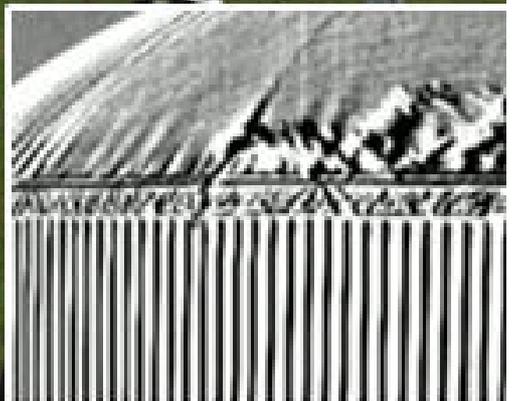
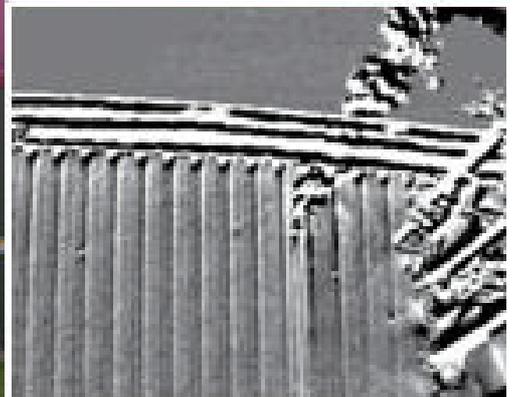
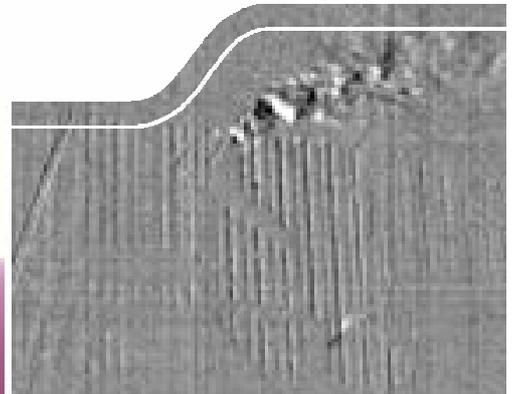


# Untersuchung von Gas- leckagen bei Biogasanlagen



Projektzeichen: P66711

07.11.2011

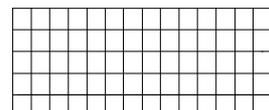
**Untersuchung ausgewählter Biogasanlagen  
hinsichtlich Gasleckagen  
an den Fermentern, Nachgärern,  
abgedeckten Gärrestlagen und Rohrleitungen**

Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt,  
Landwirtschaft und Geologie  
Pillnitzer Platz 3  
01326 Dresden

Standort: Diverse Standorte im Bundesland Sachsen

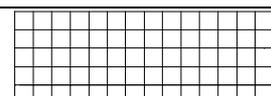
Untersuchungszeitraum: August - Oktober 2011

Auswertung und Berichtserstellung: August - November 2011



## Inhaltsverzeichnis

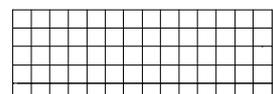
1	Aufgabenstellung	3
2	Beschreibung der Vorgehensweise und Randbedingungen	4
3.	Beschreibung der eingesetzten Gerätetechnik	6
3.1	Funktionsweise und technische Daten der eingesetzten IR-Kameras	6
3.2	Konzentrationsmessgeräte zur CH <sub>4</sub> -Messung	11
3.3	Gasgeschwindigkeit und Volumenstromermittlung	11
3.4	Messung der atmosphärischen Randbedingungen	12
4.	Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse	13
4.1	Vergleichsmessung der beiden Kamerasysteme	13
4.2.	Ergebnisse der Messungen an den einzelnen Anlagenstandorten	16
4.3	Bewertung der Messergebnisse	17
5.	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	24



## 1 Aufgabenstellung

In den letzten Jahren kam es zu einem stetigen Anstieg der Anzahl von Biogasanlagen. Forciert wurde dieser Zuwachs insbesondere durch die Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Durch die beschlossene Energiewende wird aus jetziger Sicht auch in Zukunft nicht auf Biogasanlagen verzichtet werden können. Zielsetzung der Biogaserzeugung und deren energetischer Nutzung ist hierbei die Einsparung von Treibhausgasemissionen. Um einen höheren Beitrag dieser Art der regenerativen Energieerzeugung an der Strom- und Wärmeversorgung zu leisten, erscheint es nicht zielführend, sich nur auf die Errichtung weiterer Anlagen und die Mobilisierung zusätzlicher Biomassemengen zu fokussieren. Zur Erreichung der gesetzten Klimaschutzziele und zur breiteren Akzeptanz in der Öffentlichkeit ist vielmehr der effiziente Einsatz des erzeugten Biogases und eine weitestgehend mögliche Emissionsfreiheit bei Erzeugung und Verwertung des Biogases in den Vordergrund zu stellen. D.h. die eingesetzte Primärenergie sollte idealerweise mit einem sehr hohen Wirkungsgrad genutzt und größere Verluste auf den Verwertungspfaden von der Biogaserzeugung bis zum Endverbraucher sollten möglichst vermieden werden. Neben der Methanemissionsminderung der Gasmotoren steht hierbei insbesondere die Anlagensicherheit und Emissionsfreiheit der Biogasanlagen im Blickpunkt. Dem Erkennen und der Lokalisierung von anlagenspezifischen Gasverlusten und deren Bewertung wird daher in Zukunft mehr Beachtung beigemessen werden. Bei im Jahr 2010 durch verschiedene Institute durchgeführten Überprüfungen wurden bei einer hohen Anzahl von Alt- u. Neuanlagen Biogasaustritte festgestellt. Dies führt nicht nur zu einem erhöhten Risiko bzgl. der Anlagensicherheit und zu erhöhten Treibhausgasemissionen sondern auch zu wirtschaftlichen Verlusten für Biogasanlagenbetreiber.

Vor diesem Hintergrund beauftragte das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie unser Haus mit der Messung und Bewertung von Gasleckagen an insgesamt 10 landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Gegenstand der Messkampagne war auch eine Darstellung und Beurteilung der Leistungsfähigkeit der zur bildgebenden Gasferndetektion z. Zt. am Markt verfügbaren Kamerasysteme. Hierzu wurden an 3 der 10 untersuchten Biogasanlagen Vergleichsmessungen mit 2 unterschiedlichen Kamerasystemen durchgeführt. Abschließend wurde ein Vorschlag für die Eigen- u. Fremdüberwachung von Biogasanlagen mit dem Ziel der Vermeidung und Verminderung von Gasleckagen erarbeitet. Die Ergebnisse der im Zeitraum August bis November 2011 durchgeführten Untersuchungen und Bewertungen werden mit diesem Abschlussbericht vorgelegt.



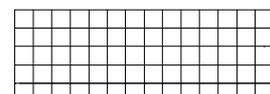
## 2 Beschreibung der Vorgehensweise und Randbedingungen

Im Vorfeld der Begehungen wurde ein Fragebogen zur Aufnahme der wichtigsten Anlagenkenngößen erarbeitet und an die Anlagenbetreiber zur Beantwortung verschickt. Nach Rücklauf der Fragebögen und Auswertung der Daten wurden Übersichtsskizzen für die Begehungen erstellt. Auf diesen Anlagenskizzen wurden vor Ort, die in Abhängigkeit der räumlichen Gegebenheiten und vorliegenden Windverhältnisse, gewählten Aufnahmestandpunkte eingetragen. Zu Beginn der Begehung wurden an jeder Anlage Übersichtsmessungen von 3-4 Kamerastandpunkten aus durchgeführt. Nach diesem Abscannen erfolgten Detailaufnahmen verschiedener Anlagenkomponenten, die aus der bisherigen Praxis als Schwachstellen anzusehen sind. Im Fall festgestellter Gasaustritte wurden Videoaufzeichnungen durchgeführt und der Gasaustritt mittels eines weiteren Messverfahrens auf Plausibilität überprüft. Je nach Erreichbarkeit der Gasaustrittsstelle wurde hierbei das in Abschnitt 3 beschriebene Kontakt-Gaskonzentrationsmessgerät mit Langsonde oder das Laser-Methan-Konzentrationsmessgerät eingesetzt. Bei diesem Gerät handelt es sich um ein berührungslos arbeitendes und über die Messstrecke integrierendes Fernmesssystem. Sofern die Gasaustrittsstelle erreichbar und die technische Möglichkeit gegeben war, wurde der Leckvolumenstrom ebenfalls messtechnisch erfasst.

Prinzipiell sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass eine Voraussetzung für die Leckagemessung das Abströmen von Gas ist, d.h. es können mit der beschriebenen Vorgehensweise und Technik nur im Überdruckbereich liegende Anlagenteile untersucht werden können. Hierbei reichen bereits minimalste Überdrücke im zweistelligen Pascalbereich aus.

Da die Betriebszustände von Rührwerken oder Ein- und Austragsschnecken unterschiedlich sein können und erfahrungsgemäß ebenfalls einen Einfluss auf die Leckrate ausüben bzw. selbst mögliche Quellen für Gasaustritte darstellen, erfolgte die IR-Kamerainspektion sowohl bei Betrieb als auch bei Stillstand der genannten Komponenten.

Eine Voraussetzung zur Erzielung optimaler Messergebnisse ist die Berücksichtigung der in Abbildung 1 dargestellten Zusammenhänge. Je größer die Schnittmenge zwischen den Einzelbereichen ist, desto höher ist die Ergebnissicherheit und Aussagekraft der Messung. Neben der sicheren Handhabung der eingesetzten Messgeräte sollte das Messpersonal Kenntnisse und Erfahrungen im Bereich des „infraroten Sehens“ (Thermographie), der Biogasanlagentechnik und des Explosionsschutzes bzw. der Sicherheitstechnik aufweisen. Nur durch dieses interdisziplinäre



Fachwissen kann eine aussagekräftige und sichere Beurteilung des bei der Begehung vorgefundenen Anlagenzustands erfolgen.

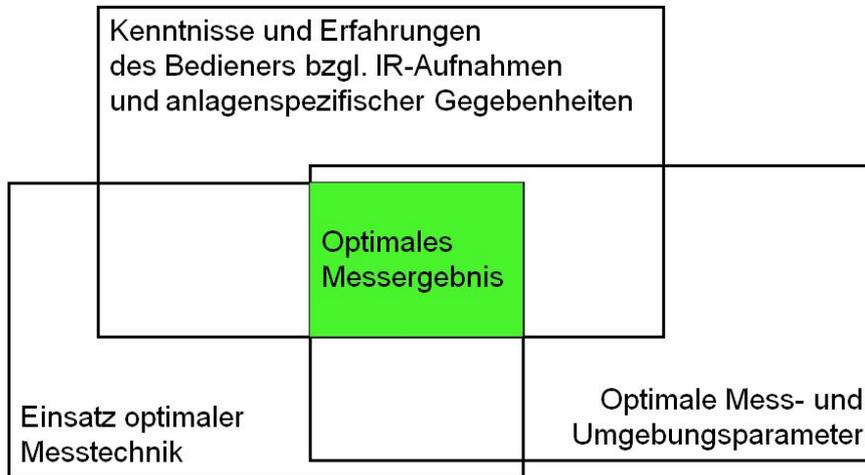
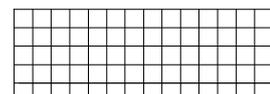


Abb. 1: Anforderungen an die IR-Inspektion  
(Quelle: Frank Zahorszki [Technische Sicherheit 6/2011], modifiziert)

Durch Windeinflüsse und unterschiedliche Füllstände von Gasfolienspeichern kann es ebenfalls zu Änderungen der freigesetzten Gasmenge kommen. Dieser Sachverhalt ist bei Ausführung der Kameraspektion und im Zuge der Auswertung entsprechend zu berücksichtigen.



### 3 Beschreibung der eingesetzten Gerätetechnik

#### 3.1 Funktionsweise und technische Daten der verwendeten IR-Kameras

Bisher war eine Lokalisierung von Gasleckagen an Biogasanlagen nur mit Gasspürgeräten oder schaubildenden Hilfsmitteln möglich. Diese Vorgehensweise erfordert einen direkten Kontakt mit der Leckagestelle. Hierdurch ergab sich ein hoher zeitlicher und personeller Aufwand. Bestimmte Bereiche, wie z.B. die Anbindung der Gasspeicherfolien an die Behälterwandung oder die Gasfolienhaube konnten mit dieser Vorgehensweise überhaupt nicht in die Überprüfung einbezogen bzw. konnten nur mit sehr großem Aufwand berücksichtigt werden.

Durch technische Weiterentwicklungen im Bereich der Infrarot-Kameratechnik sind seit kurzer Zeit bildgebende Kamerasysteme verfügbar, die eine kontaktlose, schnelle und sichere Überprüfung auch großer und schwer zugänglicher Bereiche ermöglichen.

Bei der Infrarot-Gasvisualisierung (IR) nutzt man die spezifische Gaseigenschaft von flüchtigen organischen Gasen (VOC's), die bei bestimmten Wellenlängenbereichen besonders viel Wärmestrahlung absorbieren. Nachfolgende Abbildung 2 zeigt das wellenlängenabhängige Absorptionsspektrum von Methan.

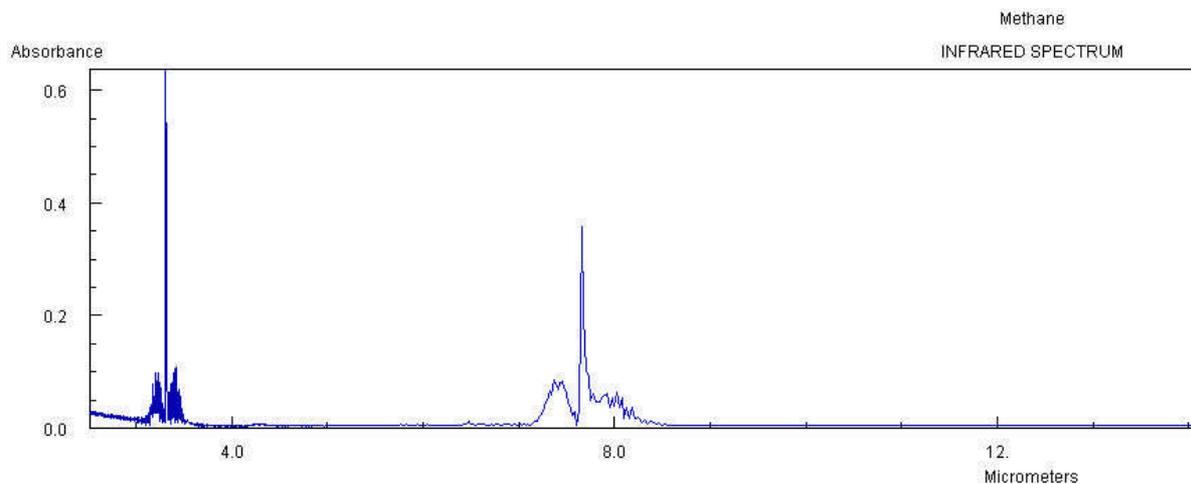
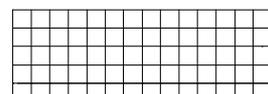


Abb. 2: Absorptionsspektrum von Methan

Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass es für Methan unterschiedliche Absorptionsmaxima gibt. Ein solches findet sich im mittelwelligen Bereich, um das Wellenlängenband von ca. 3,2 - 3,4  $\mu\text{m}$ . Bei der FLIR-Kamera wird der Arbeitsbereich der IR-Kamera mittels Schmalbandfilter auf dieses Wellenlängenband eingeschränkt. Gelangt nun Wärmestrahlung aus dem Hintergrund über das Objektiv



auf den Detektor, kommt es in diesem zu einem Photonenfluss. Tritt nun eine Gaswolke zwischen Hintergrund und Objektiv auf, ändert sich der Energiefluss auf dem Detektor. Hierbei spielt es keine Rolle ob die Gastemperatur höher oder geringer als die Hintergrundtemperatur ist. Entscheidend ist die Temperaturdifferenz. Eine Veranschaulichung dieser Zusammenhänge ist in Abbildung 3 dargestellt.

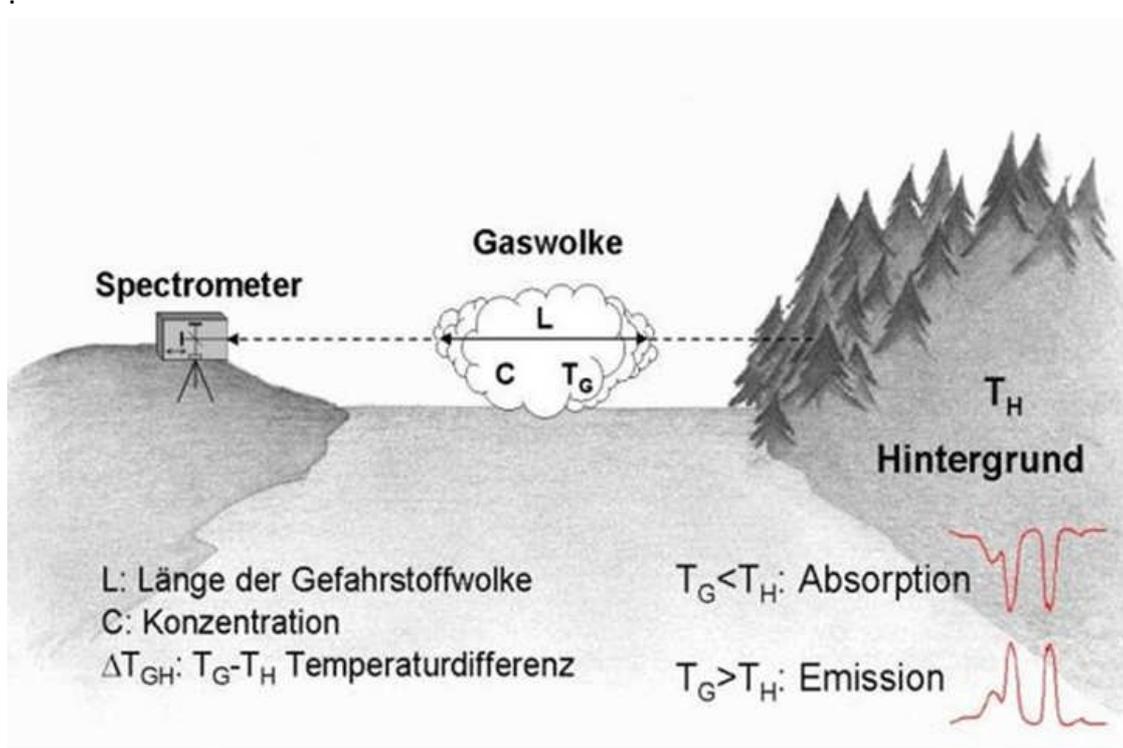
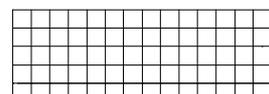


Abb. 3: Schematische Darstellung des IR-Kamera-Messprinzips (Quelle Fa. ESDERS)

Den wesentlichen Einfluss auf die Nachweis- u. Bildqualität übt der Detektor aus. Dieser besteht bei beiden Systemen aus einem Quantendetektor in Form eines gekühlten Focal-Plane-Array (FPA-Detektor). Hierbei handelt es sich um eine Anordnung von lichtsensitiven Detektorelementen, die es ermöglichen, den Photonenfluss zu erfassen. Das Funktionsprinzip ist in Abbildung 4 dargestellt und ähnelt dem Prinzip von Photovoltaikzellen oder photoelektrischen Widerständen. Es basiert auf einem inneren photoelektrischen Effekt, bei dem eine Temperaturänderung eine sehr schnelle Änderung des Photonenflusses und damit verbunden des Stromflusses bewirkt. Durch die Eingrenzung auf ein bestimmtes Wellenlängenband mittels Schmalbandfilter kann die über das Objektiv auf den Detektor einfallende Energie für bestimmte Gasarten selektiert werden.



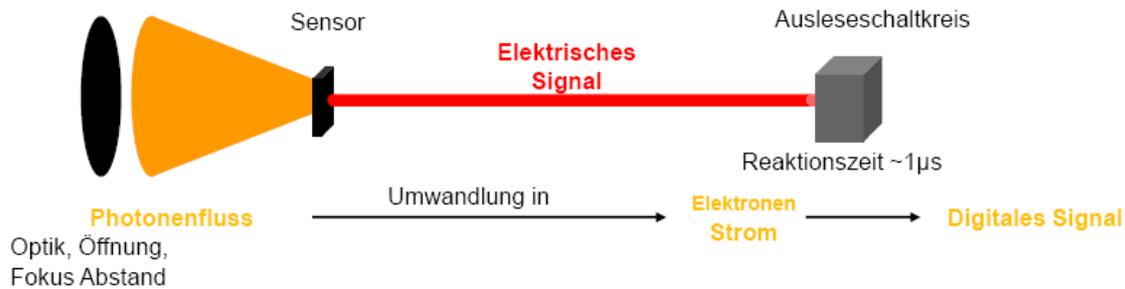


Abb. 4: Funktionsprinzip IR-Kamera (Quelle Fa. FLIR Systems)

Bei dem Bolometerprinzip, wie es üblicherweise für Wärmebildkameras verwendet wird, erfolgt hingegen eine Temperaturänderung auf dem Sensor, welche wiederum eine Widerstandsänderung in Verbindung mit einer Stromflussänderung nach sich zieht. Hierdurch ist die Signalverarbeitung deutlich langsamer (ms anstelle µs) und die thermische Empfindlichkeit gegenüber Quantendetektoren geringer. Abbildung 5 zeigt eine Gegenüberstellung der beiden unterschiedlichen Funktionsweisen. Die thermische Empfindlichkeit wird ausgedrückt durch den Parameter NETD (Nois Equivalent Temperatur Difference) und ist ein Maß für die messtechnisch erfassbaren Temperaturänderungen. Je niedriger dieser in Millikelvin (mK) gemessene Wert liegt, desto empfindlicher ist die Kamera und umso besser die erreichbare Mess- bzw. Bildqualität. Der NETD-Wert wird üblicherweise auf 30°C bezogen.

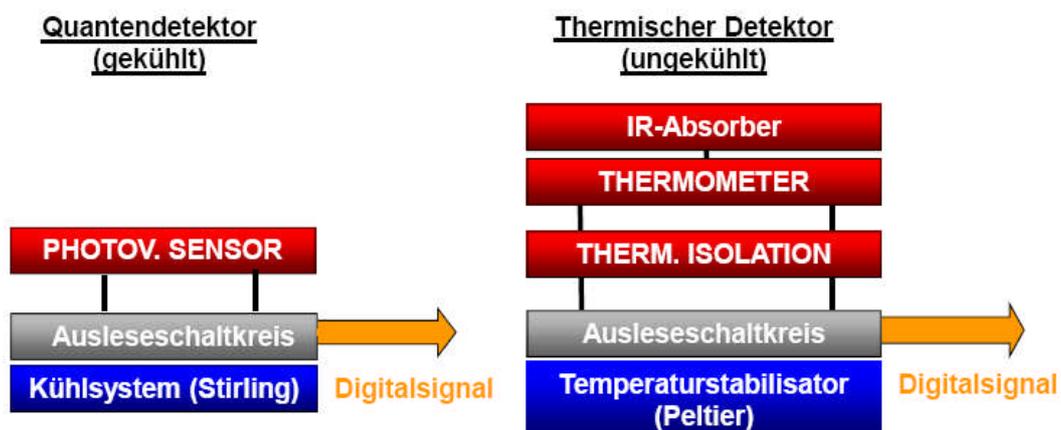
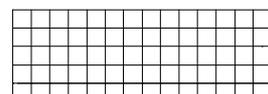


Abb. 5: Detektoren und Kameraprinzipien (Quelle Fa. FLIR Systems)



Anhand des dargestellten Sachverhaltes und der unterschiedlichen Messprinzipien Quantendetektor / Thermischer Detektor wird deutlich, dass klassische Wärmebildkameras nicht zur Gasleckageortung geeignet sind.

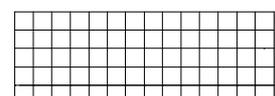
Die Hauptunterschiede zwischen den beiden Kamerasystemen FLIR / ESDERS liegen zum einen im für die Auswertung gewählten Wellenlängenband und zum anderen in der Art der gewählten Bildvisualisierung.

Bei dem FLIR-System berechnet und visualisiert die in die Kamera integrierte Auswerteelektronik mit Hilfe einer speziellen Bildüberlagerungstechnik in Verbindung mit Differenzbildung (HSM-Modus) das aus den Leckstellen austretende Gas in Form einer auf dem Kameradisplay sichtbaren Wolke. Da das System über eine thermische Empfindlichkeit von <25 mK verfügt, weist es eine sehr hohe Sensitivität auf. Die bisher durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen weisen auf eine sichere Visualisierung von Gasaustritten mit einer Mindestquellstärke von ca. 20-30 l/h aus einer Entfernung von ca. 10 m hin. Die Darstellung erfolgt in Echtzeit und lässt sich zur Dokumentation als Filmsequenz abspeichern.

Das ESDERS-Kamerasystem arbeitet prinzipiell nach der gleichen Funktionsweise, unterscheidet sich jedoch durch den gewählten Wellenlängenbereich, der bei 7,8 µm im Langwellenband liegt. In diesem Bereich ist die Hintergrundstrahlung gegenüber dem mittleren Wellenlängenband höher, was zu einem günstigeren Signal/Rauschverhältnis führt. Allerdings sind dafür Einschränkungen bei Messorten mit geringer Hintergrundstrahlung, wie z.B. in Hallen/Gebäuden zu erwarten.

Ein weiteres Unterscheidungskriterium ist die Art der visuellen Darstellung. Mit Hilfe eines externen Notebooks werden die Daten ausgewertet und in ein Falschfarbenbild umgesetzt, welches ein ebenfalls gleichzeitig aufgenommenes Real-Videobild überlagert.

Nachfolgende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung der wichtigsten technischen Daten der beiden Kamerasysteme.



Hersteller		Fa. FLIR	Fa. ESDERS
Typ		GF 320	GasCam
Wellenlängenbereich	[µm]	3,2-3,4	7,8
Detektorart		Gekühlter Quantendetektor	Gekühlter Quantendetektor
Thermische Empfindlichkeit	[mK]	< 25	< 20
Räumliche Auflösung	[Pixel]	320 * 240	128 * 128
Brennweite d. Objektivs	[mm]	23 bzw. 38	50
Vertikaler Objektivöffnungswinkel	[°]	24 bzw. 14,5	
Horizontaler Objektivöffnungswinkel	[°]	18 bzw. 18	

Tab. 1: Technische Daten der eingesetzten Kamerasysteme

Durch die unterschiedlichen Brennweiten bzw. Objektöffnungswinkel ergeben sich deutlich unterschiedliche Bildfelder. Zum Vergleich sind diese nachfolgend gegenübergestellt.

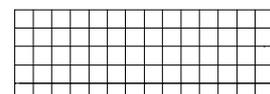
Entfernung [m]	Sichtbares Bildfeld [m*m]			Pixelbezogene Auflösung [cm]		
	F 23 mm	F 38 mm	E 50mm	F 23 mm	F 38 mm	E 50mm
10	4,2*3,2	2,5*1,9	1,0*1,0	1,33	0,79	0,78
25	10,6*8,0	6,4*4,8	2,5*2,5	3,32	1,98	1,95
50	21,3*15,9	12,7* 9,5	5,0* 5,0	6,64	3,97	3,91
100	42,5*31,9	25,4*19,1	10,0*10,0	13,28	7,95	7,81

F = FLIR Kamera GF320 mit 23 mm bzw. 38 mm Objektiv

E = ESDERS GasCam mit 50 mm Objektiv

Tab. 2: Bildfeld und Auflösung der eingesetzten Kamerasysteme

Die pixelbezogene Auflösung kann näherungsweise mit dem räumlichen Auflösungsvermögen gleichgesetzt werden. Anhand der technischen Daten lässt sich mit dem ESDERS-System eine etwas bessere Empfindlichkeit erwarten. Die Empfindlichkeit ist jedoch technisch nicht nur vom Bildfeld und der pixelbezogenen Auflösung abhängig, sondern wird auch wesentlich durch das interne Strahlungsverhalten der Kamera geprägt. Da die auf den Detektor einfallende Energie sehr



gering ist, müssen alle Kamerakomponenten so konzipiert und abgeschirmt sein, dass sie möglichst wenig Energie abstrahlen. Nur unter Berücksichtigung dieser Aspekte und einer sehr hohen Temperaturstabilität des gekühlten Detektorsystems ist es möglich, ein ausreichendes Signal-Rauschverhältnis und eine entsprechend geringe Nachweisgrenze für Temperaturänderungen zu erhalten.

### 3.2 Konzentrationsmessgeräte zur CH<sub>4</sub>-Messung

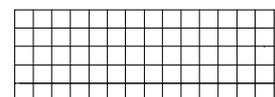
Wie bereits angesprochen wurden zur Plausibilitätsprüfung zusätzlich weitere Gaskonzentrationsmessgeräte eingesetzt. Hierbei handelte es sich um die nachfolgend spezifizierten Messgeräte.

- |    |              |   |
|----|--------------|---|
| a) | Hersteller:  | Fa. Crowcon   |
|    | Typ:         | LaserMethane mini   |
|    | Messprinzip: | Berührungslose Messung mittels integrierender IR-Laser-Messung für CH <sub>4</sub> nach TDLAS-Prinzip |
|    | Messbereich: | 10 – 50.000 ppm*m   |
| b) | Hersteller:  | Fa. ESDERS  |
|    | Typ:         | SIGI Ex   |
|    | Messprinzip: | Kontakmessgerät mit Halbleiter-Sensorarray/Wärmetönung/Wärmeleitung mit aktiver Probenahme            |
|    | Messbereich: | 0-10.000 ppm und 0 -100 Vol.-% CH <sub>4</sub>  |

Um auch Leckagen im Bereich der Behälterkrone prüfen zu können, wurde das SIGI Ex mit einer Langsonde betrieben. Hierdurch ist es möglich, Ansaugproben aus einer Höhe bis ca. 6 m zu entnehmen und CH<sub>4</sub>-Messungen durchzuführen.

### 3.3 Gasgeschwindigkeit und Volumenstromermittlung

Die Volumenstromermittlung erfolgt an direkt erreichbaren und räumlich eingrenzba- ren Gasaustrittstellen durch eine Messung der Gasgeschwindigkeit mittels Anemometern. Um eine räumliche Abgrenzung zu erreichen, wurden Messtrichter aufgesetzt und die Geschwindigkeitsmessung im Abluftrohr des Messtrichters durchgeführt. Um eine Veränderung der Druckverhältnisse möglichst auszuschließen, wurde ein Abluftrohr mit 100 mm Durchmesser und ein Flügelrad mit 80 mm Durchmesser eingesetzt. Der Volumenstrom wurde dann aus dem Produkt von Querschnittsfläche und Geschwindigkeit ermittelt. Nachfolgende Abbildung 6 zeigt ein Schemabild dieser



Messanordnung. Im Falle vorliegender Rohrleitungen (z.B. bei der Fütterung) erfolgte die Geschwindigkeitsmessung mit dem 16 mm Flügelrad.

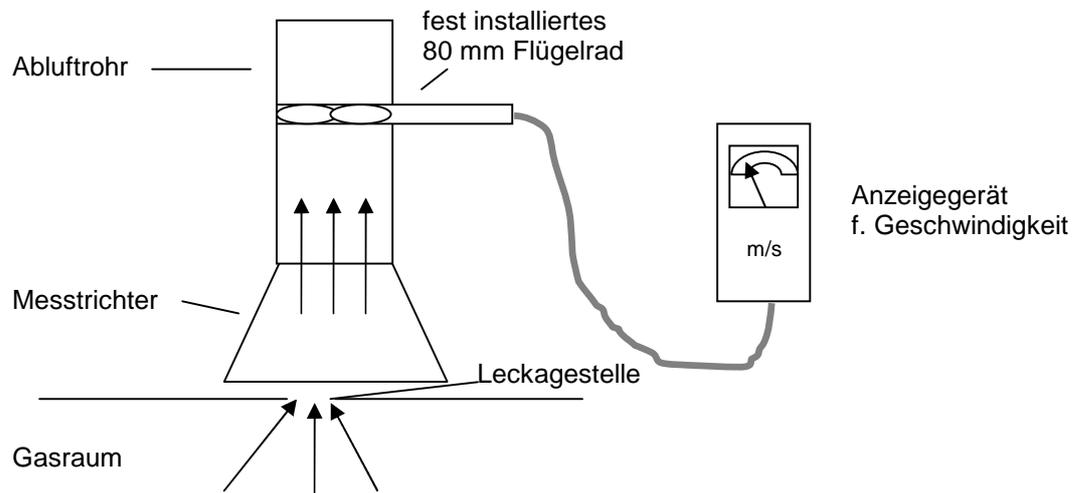


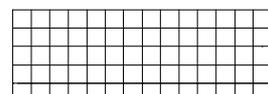
Abb. 6: Messanordnung zur Volumenstrombestimmung

Bei den eingesetzten Flügelradanemometern handelte es sich um folgende Geräte:

- |    |                       |                                 |
|----|-----------------------|---------------------------------|
| a) | Hersteller:           | Fa. Testo                       |
|    | Typ:                  | T400, mit Flügelrad 80 mm       |
|    | Anlaufgeschwindigkeit | 0,5 m/s                         |
|    | Messgenauigkeit:      | ± 0,5 m/s                       |
| b) | Hersteller:           | Fa. Höntzsch                    |
|    | Typ:                  | µFlowtherm, mit Flügelrad 25 mm |
|    | Anlaufgeschwindigkeit | 0,3 m/s                         |
|    | Messgenauigkeit:      | ± 0,2 m/s                       |

### 3.4 Messung der atmosphärische Randbedingungen

- |                  |                                      |
|------------------|--------------------------------------|
| Hersteller:      | Fa. Testo                            |
| Typ:             | 622                                  |
| Messgenauigkeit: | Temperatur: ± 0,4 °C                 |
|                  | Feuchte: ± 2 % r.Feuchte (10 – 90 %) |
|                  | ± 3 % r.Feuchte (restlicher Bereich) |
|                  | Absolutdruck: ± 3 hPa                |



## 4. Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse

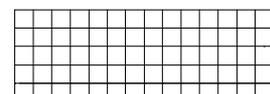
### 4.1 Vergleichsmessung der beiden Kamerasysteme

Um einen direkten Vergleich der beiden Kamerasysteme zu ermöglichen erfolgten an 3 Biogasanlagen zeitgleiche Begehungen. Die Durchführung der Messungen mit dem Kamerasystem der Fa. ESDERS erfolgte durch die Fa. ESDERS, die neben dem Kameravertrieb auch die Durchführung der Dienstleistung anbietet. Um eine bessere Einschätzung der Aufnahmeempfindlichkeit zu erhalten, erfolgte an einer Biogasanlage eine gezielte Freisetzung von Biogas. Abbildung 7 zeigt die entsprechende Messanordnung.



Abb. 7: Messanordnung zur Kamera- Vergleichsmessung bei gezielter Gasfreisetzung auf Anlage A5

Die Gasfreisetzung erfolgte über einen 1“-Kugelhahn. Dabei wurde die Methankonzentration und der Volumenstrom gemessen. Da es bei der Teilöffnung des Kugelhahnes zu einer starken Veränderung des Strömungsbildes kam und diese auf Grund einer fehlenden geeigneten Messstrecke nicht ausgeglichen werden konnte, ist der angegebene Volumenstrom mit höherer Messunsicherheit behaftet und als Größenordnungswert zu verstehen.



Für die Berechnung des Biogasverlustes muss die an der Austrittsstelle bereits eingesetzte Verdünnung berücksichtigt werden. Dies erfolgt durch Quotientenbildung aus der an der Austrittsstelle gemessenen Methankonzentration und der im Behälterinnern vorliegenden Methankonzentration. Diese liegt im Regelfall in der Größenordnung 50 bis 55 %. Da im Fall der Vergleichsmessung das Endlager jedoch nach Reparaturarbeiten noch nicht vollständig mit Gas gefüllt war, wurde eine Methankonzentration von 45 % für die Berechnung angesetzt. Unter Berücksichtigung der genannten Randbedingungen kann somit von folgenden freigesetzten Gasmengen ausgegangen werden:

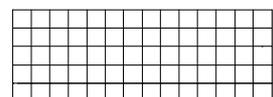
Vergleichsmessung niedrige Gasmenge (Abb. 8):

CH<sub>4</sub>-Konzentration in [%]: 10  
 Ausströmgeschwindigkeit in [m/s]: 0,5  
 Berechneter Volumenstrom in [m<sup>3</sup>/h]:  $v_1 = v \cdot A = 0,5 \cdot 0,000168 = \text{ca. } 300 \text{ l/h}$   
 Volumenstrom bez. auf Biogas in [m<sub>BG</sub><sup>3</sup>/h]:  $v_{\text{BiG}} = v_1 \cdot C_{\text{Faktor}} = 300 \cdot (10/45) = \text{ca. } 70 \text{ l/h}$

Vergleichsmessung höhere Gasmenge (Abb. 9):

CH<sub>4</sub>-Konzentration in [%]: 15  
 Ausströmgeschwindigkeit in [m/s]: 2,5  
 Berechneter Volumenstrom in [m<sup>3</sup>/h]:  $v_1 = v \cdot A = 2,5 \cdot 0,0005 = \text{ca. } 4.500 \text{ l/h}$   
 Volumenstrom bez. auf Biogas in [m<sub>BG</sub><sup>3</sup>/h]:  $v_{\text{BiG}} = v_1 \cdot C_{\text{Faktor}} = 300 \cdot (10/45) = \text{ca. } 1.500 \text{ l/h}$

Die angegebenen Werte sind nicht als exakte Messwerte zu verstehen, sondern repräsentieren die Größenordnung der freigesetzten Gasmenge. Eine exaktere Messung war wegen der vorliegenden Randbedingungen nicht möglich. Die nachfolgenden Abbildungen 8 bis 9 zeigen Screenshots der Ergebnisdarstellung.



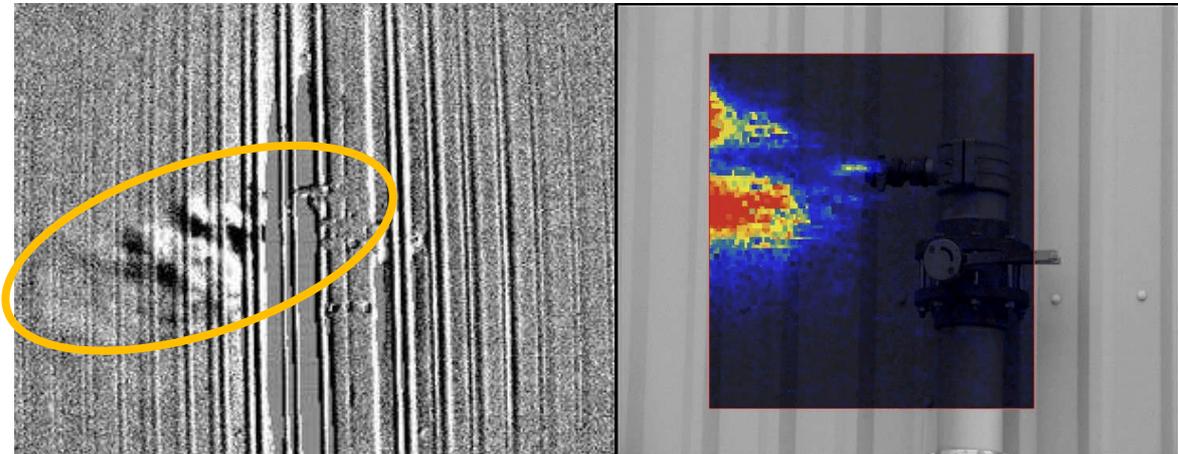


Abb. 8: Vergleichsmessung niedrige Gasfreisetzungsrates  
(links FLIR, rechts ESDERS)

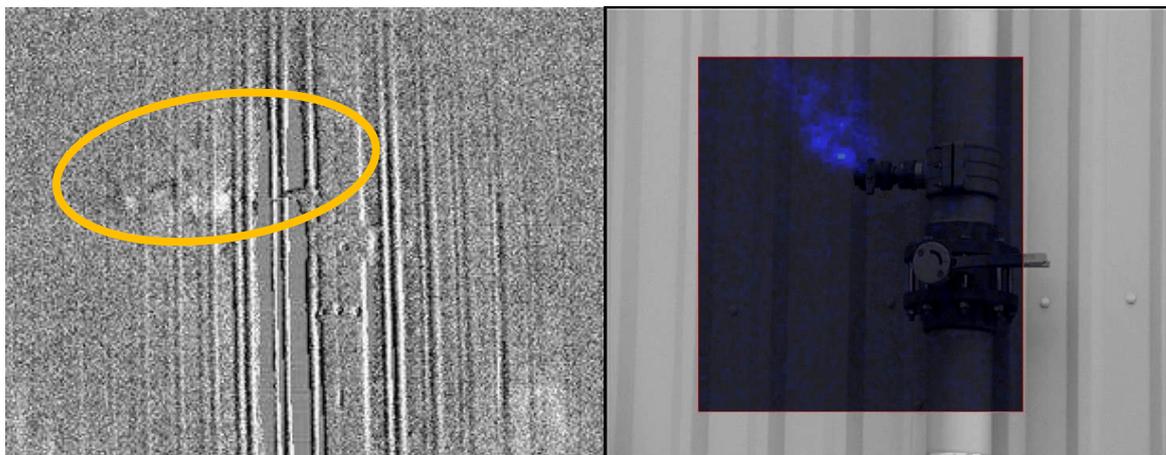
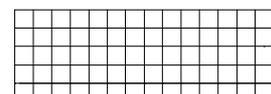


Abb. 9: Vergleichsmessung hohe Gasfreisetzungsrates (links FLIR, rechts ESDERS)

Die in den Abbildungen 8 und 9 dargestellten Bilder wurden aus einer Entfernung von ca. 10 m aufgenommen. Bei der ESDERS Kamera ist dann das eigentliche Infrarotbildfeld mit 1\*1m relativ klein. In der Abbildung ist deutlich zu erkennen, dass die eigentliche Gaswolke bereits abgeschnitten ist und somit der Aufnahmeabstand zu gering gewählt wurde. Die Abbildungen verdeutlichen, dass sich die freigesetzten Gasmengen mit beiden Kameras visualisieren lassen.



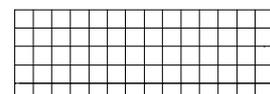
Auf Grund der Darstellungsart sind jedoch bei den als Bild abgespeicherten Screenshots aus der FLIR-Kamera die Gaswolken schwieriger zu erkennen. Bei den Videoaufzeichnungen ist in der Erkennbarkeit der Gaswolken kein relevanter Unterschied feststellbar.

Im Rahmen der Vergleichsmessungen auf den 3 Biogasanlagen wurde mit der ESDERS-GasCam auf der Anlage A5 im Bereich eines am Nachgärer installierten Schauglases zeitweise ein Gasaustritt erkannt. Diese Leckage konnte weder mit der FLIR-Kamera, noch mit dem integrierend messenden Laser-Messgerät erkannt werden. Eine Kontrollmessung mit dem SIGI-Ex Messgerät ergab zeitweilige auftretende und stark schwankende Methankonzentrationen in der Größenordnung von 50 bis maximal 500 ppm. Ob diese Konzentrationen durch Windverwehungen aus anderen Bereichen oder durch eine Undichtigkeit am Bullauge hervorgerufen wurden, konnte nicht abschließend geklärt werden.

Alle weiteren an den 3 Anlagenstandorten aufgetretenen Leckagen wurden mit beiden Kamerasystemen sicher aufgefunden. Daher sind beide Kameras für die Aufgabenstellung Visualisierung von Gasleckagen an Biogasanlagen als gleichwertig anzusehen. Die ESDERS GasCam hat dabei eine etwas höhere Empfindlichkeit, diese ist jedoch für die genannte Aufgabenstellung nicht relevant und bietet keine Vorteile. Die gewählte Darstellungsart der ESDERS GasCam bietet für schriftliche Berichte durch das Falschfarbenbild für die Gaswolke und das im Hintergrund liegende Realvideobild eine übersichtlichere und leichter nachvollziehbarere Dokumentation gegenüber den S/W-Bildern der FLIR-Kamera. Im Videomodus sind beide Darstellungsarten gleichwertig. Der Vorteil der FLIR-Kamera liegt in der kompakteren Bauweise und der damit verbundenen höheren Flexibilität bzgl. der Aufnahme-standpunkte in der Anlage. So ist es z.B. möglich, Detailaufnahmen auf Bühnen oder von Leitern aus durchzuführen und grundsätzlich näher an die zu überprüfenden Objekte heranzugehen.

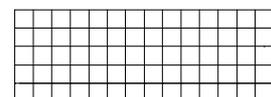
#### **4.2. Ergebnisse der Messungen an den einzelnen Anlagenstandorten**

Die anlagenbezogene Dokumentation der Messungen mit Detaildarstellung der aufgefundenen Leckagen findet sich in den Anlagen A1 bis A10.



### 4.3. Bewertung der Messergebnisse

Bei den im Rahmen des Vorhabens durchgeführten 10 Anlagenbegehungen, wurden an 8 Biogasanlagenstandorten Gasleckagen festgestellt. Diese setzten sich aus 22 Gasaustrittsstellen zusammen, die sich anhand unterschiedlicher Kriterien in verschiedene Kategorien unterteilen lassen. So kann z.B. die Kategorienzuzuordnung über den erforderlichen Aufwand zur Fehlstellenbehebung oder zum anderen über die Höhe der Austrittsrate erfolgen. Da hinter der Höhe der Austrittsrate auch immer die Frage der Wirtschaftlichkeit steht, liegt der Fokus oftmals auf diesem Gesichtspunkt. An diesem Punkt muss jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass zum Erreichen der Zielsetzung Klimaschutz / CO<sub>2</sub>-mindernde Energieerzeugung ein als technisch dicht anzusehender Anlagenbetrieb erforderlich ist und somit jede Gasaustrittsstelle als nicht akzeptable Fehlstelle einzustufen ist. Die einzige Ausnahme hiervon bildet bei Tragluftdächern der Abluftstrom der Stützluft. Da Gasspeicherfolien prinzipiell eine geringfügige Gasdurchlässigkeit (Diffusion) aufweisen, kommt es im Abluftstrom der Stützluft zu einer geringen Methankonzentration. Die Höhe dieser Konzentration ist abhängig von der Größe des Gasspeichers (Behälterdurchmesser) sowie von der Abluftmenge und kann rechnerisch unter Berücksichtigung des Diffusionskoeffizienten in Verbindung mit den beiden genannten Eingangsgrößen ermittelt werden. Alternativ kann die Konzentration aus dem in Abbildung 10 dargestellten Nomogramm abgeleitet werden. Dieses wurde von der Fa. Gewitra für einen Behälterdurchmesser von 30 m und einer Kalottenhöhe des Gasspeichers von 5 m erstellt und kann näherungsweise auch für kleinere Behälter herangezogen werden. Liegen die im Tragluftstrom gemessenen Konzentrationen oberhalb der im Nomogramm aufgezeigten Werte, besteht der Verdacht auf eine Leckage. Methankonzentrationswerte in der im Nomogramm aufgezeigten Größenordnung liegen nach bisherigen Erfahrungen unterhalb der Nachweisgrenze einer Gaskamera. Wie die in Sachsen durchgeführten Untersuchungen und die Erfahrungen aus weiteren Kamera-begehungen an div. Anlagenstandorten zeigten, kommt es im Fall einer Beschädigung des Gasfolienspeichers zu deutlich höheren Konzentrationen im Tragluftstrom, die mit einer IR-Kamera auch klar erkennbar sind. Dennoch scheint es angebracht, im Sinne einer vorbeugenden Anlageninstandhaltung, regelmäßige Methankonzentrationsmessungen im Tragluftstrom im Rahmen einer Eigenkontrolle durchzuführen. Da in vielen Fällen der Abluftstutzen der Tragluft auf der Wetterschutzmembran in großer Höhe angebracht und selbst mittels Leiter nicht erreicht werden kann, ist das Ausschalten des Tragluftgebläses und eine Konzentrationsmessung in der durch das Gewicht der Wetterschutzmembran zurückströmenden Luft ein probates Mittel zur regelmäßigen Kontrolle. Da im Schadensfall aber die Gefahr der Bildung eines zündfähigen Gemisches besteht, setzt diese Vorgehensweise ein ex-geschütztes Gebläse voraus. Die deutlich bessere und sichere Lösung ist allerdings die Abluftöffnung der Stützluft an einer erreichbaren Stelle an die Atmosphäre abzuführen.



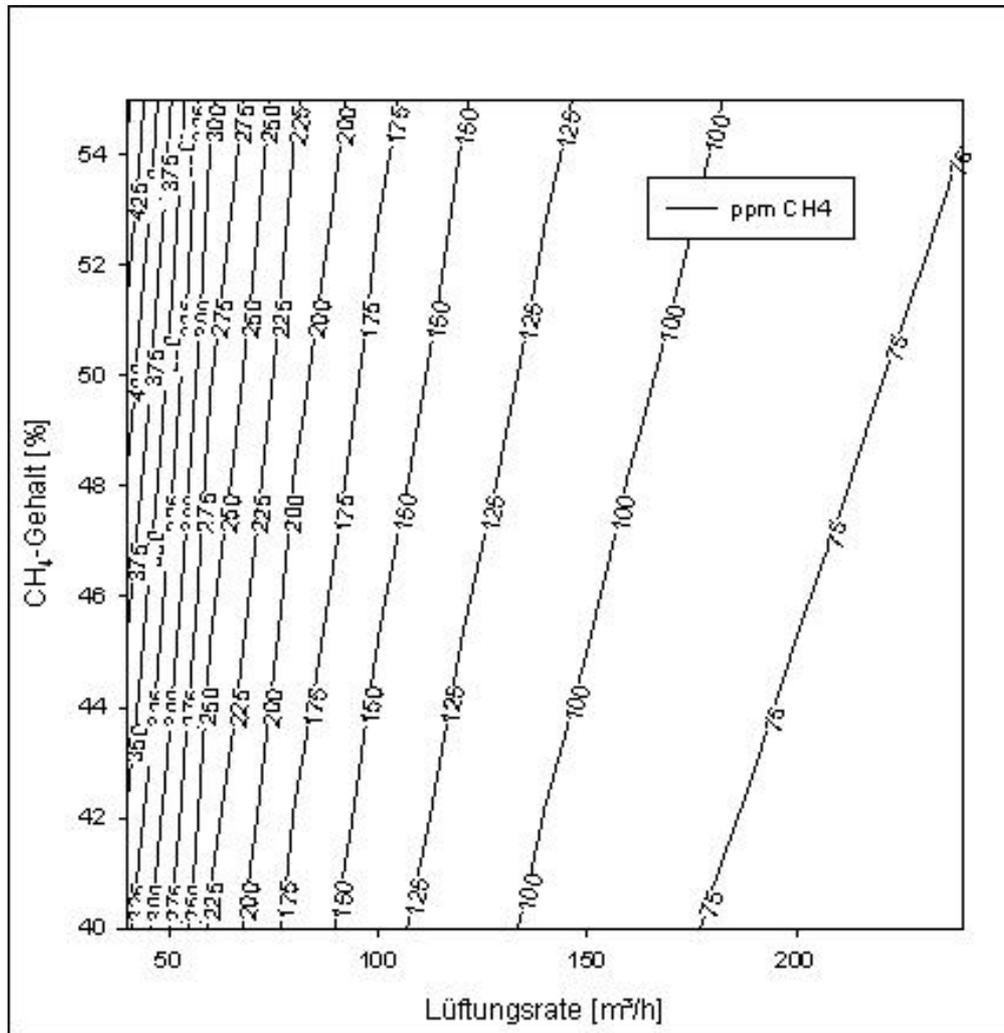
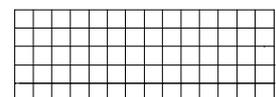


Abb. 10: Zu erwartende Methankonzentration in der Abluft von Tragluftdächern in Abhängigkeit des eingestellten Tragluftvolumenstromes (Quelle Fa. Gewitra)

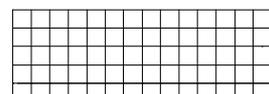
Bei der Bewertung von Leckageuntersuchungen mittels IR-Kamera ist zu berücksichtigen, dass eine direkte Bestimmung des Leckvolumenstroms mit den genannten Messmethoden nicht möglich ist. Hierzu sind andere, z.T. sehr aufwendige Messverfahren erforderlich. I.d.R. erfolgt dies mit Hilfe belüfteter Hauben. In Abhängigkeit der Lage und Art der Fehlstelle können sich jedoch Situationen ergeben, bei denen eine Bestimmung der entweichenden Gasmenge technisch nicht durchführbar ist. Beispiele hierfür sind Gasfolienspeicher, die Anbindung von Folien speichern an die Behälterwandung aber auch Rohrdurchführungen.



Die bisherigen Erfahrungen aus Anlagenbegehungen und Gasfreisetzungsversuchen zeigen, dass unter Berücksichtigung der genauen Aufnahmebedingungen (Entfernung, eingestellte Empfindlichkeit) sowie der Randbedingungen (Windverhältnisse, Gasbeschaffenheit, Betriebszustände) eine ausreichende Abschätzung des Emissionspotenzials erfolgen kann. Lassen sich die CH<sub>4</sub>-Konzentrationen im Leckstrom erfassen, kann die Einschätzung des Volumenstromes mit höherer Sicherheit erfolgen.

Da die Höhe des Leckvolumenstromes auch Abhängigkeiten vom Betriebszustand verschiedener Anlagenkomponenten (Futtermiteleintrag, Rührwerke, Gärrestaustrag, Füllstand von Gasspeichern) aufweist, müssen diese unterschiedlichen Betriebszustände bei der Anlagenbegehung auch Berücksichtigung finden.

Aus den dargestellten Sachverhalten wird deutlich, dass eine alleinige Ergebnisbewertung auf Basis der Leckrate nicht sinnvoll erscheint, sondern eine Klassifizierung analog der Elektrothermographie mit Unterteilung in Fehlerklassen und unterschiedlicher Priorität im Hinblick auf die zeitliche Fehlerbehebung eine praktikable Vorgehensweise darstellt. Ziel ist hierbei die Gewährleistung einer objektiven Bewertung des Emissionsgeschehens unter Berücksichtigung von Umwelt- u. Arbeitsschutzaspekten. Daher sollten neben dem Emissionspotenzial weitere Kriterien aus den Bereichen Brand-/Explosionsschutz und Personengefährdung berücksichtigt werden. Die in der nachfolgenden Tabelle 3 dargestellte Matrix enthält einen Vorschlag für ein mögliches Bewertungsschema. Diese Matrix wurde im wesentlichen vom Arbeitskreis „Qualitätssicherung Gasleckagen visualisieren an Biogasanlagen“ (QGvB) erarbeitet. Diese von mehreren im Bereich der Gasleckageortung tätigen Dienstleistern gegründete Arbeitsgruppe hat die Zielsetzung, eine einheitliche Vorgehensweise bei der Lokalisierung und Beurteilung von Gasleckagen an Biogasanlage, zu erarbeiten.

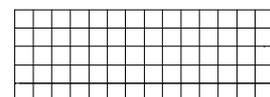


	Kategorie 2 (0 Punkte)	Kategorie 1 (1 Punkt)	Kategorie 0 (2 Punkte)
CH <sub>4</sub> [Vol-%]	< 0,5	2,5	> 2,5
Zugänglichkeit	im Regelbetrieb nicht erreichbar	nur mit mobiler Aufstiegshilfe	Bühne/Podest
Zündquellenabstand	keine Zündquelle vorhanden	< 2m	< 1m
Gefahr möglicher Schadensausdehnung	Keine	--	Vorhanden (z.B. bei Folienschäden)
Lage der Gasaustrittsstelle	Exponiert (Fermenterdach)	teilweise exponiert (Bühne)	geschlossener Raum (BHKW)
Emissionspotenzial [l/h]	< 100	< 1.000	> 1.000

Tab. 3: Bewertungsmatrix für Leckagen an Biogasanlagen (Quelle QGvB, modifiziert)

Die Auswahl der einzelnen Kriterien erfolgte hierbei unter folgenden Gesichtspunkten:

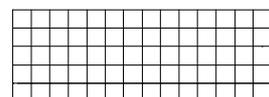
- CH<sub>4</sub>-Konzentration: Gefahr der Bildung explosionsfähiger Gasgemische
- Zugänglichkeit: Erreichbarkeit durch Personen und damit verbunden die Möglichkeit Zündquellen einzubringen
- Zündquellenabstand: Explosionsschutz, Abstand zu fest installierten Zündquellen
- Schadensausdehnung: Gefahr der Schadensvergrößerung durch z.B. weiteres Reißen von Folien oder Schweißnähten
- Lage Gasaustritt: Verteilungs- u. Verdünnungsmöglichkeit des entweichenden Gases
- Emissionspotenzial: Klimaschutzgründe bzw. ökonomische Gründe



Legt man dieses Bewertungsschema zu Grunde, so ergibt sich für die im Rahmen der durchgeführten Messkampagne an den 10 Anlagenstandorten folgende Punkteverteilung für die aufgefundenen Fehlstellen:

Leck-Nr.	Art	CH4	Zugängigkeit	Abstand	Ausdehnung	Lage	Menge	Gesamtpunkte
A 1.1	Fütterung	1	-	-	-	-	-	1
A.2.1	Loch	2	-	-	-	-	1	3
A 2.2	Seilzug	1	-	-	-	-	1	2
A 3.1	Rührwerk	1	-	-	-	-	1	2
A.4.1	Folienanbindung	1	-	-	-	1	1	3
A 4.2	Folienanbindung	1	-	-	-	1	1	3
A 4.3	Naht	1	-	-	2	-	1	4
A 5.1	Loch	2	-	-	2	-	2	6
A 5.2	Seilzug	1	2	-	-	-	1	4
A 6.1	Fütterung	1	-	-	-	-	1	2
A 6.2	Fütterung	1	-	-	-	-	1	2
A 6.3	Bullauge	2	1	-	-	1	1	5
A 6.4	Rohrstützen	2	-	-	-	1	1	5
A 6.5	Seilzug	2	2	-	-	1	2	7
A 6.6	Seilzug	2	2	-	-	-	1	5
A 6.7	Seilzug	2	2	-	-	-	1	5
A 8.1	Seilzug	2	1	-	-	1	1	5
A 9.1	Überlauf	1	-	-	-	1	1	3
A 9.2	Überlauf	1	-	-	-	1	1	3
A 9.3	Überlauf	1	-	-	-	1	1	3
A 9.4	Fermenter Gasspeik	2	-	-	-	-	2	4
A 9.5	Nachgärer	2	-	-	-	-	2	4

Tab. 4: Bewertung der aufgefundenen Leckagen



Klassifiziert man die Gesamtpunktverteilung in 3 unterschiedliche Fehlerklassen, so ergibt sich folgende Verteilung:

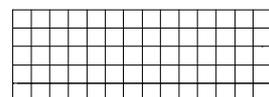
- Fehlerklasse 3: < 2 Punkte, geringer Handlungsbedarf, 5 Fehlstellen
- Fehlerklasse 2: 3-4 Punkte, mittlerer Handlungsbedarf, 10 Fehlstellen
- Fehlerklasse 1: > 4 Punkte, hoher Handlungsbedarf, 7 Fehlstellen

Summiert man die abgeschätzten Gasverluste der Einzelleckagen so ergibt sich folgende Verteilung:

- Keine Gasverluste: Anlage A7 und A10
- Gasverlust < 1m<sup>3</sup>/h: Anlage A1, A3 und A8
- Gasverlust > 1 < 5 m<sup>3</sup>/h: Anlage A2
- Gasverlust > 5 <10 m<sup>3</sup>/h: Anlage A4 und A6
- Gasverlust > 10 <20 m<sup>3</sup>/h: A9
- Gasverlust > 20 m<sup>3</sup>/h: Anlage A5

Hinsichtlich der Beseitigung von Leckagen der Fehlerklassen 2 und 3 sollte immer eine Abwägung erfolgen, ob eine kurzfristige Schadensbehebung einzuleiten oder eine Schadensbehebung bei der nächsten Anlagenrevision ausreichend ist. In Abhängigkeit der Schadensart und der zu ergreifenden Maßnahmen kann es ggf. bei einer sofortigen Reparatur durch die erforderlichen Arbeiten (z.B. Öffnen von Dächern) zu einer höheren Methangasfreisetzung kommen, als sie bei einer Schadensregulierung im Rahmen der nächsten Anlagenrevision mit Leerfahren des Behälters zu erwarten ist. Bei Schadensfällen der Fehlerklasse 1 oder Schäden die durch direkte Wartung zu beseitigen sind, sollte grundsätzlich immer eine kurzfristige Instandsetzung erfolgen.

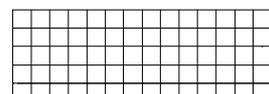
Ein häufig auftretender und leicht zu behebbender Fehler ist z.B. die fehlende oder ausgetrocknete Schmierung der Seilzugdurchführung für die Höhenverstellung von Tauchmotorrührwerken. Fehlt diese Schmierung kann es zu erheblichen Gasaustritten kommen. Dieser Fall wurde bei der Messkampagne an 4 verschiedenen Anlagenstandorten insgesamt 6 mal angetroffen. Der prozentuale Anteil dieses auf mangelnde Wartung zurückzuführenden Fehlers liegt somit bei nahezu 30% der Gesamtfehlstellenzahl. Durch regelmäßige Kontrollgänge und Nachschmierungen könnte diese Fehlerquote drastisch reduziert werden. Da das Schmierfett durch die UV-Strahlung austrocknet, sind auch die Seilzugdurchführungen von nicht oder nur selten genutzten Rührwerkverstellungen in kurzen Zeitintervallen (z.B. wöchentlich) zu kontrollieren. Hierdurch könnte diese Fehlerquelle auf ein Minimum reduziert und eine nicht unerhebliche Emissionsreduzierung erzielt werden. Nach der vorgestellten Bewertungsmatrix wurden diese Fehlstellen zweimal in Fehlerklasse 2 und viermal in



Fehlerklasse 1 eingestuft. Letztere Einstufung basiert überwiegend auf der guten Erreichbarkeit durch die Bühne mit Treppenaufgang und den festgestellten sehr hohen Methankonzentrationen (ca. 40-45 Vol.-%). Bei den weiteren in Fehlerklasse 1 eingestuften Leckagen handelt es sich um Schäden an der Gasspeicherfolie und an einem Sichtfenster sowie um einen undichten Rohrstützen.

Die Anzahl der Leckagen bei den 10 in Sachsen untersuchten Anlagen bestätigt die Erfahrung aus den durch unser Haus bundesweit durchgeführten Messungen. Hier traten bei ca. 80 % der untersuchten Anlagen Gasleckagen auf. Der überwiegende Teil dieser Leckagen ist bereits durch kleine Wartungs- bzw. Reparaturmaßnahmen zu beheben. Die Klassiker hierbei sind die nicht abgeschmierten Seilzugdurchführungen und Schäden an Dichtungen bzw. gelockerte Ringraumdichtungen. Größere Schäden mit erheblichen Gasaustritten bzw. hohem Reparaturaufwand treten erfahrungsgemäß bei ca. 20 – 25 % der Anlagen auf. Die Hauptschadensursache ist hierbei der Anschluß von Membrandächern an die Behälterwandung.

Ein weiteres auftretendes Manko, welches bei vielen Biogasanlagen zu Gasemissionen führt, begründet sich in der Betriebsweise bzw. in zu klein dimensionierten Gasspeichern. Diese werden oftmals bis nahe 100% ausgelastet um den Gasmotor möglichst durchgängig betreiben zu können. In der Praxis führt das aber vielfach zu einem Ansprechen der Überdrucksicherungen und einem teilweise stundenlangen Abblasen des Biogases in die Atmosphäre. Die Gründe hierfür können Stillstandzeiten des Gasmotors durch „kurze“ Wartungsarbeiten aber auch das Abschalten des BHKW's bei Netzstörungen oder Netzinstabilitäten sein. Bei nahezu vollen Gasspeichern kann auch ein durch die Sonneneinstrahlung bedingter Temperaturanstieg zu einer Druckerhöhung im Gasspeicher und damit verbunden zu einem Abblasen über die Überdrucksicherung führen. Typische Fehler sind auch mangelnde Wasserstände oder falsche Dimensionierung des Ansprechdruckes der Überdrucksicherung. Von den 10 in Sachsen untersuchten Anlagen trat an 3 Anlagen bei Ankunft und bei einer weiteren Anlage während der Messdurchführung Biogas über die Überdrucksicherung aus.



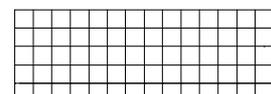
## 5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Insgesamt kann aus der durchgeführten Messkampagne geschlussfolgert werden, dass eine Anlagenüberprüfung mittels bildgebender Messverfahren sinnvoll erscheint. Mit den mittlerweile verfügbaren Techniken lassen sich Gasleckagen an Biogasanlagen sicher auffinden, so dass Maßnahmen zu deren Behebung eingeleitet und Methanemissionen reduziert werden können. Prinzipiell eignen sich beide im Rahmen des Vorhabens eingesetzten Kamerasysteme. Auf Grund der hohen Kamerakosten und der erforderlichen Erfahrung bei Aufnahme und Interpretation der Messergebnisse erscheinen IR-Aufnahmen im Rahmen der Eigenüberwachung nicht sinnvoll.

Bei Neuanlagen empfiehlt sich die Durchführung einer IR-Kamerainspektion nach Erreichen der stabilen Betriebsphase. Hierdurch können konstruktiv bedingte Mängel oder Bauausführungsmängel ausgeschlossen, eine hohe Betriebssicherheit erzielt und die Dichtheit der Anlage dokumentiert werden.

Da die Anlagen stets der Witterung ausgesetzt sind und z.B. durch intensive UV-Strahlung Alterungsprozesse beschleunigt werden, empfiehlt sich eine Wiederholung der IR-Inspektionen im Jahreszyklus. Bei Durchführung bestimmter Arbeiten, wie z.B. das Öffnen u. Schließen von Dächern, bei Auftreten plötzlicher Gasgerüche und nicht identifizierbaren Geruchsquellen oder bei plötzlichem Anstieg der eingesetzten Futtermenge bei gleichbleibender Gasproduktionsmenge empfiehlt sich eine Zusatzinspektion außerhalb des Regelturnus. Hierbei kann ggf. auch eine Teilbegehung der Anlage erfolgen. Nach extremem Wetterereignissen (Orkan, schwere Gewitter) kann ggf. ebenfalls ein Zwischentermin sinnvoll sein.

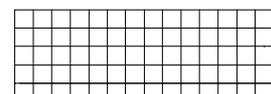
Zur Vermeidung von Gasleckagen sollte im Sinne einer vorbeugenden Instandhaltung eine regelmäßige Eigenüberwachung durch wöchentliche Kontrollgänge des Anlagenpersonals erfolgen. Hierbei scheint auch die Durchführung von Methankonzentrationsmessungen an verschiedenen Anlagenkomponenten angebracht. Prinzipiell können solche Messungen auch mittels Gasschnüffelgeräten mit akustischem Alarm erfolgen. Ein Ansteigen der Lautstärke bzw. des Alarmtaktes stehen dann als Synonym für die Höhe der Methankonzentration. Als geeignetere Lösung ist jedoch der Einsatz eines Gasspürgerätes mit direkter Konzentrationsanzeige anzusehen. Dies insbesondere vor dem Hintergrund einer möglichst regelmäßigen Prüfung der Methankonzentration im abgeleiteten Tragluftstrom. Hier erscheint eine Messung im 3 Monatszyklus ausreichend. Empfehlenswert ist hierbei auch die Durchführung stichprobenhafter Methankonzentrationsmessungen im Bereich des Überganges Gashaube / Behälterwandung. Hier erscheinen 5 Punkte pro Behälter im vierteljährlichen Zyklus ausreichend. Weitere regelmäßig zu prüfende Anlagenkomponenten sind Seilzugdurchführungen oder Wasservorlagen bei Rührwerksdurchführungen. Hier sollte ein wöchentlicher Prüfungsturnus angestrebt werden.



Durch die Kombination aus regelmäßiger Eigen- u. Fremdkontrolle kann das Hauptziel der regenerativen Energieerzeugung - die klimafreundliche Energieerzeugung - gewährleistet werden. Darüber hinaus bewirkt ein mit vertretbarem Aufwand regelmäßig erbrachter Dichtigkeitsnachweis der Biogasanlage eine Steigerung der Anlagensicherheit sowie nicht zuletzt eine Erhöhung der öffentlichen Akzeptanz von Biogasanlagen.

Longuich, im November 2011

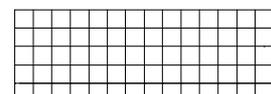
Dipl.-Ing. W. Schreier



## **Anlagen**

Zeichenerklärung für die in den Anlagen verwendeten Symbole:

-  Langachs-Rührwerk
-  Seilzug-Rührwerk
-  Paddel-Rührwerk
-  Fütterung
-  Abluftrohr-Stützluft
-  Stützluftgebläse
-  Über-/Unterdruck Sicherung
-  Standpunkt mit Videodokument
-  Standpunkt ohne Videodokument
-  Gasaustrittsbereich
-  Diffuser Gasaustrittsbereich

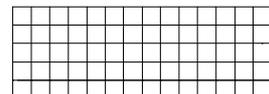


### A1.1 Allgemeine Anlagendaten

Name der Anlage: A 1  
Inbetriebnahme: 2007



Behälter	Durchmesser [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Art des Daches
Fermenter	20	1.800	Tragluftdach mit Membran
Nachgärer	20	1.800	Tragluftdach mit Membran
Nachgärer 2	30	3.200	Tragluftdach mit Membran



### A1.2 Randbedingungen bei Durchführung der Messung

CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	Behälterinnen- druck [mbar]
55,0	-	0,0	45	<3

Betriebsdaten des BHKW's

<b>Motor 1</b>	
Hersteller	Deutz
Typ	Gasmotor
elektr. Nennleistung [kW <sub>el</sub> ]	536
elektr. Leistung bei Messung [kW <sub>el</sub> ]	536

Angaben zu den eingesetzten Substraten

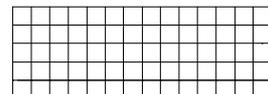
Substratart	Einheit	30.08.11	29.08.11	28.08.11
Maissilage	Mg	16,2	16,2	16,2
Grassilage	Mg	1,5	1,5	1,5
Getreideschrot	Mg	1,6	1,6	1,6
Gülle	m <sup>3</sup>	30	30	30

Meteorologische Randbedingungen während der Messung

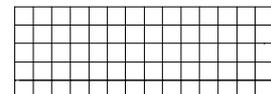
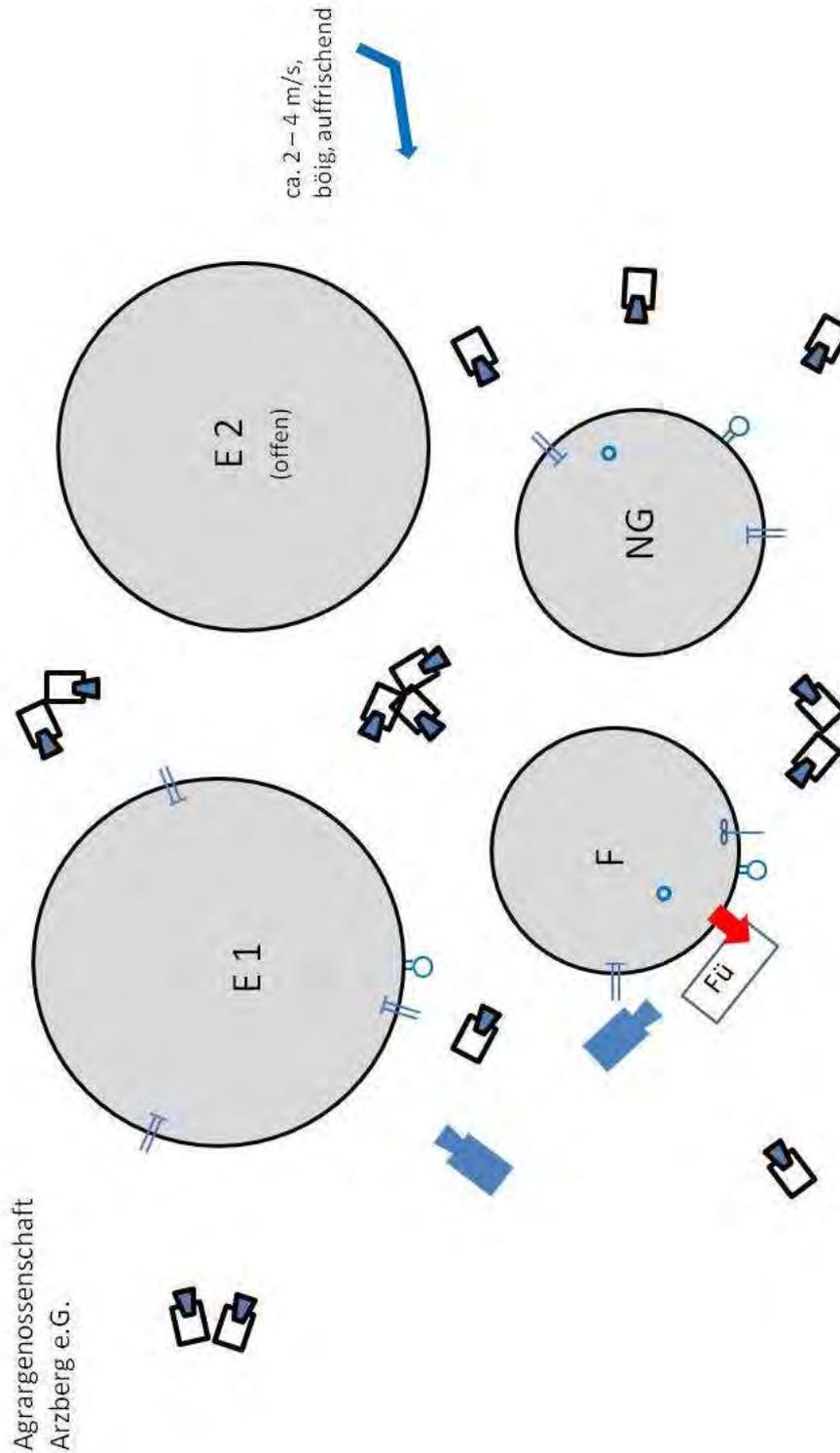
Datum	Uhrzeit	T [°C]	P <sub>Luft</sub> [hPa]	V <sub>Wind</sub> [m/s]	Bedeckungsgrad [0/8 - 8/8]
30.08.11	16.00-18.30	18	998	2-4	6/8

### A1.3 Betriebsinterne Maßnahmen zur Beseitigung von Gasleckagen

Arbeitstägige Anlagenkontrollgänge



### A1.4 Übersicht über die Aufnahmepunkte der IR-Messung und der ermittelten Leckagen



### A1.5 Untersuchungsbefund

An der Biogasanlage wurde 1 Gasleckage festgestellt. Diese befindet sich am Fermenter im Bereich des Futtermiteleintrages und tritt nur bei laufender Fütterung auf. Nach Betreiberangaben erfolgt der Futtermiteleintrag im stündlichen Intervall für einen Zeitraum von 10 min. Das Gas wird über ein Entlüftungsrohr mit Durchmesser 100 mm an die Umgebung abgegeben. Nachfolgende Abbildung zeigt die Gasaustrittsstelle.

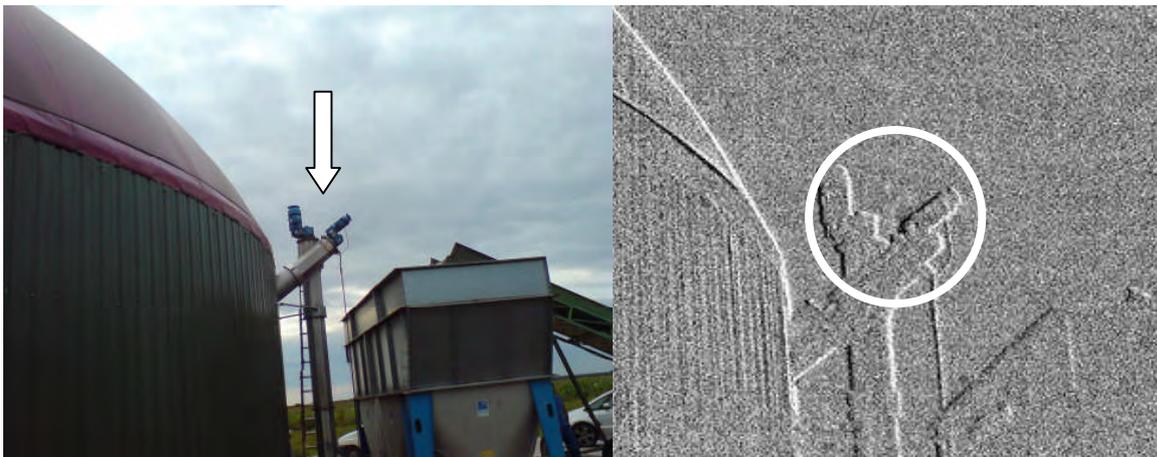


Abb. A.1.1: Gasaustrittsstelle am Futtermiteleintrag

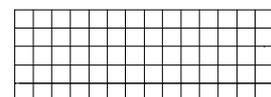
CH<sub>4</sub>-Konzentration: 1%

Austrittsgeschwindigkeit: ca. 1,2 m/s

$$\begin{aligned} \text{Berechneter Gasverlust: } & v[\text{m/s}] * A_{\text{Rohr}} * 3.600[\text{s/h}] * C_{\text{Faktor}} * k_{\text{Zeitanteil}} \\ & 1,2 * (0,1 * 0,1 * 0,785) * 3600 * 1/52 * 10/60 \\ & = 0,108 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

CFaktor: CH<sub>4</sub>Austritt/CH<sub>4</sub>Biogas

Die entweichende Gasmenge kann bezogen auf das originäre Biogas mit ca. 110 l/h abgeschätzt werden. Ausgehend von einem durchschnittlichen Kostensatz für die Biogaserzeugung in Höhe von 0,23 €/m<sup>3</sup> Biogas (ohne Anlageninvestition) ergibt sich somit ein jährlicher wirtschaftlicher Verlust in Höhe von ca. 200-300 €.



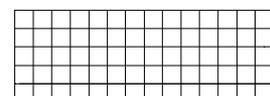
## A2.1 Allgemeine Anlagendaten

Name der Anlage: A 2  
 Inbetriebnahme: 2006



Abb. A.2.1 Übersichtsdarstellung der Biogasanlage  
 (Endlager 1 u. 2 zum Zeitpunkt der Aufnahme noch nicht gebaut)

Behälter	Durchmesser [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Art des Daches
Fermenter 1	18	1.885	Membran
Fermenter 2	18	1.885	Membran
Nachgärer 1	20	1885	Membran
Nachgärer 2	20	2.460	Membran
Endlager 1	20	2.460	Membran
Endlager 2	24	2.950	Membran



## A2.2 Randbedingungen bei Durchführung der Messung

CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	Behälterinnen- druck [mbar]
55,0	39,0	0,1	6	<8

Betriebsdaten der BHKW's

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
Hersteller	Schnell AG	Schnell AG	Agrogen	Agrogen
Typ	Zündstrahler	Zündstrahler	Gasmotor	Gasmotor
elektr. Nennleistung [kW <sub>el</sub> ]	265	265	330	330
elektr. Leistung bei Messung [kW <sub>el</sub> ]	265	265	330	330

Angaben zu den eingesetzten Substraten

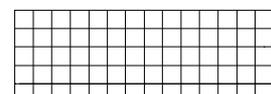
Substratart	Einheit	16.08.11	15.08.11	14.08.11
Maissilage	Mg	6	6	6
Grassilage	Mg	13	13	16
GPS	Mg	6	6	2
Hühnermist	Mg	8	8	8
Mist	Mg	3	3	3

Meteorologische Randbedingungen während der Messung

Datum	Uhrzeit	T [°C]	P <sub>Luft</sub> [hPa]	V <sub>Wind</sub> [m/s]	Bedeckungsgrad [0/8 - 8/8]
16.08.11	11.00-15.00	20-22	969	1-2	6/8

## A2.3 Betriebsinterne Maßnahmen zur Beseitigung von Gasleckagen

Arbeitstäigige Anlagenkontrollgänge



### A2.4 Übersicht über die Aufnahmepunkte der IR-Messung und der ermittelten Leckagen

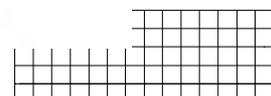
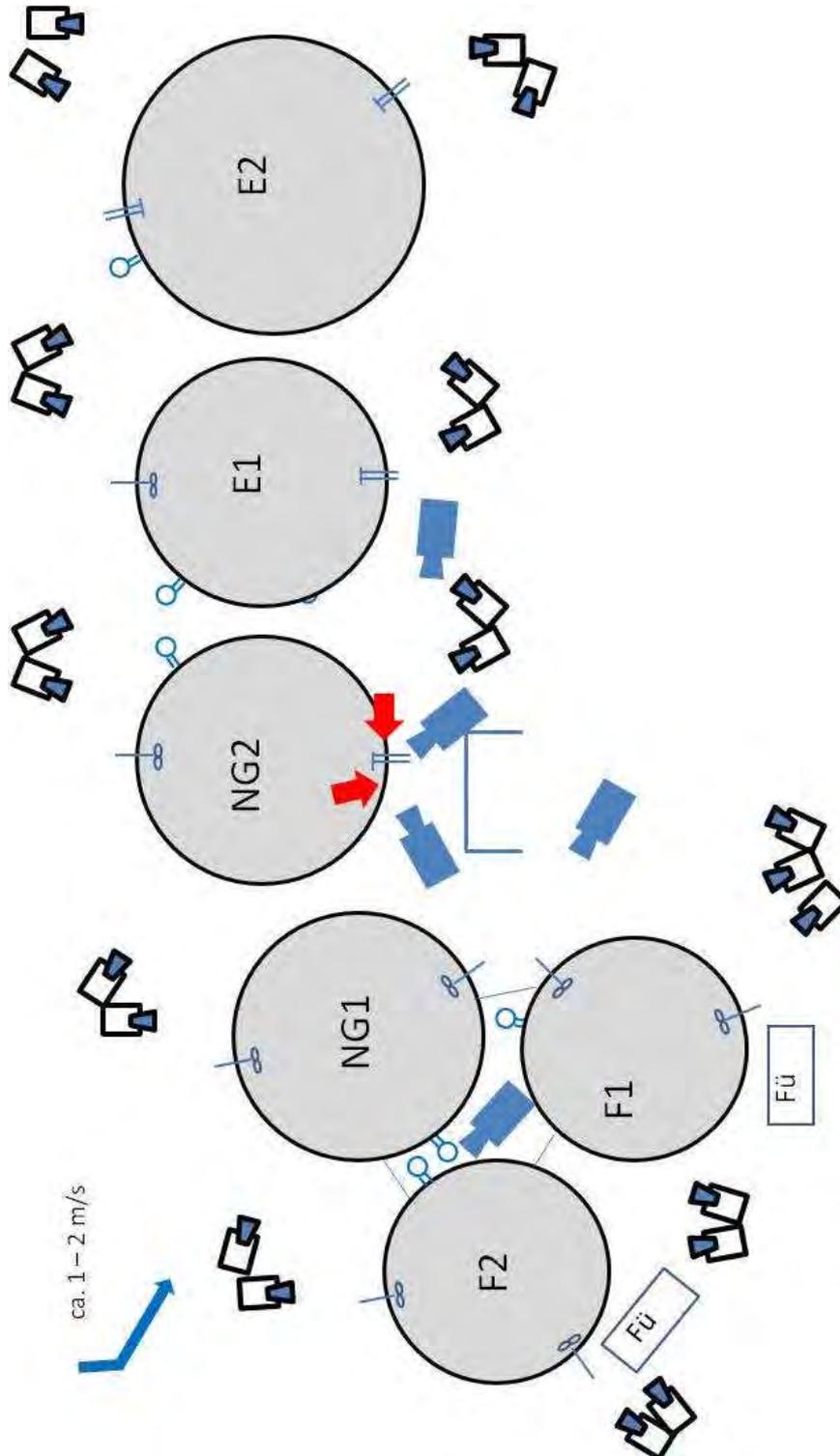


Abb. A.2.2: Schemadarstellung Lage IR-Inspektionspunkte und Gasleckagen

### A2.5 Untersuchungsbefund

An der Biogasanlage wurde 2 Gasleckagen festgestellt. Beide befinden sich an Nachgärer 2. Bei Leckage A2.1 handelt es sich um ein Loch in der Membran, bei Leckage A2.2 um eine undichte Seildurchführung.

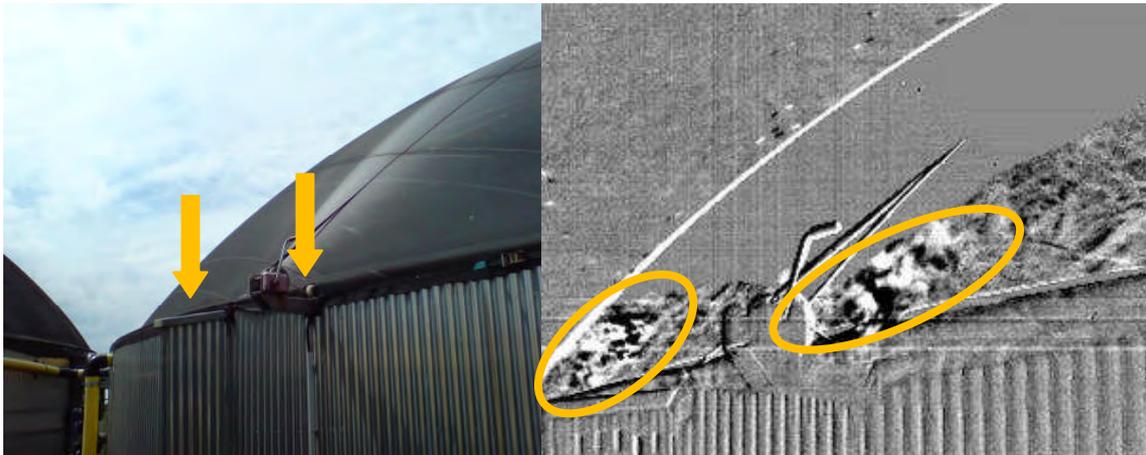


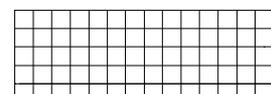
Abb. A.2.3: Gasaustrittsstellen an Nachgärer 2

CH<sub>4</sub>-Konzentrationen: Leckage A2.1: 40,2 %  
Leckage A2.2: 1,7 %

Austrittsgeschwindigkeit: Leckage A 2.1: ca. 0,9 m/s mit Haube-Ø 3cm = ca. 1,7 m<sup>3</sup>/h  
Leckage A 2.2: nicht ermittelbar

Abschätzung Gasverlust: Leckage A2.1:  $v[\text{m/s}] \cdot A_{\text{Messrohr}} \cdot C_{\text{Faktor 1}}$   
 $1,7 \cdot 0,03 \cdot 0,03 \cdot 0,785 \cdot 3.600 \cdot 40,2/54$   
 $= \text{ca. } 1,7 \text{ m}^3/\text{h}$   
Leckage A2.2: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)

Die entweichende Gasmenge kann für beide Leckagen auf ca. 2 m<sup>3</sup>/h abgeschätzt werden. Legt man einen mittleren Kostensatz für die eingesetzten Substrate zu Grunde, lässt sich der wirtschaftliche Verlust auf ca. 3.500 bis 4.000,- €/a abschätzen.



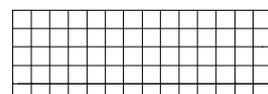
### A3.1 Allgemeine Anlagendaten

Name der Anlage: A3  
 Inbetriebnahme: 2007



Abb. A.3.1 Übersichtsdarstellung der Biogasanlage

Behälter	Durchmesser [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Art des Daches
Fermenter	20	1.632	Tragluftdach m. Stützluftgebläse
Nachgärer	20	1.632	Tragluftdach m. Stützluftgebläse
Endlager offen	28	3.600	-



### A3.2 Randbedingungen bei Durchführung der Messung

CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	Behälterinnen- druck [mbar]
53,0	46,0	0,1	10	<1,5

Betriebsdaten des BHKW's

	Motor 1
Hersteller	MWM
Typ	Gasmotor
elektr. Nennleistung [kW <sub>el</sub> ]	537
elektr. Leistung bei Messung [kW <sub>el</sub> ]	499

Angaben zu den eingesetzten Substraten

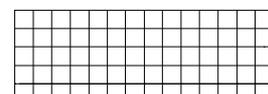
Substratart	Einheit	16.08.11	15.08.11	14.08.11
Maissilage	Mg	6,0	6,0	6,0
Grassilage	Mg	7,0	7,0	7,0
Getreideschrot	Mg	2,0	2,0	2,0
Gülle	M <sup>3</sup>	35,0	35,0	35,0
Mist	Mg	2,0	2,0	2,0

Meteorologische Randbedingungen während der Messung

Datum	Uhrzeit	T [°C]	P <sub>Luft</sub> [hPa]	V <sub>Wind</sub> [m/s]	Bedeckungsgrad [0/8 - 8/8]
16.08.11	08.30-10.30	18-20	994	< 1	5/8

### A3.3 Betriebsinterne Maßnahmen zur Beseitigung von Gasleckagen

Regelmäßige Anlagenkontrollgänge mit  
 Füllstandsüberprüfung Wasservorlage ÜU-Sicherung



### A3.4 Übersicht über die Aufnahmepunkte der IR-Messung und der ermittelten Leckagen

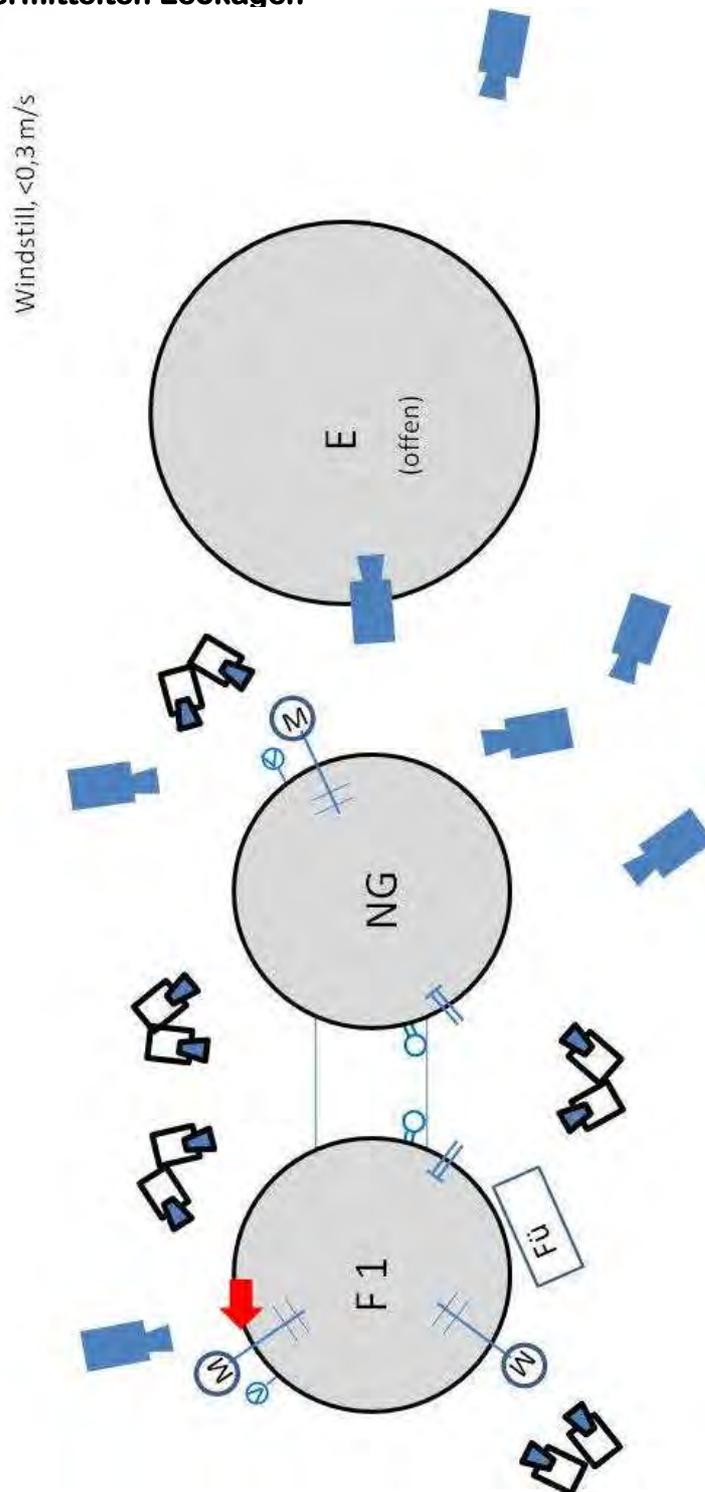
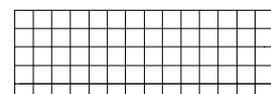


Abb. A.3.2: Schemadarstellung Lage IR-Inspektionenpunkte und Gaslecks



### A3.5 Untersuchungsbefund

An der Biogasanlage wurde im Bereich des Fermenters 1 Gasleckage festgestellt. Hierbei handelt es sich um einen Gasaustritt aus der Wassertasse bzw. Wellendurchführung des Rührwerkes.

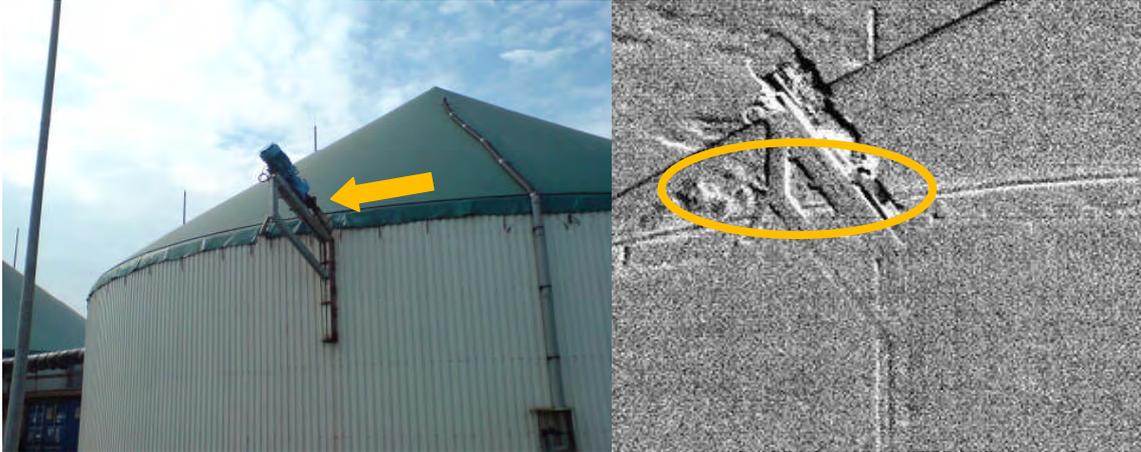


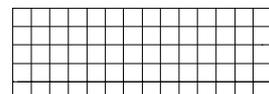
Abb. A.3.3: Gasaustrittstellen am Fermenterrührwerk

CH<sub>4</sub>-Konzentrationen: Leckage A3.1: 0,9 %

Austrittsgeschwindigkeit: Leckage A 3.1: nicht ermittelbar

Abschätzung Gasverlust: Leckage A 3.1: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)

Nach Betreiberangaben liegen die spezifischen Gaserzeugungskosten bei 0,25 €/m<sup>3</sup>. Ausgehend von diesem Betrag lässt sich der wirtschaftliche Verlust durch die vorgefundenen Gasaustrittsstelle mit 1.000,- bis 1.200,- € abschätzen.



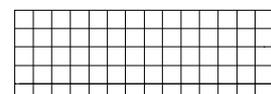
### A4.1 Allgemeine Anlagendaten

Name der Anlage: A4  
 Inbetriebnahme: 2009



Abb. A.4.1 Endlager der Biogasanlage

Behälter	Durchmesser [m]	Volumen [m³]	Art des Daches
Fermenter 1	15	920	Tragluftdach m. Stützluftgebläse
Fermenter 2	15	920	Tragluftdach m. Stützluftgebläse
Nachgärer	15	920	Tragluftdach m. Stützluftgebläse
Endlager geschlossen	29	3.200	Membran



#### A4.2 Randbedingungen bei Durchführung der Messung

CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	Behälterinnen- druck [mbar]
55,9	37,2	0,66	0	<1,5

Betriebsdaten des BHKW's

	Motor 1	Motor 2
Hersteller	Schnell	MAN
Typ	Zündstrahler	Gasmotor
elektr. Nennleistung [kW <sub>el</sub> ]	250	335
elektr. Leistung bei Messung [kW <sub>el</sub> ]	250	335

Angaben zu den eingesetzten Substraten

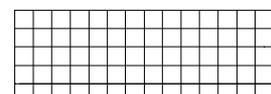
Substratart	Einheit	17.08.11	16.08.11	15.08.11
Maissilage	Mg	10,0	20,0	20,0
Grassilage	Mg	20,0	60,0	60,0

Meteorologische Randbedingungen während der Messung

Datum	Uhrzeit	T [°C]	P <sub>Luft</sub> [hPa]	V <sub>Wind</sub> [m/s]	Bedeckungsgrad [0/8 - 8/8]
17.08.11	08.45-11.30	21-23	966	< 1	1/8

#### A4.3 Betriebsinterne Maßnahmen zur Beseitigung von Gasleckagen

Regelmäßige Anlagenkontrollgänge, IR-Kamerainspektion 8/2010



#### A4.4 Übersicht über die Aufnahmepunkte der IR-Messung und der ermittelten Leckagen

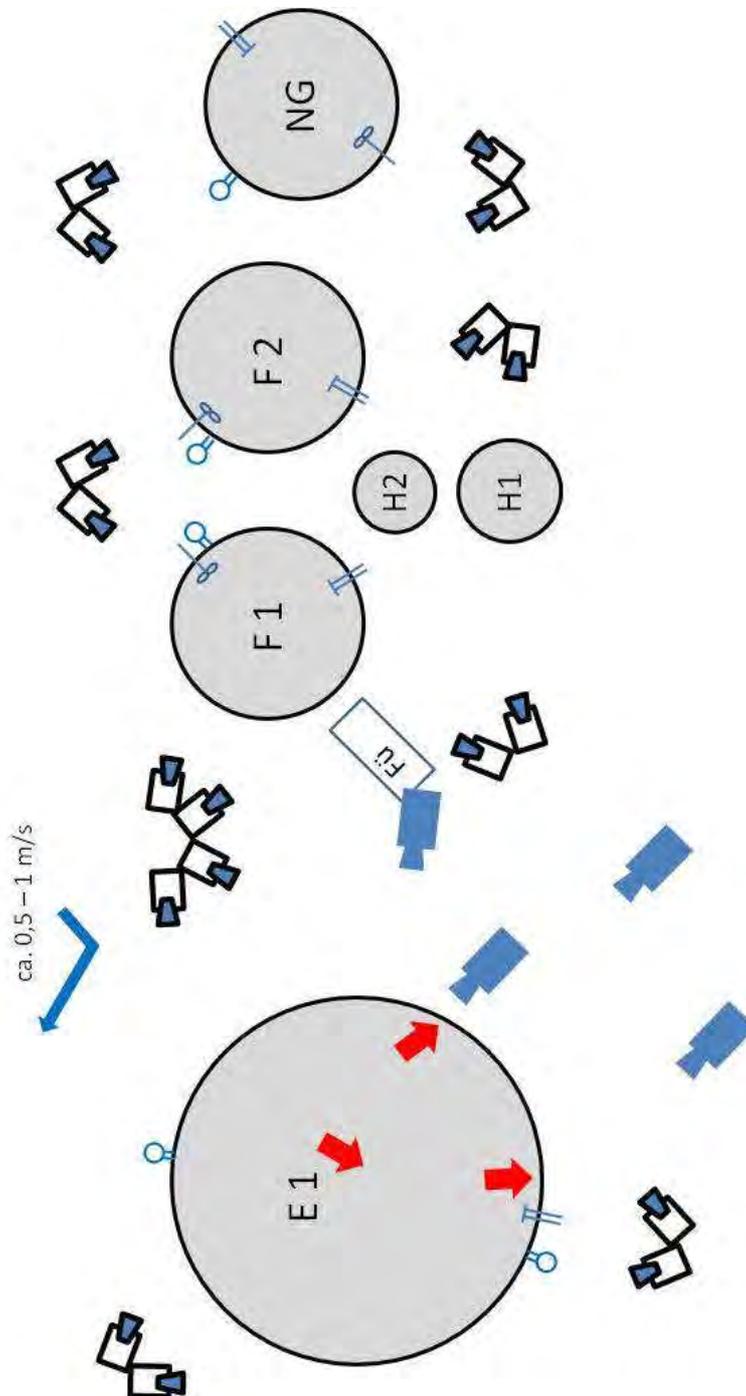
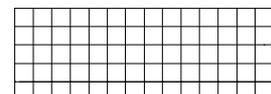


Abb. A.4.2: Schemadarstellung Lage IR-Inspektionpunkte und Gasleckagen



#### A4.5 Untersuchungsbefund

An der Biogasanlage wurden im Bereich des Endlagers 3 Gasleckagen festgestellt. Die Leckagen A 4.1 und A 4.2 befanden sich am Wandanschluss der Gashaube und weisen auf eine unsachgemäß ausgeführte Montage hin. Abbildung A 4.4 zeigt eine Detailaufnahme der Leckage A 4.2. Bei Leckage A 4.3 handelt es sich vermutlich um eine undichte Schweißbahn der Gashaube

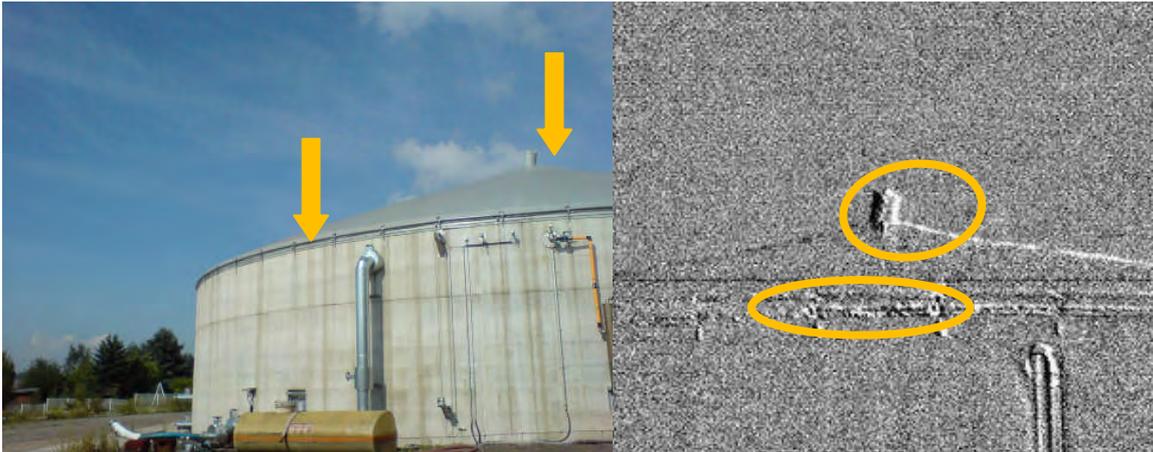
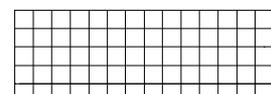


Abb. A.4.3: Gasaustrittsstellen am Endlager



Abb. A.4.4: Detailaufnahme einer Gasaustrittsstelle

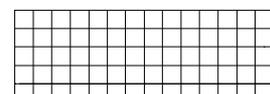


CH<sub>4</sub>-Konzentrationen: Leckage A 4.1: 10,7 %  
Leckage A 4.2: 2,9 %  
Leckage A 4.3: nicht messbar, da nicht zu erreichen

Austrittsgeschwindigkeit: eine Ermittlung der Austrittsgeschwindigkeit war an keiner Leckagestelle möglich

Abschätzung Gasverlust: Leckage A 4.1 Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)  
Leckage A 4.2 Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)  
Leckage A 4.3: Kategorie 2 (> 1.000 l/h)

Die insgesamt entweichende Gasmenge kann auf ca. 5 m<sup>3</sup>/h abgeschätzt werden. Bei spezifischen Gaserzeugungskosten in Höhe von 0,20 €/m<sup>3</sup> errechnet sich ein jährlicher wirtschaftlicher Verlust in Höhe von 8.000 – 9.000,- €.



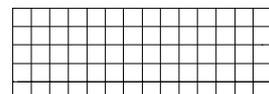
### A5.1 Allgemeine Anlagendaten

Name der Anlage: A5  
 Inbetriebnahme: 2006



Abb. A.5.1 Übersichtsdarstellung der Biogasanlage  
 (Endlager 2 zum Zeitpunkt der Aufnahme noch nicht gebaut)

Behälter	Durchmesser [m]	Volumen [m³]	Art des Daches
Fermenter	18	1.786	Tragluftdach m. Stützluftgebläse
Nachgärer	18	1.786	Tragluftdach m. Stützluftgebläse
Endlager,geschlossen	18	1.786	Tragluftdach m. Stützluftgebläse
Endlager,geschlossen	18	1.786	Tragluftdach m. Stützluftgebläse



### A5.2 Randbedingungen bei Durchführung der Messung

CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	Behälterinnen- druck [mbar]
51,0	k.A.	0,6	75	<3

Betriebsdaten der BHKW´s

	Motor 1	Motor 2
Hersteller	Caterpillar	Caterpillar
Typ	Gasmotor	Gasmotor
elektr. Nennleistung [kW <sub>el</sub> ]	350	150
elektr. Leistung bei Messung [kW <sub>el</sub> ]	350	150

Angaben zu den eingesetzten Substraten

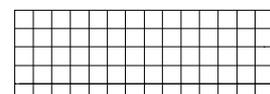
Substratart	Einheit	30.08.11	29.08.11	28.08.11
Maissilage	Mg	3,0	3,0	3,0
Maisschrott	Mg	1,5	1,5	1,5
Getreideschrot	Mg	7,5	7,5	7,5
Schweinegülle	m <sup>3</sup>	8,5	8,5	8,5
Fischgülle	m <sup>3</sup>	15,0	15,0	15,0

Meteorologische Randbedingungen während der Messung

Datum	Uhrzeit	T [°C]	P <sub>Luft</sub> [hPa]	V <sub>Wind</sub> [m/s]	Bedeckungsgrad [0/8 - 8/8]
30.08.11	08:30-11.30	16-18	1.000	2-4	8/8

### A5.3 Betriebsinterne Maßnahmen zur Beseitigung von Gasleckagen

Regelmäßige Anlagenkontrollgänge



### A5.4 Übersicht über die Aufnahmeorte der IR-Messung und Gaslecks

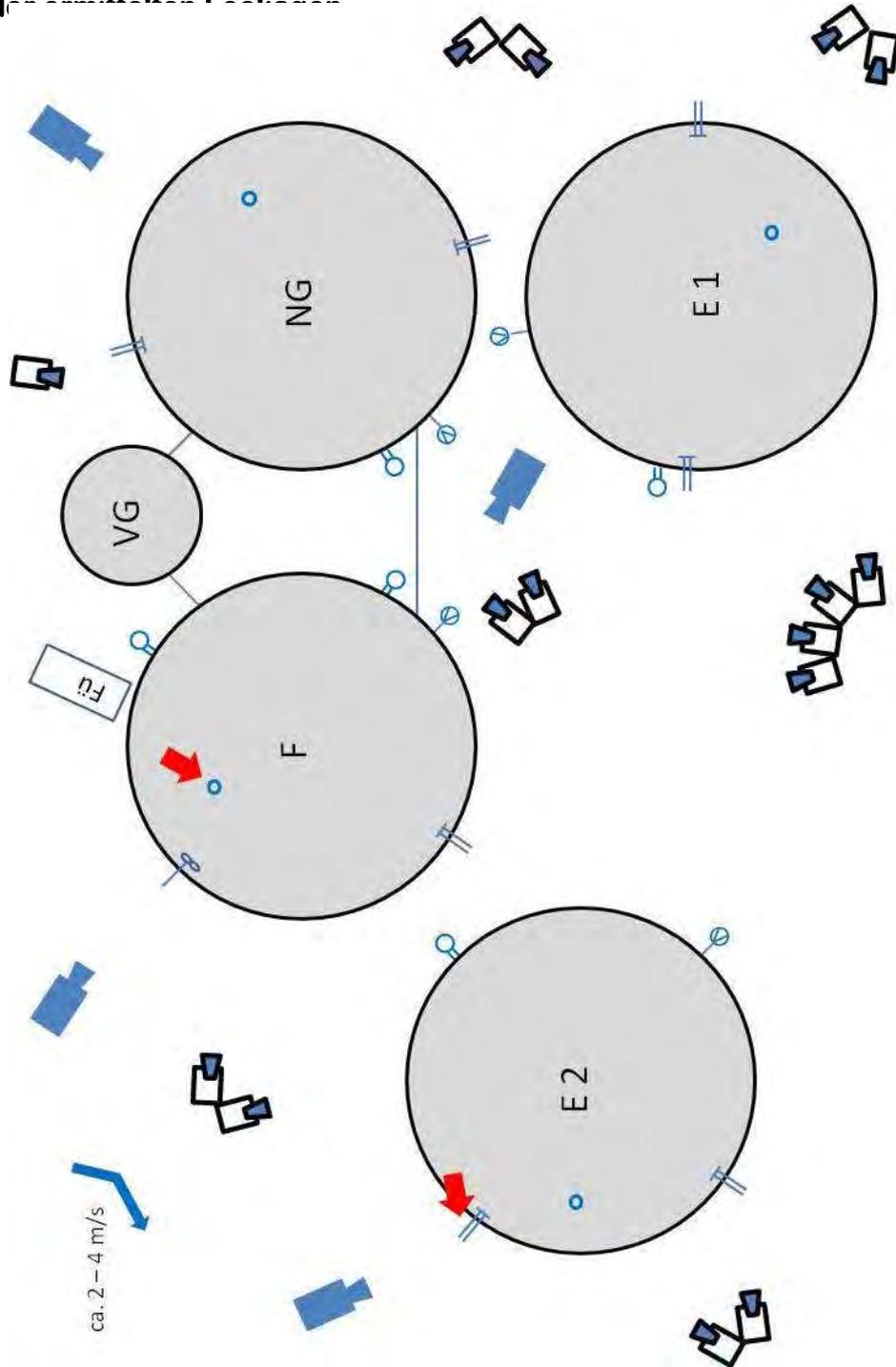
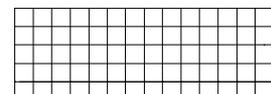


Abb. A.5.2: Schemadarstellung Lage IR-Inspektionpunkte und Gaslecks



### A5.5 Untersuchungsbefund

An der Biogasanlage wurde 2 Gasleckagen festgestellt. Hiervon befindet sich eine im Bereich des Fermenters und eine im Bereich des Endlagers 2. Bei Leckage A 5.1 handelt es sich um einen Beschädigung der Gasspeicherfolie. Leckage A 5.2 ist eine undichte Seildurchführung.



Abb. A.5.3: Gasaustrittsstelle am Fermenter

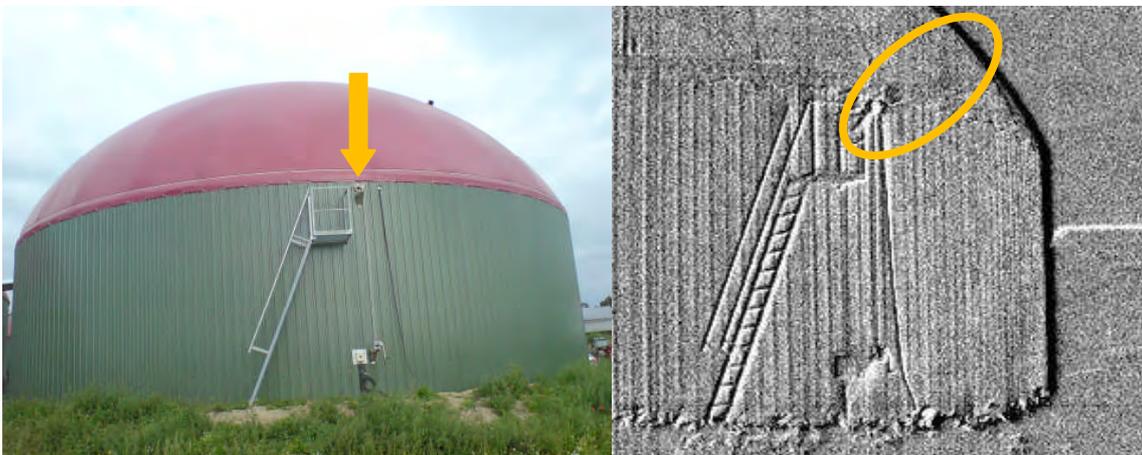
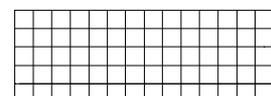


Abb. A.5.4: Gasaustrittsstelle am Endlager 2

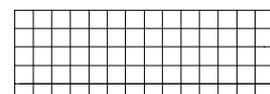


CH<sub>4</sub>-Konzentrationen: Leckage A 5.1: 21,4 %  
Leckage A 5.2: 0,7 %

Austrittsgeschwindigkeit: Leckage A 5.1: nicht ermittelbar  
Leckage A 5.2: nicht ermittelbar

Abschätzung Gasverlust: Leckage A 5.1:  $v_{\text{Tragluft}} [\text{m}^3/\text{h}] \cdot C_{\text{Faktor}}$   
 $70 \cdot 20/52 = \text{ca. } 25 \text{ m}^3/\text{h}$   
Leckage A 5.2: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)

Die CH<sub>4</sub>-Konzentrationsmessung bei Leckage A 5.1 erfolgte bei ausgeschaltetem Tragluftgebläse. Bei Betrieb des Gebläses ist aufgrund der angesaugten Frischluft eine niedrigere CH<sub>4</sub>-Konzentration im Tragluftstrom zu erwarten. Der mittels Berechnung abgeschätzte Gasverlust ist daher als worst-case-Betrachtung zu sehen. Anhand der bisherigen Erfahrungswerte lässt sich der Biogasverlust in die Größenordnung 10 bis 15 m<sup>3</sup>/h einschätzen. Dies bedeutet einen wirtschaftlichen Verlust von ca. 20.000,- €. Nach Betreiberangaben erfolgte zwischenzeitlich eine Reparatur der Leckagestelle A5.1. Bei der Leckagestelle handelte es sich um eine Scheuerstelle zwischen Gasfolienspeicher und Seil der Gasfüllstandsanzeige. Nach erfolgter Reparatur konnte die Futtermenge zur Erzeugung der gleichen Gasmenge um ca. 200 bis 220 kg reduziert werden. Hierdurch ergibt sich z.Zt. eine wirtschaftliche Einsparung von ca. 14.000,- €.



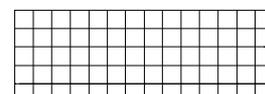
### A6.1 Allgemeine Anlagendaten

Name der Anlage: A6  
 Inbetriebnahme: 2004



Abb. A.6.1 Übersichtsdarstellung der Biogasanlage

Behälter	Durchmesser [m]	Volumen [m³]	Art des Daches
Fermenter 1	18		Tragluftdach m. Membran
Fermenter 2	18		Tragluftdach m. Membran
Fermenter 3	außer Betrieb		Tragluftdach m. Membran
Nachgärer	28		Tragluftdach m. Membran



## A6.2 Randbedingungen bei Durchführung der Messung

CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	Behälterinnen- druck [mbar]
50,8	k.A.	0,6	17	<3

Betriebsdaten des BHKW's

	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
Hersteller	Deutz	Caterpillar	Deutz	Deutz
Typ	Zündstrahler	Gasmotor	Gasmotor	Gasmotor
elektr. Nennleistung [kW <sub>el</sub> ]	170	350	535	600
elektr. Leistung bei Messung [kW <sub>el</sub> ]	--	310	500	500

Angaben zu den eingesetzten Substraten

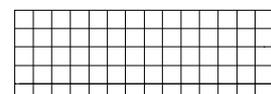
Substratart	Einheit	18.08.11	17.08.11	16.08.11
Maissilage	Mg	62,5	62,3	62,5
Grassilage	Mg	1,0	1,0	1,0
GPS	Mg	7,2	7,2	7,2
Bioreact S	L	2,5	2,5	2,5
Biogasverstärker Mais	Mg	10,0	10,0	10,0
Gülle	m <sup>3</sup>	50	50	50
Harnstoff	kg	40	40	40

Meteorologische Randbedingungen während der Messung

Datum	Uhrzeit	T [°C]	P <sub>Luft</sub> [hPa]	V <sub>Wind</sub> [m/s]	Bedeckungsgrad [0/8 - 8/8]
18.08.11	09:30-11.30	22-24	977	2-4	0/8

## A6.3 Betriebsinterne Maßnahmen zur Beseitigung von Gasleckagen

Regelmäßige Anlagenkontrollgänge



### A6.4 Übersicht über die Aufnahmeorte der IR-Messung und der ermittelten Leckagen

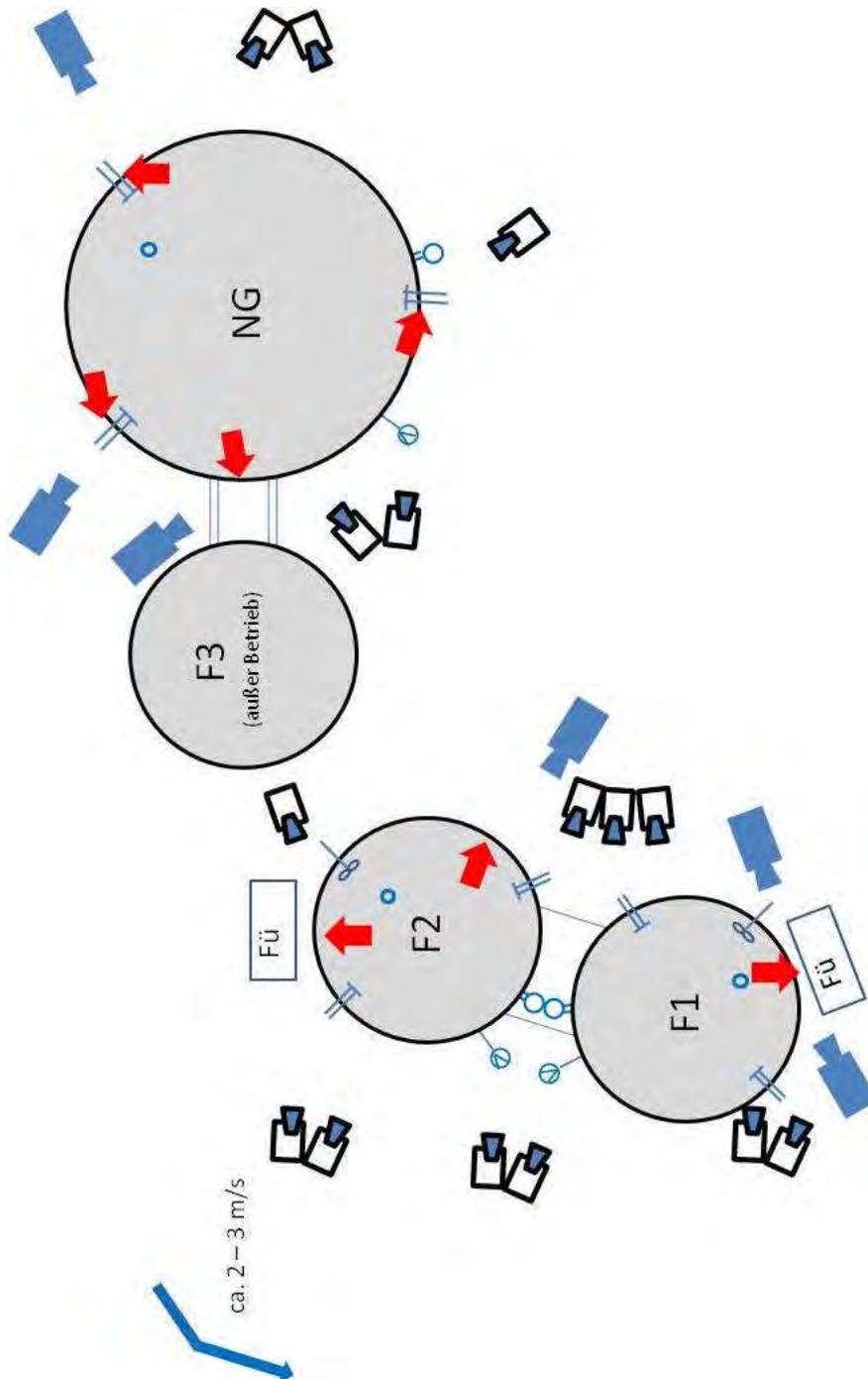
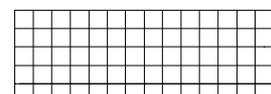


Abb. A.6.2: Schemadarstellung Lage IR-Inspektionpunkte und Gasleckagen



### A6.5 Untersuchungsbefund

Ab der Biogasanlage wurde 7 Gasleckagen festgestellt. Hiervon befinden sich jeweils eine an der Fütterung der beiden Fermenter 1 und 2. Fermenter 2 weist im Bereich eines Bullauges noch eine weitere Leckage auf. Die restlichen 4 befinden sich alle am Nachgärer. Es handelt sich dabei um 3 undichte Seilzugdurchführungen sowie eine Rohrdurchführung mit Blindstopfen.

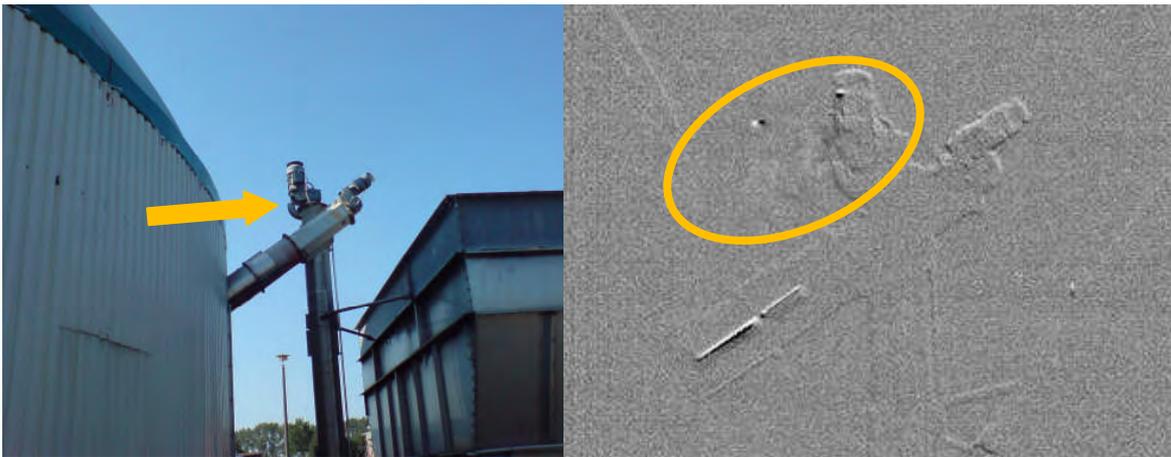
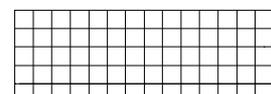


Abb. A.6.3: Gasaustritt im Bereich der Fütterung (A 6.1 Ferm. 1 u. A 6.2 Ferm. 2)



Abb. A.6.4: Gasaustritt Bullauge Fermenter 2



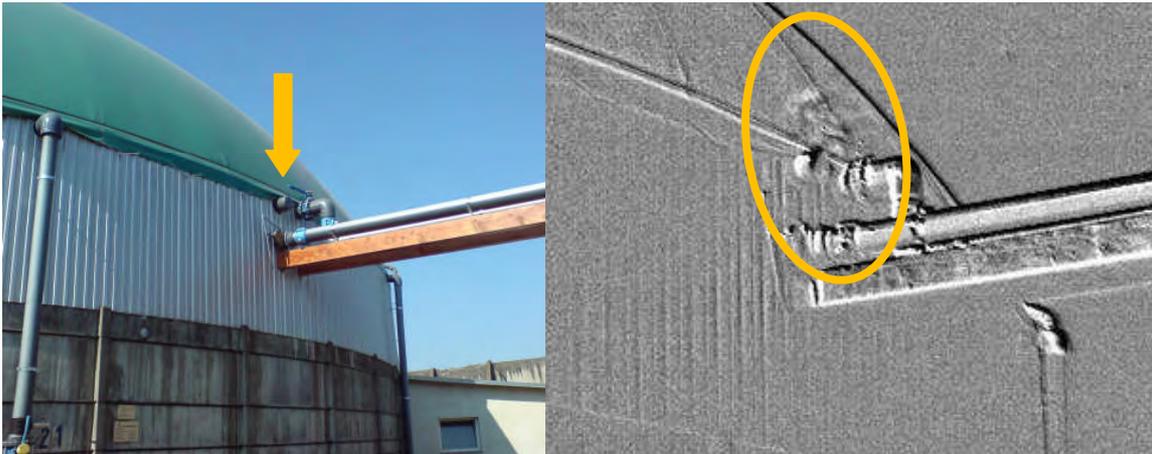


Abb. A.6.5: Gasaustritt Rohrdurchführung Nachgärer

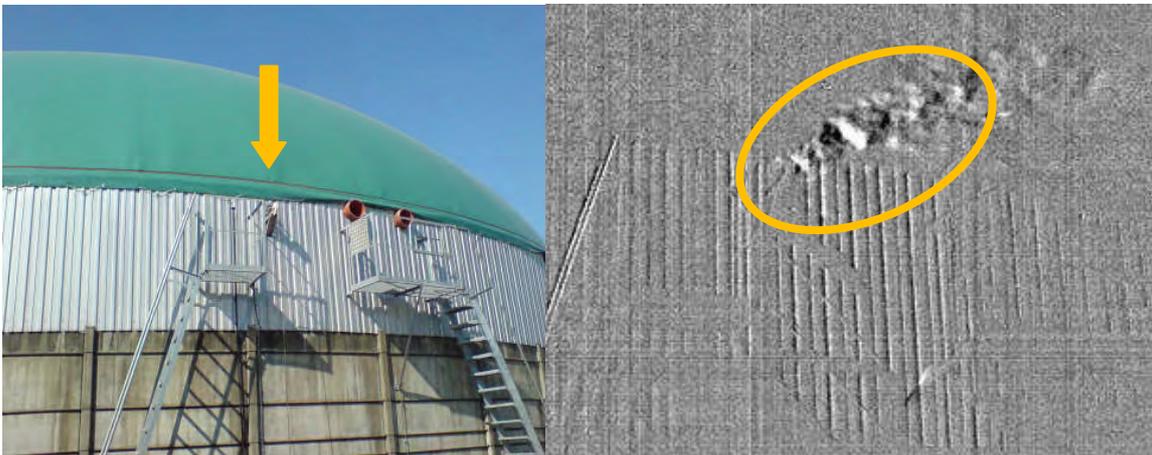


Abb. A.6.6: Gasaustritt Seilzugdurchführung Nachgärer

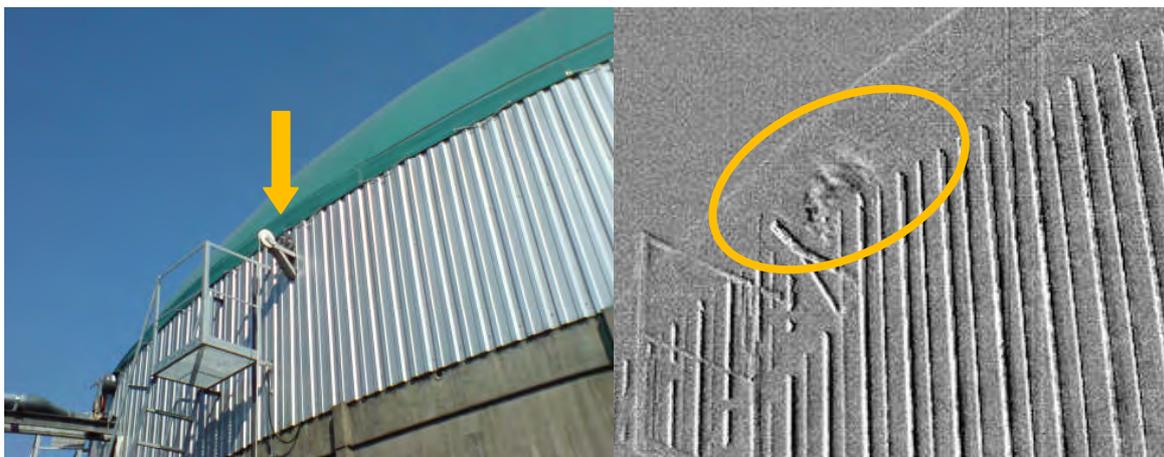
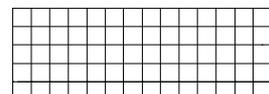


Abb. A.6.7: Gasaustritt Seilzugdurchführung Nachgärer



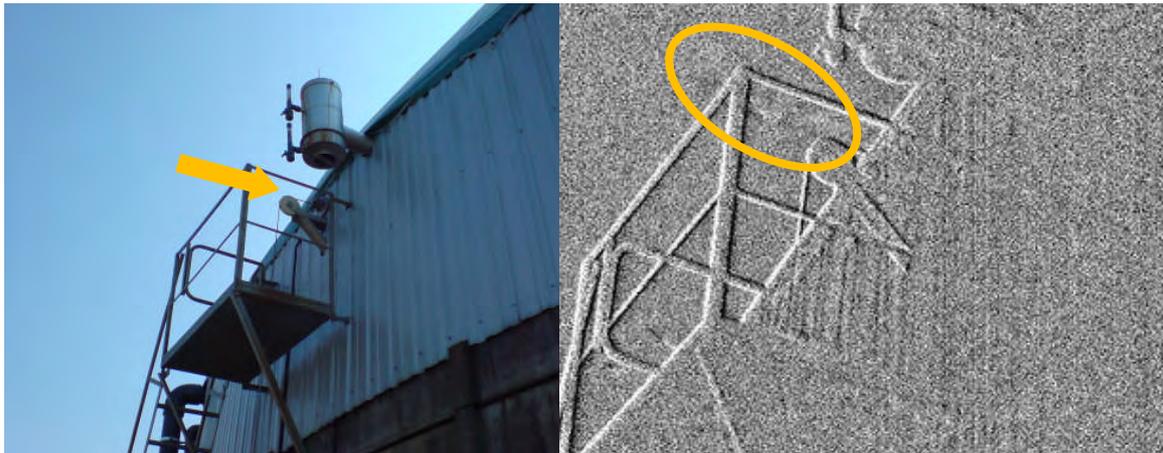


Abb. A.6.8: Gasaustritt Seilzugdurchführung Nachgärer

CH<sub>4</sub>-Konzentrationen:

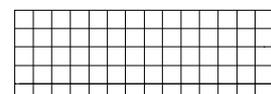
Leckage A 6.1:	2,1 %
Leckage A 6.2:	1,4 %
Leckage A 6.3:	5,1 %
Leckage A 6.4:	45,6 %
Leckage A 6.5:	39,5 %
Leckage A 6.6:	31,4 %
Leckage A 6.7:	33,6 %

Austrittsgeschwindigkeit: Leckage A 6.1: 0,5 m/s  
bei allen weiteren Leckagen nicht ermittelbar

Abschätzung Gasverlust: Leckage A 6.1:  $v[\text{m/s}] \cdot A_{\text{Messrohr}} \cdot C_{\text{Faktor}}$   
 $0,5 \cdot 0,08 \cdot 0,08 \cdot 0,785 \cdot 3.600 \cdot 2,1/51$   
 $= \text{ca. } 0,2 \text{ m}^3/\text{h}$

Leckage A 6.2: ca. 0,2 m<sup>3</sup>/h  
Leckage A 6.3: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)  
Leckage A 6.4: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)  
Leckage A 6.5: Kategorie 2 (>1.000 l/h)  
Leckage A 6.6: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)  
Leckage A 6.7: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)

Der Gesamtgasverlust an der Anlage kann auf die Größenordnung 8 – 10 m<sup>3</sup>/h eingeschätzt werden. Seitens des Betreibers wurden die spezifischen Kosten für die Biogaserzeugung mit 0,238 €/m<sup>3</sup> angegeben. Hieraus resultiert ein zu erwartender wirtschaftlicher Verlust in Höhe von ca. 21.000,- €. Durch die zwischenzeitliche Beseitigung der Leckagen sowie einiger weitere Optimierungsmaßnahmen können bei gleichgebliebener Gasmenge derzeit täglich Substratkosten in Höhe von ca. 80,- € eingespart werden.



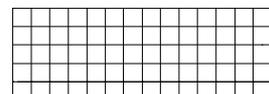
## A7.1 Allgemeine Anlagendaten

Name der Anlage: A7  
Inbetriebnahme: 2009



Abb. A.7.1 Übersichtsdarstellung der Biogasanlage

Behälter	Durchmesser [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Art des Daches
Fermenter	18	1.300	Tragluftdach m. Stützluftgebläse
Nachgärer	18	1.300	Tragluftdach m. Stützluftgebläse



## A7.2 Randbedingungen bei Durchführung der Messung

CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	Behälterinnen- druck [mbar]
53	43	1,6	74	<2,5

Betriebsdaten des BHKW's

<b>Motor 1</b>	
Hersteller	Enertec
Typ	Gasmotor
elektr. Nennleistung [kW <sub>el</sub> ]	250
elektr. Leistung bei Messung [kW <sub>el</sub> ]	250

Angaben zu den eingesetzten Substraten

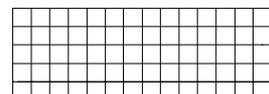
Substratart	Einheit	16.08.11	15.08.11	14.08.11
Maissilage	Mg	2,2	2,6	2,1
Getreide	Mg	1,6	1,6	1,9
Anwelksilage Grünschnitt	Mg	2,5	2,1	2,3
Gülle	m <sup>3</sup>	28	28	28

Meteorologische Randbedingungen während der Messung

Datum	Uhrzeit	T [°C]	P <sub>Luft</sub> [hPa]	V <sub>Wind</sub> [m/s]	Bedeckungsgrad [0/8 - 8/8]
16.08.11	16.30 – 18.15	19	953	1-3	7/8

## A7.3 Betriebsinterne Maßnahmen zur Beseitigung von Gasleckagen

Arbeitstäigige Anlagenkontrollgänge



### A7.4 Übersicht über die Aufnahmepunkte der IR-Messung und der ermittelten Leckagen

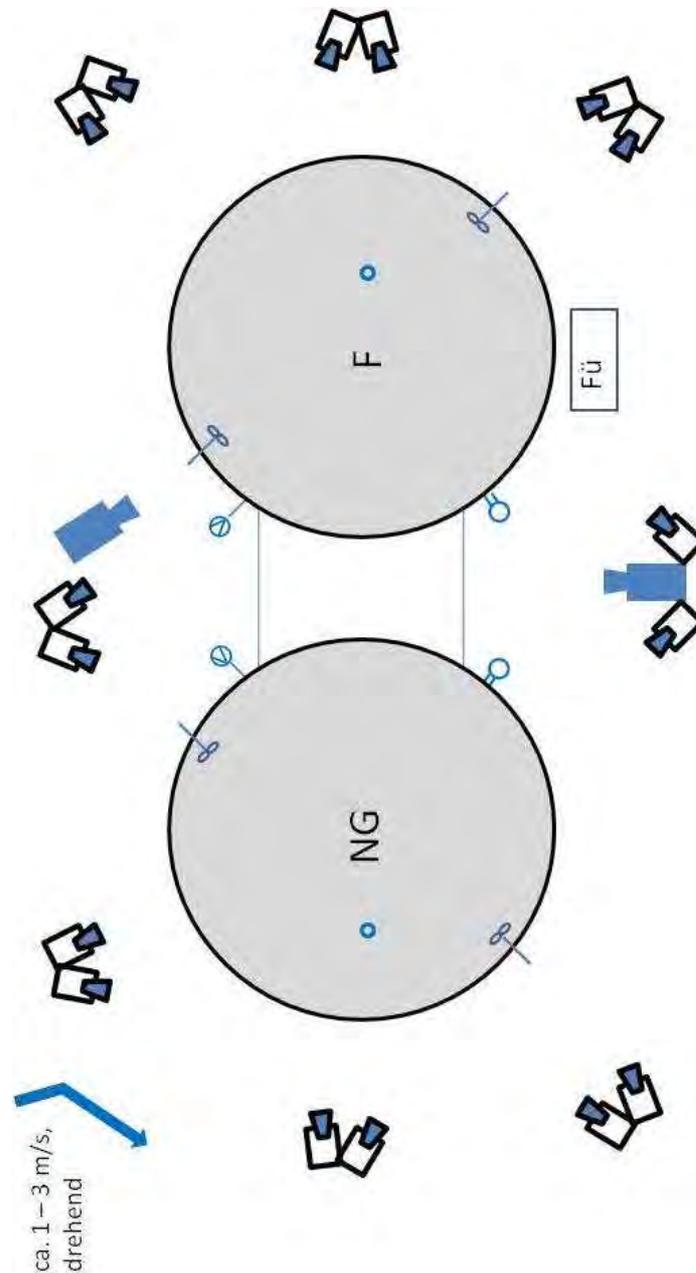
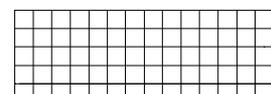


Abb. A.7.2: Schemadarstellung Lage IR-Inspektionenpunkte und Gasleckagen

### A7.5 Untersuchungsbefund

An der Biogasanlage wurden keine Gasleckagen festgestellt.



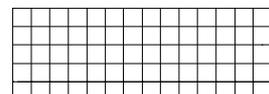
### A8.1 Allgemeine Anlagendaten

Name der Anlage: A8  
Inbetriebnahme: 11/2006



Abb. A.8.1 Übersichtsdarstellung der Biogasanlage

Behälter	Durchmesser [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Art des Daches
Fermenter	14,5	990	Tragluftdach m. Stützgebläse
Nachgärer	16,0	1.250	Tragluftdach m. Stützgebläse



## A8.2 Randbedingungen bei Durchführung der Messung

CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	Behälterinnen- druck [mbar]
52	43	0,5	0	2,2

Betriebsdaten des BHKW´s

Motor 1	
Hersteller	Schnell AG
Typ	Zündstrahler
elektr. Nennleistung [kW <sub>el</sub> ]	250
elektr. Leistung bei Messung [kW <sub>el</sub> ]	250*

\* Bei Eintreffen Stillstand der Motorenanlage wg. Wartungsarbeiten,  
nach ca. 1h Motor wieder in Betrieb

Angaben zu den eingesetzten Substraten

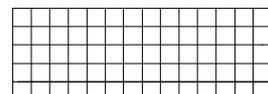
Substratart	Einheit	16.08.11	15.08.11	14.08.11
Maissilage	Mg	1,7	1,7	1,7
Grassilage	Mg	2,0	2,0	2,0
Getreideschrott	Mg	0,8	0,8	0,8
Ganzpflanzensilage	Mg	2,7	2,7	2,7
Gülle	m <sup>3</sup>	19	30	29

Meteorologische Randbedingungen während der Messung

Datum	Uhrzeit	T [°C]	P <sub>Luft</sub> [hPa]	V <sub>Wind</sub> [m/s]	Bedeckungsgrad [0/8 - 8/8]
17.08.11	14.15-16.45	19-21	948	ca. 1	6/8

## A8.3 Betriebsinterne Maßnahmen zur Beseitigung von Gasleckagen

Arbeitstäigige Anlagenkontrollgänge



### A8.4 Übersicht über die Aufnahmepunkte der IR-Messung und der ermittelten Leckagen

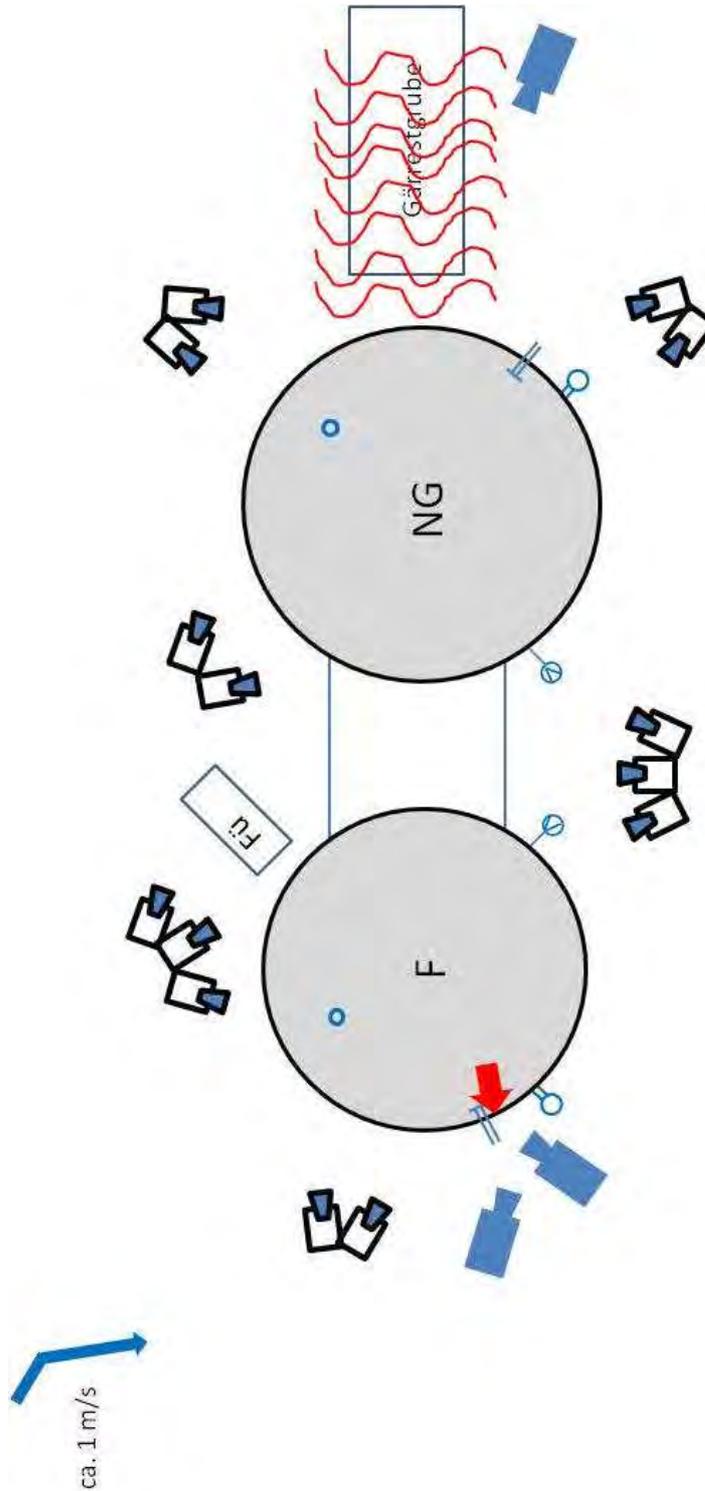
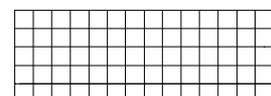


Abb. A.8.2: Schemadarstellung Lage IR-Inspektionpunkte und Gasleckagen



### A8.5 Untersuchungsbefund

An der Biogasanlage wurde 1 Gasleckage festgestellt. Diese befindet sich an der Seildurchführung am Fermenter. Im gesamten Bereich der als Gärrestlager genutzten ehemaligen Güllegrube konnten diffuse Methanemissionen mit einem Konzentrationsbereich von 500 bis 900 ppm nachgewiesen werden.

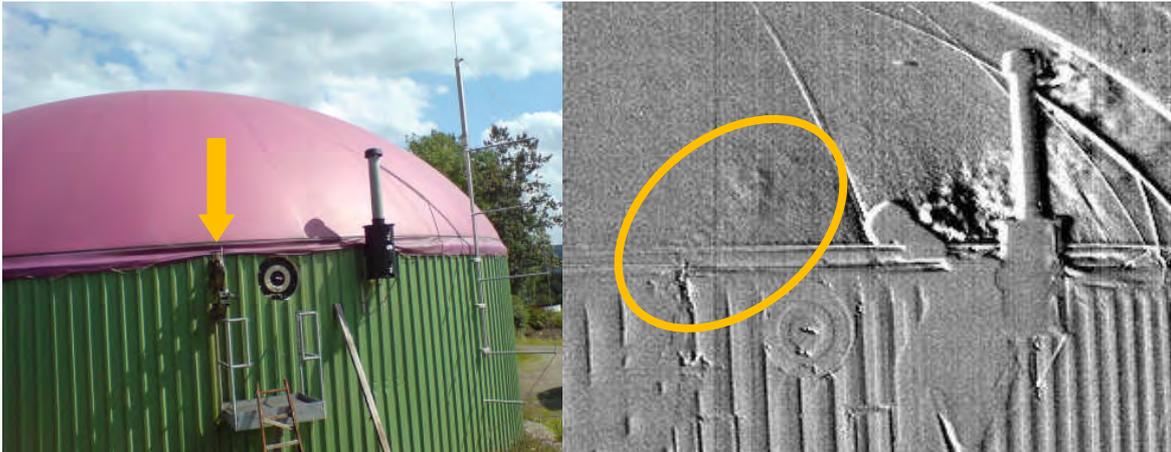


Abb. A.8.3: Gasaustrittsstellen am Fermenter

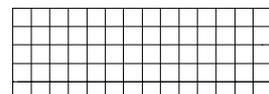
Auf dem Infrarotbild ist deutlich der Gasablass über die Überdrucksicherung und dessen Reflektion auf der Gashaube zu erkennen.

CH<sub>4</sub>-Konzentrationen: Leckage A 8.1: 8,7 %

Austrittsgeschwindigkeit: Leckage A 8.1: nicht ermittelbar

Abschätzung Gasverlust: Leckage A 8.1: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)

Ausgehend von spezifischen Erzeugungskosten in Höhe von 0,25 €/m<sup>3</sup> lässt sich ein wirtschaftlicher Verlust in Höhe ca. 1.500 – 2.000,- € prognostizieren.



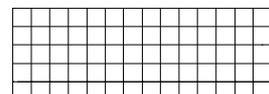
## A9.1 Allgemeine Anlagendaten

Name der Anlage: A9  
Inbetriebnahme: 2006



Abb. A.9.1 Übersichtsdarstellung der Biogasanlage

Behälter	Durchmesser [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Art des Daches
Fermenter 1	12	1.100	Membran unter Trapezblech
Fermenter 2	12	1.100	Membran unter Trapezblech
Endlager 1	16	1.000	Gasdichte Folienabdeckung



## A9.2 Randbedingungen bei Durchführung der Messung

CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	Behälterinnen- druck [mbar]
55	44	0	55	>3

Betriebsdaten des BHKW's

	Motor 1
Hersteller	Deutz
Typ	DSC 612
elektr. Nennleistung [kW <sub>el</sub> ]	500
elektr. Leistung bei Messung [kW <sub>el</sub> ]	0*

\*Motor war zum Zeitpunkt der Messung außer Betrieb.

Angaben zu den eingesetzten Substraten

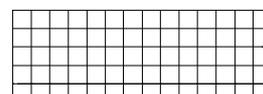
Substratart	Einheit	16.08.11	15.08.11	14.08.11
Futterroggen/ Anwelksilage	Mg	2,0	2,0	2,0
Maisschrott	Mg	1,0	1,0	1,0
Getreide (Roggenschrot)	Mg	6,0	6,0	6,0

Meteorologische Randbedingungen während der Messung

Datum	Uhrzeit	T [°C]	P <sub>Luft</sub> [hPa]	V <sub>Wind</sub> [m/s]	Bedeckungsgrad [0/8 - 8/8]
16.08.11	12.15-15.00	19-21	999	1-2	3/8

## A9.3 Betriebsinterne Maßnahmen zur Beseitigung von Gasleckagen

Regelmäßige Anlagenkontrollgänge



#### A9.4 Übersicht über die Aufnahmepunkte der IR-Messung und der ermittelten Leckagen

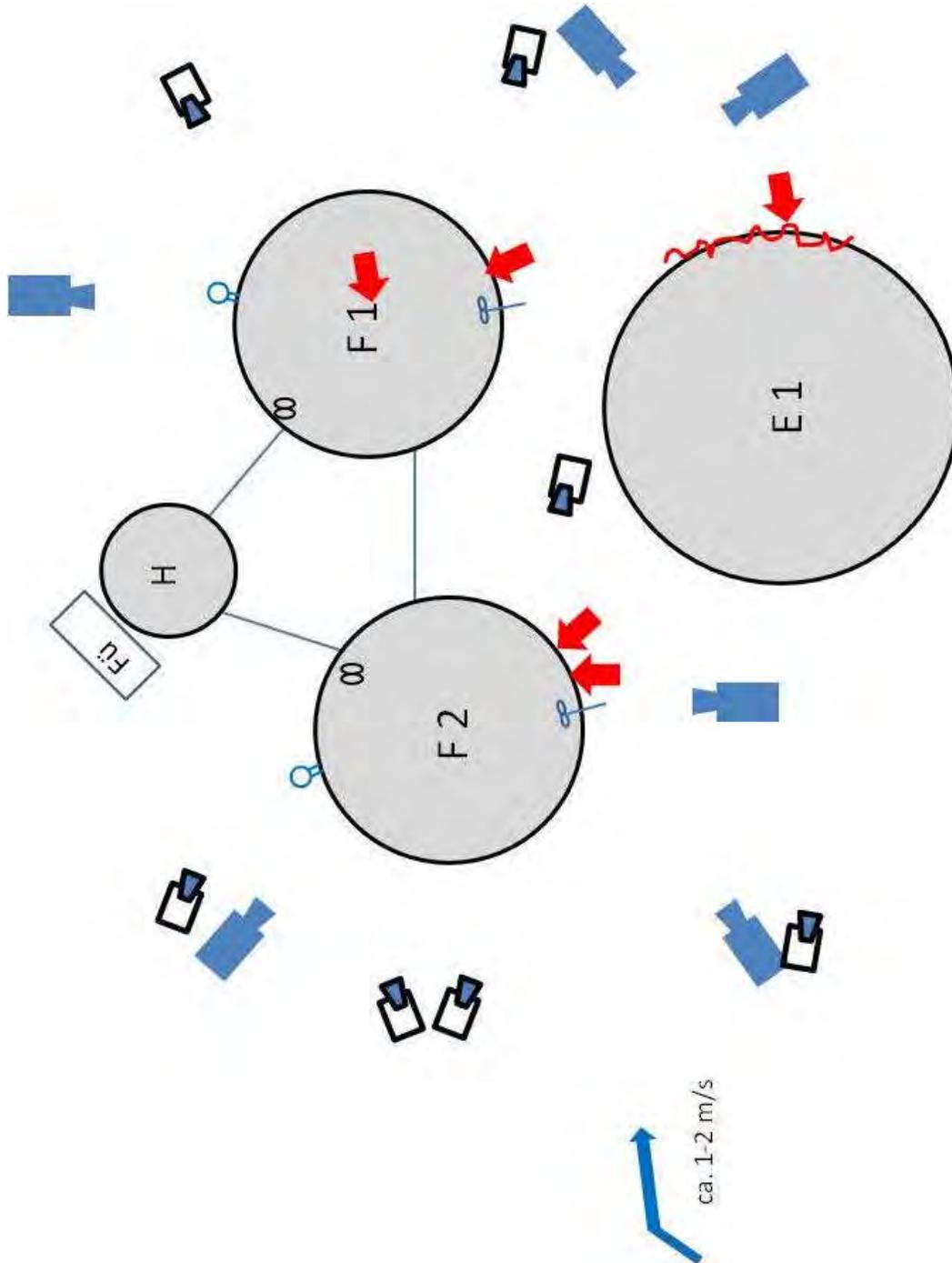


Abb. A.9.2: Schemadarstellung Lage IR-Inspektionspunkte und Gasleckagen

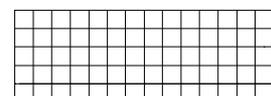






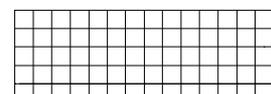
Abb. A.9.5: Gasaustrittsstellen am Endlager

CH<sub>4</sub>-Konzentrationen: Leckage A 9.1 bis 9.4: nicht ermittelbar  
Leckage A 9.5: 1,0 bis 10 %, stark schwankend

Austrittsgeschwindigkeit: Leckage A 9.1 bis A 9.5: nicht ermittelbar

Abschätzung Gasverlust: Leckage A9.1: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)  
Leckage A9.2: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)  
Leckage A9.3: Kategorie 1 (>100 < 1.000 l/h)  
Leckage A9.4: Kategorie 2 (>1.000 l/h)  
Leckage A9.5: Kategorie 1 (>1..000 l/h)

Der Gasverlust der Anlage kann in die Größenordnung von 10 - 20 m<sup>3</sup>/h eingeschätzt werden. Hieraus lässt sich ein wirtschaftlicher Verlust in der Größenordnung 22.000 – 24.000,- € prognostizieren. Im Zuge der Reparaturarbeiten wurde festgestellt, dass die Leckage an Fermenter 1 nur bei einem Füllstand >90% auftritt, da sich dann eine Halterung des Folienspeichers löst. Im Regelbetrieb beträgt der Füllstand ca. 30%.



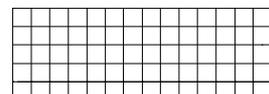
## A10.1 Allgemeine Anlagendaten

Name der Anlage: A10  
Inbetriebnahme: 2010



Abb. A.10.1 Übersichtsdarstellung der Biogasanlage

Behälter	Durchmesser [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Art des Daches
Fermenter	42	6.800	Tragluftdach m. Stützluftgebläse
Nachgärer	42	6.800	Tragluftdach m. Stützluftgebläse



### A10.2 Randbedingungen bei Durchführung der Messung

CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> S [ppm]	Behälterinnen- druck [mbar]
53	43	1,6	74	<1,5

Betriebsdaten des BHKW´s

<b>Motor 1</b>	
Hersteller	Jenbacher
Typ	JMS 312
elektr. Nennleistung [kW <sub>el</sub> ]	526
elektr. Leistung bei Messung [kW <sub>el</sub> ]	526

Angaben zu den eingesetzten Substraten

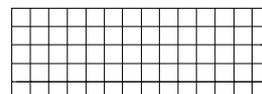
Substratart	Einheit	06.10.11	05.10.11	04.10.11
Grassilage	Mg	20	20	20
Festmist	Mg	10	10	10
Gülle	m <sup>3</sup>	27	27	27

Meteorologische Randbedingungen während der Messung

Datum	Uhrzeit	T [°C]	P <sub>Luft</sub> [hPa]	V <sub>Wind</sub> [m/s]	Bedeckungsgrad [0/8 - 8/8]
06.10.11	16.00 – 18.15	15	993	4-7	6/8

### A10.3 Betriebsinterne Maßnahmen zur Beseitigung von Gasleckagen

Arbeitstäigige Anlagenkontrollgänge



### A10.4 Übersicht über die Aufnahmepunkte der IR-Messung und der ermittelten Leckagen

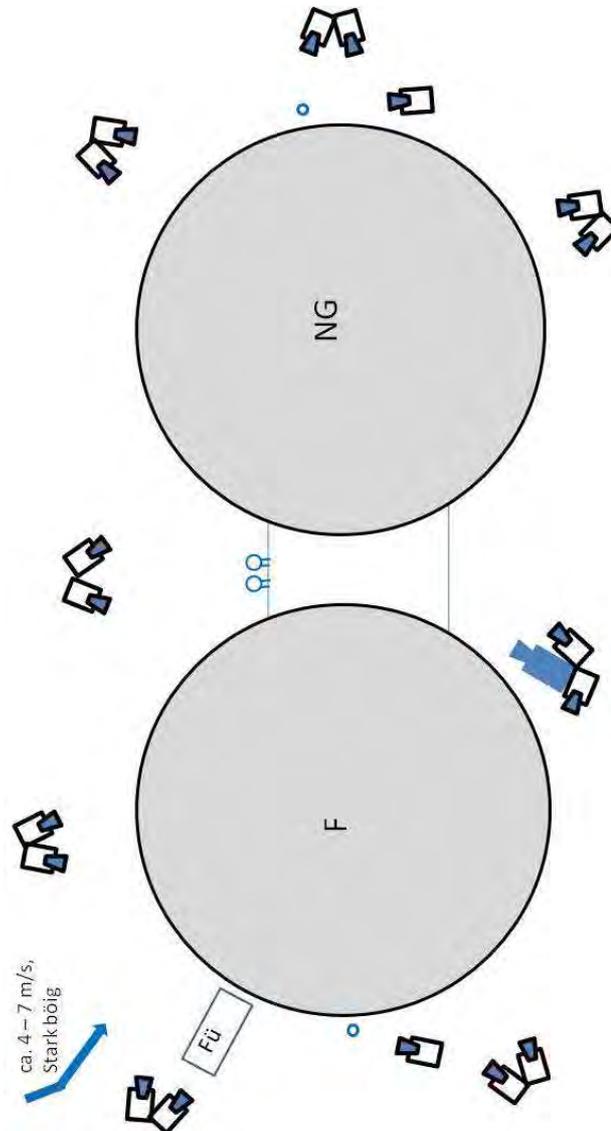
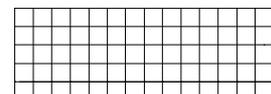
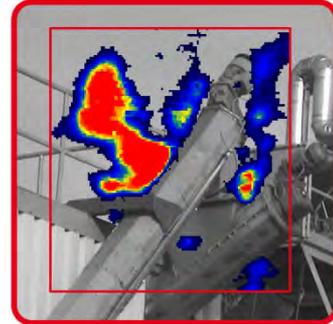


Abb. A.10.2: Schemadarstellung Lage IR-Inspektionenpunkte und Gasleckagen

### A10.5 Untersuchungsbefund

An der Biogasanlage wurden keine Gasleckagen festgestellt.





by **Esders** 

# Dokumentation

der Überprüfung

am 30.08.2011

---

**Auftraggeber:**

Umweltanalytik RUK GmbH

für das

Sächsische Landesamt für Umwelt,  
Landwirtschaft und Geologie

**Biogasanlage:**

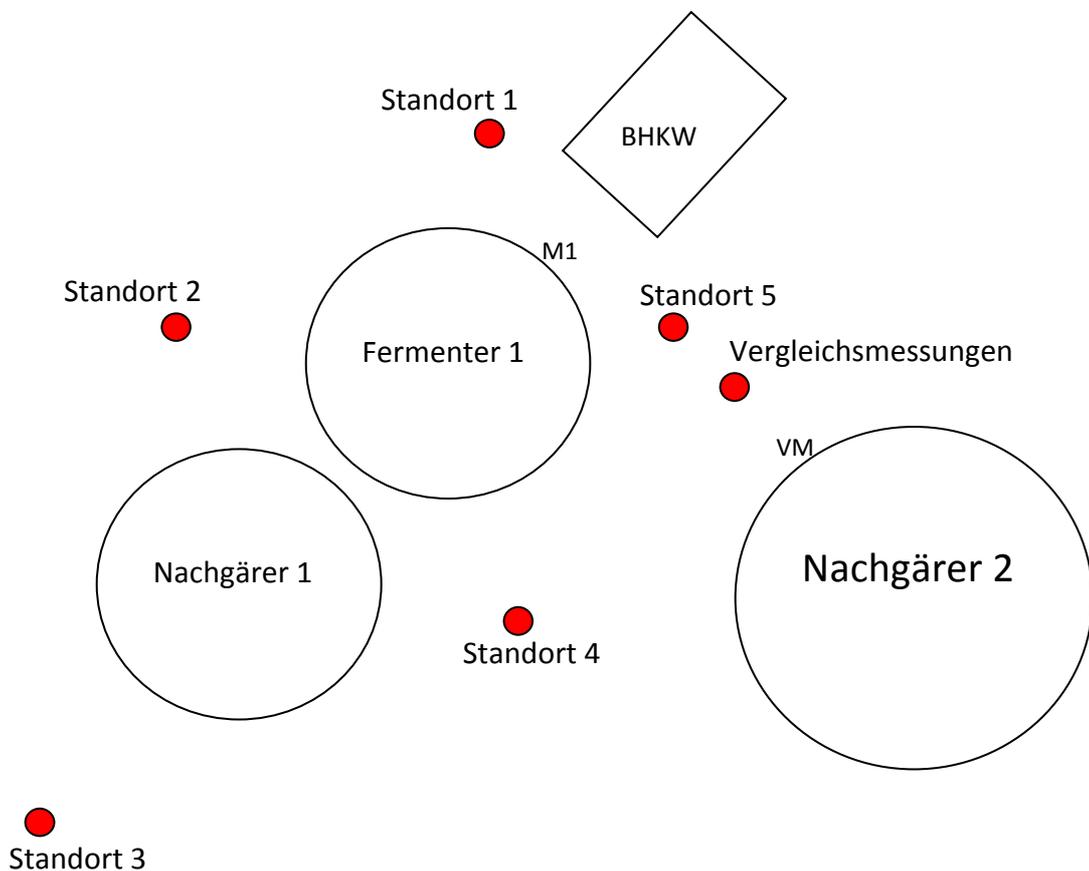
Anlage A1

**Umgebungsbedingungen während der Messung:**

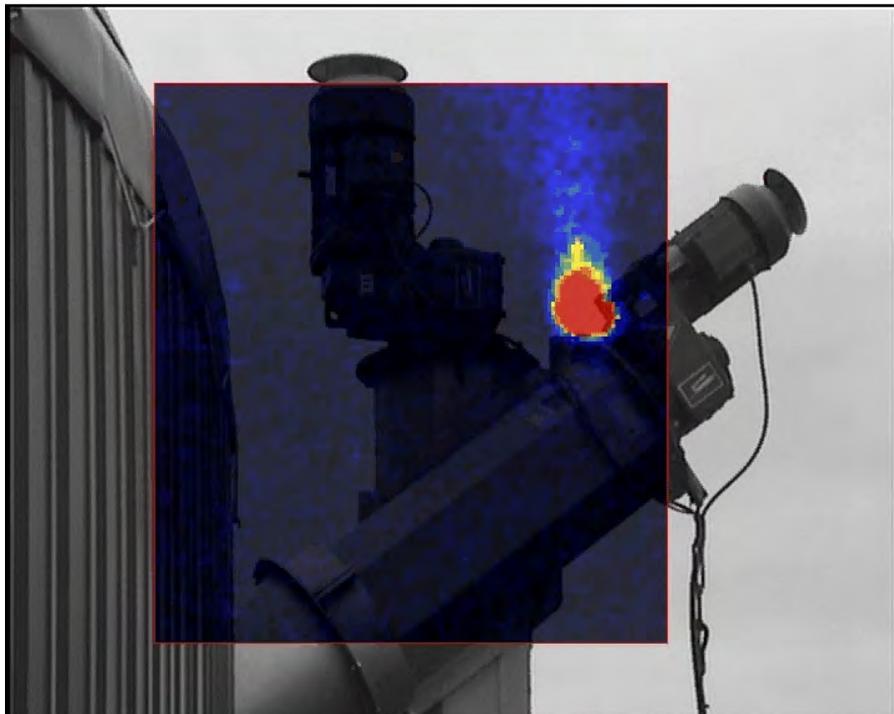
- Startzeit: 16:00 Uhr
- Temperatur: 17,5°C
- Wetter: leicht bedeckt, leichter Wind

**Details zur Biogasanlage**

- 3 gasdicht abgedeckte Behälter

**Skizze der Überprüfungspositionen:**

## Standort 5:



**Video 1**

Beschreibung: Beim laufendem Motor konnte an der Futterschnecke ein kleinerer Gasaustritt beobachtet werden.



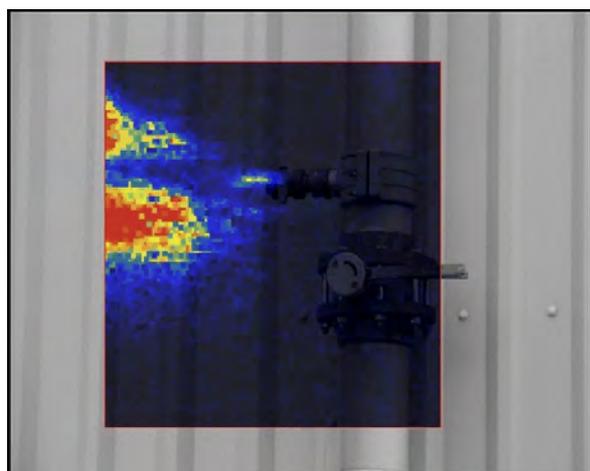
Bei der Referenzmessung konnten Methankonzentrationen von ca. 0,8 Vol% gemessen werden.

## Nachgärer:



Da mit den Gas-Kameras keine weiteren Gasaustritte gefunden wurden und der Wind zum Ende der Messung zugenommen hatte, wurde der Behälterrand des Nachgärer 2 noch einmal mit dem SIGI Ex kontrolliert. Dabei konnte nur an einer nicht funktionstüchtigen Rührwerksverstellung stoßweise Gaskonzentrationen von bis zu 0,29 Vol% Methan gemessen werden.

## Vergleichsmessung:



**viel Gas**



**wenig Gas**

### Vergleichsmessung:

**Beschreibung:** Zum Vergleich der unterschiedlichen Messsysteme wurde am Nachgärer ein Gasaustritt an einem Kugelhahn erzeugt und durch verschiedene Öffnungswinkel unterschiedliche Durchflüsse eingestellt. Bei den Bildern der GasCam ist zu sehen, dass die Entfernung zum Gasaustritt gerade bei dem größeren Gasaustritt zu nah gewählt wurde, da die Gaswolke abgeschnitten wird. Mit dem Messsystem GasCam SG konnte nur bei der größeren Menge sicher Gas erkannt werden.

## Zusammenfassung

Bei dieser Biogasanlage konnte nur im Bereich der Fütterung ein Gasaustritt beobachtet werden. Dieser Gasaustritt war auch nur bei laufendem Motor der Futterschnecke zu beobachten.

Der Gasaustritt an der Rührwerksverstellung ist klein, da hier aber durch Abfetten leicht nachgebessert werden kann, ist dies zu empfehlen.

## Eingesetzte Gerätetechnik:

### GasCam:

- optische Gasferndetektion mittels Infrarot-Spektro-Radiometrie
- gekühltes Sensorelement (59°K / -214°C)
- Visualisierung durch Videobild überlagert mit Falschfarbenbild (in Echtzeit)
- Nachweisgrenze (NECL, typisch  $\Delta T=5K$ , 50m Distanz): 80ppm x m
- Messungen auf Entfernungen bis 200 m
- Gasdetektion mit und ohne referenzierten Hintergrund (z.B. Himmel)
- Thermische Auflösung: < 20 mK



### Goliath:

- explosionsgeschütztes Gasmess- und Gasspürgerät
- Umfassende Einsatzmöglichkeiten nach DVGW - G 465-4
- Betrieb über wechselbares, NiMH Akkupaket mit bis zu 12 Stunden Einsatzdauer
- Zulassungen: BVS 09 ATEX E 079 X  
Ex II 2G Ex ib d IIB T3/T4
- Kontrastreiches Grafikdisplay mit automatischer Beleuchtung
- eingebaute elektrische Pumpe
- Abmessung: 168 x 90 x 80 mm



### SIGI Ex:

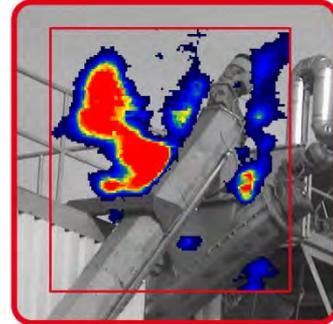
- Extrem robustes, gut in der Hand liegendes Gasmessgerät mit integrierte Ansaugpumpe
- Messbereiche: 0-10.000ppm, 0-50% UEG, 0-100Vol% (akustische und optische Alarmsignale)
- Zulassung: BVS 05 ATEX E 010 X  
Zündschutzart EEx ib d IIB T4
- Abmessung: 180 x 58 x 34 mm



Diese Dokumentation ist zur Bewertung der Biogasanlage in Bezug auf Gasdichtheit angefertigt. Die Biogasanlage wurde nach bestem Wissen überprüft und stellt nur den aktuellen Betriebszustand der Biogasanlage dar. Dieser Betriebszustand kann durch veränderte Witterungsbedingungen und Betriebsbedingungen abweichen. Für evtl. nicht erkannte Leckagen kann keine Haftung übernommen werden.

---

Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Kohne  
(Prüfer)



by **Esders** 

# Dokumentation

der Überprüfung

am 30.08.2011

---

**Auftraggeber:**

Umweltanalytik RUK GmbH

für das

Sächsische Landesamt für Umwelt,  
Landwirtschaft und Geologie

**Biogasanlage:**

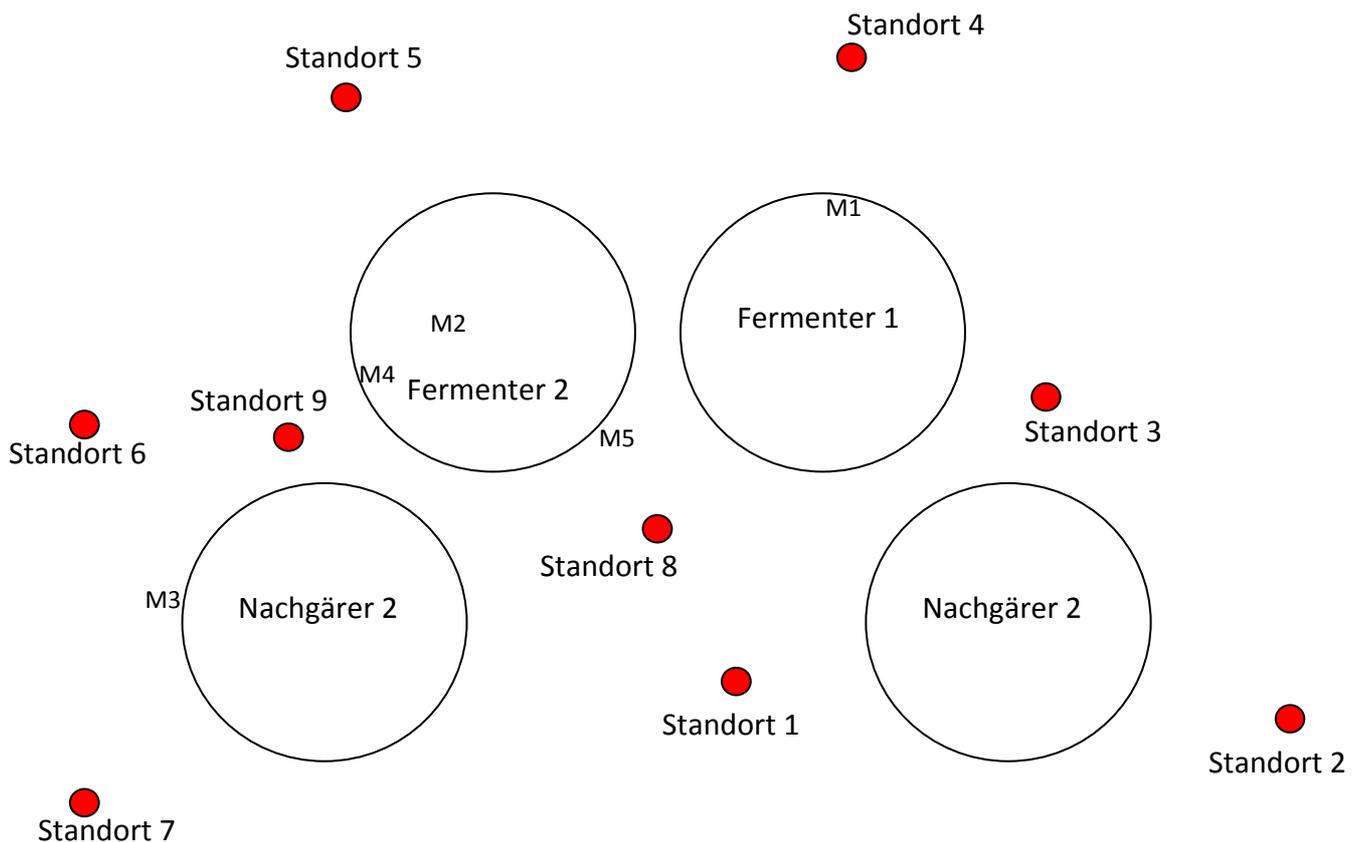
Anlage A5

**Umgebungsbedingungen während der Messung:**

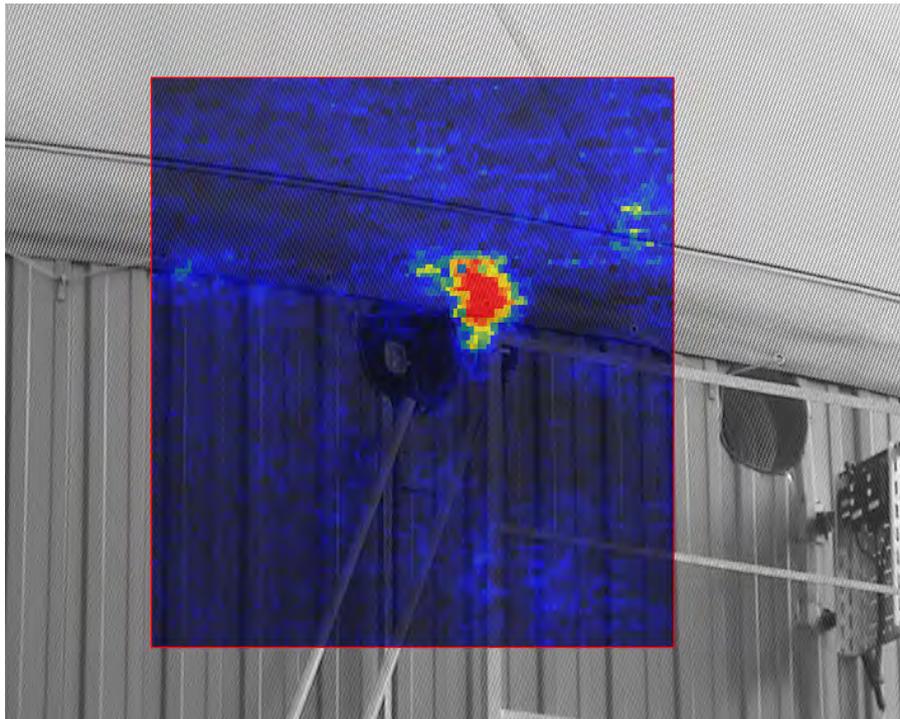
- Startzeit: 8:30 Uhr
- Temperatur: 13°C
- Wetter: bedeckt, leichter Wind

**Details zur Biogasanlage**

- 4 gasdicht abgedeckte Behälter mit Tragluftdach

**Skizze der Überprüfungspositionen:**

## Standort 4:



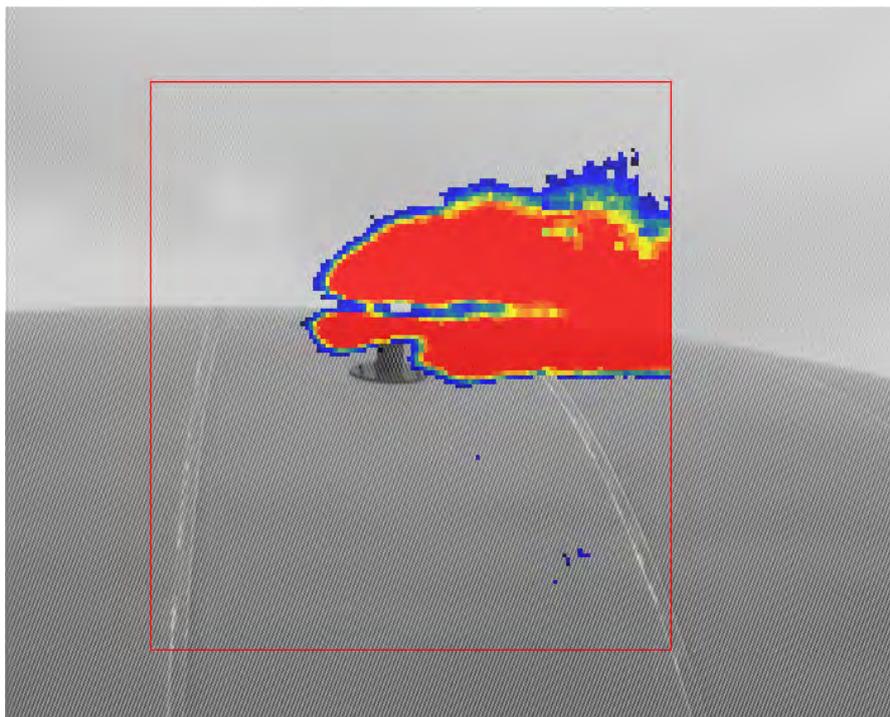
**Video 1**

Beschreibung: Aus dieser Position konnte zeitweise etwas Gas an dem linken Schaufenster vom Fermenter 1 erkannt werden.



Bei der Referenzmessung konnten im Schaufenster relativ konstante Methankonzentrationen von ca. 500 ppm gemessen werden. Die höchsten Konzentrationen waren dabei in der linken oberen Ecke zu detektieren.

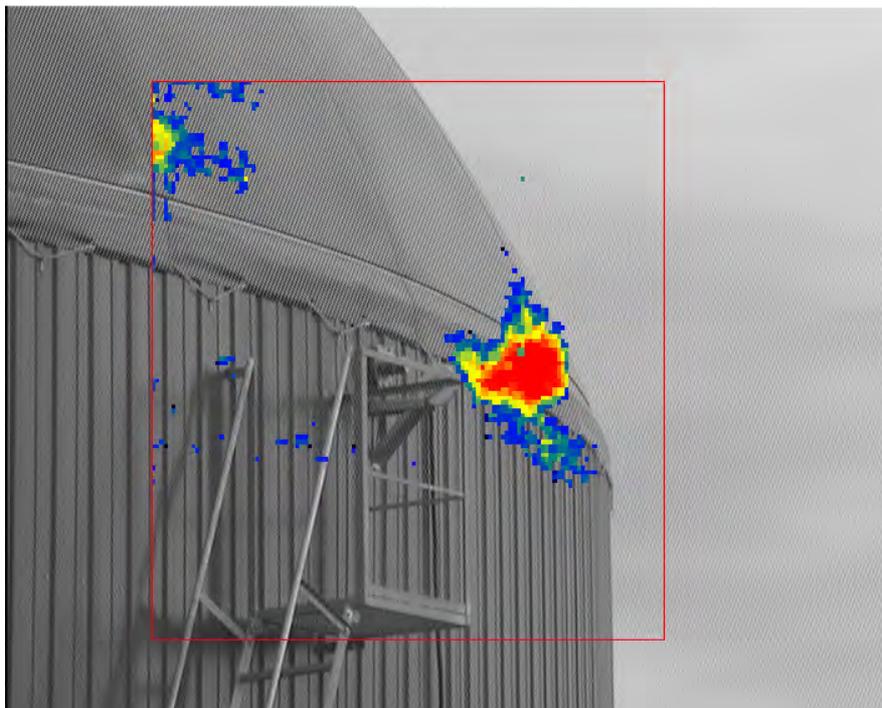
## Standort 5:



### Video 2

**Beschreibung:** Aus dem Ausbläser vom Tragluftdach des Fermenters 2 konnte ein große Gasmenge visualisiert werden. Um die austretende Gasmenge zu quantifizieren, wurde das Lüftergebläse des Tragluftdachs abgeschaltet (Betrachtung auf Seite 10 f).

## Standort 6:



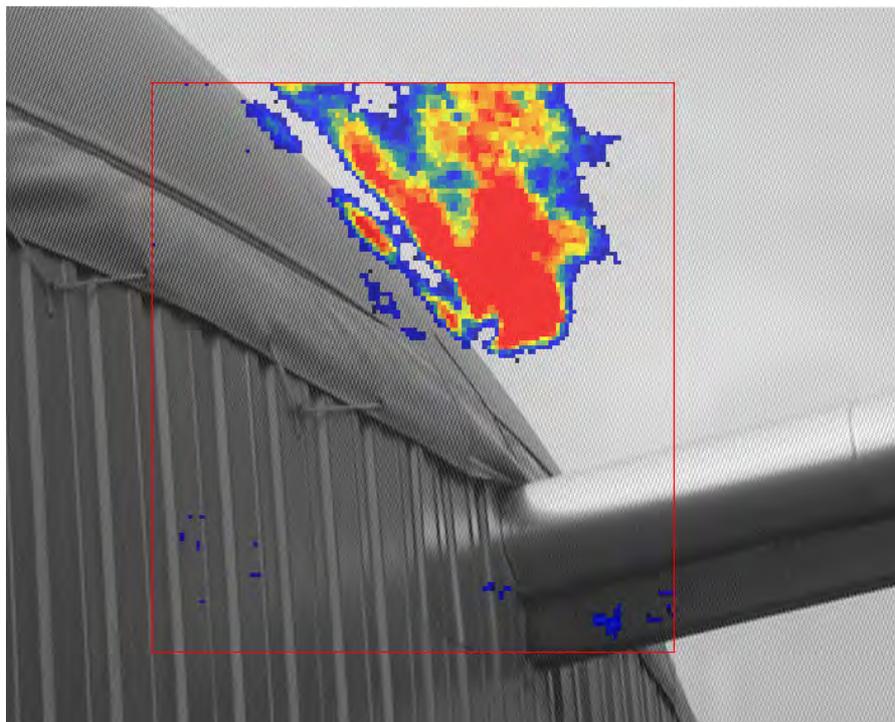
### Video 3

Beschreibung: Ein weiterer Gasaustritt konnte an der Rührwerksverstellung vom Nachgärer 2 gesehen werden.



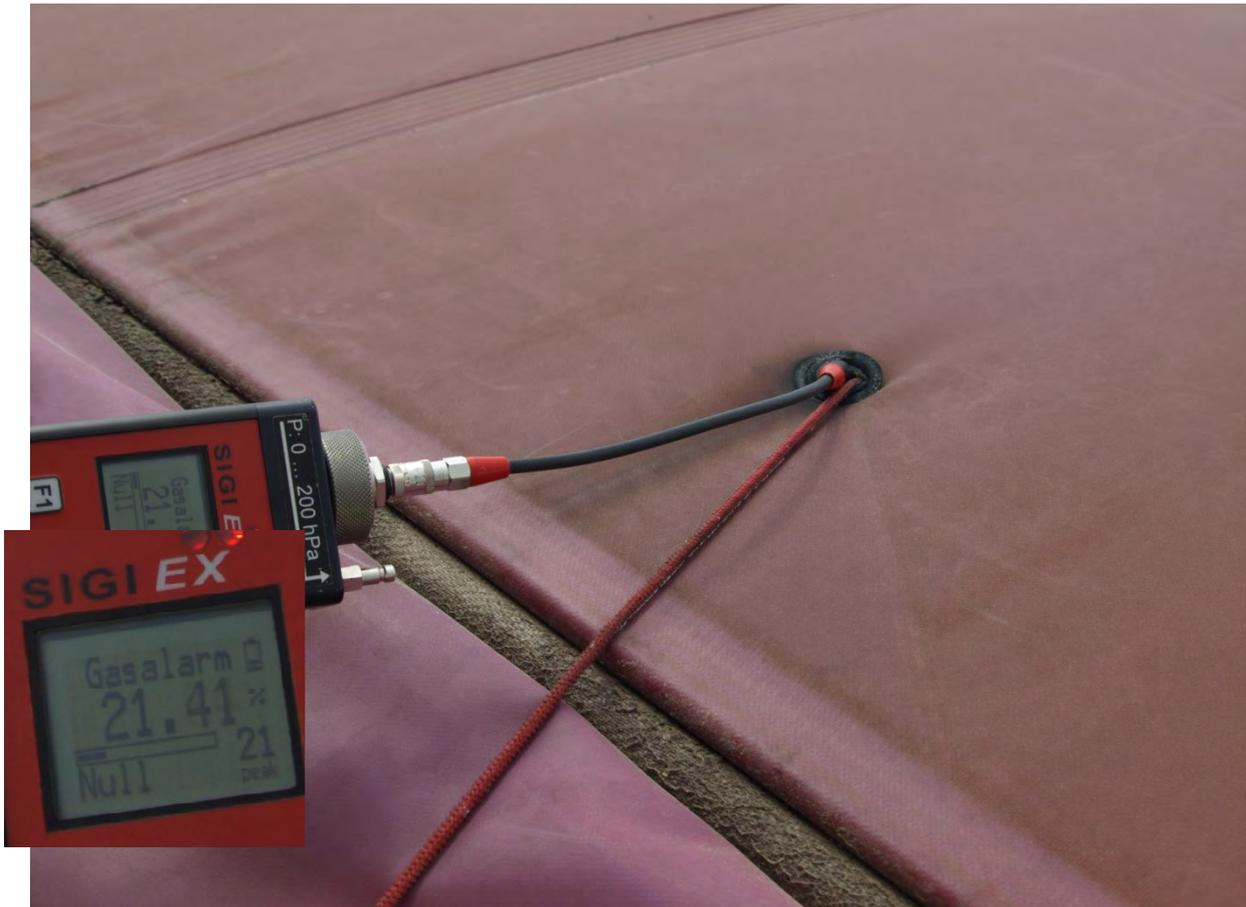
Die Referenzmessung mit dem SIGI Ex zeigt die höchsten Methankonzentrationen an der Seildurchführung. Nachdem diese nachgefettet wurde, konnte mit der GasCam kein Gas mehr visualisiert werden.

## Standort 9:



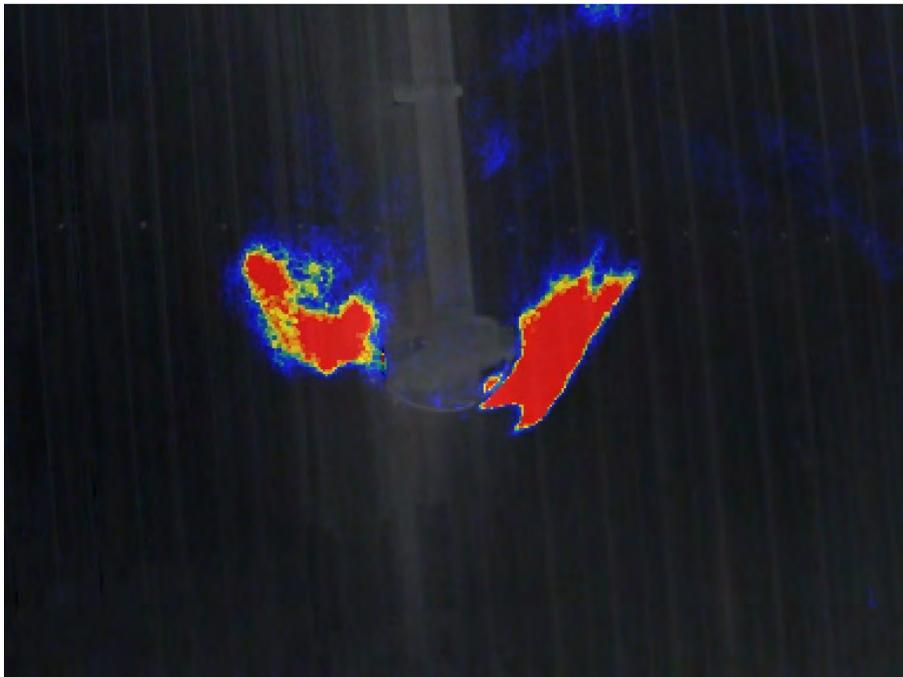
**Video 4**

Beschreibung: Nachdem das Lüftergebläse für das Tragluftdach vom Fermenter 2 abgeschaltet wurde, konnte an der Seildurchführung der Füllstandsüberwachung (durch die Wetterschutzfolie) eine erhebliche Gasmenge visualisiert werden.



Die Referenzmessung ergab Methankonzentrationen von ca. 21 Vol%. Da der Gasaustritt vor der Abschaltung des Lüftergebläses für das Tragluftdach nicht vorhanden war, kann davon ausgegangen werden, dass es eine Leckage im oberen Bereich der Gasfolie gibt. Bei laufendem Lüftungsgebläse drückt die Gasfolie an die Wetterschutzfolie und dichtet so den Bereich der Seildurchführung ab.

## Tragluftdach:



### Abgeschalteter Lüftermotor (GasCam SG)

Beschreibung: Am abgeschalteten Lüftergebläse für das Tragluftdach kann mit der GasCam SG Methan visualisiert werden, dass durch das Eigengewicht der Wetterschutzfolie herausgedrückt wird.

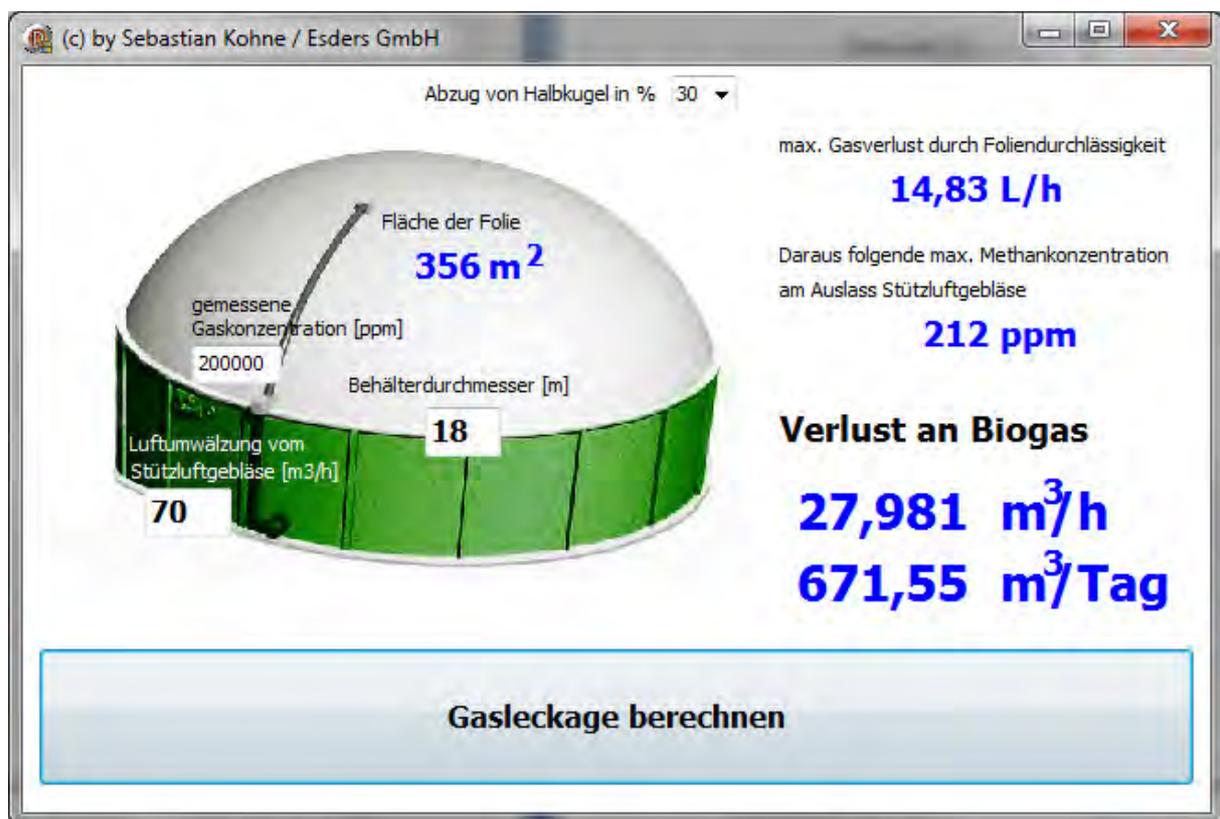
Um die Gasverluste annähernd zu quantifizieren, wurden am Lüftergebläse die Methankonzentrationen und der Volumenstrom den das Gebläse erzeugt gemessen. Dabei wurden folgende Werte aufgenommen:

Rohrdurchmesser: 85 mm

Luftgeschwindigkeit am Rohr: 3,5 m/s

Daraus folgender Volumenstrom: ca. 70 m<sup>3</sup>/h

Methankonzentration: ca. 20 Vol% = 200.000 ppm



Da der berechnete Gasverlust natürlich auch von Bedingungen wie z.B. den Druck in der Anlage und dem Füllstand der Gasblase abhängig sein können, kann über die Berechnung natürlich nur eine grobe Abschätzung der Gasverluste zum Zeitpunkt der Messung gemacht werden.

## Zusammenfassung

Bei dem erkannten Gasaustritt am Schaufenster vom Fermenter 1 (Messung 1) handelt es sich aufgrund der kleinen Abmessung der visualisierten Gaswolke um eine kleinere Gasmenge. Daher lässt sich auch erklären, dass Gas hier nur zeitweise mit der GasCam zu erkennen war (bei der Betrachtung mit der Gaskamera von der Firma FLIR konnte auch bei längerer Betrachtung kein Gas erkannt werden). Da die Stelle aber gut zugänglich ist, sollte trotzdem versucht werden den Gasaustritt abzudichten.

Die Gasaustritte an der Wetterschutzfolie lassen auf eine Undichtheit der Gasblase schließen. Hier sollte aufgrund der abgeschätzten Menge der Verlust so schnell wie möglich nachgebessert werden. Eine Beseitigung der Leckstelle wird sicherlich neben einer Verminderung der Umweltbelastung und dem Gefahrenpotential auch zu einem erheblichen wirtschaftlichen Vorteil (durch Substrateinsparungen) führen.

Der Gasaustritt an der Rührwerksverstellung (Messung 3) konnte schon während der Messung beseitigt werden. Da die Ausdehnung der visualisierten Gaswolke erheblich war und auch die gemessenen Gaskonzentration im Bereich von ca. 2 Vol% lag (im Abstand von 5cm zum Gasaustritt), sollte hier auf eine regelmäßige Kontrolle, bzw. verkürzte Wartungsintervalle geachtet werden.

## Eingesetzte Gerätetechnik:

### GasCam:

- optische Gasferndetektion mittels Infrarot-Spektro-Radiometrie
- gekühltes Sensorelement (59 °K / -214 °C)
- Visualisierung durch Videobild überlagert mit Falschfarbenbild (in Echtzeit)
- Nachweisgrenze (NECL, typisch  $\Delta T=5K$ , 50m Distanz): 80ppm x m
- Messungen auf Entfernungen bis 200 m
- Gasdetektion mit und ohne referenzierten Hintergrund (z.B. Himmel)
- Thermische Auflösung: < 20 mK



### Goliath:

- explosionsgeschütztes Gasmess- und Gasspürgerät
- Umfassende Einsatzmöglichkeiten nach DVGW - G 465-4
- Betrieb über wechselbares, NiMH Akkupaket mit bis zu 12 Stunden Einsatzdauer
- Zulassungen: BVS 09 ATEX E 079 X  
Ex II 2G Ex ib d IIB T3/T4
- Kontrastreiches Grafikdisplay mit automatischer Beleuchtung
- eingebaute elektrische Pumpe
- Abmessung: 168 x 90 x 80 mm



### SIGI Ex:

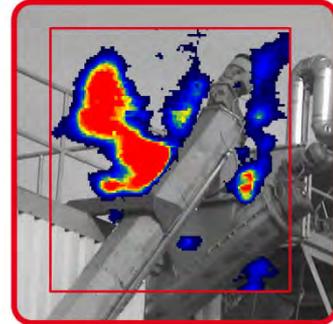
- Extrem robustes, gut in der Hand liegendes Gasmessgerät mit integrierte Ansaugpumpe
- Messbereiche: 0-10.000ppm, 0-50% UEG, 0-100Vol% (akustische und optische Alarmsignale)
- Zulassung: BVS 05 ATEX E 010 X  
Zündschutzart EEx ib d IIB T4
- Abmessung: 180 x 58 x 34 mm



Diese Dokumentation ist zur Bewertung der Biogasanlage in Bezug auf Gasdichtheit angefertigt. Die Biogasanlage wurde nach bestem Wissen überprüft und stellt nur den aktuellen Betriebszustand der Biogasanlage dar. Dieser Betriebszustand kann durch veränderte Witterungsbedingungen und Betriebsbedingungen abweichen. Für evtl. nicht erkannte Leckagen kann keine Haftung übernommen werden.

---

Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Kohne  
(Prüfer)



by **Esders** 

# Dokumentation

der Überprüfung

am 30.08.2011

---

**Auftraggeber:**

Umweltanalytik RUK GmbH

für das

Sächsische Landesamt für Umwelt,  
Landwirtschaft und Geologie

**Biogasanlage:**

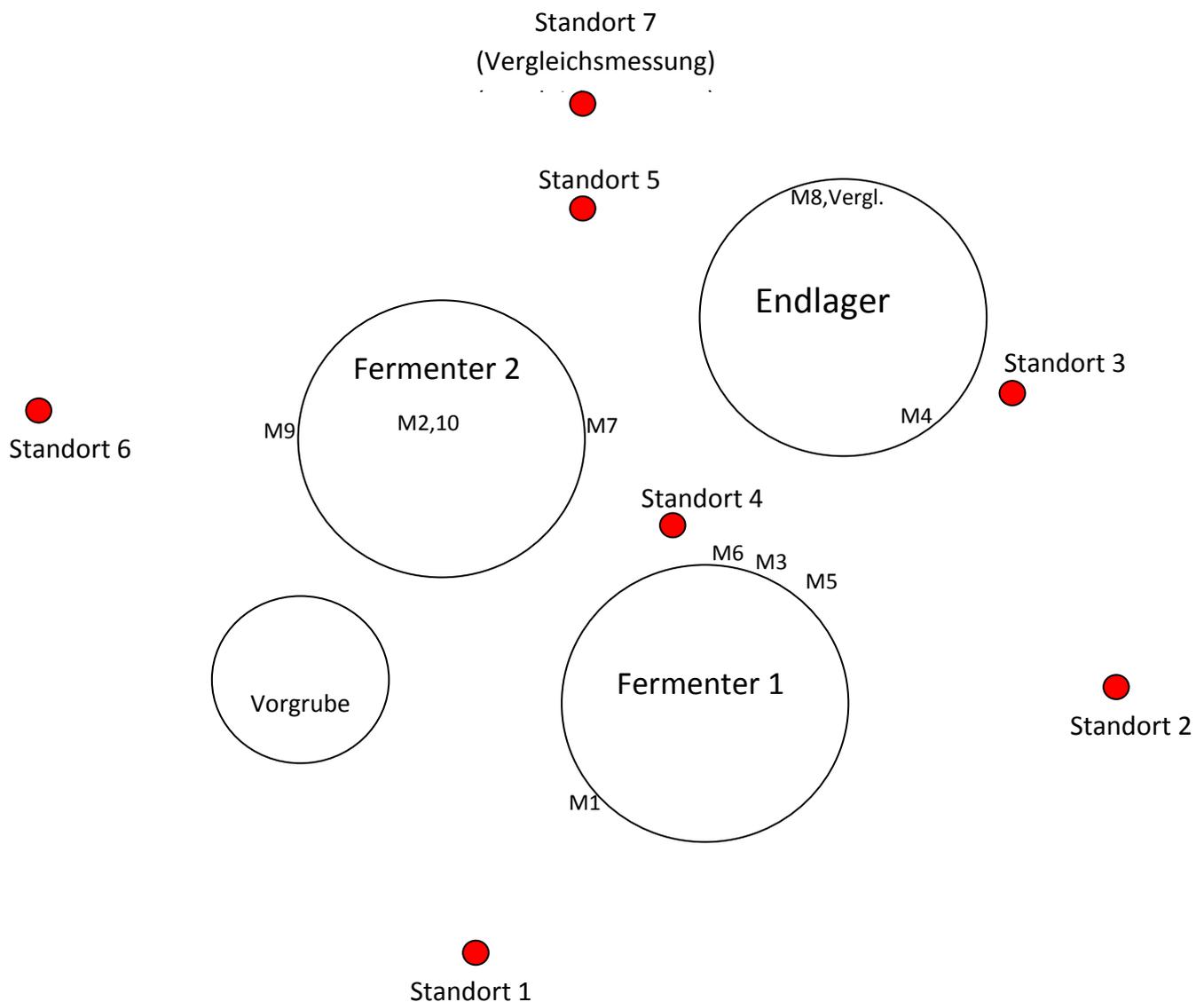
Anlage A9

**Umgebungsbedingungen während der Messung:**

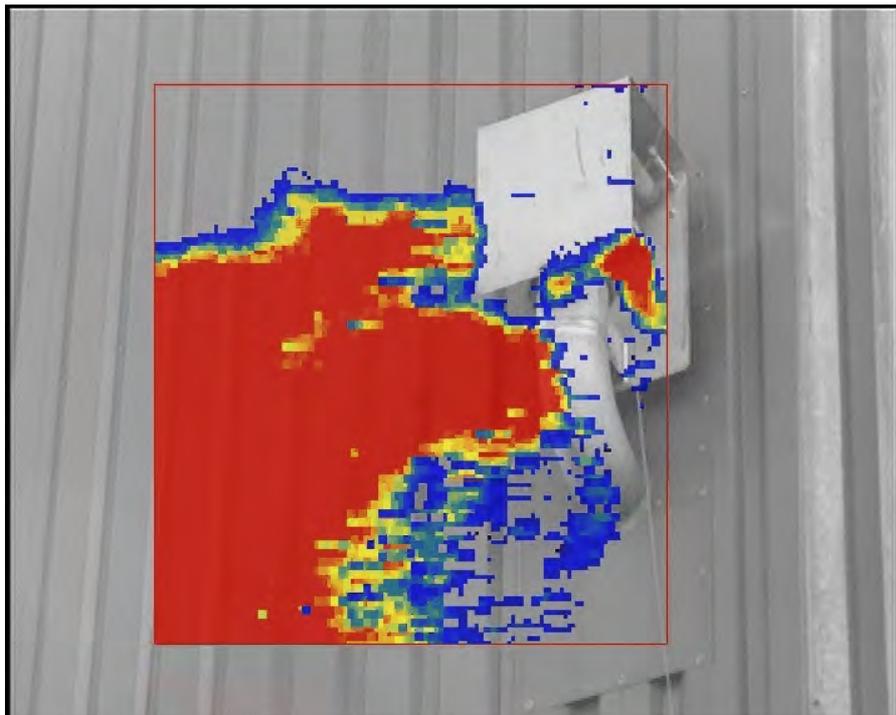
- Startzeit: 12:30 Uhr
- Temperatur: 18°C
- Wetter: leicht bedeckt, leichter Wind

**Details zur Biogasanlage**

- 4 gasdicht abgedeckte Behälter (Lipp System)

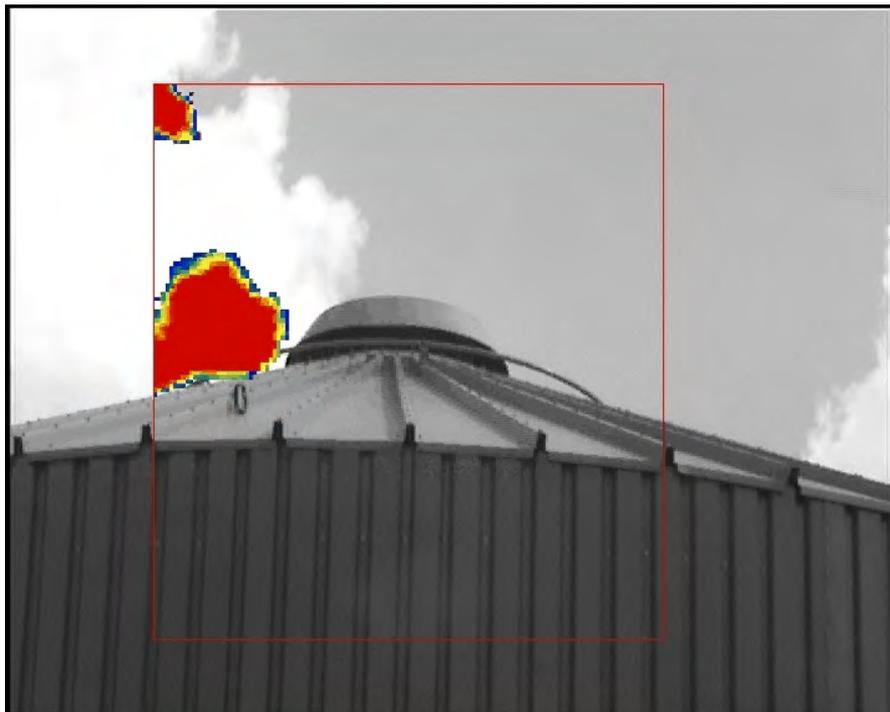
**Skizze der Überprüfungspositionen:**

## Standort 1:



**Video 1**

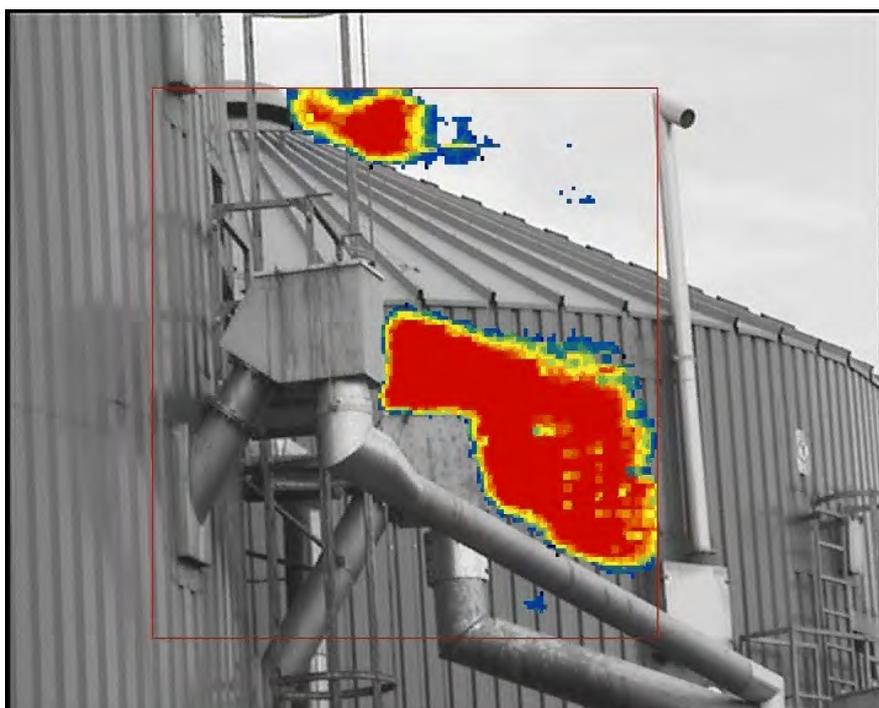
Beschreibung: Die Überdrucksicherung vom Fermenter 1 hat während der Messung kontinuierlich Gas abgelassen.



Video 2

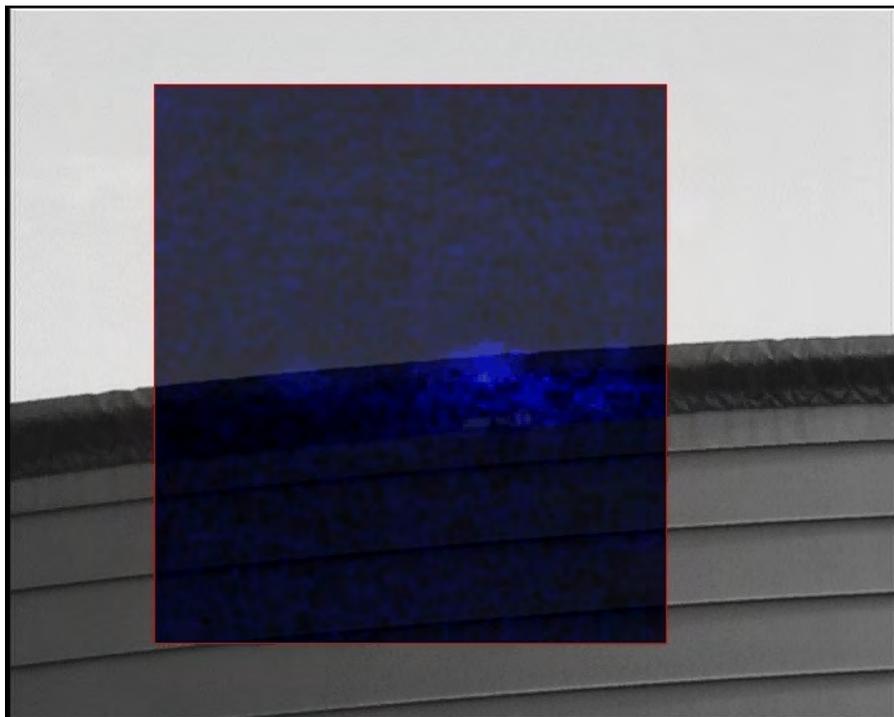
Beschreibung: Außerdem konnte von diesem Standpunkt schon erkannt werden, dass aus der Behälterkrone von Fermenter 2 ebenfalls eine größere Menge Gas austritt.

## Standort 2:



### Video 3

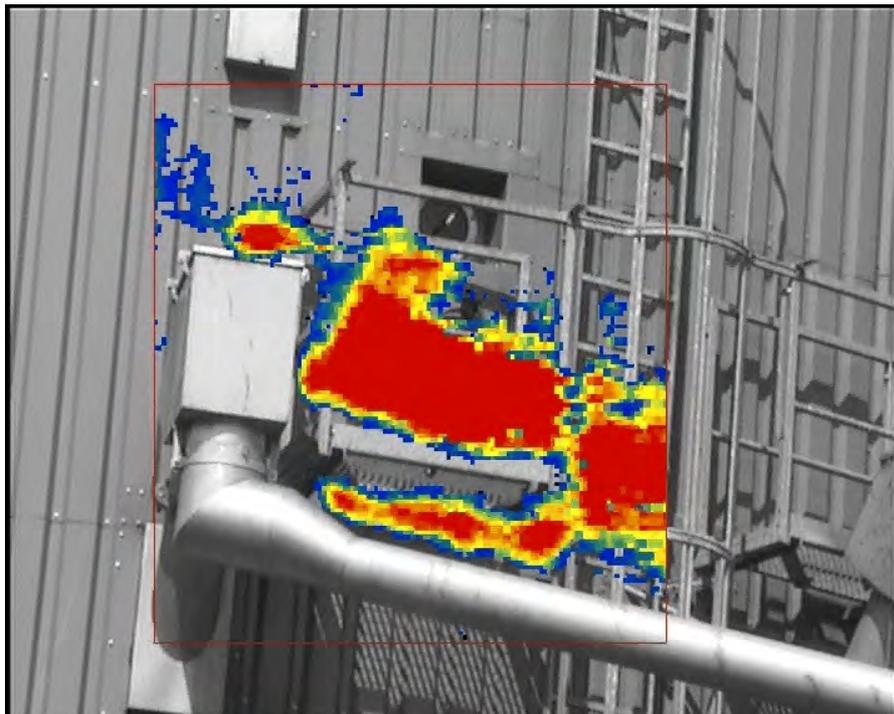
Beschreibung: Aus dieser Position konnte erkannt werden, dass im Bereich der Überlaufleitungen in das Endlager Gas austritt. Um die genaue Austrittsstelle zu lokalisieren, wurde die Position der GasCam gewechselt. Im Hintergrund konnte wieder der Gasaustritt an der Behälterkrone von Fermenter 2 beobachtet werden.



#### Video 4

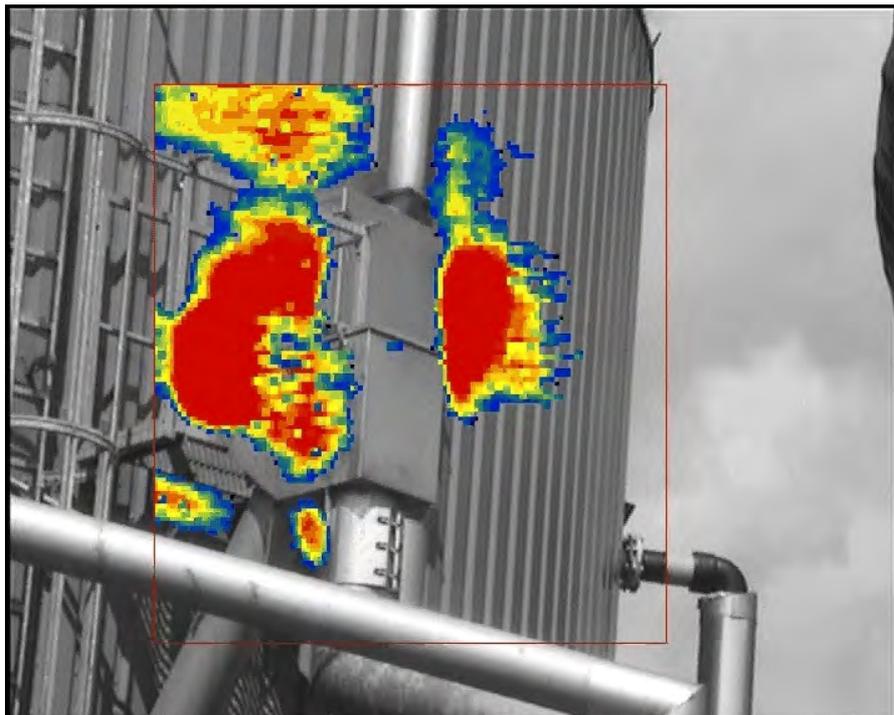
Beschreibung: Ebenfalls aus Position 2 zu erkennen war, dass am Behälterrand des Endlagers geringe Mengen Gas austreten. Bei der Referenzmessung waren hier stoßweise Methankonzentrationen bis 50 ppm zu detektieren.

## Standort 3:



Video 5

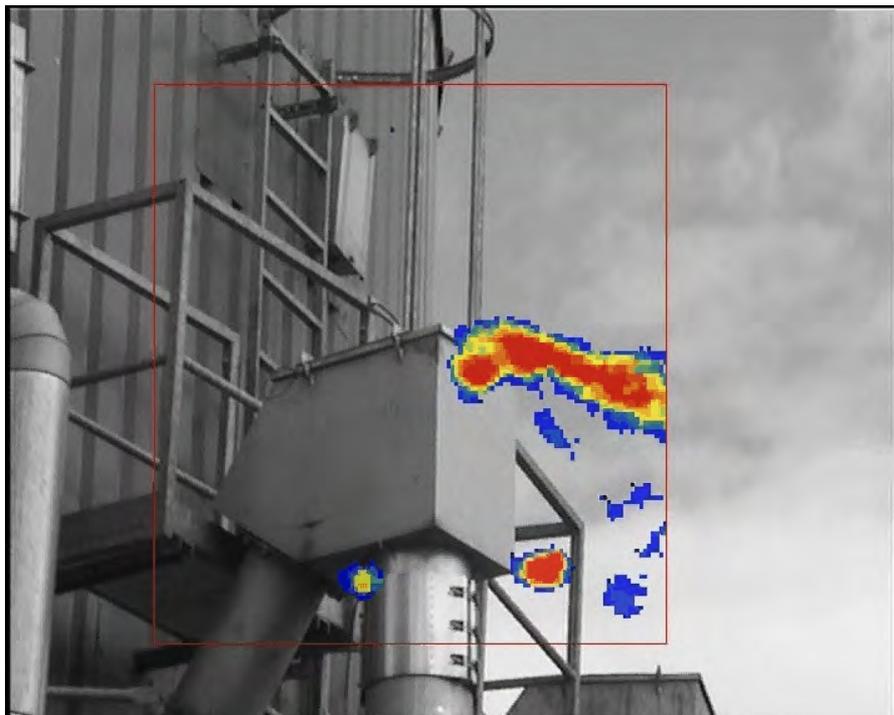
**Beschreibung:** Nach dem Standortwechsel der GasCam konnte ein Gasaustritt aus Messung 3 aus dem linken Überlauf in das Endlager lokalisiert werden.



Video 6

Beschreibung: Aber auch aus dem rechten Überlauf in das Endlager tritt eine erhebliche Menge Gas aus.

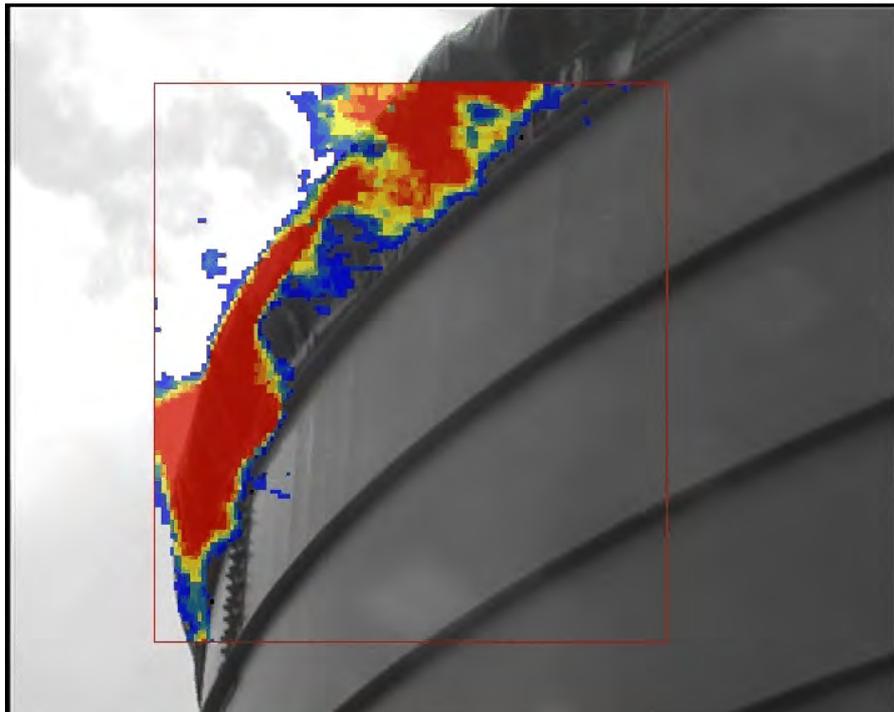
## Standort 4:



Video 7

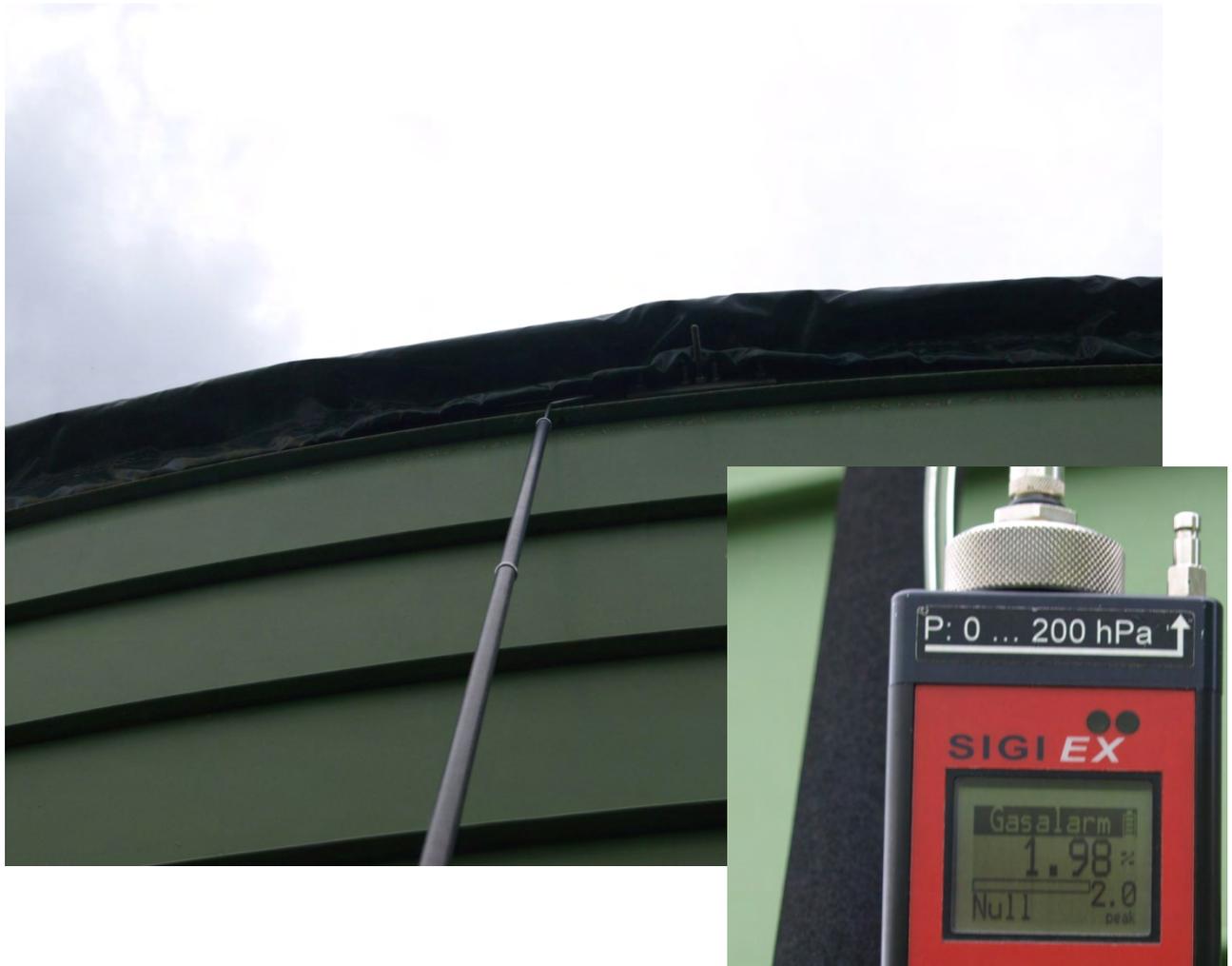
Beschreibung: Nach einem erneuten Standortwechsel der GasCam konnte auch am Überlauf des Fermenter 2 erkannt werden, dass Gas austritt.

## Standort 5:



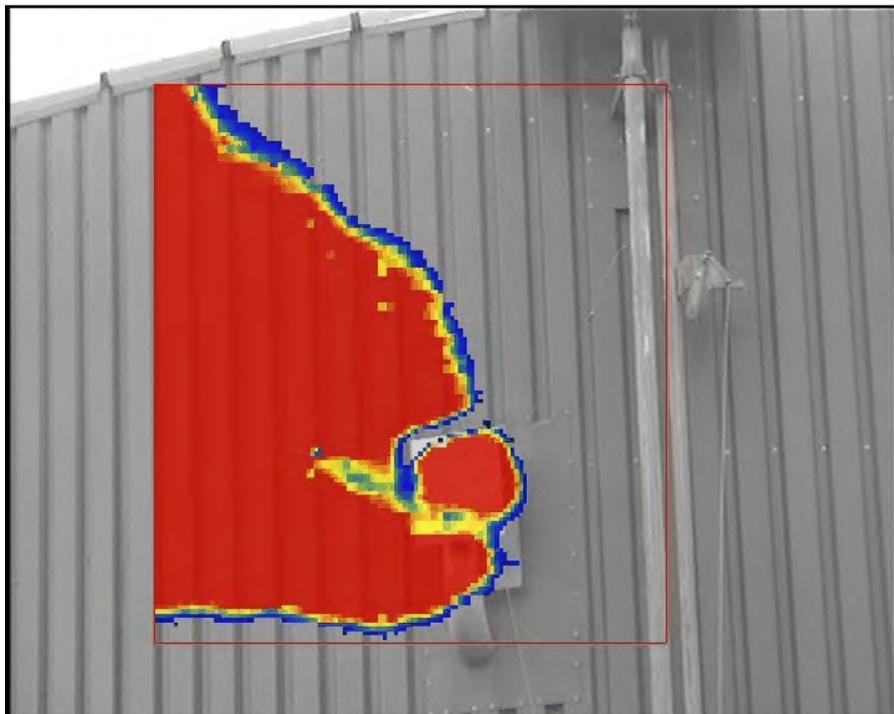
**Video 8**

Beschreibung: Von diesem Standort konnte eine erhebliche Gasmenge am Endlager visualisiert werden.



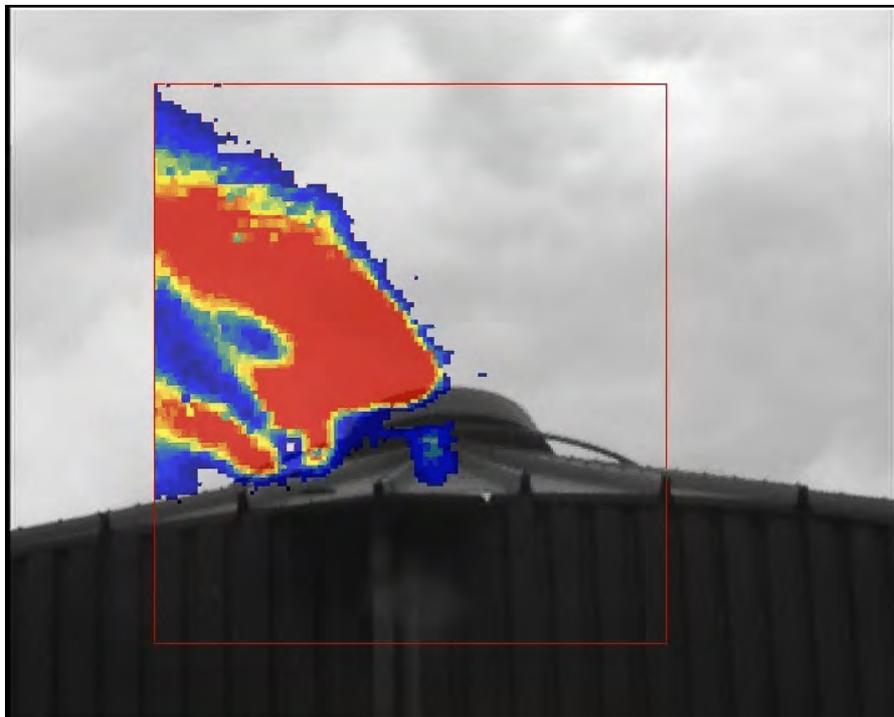
Bei der Referenzmessung mit dem SIGI Ex konnten am Behälterrand des Endlagers Methankonzentrationen von mehreren Vol% detektiert werden. Das Gas trat dabei im Bereich des Folienrands über einen größeren Bereich aus. An den Stellen, wo baulich bedingt die Folienabdeckung nicht direkt anliegt (hier z.B. eine angeschraubtes Flacheisen), sind die höchsten Konzentrationen zu messen.

## Standort 6:



Video 9

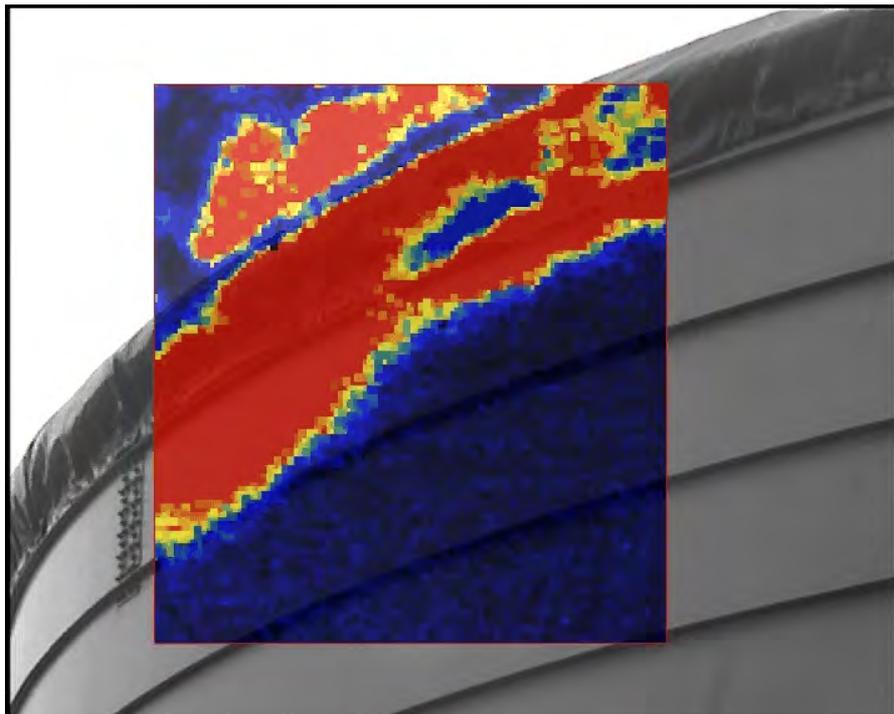
Beschreibung: Aus dieser Position konnte erkannt werden, dass auch die Überdrucksicherung am Fermenter 2 ausgelöst hatte.



### Video 10

Beschreibung: Auch von hier konnte wieder der Gasaustritt an der Behälterkrone (vergleich Messung 2 und Messung 3) erkannt werden.

## Vergleichsmessung:



### Video Vergleichsmessung

Beschreibung: Da während der Messung der Gasaustritt am Endlager mit der Gaskamera der Firma FLIR nicht erkannt wurde, ist eine weitere Messung der Austrittsstelle gleichzeitig mit diesem Messsystem durchgeführt worden. Bei der Vergleichsmessung konnte der Gasaustritt auch mit diesem Messsystem erkannt werden.



Bei der Vergleichsmessung konnte festgestellt werden, dass die größte Gasmenge im Bereich der Spannvorrichtung vom Spanngurt austritt. Hier konnten zeitweise Methankonzentrationen von 10 Vol% gemessen werden.

## Zusammenfassung

Da durch den Betriebszustand während der Messung kontinuierlich Gas aus den Überdrucksicherungen der Biogasanlage abgeblasen wurde, ist auf den Videos der Messungen immer wieder Gas zu sehen, welches durch das Bild weht. Es war dadurch schwierig auch kleinere Gasaustritte zu lokalisieren.

Neben den Überdrucksicherungen sind besonders die Überlaufleitungen in das Endlager und der Gasaustritt an der Behälterkrone vom Fermenter 2 aufgefallen. Da das Endlager aber baulich nicht gasdicht abgedeckt ist, wird eine Abdichtung der Überlaufleitungen wahrscheinlich keine Verminderung der Gasverluste bewirken. Sollte das Endlager gasdicht abgedeckt werden, wird auch ein Abdichten der Überlaufleitungen notwendig sein.

Der Gasaustritt über die Behälterkrone wird auf eine Undichtheit der Gasfolie im Fermenter 2 zurückzuführen sein. Da hier erhebliche Gasmengen austreten, sollte so schnell wie möglich nachgebessert werden.

## Eingesetzte Gerätetechnik:

### GasCam:

- optische Gasferndetektion mittels Infrarot-Spektro-Radiometrie
- gekühltes Sensorelement (59 °K / -214 °C)
- Visualisierung durch Videobild überlagert mit Falschfarbenbild (in Echtzeit)
- Nachweisgrenze (NECL, typisch  $\Delta T=5K$ , 50m Distanz): 80ppm x m
- Messungen auf Entfernungen bis 200 m
- Gasdetektion mit und ohne referenzierten Hintergrund (z.B. Himmel)
- Thermische Auflösung: < 20 mK



### Goliath:

- explosionsgeschütztes Gasmess- und Gasspürgerät
- Umfassende Einsatzmöglichkeiten nach DVGW - G 465-4
- Betrieb über wechselbares, NiMH Akkupaket mit bis zu 12 Stunden Einsatzdauer
- Zulassungen: BVS 09 ATEX E 079 X  
Ex II 2G Ex ib d IIB T3/T4
- Kontrastreiches Grafikdisplay mit automatischer Beleuchtung
- eingebaute elektrische Pumpe
- Abmessung: 168 x 90 x 80 mm



### SIGI Ex:

- Extrem robustes, gut in der Hand liegendes Gasmessgerät mit integrierte Ansaugpumpe
- Messbereiche: 0-10.000ppm, 0-50% UEG, 0-100Vol% (akustische und optische Alarmsignale)
- Zulassung: BVS 05 ATEX E 010 X  
Zündschutzart EEx ib d IIB T4
- Abmessung: 180 x 58 x 34 mm



Diese Dokumentation ist zur Bewertung der Biogasanlage in Bezug auf Gasdichtheit angefertigt. Die Biogasanlage wurde nach bestem Wissen überprüft und stellt nur den aktuellen Betriebszustand der Biogasanlage dar. Dieser Betriebszustand kann durch veränderte Witterungsbedingungen und Betriebsbedingungen abweichen. Für evtl. nicht erkannte Leckagen kann keine Haftung übernommen werden.

---

Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Kohne  
(Prüfer)

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
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

**Autor:**

Wolfgang Schreier  
Umweltanalytik RUK GmbH  
Im Paesch 1a, 54340 Longuich  
Telefon: +49 6502 9339-23  
Telefax: +49 6502 9339-29  
E-Mail: w.schreier@rukmbh.com  
Internet: www.rukmbh.com

**Redaktion:**

Torsten Moczigemba  
Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen/Referat Anlagenbezogener Immissionsschutz,  
Lärm  
Telefon: +49 351 2612-5208  
Telefax: +49 351 2612-5099  
E-Mail: Torsten.Moczigemba@smul.sachsen.de

**Fotos:**

Wolfgang Schreier/www.rukmbh.com

**Redaktionsschluss:**

13.12.2011

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung. Die PDF-Datei kann im Internet unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/23155.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.