

Erfahrungen bei der Untersuchung von Biogasanlagen auf Gasdichtheit

Biogas, Gasdichtheit, Leckagen, Emissionen, Tragluftdach

Joachim Clemens

Biogasanlagen dienen der Produktion von Methan als regenerative Energiequelle. Biogasproduzierende Anlagen sind ein potenzielles Sicherheitsrisiko und sind deshalb regelmäßig auf Gasdichtheit zu überprüfen. Bei der Untersuchung von 292 biogasführenden Behältern konnten im Mittel je Behälter mehr als eine Leckage detektiert werden. Die häufigsten Leckagen (78) wurden an Tragluftdächern gefunden. Etwa 29 % der untersuchten Tragluftdächern (n=202) wiesen einen höheren Gasaustritt als 3 l CH₄/(m² bar d) auf, dagegen war dies nur für eines von 37 untersuchten Einfoliendächern der Fall. Für die regelmäßige Dichtheitskontrolle empfiehlt sich eine Kombination aus Eigen- und Fremdkontrolle.

Diffuse emissions from biogas plants – practical experience

Biogas plants produce methane as a regenerative energy source. As a consequence they bear a potential safety risk by uncontrolled methane emissions. A statistical analysis of leakage control analysis considering results from 292 fermenter showed more than one leakage per fermenter in average. Double foil membranes on the fermenter were most vulnerable to leakages (78). Additionally, about 29 % of the analysed gas holder membranes (n=202) in double foil systems emitted more than 3 l CH₄/(m² bar d). Only one of 37 single membranes showed emissions higher than 3 l CH₄/(m² bar d). Periodic leakage control is most efficient in a combination of internal routines and external services.

1. Einleitung

Biogasanlagen liefern kontinuierlich regenerative Energie. Die Mehrzahl der Anlagen ist der Landwirtschaft zuzuordnen und produziert aus dem anfallenden Biogas elektrische Energie. Aus sicherheitstechnischen, ökologischen und ökonomischen Gründen ist ungenutztes Biogas, das aus den Anlagen entweicht, unerwünscht.

Das im Biogas enthaltene Methan kann bei unkontrolliertem Entweichen zu Verpuffungen und Explosionen führen. Zudem ist Methan ein 25fach stärkeres Klimagas als CO₂. Und nicht genutztes Methan führt zu Einkommenseinbußen beim Anlagenbetrieb.

2. Motivation zur Gasdichtheitsmessung

Die Motivation von Anlagenbetreibern hat sich im Lauf der Zeit gewandelt. Zu Beginn der Messungen standen im Wesentlichen ökonomische Interessen im Vordergrund. Im Gegensatz zu Anlagen, die ausschließlich Bioabfälle verwerten und den Anlagenbetrieb auch durch Verwertungsgebühren finanzieren, sind derzeit die meisten landwirtschaftlichen Anlagen darauf angewiesen, die Substrate zur Vergärung selbst zu produzieren oder einzukaufen. Als alleinige Erlösquelle dient der Verkauf von Energie bzw. Methan. Somit achten landwirtschaftliche Betriebe verstärkt darauf, möglichst viel Biogas aus Substraten zu produzieren. Eine Leckage von 1 m³ Biogas je Stunde bedeutet einen Verlust von etwa 3500,-€ pro Jahr (Annahme: 50% des Biogas liegt in Form von CH₄ vor, Wirkungsgrad des BHKW: 40%, Einspeisetarif: 0,2 €/kWh).

In letzter Zeit werden verstärkt Messungen vor dem Hintergrund des Arbeitsschutzes durchgeführt. Grundlagen hierfür sind beispielsweise die Betriebssicherheitsverordnung [1], in der regelmäßige Gasdichtheits-

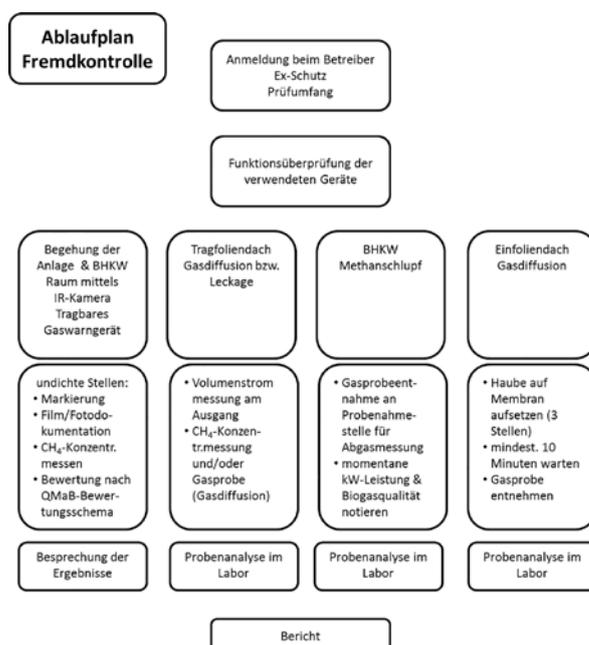


Bild 1. Ablauf einer Untersuchung auf Gasdichtheit.

untersuchungen gefordert werden, oder die Untersuchung der Gasdichtheit im Rahmen von §29 BImSchG-Gutachten [2]. Einzelne Bundesländer fordern auch bei neu genehmigten Anlagen eine Untersuchung auf Leckagen während des regelmäßigen Betriebes (z. B. Sachsen).

Eine weitere Motivation zur Durchführung einer Gasdichtheitsmessung ist die Überprüfung im Rahmen der Übergabe von Gewerken oder der Gewährleistung. Hier spielt auch die Überprüfung der Gasdichtheit durch die Gasspeicherfolie eine Rolle. Der einzuhaltende Grenzwert liegt bei $1 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \text{ bar d})$ [3].

3. Methoden zur Gasdichtheitsmessung

Es gibt eine Vielzahl von Methoden zur Gasdichtheitsmessung. Während Methoden wie z. B. die Druckprüfung oder der Einsatz von schaubildenden Mitteln langjährig etablierte Methoden sind, sind in den letzten Jahren weitere Methoden wie der Einsatz von methansensitiven Lasern oder die Leckageortung mittels Kohlenwasserstoffsensitiver Infrarotkamera eingeführt worden. Biogasanlagen sind für die Dichtheitsprüfung eine Herausforderung: Der Betriebsüberdruck in dem System liegt nur bei einigen hPa, z. B. reagieren einige Überdrucksicherungen bereits bei 4 hPa Überdruck. Gasdichtheitsüberprüfungen in einem solchen System im Betrieb durchzuführen ist auch deshalb schwierig, da ständig neues Gas im System durch mikrobielle Aktivität gebildet wird.

Der Einsatz von schaubildenden Mitteln für die Dichtheitsuntersuchung ist an Biogasanlagen nur schwer zu realisieren, da die Zugänglichkeit aller möglichen Leckageorte nicht gegeben ist. Zudem bedeutet der Einsatz von schaubildenden Mitteln immer, dass der Prüfer in nächster Nähe zur Gasaustrittsstelle sein muss, um eine Blasenentwicklung zu detektieren. Daraus resultiert neben einem erhöhten Aufwand im Bereich Arbeitsschutz (sicherheitstechnische Ausrüstung und Personal bei Aufstiegshilfen, Risiken bei dem Prüfen von Anlagenteilen, die nicht sicher mit der Steighilfe erreicht werden können) ein hoher Zeitfaktor.

Als durchführbare und sichere Methode zur Gasdichtheitsuntersuchung hat sich eine Kombination aus kohlenwasserstoffsensitiver IR-Kamera und Gasmessgeräten herausgestellt (**Bild 1**).

Zur Bestimmung der Gasdichtheit (nicht Löcher) von Gasspeicherfolien werden zusätzlich sensible Gasmessgeräte oder Verfahren benötigt, die Konzentrationen unter $100 \text{ ppm}_v \text{ CH}_4$ analysieren können. Details zur Analyseverfahren und auch eine Fehlerbetrachtung sind bei [4] beschrieben. Da der messtechnische Aufwand relativ groß ist, werden die Untersuchungen i. d. R. von Dienstleistern durchgeführt.

4. Ergebnisse

Die folgenden Ergebnisse basieren auf einer Detailauswertung von 292 Behältern von Biogasanlagen

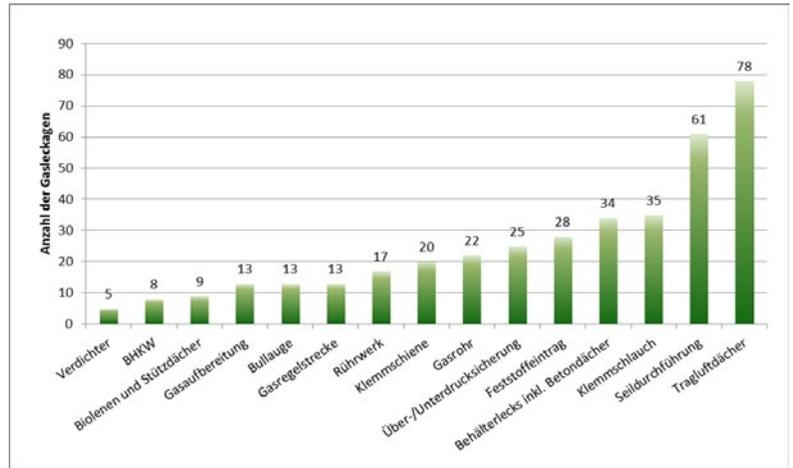


Bild 2. Anzahl und Ort der gefundenen Leckagen.

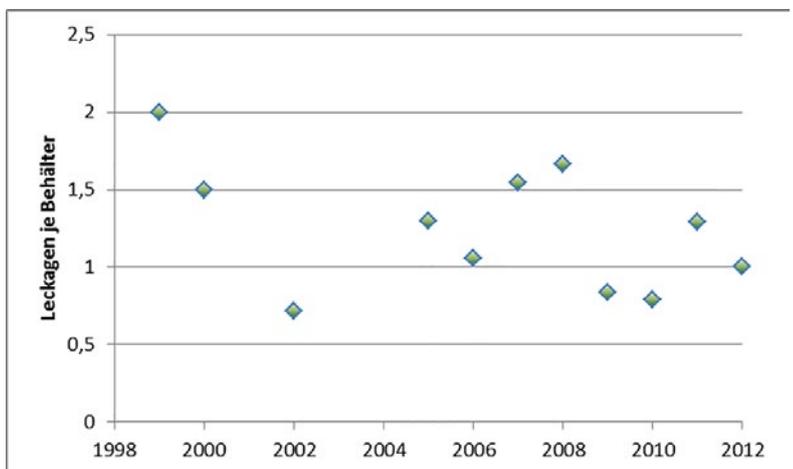


Bild 3. Leckagen pro Behälter in Abhängigkeit vom Baujahr.

sowie den dazugehörigen Gasverwertungseinheiten im Wesentlichen BHKWs.

Die häufigsten Leckagen traten im Bereich der Dächer an Tragluftdächern (78), Seildurchführungen (61) an Klemmschläuchen (35) und Behälterleckagen inkl. Betondeckel auf. An 25 Behältern war die Über-/Unterdrucksicherung undicht. Gasrohre und Gasregelstrecke waren in 33 Fällen undicht (**Bild 2**).

Die Anzahl der Leckagen je Behälter korreliert nicht mit dem Betriebsalter oder dem Datum der Fertigstellung der Anlage (**Bild 3**). An Anlagen mit Inbetriebnahme innerhalb der letzten vier Jahre wurde etwa eine Leckage pro Behälter detektiert.

Von 202 untersuchten Tragluftdächern wiesen 127 höhere Emissionen als $1 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \text{ bar d})$ auf (**Bild 4**). Da das Diffusionsverhalten stark temperaturabhängig ist, wurden Dächer erst dann als undicht bezeichnet, wenn bei der unmittelbaren Prüfung Werte $> 3 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \text{ bar d})$ ermittelt wurden. Diesen Grenzwert überschritten 42 Dächer bzw. 29% der untersuchten Dächer. Dieser Grenzwert bedeutet zwar keinen signifikanten ökonomischen Verlust, er kann aber unter sicherheitstechnischen Punkten relevant sein. Bei Überschreitung des

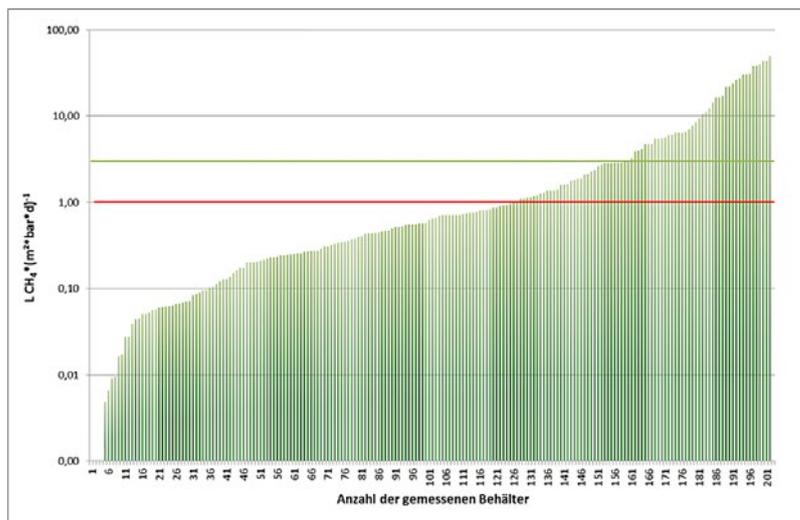


Bild 4. Emissionen am Tragluftdach (roter Strich: Grenzwert nach TI4, grüner Strich: Sicherheitsfaktor: $3 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \text{ bar d})$).

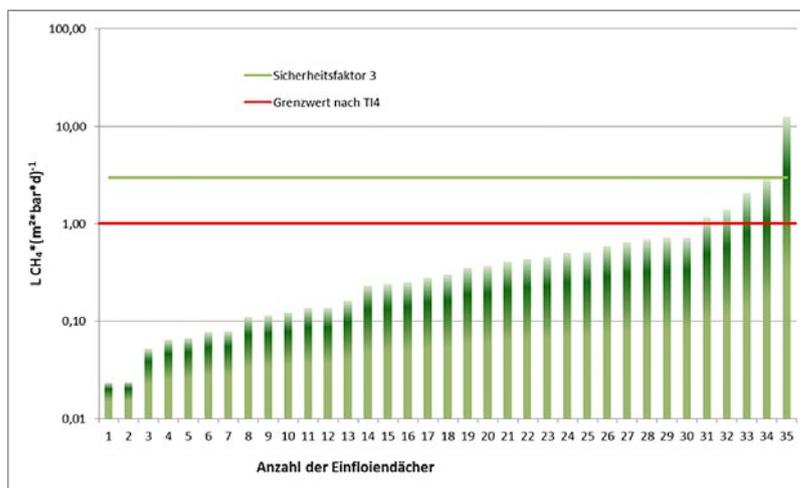


Bild 5. Diffusion durch Einfoliendächer (roter Strich: Grenzwert nach TI4, grüner Strich: Sicherheitsfaktor: $3 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \text{ bar d})$).

Grenzwertes ist es nicht möglich zu erkennen, ob es sich um eine erhöhte Gasdiffusion oder aber um eine Leckage handelt. Bei Werten $> 10 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \text{ bar d})$ ist aber davon auszugehen, dass eine Leckage vorliegt.

Von 27 untersuchten Einfoliendächern zeigten nur 3 Folien höhere Werte als $1 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \text{ bar d})$ (**Bild 5**). Da das Diffusionsverhalten stark temperaturabhängig ist,

Autor



Priv. Doz. Dr. **Joachim Clemens**
bonalytic GmbH
Troisdorf |
Tel. +49 2241 9715 3501 |
E-Mail: joachim.clemens@bonalytic.de

wurden Folien erst dann als undicht bezeichnet, wenn bei der unmittelbaren Prüfung Werte $> 3 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \text{ bar d})$ ermittelt wurden. Diesen Grenzwert überschreitet nur ein Einfoliendach. Die Einfoliendächer scheinen relativ undurchlässig zu sein. Leckagen treten in Form von Löchern und Rissen auf, die aber nicht in die Diffusionsbetrachtung eingingen.

Ein Teil der detektierten Undichtheiten hätte bei einer regelmäßigen Begehung der Anlagenbetreiber selbst finden können. Dies gilt insbesondere für die Leckagen, die an ohne Aufstiegshilfen erreichbaren Anlagenkomponenten auftraten, z.B. viele Über/Unterdrucksicherungen.

5. Schlussfolgerung

Biogasanlagen sind gegenüber Undichtheiten anfällig, da diverse bewegliche Anlagenkomponenten zum gasdichten Raum gehören, die sich bewegen und Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, z.B. Foliendächer und Seilzüge von Rührwerken. Deshalb ist eine regelmäßige Prüfung der Anlagen auf Gasdichtheit notwendig. In der Betriebssicherheitsverordnung ist dies einerseits festgehalten, andererseits ist die Überprüfung auch aus ökonomischer Sicht sinnvoll.

Eine Kombination aus Eigen- und Fremdkontrolle ist sinnvoll: Leicht zugängliche und anfällige Anlagenkomponenten wie Über/Unterdrucksicherungen und Seilzüge sind vom Betreiber zu überprüfen. Eine Gesamtkontrolle der Anlage ist i.d.R. für einen Anlagenbetreiber nicht technisch durchführbar, so dass hier auf externe Dienstleister zurückgegriffen werden kann.

Leckagestellen sind möglichst transparent und nachvollziehbar zu bewerten. Dabei spielen sicherheitstechnische, ökologische und ökonomische Aspekte eine Rolle. Der Arbeitskreis Qualitätssicherung Methanemissionsmessung an Biogasanlagen (QMaB) hat hierfür eine Bewertungsmatrix erstellt, die von diversen Dienstleistern bereits angewandt wird [4].

Literatur

- [1] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV). 2002
- [2] AISV: LAI - Arbeitshilfe für sicherheitstechnische Prüfungen an Biogasanlagen, insbesondere für Prüfungen nach § 29a BImSchG. Hrsg. LAI-Ausschuss Anlagenbezogener Immissionsschutz / Störfallvorsorge (AISV), 2013
- [3] Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft: Technische Information 4 Sicherheitsregeln für Biogasanlagen. Hrsg. Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften, 2008
- [4] QMaB: IR-Gasvisualisierung als Mittel zur Steigerung des sicheren und umweltkonformen Betriebs von Biogasanlagen. (Stand 20.1.2014). www.qmab.de