

Vergleichende Untersuchungen zur Detektionsgrenze von Methanleckagen an Biogasanlagen durch berührungslose Messverfahren(Stand: 19.8.2014)

Joachim Clemens, David Dresen, Carsten Hafermann
bonalytic GmbH, Gierlichsstrasse 6, 58340 Troisdorf

Stichworte: Kohlenwasserstoffsensitive IR-Kamera – Methansensitiver Laser – Reflexionsfläche - Emissionskategorie

1 Zusammenfassung

Methanemissionen an Biogasanlagen sind aus ökonomischer, ökologischer und vor allen Dingen aus sicherheitstechnischer Sicht unerwünscht. Durch berührungslose Messverfahren können Anlagen theoretisch rasch auf Undichtigkeiten und Leckagen überprüft werden. Die bonalytic GmbH verglich die Kohlenwasserstoffsensitive IR-Kamera GF320 von FLIR mit dem Lasersystem von crowcon (LaserMethane mini) durch die Simulation einer Gasleckage an der Biogasanlage (10, 50, 100, 500, 875 l CH₄/h). Für das IR-Verfahren wurde eine Detektionsgrenze von 11 l CH₄/h festgestellt. Eine Kategorisierung zur Abschätzung der Emissionen ist möglich. Das Lasersystem konnte keine Emissionsquellen detektieren, sobald keine Reflexionsfläche für den Laserstrahl zur Verfügung stand. Eine Kategorisierung zur Abschätzung der Emissionen ist ebenfalls möglich. Im Praxistest auf der Biogasanlage detektierte das Lasersystem nicht alle die von der IR-Kamera vorab detektierten Undichtigkeiten: Leckagen im Bereich Fermenterwand und Dach, welcher ein typischer und häufig auftretender Emissionsort ist, konnten mit dem Laser nur unzureichend (eine von vier Leckagen) detektiert werden.

2 Einführung

Die Leckage- und Dichtheitsuntersuchung an Biogasanlagen ist wesentlicher Bestandteil der sicherheitstechnischen Routineüberprüfung von Biogasanlagen. Auch aus ökologischer und ökonomischer Sicht sind solche Untersuchungen sinnvoll.

Zur Erkennung von Leckagen aus größeren Entfernungen sind berührungslose Messverfahren geeignet. In der Praxis kommen aktive und passive Verfahren zum Einsatz. Das gängige aktive Messverfahren ist ein Methansensitiver Laser, der die Konzentration zwischen dem Messgerät und der Emissionsquelle in ppm*m misst. Als passives Messverfahren ist die Gasvisualisierung mittels einer Kohlenwasserstoffsensitiven IR-Kamera auf dem Markt. Der Vorteil der Gasvisualisierung mittels IR-Kamera liegt in der Visualisierung und somit in der raschen Lokalisationsmöglichkeit der Leckage. Allerdings sind solche Kameras deutlich teurer als die Lasersysteme, mit denen nur schwer der Leckageort zu lokalisieren ist, insbesondere wenn Reflektionsflächen fehlen. Denn der Laser ist darauf angewiesen, dass ein Teil des ausgestrahlten Laserstrahls reflektiert wird und wieder in das Messgerät gelangt.

Allerdings gibt es im Moment widersprüchliche Angaben zur Leistungsfähigkeit beider Systeme. Deshalb untersuchte die bonalytic GmbH im Rahmen der nach DIN/EN/ISO 17025 akkreditierten Methode zur Leckagedetektion an Biogasanlagen die Detektionsgrenze der IR-Kamera und führte zusätzlich vergleichende Messungen mit zwei IR Kameras und einem Lasersystem durch.

3 Material und Methoden

Es kamen zwei IR-Kameras der Firma FLIR (GF320) mit einem 23 und 38mm Objektiv und ein LaserMethane mini der Firma crowcon (Baujahr 2010) zum Einsatz.

Experiment 1: Kalibriergas (50%CO₂ und 50% CH₄) wurde mit geeigneten Flowmetern in einer Höhe von 4,6 bis 4,95m freigesetzt und somit eine Leckage an einer Biogasanlage simuliert. Dabei bildete bei der ersten Messung nur die Atmosphäre den Hintergrund, während bei der zweiten Messung als Reflexionsquelle eine Spanplatte etwa 40 cm hinter der Emissionsquelle platziert wurde. Es wurden jeweils Emissionsraten von 10, 50, 100, 500 und 875 l CH₄/h eingestellt. Aus einer Entfernung von 8,5 m untersuchten drei Messtechniker mit allen drei Geräten, ob sie einen CH₄-Austritt erkennen konnten. Beim Lasersystem wurde die maximal gemessene Konzentration (in ppm*m) notiert.

Experiment 2: Da die Emissionsrate von 10 l CH₄/h nicht von allen Messtechnikern detektiert wurde, wurde von diesem Wert an die Emissionsrate in Schritten von 1 l CH₄/h erhöht, bis alle drei Messtechniker den Emissionsaustritt mit Hilfe beider IR-Kameras detektieren konnten.

Von den Leckagen wurden Filme aufgenommen. Diese wurde im Nachgang im Labor, ohne dass Informationen zur Leckagerate zur Verfügung standen, gesichtet und versucht, die Filme in die Emissionskategorien < 100 l CH₄/h und < 1000 l CH₄/h einzuordnen.

Während der beiden Experimente betrug die Temperatur der Luft 16,9 °C, die Temperatur des austretenden Gases 16,1°C, des Himmels 2,9°C, die Temperatur der Spanplatte 13,5°C. Die Windstärke betrug zwischen 0-1 beaufort.

Experiment 3: Auf einer Biogasanlage wurden von einem Messtechniker die mit der IR-Kamera (38 mm Objektiv) gefundenen Leckagen mit Hilfe des Lasers ebenfalls vermessen und überprüft, ob alle Leckagen gefunden werden konnten. Ein Teil der Fermenter hatte eine Betondecke, die begangen werden konnte.

4 Ergebnisse und Diskussion

Die Emissionen mit atmosphärischem Hintergrund konnten von allen drei Messtechnikern bis 50 l CH₄/h mit beiden Kameras gut erkannt werden. Bei einer Emissionsrate von 10 l CH₄/h erkannten alle Messtechniker den Gasaustritt nur mit der Kamera mit dem 38 mm Objektiv, zwei Messtechniker sahen mit der Kamera mit 23mm Objektiv keinen Gasaustritt mehr. Bereits ab 11 l CH₄/h erkannten alle drei Messtechniker mit beiden Kameras den Gasaustritt (Abbildung 1). Das Ergebnis deckt sich mit Aussagen des QMaB (Arbeitskreis Qualitätssicherung Methanemissionsmessung an Biogasanlagen), der eine Detektionsgrenze von 12 l CH₄/h angibt.

CH₄-Austritt mit Himmel als Hintergrund (T=276 K)

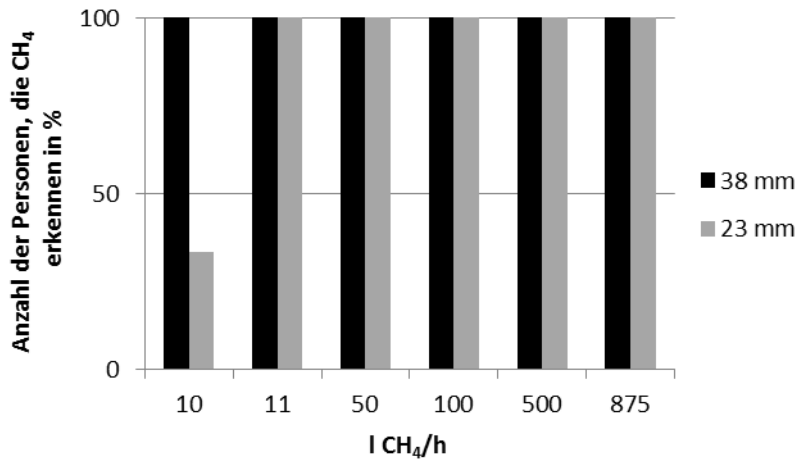


Abbildung 1: Prozent der Messtechniker (100% = 3), die einen Gasaustritt (X-Achse in l CH₄/h) vor atmosphärischem Hintergrund detektierten; es wurde eine Kamera mit 23 und eine mit 38mm Objektiv eingesetzt)

War bei dem Gasaustritt die Spanplatte als Hintergrund installiert, konnte der Gasaustritt bis 500 l CH₄/h mit der Spanplatte als Hintergrund von allen drei Messtechnikern detektiert werden. Bei niedrigeren Emissionsraten wurde der Gasaustritt dann detektiert, sobald hinter der Methanwolke atmosphärischer Hintergrund war (Abbildung 2). Dieses Ergebnis zeigt deutlich, dass mögliche Leckageorte von mehreren Seiten aus betrachtet werden müssen, ansonsten können Leckagen übersehen werden: Ist die Temperatur des Hintergrundes ähnlich wie die des austretenden Gases, ist die Detektionsempfindlichkeit herabgesetzt.

CH₄-Austritt mit Reflexionsfläche (Spanplatte) als Hintergrund (T=287 K)

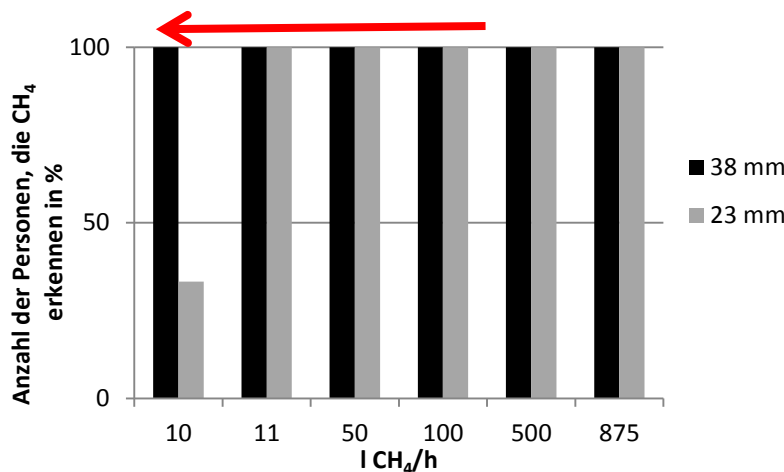


Abbildung 2: Prozent der Messtechniker (100% = 3), die einen Gasaustritt (X-Achse in l CH₄/h) vor einer Spanplatte als Reflexionsfläche detektierten; es wurde eine Kamera mit 23 und eine mit 38mm Objektiv eingesetzt; ab einem Gasaustritt < 100 l CH₄/h wurde der Gasaustritt erst dann erkannt, wenn das Gas vor den atmosphärischen Hintergrund gelangte (roter Pfeil)

Das Lasersystem lieferte keine Ergebnisse bei einem Gasaustritt mit atmosphärischem Hintergrund, da hier eine Reflexionsfläche fehlte. War eine Spanplatte als Reflexionsquelle

installiert, so wurden Signale vom Lasersystem empfangen, die tendenziell mit steigender Emissionsrate zunahm (Abbildung 3). Unter 100 l CH₄/h gab es keine eindeutig positive Korrelation zwischen Lasersignal und Gasaustrittsrate. Allerdings war es schwierig die Emissionsquelle mit dem Laser anzusteuern, da der dafür vorhandene Laserpointer im Gerät sehr schwach war.

Die Emissionsabschätzung der Filme in die beiden Kategorien < 100 l CH₄/h und zwischen 100 und 1000 l CH₄/h war zu 100% erfolgreich. Bei Emissionsraten, welche um den Schwellenwert von 100 l CH₄/h liegen, kann in der Praxis sicherlich nicht immer die genaue Kategorisierung erfolgen, so dass ein solches Einstufungsmodell mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist. Eine Emissionskategorisierung mit Hilfe des Lasers war Fall ebenfalls möglich.

Lasersignal mit Reflexionsfläche hinter Emissionsquelle (Laserstrahl trifft im 90°-Winkel auf eine Spanplatte)

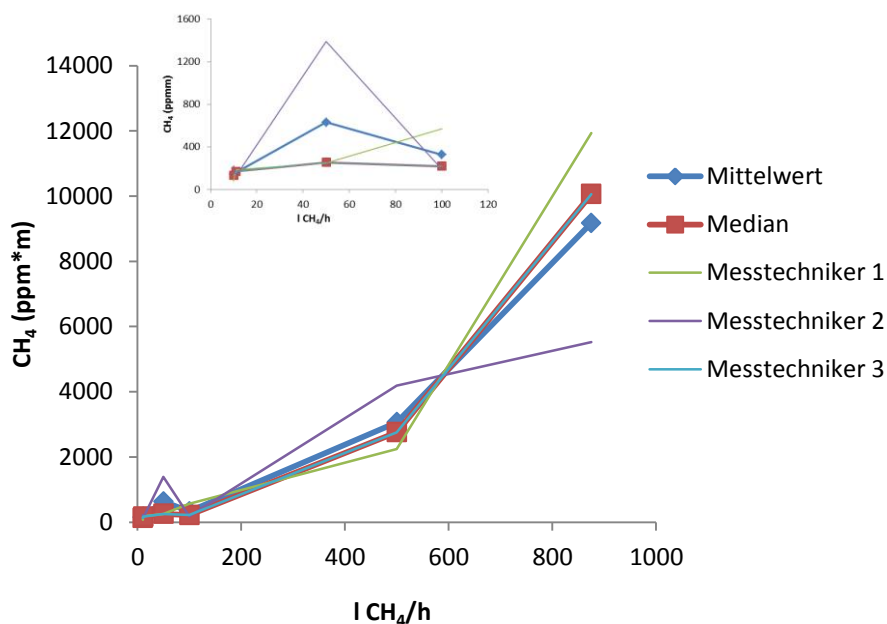


Abbildung 3: gemessene maximale CH₄-Konzentration (ppm*m) in Abhängigkeit von der freigesetzten CH₄-Menge; kleine Grafik: Ausschnitt der Grafik bei Gasaustritt unter 100 l CH₄/h.

Bei der Begehung der Biogasanlage konnte eine von vier gefundenen Leckagen an dem Übergang von Fermenterwand und –dach mit dem Lasersystem wiedergefunden werden. Auf dem Betondach wurden 4 von 5 mit der IR-Kamera gefundenen Leckagen wiedergefunden (Tabelle 1). Damit wurden die Ergebnisse der systematischen Untersuchungen bestätigt: Sobald Leckagen nur vor atmosphärischem Hintergrund auftreten, ist eine Detektion mittels Laser nicht möglich. Darüber hinaus ist das Lasergerät schwer handhabbar, wenn der mögliche Leckageort mehrere Meter entfernt ist. In diesem Fall verursachen kleine Verschiebungen des Gerätes in der Hand (Zittern), eine Standortveränderung des Laserstrahles von mehreren Dezimetern.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Leckagen, die mit dem Laser wiedergefunden wurden, nachdem sie mittels IR-Kamera detektiert wurden.

	IR-Kamera	Laser
Leckagen am Übergang Fermenter/Dach	4	1
Leckagen auf dem Betondach	5	4

5 Fazit

- Diese Untersuchung stellt eine erste systematische Zusammenstellung von Ergebnissen zum Einsatz von Kohlenwasserstoffsensitiven Kameras und Lasersystemen dar. Weiterführende Untersuchungen sind notwendig.
- **Mit Hilfe der IR-Kamera konnten CH₄-Austritte ab 11 l CH₄/h festgestellt werden.** Die Detektionsgrenze war mit der Kamera mit 38mm Objektiv etwas besser (11 l CH₄/h) als die mit 23 mm Objektiv. Geringe Temperaturdifferenzen zwischen austretendem Gas und Hintergrund verringerten die Detektionsgrenze deutlich (von 11 l CH₄/h auf <500 l CH₄/h). **Deshalb ist bei einer Kamera-Begehung auf Biogasanlagen dringend darauf zu achten, dass sämtliche möglichen Leckageorte von verschiedenen Blickwinkeln aus überprüft werden (z.B. Handlungsanweisung des QMaB, www.qmab.de).**
- Lasersysteme finden keine Leckagen, wenn diese nur mit atmosphärischem Hintergrund auftreten, was insbesondere bei Leckagen im Bereich Wand/Dach/Folie der Fall ist. Sind geeignete Reflexionsflächen vorhanden, so detektiert der Laser Methan, wobei das Messsignal bei CH₄-Austritten von unter 100 l CH₄/h nicht mit der Gasaustrittsmenge korrelierte.
- Die Handhabung des Lasersystems war schwierig, da der Laserpointer bei Tag zu schwach war, um die Position des Messstrahles zu lokalisieren. Außerdem war das Anzielen möglicher Leckageorte, die mehr als 5 Meter entfernt waren, sehr schwierig, da der Messstrahl aufgrund kleinster Verschiebungen in der Hand stark schwankte. Ein stärkerer Laserpointer und ein Stativ könnten hier Abhilfe schaffen.
- Die Einordnung der Leckagen mit beiden Systemen in Emissionskategorien ist möglich. Aber insbesondere an den Grenzemissionen (hier 100 und 1000 l CH₄/h) dürfte die Einordnung in der Praxis mit Unsicherheiten behaftet sein. Hier sind Detailuntersuchungen notwendig.
- **Das Lasersystem ist unserer Meinung nur als unterstützendes System geeignet. Basis einer aussagekräftigen Leckage- und Dichtheitsuntersuchung ist eine Kohlenwasserstoffsensitive Kamera, wobei weitere Methoden zur Bewertung des Gasaustrittes hinzuzuziehen sind. Eine entsprechende Handlungsanweisung und Bewertung wurde vom QMaB publiziert.**

6 Danksagung

Die Untersuchungen wurden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziell unterstützt (FKZ: 03KB071D).

7 Literatur

QMaB: Qualitätssicherung bei Methangasleckagen (www.qmab.de)