz, Torsten Moczigemba

1 Einleitung ... 6
2 Zielstellung der Messungen ... 7
3 Unterschiede in den Messkampagnen – Auswahl der Anlagen ... 8
4 Kurzbeschreibung der Anlagen ... 10
5 Eingesetzte Messtechnik ... 12
6 Emissionsverlauf für Formaldehyd, Methan, Kohlenmonoxid und Stickoxide ... 13
6.1 Ergebnisse der Langzeitmessungen ... 13
6.2 Ergebnisse der Tagesmessungen ... 17
6.3 Auswertung/Bewertung der Ergebnisse ... 21
7 Einfluss der Abgasreinigungsanlagen auf die Geruchsemissionen aus BHKW-Abgasen ... 23
7.1 Ergebnisse der Untersuchungen ... 23
7.2 Auswertung/Bewertung der Ergebnisse ... 23
8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen ... 26
Literaturverzeichnis/Quellennachweis ... 28
Anhang 1 ... 29
Auszüge aus den Messberichten zu den Messungen 2010 und 2010-2011 ... 29
Anhang 2 ... 76
Beispiel für die verwendeten Mess- und Analysenverfahren, Geräte ... 76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Biogaserzeugung in der sächsischen Landwirtschaft 6
Abbildung 2: Emissionsverlauf an einer BHKW-Anlage mit Katalysator und Aktivkohlefilter 7
Abbildung 3: Emissionsverlauf für Formaldehyd an drei BHKW 14
Abbildung 4: Emissionsverlauf für Methan an drei BHKW 15
Abbildung 5: Emissionsverlauf für Kohlenmonoxid an drei BHKW 16
Abbildung 6: Emissionsverlauf für NO_x an drei BHKW 16
Abbildung 7: Formaldehydemissionen von 15 BHKW 18
Abbildung 8: Methan- und Formaldehydemissionen von 15 BHKW 19
Abbildung 9: Kohlenmonoxid- und Formaldehydemissionen von 15 BHKW 19
Abbildung 10: Stickoxid- und Formaldehydemissionen von 15 BHKW 20
Abbildung 11: Katalysator vor und nach dem Einsatz 21
Abbildung 12: Emissionsverlauf für Formaldehyd und CO für Anlage 1 22
Abbildung 13: Geruchsemissionen vor und nach ALR im Vergleich zu Untersuchungen aus dem Jahr 2007 23
Abbildung 14: Beispiele für einen Katalysator und eine TNV an BHKW 24
Abbildung 15: Methan- und Geruchsemissionen 25
Abbildung 16: Messaufbau an einer Anlage 27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung der untersuchten Fragestellungen auf die einzelnen Anlagen 9
Tabelle 2: Kurzbeschreibung der Anlagen 10
Tabelle 3: Eingesetzte Messtechnik 12
Tabelle 4: Auswertung Langzeitmessungen über 21 Messtage 13
Tabelle 5: Auswertung Tagesmessungen 17
Tabelle 6: Auswertung Geruchsemissionsmessungen 23

Abkürzungsverzeichnis

AHMT-Verfahren	4-Amino-3-hydrazino-5-mercapto-1, 2, 4-triazol
ALR	Abluftreinigung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BfUL	Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
FTIR-Analysator	Fourier-Transform-Infrarot-Spektrometer
Kat	Katalysator
SMUL	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
TNV	Thermische Nachverbrennung

1 Einleitung

Biogasanlagen haben sich zwischenzeitlich zu einem wichtigen Wirtschaftsfaktor in der sächsischen Landwirtschaft entwickelt. Insbesondere bei Anlagen, die über Blockheizkraftwerke Strom und Wärme produzieren, ist ab 2005 ein starker Anstieg zu verzeichnen. In Abbildung 1 ist die aktuelle Entwicklung dargestellt. Diese aus Sicht der Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Energiegewinnung positive Entwicklung bringt aber auch Probleme mit sich. So ist u. a. die Verbrennung von Biogas in BHKW mit zusätzlichen Emissionen bei Formaldehyd, Methan, Kohlenmonoxid und Stickoxiden sowie mit zusätzlichen Geruchsimmissionen im Umfeld der BHKW verbunden. Dieser Umstand ist seit längerem bekannt und im LfULG wurden dazu verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Als Beispiele sind die Untersuchungen zu Gerüchen aus Abgasen bei Biogas-BHKW /1/, die Studie „Formaldehydemissionen aus Biogas-BHKW“ /2/ und die Untersuchungen zu den Einflussparametern auf die Formaldehydemissionen bei Biogas-BHKW /3/ zu nennen. Außerdem wurden auch durch Landesfachbehörden anderer Bundesländer wie dem Bayerischen Landesamt für Umwelt und Forschungseinrichtungen, z. B. an der TU München, Untersuchungen durchgeführt.

Im Ergebnis dieser Untersuchungen war festzustellen, dass insbesondere die Formaldehydemissionen bei den meisten BHKW nur mit Hilfe von Abgasreinigungsanlagen dem Stand der Technik entsprechend begrenzt werden können[1]. Die bisher durchgeführten Untersuchungen zeigten außerdem, dass sich die verwendeten Abgasreinigungsanlagen hinsichtlich ihres Aufbaus, ihrer Reduzierungsraten und ihrer Standzeit sowie ihrer Kosten z. T. erheblich unterscheiden. Zu den Standzeiten der Abgasreinigungsanlagen, insbesondere von Katalysatoren, liegen zudem bisher nur wenige Erkenntnisse vor.

Eine weitere, bisher nicht untersuchte Fragestellung ist der Einfluss der Abgasreinigungsanlagen auf die Geruchsemissionen, welche durch die BHKW-Abgase hervorgerufen werden. Derzeit liegen nur Erkenntnisse für BHKW ohne Abgasreinigungsanlagen vor.

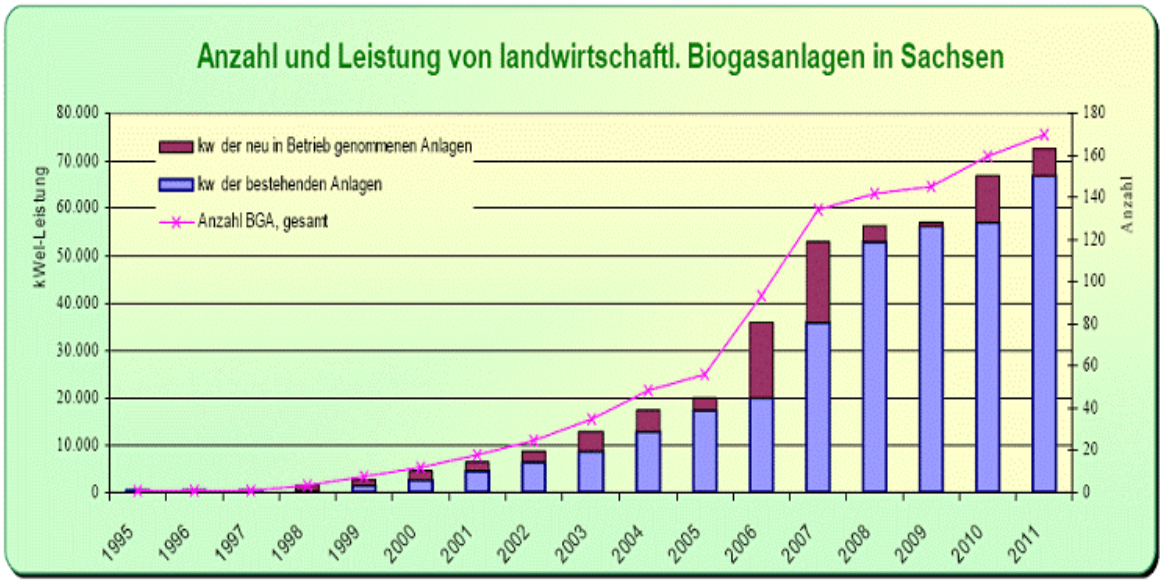


Abbildung 1: Entwicklung der Biogaserzeugung in der sächsischen Landwirtschaft
(Quelle: Erhebungen des LfULG – kein Anspruch auf Vollständigkeit)

[1] **Per Erlass des Sächsischen Staatministeriums für Umwelt und Landwirtschaft vom 23.07.2009 dürfen Altanlagen ab 31.10.2010 maximal 60 mg/m³ und Neuanlagen maximal 40 mg/m³ Formaldehyd emittieren.**

2 Zielstellung der Messungen

Im Rahmen der Untersuchungen zu den Einflussparametern auf die Formaldehydemissionen bei Biogas-BHKW wurde Folgendes festgestellt: Aus den Teilergebnissen für die BHKW mit Oxidationskatalysator leiten die Autoren einen unbedingten Forschungsbedarf hinsichtlich der Funktionalität und zum Wartungsaufwand sowie der Lebensdauer dieser Abgasnachbehandlungstechnik ab. In Abbildung 2 ist dazu beispielhaft der Emissionsverlauf für ein BHKW mit Katalysator und Aktivkohlefilter dargestellt. Deutlich ist zu erkennen, dass bereits nach fünf Monaten der Emissionsgrenzwert von 40 mg/m³ bzw. 60 mg/m³ für Formaldehyd deutlich überschritten wurde.

	HCHO[1]	O2	CO	NO_x	Betriebsst. Motor	Betriebsst. Kat	NO	NO2			
	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	h	h	ppm	ppm			
09.07.2009					18758	0			neuer KAT	am 09.07.2010	
16.12.2009	101,3	8,27	186	459	22518	3760	158	21			
16.12.2009	100,4	8,29	185	457	22518	3760	156	21			
16.12.2009	104,1	8,27	185	454	22518	3760	155	21			
22.12.2009	21,0	8,38	36	438	22654	120	143	26			
22.12.2009	21,5	8,34	36	434	22654	120	141	26	neuer KAT	am 17.12.2010	
22.12.2009	21,6	8,33	36	435	22654	120	142	26			
07.04.2010	102,0	8,46	120	358	25053	2399	117	20			

Abbildung 2: Emissionsverlauf an einer BHKW-Anlage mit Katalysator und Aktivkohlefilter

Zielstellung der 2010 und 2011 durchgeführten Messungen war es deshalb, zusätzliche Erkenntnisse hinsichtlich der Funktionalität und Lebensdauer von Oxidationskatalysatoren als Abgasnachbehandlungstechnik zu gewinnen. Gleichzeitig sollte auch der Vergleich zu anderer in Sachsen eingesetzter Abgasreinigungstechnik gezogen werden. Der der BfUL ab 2010 zur Verfügung stehende FTIR-Analysator sollte insbesondere für kontinuierliche Messungen zum Einsatz kommen.

In den Untersuchungen kamen außerdem weitere Fragestellungen hinzu. So sollte an ausgewählten BHKW geprüft werden, ob auch ohne Abgasreinigungstechnik bzw. ohne Abgasvorbehandlung eine dem Stand der Technik entsprechende Minderung von Formaldehydemissionen dauerhaft möglich ist. Neben den Formaldehydemissionen sollten, wie bereits bei früheren Untersuchungen, die Emissionen von Kohlenmonoxid und Stickoxiden erfasst und zusätzlich Erkenntnisse über den Methanschlupf gewonnen werden.

Weiterhin war zu prüfen, ob die im Rahmen der Untersuchungen zu Gerüchen aus Abgasen bei Biogas-BHKW ermittelten Abgasemissionen auch für BHKW mit Abgasreinigungsanlagen zutreffend sind.

3 Unterschiede in den Messkampagnen – Auswahl der Anlagen

Langzeituntersuchung zum Emissionsverlauf

Zu Beginn der Messungen waren 2010 ursprünglich nur drei Messkampagnen mit folgenden Schwerpunkten vorgesehen:

- Messung von Formaldehyd im Abgas mittels AHMT-Verfahren und zusätzlich mittels eines FTIR-Analysators an ausgewählten BHKW-Motoren
- gleichzeitige Erfassung der Messkomponenten NO_x, SO_2, CO, O_2, CH_4, C_6H_6 und Gesamt-C zur Sicherstellung, dass die untersuchten BHKW zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht vom Regelbetrieb abweichen
- Es erfolgt eine Anfangsmessung über einen Zeitraum von mindestens 14 Tagen. Die Mitarbeiter der BfUL waren jeweils am Anfang und am Ende bzw., soweit erforderlich, in der Mitte der Messperiode vor Ort. Ansonsten erfolgt die Kontrolle der Messungen über Fernüberwachung.

Im Rahmen der Möglichkeiten der BfUL wurde abgestimmt, dass in den Messkampagnen je eine Anlage mit einer für Sachsen typischen Konstellation von Abgasreinigungstechnik vermessen wird. Die Anlagen für die Langzeituntersuchungen wurden aus dem Anlagenpool ausgesucht, welche bereits im Projekt „Untersuchungen zu den Einflussparametern auf die Formaldehydemissionen bei Biogas-BHKW“ vermessen wurden (siehe Tabelle 2, Anlage 1 und 2). Weil für diese Anlagen somit bereits Messergebnisse aus früheren Messperioden vorlagen, konnten auf jeden Fall Aussagen zum Langzeitverhalten getroffen werden. Bei der Anlage 3 (BHWK mit thermischer Abluftreinigung) trifft dies nicht zu. Diese wurde 2010 erstmals vermessen und deshalb im Rahmen von Geruchsemissionsmessungen nochmals untersucht, um Aussagen zum Langzeitverhalten zu erhalten.

Tagesmessungen zur Prüfung der Einhaltung des Emissionsgrenzwertes für Formaldehyd

Durch das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft werden in Sachsen auf Grundlage der Prüfung von Messberichten Bescheinigungen erteilt, die bestätigen, dass die entsprechende BHKW-Anlage $\leq$ 40mg/m³ Formaldehyd emittiert. Die Bescheinigung benötigen die Betreiber, um entsprechend dem EEG 2009 den sogenannten Formaldehydbonus zu beantragen. Die Prüfung der vorgelegten Messberichte ergab, dass die gemessenen Emissionswerte zuzüglich Messunsicherheit teilweise nur geringfügig den Grenzwert unterschritten. Weil andererseits nicht in jeder Anlage Verfahren der Gasaufbereitung bzw. der Abgasreinigung eingesetzt werden, war nicht in jedem Fall auszuschließen, dass die dauerhafte Unterschreitung der vorgegebenen Grenzwerte sichergestellt ist. Aus diesen Gründen wurden ab Mitte 2010 zusätzliche Emissionsmessungen mit folgenden Schwerpunkten durchgeführt:

- Es wurden neben Formaldehyd kontinuierlich die Messkomponenten NO_x, SO_2, CO, O_2, CH_4, C_6H_6 und Gesamt-C sowie als Einzelmessung Formaldehyd mittels AHMT-Verfahren ermittelt und die Abgasrandbedingungen erfasst.
- Grundsätzlich war je BHKW ein Messtag vorgesehen. Waren zwei Motoren in einer Anlage installiert, wurde vor Ort entschieden, ob das zweite BHKW auch in die Messung einzubeziehen ist.

In Abstimmung mit SMUL erfolgte eine Auswahl der Anlagen, an denen die Messungen durchzuführen waren (Anlagen 4-10, Tabelle 2).

Hinweis: In die nachfolgende Auswertung zum Punkt „Ergebnisse der Tagesmessungen“ sind alle vermessenen Anlagen mit einbezogen, weil für alle Anlagen Tagesmessungen mit der gleichen Messtechnik vorlagen.

Einfluss der Abluftreinigungsanlage auf die Geruchsemissionen im Abgas von BHKW

Während der Untersuchungen in den Jahren 2006 und 2007 wurden an verschiedenen BHKW Geruchsmessungen im Abgasstrom vorgenommen. Es handelte sich dabei um BHKW, die noch über keine Abgasreinigung verfügten.

Mit der Regelung im EEG 2009 „Für Strom aus nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigungsbedürftigen Anlagen, die durch anaerobe Vergärung gewonnenes Gas (Biogas) einsetzen, erhöht sich die Vergütung … um jeweils 1,0 Cent pro Kilowattstunde, wenn die dem Emissionsminimierungsgebot der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft –

vom 24. Juli 2002 (GMBl S. 511) entsprechenden Formaldehydgrenzwerte eingehalten werden …“ kam es aber in relativ kurzer Zeit zur Nachrüstung vieler BHKW mit Abgasreinigungstechnik. Weil keine Erkenntnisse vorlagen, wie die Abgasreinigungstechnik die Geruchsemissionen in den Abgasen beeinflusst, konnten somit für eine Vielzahl von BHKW die zu erwartenden Geruchsemissionen nicht mehr eindeutig benannt werden. Aus diesem Grund wurden zusätzlich zu den geplanten Untersuchungen an fünf Anlagen Geruchsproben genommen. Sofern sich aus diesen Probenahmen Anhaltspunkte ergeben sollten, dass ein eindeutiger positiver oder negativer Einfluss durch die Abgasreinigungstechnik vorliegt, wäre dieser dann in weiteren Untersuchungen zu verifizieren.

Außer für die Geruchsemissionen wurden die Messungen für alle Komponenten mit der gleichen Messtechnik wie für die Tagesmessungen zur Prüfung der zur Einhaltung des Emissionsgrenzwertes für Formaldehyd durchgeführt. Die Probenahmen zu den Geruchsemissionen erfolgten, um eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse sicherzustellen, mit der gleichen Messtechnik und im gleichen Umfang wie im Projekt „Untersuchungen zu Gerüchen aus Abgasen bei Biogas-BHKW“ an den jeweiligen BHKW. Ziel war es dabei, die Untersuchungen an bereits vermessenen BHKW durchzuführen. Möglich war dies aber nur an den Anlagen 11 und 12 aus Tabelle 2. Bei den anderen dreiundzwanzig, im Rahmen der früheren Untersuchungen zu Gerüchen aus Abgasen bei Biogas-BHKW einbezogenen BHKW, wurde zwischenzeitlich die Motortechnik ausgetauscht. Deshalb erfolgte die Einbeziehung der Anlagen 1, 3, und 13 aus Tabelle 2 in die Untersuchungen zu den Geruchsemissionen. Diese Anlagen mussten aus Gründen der nochmaligen bzw. zusätzlichen Messung anderer Komponenten vermessen werden. Wo dies möglich war, wurden die Geruchsemissionen vor und nach der Abgasreinigungstechnik ermittelt, um den Einfluss der Abgasreinigungstechnik festzustellen.

Insgesamt wurden 15 Messkampagnen an 13 Anlagen mit 15 BHKW in 2010 und 2011 durchgeführt. Tabelle 1 zeigt die Verteilung der einzelnen untersuchten Fragestellungen auf die Anlagen. Für jede Anlage liegt ein separater Messbericht vor.

Tabelle 1: Verteilung der untersuchten Fragestellungen auf die einzelnen Anlagen

Anlage	Langzeituntersuchung zum Emissionsverlauf	Tagesmessungen zur Prüfung der Einhaltung des Emissionsgrenzwertes für Formaldehyd	Prüfung des Einflusses der Abluftreinigungsanlage auf die Geruchsemissionen im Abgas
1	X	X	X
2	X	X	X
3	X	X	
4		X	
5		X	
6		X	
7		X	
8		X	
9		X	
10		X	
11		X	X
12		X	X
13		X	X

4 Kurzbeschreibung der Anlagen

Im Folgenden werden die einzelnen untersuchten Anlagen kurz dargestellt. Weil es bei den Untersuchungen schwerpunktmäßig um die Wirksamkeit und Lebensdauer der Abgasreinigungsanlagen ging, werden nur Motorbezeichnung, Generatorbezeichnung, elektrische Leistung und elektrischer Wirkungsgrad sowie die Art der Abluftreinigung dargestellt. Bei den Angaben handelt es sich um Betreiberangaben aus den vor Ort vorliegenden Unterlagen. Wo keine ausreichenden Unterlagen vorhanden waren, wurden diese durch Herstellerangaben ergänzt. Weitere Details sind den Auszügen aus den Messberichten in Anhang 1 zu entnehmen.

Tabelle 2: Kurzbeschreibung der Anlagen

Anlagennummer	Motor	Generator	el. Leistung/kW Wirkungsgrad/%	Entschwefelung/Abluftreinigung
1	TCG 2016 V12 Gas-Otto Hersteller: MWM Baujahr: 2005	HJB 400 LA4 Hersteller: Marelli Baujahr: 2005	537 40	Aktivkohlefilter zur Gasaufbereitung mit Oxidationskatalysator der Firma PRO 2
2	G 3412 TA Gas-Otto Hersteller: Caterpillar Baujahr: 2007	HCI 534 E2 Hersteller: Stamford Baujahr: 2007	370 38,1	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft/Oxidationskatalysator (Hersteller nicht bekannt)
3	J312 GSC21 V12 Gas-Otto Hersteller: GE Jenbacher Baujahr: 2010	LSA C 49.129 CGS 14 Hersteller: Leroy Somer Baujahr: 2010	702 40	Thermische Nachverbrennung der Firma Jenbacher Abgasnachbehandlungssystem CL.AIR
4	TBG 616 V16k Gas-Otto Hersteller: MWM Baujahr: 2008	HC.I634 K-CG Hersteller Stamford Baujahr: 2009	1100/ 37,7	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft/Oxidationskatalysator (Hersteller nicht bekannt)
5	E2842 LE322 V12 Gas-Otto Hersteller: MAN Baujahr: 2009	LSA 47.1 L0/4P Hersteller: Leroy Somer Baujahr: 2009	450 38	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft
6	E0836LE202 R6 Gas-Otto Hersteller: MAN Baujahr: 2009	UCI 274 G Hersteller: Stamford Baujahr: 2009	104 - 39,6	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft
7	AoB 3042 L1 V12 Gas-Otto Hersteller: MDE Baujahr: 2009	keine Angabe Hersteller: Leroy Somer Baujahr: 2004	340 36,2	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft
8	E 2842 LE312 Gas-Otto Hersteller: MAN Baujahr: 2006	LSA 47.2 L0/4P Hersteller: Leroy Somer Baujahr: 2007	344 38	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft
9/1	E 2842 LE312 Hersteller: MAN Baujahr: 2007	keine Angabe	344 38	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft/keine
9/2	E 2876 LE302 Hersteller: MAN Baujahr: 2006	keine Angabe	200 37,2	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft
10/1	B 3042L1 Hersteller: MDE Baujahr: 2006 2005	LSA C67.2M7 C6/4 Hersteller:Leroy Somer Baujahr: 2006	400 34	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft

Anlagennummer	Motor	Generator	el. Leistung/kW – Wirkungsgrad/%	Abluftreinigung
10/2	B 3042L3 Hersteller: MDE Baujahr: 2006 2005	LSA C67.2M7 C6/4 Hersteller:Leroy Somer Baujahr: 2006	400 34	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft
11	J 312 GS Gas-Ottomotor Hersteller: Jenbacher; Baujahr: 2005	Hersteller: Stamford; Baujahr: 2005	526 40,4	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft/Oxidationskatalysator (Hersteller nicht bekannt)
12	TCG 2016 V12 Gas/Otto Hersteller: Deutz Power Systems Baujahr: 2005	M8B 400 LA4 Hersteller: Marelli Generators Baujahr: 2005	537 40	Entschwefelung mit Eisenchlorid und Luft/Oxidationskatalysator (Hersteller nicht bekannt)
13	J212GSC2 Gas-Otto V12 Hersteller: Jenbacher Baujahr 2003	HCI634H-C6 Hersteller: Stamford Baujahr: 2003	664 40	Thermische Nachverbrennung der Firma Jenbacher Abgasnachbehandlungssystem CL.AIR

5 Eingesetzte Messtechnik

Im Anhang 1 und den jeweiligen Messberichten können die Angaben für die einzelnen Anlagen nachgelesen werden.

Die genaue Beschreibung der Messtechnik, die durchgeführten Kalibrierungsmaßnahmen und die Maßnahmen zur Qualitätssicherung sind im Anhang 2 beschrieben. Bei den Geruchsmessungen wurden pro Motor in der Regel sechs Geruchsproben über 30 min genommen, mit Ausnahme der Anlage 13, bei der eine Messung vor Kat nicht möglich war. Die Auswertung der Geruchsproben erfolgte in den Räumen der Firma IfU GmbH innerhalb von sechs Stunden nach den Probenahmen. Ein Beispiel zur Überprüfung der Probanden entsprechend DIN EN 13725 ist ebenfalls im Anhang 2 aufgeführt.

Tabelle 3: Eingesetzte Messtechnik

Messobjekt	**Messtechnik/Bemerkung**
kont. Messung	
Kohlenmonoxid	NGA 2000 MLT 4, Fa. Emerson
Schwefeldioxid	NGA 2000 MLT 4, Fa. Emerson
Stickoxide	NGA 2000 MLT 4, Fa. Emerson
Sauerstoff	NGA 2000 MLT 4, Fa. Emerson
Kohlendioxid, ggf.	Ultramat 23, Fa. Siemens
Methan	FTIR – Analysator, GASMET Dx
Formaldehyd	FTIR – Analysator, GASMET Dx
Benzol	FTIR – Analysator, GASMET Dx
Feuchte	FTIR – Analysator, GASMET Dx
Abgasrandparameter	FCO332 Differenzdrucktransmitter mit Zylindersonde Testo mit integrierter Temperaturmessung (TE Typ K), Fa. Furness Controls und Testo
Einzelmessung	
Formaldehyd	Nasschemisches Verfahren nach VDI 3862 Blatt 4,
Wasser	gravimetrische Bestimmung (DIN EN 14790, Anhang B, einstufige Falle)
	Probenahmesystem CSD30, Fa. ECOMA, / Analyse durch IfU GmbH

6 Emissionsverlauf für Formaldehyd, Methan, Kohlenmonoxid und Stickoxide

Die Auswertung der Messergebnisse wurde nur für Formaldehyd, Methan, Kohlenmonoxid und Stickoxide detaillierter vorgenommen. Darüber hinaus liegen auch Messergebnisse für Schwefeldioxid und Benzol vor. Die Messergebnisse für Schwefeldioxid lagen aber, wie schon bei früheren Messungen, weit unterhalb des Grenzwertes der TA Luft von 350 mg/m³(max. 194 mg/m³). Die an den Anlagen 11 und 12 gemessenen Werte für Benzol lagen dagegen mit 14 bzw. 26 mg/m³ weit über dem zulässigen Grenzwert der TA Luft von 1 mg/m³. Diese mittels FTIR ermittelten Werte wurden allerdings nicht durch ein zugelassenes Messverfahren verifiziert.

6.1 Ergebnisse der Langzeitmessungen

Im nachfolgenden Abschnitt sind die Ergebnisse der Langzeitmessungen dargestellt. Es wurde für alle Anlagen ein Zeitraum von 21 Tagen zur Auswertung gewählt, weil über diese Zeitspanne kontinuierliche Messungen für Formaldehyd an allen BHKW vorlagen. Für einzelne BHWK lagen auch weitere Ergebnisse vor, die z. T. in Kap. 6.2 und 7 ausgewertet wurden bzw. im Anhang 1 beigefügt sind. An den Messtagen 7, 8 und 9 stand die Anlage 2 still, sodass sich dort kein Messwert ergibt. Für die Messtage 13 und 14 liegen von der Anlage 1 keine CO und NO_x-Werte vor (O_2-Messung defekt).

Tabelle 4: Auswertung Langzeitmessungen über 21 Messtage

	HCHO FT-IR	HCHO FT-IR	HCHO FT-IR	CH_4 FT-IR	CH_4 FT-IR	CH_4 FT-IR	CO	CO	CO	NO_x	NO_x	NO_x
	mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2	mg/m³ i.N.tr	mg/m³ i.N.tr	mg/m³ i.N.tr	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2
Anlagen	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Tage												
1	14,8	9,8	1,6	2031	1992	13	23	43	484	509	598	388
2	18,7	10,3	1,7	1986	2010	13	28	48	455	575	555	455
3	20,7	10,6	1,1	1949	1962	13	29	45	449	560	493	465
4	24,0	9,8	0,6	2008	2023	12	33	41	484	575	479	456
5	26,2	9,7	0,6	2018	1653	10	35	36	414	576	450	469
6	28,2	10,4	0,7	2018	1258	9	37	53	352	575	444	454
7	30,1		0,6	2023		7	39		287	571		435
8	31,3		0,7	2044		5	39		410	569		436
9	32,7		2,1	2006		42	43		433	573		457
10	34,5	9,2	5,1	2013	2041	114	43	29	379	626	578	380
11	36,9	9,7	2,1	2007	2033	9,3	46	29	326	595	616	341
12	36,4	9,6	2,2	2053	2013	55	45	28	232	595	588	468
13	38,9	9,1	2,3	2466	1970	7		31	277		569	449
14	40,6	9,9	2,3	2379	1993	6		38	397		578	432
15	31,5	9,8	2,7	1463	1999	9	45	37	351	503	598	438
16	37,6	9,9	3,1	1968	2009	30	49	35	223	567	580	468
17	39,7	9,9	3,3	2018	1982	6	52	39	339	573	573	434
18	41,6	10,0	3,3	2029	1995	6	54	40	317	576	556	437
19	38,8	10,0	2,6	2051	1943	9	51	36	317	583	511	437
20	42,0	9,5	2,3	2040	1936	10	56	36	434	585	478	398
21	44,1	9,4	2,3	2034	1944	10	61	37	492	588	476	399

Tabelle 4 zeigt die Tagesmittelwerte der Messungen. Die nach dem AHMT-Verfahren durchgeführten Formaldehydmessungen wurden hierbei nicht berücksichtigt, weil diese nur an ausgewählten Einzeltagen verteilt über den Messzeitraum vorlagen. Die Proben dafür wurden jeweils an zwei bis drei Messtagen genommen. Die Ergebnisse lagen ca. 4-6 mg/m³ über den Ergebnissen der FTIR-Messungen. Ausnahmen bildeten Messwerte < 2mg/m³, hier lagen die FTIR-Werte teilweise über den AHMT-Werten.

Formaldehydemissionen

In Abbildung 3 wird der Verlauf der Formaldehydemissionen über den Messzeitraum an den ausgewählten BHKW dargestellt.

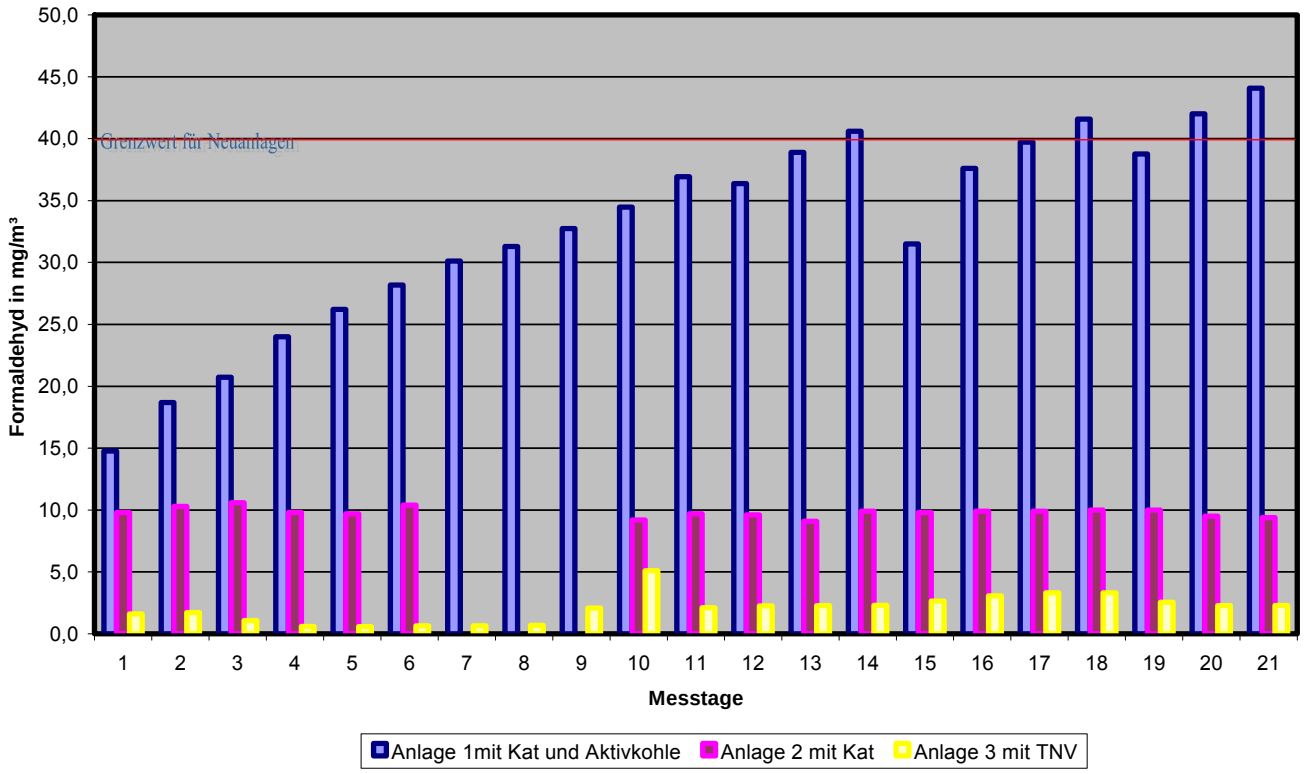


Abbildung 3: Emissionsverlauf für Formaldehyd an drei BHKW

Bei Anlage 1 wurde zu Beginn der Messung ein neuer Katalysator eingebaut, außerdem verfügt die Anlage über einen Aktivkohlefilter zur Entschwefelung des Biogases. Es ist gut zu erkennen, dass der Reduzierungsgrad für Formaldehyd in kurzer Zeit deutlich abnimmt und der Grenzwert mehrfach überschritten wird. Anlage 1 wurde Ende 2011 mit demselben Katalysator nochmals vermessen und dabei ein Formaldehydemissionswert von 152 mg/m³ festgestellt. Dieser Emissionsverlauf deckt sich auch mit Messungen an anderen Katalysatoren, die vorher an der Anlage eingebaut waren /3/.

Bei Anlage 2 wurden über den Messzeitraum relativ konstante Formaldehydemissionen ermittelt, die mit ca. 10 mg/m³ weit unter dem Grenzwert für Formaldehyd lagen. Dies war so nicht zu erwarten, weil Anlage 2 über keinen Aktivkohlefilter verfügt und somit eigentlich von einer Minderung der Katalysatorleistung durch Schwefeleintrag auszugehen war.

Anlage 3 mit einer TNV wies erwartungsgemäß die niedrigsten Formaldehydemissionen auf. Deutlich ist aber zu sehen, dass das Emissionsverhalten Schwankungen unterliegt, die sich u. a. aus Anfahrprozessen z. B. nach Wartungen ergeben. Dies wurde im Rahmen der Messung und auch in einem Forschungsprojekt der TU München festgestellt /4/. So benötigt eine TNV einen Zeitraum für das Erreichen der notwendigen Betriebstemperatur, innerhalb dessen keine oder nur eine verringerte Emissionsreduzierung stattfindet.

Methan, Kohlenmonoxid und Stickoxidemissionen

Derzeit gibt es in Deutschland keinen Grenzwert für Methanemissionen aus BHKW. Die Methanemissionen lagen bei der Anlage 1 und 2 (Katalysator) bei ca. 2.000-2.500 mg/m³ und bei Anlage 3 (TNV) im Bereich von 1-114 mg/m³. Auch wenn die Emis-

sionswerte bei Anlage 3 im Vergleich zu den Anlagen 1 und 2 absolut gesehen sehr niedrig sind, ist ähnlich wie bei den Formaldehydemissionen eine erhebliche Schwankung des Emissionsverhaltens gegeben. Prinzipiell ist davon auszugehen, dass durch die derzeit verfügbaren Katalysatoren die Methanemissionen praktisch nicht reduziert werden /5/. Bei Anlage 3 wurden im Rohgas Methanemissionen von ca. 1.400 mg/³ gemessen. Durch die TNV erfolgte die Reduzierung der Methanemissionen fast vollständig, somit konnte sie praktisch autotherm gefahren werden.

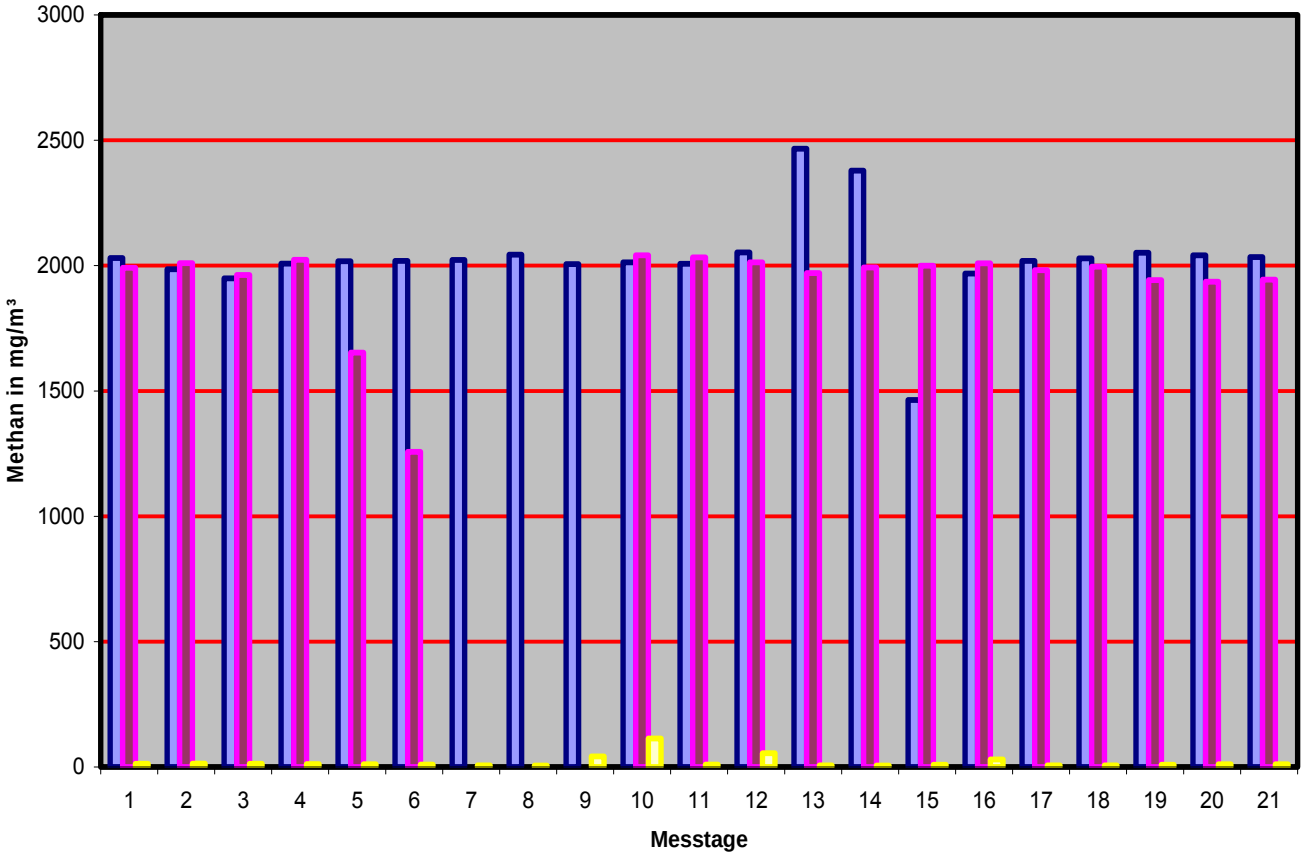


Abbildung 4: Emissionsverlauf für Methan an drei BHKW

Bei den Kohlenmonoxidemissionen wurden an keiner Anlage Überschreitungen des Grenzwertes von 1.000 mg/m³ festgestellt, wie in Abbildung 5 zu sehen ist. Die vergleichsweise hohen CO-Emissionen bei Anlage 3 sind dem Betrieb der TNV geschuldet.

Bei den Stickoxidemissionen (siehe Abbildung 6) wurden für die Anlage 1 und 2 Überschreitungen des TA Luft-Grenzwertes von 500 mg/m³ festgestellt. Es lässt sich dazu aber zumindest für die Anlage 1 keine eindeutige Aussage treffen. Wie im Anhang 1 zu sehen ist, wurde bei Anlage 1 bereits mehrfach der Katalysator getauscht und bei den anderen Katalysatoren ergaben sich jeweils andere Messwerte für NO_x-Emissionen.

Bei Anlage 3 wurde der Grenzwert an allen Tagen eingehalten.

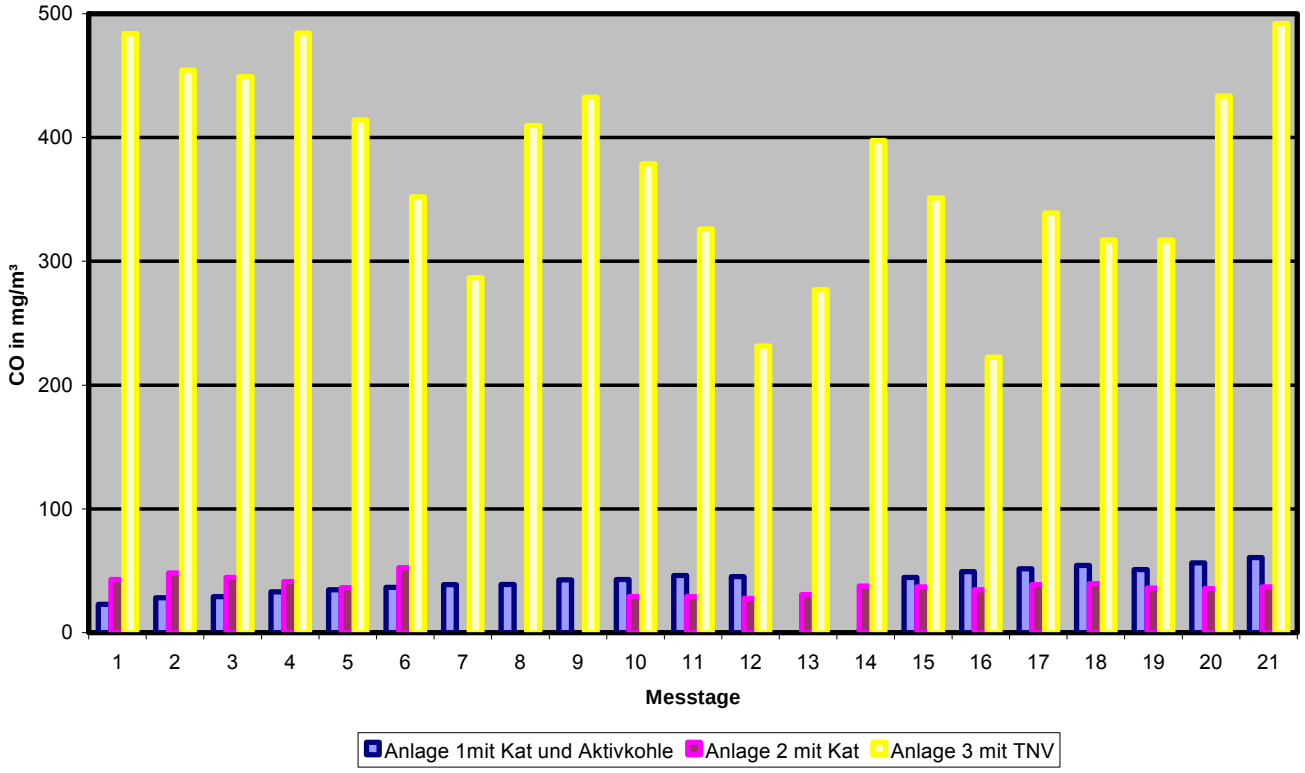


Abbildung 5: Emissionsverlauf für Kohlenmonoxid an drei BHKW

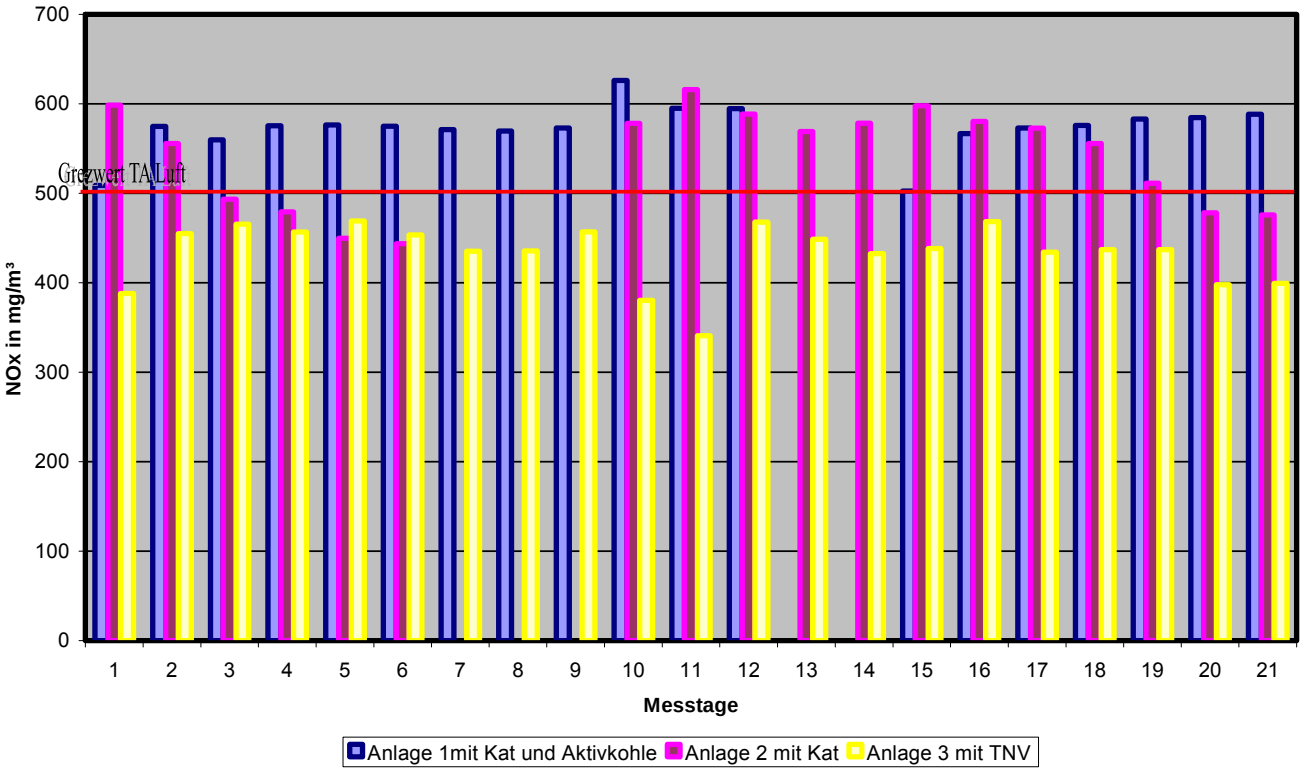


Abbildung 6: Emissionsverlauf für NO_x an drei BHKW

6.2 Ergebnisse der Tagesmessungen

Es werden die Ergebnisse der jeweils aktuellsten Tagesmessungen dargestellt, abweichend davon wurde nur für Anlage 1 verfahren. Weil dort zwischenzeitlich wieder ein Katalysatorwechsel stattfand, wurde der Wert kurz vor dem Wechsel des Katalysators verwendet. Bei den BHKW, bei denen mindestens ein Jahr vorher bereits Messungen durch die BfUL durchgeführt wurden, sind diese Werte ebenfalls mit dargestellt, um Veränderungen in den Emissionen aufzuzeigen. In den meisten Fällen lagen aber keine früheren Messwerte vor (-).

Tabelle 5 zeigt die Tagesmittelwerte der Messungen. Die Formaldehydmessungen wurden nach dem AHMT-Verfahren aufgenommen mit Ausnahme der Anlagen 9 und 10, weil dort immer nur für ein BHKW eine AHMT-Messung vorlag und die Abweichungen zu den FTIR-Messungen gering waren. Für Anlage 1 liegt auf Grund des Ausfalles des FTIR am Messtag auch kein CH_4-Messwert vor.

Tabelle 5: Auswertung Tagesmessungen

	HCHO* AHMT	HCHO* AHMT	CH_4 FT-IR	CH_4 FT-IR	CO*	CO*	NO_x*	NO_x*
	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Zeitpunkt	alt	aktuell	alt	aktuell	alt	aktuell	alt	aktuell
Anlagen								
1	43,3	152	2034	-	59	990	553	295
2	10,9	14,9	-	2003	67	46	774	515
4	-	9	-	696	-	33	-	304
11	85	22,5	-	1587	806	4	676	451
12	116	63,3	-	2244	847	48	469	333
5	-	39,5	-	570	-	454	-	1105
6	-	45,8	-	542	-	476	-	1382
7	-	37,7	-	360	-	391	-	671
8	-	33,1	-	350	-	400	-	510
9/1	-	33,4	-	404	-	442	-	450
9/2	-	23,4	-	365	-	318	-	418
10/1	-	15,1	-	760	-	326	-	838
10/2	-	26	-	217	-	336	-	648
3	2	2,4	9	9	213	42	441	499
13	-	2,5	-	7,2	-	40	-	442

*) bezogen auf 5 % O_2

Formaldehydemissionen

Bei den Formaldehydemissionen ergibt sich, wie die Abbildung 7 zeigt, ein sehr differenziertes Bild. Die höchsten Emissionen sind nicht, wie eigentlich zu erwarten war, bei den BHKW ohne Abgasreinigung zu finden, sondern bei den BHKW mit Katalysatoren, deren Werte darüber hinaus eine große Spanne aufweisen. Die Anlagen 1 und 2 wurden bereits ausführlich im Kap. 6.1 betrachtet. Wie aus dem Vergleich alte und aktuelle Werte hervorgeht (siehe Tabelle 5), ist die Standzeit des Katalysators in Anlage 1 sehr gering, wohingegen für die Anlage 2 ein relativ gleichbleibendes Abgasreinigungsverfahren festzustellen ist.

Ein guter Emissionsminderungsgrad für eine Anlage mit Kat war bei Anlage 4 festzustellen, wobei hier auf Grund fehlender Messwerte keine Aussagen zur Langzeitstabilität getroffen werden können. Bei den Anlagen 11 und 12 ergeben sich im Vergleich zu den früher gemessenen Werten aktuell wesentlich geringere Formaldehydemissionen, was eindeutig der Nachrüstung mit einem Katalysator geschuldet ist. Weil für diese Katalysatoren nur jeweils eine Tagesmessung vorlag, waren keine Aussagen zu den Standzeiten möglich. Es ist aber festzustellen, dass deren Emissionen wesentlich über den Werten für die Anlagen 2 und 4 liegen. Anlage 12 überschreitet mit einem Wert von 63,3 mg/m³ sogar den Grenzwert nach TA Luft von 60 mg/m³.

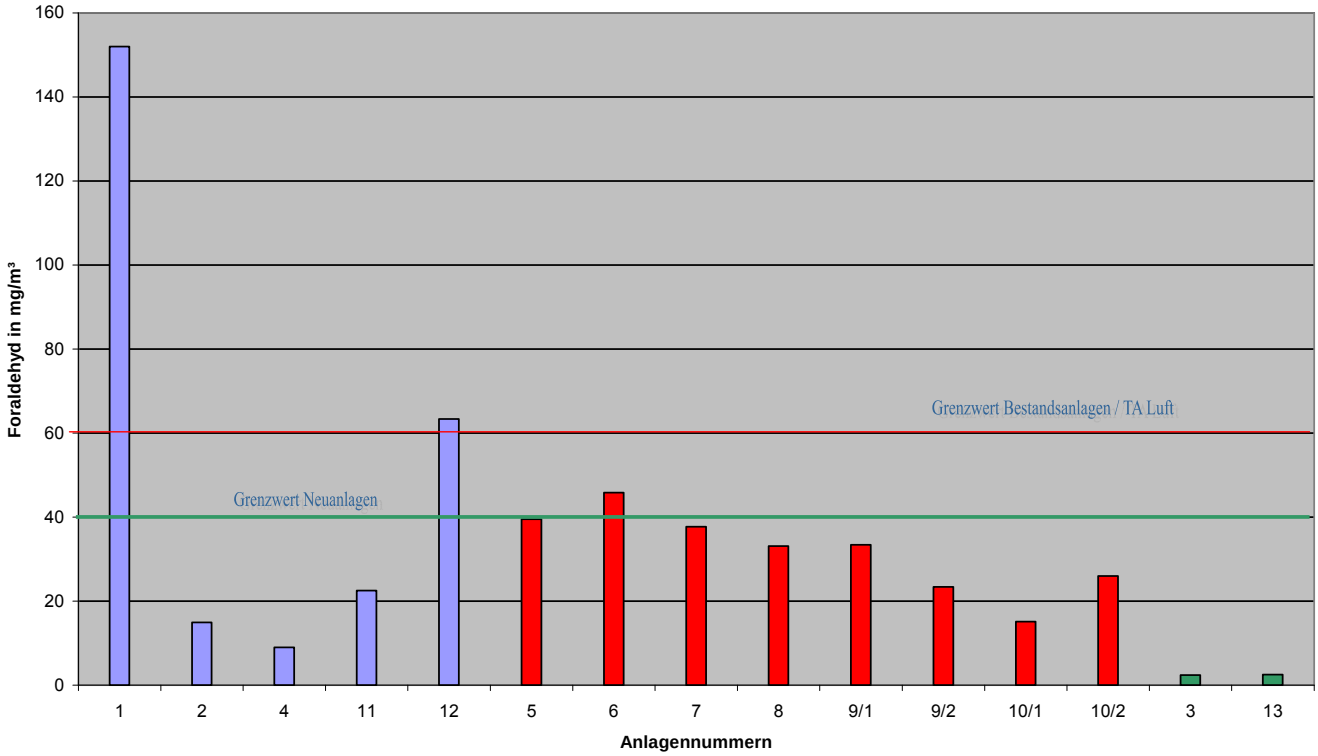


Abbildung 7: Formaldehydemissionen von 15 BHKW

Bei den BHKW ohne Kat bzw. TNV war keine Überschreitung des Grenzwertes nach TA Luft von 60 mg/m³ festzustellen.

Ursache dafür ist sicher zum einen, dass es sich bei den untersuchten Motoren um solche handelt, die über ein geringes Emissionspotenzial für Formaldehyd verfügen (MAN-Motoren mit geringerem elektrischem Wirkungsgrad /3/). Ein weiterer Grund könnte sein, dass die niedrigeren Formaldehydemissionen mit höheren NO_x-Emissionen erkauft wurden, wie nachfolgend noch dargestellt wird.

Bei den Anlagen 3 und 13 wurden, wie zu erwarten, die niedrigsten Formaldehydemissionen festgestellt. Die Emissionen sind in ihrer Höhe ähnlich, weil es sich auch um den gleichen Motortyp und die gleiche Art der TNV handelt.

Methan, Kohlenmonoxid und Stickoxidemissionen

In den nachfolgenden Abbildungen 8-10 werden jeweils die Emissionen für Methan, Kohlenmonoxid und Stickoxid im Verhältnis zu den Formaldehydemissionen dargestellt.

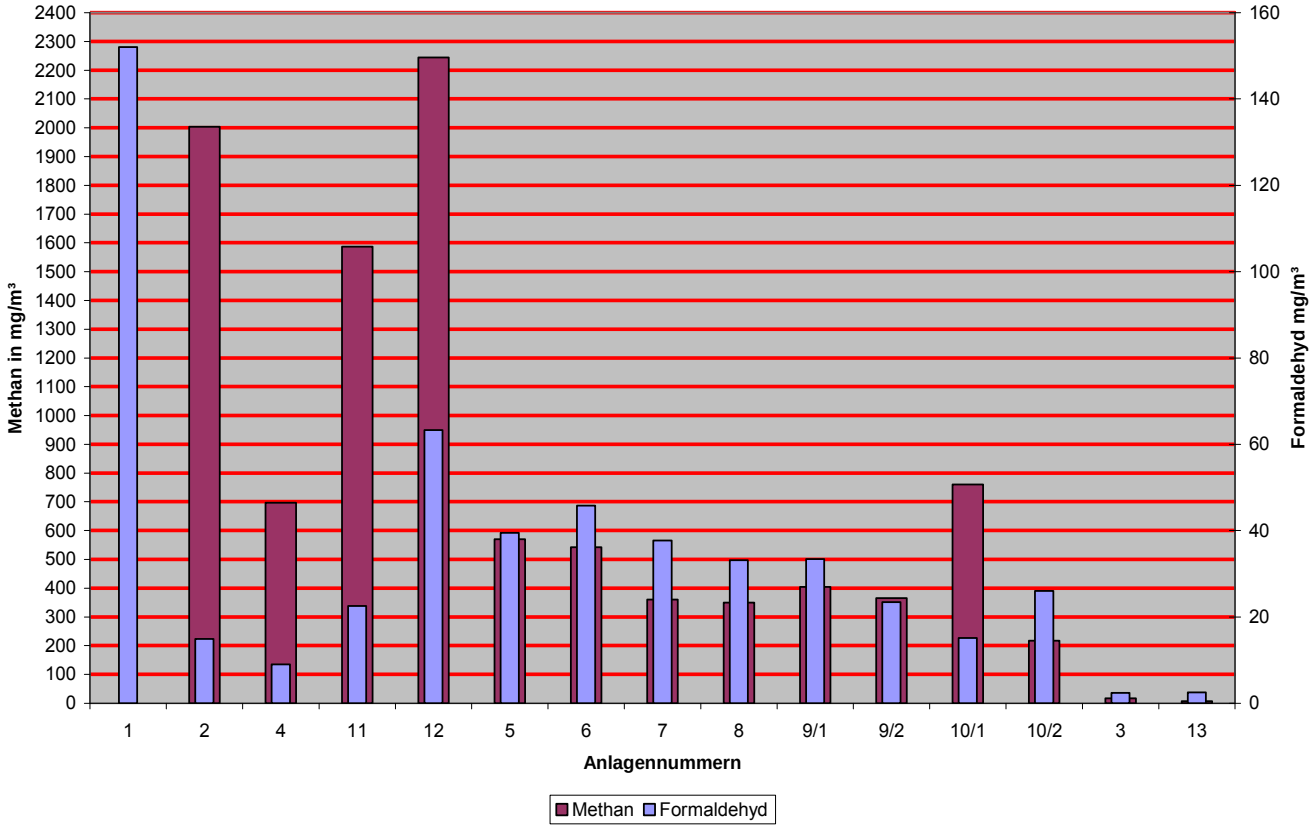


Abbildung 8: Methan- und Formaldehydemissionen von 15 BHKW

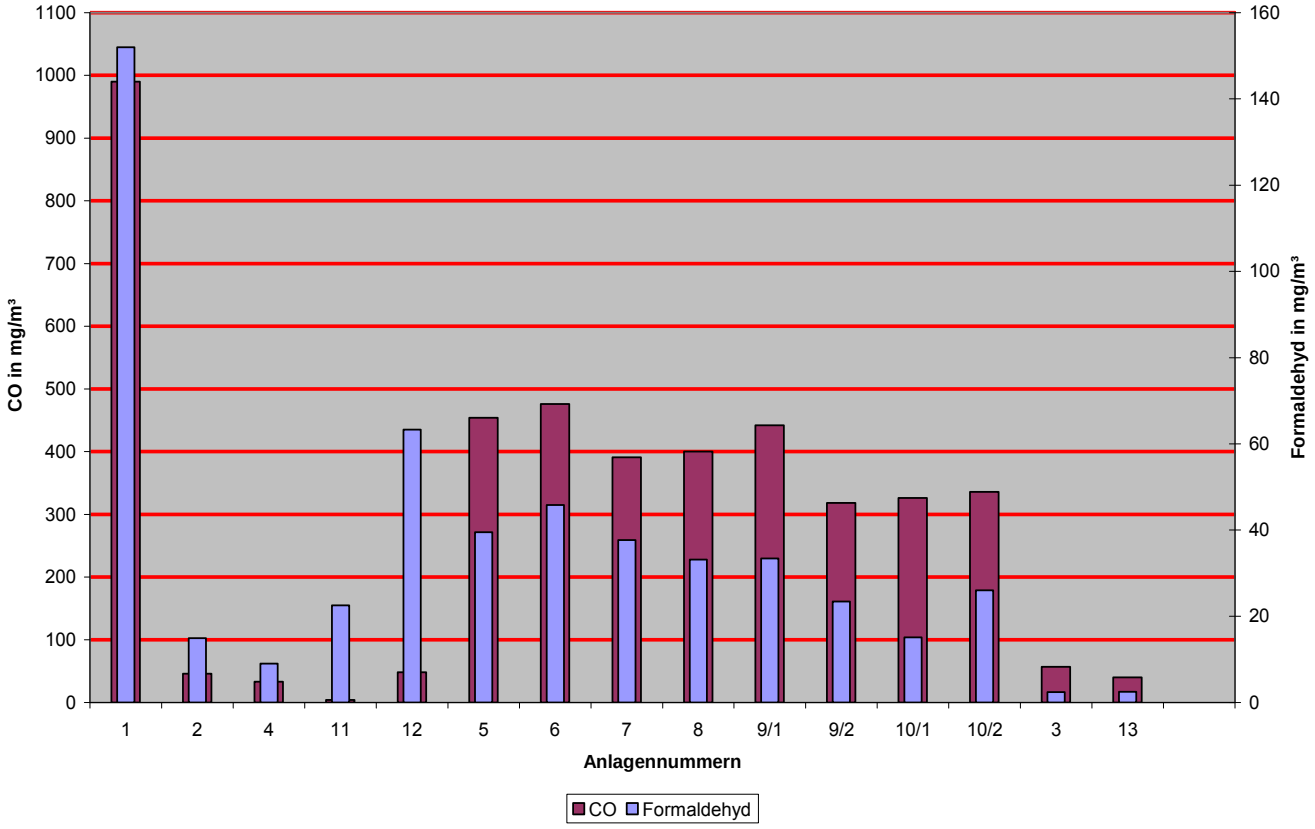


Abbildung 9: Kohlenmonoxid- und Formaldehydemissionen von 15 BHKW

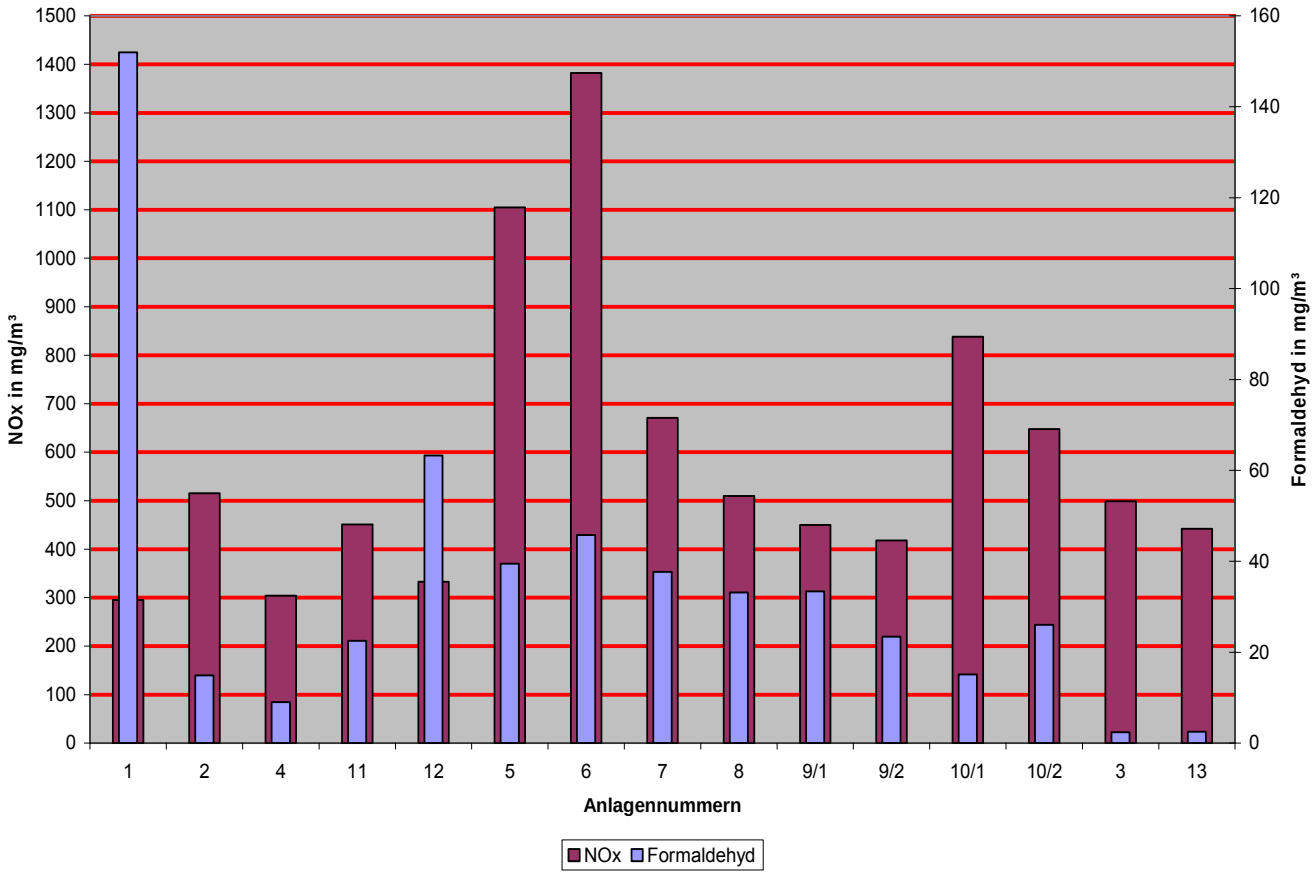


Abbildung 10: Stickoxid- und Formaldehydemissionen von 15 BHKW

In den Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Methanemissionen bei den BHKW, die über einen Katalysator verfügen, mit z. T. über 2.200 mg/m³ sehr hoch waren, wohingegen die Gruppe der BHKW ohne Kat wesentlich geringere Methanemissionen aufwiesen. Abbildung 8 zeigt dies deutlich. Es ist somit nicht auszuschließen, dass die Methanemissionen eines BHKWs in unmittelbarem Zusammenhang mit den Formaldehydemissionen stehen.

Abbildung 9 zeigt den Verlauf der CO-Emissionen im Verhältnis zu den Formaldehydemissionen. Eine Überschreitung war nur für Anlage 1 festzustellen. Ansonsten bewegen sich die Emissionen weit unterhalb des Grenzwerts der TA Luft von 1.000 mg/m³. Hinsichtlich des Emissionsverlaufes von CO ergeben sich gewisse Zusammenhänge zu Formaldehyd. So wurde bei Anlage 1, bei der der Grenzwert für Formaldehyd erheblich überschritten wurde, auch der höchste CO-Wert festgestellt.

Interessant sind auch die Verläufe der NO_x-Emissionen im Verhältnis zu den Formaldehydemissionen, wie sie in Abbildung 10 zu sehen sind. Im Gegensatz zu den relativ geringen Methanemissionen wurde bei 3/4 der BHKW ohne Abgasreinigung der Grenzwert der TA Luft für NO_x von 500 mg/m³ teilweise erheblich überschritten. In den Untersuchungen zu Gerüchen aus Abgasen bei Biogas-BHKW des LfULG /1/ sowie des Forschungsvorhabens der TU München /4/ wurde bereits festgestellt, dass das Emissionsverhalten von NO_x und Formaldehyd gegenläufig ist. Somit kann bei den untersuchten Motoren ohne Abgasreinigung nicht ausgeschlossen werden, dass die guten Emissionsmesswerte für Formaldehyd u. U. höhere NO_x-Emissionen zur Folge haben. Das Verhältnis von NO_2/NO_x wurde an den Anlagen im Bereich von 15-25 % ermittelt.

6.3 Auswertung/Bewertung der Ergebnisse

Langzeitmessungen

Die Langzeitmessungen ergaben z. T. überraschende Ergebnisse. So war vor der Untersuchung eher zu erwarten gewesen, dass Anlage 1 auf Grund der effektiven Entschwefelung des Biogases mittels Aktivkohle ein stabileres Verhalten hinsichtlich der Emissionsminderung für Formaldehyd zeigt. Für Anlage 2 wurde hingegen angenommen, dass auf Grund eines höheren Schwefeleintrages (Entschwefelung lediglich mit Eisenchlorid und Luft, was höhere Schwefelgehalte im Biogas als eine Abreinigung mit Aktivkohle zur Folge hat) das Emissionsminderungspotenzial für Formaldehyd schneller abnimmt.

Das Forschungsvorhaben der TU München /4/ nennt neben einem hohen Schwefeleintrag als eine mögliche Ursache für eine relativ schnelle Abnahme der Katalysatorleistung eine hohe Staubbeladung der Katalysatoren, welche sich z. B. durch ein ungeeignetes Motorenöl (starke Rußbildung) ergeben kann. Im Forschungsvorhaben wurden z. B. nach einer Reinigung des Katalysators mit Druckluft 11 % weniger Formaldehydemissionen gemessen.



Abbildung 11: Katalysator vor und nach dem Einsatz

Ähnliche Beobachtungen wurden auch während der Untersuchungen der Messungen der BfUL gemacht. Abbildung 11 zeigt z. B. einen Katalysator der Anlage 1 vor dem Einbau in ein BHKW und nach mehreren Betriebsstunden. Deutlich ist die Verschmutzung des Katalysators zu erkennen. Es ist somit nicht auszuschließen, dass dies die Ursache für das relativ schnelle Versagen der Katalysatoren in der Anlage 1 ist. Hier ergibt sich aus Sicht des LfULG noch erheblicher Forschungsbedarf, wie z. B. durch Reinigung die Standzeiten der Katalysatoren verbessert werden können.

Der Motor der Anlage 2 wurde bereits zu einem früheren Zeitpunkt ohne Katalysator mit vergleichsweise hohen Formaldehydemissionen (116 mg/m³) vermessen. Für den gleichen Motorentyp wurde aber festgestellt /3/, dass sich die Formaldehydemissionen nach einer erfolgten Generalüberholung erheblich verringerten. Ob dies für die Anlage 2 auch der Fall ist, konnte in den Untersuchungen nicht festgestellt werden. Aus Sicht des LfULG wäre es sinnvoll, weitere Untersuchungen an der Anlage 2 durchzuführen. Messungen im Jahr 2009 ergaben eine Formaldehydemission von nur 11 mg/m³ und ein Jahr später lagen die Emissionswerte im selben Bereich, womit der Emissionsminderungsgrad für Formaldehyd über ein Jahr gleich geblieben wäre.

Anlage 3 zeigte, wie zu erwarten war, absolut ein hohes Emissionsminderungspotenzial, wenn auch mit relativ schwankenden Emissionen. Somit ist die TNV gut für einen kontinuierlichen, aber nur bedingt für einen diskontinuierlichen Betrieb eines BHKWs geeignet. Diese Aussage wird ebenfalls durch die Untersuchungen der TU München unterstützt /4/, welche bei ihren Messungen zu ähnlichen Ergebnissen kam.

Tagesmessungen

Die Tagesmessungen bestätigen die Langzeituntersuchungen bei den Anlagen mit Abgasreinigung (Kat oder TNV). Ein zusätzlicher Aspekt ergab sich aber bei den Anlagen ohne Kat oder TNV. Die untersuchten Anlagen haben motorseitig bereits geringere Emissionen an Formaldehyd und Methan. Es kann somit im Regelfall davon ausgegangen werden, dass ein hoher Methanschlupf bei solchen Motoren auch eine erbliche Formaldehydemission zur Folge hat.

Kritisch ist zu beurteilen, dass vor allem BHKW ohne Kat oder TNV häufig den zulässigen Grenzwert für NO_x der TA Luft überschreiten. Hier sollten auf jeden Fall Änderungen an der Motoreinstellung vorgenommen werden. Sollten als Folge davon die Emissionen für Formaldehyd dann über die Grenzwerte, die für Sachsen gelten, ansteigen, müssten die Anlagen mit einer Abgasreinigungsanlage (Kat oder TNV) nachgerüstet werden.

Die Untersuchungen zeigten, dass es insbesondere für mit Katalysatoren ausgestattete BHKW von großer Bedeutung ist, die Wirksamkeit der Katalysatoren regelmäßig zu überwachen, weil selbst bei einer effektiven Entschwefelung des Biogases nicht von einer dauerhaften Emissionsminderung hinsichtlich Formaldehyd ausgegangen werden kann.

In Auswertung der Messergebnisse zeigt sich bezüglich der Kohlenmonoxidemissionen u. U. eine Möglichkeit auf, die Katalysatoren hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit zur Reduzierung von Formaldehyd zu überwachen. Wie in Abbildung 12 dargestellt, verlaufen die Emissionen von Formaldehyd und CO in Abhängigkeit von den Betriebsstunden eines Katalysators ähnlich. Weil es bisher nur mit erheblichem Aufwand möglich ist, Katalysatoren hinsichtlich ihres Reduzierungsgrades für Formaldehyd kontinuierlich zu überwachen, sollte diese Möglichkeit weiter untersucht werden.

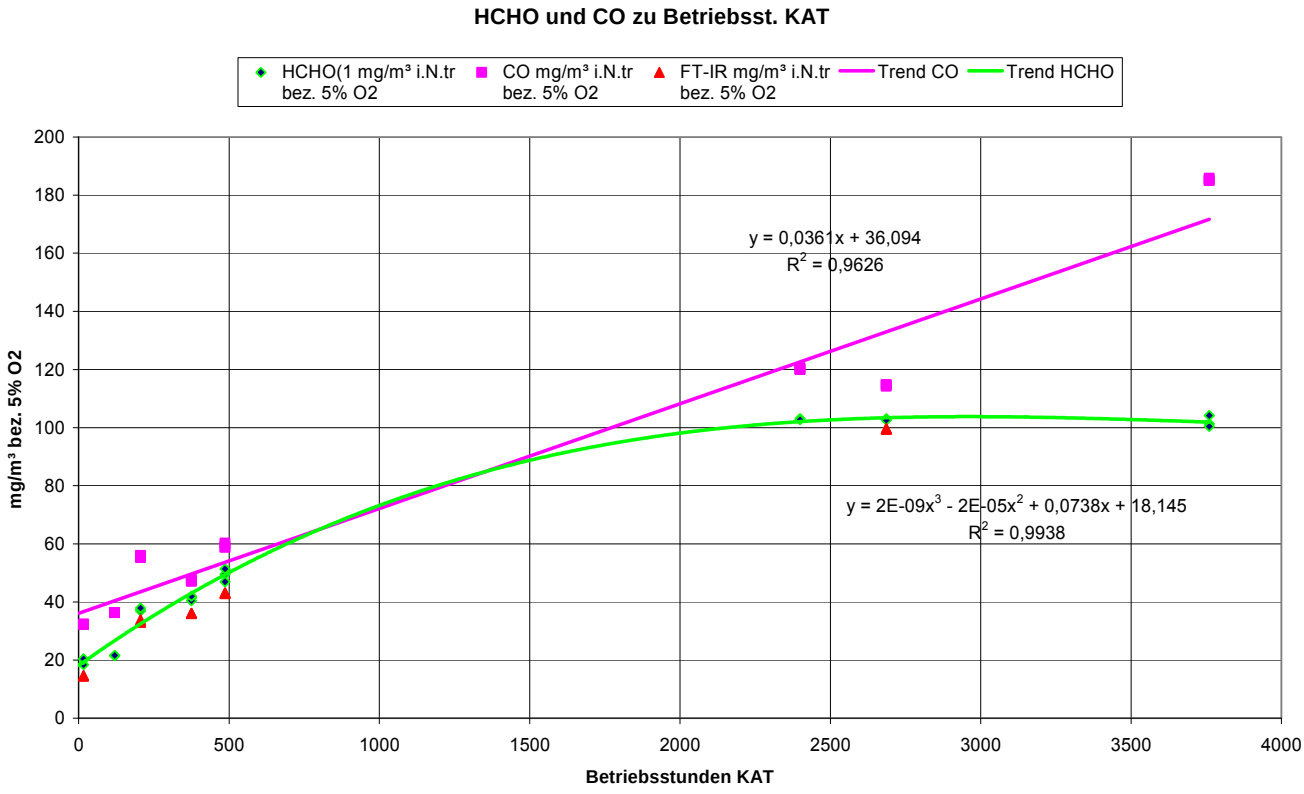


Abbildung 12: Emissionsverlauf für Formaldehyd und CO für Anlage 1

7 Einfluss der Abgasreinigungsanlagen auf die Geruchsemissionen aus BHKW-Abgasen

7.1 Ergebnisse der Untersuchungen

Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen an fünf Anlagen vor und nach Abluftreinigung (ALR). Bei den Anlagen handelt es sich um drei BHKW mit Katalysatoren als ALR und zwei BHKW mit TNV als ALR. Für Anlage 13 lagen keine Messwerte vor der TNV vor, weil eine entsprechende Probenahme vor Ort nicht möglich war. Zusätzlich wurden bei den Anlagen 11 und 12 die Werte aus den Untersuchungen des LfULG aus dem Jahr 2007 /1/ zum Vergleich mit aufgenommen.

Tabelle 6: Auswertung Geruchsemissionsmessungen

	Geruch GE/m³	Geruch GE/m³	Geruch GE/m³	CH_4 (FT-IR) mg/m³ i.N.tr	CO mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2	NO_x mg/m³ .N.tr bez. 5 % O_2	HCHO (AHMT) mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2
Anlagen	vor ALR	nach ALR	2007	nach ALR	nach ALR	nach ALR	nach ALR
1	2820	2080	-		79	304	36,7
11	2020	1450	1480	1587	4	451	22,5
12	290	330	4670	2244	48	333	63,3
3	1940	2380	-	17	57	464	2,1
13	-	750	-	7,2	40	442	2,5

7.2 Auswertung/Bewertung der Ergebnisse

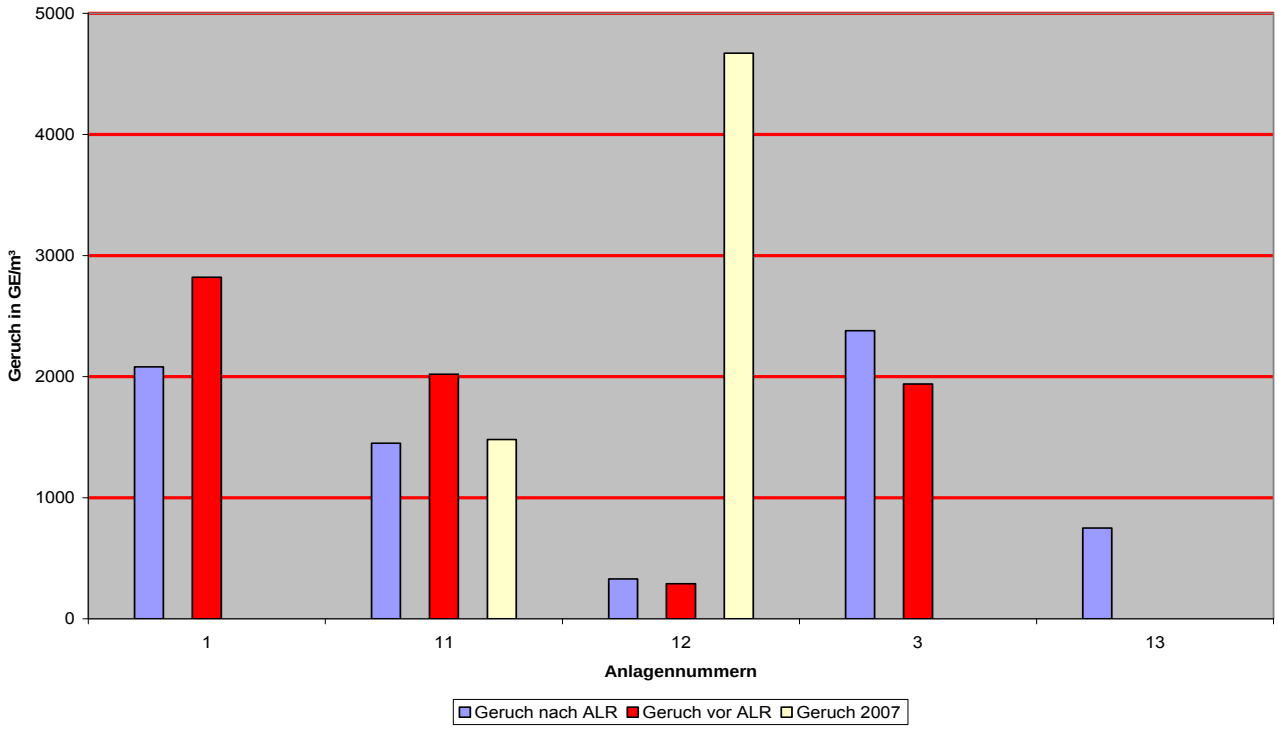


Abbildung 13: Geruchsemissionen vor und nach ALR im Vergleich zu Untersuchungen aus dem Jahr 2007

Im Folgenden wird auf eine detaillierte Auswertung der Messergebnisse hinsichtlich der einzelnen Komponenten und ihren Einfluss auf die Geruchsemissionen der BHKW-Abgase verzichtet, weil dies bereits Gegenstand früherer Untersuchungen war /1/. Eine Ausnahme bildet nur Methan, das in den vorangegangenen Untersuchungen nicht betrachtet wurde /1/. In Abbildung 13 sind die Messergebnisse grafisch dargestellt.

Zielstellung der Untersuchungen war es zu prüfen, ob ein Einfluss der ALR auf die Geruchsemissionen aus den BHKW-Abgasen erkennbar ist und ob diese Anlass geben, die aus den früheren Untersuchungen /1/ abgeleiteten Emissionsfaktoren von 3.000 GE/m³ für Gas-Otto-Motoren und 5.000 GE/m³ für Zündstrahlmotoren zu überarbeiten.

Bewertung der ermittelten Geruchsemissionen

Abbildung 13 zeigt, dass zumindest zwischen den Werten vor und nach Kat bei den Anlagen 1 und 11 Verringerungen der Geruchsemissionen im Bereich von ca. 500-800 GE/m³ festgestellt wurden. Auch unter Beachtung der (erweiterten) Messunsicherheit von ca. 300 GE/m³ wäre von einer signifikanten Reduzierung der Geruchsemissionen durch den Kat auszugehen. Bei Anlage 11 ist aber auch zu sehen, dass nach dem Kat etwa die gleichen Emissionen wie bei den Untersuchungen 2007 ermittelt wurden.

Anders stellt sich die Situation bei Anlage 12 dar. Dort hat der Kat keinen erkennbaren Einfluss. Die Geruchsemissionen insgesamt lagen aber deutlich unter den 2007 gemessenen Werten. Bei den beiden Anlagen mit TNV ergaben sich sehr unterschiedliche Werte. Bei Anlage 3 wurden ca. 400 GE/m³ höhere Emissionen gemessen. Unter Beachtung der (erweiterten) Messunsicherheit ist dies aber vernachlässigbar.

In früheren Untersuchungen wurde für Gas-Otto-Motoren Folgendes festgestellt: „… bei Einhaltung des NO_x-Emissionswertes nach TA-Luft sind Geruchsemissionen bis maximal Klasse 4 (3.500-4.500 GE/m³) zu erwarten. Der Mittelwert für die Geruchsemissionswerte, bei denen der NO_x-Emissionswert nach TA-Luft eingehalten wird, beträgt 3.000 GE/m³.“

Die aktuell gemessenen Werte bewegen sich zwischen ca. 700 und 2.800 GE/m³ (einschließlich Messunsicherheit). Somit ist zwar davon auszugehen, dass im Allgemeinen eine Minderung der Geruchsemissionen beim Einsatz von Katalysatoren gegeben ist. Weil dies aber nicht bei allen Anlagen der Fall ist und sich die Messergebnisse in einem vergleichbaren Bereich bewegen, wie die früheren Ergebnisse /1/, sollte die dort gegebene Empfehlung eines Emissionsfaktors für Gas-Otto-Motoren von 3.000 GE/m³ für die Geruchsemissionen aus BHKW-Abgasen weiterhin Anwendung finden.

Im Projekt wurden zwar keine Zündstrahlmotoren untersucht. Weil aber zumindest kein negativer Einfluss der ALR festzustellen war, sollte auch der vorgeschlagene Emissionsfaktor für Zündstrahlmotoren von 5.000 GE/m³ weiter angewendet werden.



Abbildung 14: Beispiele für einen Katalysator und eine TNV an BHKW

Zusammenhang von Methan- und Geruchsemissionen

Im Projekt „Untersuchungen zu Gerüchen aus Abgasen bei Biogas-BHKW“ /1/ wurde Methan nicht mit gemessen. Deshalb wurden die Messwerte noch dahingehend geprüft, ob ein Einfluss der Methanemissionen auf die Geruchsemissionen erkennbar ist, obgleich Methan selbst ein geruchloses Gas ist /6/. Wenn ein Einfluss vorliegt, könnte dies nur im Zusammenspiel mit anderen Komponenten der Fall sein. Wie Abbildung 15 zeigt, ist aus den Messergebnissen jedoch kein Zusammenhang ableitbar.

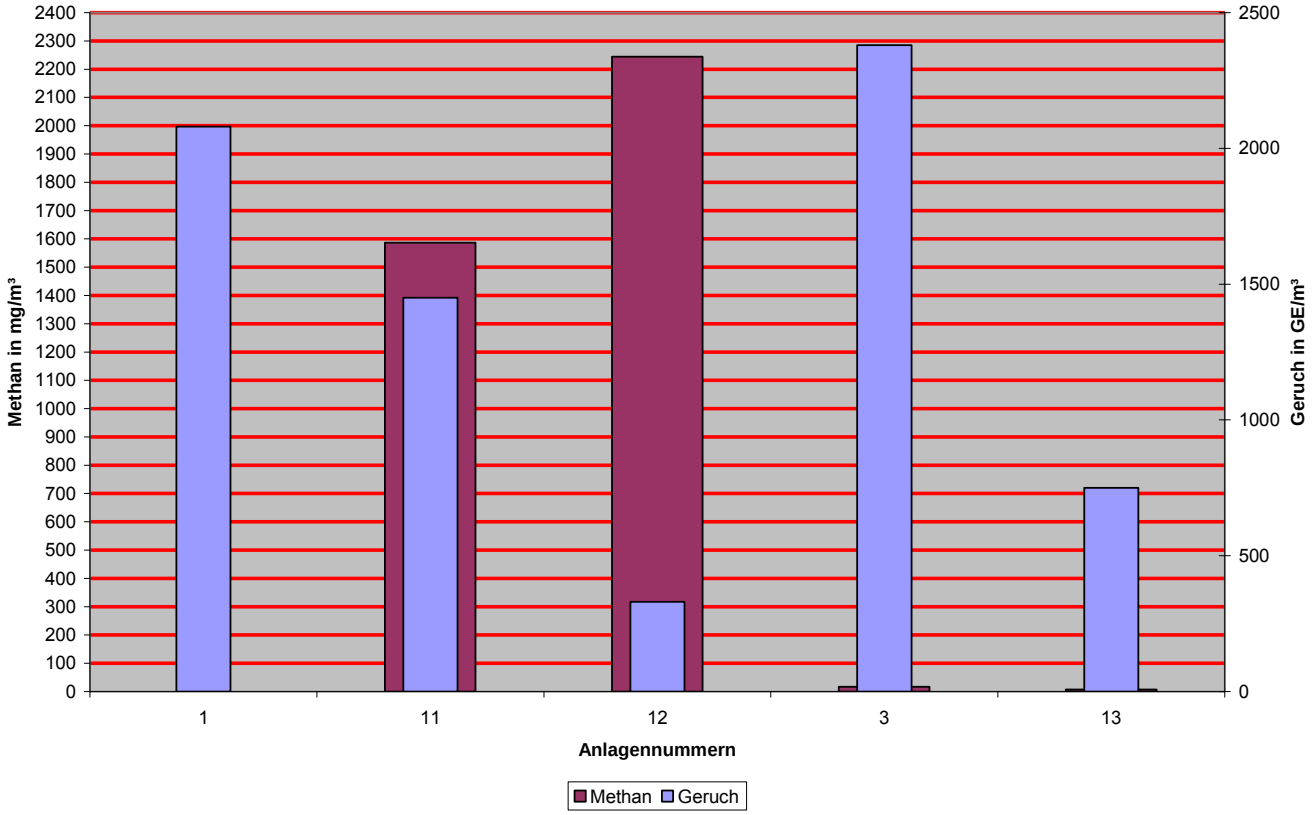


Abbildung 15: Methan- und Geruchsemissionen

8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In den Jahren 2010 und 2011 wurden durch die BfUL im Auftrag des LfULG 15 Messkampagnen an 13 Anlagen mit insgesamt 15 BHKW mit und ohne Abgasreinigungsanlagen (Kat oder TNV) durchgeführt. Schwerpunkt dabei war die Ermittlung von Formaldehyd- und Geruchsemissionen. Die Messungen hatten zum Ziel, neben der Prüfung der Einhaltung geltender Grenzwerte zusätzliche Erkenntnisse u. a. zur Laufzeitstabilität bzw. Funktionalität von Abgasreinigungsanlagen zu gewinnen. Weiterhin war zu prüfen, ob die in einem früheren Projekt /1/ ermittelten Geruchsemissionen für BHKW ohne Abgasreinigungsanlagen auch für BHKW mit Abgasreinigungsanlagen zutreffend sind.

Ergebnisse

1. Mit Erlass des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft vom 23.07.2009 dürfen Altanlagen ab 31.10.2010 maximal 60 mg/m³ und Neuanlagen maximal 40 mg/m³ Formaldehyd emittieren. Diese Werte werden von den meisten der untersuchten Anlagen eingehalten. Bei zwei von fünf Anlagen mit Katalysatortechnik wurden Emissionen von > 60 mg/m³ ermittelt.

2. Ein großer Teil der untersuchten Anlagen, die über keine Abgasreinigungstechnik verfügten, hält sogar den zulässigen Formaldehydgrenzwert für Neuanlagen von 40 mg/m³ ein. Gleichzeitig liegt bei diesen Anlagen aber eine Überschreitung des NO_x-Grenzwertes nach TA Luft von 500 mg/m³ vor. Auf diesen Umstand ist bei künftigen Kontrollmessungen daher besonders zu achten, um sicherzustellen, dass niedrige Formaldehydemissionen nicht auf Kosten hoher NO_x-Emissionen erkauft werden.

3. Messungen von Benzol mittels FTIR an zwei BHKW mit Katalysator haben eine erhebliche Überschreitung des zulässigen Grenzwertes der TA Luft von 1 mg/m³ ergeben. Allerdings wurden die Messergebnisse nicht zusätzlich durch ein zugelassenes Messverfahren verifiziert. Gleichwohl geben aber die Ergebnisse aus Sicht des LfULG Anlass, dass bei zukünftigen Messungen an BHKW auch Benzol gemessen werden sollte.

4. Die Langzeitmessungen über 21 Tage an drei Anlagen haben gezeigt, dass mit TNV eine ausgereifte Technik mit hohen Emissionsminderungsgraden für Formaldehyd und Methan zur Verfügung steht, die außerdem eine hohe Standzeit aufweist. Eine TNV sollte vor allem dann zur Anwendung kommen, wenn eine kontinuierliche Betriebsweise gegeben ist, weil sich für die Zeit des Aufheizens der TNV auf Betriebstemperatur der Emissionsminderungsgrad erheblich verringert.

5. Bei Anlagen, bei denen die Abgase der BHKW mittels Katalysatoren gereinigt werden, ergibt sich kein einheitliches Bild. Durch Katalysatoren lassen sich zwar die Formaldehydemissionen erheblich mindern, nicht jedoch Methanemissionen. Problematisch ist auch, dass derzeit keine Aussagen zu den zu erwartenden Standzeiten von Katalysatoren zur Minderung von Formaldehydemissionen getroffen werden können. Dies wäre nur über eine kontinuierliche Überwachung der Funktionsfähigkeit der Katalysatoren möglich. Eine Verbesserung der Standzeiten kann u. U. durch eine regelmäßige Entstaubung der Katalysatoren erfolgen.

6. Ein negativer Einfluss der Abgasreinigungstechnik auf die Geruchsemissionen der BHKW-Abgase wurde nicht festgestellt. Bei zwei Anlagen mit Katalysator konnte eine Verringerung der Geruchsemissionen aus den BHKW-Abgasen von 10-18 % ermittelt werden. Insgesamt lagen aber alle Messwerte in dem Bereich, welcher in früheren Untersuchungen für Gas-Otto-Motoren ermittelt wurde.

Schlussfolgerungen

In Bezug auf die Emissionsminderung bei BHKW für Formaldehyd und Methan durch Katalysatoren ergibt sich weiter ein großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Der Schwerpunkt sollte dabei auf der Verbesserung der Standzeiten der Katalysatoren und auf der Einführung von bezahlbaren Einrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Funktionsfähigkeit von Katalysa-

toren liegen. Ein möglicher Weg könnte dabei, wie die durchgeführten Untersuchungen zeigen, die (kont.) Messung von CO sein.

Hinsichtlich der anzusetzenden Emissionsfaktoren für Gerüche aus BHKW-Abgasen sollten auch für BHKW mit Kat oder TNV die im Rahmen des Abschlussberichtes /1/ empfohlenen Werte von 3.000 GE/m³ für Gas-Otto-Motoren und 5.000 GE/m³ für Zündstrahlmotoren angewendet werden.



Abbildung 16: Messaufbau an einer Anlage

Literaturverzeichnis/Quellennachweis

/1/ Gerüche aus Abgasen bei Biogas-BHKW
Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 35/2008

/2/ Formaldehydemissionen aus Biogas-BHKW
Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 8/2009

/3/ Biogas-BHKW: Einflussparameter auf die Formaldehydemissionen
Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 16/2010

/4/ Formaldehyd- und Methanemissionen realer Anlagen mit Abgasnachbehandlungstechnologie
Markus Bauer, Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen, Technische Universität München, Vortrag CHD-CAVDMA-Workshop „Motoren in Biogasanlagen“ Frankfurt, 14. März 2011

/5/ Effiziente Methanentfernung durch Katalysatoren?
Dr. Stefan Koch, Vortrag CHD-CAVDMA-Workshop „Motoren in Biogasanlagen“ Frankfurt, 14. März 2011

/6/ Umweltlexikon
quality-Datenbank Klaus Gebhardt e.K.

Anhang 1

Auszüge aus den Messberichten zu den Messungen 2010 und 2010-2011

Für jede Anlage und Messkampagne liegt ein Messbericht vor, der bei Bedarf im LfULG angefordert werden kann.

Schwefelwasserstoff bei allen Messungen: Weil bei der ersten Probe keine Gelbfärbung der Sorptionslösung erkennbar war, wurden keine weiteren Proben entnommen und die Sorptionslösung nicht analysiert. Die Schwefelwasserstoffkonzentration im Abgas ist kleiner der Nachweisgrenze von 0,3 mg/m³.

Anlage 1 – 2010/2011

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Gülle und Feststoffe eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels Abgaswärmetauschers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird verschiedenen Abnehmern (Sozialgebäude, Büro, Stallanlagen, Gärtnerei) zugeleitet.

BHKW		
Motor:		
Typ:		TCG 2016 V12 Gas-Otto
Hersteller:		Deutz
Baujahr:		2005
Leistung:		555 kW
Thermische Leistung:	keine Angabe	
Generator:		
Typ:		HJB 400 LA4
Hersteller:		Marelli
Baujahr:		2005
Elektrische Leistung:	537 kW	

Beschreibung der Emissionsquelle:

	Abgaskamin BHKW
Höhe über Grund:	ca. 10 m
Austrittsfläche:	0,05 m²
Bauausführung:	Edelstahlrohrkamin

Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Rindergülle, Roggenschrot, Silage
Zum Einfluss der Einsatzstoffe auf das Emissionsverhalten liegen keine Kenntnisse in Bezug auf besonders relevante Mischungsverhältnisse vor. Die zum Zeitpunkt der Messung eingesetzte Zusammensetzung der Eingangsstoffe entspricht dem Normalbetrieb.

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

Oxydationskatalysator (keine weiteren Angaben verfügbar)

Zusammenfassung der Messergebnisse

	HCHO(1	FT-IR	O_2	CO	NO_x	Betriebsst. Motor	Betriebsst. Kat	NO	NO_2	
	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ .N.tr bez. 5% O_2	h	h	ppm	ppm	
09.07.2009						18758	0			neuer KAT
16.12.2009	101,3		8,27	186	459	22518	3760	158	21	
16.12.2009	100,4		8,29	185	457	22518	3760	156	21	
16.12.2009	104,1		8,27	185	454	22518	3760	155	21	
22.12.2009	21,0		8,38	36	438	22654	120	143	26	
22.12.2009	21,5		8,34	36	434	22654	120	141	26	neuer KAT
22.12.2009	21,6		8,33	36	435	22654	120	142	26	
07.04.2010	102,0		8,46	120	358	25053	2399	117	20	
07.04.2010	103,1		8,46	120	359	25053	2399	116	20	
07.04.2010	102,8		8,45	121	357	25053	2399	115	20	
19.04.2010	103,1	99,4	8,48	114	344	25340	2686	112	20	
19.04.2010	102,9	99,5	8,49	115	342	25340	2686	111	20	
19.04.2010	102,6	99,7	8,49	115	343	25340	2686	111	20	
20.04.2010						25364	0			neuer Kat
21.04.2010	18,4	14,6	8,43	32	381	25380	16	121	25	
21.04.2010	20,3	14,6	8,41	32	381	25380	16	122	25	
21.04.2010	20,4	14,6	8,42	32	381	25380	16	121	25	
29.04.2010	37,1	33,0	8,34	55	462	25570	206	153	25	Motorkennlinie geändert
29.04.2010	37,0	33,1	8,37	56	462	25570	206	153	25	
29.04.2010	37,9	33,9	8,39	56	458	25570	206	147	24	am 05.05. Turbolader gereinigt
06.05.2010	41,5	36,0	8,34	48	486	25764	400	158	29	
06.05.2010	40,4	36,1	8,34	47	485	25764	400	159	28	
06.05.2010	41,9	36,1	8,35	47	486	25764	400	159	29	
11.05.2010	49,6	42,9	8,54	60	530	25851	487	159	43	
11.05.2010	46,9	43,2	8,51	59	553	25851	487	161	50	
11.05.2010	51,4	43,0	8,52	59	556	25851	487	162	49	

Halbstundenmittelwerte vom 02.11.2011

von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Ges-C
		Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2
BHKW Jenbacher							
11:45	12:15	8,81	10,61	289	994	21	1642
12:15	12:45	8,78	10,63	293	988	22	1642
12:45	13:15	8,77	10,64	296	991	27	1653
13:15	13:45	8,76	10,65	303	987	26	1643
Max BHKW		8,81	10,65	303	994	27	1653
MW BHKW		8,78	10,63	295	990	24	1645
λ	1,72						

Halbstundenmittelwerte vom 08.11.2011

von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Ges-C
		Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2
10:05	10:35	8,52	10,90	299	78	1	1738
10:35	11:05	8,48	10,89	301	78	2	1710
11:05	11:35	8,47	10,89	305	78	2	1697
11:35	12:05	8,49	10,88	306	78	2	1694
12:05	12:35	8,50	10,89	308	81	4	1688
Max BHKW		8,52	10,90	308	82	4	1738
MW BHKW		8,49	10,89	304	79	2	1705
λ	1,68						

Komponente: **Formaldehyd**

			Probevolumen	Analysenergebnis	Konzentration	Konzentration bez. 5% O_2	Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³ i.N.tr.	mg/m³ i.N.tr.	g/h
Datum	Zeit	Probe					
02.11.2011	11:59 - 12:28	K1/K2	30,0	3080	102,7	134,7	210,9
	12:32 - 13:00	L1/L2	30,0	3700	123,3	161,4	252,8
	13:03 - 13:31	M1/M2	30,0	3660	122,0	159,6	250,0
08.11.2011	10:25-10:53	G1/G2	30,0	811	27,0	34,6	52,4
	11:02-11:30	H1/H2	30,0	866	28,9	36,9	55,9
	11:37-12:05	I1/I2	30,0	907	30,2	38,7	58,6

Komponente: **Geruch**

Datum: 08.11.2011			O_2-Gehalt Abgas	Konzentration	Geruchsstoffstrom
Lagerzeit	Probenahmezeit				
hh:mm	von	bis	Vol%	GE/m³	MGE/h
Probenahmestelle vor Katalysator					
03:21	10:38	11:00	8,48	3560	7,80
02:42	11:22	11:48	8,47	2520	5,52
02:25	11:50	12:15	8,49	2380	5,21
Probenahmestelle nach Katalysator					
04:21	10:31	11:00	8,48	2120	4,64
03:53	11:08	11:37	8,47	2000	4,38
03:29	11:40	12:10	8,49	2120	4,64
Bemerkung:	Nachweisgrenze: 10 GE/m³				
	Zeitpunkt der olfaktorischen Auswertung siehe IFU-Protokoll				

Messunsicherheiten 2010:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p\ mit\ p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Abgasgeschwindigkeit in m/s	24,9	2,3	22,6	27,3	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch)
Statischer Druck im Abgaskanal in Pa	205	11	194	216	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Barometrischer Luftdruck in kPa	99,1	0,2	98,9	99,3	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	112	4	108	116	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	205	8	196	213	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	8,44	0,2	8,24	8,64	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Ges-C in mg/m³	2065	83	1982	2148	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NO in mg/m³	217	16	201	233	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NO_2 in mg/m³	102	2,5	99,5	104,5	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	556	25	531	581	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	60	8	52	68	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	4	0,3	3,7	4,3	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd in mg/m³	51,4	3,6	47,8	55	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Messunsicherheiten 2011:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p \text{ mit } p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
02.11.2011					
Barometrischer Luftdruck in kPa	99,5	0,2	99,3	99,7	1)
Abgasfeuchte in g/m³	104	3	101	107	1)
Abgastemperatur in °C	436	18	418	454	1)
O_2 in Vol%	8,81	0,3	8,5	9,1	1)
NOx in mg/m³	303	12	291	315	1)
CO in mg/m³	994	19	975	1012	1)
SO_2 in mg/m³	27	2	25	29	1)
Ges-C mg/m³	1653	24	1629	1677	2)
Formaldehyd(AHMT) in mg/m³	161,4	1,0	160,4	162,4	2)
08.11.201					
Barometrischer Luftdruck in kPa	99,8	0,2	99,6	100,0	1)
Abgasfeuchte in g/m³	104	3	101	107	1)
Abgastemperatur in °C	161	7	154	168	1)
O2 in Vol%	8,52	0,3	8,3	8,8	1)
NOx in mg/m³	308	12	296	320	1)
CO in mg/m³	81	2	80	83	1)
SO2 in mg/m³	4	0	3	4	1)
Ges-C mg/m³	1738	24	1714	1762	2)
Formaldehyd(AHMT) in mg/m³	38,7	1,0	37,7	39,7	2)
Gerüche in GE/m³	3560	290	3270	3850	3)

Anlage 2 - 2009/2010

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Gülle und Feststoffe eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels Abgaswärmetauschers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird verschiedenen Abnehmern zugeleitet.

BHKW1:		
Motor:		
Typ:		G 3412 TA Gas-Otto
Hersteller:		Caterpillar
Baujahr:		2007
Leistung:		340 kW
Thermische Leistung:	keine Angabe	
Generator:		
Typ:		HCI 534 E2
Hersteller:		Stamford
Baujahr:		2007
Elektrische Leistung:	340 kW	

Beschreibung der Emissionsquelle:

	Abgaskamin BHKW
Höhe über Grund:	ca. 10 m
Austrittsfläche:	0,03 m²
Bauausführung:	Edelstahlrohrkamin

Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Gülle, Roggenschrot, Maissilage, Maisschrot, Wasser
Zum Einfluss der Einsatzstoffe auf das Emissionsverhalten liegen keine Kenntnisse in Bezug auf besonders relevante Mischungsverhältnisse vor. Die zum Zeitpunkt der Messung eingesetzte Zusammensetzung der Eingangsstoffe entspricht dem Normalbetrieb.

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

Oxydationskatalysator (keine weiteren Angaben verfügbar)

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom 03.06.2010

von	bis	O_2	NO_x	CO	SO_2	CH_4-FT-IR
		Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr
BHKW: Volllast 537 kW						
11:30	12:00	7,08	521	57	17	2024
12:00	12:30	7,08	520	56	17	2001
12:30	13:00	7,09	521	56	17	1959
13:00	13:30	7,04	543	54	16	1983
Max BHKW		7,09	543	57	17	2024
MW BHKW		7,07	526	56	17	1992
λ	1,51					

Halbstundenmittelwerte vom 15.06.2010

von	bis	O_2	NO_x	CO	SO_2	CH_4-FT-IR
		Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr
BHKW: Volllast 537 kW						
11:00	11:30	6,89	499	45	4	2023
11:30	12:00	6,78	536	45	5	2007
12:00	12:30	6,92	483	47	5	1987
12:30	13:00	6,82	540	45	5	1994

Formaldehyd Probevolumen		Analysenergebnis		Konzentration	Konzentration bez. 5 % O_2		Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³	mg/m³	kg/h
Datum			Zeit		Probe		
21.10.2009							
BHKW 1: 340 kW Gas-Otto-Motor nach Wartung							
G16	11:02-11:33	G1/G2	30,0	253	8,4	9,6	0,01
H16	11:38-12:09	H1/H2	30,0	301	10,0	11,4	0,01
I16	12:12-12:43	I1/I2	30,0	312	10,4	11,7	0,01
BHKW 2: 160 kW Gas-Otto-Motor nach Wartung							
K13	13:16-13:47	K1/K2	30,0	494	16,5	17,9	0,01
L13	13:52-14:23	L1/L2	30,0	479	16,0	17,2	0,01
M13	14:26-14:57	M1/M2	30,0	490	16,3	17,7	0,01
Bemerkung		Nachweisgrenze: 20 µg/Probe					
nach Wartung							

	FT-IR HCHO	Einzelmessung AHMT HCHO		
	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2
03.06.2010	9,8	-	14,2	15,2
04.06.2010	10,3			
05.06.2010	10,6			
06.06.2010	9,8			
07.06.2010	9,7			
08.06.2010	10,4			
09.06.2010		Ausfall		
10.06.2010		Reparatur		
11.06.2010		Wartung		
12.06.2010	9,2			
13.06.2010	9,7			
14.06.2010	9,6			
15.06.2010	9,1	14,2	15,1	15,5
16.06.2010	9,9			
17.06.2010	9,8			
18.06.2010	9,9			
19.06.2010	9,9			
20.06.2010	10,0			
21.06.2010	10,0			
22.06.2010	9,5			
23.06.2010	9,4			
24.06.2010	9,0			
25.06.2010	9,0			
Max	10,6			
Min	9,0			
MW	9,7			
STAW	0,44			
Median	9,8			

Messunsicherheiten 2010:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p \text{ mit } p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Abgasgeschwindigkeit in m/s	22,3	2,1	20,2	24,4	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch)
Statischer Druck im Abgaskanal in Pa	1000	56	944	1056	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Barometrischer Luftdruck in kPa	94,5	0,2	94,3	94,7	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	107	3	104	110	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	208	8	200	216	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	7,1	0,2	6,9	7,3	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	543	22	522	565	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	57	1	56	58	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	17	1	16	19	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd in mg/m³	15,2	3,6	11,6	18,8	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Anlage 3 - 2010/2011

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Feststoffe (NAWARO) eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels Abgaswärmetauschers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird verschiedenen Abnehmern (Schulungsgebäude, Sozialgebäude, Büro) zugeleitet.

BHKW:		
Motor:		
Typ:		J312 GSC21 V12 Gas-Otto
Hersteller:		GE Jenbacher
Baujahr:		2010
Leistung:		646 kW
Thermische Leistung:	keine Angabe	
Generator:		
Typ:		LSA C 49.129 CGS 14
Hersteller:		Leroy Somer
Baujahr:		2010
Elektrische Leistung:	702 kW	

Beschreibung der Emissionsquelle:

	Abgaskamin BHKW
Höhe über Grund:	ca. 10 m
Austrittsfläche:	0,05 m²
Bauausführung:	Edelstahlrohrkamin

Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Mais, Getreideschrot, Gras
Zum Einfluss der Einsatzstoffe auf das Emissionsverhalten liegen keine Kenntnisse in Bezug auf besonders relevante Mischungsverhältnisse vor. Die zum Zeitpunkt der Messung eingesetzte Zusammensetzung der Eingangsstoffe entspricht dem Normalbetrieb.

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

Thermalreaktor: Abgasnachbehandlungssystem CL.AIR®

Typ	438528
Baujahr	2010

CL.AIR ist ein System zur thermischen Nachverbrennung von Motorabgasen. Nach Aufheizen des Abgases auf ca. 800 °C erfolgt die Oxidation der unverbrannten Kohlenwasserstoffe und des Kohlenstoffmonoxids zu Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid. Das CL.AIR-System ist als regenerativer Wärmetauscher aufgebaut und besteht aus zwei Speichermassen, einer Reaktionskammer und einem Umschaltmechanismus. Das Abgas strömt mit einer Temperatur von etwa 530 °C vom Motor kommend über den Umschaltmechanismus in die erste Speichermasse, wo es auf ungefähr 800 °C aufgeheizt wird. In der Reaktionskammer reagiert das Abgas mit dem vorhandenen Sauerstoff, wobei Kohlenmonoxid und unverbrannte Kohlenwasserstoffe zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert werden. Beim Durchströmen der zweiten Speichermasse gibt das Abgas wieder Wärme ab und erreicht mit einer Temperatur von 550-570 °C den Umschaltmechanismus, der es dem Kamin oder einem nachgeschalteten Abhitzekessel zuleitet.

Zusammenfassung der Messergebnisse

	HCHO[1]	HCHO FT-IR	Methan FT-IR	O_2	CO	NOx	Betriebsst. Motor	Betriebsst. Kat	NO	NO_2
	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ .N.tr bez. 5% O_2	h	h	ppm	ppm
08.10.2010		k.M.	21,2	6,69	466	404	31579		113	63
09.10.2010		k.M.	14,5	6,72	426	382			103	63
10.10.2010		k.M.	11,9	6,65	432	366			98	62
11.10.2010	3,8	1,6	12,7	6,88	484	388			96	61
12.10.2010		1,7	13,5	7,10	465	414			109	66
13.10.2010	1,6	11,0	107,5	7,04	392	420			117	62
14.10.2010		0,6	11,8	7,04	392	420			117	62
15.10.2010		0,6	10,3	7,00	365	413			116	61
16.10.2010		0,7	9,4	6,81	303	392			112	58
17.10.2010		0,6	7,0	6,90	416	395			107	62
18.10.2010		0,7	5,4	7,01	456	414			111	66
19.10.2010		14,3	42,1	9,53	358	353			96	52
20.10.2010		22,7	114,2	7,17	298	434			124	59
21.10.2010		6,8	61,1	7,17	298	434			124	59
22.10.2010		8,4	55,2	7,65	231	396			117	52
23.10.2010		2,3	7,0	7,01	386	401			111	60
24.10.2010		2,3	5,8	7,04	367	406			113	60
25.10.2010	2,0	2,7	8,7	7,33	213	441			129	56
26.10.2010		5,1	30,3	7,67	310	393			110	56
27.10.2010		7,4	25,6	8,33	380	398			108	58
28.10.2010		3,3	6,5	7,22	335	414			116	58
29.10.2010		2,6	8,6	7,14	441	378			104	59
30.10.2010		2,3	10,4	6,92	464	385			104	61
31.10.2010		2,7	9,7	7,00	502	393			106	62

Komponente: **Geruch** nach CL-Air

Datum: 16.06.2011			O_2-Gehalt Abgas	Konzentration	Geruchsstoffstrom	
Lagerzeit	Probenahmezeit					
Minuten	von	bis	Vol%	GE/m³	MGE/h	
291	09:57	10:28	6,87	1780	4,42	Volllast
263	10:33	11:05	6,85	2520	6,26	Volllast
218	11:29	12:00	6,84	2830	7,03	Volllast
Bemerkung:	Nachweisgrenze: 10 GE/m³					
	Zeitpunkt der olfaktorischen Auswertung siehe IFU-Protokoll					

Datum: 16.06.2011			O_2-Gehalt Abgas	Konzentration	Geruchsstoffstrom	
Lagerzeit	Probenahmezeit					
Minuten	von	bis	Vol%	GE/m³	MGE/h	
232	09:57	10:28	6,87	2240	5,56	Volllast
201	10:36	11:08	6,85	1780	4,42	Volllast
161	11:28	11:58	6,84	1780	4,42	Volllast
Bemerkung:	Nachweisgrenze: 10 GE/m³					
	Zeitpunkt der olfaktorischen Auswertung siehe IFU-Protokoll					

Tagesmittelwerte 08.06.2011 - 22.06.2011

Reingas

von	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Ges-C	Methan FT-IR	HCHO FT-IR	H_2O-FT-IR	H_2O-FT-IR	λ
	Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	Vol%	g/m³	
BHKW Jenbacher											
08.06.2011	6,41	15,61	453	81	7		3,59		14,16	114	1,44
09.06.2011	6,51	14,56	501	64	18		11,37		13,31	107	1,45
10.06.2011	6,42	13,46	503	62	22	35,40	14,11		13,54	109	1,44
11.06.2011	6,48	13,31	482	72	24	46,01	8,35	1,20	13,71	110	1,45
12.06.2011	6,57	13,17	482	82	29	51,00	5,79	1,41	13,56	109	1,46
13.06.2011	6,60	13,08	481	83	45	53,47	7,55	2,01	13,55	109	1,46
14.06.2011	6,57	13,14	490	75	30	34,27	14,99	1,84	13,80	111	1,46
15.06.2011	6,56	13,48	481	81	38	23,75	19,05	2,50	14,08	113	1,45
16.06.2011	6,74	13,25	464	98	24	21,92	14,58	2,15	13,99	112	1,47
17.06.2011	6,74	13,17	484	94	19	19,95	12,18	2,93	13,58	109	1,47
18.06.2011	6,64	13,20	469	97	13	18,81	12,93	2,88	13,59	109	1,46
19.06.2011	6,76	13,00	496	94	13	17,17	10,02	3,25	13,39	108	1,47
20.06.2011	6,68	13,10	515	79	12	16,46	9,80	3,47	13,57	109	1,47
21.06.2011	6,64	13,16	480	90	16	16,01	8,47	3,00	13,89	112	1,46
22.06.2011	6,37	12,80	499	57	18	14,41	16,72	2,66	13,61	109	1,44

Messunsicherheiten 2010:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p\ mit\ p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Abgasgeschwindigkeit in m/s	34,1	3,2	30,9	37,3	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch)
Statischer Druck im Abgaskanal in Pa	750	42	708	792	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Barometrischer Luftdruck in kPa	975,0	1,6	973,4	976,6	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	101	3	98	105	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	226	9	217	235	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	7,1	0,2	6,9	7,3	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	408	16	392	425	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	475	9	466	484	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	9	1	9	10	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd in mg/m³	4,9	3,6	1,3	8,5	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Messunsicherheiten 2011:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p \text{ mit } p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Barometrischer Luftdruck in kPa	99,4	0,2	99,2	99,6	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	100	3	97	103	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	188	8	180	196	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	7,0	0,2	6,8	7,2	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	459	23	436	482	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	112	3	109	115	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	45	11,0	34	56	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd (FT-IR)in mg/m³	20,0	2,0	18,0	22,0	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Ges-C mg/m³	15	0,5	14	16	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Methan in mg/m³	10,4	4	6,4	14,4	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Wasserdampf Vol%	14,66	0,4	14,3	15,1	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd(AHMT) in mg/m³	2,5	1,0	1,5	3,5	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Gerüche in GE/m³	2830	290	2540	3120	Protokoll IfU

Anlage 4 - 2010

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Gülle und Feststoffe eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels Abgaswärmetauschers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird verschiedenen Abnehmern (Sozialgebäude, Büro, Stallanlagen) zugeleitet.

BHKW:		
Motor:		
Typ:		TBG 616 V16k Gas-Otto
Hersteller:		MWM
Baujahr:		2008
Leistung:		630 kW
Thermische Leistung:		
Generator:		
Typ:		HC.I634 K-CG
Hersteller:		Newage Stamford
Baujahr:		2009
Elektrische Leistung:	Soll 1110 kW	

Beschreibung der Emissionsquelle:

	Abgaskamin BHKW
Höhe über Grund:	ca. 10 m
Austrittsfläche:	0,05 m²
Bauausführung:	Edelstahlrohrkamin

Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Gülle, Getreideschrot, Mais
Zum Einfluss der Einsatzstoffe auf das Emissionsverhalten liegen keine Kenntnisse in Bezug auf besonders relevante Mischungsverhältnisse vor. Die zum Zeitpunkt der Messung eingesetzte Zusammensetzung der Eingangsstoffe entspricht dem Normalbetrieb.

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

Oxydationskatalysator, keine näheren Angaben verfügbar

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom 26.05.2010

von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Methan FT-IR
		Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr
BHKW MWM TBG 616 V16K Deutz: 630 kW Gas-Otto-Motor							
10:55	11:25	6,92	12,07	319	34	14	647
11:25	11:55	7,00	11,99	319	36	16	670
11:55	12:25	6,95	12,02	301	33	16	715
12:25	12:55	6,89	12,07	276	29	16	751
Max BHKW		7,00	12,07	319	36	16	751
MW BHKW		6,94	12,04	304	33	15	696
λ 1,49							

			Probevolumen	Analysenergebnis	Konzentration	Konzentration bez. 5 % O_2	Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³ i.N.tr.	mg/m³ i.N.tr.	kg/h
Datum	Zeit	Probe					
26.05.2010							
BHKW MWM TBG 616 V16K Deutz: 630 kW Gas-Otto-Motor							
Cau G2	10:56 - 11:28	G1/G2	30,0	154	5,1	5,8	0,01
Cau H2	11:33 - 12:06	H1/H2	30,0	282	9,4	10,7	0,02
Cau I2	12:10 - 12:43	I1/I2	30,0	282	9,4	10,7	0,02
Bemerkung Nachweisgrenze: 10 µg/Probe							

Messunsicherheiten:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p \text{ mit } p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Abgasgeschwindigkeit in m/s	31,0	2,9	28,1	33,9	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch)
Statischer Druck im Abgaskanal in Pa	250	14	236	264	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Barometrischer Luftdruck in kPa	97,1	0,2	96,9	97,3	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	109	3	106	112	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	372	15	357	387	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	7,0	0,2	6,8	7,2	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	319	25	294	344	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	36	9	27	44	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	16	1	15	17	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd in mg/m³	10,7	3,6	7,1	14,3	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Anlage 5 - 2010

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Gülle und Feststoffe eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels Abgaswärmetauschers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird verschiedenen Abnehmern (Sozialgebäude, Büro, Stallanlagen) zugeleitet.

BHKW:		
Motor:		
Typ:		E2842 LE322 V12 Gas-Otto
Hersteller:		MAN
Baujahr:		2009
Leistung:		360 kW
Thermische Leistung:		
Generator:		
Typ:		LSA 47.1 L0/4P
Hersteller:		Leroy Somer
Baujahr:		2009
Elektrische Leistung:	Soll 450 kW	

Beschreibung der Emissionsquelle:

	Abgaskamin BHKW
Höhe über Grund:	ca. 10 m
Austrittsfläche:	0,03 m²
Bauausführung:	Edelstahlrohrkamin

Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Gülle, Getreideschrot, Mais
Zum Einfluss der Einsatzstoffe auf das Emissionsverhalten liegen keine Kenntnisse in Bezug auf besonders relevante Mischungsverhältnisse vor. Die zum Zeitpunkt der Messung eingesetzte Zusammensetzung der Eingangsstoffe entspricht dem Normalbetrieb.

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

keine

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom 20.05.2010

von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Methan FT-IR
		Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr
BHKW: 11:16 bis 12:17 Volllast 360 kW 12 :18 bis 13:20 Teillast 300 kW							
11:15	11:46	5,14	14,92	1345*	407	8	473
11:46	12:16	5,15	14,92	1115*	454	9	574
12:16	12:46	5,21	14,87	973	478	8	622
12:46	13:16	5,20	14,87	988*	476	9	609
Max BHKW		5,21	14,92	1345*	478	9	622
MW BHKW		5,18	14,89	1105*	454	9	570
λ 1,33							

			Probevolumen	Analysenergebnis	Konzentration	Konzentration bez. 5 % O_2	Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³ i.N.tr.	mg/m³ i.N.tr.	kg/h
Datum	Zeit	Probe					
19.05.2010							
BHKW MAN E2842LE322: 380 kW Gas-Otto-Motor							
GAL K1	11:29 - 12:02	G1/G2	30,0	1010	33,7	34,0	0,05
GAL M1	12:06 - 12:39	H1/H2	30,0	1330	44,3	44,9	0,07
GAL L1	12:43 - 13:17	I1/I2	30,0	1170	39,0	39,5	0,06
Bemerkung	Nachweisgrenze: 10 µg/Probe						

Messunsicherheiten:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Messunsicherheit $U_{p\ mit\ p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Abgasgeschwindigkeit in m/s	32,0	3,0	29,0	35,0	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch)
Statischer Druck im Abgaskanal in Pa	220	12	208	232	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Barometrischer Luftdruck in kPa	99,2	0,2	99,0	99,4	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	132	4	128	136	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	388	16	372	404	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	6,5	0,2	6,4	6,7	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	1345	25	1320	1370	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	478	9	469	486	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	9	0,7	8	9	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd in mg/m³	44,9	3,6	41,3	48,5	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Anlage 6 - 2010

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Gülle und Feststoffe eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels Abgaswärmetauschers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird verschiedenen Abnehmern (Sozialgebäude, Büro, Stallanlagen) zugeleitet.

BHKW:		
Motor:		
Typ:		E0836LE202 R6 Gas-Otto
Hersteller:		MAN
Baujahr:		2009
Leistung:		104 kW
Thermische Leistung:	241 kW	
Generator:		
Typ:		UCI 274 G
Hersteller:		Stamford
Baujahr:		2009
Elektrische Leistung:	Soll 144 kW	

Beschreibung der Emissionsquelle:

	Abgaskamin BHKW
Höhe über Grund:	ca. 5 m
Austrittsfläche:	0,01 m²
Bauausführung:	Edelstahlrohrkamin

Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Gülle, Getreideschrot, Mais
Zum Einfluss der Einsatzstoffe auf das Emissionsverhalten liegen keine Kenntnisse in Bezug auf besonders relevante Mischungsverhältnisse vor. Die zum Zeitpunkt der Messung eingesetzte Zusammensetzung der Eingangsstoffe entspricht dem Normalbetrieb.

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

keine

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom		20.07.2010							
		NGA					FT-IR		
von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	H_2O	HCHO	CH_4
		Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr
BHKW: Volllast 104 kW									
11:20	11:50	5,03	15,26	1373	476	20	15,4	40,5	546
11:50	12:20	4,99	15,30	1415	475	20	15,3	40,0	539
12:20	12:50	5,00	15,28	1377	477	20	15,4	40,2	543
12:50	13:20	4,99	15,29	1361	477	20	15,4	40,2	540
13:45	14:15	5,11	15,15	1334	481	20	15,3	40,4	535
Max BHKW		5,11	15,30	1386	1415	20	15,4	40,5	546
MW BHKW		5,00	15,28	1353	1382	20	15,4	40,3	541
λ		1,31							

			Probevolumen	Analysenergebnis	Konzentration	Konzentration bez. 5 % O_2	Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³ i.N.tr.	mg/m³ i.N.tr.	kg/h
Datum	Zeit	Probe					
20.07.2010							
BHKW: Volllast 104 kW							
G28	12:51-13:24	G1/G2	30,0	1392	46,4	46,4	0,02
H28	11:38-12:11	H1/H2	30,0	1356	45,2	45,2	0,02
I28	12:14-12:47	I1/I2	30,0	1378	45,9	45,9	0,02
Bemerkung	Nachweisgrenze: 10 µg/Probe						

Messunsicherheiten:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p\ mit\ p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Abgasgeschwindigkeit in m/s	32,0	3,0	29,0	35,0	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch)
Statischer Druck im Abgas-kanal in Pa	1500	12	1488	1512	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Barometrischer Luftdruck in kPa	100,7	0,2	100,5	100,9	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	123	4	119	127	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	179	4	175	183	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	5,1	0,2	4,9	5,3	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	1415	25	1390	1440	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	481	9	472	490	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	20	0,7	19	21	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd in mg/m³	46,4	3,6	42,8	50,0	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Anlage 7 - 2010

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Gülle und Feststoffe eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels Abgaswärmetauschers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird verschiedenen Abnehmern (Sozialgebäude, Büro, Stallanlagen) zugeleitet.

BHKW:		
Motor:		
Typ:		AoB 3042 L1 V12 Gas-Otto
Hersteller:		MDE
Baujahr:		2009
Leistung:		343 kW
Thermische Leistung:		
Generator:		
Typ:		keine Angabe
Hersteller:		LS
Baujahr:		2004
Elektrische Leistung:	Ist 340 kW	

Beschreibung der Emissionsquelle:

	Abgaskamin BHKW
Höhe über Grund:	ca. 10 m
Austrittsfläche:	0,03 m²
Bauausführung:	Edelstahlrohrkamin

Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Rindergülle, Roggenschrot, Silage
Zum Einfluss der Einsatzstoffe auf das Emissionsverhalten liegen keine Kenntnisse in Bezug auf besonders relevante Mischungsverhältnisse vor. Die zum Zeitpunkt der Messung eingesetzte Zusammensetzung der Eingangsstoffe entspricht dem Normalbetrieb.

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

keine

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom 19.05.2010

von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Methan FT-IR
		Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr
BHKW: Volllast 340 kW							
11:30	12:00	6,45	12,38	656	393	3	362
12:00	12:30	6,47	12,40	705	388	4	354
12:30	13:00	6,55	12,32	652	392	3	362
Max BHKW		6,55	12,40	705	393	4	362
MW BHKW		6,49	12,37	671	391	3	359
λ	1,45						

			Probevolumen	Analysenergebnis	Konzentration	Konzentration bez. 5 % O_2	Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³ i.N.tr.	mg/m³ i.N.tr.	kg/h
Datum	Zeit	Probe					
19.05.2010							
BHKW MDE AoB 3042 L1: 340 kW Gas-Otto-Motor							
MET G1	11:35-12:08	G1/G2	30,0	950	31,7	34,8	0,04
MET I1	12:16-12:49	I1/I2	30,0	1100	36,7	40,5	0,05
Bemerkung	Nachweisgrenze: 20 µg/Probe						
	Probe MET H1 verunreinigt, nicht auswertbar						

Messunsicherheiten:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p\ mit\ p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Abgasgeschwindigkeit in m/s	30,5	2,9	27,6	33,3	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch)
Statischer Druck im Abgaskanal in Pa	280	16	264	296	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Barometrischer Luftdruck in kPa	98,2	0,2	98,1	98,4	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	118	4	114	122	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	420	17	403	437	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	6,5	0,2	6,4	6,7	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	705	25	680	730	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	393	8	385	401	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	4	0,3	3	4	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd in mg/m³	40,6	3,6	37,0	44,2	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Anlage 8 - 2010

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Gülle und Feststoffe eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels Abgaswärmetauschers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird verschiedenen Abnehmern (Sozialgebäude, Büro, Stallanlagen) zugeleitet.

Motor:	BHKW
Typ:	E 2842 LE312 Gas-Otto
Hersteller:	MAN
Baujahr:	2006
Leistung:	400 kW

Beschreibung der Emissionsquellen:

	Abgaskamin BHKW1	Abgaskamin BHKW2
Höhe über Grund:	ca. 10 m	ca. 10 m
Austrittsfläche:	0,038 m²	0,02 m²
Bauausführung:	Edelstahlrohrkamin	

Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Gülle, Getreideschrot, Maissilage, Grassilage, Mist
Zum Einfluss der Einsatzstoffe auf das Emissionsverhalten liegen keine Kenntnisse in Bezug auf besonders relevante Mischungsverhältnisse vor. Die zum Zeitpunkt der Messung eingesetzte Zusammensetzung der Eingangsstoffe entspricht dem Normalbetrieb.

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

keine

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom 01.06.2010

von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Methan FT-IR
		Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr
BHKW MDE B3042 L3 343 kW							
13:04	13:34	5,43	14,54	619	377	57	310
13:34	14:04	5,68	14,31	461	410	57	370
14:04	14:34	5,71	14,28	450	413	56	369
Max BHKW		5,71	14,54	619	413	57	370
MW BHKW		5,61	14,38	510	400	57	350
λ	1,36						

			Probevolumen	Analysenergebnis	Konzentration	Konzentration bez. 5 % O_2	Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³ i.N.tr.	mg/m³ i.N.tr.	kg/h
Datum	Zeit	Probe					
01.06.2010							
BHKW MDE B3042 L3 343 kW							
Rei G3	12:53 - 13:26	G1/G2	30,0	876	29,2	30,0	0,04
Rei H3	13:41 - 14:15	H1/H2	30,0	957	31,9	33,3	0,04
Rei I3	14:17-14:49	I1/I2	30,0	1030	34,3	35,9	0,05
Bemerkung	Nachweisgrenze: 10 µg/Probe						

Messunsicherheiten:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p\ mit\ p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Barometrischer Luftdruck in kPa	97,4	0,2	97,2	97,6	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	119	4	115	123	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	233	9	224	243	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	5,7	0,2	5,5	5,9	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	619	25	595	644	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	413	8	405	421	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	57	4	52	61	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd in mg/m³	35,9	3,6	32,3	39,5	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Anlage 9– 2010

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Gülle und Feststoffe eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels Abgaswärmetauschers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird verschiedenen Abnehmern (Sozialgebäude, Büro, Stallanlagen) zugeleitet.

Motor:	BHKW1	BHKW2
Typ:	E 2842 LE312	E 2876 LE302
Hersteller:	MAN	MAN
Baujahr:	2007	2006
Leistung:	360 (305) kW	210 (170) kW

Beschreibung der Emissionsquellen:

	Abgaskamin BHKW1	Abgaskamin BHKW2
Höhe über Grund:	ca. 10 m	ca. 10 m
Austrittsfläche:	0,04 m²	0,02 m²
Rechtswert/Hochwert:	13°03´02´´Ost, 50°58´26´´Nord	
Bauausführung:	Edelstahlrohrkamin	

Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Gülle, Getreideschrot, Maissilage, Grassilage
Zum Einfluss der Einsatzstoffe auf das Emissionsverhalten liegen keine Kenntnisse in Bezug auf besonders relevante Mischungsverhältnisse vor. Die zum Zeitpunkt der Messung eingesetzte Zusammensetzung der Eingangsstoffe entspricht dem Normalbetrieb.

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

keine

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom 02.06.2010

von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Methan FT-IR
		Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	Mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	Mg/m³ i.N.tr
BHKW MAN E2842 LE 312 305 kW V12							
10:50	11:20	6,50	13,42	464	441	170	394
11:20	11:50	6,51	13,40	435	445	180	408
11:50	12:20	6,50	13,40	451	439	187	409
Max BHKW		6,51	13,42	464	445	187	409
MW BHKW		6,50	13,40	450	442	179	404
λ	1,45						
BHKW MAN E2876 LE 302 170 kW R6							
12:50	13:20	5,88	14,01	418	318	194	365
λ	1,39						

BHKW MAN E2842 LE 312 305 kW V12							
von	bis	O_2	CO_2	H2O	NO_x	HCHO	CO
		Vol%	Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2
10:50	11:20	6,50	13,58	14,2	499	33,2	77
11:21	11:51	6,51	13,56	14,2	444	33,9	451
11:52	12:22	6,50	13,58	14,3	478	33,1	438
Max BHKW		6,51	13,58	14,26	499	34	451
MW BHKW		6,50	13,57	14,23	474	33	322
λ	1,45						

BHKW MAN E2876 LE 302 170 kW R6							
von	bis	O_2	CO_2	H_2O	NO_x	HCHO	CO
		Vol%	Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2
12:50	13:21	5,88	14,11	14,8	455	23,4	312
λ	1,39						

	BHKW MAN E2842 LE 312 305 kW V12		Probevolumen	Analysenergebnis	Konzentration	Konzentration bez. 5% O_2	Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³ i.N.tr.	mg/m³ i.N.tr.	kg/h
Datum02.06.2010	Zeit	Probe					
Sei K3	10:52 - 11:24	K1/K2	30,0	579	19,3	21,3	0,03
Sei L3	11:29 - 12:02	L1/L2	30,0	878	29,3	32,3	0,05
Sei M3	12:05 - 12:38	M1/M2	30,0	623	20,8	22,9	0,03

Messunsicherheiten:

Messkomponente y	maximaler Messwert ymax	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p\ mit\ p = 95\ \%}$	ymax - Up	ymax + Up	Bestimmungsmethode
Abgasgeschwindigkeit in m/s	41,8	3,9	37,9	45,7	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch)
Statischer Druck im Abgaskanal in Pa	926	52	874	978	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Barometrischer Luftdruck in kPa	96,9	0,2	96,7	97,1	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	119	4	115	123	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	229	9	220	238	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O2 in Vol%	6,5	0,2	6,3	6,7	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	464	25	439	489	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	445	8	437	453	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO2 in mg/m³	187	8	179	195	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd in mg/m³	32,3	3,6	28,7	35,9	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Anlage 10 - 2010

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Gülle und Feststoffe eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels Abgaswärmetauschers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird verschiedenen Abnehmern (Sozialgebäude, Büro, Stallanlagen) zugeleitet.

Motor:	BHKW2 MS2	BHKW1 MS
Typ:	B 3042L3	B 3042L1
Hersteller:	MDE	MDE
Baujahr:	2006	2005
Leistung:	363 kW	363 kW
Thermische Leistung:	472 kW	472 kW

Generator:	BHKW MS2	BHKW MS
Typ:	LSA C67.2M7 C6/4	LSA C67.2M7 C6/4
Hersteller:	Leroy Sommer	Leroy Sommer
Baujahr:	2006	2006
Elektrische Leistung:	400 kW	400 kW

Beschreibung der Emissionsquellen:

	Abgaskamin BHKW2	Abgaskamin BHKW1
Höhe über Grund:	ca. 10 m	ca. 10 m
Austrittsfläche:	0,03 m²	0,03 m²
Bauausführung:	Edelstahlrohrkamin	

Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe:

Gülle, Getreideschrot, Mais
Zum Einfluss der Einsatzstoffe auf das Emissionsverhalten liegen keine Kenntnisse in Bezug auf besonders relevante Mischungsverhältnisse vor. Die zum Zeitpunkt der Messung eingesetzte Zusammensetzung der Eingangsstoffe entspricht dem Normalbetrieb.

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

keine

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom 27.05.2010

von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Methan FT-IR
		Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr
BHKW MDE B3042 L3 363 kW							
10:55	11:25	5,99	13,80	638	338	133	217
11:25	11:55	6,02	13,77	634	336	135	219
11:55	12:25	5,96	13,81	673	334	129	215
Max BHKW		6,02	13,81	673	338	135	219
MW BHKW		5,99	13,79	648	336	132	217
λ 1,40							
BHKW MDE B3042 L1 363 kW							
12:42	13:12	4,89	14,85	1057	310	122	774
13:12	13:42	4,99	14,77	985	313	119	811
Zündkerzenwechsel							
14:30	15:00	5,90	13,83	471	356	116	696
Max BHKW		5,90	14,85	1057	356	122	811
MW BHKW		5,26	14,48	838	326	119	760
λ 1,33							

BHKW MDE B3042 L3 363 kW 27.05.2010

von	bis	O_2	CO_2	H_2O	HCHO
		Vol%	Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.trbez. 5% O_2
10:55	11:25	5,99	13,91	14,5	26,3
11:26	11:56	6,02	13,86	14,5	26,3
11:57	12:27	5,96	13,88	14,6	25,8
Max BHKW		6,02	13,91	14,58	26
MW BHKW		5,99	13,88	14,54	26

BHKW MDE B3042 L1 363 kW 27.05.2010

von	bis	O_2	CO_2	H_2O	HCHO
		Vol%	Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2
12:42	13:12	4,89	14,71	15,3	47,8
13:13	13:43	4,99	14,74	15,4	47,6
Zündkerzenwechsel					
14:30	15:00	5,90	13,93	14,7	42,6
Max BHKW		5,90	14,74	15,4	47,8
MW BHKW		5,26	14,46	15,1	46

			Probevolumen	Analysenergebnis	Konzentration	Konzentration bez. 5% O_2	Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³ i.N.tr.	mg/m³ i.N.tr.	kg/h
Datum	Zeit	Probe					
26.05.2010							
BHKW MDE B3042 L3 363 kW							
Wes K2	10:56 - 11:28	K1/K2	30,0	896	29,9	31,8	0,04
Wes L2	11:33 - 12:06	L1/L2	30,0	894	29,8	31,8	0,04
Wes M2	12:10 - 12:43	M1/M2	30,0	849	28,3	30,1	0,04
Bemerkung	Nachweisgrenze: 10 µg/Probe						

Messunsicherheiten:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p\ mit\ p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Abgasgeschwindigkeit in m/s					indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch)
Statischer Druck im Abgas-kanal in Pa					indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Barometrischer Luftdruck in kPa	98,2	0,2	98,0	98,4	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	123	4	120	127	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	214	9	205	223	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	6,0	0,2	5,8	6,2	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	673	25	648	698	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	356	8	348	364	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	135	10	125	145	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd in mg/m³	31,8	3,6	28,2	35,4	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Anlage 11 - 2007/2010

Beschreibung der Anlage:

Probebetrieb Dez. 2005 - Inbetriebnahme 15.03.2006
Vergärung von Rindergülle von ca. 1.300 GVE, 4.000 t/a Mais-, GP-Silage und Getreide
zwei Gärbehälter aus Stahlbeton, je 2.280 m³ Brutto
mittlere Verweildauer des Substrates: 49 Tage
Feststoff-Annahmedosierer 38 m³ Vorrat in Grube,
Großpaddelrührwerk mit waagerechter Welle
mesophile Fahrweise der Fermenter: 40 °C
Tragluftdächer (Abdeckung, Puffer je 700 m³)
1 Gas-Otto-BHKW mit 526 kW elektr. Leistung (GE Jenbacher AG), 1 Biogas-Notkessel 900 kW therm. Stromerzeugung, geplant 4,0 Mio kWh/a
komplette Ausspeisung des erzeugten Stromes über neue MS-Trafostation
Wärmenutzung für Raumwärme und Getreidetrocknung

Motor: Typ J 312 GS Gas-Otto-Motor
Hersteller: Jenbacher; Leistung: 544 kW Baujahr: 2005
Generator: Typ: Newage
Hersteller: Stamford; elektrische Leistung: 526 kW Baujahr: 2005

elektrische Leistung	kW	el.	526
nutzbare thermische Leistung (180 °C)	kW		558
Feuerungswärmeleistung	kW		1.301
elektrischer Wirkungsgrad	40,4 %		
thermischer Wirkungsgrad		42,9 %	
Gesamtwirkungsgrad	83,3 %		

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

Entschwefelung: Einblasen von Luft in die Behälter, Zugabe von Eisen-3-Chlorid, Katalysator

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom 14.04.2011 **FT- IR**

von	bis	O_2	CO_2	H_2O	NO_x	CO	SO_2	Methan	Formaldehyd	Acrolein	Acetaldehyd	Benzol
		Vol%	Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr	mg/m³ i.N.tr	mg/m³ i.N.tr	mg/m³ i.N.tr	mg/m³ i.N.tr	ppm,f	ppm, f	ppm,f
10:00	10:29	7,42	14,36	12,6	416	0	79	1942	12,3	0	0	3,7
10:30	11:00	7,61	14,33	12,4	433	2	78	1569	21,7	0	0	3,8
11:00	11:30	7,70	14,36	12,5	443	4	79	1423	26,1	0	0	4,4
11:30	12:00	7,70	14,43	12,6	432	6	81	1415	26,8	0	0	4,7
Max BHKW		7,7	14,43	12,63	443	6	81	1942	26,8	0	0	4,7
MW BHKW		7,6	14,37	12,53	431	3	79	1587	21,7	0	0	4,2
λ	1,57											

von	bis	O_2	CO_2	H_2O	NO_x	HCHO	CO	NO_x	NO	NO_2	NO	NO_2	NO/NO_2
		Vol%	Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³	ppm, feu	ppm, feu	mg/m³ i.N.tr	mg/m³ i.N.tr	%
10:00	10:29	7,42	14,36	12,6	429	14,5	0	364	149,9	27,5	229,6	64,5	21,9
10:30	11:00	7,61	14,33	12,4	454	25,9	3	380	158,3	27,2	242,0	63,6	20,8
11:00	11:30	7,70	14,36	12,5	465	31,4	4	387	162,2	26,6	248,1	62,3	20,1
11:30	12:00	7,70	14,43	12,6	454	32,3	8	378	158,7	25,6	243,2	60,0	19,8
Max BHKW		7,70	14,43	12,63	465	32,3	8	387	162	28	248	65	
MW BHKW		7,61	14,37	12,53	451	26,0	4	377	157	27	241	63	
λ	1,57												

Komponente: **Geruch** nach KAT

Datum: 14.04.2011			O_2-Gehalt Abgas	Konzentration	Geruchsstoffstrom	
Lagerzeit	Probenahmezeit					
Minuten	von	bis	Vol%	GE/m³	MGE/h	
276	10:00	10:30	7,42	1330	1,93	Teillast
239	10:45	11:15	7,61	1120	2,78	Volllast
202	11:30	12:00	7,70	1890	4,69	Volllast

Komponente: **Geruch** vor KAT

Lagerzeit	Probenahmezeit					
Minuten	von	bis	Vol%	GE/m³	MGE/h	
328	10:00	10:30	7,42	2120	3,08	Teillast
291	10:45	11:15	7,61	1680	4,17	Volllast
255	11:30	12:00	7,70	2240	5,56	Volllast

Bemerkung: Nachweisgrenze: 10 GE/m³

Zeitpunkt der olfaktorischen Auswertung siehe IFU-Protokoll

Komponente:				Geruch			
Datum: 10.01.2007	O_2-Gehalt Abgas	O_2-Gehalt Probe		Faktor		Konzentration	Geruchsstoffstrom+
Lagerzeit	Probenahmezeit		Vol%		Vol%	GE/m³	MGE/h
Minuten		von				bis	
271	09:09	09:39	7,63	3,4	2,24	1681	3,91
245	09:42	10:12	7,64	2,3	3,32	1568	3,65
220	10:14	10:44	7,67	2,6	2,95	1171	2,73
198	11:07	11:37	7,23	2,6	2,78	876	1,19
175	11:40	12:10	7,19	2,5	2,88	763	1,04
150	12:12	12:32	7,18	2,5	2,87	761	1,03
Bemerkung		Nachweisgrenze: 10 GE/m³					
Zeitpunkt der olfaktorischen Auswertung siehe IFU-Protokoll							

Messunsicherheiten:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p \text{ mit } p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Barometrischer Luftdruck in kPa	99,5	0,2	99,3	99,7	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	100	3	97	103	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	177	7	170	184	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	7,3	0,2	7,0	7,5	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	460	18	442	478	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	19	1	18	20	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	5	2	3	7	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd (AHMT) in mg/m³	28,3	1,0	27,3	29,3	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd (FT-IR) in mg/m³	26,8	0,5	26,3	27,3	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Ges-C mg/m³	1490	75	1415	1565	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Methan in mg/m³	1940	60	1880	2000	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Wasserdampf Vol%	12,6	0,4	12,2	13,0	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Gerüche in GE/m³	1681	290	1391	1971	Protokoll IfU

Anlage 12– 2007/2010

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Getreideschrot (ca. 3,5 t/d), Schweinegülle (ca. 10 m³/d) und Maissilage (ca. 4 m³/d) eingebracht. Durch anerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels des Motorkühlers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird benötigt, den Fermenter zu beheizen. Die restliche Heizenergie wird dem Stallgebäude und Sozialgebäude (Warmwasser für Heizung, Reinigung) zugeleitet.

Motor:		
Typ:		TCG 2016 V12 Gas-Otto
Hersteller:		Deutz Power Systems
Baujahr:		2005
Leistung:		537 kW
Thermische Leistung:		
Kühlwasserwärme:	210 kW	
Gemischwärme:	98 kW	
Abgaswärmetauscher:	342 kW	

Generator:		
Typ:		M8B 400 LA4
Hersteller:		Marelli Generators
Baujahr:		2005
Elektrische Leistung:	537 kW	

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

Entschwefelung: Einblasen von Luft in die Behälter, Zugabe von Eisen-3-Chlorid, Katalysator

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom 16.05.2011

von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Ges-C	Methan FT-IR	HCHO FT-IR
		Vol%	Vol%	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2	mg/m³ i.N.tr	mg/m³ i.N.tr bez. 5% O_2
BHKW Deutz TCG 2016									
10:45	11:15	8,83	10,68	328	49	8	2191	2251	63,8
11:15	11:45	8,87	10,62	331	49	8	2196	2239	63,4
11:45	12:15	8,80	10,72	334	46	8	2177	2247	63,0
12:15	12:45	8,81	10,73	338	48	8	2157	2240	64,3
Max BHKW		8,87	10,73	338	49	8	2196	2251	64,3
MW BHKW		8,83	10,69	333	48	8	2180	2244	63,6
λ 1,73									

Komponente: **Geruch** nach KAT						
Datum: 16.05.2011			O_2-Gehalt Abgas	Konzentration	Geruchsstoffstrom	
Lagerzeit	Probenahmezeit					
Minuten	von	bis	Vol%	GE/m³	MGE/h	
291	11:00	11:30	8,87	403	1,09	Volllast
264	11:35	12:05	8,80	285	0,77	Volllast
237	12:10	12:40	8,81	302	0,82	Volllast
Komponente: Geruch vor KAT						
Datum: 16.05.2011			O_2-Gehalt Abgas	Konzentration	Geruchsstoffstrom	
Lagerzeit	Probenahmezeit					
Minuten	von	bis	Vol%	GE/m³	MGE/h	
251	11:00	11:30	8,87	339	0,92	Volllast
226	11:35	12:05	8,87	269	0,73	Volllast
199	12:10	12:40	8,87	254	0,69	Volllast
Bemerkung:	Nachweisgrenze: 10 GE/m³					
	Zeitpunkt der olfaktorischen Auswertung siehe IFU-Protokoll					

Komponente:	Formaldehyd						
			Probevolumen	Analysenergebnis	Konzentration	Konzentration bez. 5% O_2	Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³ i.N.tr.	mg/m³ i.N.tr.	g/h
Datum	Zeit	Probe					
16.05.2011							
Dichtheit in l							
0,3	11:03-11:34	G1+G2	30,0	1540	51,3	67,5	124,2
0,3	11:40-12:12	L1+L2	30,0	1360	45,3	59,8	110,0
0,3	12:15-12:46	M1+M2	30,0	1430	47,7	62,5	115,0

Geruch								
Datum:	03.05.2007		O_2-Gehalt Abgas	O_2-Gehalt Probe	eingest. Faktor	rechn. Faktor	Konzentration	Geruchsstoffstrom+
Lagerzeit	Probenahmezeit		Vol%	Vol%		GE/m³	MGE/h	
hh:mm	von			bis		12:35		
04:00	10:52	11:23	7,34	7,9	1,0	0,93	4760	9,4
03:35	11:25	11:56	7,34	8,0	1,0	0,92	4760	9,4
03:07	12:00	12:32	7,45	8,0	1,0	0,93	4490	8,9
Bemerkung	Nachweisgrenze: 10 GE/m³							
Zeitpunkt der olfaktorischen Auswertung siehe IFU-Protokoll								

Messunsicherheiten:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Messunsicherheit $U_{p \text{ mit } p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Barometrischer Luftdruck in kPa	99,0	0,2	98,8	99,2	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	100	3	97	103	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	177	7	170	184	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	8,9	0,2	8,7	9,1	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	338	18	320	356	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	49	1	48	50	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	8	2	6	10	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshand-buch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd (AHMT) in mg/m³	68	4,0	64	72	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd (FT-IR) in mg/m³	64	2	62	66	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Ges-C mg/m³	2196	100	2096	2296	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Methan in mg/m³	2250	80	2170	2350	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Wasserdampf Vol%	12,0	0,4	11,6	12,4	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Gerüche in GE/m³	403	290	113	693	Protokoll IfU

Anlage 13– 2010

Beschreibung der Anlage:

In den luftdicht verschlossenen Fermenter werden über Beschickungseinrichtungen Roggenschrot (ca. 2 t/d), Rindergülle (ca. 80 m³/d), Maissilage (ca. 6 t/d) und Grassilage (ca. 9 t/d) eingebracht. Durch anaerobe Abbauprozesse entsteht dort Biogas. Nach der Anaerobstufe wird das Gas getrocknet und gereinigt und dient dann als Treibstoff für den Gasmotor, der über einen Generator Strom erzeugt und mittels des Motorkühlers Heizenergie abgibt. Der erzeugte Strom wird ins Stromnetz eingespeist. Ein Teil der Heizenergie wird dem Sozialgebäude (Warmwasser für Heizung, Reinigung) zugeleitet Anschließend wird das Abgas unter Nutzung des noch enthaltenen Methans („Methanschlupf“) in einer Thermischen Nachverbrennung (TNV) nachbehandelt und gereinigt.

Motor:

Typ:	J212GSC2 Gas-Otto V12
Hersteller:	Jenbacher GmbH
Baujahr 2003	
Leistung:	511 kW
Thermische Leistung:	578 kW

Generator:

Typ:	HCI634H-C6
Hersteller:	Newage Stamford
Baujahr:	2003
Elektrische Leistung:	664 kW

Einrichtung zur Verminderung der Emissionen:

Zugabe Eisen-II-Chlorid von 180 L/d plus zusätzliches Einblasen von Luft 0,5 %
Abgase aus dem Gasmotor werden über geschlossene Leitungen und der thermischen Nachverbrennung dem Abgaskamin zugeführt.

Zusammenfassung der Messergebnisse

Halbstundenmittelwerte vom 02.03.2011

von	bis	O_2	CO_2	NO_x	CO	SO_2	Ges-C	Methan FT-IR
		Vol %	Vol %	mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2	mg/m³ i.N.tr bez. 5 % O_2	mg/m³ i.N.tr
BHKW Jenbacher Volllast 511 kW								
09:30	10:00	7,23	12,83	422	39	26	9	8
10:00	10:30	7,22	12,79	436	37	27	4	8
10:30	11:00	7,25	12,77	441	43	28	3	8
11:00	11:30	7,25	12,73	448	42	29	18	8
11:30	12:00	7,28	12,72	453	38	29	19	7
12:00	12:30	7,29	12,68	454	40	28	15	5
Max BHKW		7,29	12,83	454	43	29	19	8,1
MW BHKW		7,25	12,75	442	40	28	11	7,2
λ 1,53								

Komponente:	**Formaldehyd**						
DESAGA	Letzte Prüfung		Probenahmesonde				
5002	10.12.2010		7008				
Waschflaschensatz	1x 2 3 4		Probevolumen	Analysenergebnis	Konzentration	Konzentration bez. 5% O_2	Massenstrom
Sorbens	bidestilliertes Wasser		Nl	µg/Probe	mg/m³ i.N.tr.	mg/m³ i.N.tr.	g/h
Datum	Zeit	Probe					
02.03.2011							
Radi1	09:42 - 10:16	K1/K2	30,0	66	2,2	2,6	4,9
Radi2	10:21 - 10:53	L1/L2	30,0	61	2,0	2,4	4,5
Radi3	10:57-11:30	M1/M2	30,0	61	2,0	2,4	4,5
Bemerkung	Nachweisgrenze: 10 µg/Probe						

Komponente: **Geruch**					
Datum: 02.03.2011			O_2-Gehalt Abgas	Konzentration	Geruchsstoffstrom
Lagerzeit	Probenahmezeit				
Minuten	von	bis	Vol %	GE/m³	MGE/h
252	09:52	10:23	7,22	794	1,98
220	10:32	11:04	7,25	707	1,56
188	11:14	11:45	7,26	749	1,42
Bemerkung:	Nachweisgrenze: 10 GE/m³				
	Zeitpunkt der olfaktorischen Auswertung siehe IFU-Protokoll				

Messunsicherheiten:

Messkomponente y	maximaler Messwert y_{max}	erweiterte Mess-unsicherheit $U_{p\ mit\ p = 95\ \%}$	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode
Barometrischer Luftdruck in kPa	101,0	0,2	100,8	101,2	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgasfeuchte in g/m³	99	3	96	102	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Abgastemperatur in °C	177	7	170	184	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
O_2 in Vol%	7,3	0,2	7,0	7,5	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
NOx in mg/m³	448	18	430	466	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
CO in mg/m³	43	1	42	44	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
SO_2 in mg/m³	29	2	27	31	indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd (FT-IR) in mg/m³	5,4	0,5	4,9	5,9	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Ges-C mg/m³	18	2,4	15,6	20,4	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Methan in mg/m³	8	3,2	4,8	11,2	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Wasserdampf Vol%	12,7	0,4	12,3	13,1	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung
Formaldehyd (AHMT) in mg/m³	4,9	1,0	3,9	5,9	direkter (Doppelbestimmung) und indirekter Ansatz (siehe Verfahrenshandbuch) Typ-A-Auswertung, Typ-B-Auswertung

Anhang 2

Beispiel für die verwendeten Mess- und Analysenverfahren, Geräte

Abgasrandbedingungen	
Strömungsgeschwindigkeit	
Messgerät:	FCO332 Differenzdrucktransmitter mit Zylindersonde Testo mit integrierter Temperaturmessung
eingestellter Messbereich:	Messbereich: ± 2500 Pa / 0 - 60 m/s
Unsicherheitsbereich:	Genauigkeit: ± 0,25 % der Anzeige
Bestimmungsgrenze:	± 1 Pa
kontinuierliche Erfassung:	nein
Statischer Druck im Abgaskamin	
Messgerät:	FCO332 Differenzdrucktransmitter mit Zylindersonde Testo mit integrierter Temperaturmessung
Messbereich:	Messbereich: ± 2500 Pa / 0 - 60 m/s
Unsicherheitsbereich:	Genauigkeit: ± 0,25 % der Anzeige
Bestimmungsgrenze:	± 1 Pa
Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle	
Barometer:	Dosenbarometer Thies
letzte Überprüfung/Kalibrierung:	08.04.09
Abgastemperatur	
Messgerät:	Zylindersonde Testo mit integrierter Temperaturmessung (TE Typ K)
eingestellter Messbereich:	- 40 – 1200 °C
Unsicherheitsbereich:	± 0,2 %/ ± 2,0 K
kontinuierliche Erfassung:	nein
Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte)	
Messeinrichtung/Ermittlungsmethode:	Adsorption an Silikagel und nachfolgende gravimetrische Bestimmung (DIN EN 14790, Anhang B, einstufige Falle)
Unsicherheitsbereich:	± 2,0 g/m³ tr. Volumen
kontinuierliche Erfassung:	nein
Abgasdichte	
Ermittlungsmethode:	Berechnet unter Berücksichtigung der Abgasanteile an O_2, CO_2, N_2, CO, Wasserdampfanteil und sonst. Abgaskomponenten sowie der Abgastemperatur und Druckverhältnisse im Kanal.
Abgasverdünnung	
keine	

Kontinuierliche Messverfahren	
Messobjekt: Gesamtkohlenstoff	
Messverfahren:	Bestimmung der Massenkonzentration des gesamten gasförmigen organisch gebundenen Kohlenstoffs in geringen Konzentrationen in Abgasen - Kontinuierliches Verfahren unter Verwendung eines Flammenionisationsdetektors nach DIN EN 12619 (09/99) und VDI 3481/3 (10/95) Umrechnungsfaktor ppm Propan → mg/m³ C_{ges} = 1,61
Analysator:	Flammenionisationsdetektor FID – BA 3006, Fa. Sick/Maihak (Bernath Atomic) Ger.-Nr.: 4259 Unsicherheitsbereich: 0,5 ppm Bestimmungsgrenze: 0,1 ppm Brennkammertemperatur: 180 °C

Eingestellter Messbereich:	0-1.000 ppm Propan	
Gerätetyp eignungsgeprüft:	Das eingesetzte Gerät ist eignungsgeprüft	
Messplatzaufbau		
Entnahmesonde:	8 mm Edelstahlrohr	
beheizt auf: / unbeheizt		durch den Abgasstrom
Staubfilter	beheizter Vorfilter, Quarzwolle/M&C Probenahmesonde PSS-5, Fa. M&C	
beheizt auf: / unbeheizt	180	°C
Probengasleitung vor Gasaufbereitung	M&C	
beheizt auf: / unbeheizt	180	°C
Länge:	10	m
Probengasleitung nach Gasaufbereitung:	entfällt	
Länge:		m
Werkstoffe der gasführenden Teile:	Edelstahl/ PTFE	
Messgasaufbereitung/ Messgaskühler::	entfällt	
Temperatur, geregelt auf:		°C
Trockenmittel:	entfällt	
Überprüfen der Gerätekennlinie mit folgenden Prüfgasen		
Justierung Null- und Prüfgaswert vor Ort; Gesamt C entsprechend DIN EN 12619 und DIN EN 13526		
Nullgas:	synth. Luft, Stickstoff	
Prüfgas: C_3H_8 in synth. Luft	800	ppm
Hersteller:	Linde	
Herstelldatum:	13.03.09	
Stabilitätsgarantie:	12	Monate
rückführbar zertifiziert:	ja, durch Hersteller	
Überprüfung des Zertifikates durch:	BfUL, Vergleich der Prüfgase alt/neu als Eingangskontrolle	
am:	26.03.2009	
Aufgabe durch das gesamte Probenahmesystem:	ja, über Prüfgas- und Nullgaseingänge des FID, entsprechend Bedienanleitung für das FID	
90 %-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus:		
Ermittlung der Einstellzeit durch Aufzeichnung der Phase vom Einführen der Probenahmesonde in den Kanal bis zum Erreichen einer stabilen Messwertanzeige. Einstellzeit: 19 Sekunden		
Erfassung/Registrierung der Messwerte:		
Messwerterfassungssystem:	Messdatenerfassung ALMEMO 3290 und ALMEMO 2290, Ahlborn	
Auswertesoftware:	WIN–Control 4.0.2.0, Ahlborn	
Maßnahmen zur Qualitätssicherung:		
Im Rahmen des QS-Systems: jährliche Linearitätskontrolle, jährliche Überprüfung der Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf und Sauerstoff Qualitätssicherung vor Ort: Überprüfung von Null- und Prüfgaswert vor und nach der Messung; bei Driftwerten größer 2 % vom Messbereich erfolgt die Korrektur der Messwerte mit den ermittelten Driftwerten. Dichtheitsprüfung der Probenahmeeinrichtung durch drucklose Aufgabe von Prüfgas über die Probenahmesonde. Bei Erreichen der Prüfgaswerte ist die Dichtheit gegeben.		

Messobjekt: Anorganische Gase (NO, NO_2, CO, SO_2, CO_2, O_2)						
Messverfahren:	NO	NO_2	CO	SO_2	O_2	CO_2
	NDIR	NDUV	NDIR	NDUV	magnetische Suszeptibilität	NDIR
NDUV DIN EN 14212	Luftqualität - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz					
NDIR DIN EN 15058	Emission aus stationären Quellen - Referenzverfahren von Kohlenmonoxid (NDIR-Verfahren)					
magnetische Suszeptibilität DIN EN 14789	Bestimmung der Volumenkonzentration von Sauerstoff (O2); Referenzverfahren – Paramagnetismus					
Analysator:	NGA 2000 MLT 4					Ultramat 23
Hersteller:	EMERSON					Siemens
Baujahr:	2007					2004
Eingestellter Messbereich:	automatische Messbereichsumschaltung, gewählt wird immer der kleinste mögliche Messbereich					
	NO	NO_2	CO	SO_2	O_2	CO_2
Messbereiche	0 - 150 bis 0-1000 ppm	0 - 25 bis 0-250 ppm	0 - 50 bis 0-3500 ppm	0 - 100 bis 0-2000 ppm	0 - 10 bis 0 - 100 Vol%	0 – 25 Vol%
Bestimmungsgrenze	2 ppm	2 ppm	2 ppm	5 ppm	0,01 Vol%	0,01 Vol%
Gerätetyp eignungsgeprüft:		Die eingesetzten Geräte sind eignungsgeprüft				

Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	8 mm Edelstahlrohr Länge: 0,4 m	
beheizt auf: / unbeheizt		durch den Abgasstrom
Staubfilter	M&C Probenahmesonde PSS-5, Fa. M&C	
beheizt auf: / unbeheizt	180	°C
Probengasleitung vor Gasaufbereitung	M&C	
beheizt auf: / unbeheizt	180	°C
Länge:	10	m
Probengasleitung nach Gasaufbereitung:	PTFE	
Länge:	10	m
Werkstoffe der gasführenden Teile:	Edelstahl/ PTFE	
Messgasaufbereitung:	PSS-5, Fa. M&C	
Messgaskühler:	PSS-5, Fa. M&C	
Temperatur, geregelt auf:	4	°C
Trockenmittel:	entfällt	

90 %-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Ermittlung der Einstellzeit durch Aufzeichnung der Kalibrierphasen vom Ende der Nullgasaufgabe bis zum Erreichen 19 Vol % Sauerstoff Messwertanzeige.
Einstellzeit: 30 Sekunden

Erfassung und Auswertung der Messwerte

Messwerterfassungssystem:	Messdatenerfassung ALMEMO 3290 und ALMEMO 2290, Ahlborn
Auswertesoftware:	WIN–Control, Ahlborn

Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Im Rahmen des QS-Systems: jährliche Linearitätskontrolle an fünf Punkten einschließlich Null (siehe Verfahrenshandbuch und SOP 42/18/01) jährliche Überprüfung der Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf.
Qualitätssicherung vor Ort: Überprüfung von Null und Prüfgaswert vor und nach der Messung. Bei Driftwerten größer 2 % vom Messbereich erfolgt die Korrektur der Messwerte mit den ermittelten Driftwerten. Dichtheitsprüfung der Probenahmeeinrichtung durch drucklose Aufgabe von Stickstoff über die Probenahmesonde. Bei Erreichen des Nullpunktes der Sauerstoffmessung ist die Dichtheit gegeben.

Überprüfen der Gerätekennlinie mit folgenden Prüfgasen

Prüfgas	Nennkonzentration	Herstellerfirma	Flaschen-Nr.	Herstelldatum	Stabilitätsgarantie
CO_2 in N_2	15,1 %	Linde	2700223	12.06.2009	12 Monate
Mischgas CO	398 ppm	Linde	2515362	10.07.2009	12 Monate
SO_2	404 ppm				
NO	406 ppm				
in N_2					
NO_2 in synth. Luft	80,6 ppm	Linde	2737215	30.11.2009	12 Monate
N_2	99,999 Vol % N_2	Linde	ohne		
synt. Luft	20 Vol % O_2 80 Vol % N_2	Linde	ohne		

rückführbar zertifiziert:	ja, durch Linde AG
Überprüfung des Zertifikates durch:	BfUL, Vergleich der Prüfgase alt/neu als Eingangskontrolle
am:	22.07.09, 02.04.09, 11.01.2010
Aufgabe durch das gesamte Probenahmesystem:	ja, über Prüfgaseingang der Probenahmesonde

Messobjekt: Anorganische und organische Gase		
Messverfahren:	Fourier Transform Infrarot, FT-IR	
Analysator:	FTIR – Analysator	
Hersteller:	GASMET	
Baujahr:	2009	
	Komponente	**Kalibrierter Bereich**
	Wasserdampf	0 – 0,1; 0 – 1; 0 - 22 Vol%
	Stickstoffmonoxid	0 – 1000 ppm
	Stickstoffdioxid	0 – 200 ppm
	Kohlenmonoxid	0 – 2000 ppm
	Schwefeldioxid	0 – 500 ppm
	Kohlendioxid	0 – 10, 0 – 25 Vol%
	Methan	0 – 4000 ppm
	Formaldehyd	0 – 33 ppm
	Acetaldehyd	0 – 100 ppm
	Methanol	0 – 20 ppm
	Acrolein	0 – 0,1; 0 – 1; 0 - 22 Vol%
Eingestellter Messbereich:	automatische Messbereichsumschaltung, gewählt wird immer der kleinste mögliche Messbereich	
Gerätetyp eignungsgeprüft:	Das eingesetzte Geräte ist für die Komponenten NO, NO_2, CO, SO_2 eignungsgeprüft.	

Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	8 mm Edelstahlrohr Länge: 0,4 m
beheizt auf: / unbeheizt	durch den Abgasstrom
Staubfilter	M&C Probenahmesonde PSS-5, Fa. M&C
beheizt auf: / unbeheizt	180 °C
Probengasleitung vor Gasaufbereitung	M&C
beheizt auf: / unbeheizt	180 °C
Länge:	10 M
Probengasleitung nach Gasaufbereitung:	Beheiztes Probenahmesystem

Heiße Gasprobenahme für Emissionsmessungen
SYCOS P-HOT für Analysator GASMET Dx-4000 FT-IR
Kontinuierliche Probenahme von heißen Gasen

- beheizte Leitungen
- beheizte Messgaspumpe
- beheiztes Partikelfilter
- Gasförderung bei 180 °C
- keine Verluste von Messgaskomponenten durch Kondensation
- druckseitiger Betrieb des Analysators
- für Emissionsgase z.B. aus Verbrennung, Autoabgas, Pyrolyse

Länge:	10 M
Werkstoffe der gasführenden Teile:	Edelstahl/ PTFE
Messgasaufbereitung:	Ohne
Messgaskühler:	Ohne
Temperatur, geregelt auf:	180 °C
Trockenmittel:	entfällt

Überprüfen der Gerätekennlinie mit folgenden Prüfgasen

Prüfgas	Nennkonzentration	Herstellerfirma	Flaschen-Nr.	Herstelldatum	Stabilitätsgarantie
CO_2 in N_2	15,1 %	Linde	2700223	12.06.2009	12 Monate
Mischgas CO	79,8 ppm	Linde	64669A	18.02.2010	12 Monate
SO_2	78,2 ppm				
NO	77,6 ppm				
in N_2					
NO_2 in synth. Luft	80,6 ppm	Linde	2737215	30.11.2009	12 Monate
N_2	99,999 Vol% N_2	Linde	ohne		
synt. Luft	20 Vol% O_2 80 Vol% N_2	Linde	ohne		
CH_4 in syn Lyft	79,6 ppm	Linde	64983	19.02.2010	12 Monate
Methanol	Interner Standard				
Formaldehyd	Interner Standard				

rückführbar zertifiziert:	ja, durch Linde AG
Überprüfung des Zertifikates durch:	BfUL, Vergleich der Prüfgase alt/ neu als Eingangskontrolle
am:	22.07.09, 02.04.09, 02.04.09
Aufgabe durch das gesamte Probenahmesystem:	ja, über Prüfgaseingang der Probenahmesonde

90 %-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Ermittlung der Einstellzeit durch Aufzeichnung der Kalibrierphasen vom Ende der Nullgasaufgabe bis zum Erreichen 19 Vol % Sauerstoff Messwertanzeige.
Einstellzeit: 30 Sekunden

Erfassung und Auswertung der Messwerte

Messwerterfassungssystem:	PC win XP
Auswertesoftware:	Gasmet-Software

Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Im Rahmen des QS-Systems: jährliche Linearitätskontrolle an 5 Punkten einschließlich Null (siehe Verfahrenshandbuch und SOP 42/18/01)
jährliche Überprüfung der Wasserdampfkennlinie.
Qualitätssicherung vor Ort: Aufnahme des Null-Spektrums.
Dichtheitsprüfung der Probenahmeeinrichtung durch drucklose Aufgabe von Stickstoff über die Probenahmesonde, Vergleich des aufgenommenen Spektrums mit dem Null-Spektrum.

Diskontinuierliche Messverfahren

Gas- und dampfförmige Emissionen

Messobjekt:	Schwefelwasserstoff (H_2S)	
Messverfahren:	Nasschemisches Verfahren nach VDI 3486 Blatt 2 Jodometrisches Titrationsverfahren	

Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	Messgasentnahme mittels durch den Abgasstrom beheizter Sonde, M&C PSP 4000 H/C/T	
Material:	Edelstahl	
beheizt auf: / unbeheizt / gekühlt auf:		°C
maximale Eintauchtiefe	0,5	m
Partikelfilter:	außenliegender Glasfaserfilter	
Typ:	M&C PSP 4000 H/C/T	
Material:	Glasfaser	
beheizt auf: / unbeheizt	180	°C
Ab-/Adsorptionseinrichtungen:	2 x Standard–Waschflasche, mit einf. Einleitrohr, 1 x Tropfenabscheider	
Sorptionsmittel:	Cadmiumacetat-Lösung	
Sorptionsmittelmenge:	30 ml je Flasche	
Abstand zwischen Ansaugöffnung der Entnahmesonde und dem Sorptionsmittel bzw. Abscheideelement:	Anschluss an Prüfgaseingang der beheizten Sonde 0,2 m PTFE bis zur ersten Waschflasche	
Probentransfer:	Zeitraum zwischen Probenahme und Analyse ≤ 1 d	
Beteiligung eines Fremdlabors:	nein	

Analytische Bestimmung

Analysenverfahren:	Jodometrisches Titrationsverfahren nach VDI 3486 Blatt 2
Aufarbeitung des Probenmaterials:	quantitative Überführung auf Filter
Analysengeräte:	Glasbürette 20 ml
spez. Kenndaten / Angaben:	Ablesegenauigkeit 0,1 ml
Standards:	0,01 n Natriumthiosulfat
Beteiligung eines Fremdlabors:	nein

Verfahrenskenngrößen

Bestimmungsgrenze:	10 µg/Probe, 0,3 mg/m^3 H_2S bei 30 Liter Probevolumen

Maßnahmen zur Qualitätssicherung

- Blindwertermittlung, Mehrfachbestimmung einer Probe
- Messunsicherheit des Gasvolumens: < 2 %
- Messunsicherheit Druck und Temperatur: < 1 %

Messobjekt:	Formaldehyd
Messverfahren:	Nasschemisches Verfahren nach VDI 3862 Blatt 4

Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	Messgasentnahme mittels durch den Abgasstrom beheizter Sonde, M&C PSP 4000 H/C/T
Material:	Edelstahl
beheizt auf: / unbeheizt / gekühlt auf:	°C
maximale Eintauchtiefe	0,5 m
Partikelfilter:	außenliegender Glasfaserfilter
Typ:	M&C PSP 4000 H/C/T
Material:	Glasfaser
beheizt auf: / unbeheizt	180 °C
Ab-/Adsorptionseinrichtungen:	2 x Waschflaschen mit Münkeeinsatz, 1 Tropfenabscheider
Sorptionsmittel:	bidestilliertes Wasser

Sorptionsmittelmenge:	30 ml je Flasche
Abstand zwischen Ansaugöffnung der Entnahmesonde und dem Sorptionsmittel bzw. Abscheideelement:	Anschluss an Prüfgaseingang der beheizten Sonde 0,1 m PTFE bis zur ersten Waschflasche
Probentransfer:	Zeitraum zwischen Probenahme und Analyse ≤ 2 d
Beteiligung eines Fremdlabors:	nein

Analytische Bestimmung

Analysenverfahren:	AHMT VDI 3862 Blatt4
Analysengeräte:	Büchi 901
Standards:	Formaldehydlösungen (jodometrisch bestimmt)
Beteiligung eines Fremdlabors:	nein

Verfahrenskenngrößen

Bestimmungsgrenze:	20 µg/ Probe

Maßnahmen zur Qualitätssicherung

- Dichtheitsprüfung der Probenahmeeinrichtung erfolgt vor jeder Probenahme
- Gesamtleerwert: 20 µg/Probe
- Messunsicherheit des Gasvolumens: < 2 %
- Messunsicherheit Druck und Temperatur: < 1 %

Partikelförmige Emissionen:	entfällt
Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe (PCDD/PCDF u. ä.):	entfällt

Messobjekt:	Geruchsemissionen
Grundlagen:	DIN EN 13725 Unterdrucknehmer für kontinuierliche Probenahme über Zeitdauer von 30 min
Probenahmeverfahren:	kontinuierliche Probenahme nach dem Lungenprinzip

Messplatzaufbau

Probenahmeeinrichtung:	Probenahmesystem CSD30, Fa. ECOMA, 1 Liter Volumen, Probenbeutel aus Nalophan mit Korkverschluss
Probenbehälter nach dem Lungenprinzip:	Probenbeutel aus Nalophan mit Korkverschluss
Pumpe:	Probenahmesystem CSD30, Fa. ECOMA
Probenleitungen:	PTFE, 0,6m
weitere Geräte und Hilfsmittel:	keine
Vorverdünnung bei der Probenahme:	keine Vorverdünnung
Art der Verdünnungsluft:	
Lagerung und Transport der Proben:	konditionierte Lagerung in isoliertem Transportbehälter, sofortiger Transport nach Ende der Probenahme zum Labor der Fa. IfU, Zeit zwischen Probenahme und Auswertung beträgt max. 4,5 h

Probenauswertung

Olfaktometer:	Typ T07, ECOMA GmbH Honigsee
Verdünnungsprinzip:	mit Gasstrahlpumpe, einstellbares Mischverhältnis
verwendete Materialien:	Glas, Edelstahl
Verdünnungsbereich:	siehe Protokoll
Volumenstrom der einzelnen Riechproben:	je Proband 300 l/h
Anzahl der Probanden, die gleichzeitig am Gerät arbeiten können:	4
Art und Material des Olfaktometerausgangs	Kunststoffmaske
Art der Verdünnungsluft:	Raumluft über zweistufiges Aktivkohlefilter
Vorverdünnung vor/während der Olfaktometrie:	siehe Protokoll
Häufigkeit der Überprüfung der Probanden mit Standardgeruchsstoff (n-Butanol):	Probandenüberprüfung entsprechend DIN EN 13725

Ort der Probenauswertung

Lage und Beschreibung des Riechraums:	Geruchslabor IfU GmbH, Gottfried-Schenker-Str. 18, 09244 Lichtenau
Klimatisierung:	nein
Lüftung:	freie Lüftung

Zuluftreinigung:	nein
Temperatur im Riechraum:	max. Temperaturschwankung 2 °C

Auswerteverfahren	
Versuchsleiter:	Dr. Schmidt, Fa. IfU
Darbietung der Geruchsproben:	*Limitverfahren, atemzyklusabhängig*
Methode:	*Nach DIN EN 13725*
Dauer des einzelnen Reizes:	1 Atemtakt
Dauer der Pause zwischen den einzelnen Reizen:	siehe Protokoll
Zahl der Darbietungen in einer Verdünnungsreihe:	3
Stufung der Verdünnungsreihe	siehe Protokoll
Zahl der Nullproben in einer Verdünnungsreihe	siehe Protokoll
Dauer der Pause zwischen zwei Verdünnungsreihen:	siehe Protokoll
Zahl der Durchgänge pro Probe:	siehe Protokoll
Dauer der Pause zwischen zwei Proben:	Als Probanden werden Mitarbeiter des Unternehmens eingesetzt, welche sich, wenn keine Auswertungen von Proben durchgeführt werden, anderen Aufgaben widmen, bei denen keine auffälligen Gerüche auftreten. Die Pausenzeiten zwischen einzelnen Proben können damit hinreichend lang gestaltet werden. Die Pause entspricht damit immer mindestens der Messdauer
Verfahrenskenngrößen und Qualitätssicherung:	
Kalibrierung der Verdünnungseinrichtung einschließlich Vorverdünnung mit Referenzmaterial	
Datum der letzten Kalibrierung:	12.04.2011
Referenzmaterial:	Butan in Luft

Prüfer inklusive Prüferhistorie

Anzahl der Prüfer: 4 (incl. Reserveprüfer siehe Protokoll Firma IfU

Prüfer	n-Butanol					H_2S				
	letzte Prüfung	Reihen	c [µg/m^3]	S	NF [%]	letzte Prüfung	Reihen	c [µg/m^3]	S	NF [%]
ADE	16.08.2011	12	141	2,1	7	16.08.2011	12	1,0	2,1	0
ARO*	08.11.2011	12	86	1,9	0	11.10.2011	12	0,7	2,0	0
AWE	25.10.2011	12	136	1,5	7	16.08.2011	12	1,8	1,6	0
GSC	15.06.2011	12	82	2,1	14	15.06.2011	12	1,7	1,6	14
IDR	12.07.2011	12	102	1,8	0	15.06.2011	12	0,4	1,3	7
LIL*	08.11.2011	12	229	1,6	0	12.09.2011	12	0,5	1,9	7
MGL*	08.11.2011	12	121	1,9	0	11.10.2011	12	1,8	1,9	7
RHE	15.06.2011	12	208	1,5	0	15.06.2011	12	0,7	1,9	0
SEH*	08.11.2011	12	193	1,5	0	11.10.2011	12	2,8	2,2	7
STE	11.10.2011	12	182	1,5	0	11.10.2011	12	1,7	1,7	0
STH	19.10.2011	12	72	1,9	0	12.09.2011	12	0,3	2,1	0

* eingesetzte Prüfer

sensorische Gesamtqualität des Labors: Genauigkeit der Geruchsmessungen innerhalb des Labors
Zeitraum der Bestimmungen: 04.07.2011-08.11.2011
Anzahl der einbezogenen Bestimmungen: 10
Wiederholpräzision, r 0,370 (Kriterium ≤ 0,477)
Prüfvariable, Aod 0,147 (Kriterium ≤ 0,217)

Standardgeruchsstoffe

n-Butanol	
Hersteller:	Westfalen AG
Konzentration:	37,2 ppm
Herstellungsdatum:	21.06.2011
Stabilität:	12 Monate
H2S	
Hersteller:	Westfalen AG
Konzentration:	3,15 ppm
Herstellungsdatum:	06.08.2011
Stabilität:	6 Monate

Betriebszustand der Anlage während der Messungen

Produktionsanlage

Betriebsweise:	
02.11.2011	10:00 – 14:00 Uhr 98 % Volllast
Durchsatz Brenngas V_{Gas} (m^3/h)	240 m^3/h
Leistung:	521 kW
Einsatzstoffe/Brennstoffe:	Vergärung von Rindergülle, Silage und Getreideschrot
Produkte:	Elektrische Energie und Heizenergie
charakteristische Betriebsgrößen:	Nennleistung 530 kW
Abweichungen von genehmigter bzw. bestimmungsgemäßer Betriebsweise:	AWT defekt
besondere Vorkommnisse:	keine
03.11.2011	Wartung durch Anlagenhersteller (Tausch Katalysator, Aktivkohle, Reparatur AWT)
08.11.2011	10:00 – 14:00 Uhr 98% Volllast
Durchsatz Brenngas VGas (m^3/h)	240 m^3/h
Leistung:	523 kW
Einsatzstoffe / Brennstoffe:	Vergärung von Rindergülle, Silage und Getreideschrot
Produkte:	Elektrische Energie und Heizenergie
charakteristische Betriebsgrößen:	Nennleistung 530 kW
Abweichungen von genehmigter bzw. bestimmungsgemäßer Betriebsweise:	keine.
besondere Vorkommnisse:	keine

Herausgeber:
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0
Telefax: + 49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:
Roland Kretschmann, Frank Rothe
Staatliche Betriebgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
Wolfgang Poppitz, Torsten Moczigemba
LfULG

Redaktion:
Torsten Moczigemba
Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen/Referat Anlagenbezogener Immissionsschutz, Lärm
Söbrigener Str. 3a | 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-5208
Telefax: + 49 351 2612-5208
E-Mail: Torsten.Moczigemba@smul.sachsen.de

Fotos:
Torsten Moczigemba, Roland Kretschmann

Redaktionsschluss:
25.04.2012

ISSN:
1867-2868

Hinweis:
Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter http://www.smul.sachsen.de/lfulg/6447.htm heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis
Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.
Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.
Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.