



Das Lebensministerium



Messprogramm „Geruchsemissionen aus Abgasen von Blockheizkraftwerken (BHKW)“ - Vortrag zum 12. Seminar „Messung und Bewertung von Geruchsemissionen und -immissionen“ am 25.09.2007 in Lichtenwalde

Projektbearbeiter: Dr. Johannes Jacob, Wolfgang Poppitz,
Torsten Moczigemba - Landesamt für Umwelt und Geologie
Dr. Horst-Günter Kath, Roland Kretschmann, Frank Rothe –
Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft

Freistaat  Sachsen

Landesamt für Umwelt und Geologie



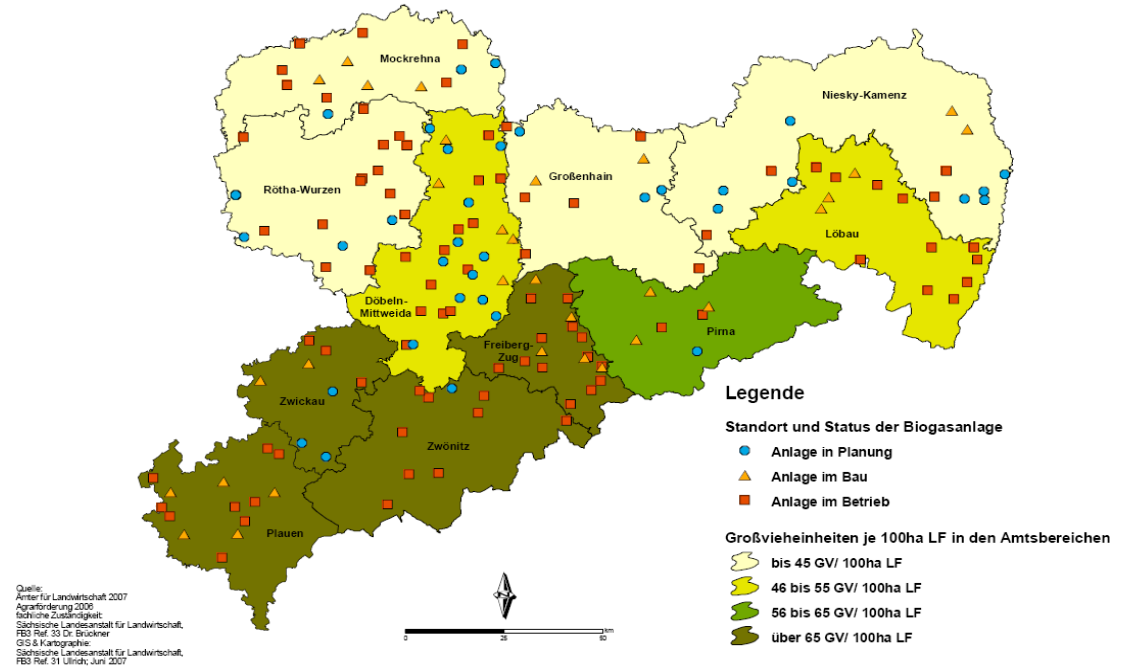
Gliederung des Vortrages

- **Einleitung**
- **Zielstellung des Messprogramms**
- **Vorbereitung der Messungen/Anlagenauswahl**
- **Messdurchführung**
- **Probleme bei der Messdurchführung/Änderungen bei der Probenahme**
- **Messergebnisse**
- **Erste Erkenntnisse aus den Messergebnissen**
- **Geplante weitere Vorgehensweise**



Einleitung

Biogasanlagen von landwirtschaftlichen Betrieben in Sachsen (Stand Juni 2007)



-2005 = 84 Biogasanlagen in Betrieb und in Planung

-2007 = 161 Biogasanlagen in Betrieb und in Planung

=> Standorte sind nicht unbegrenzt verfügbar; um Konflikte zu vermeiden, müssen die Emissionen der Anlagen bekannt sein



Einleitung

- Seit längerem ist bekannt, dass auch die Abgase aus den Motoren von BHKW-Anlagen ein nicht zu vernachlässigendes Geruchsemissionspotential besitzen.
- Ab 2005 gab es im Rahmen neuer Genehmigungsverfahren für Biogasanlagen beim LfUG verstärkt Anfragen zur Größenordnung der zu erwartenden Geruchsemissionen.
- Recherchen zu vorhandenen Untersuchungen ergaben, dass nur geringe Erkenntnisse zu Geruchsemissionen aus BHKW-Abgasen vorlagen und diese z.T. widersprüchlich waren.

Durch die Fachhochschulen Wolfenbüttel und Höxter wurden z.B. Werte zwischen $35 \cdot 10^3$ bis $140 \cdot 10^3$ GE/m³ an 5 kleineren BHKW-Motoren ermittelt. Untersuchungen an einzelnen Anlagen durch den TÜV Nord (Liebich) ergaben Geruchsemissionen zwischen 1000 – 10000 GE/m³.





Zielstellung des Messprogramms

- Ermittlung belastbarer Geruchsemissionsfaktoren für die Gerüche aus Abgasen von BHKW, wie sie in Sachsen typisch sind; insbesondere für Anlagen, die Biogas – welches aus Wirtschaftsdünger und nachwachsenden Rohstoffen gewonnen wurde – einsetzen.
- Ermittlung möglicher Einflussfaktoren bezüglich der zu erwartenden Geruchsemissionen z.B. Art der Entschwefelung oder Art des Motors u.a.
- Untersuchung der Auswirkungen der ermittelten Geruchsemissionsfaktoren im Rahmen von Genehmigungsverfahren





Vorbereitung der Messungen/ Anlagenauswahl

- Umweltfachbereiche der RP nannten dem LfUG mehrere Biogasanlagen
- Auswahl erfolgte nach den Kriterien:
 - Art des Motors (Gas-Ottomotoren oder Zündstrahlmotoren),
 - Art der Biogasanlage (Nassfermentation oder Trockenfermentation),
 - Art der Substrate (reiner Wirtschaftsdünger, Wirtschaftsdünger und nachwachsende Rohstoffe, Nachwachsende Rohstoffe, Wirtschaftsdünger und Bioabfall, nur Bioabfall, Klärschlamm),
 - Art der Entschwefelung (biologisch, chemisch, mit Aktivkohle, Wäscher),
- insgesamt wurden 19 Anlagenstandorte für die Messungen ausgewählt.



- Betreiber der ausgewählten Anlagen wurden schriftlich über das Vorhaben informiert und um ihre Teilnahme gebeten.
- Nach Zusage der Betreiber wurden bei Vor-Ort-Terminen die vorhandenen Messbedingungen überprüft.





Messdurchführung

- In der Regel pro Anlage 6 Geruchsproben, je 3 Proben bei Vollastbetrieb und 3 Proben bei Teillastbetrieb des jeweiligen BHKW's. Die Auswertung der Proben am Olfaktometer erfolgte innerhalb von 6 h nach der Probennahme in den Räumen der Messstelle.
- Zusätzlich wurden die Emissionen von NO_x , SO_2 , H_2S , CO , Formaldehyd und Gesamt-C erfasst. (Dient der Kontrolle des ordnungsgemäßen Betriebes der Anlagen.) Wenn die Messbedingungen vor Ort dies zulassen, wurden Emissionen für Staub/PM 10/PM 2,5 erfasst.
- Bei jeder Messung wurden außerdem die Randbedingungen (Gasverbrauch, Einsatzstoffe für die Biogasanlagen, Methangehalt des Biogases, λ -Wert, technische Daten der Motoren und Generatoren) erfasst.





Messdurchführung

- Messungen und Probenahmen vor Ort wurden durch die Umweltbetriebsgesellschaft (UBG) durchgeführt. Die Auswertung der genommenen Proben für Geruch, H₂S und Formaldehyd wurde im Rahmen von Ausschreibungen an Fremdfirmen vergeben (bekanntgegebene zugelassene Messstellen nach § 26 BImSchG für die jeweiligen Messkomponenten). Die Auswertungen wurden durch die IfU GmbH (Geruch), die ERGO-Umweltinstitut GmbH (Formaldehyd) und den TÜV Sachsen (H₂S) vorgenommen.
- Für jede vermessene BHKW-Anlage liegt ein Messbericht vor (bisher für 14 Anlagenstandorte mit 17 BHKW-Anlagen)





Messdurchführung

Halbstundenmittelwerte vom 31.01.2007

Von	bis	O2 Vol%	CO2	NOx mg/m ³	CO mg/m ³	SO2 mg/m ³	Ges-C
		Vol%	Vol%	mg/m ³ i.N.tr bez. 5% O2	mg/m ³ i.N.tr bez. 5% O2	mg/m ³ i.N.tr bez. 5% O2	mg/m ³ i.N.tr bez. 5% O2
526 kW Vollast							
9:00	9:30	7,62	12,39	665	802	146	1066
9:30	10:00	7,63	12,36	673	805	159	1030
10:00	10:30	7,66	12,34	681	809	160	1022
10:30	11:00	7,67	12,33	686	808	149	1035
263 kW-Teillast							
11:10	11:40	7,22	12,84	580	748	146	1470
11:40	12:10	7,19	12,84	579	762	154	1452
12:10	12:40	7,18	12,84	582	767	143	1444
12:40	13:10	7,18	12,84	593	769	130	1450
13:10	13:40	7,19	12,81	584	769	126	1486
13:40	14:10	7,19	12,81	584	769	126	1486
526 kW Vollast							
14:30	15:00	7,65	12,28	704	827	108	1045
15:00	15:30	7,68	12,26	709	823	105	1047

Volumenangaben beziehen sich auf den Normzustand, trocken

Komponente:	Geruch		O ₂ -Gehalt Abgas	O ₂ -Gehalt Probe	Faktor	Konzentration	Geruchsstoffstrom*
Datum: 10.01.2007			Vol%	Vol%		GE/m ³	MGE/h
Lagerzeit Minuten	Probenahmezeit von bis						
271	10:05	10:35	7,98	2,7	2,95	1120	2,12
245	10:40	11:10	7,98	2,4	3,32	1336	2,53
220	11:15	11:45	7,92	2,2	3,60	1296	2,45
198	11:48	12:18	7,55	2,3	3,28	1484	1,82
175	12:22	12:52	7,51	1,9	3,95	1422	1,75
150	12:56	13:26	7,51	1,8	4,17	1678	2,06
Bemerkung	Nachweisgrenze: 10 GE/m ³						
	Zeitpunkt der olfaktorischen Auswertung siehe IFU – Protokoll						

*Die Massenströme wurden aus den Mittelwerten der Volumenströme (i.N.feu) berechnet



- **gemessene Abgasrandbedingungen:**
Strömungsgeschwindigkeit, statischer Druck im Abgaskamin, Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle, Abgastemperatur, Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte), Abgasdichte, Abgasverdünnung
- **angewendete kontinuierliche Messverfahren:**
Gesamtkohlenstoff: FID, nach DIN EN 12619 (09/99) und VDI 3481/3 (10/95); anorganische Gase: (NO, NO₂, CO, SO₂, CO₂, O₂) NDUV, nach DIN EN 14212; NDIR, nach DIN EN 15058/magnetische Suszeptibilität, nach DIN EN 14789
- **angewendete diskontinuierliche Messverfahren:**
 - Schwefelwasserstoff (H₂S): Nasschemisches Verfahren, Jodometrische Titration, nach VDI 3486/2
 - Formaldehyd: AHMT-Verfahren (VDI 3862/4; eingeschränktes Summenverfahren); DNPH-Verfahren (VDI 3862/7, mit Chlorkohlenstoff-Stabil.)
 - Gesamtstaub: isokinetische, gravimetrische Staubmessung, nach DIN EN 13284-1, VDI 2066/1 und 7/ Staub PM₁₀, PM_{2,5}: isokinetische, gravim. Messung, Impaktionsverfahren, nach VDI 2066/10
 - Gerüche: olfakt. Verfahren, nach DIN EN 13725; Probenahme: kontinuierliche Probenahme über 30 min. Auswertung: Olfaktometer Typ TO7, ECOMA GmbH



Probleme bei der Messdurchführung/Änderungen bei der Probenahme

- Bei der ersten Messung gab es Schwierigkeiten mit den hohen Abgastemperaturen (ca. 400°C), eine Dichtung im Probenahmesystem verbrannte, sie wurde durch eine geeignete Dichtung ersetzt
- Hauptproblem waren bisher die Anzahl und die Qualität der vorhandenen Messstellen



Probleme bei der Messdurchführung/Änderungen bei der Probenahme



Probleme bei der Messdurchführung/Änderungen bei der Probenahme

- Auf Grund Gasmangels war nicht bei allen Anlagen eine Fahrweise in Teillast möglich, bei einzelnen Anlagen führte der Gasmangel auch zu unregelmäßigem Betrieb im Vollastbetrieb.
- Es wurde zusätzlich Formaldehyd nicht nur nach dem AHMT-Verfahren, sondern auch nach dem DNPH-Verfahren bestimmt.





- Bei den untersuchten BHKW lagen die Methangehalte im Biogas bei 52 – 56 Vol%, die λ -Werte lagen bei 1,35 – 1,6.
- Trotz unterschiedlicher Entschwefelungsverfahren (Lufteinblasen, Eisen-Chloride, Aktivkohle, chemischer Wäscher), konnte bei den bisherigen Untersuchungen kein Einfluss der Art der Entschwefelung auf die Geruchsemissionen festgestellt werden. Auch bei Überschreitungen des TA-Luft-Emissionswertes für SO_2 kam es zu keiner signifikanten Erhöhung der Geruchsemissionen. Bei der olfaktometrischen Auswertung wurde durch die Probanden außerdem darauf verwiesen, dass außer einem typischen Abgasverbrennungsgeruch keine weiteren Geruchskomponenten bei den Proben erkannt wurden. Die ermittelten Emissionswerte wurden deshalb nur nach folgenden Kriterien klassifiziert (Anlagen mit Trockenfermentation bisher nicht untersucht):
 - Art des Motors (Gas-Ottomotoren oder Zündstrahlmotoren),
 - Art der Substrate (Wirtschaftsdünger und nachwachsende Rohstoffe, Nachwachsende Rohstoffe, Wirtschaftsdünger und Bioabfall...).





Messergebnisse

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der dargestellten Ergebnisse für Gerüche (Mittelwerte gerundet ohne Berücksichtigung der Messunsicherheiten):

Art des BHKW	Mittelwert der Geruchsemissionen in GE/m ³ bei Volllast	Mittelwert der Geruchsemissionen in GE/m ³ bei Teillast
BHKW mit Gas-Ottomotor, Biogas wird aus Wirtschaftsdünger und nachwachsenden Rohstoffen gewonnen	(25 Messwerte aus 9 BHKW) - 3100 Standardabweichung: 1700 Min/Max = 1200/6400	(23 Messwerte aus 8 BHKW)- 2400 Standardabweichung: 1200 Min/Max = 800/5000
BHKW mit Gas-Ottomotor, Biogas wird aus Fettabscheidern, Brotresten, Wirtschaftsdünger und nachwachsenden Rohstoffen gewonnen	(6 Messwerte aus 2 BHKW) - 5000 Min/Max = 4600/6000	(6 Messwerte aus 2 BHKW) - 1200 Min/Max = 1200/1300





Messergebnisse

Art des BHKW	Mittelwert der Geruchsemissionen in GE/m ³ bei Volllast	Mittelwert der Geruchsemissionen in GE/m ³ bei Teillast
BHKW mit Zündstrahlmotor, Biogas wird aus Wirtschaftsdünger und nachwachsenden Rohstoffen gewonnen	(17 Messwerte aus 6 BHKW) - 5000 Standardabweichung: 1400 Min/Max = 4000/7200	nicht gemessen
BHKW mit Zündstrahlmotor, Biogas wird aus Fettabscheidern, Brotresten, Wirtschaftsdünger und nachwachsenden Rohstoffen gewonnen	(3 Messwerte aus 1 BHKW) - 8200 Min/Max = 7900/8500	(3 Messwerte aus 1 BHKW) - 9900 Min/Max = 8100/12100





Erste Erkenntnisse aus den Messergebnissen (nur für Biogasanlage mit Nassfermentation)

- Die niedrigsten Geruchsemissionen wurden bei BHKW mit Gas-Otto-Motor ermittelt, die mit Biogas betrieben werden, welches aus Wirtschaftsdünger und nachwachsenden Rohstoffen gewonnen wird (Mittelwert $\approx 3100 \text{ GE/m}^3$ bei Volllast bzw. $\approx 2400 \text{ GE/m}^3$ bei Teillast). Gas-Otto-Motoren der Fa. Jenbacher mit $800 - 1730 \text{ GE/m}^3$ hatten niedrigstes Emissionsniveau.
- BHKW mit Zündstrahl-Motor, welche mit Biogas aus den gleichen Ausgangsstoffen betrieben werden, haben ein höheres Emissionsniveau, es lag im Mittel bei $\approx 5000 \text{ GE/m}^3$ bei Volllast.
- Für die anderen aufgeführten Kombinationen lassen sich auf Grund der wenigen untersuchten Anlagen noch keine belastbaren Aussagen treffen. Es ist aber davon auszugehen, dass es insbesondere beim Einsatz von Zündstrahlmotoren zu erheblich höheren Geruchsemissionen kommt.





Erste Erkenntnisse aus den Messergebnissen

- Bei fast allen vermessenen BHKW wurden Überschreitungen der TA-Luft-Emissionswerte festgestellt. Insbesondere für NO_x und Formaldehyd liegen bei vielen Anlagen Überschreitungen der TA-Luft-Emissionswerte vor. So lagen z.B. bei Volllast im Mittel die NO_x-Werte (TA-Luft = 500 mg/m³) bei 630 mg/m³ für Gas-Ottomotoren (Minimum/Maximum = 340/1000) und die Formaldehydwerte bei (TA-Luft = 60 mg/m³) 75 mg/m³ (Minimum/Maximum = 40 /120).
- Derzeit ist kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Höhe einzelner Emissionswerte (insbesondere CO und NO_x) und der Höhe der zu erwartenden Geruchsemissionen zu erkennen. Zwar ist davon auszugehen, dass bei hohen CO- bzw. NO_x -Werten (> 1000 mg/m³) auch mit höheren Geruchsemissionen (> 5000 GE/m³) zu rechnen ist. Besonders häufig trat dies auf, wenn die Motoren über der vom Hersteller angegebene Leistungsgrenze gefahren wurden.
- Die Einhaltung der CO- bzw. NO_x -Emissionswerte nach TA Luft hat aber nicht automatisch niedrige Geruchsemissionswerte zur Folge.
- Die Konzentrationen an H₂S im Abgas lagen bei fast allen Anlagen unterhalb der Nachweisgrenze (NWG). Eine weitere Messung ist deshalb nur in Ausnahmefällen erforderlich.



Geplante weitere Vorgehensweise

- Bis zum Ende des Jahres 2007 ist vorgesehen, die noch offenen Messungen vorzunehmen.
- Anfang 2008 wird ein Abschlussbericht erstellt, der im Internet veröffentlicht werden soll.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

