

# Geruchsimmission einer landwirtschaftlichen Biogasanlage mit Tierhaltung

Margret Keck, Sabine Schrade, Markus Keller, Matthias Frei und Beat Steiner

Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Auskünfte: Margret Keck, E-Mail: margret.keck@agroscope.admin.ch



Geruchsfahnenbegehung mit sechs Testpersonen bei einem Betrieb mit Tierhaltung und Biogasanlage. (Foto: Margret Keck, Agroscope)

## Einleitung

Die Anzahl der landwirtschaftlichen Biogasanlagen in der Schweiz ist seit dem Jahr 2000 von rund 68 auf über 98 Anlagen gestiegen (Kaufmann 2015). Eine systematische Befragung bei 38 Anlagenbetreibern zeigte eine grosse Heterogenität sowohl bei der Anlagen- und Verfahrenstechnik als auch bei den Substraten. Nahezu alle Betriebe hatten zusätzlich zur Biogasanlage auch Tierhaltung (Mager *et al.* 2011). Zu den Flächenquellen im Bereich der Biogasanlage zählen Substrat- und Gärrestlager. Aus dem Bereich der Tierhaltung kommen als Geruchsquellen Stall- und Laufhofflächen sowie Futter-

und Hofdüngerlager hinzu. Biogasanlagen in der Nähe von Wohngebieten können bei Anwohnern zu Beschwerden über Gerüche führen (Liebich 2009; Beck 2009). Dies unterstreicht den Bedarf nach einer fundierten Datengrundlage für die Planung und den Betrieb von landwirtschaftlichen Biogasanlagen.

Ubeda *et al.* (2010) führten in Belgien bei einem Milchviehbetrieb mit Biogasanlage Geruchserhebungen durch. Die Geruchsemissionsrate der verschiedenen Flächenquellen wurde mit dynamischer Olfaktometrie ermittelt. Vor allem Gülle und Festmist ergaben eine höhere Geruchsemissionsrate im Vergleich zu den Flächenquellen des Milchviehstalles, der Gärgülle und der Maissilage. Die Reichweite der Geruchsfahne, ermittelt mit Zick-Zack-Begehungen entlang der Fahnenachse, wie auch die Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung betragen über 400 m. Nicolas *et al.* (2013) ermittelten mit Fahnenbegehungen und Rückwärtsmodellierung die Geruchsemissionsrate von drei Betrieben mit Biogasanlagen in Belgien, Luxemburg und Deutschland. Die maximale Distanz mit Geruchswahrnehmung an acht Erhebungstagen betrug zwischen 300 und 600 m. In der Schweiz fehlen bisher wissenschaftlich gesicherte Daten, die als Grundlage für die Empfehlung von Mindestabständen zwischen Tierhaltungsanlagen mit Biogas und bewohnten Zonen (LRV 2010, Anh. 2, Ziff. 512) dienen können.

Im Folgenden werden Erhebungen von Geruchsimmissionen bei einem Milchviehbetrieb mit einer Biogasanlage vorgestellt und daraus Empfehlungen zur Geruchsminderung abgeleitet. Die Studie ist Teil einer Untersuchung bei acht Betrieben mit dem Ziel, Grundlagen für Mindestabstände zu bewohnten Zonen zu erarbeiten.

## Beschreibung des Betriebs

Die Untersuchungen wurden 2012 an drei Tagen während des Sommers und der Übergangszeit auf einem

Betrieb mit Milchvieh und Biogasanlage durchgeführt. Die Kühe waren in einem frei belüfteten Laufstall mit Liegeboxen und Laufhof untergebracht. Die Biogasanlage wurde zweistufig mit einem Hauptfermenter und Nachgärer betrieben. Als Substrate kamen zusätzlich zu Gülle und Festmist vor allem Rüstabfälle von Gemüse und Obst zum Einsatz. An allen Erhebungstagen dominierte, wie in Abbildung 1 ersichtlich, die emittierende Fläche der Tierhaltung mit 88–92 % im Vergleich zum Festmistlager (1–4 %) und zum Substratlager (5–8 %).

### Erhebungen

Ziel der Fahnenbegehungen war es, die Geruchsimmission des gesamten Betriebs mit den Flächenquellen im Bereich der Tierhaltung, des Hofdünger- und Substratlagers zu erfassen. Während den Begehungen durften keine kurzzeitigen speziellen Aktivitäten wie Futtervorlage, Entmistung, Anlieferung von Substraten, Feststoffeintrag oder Güllerühren bei nicht abgedecktem Lager erfolgen. An jedem Termin wurde jeweils ein Block mit Begehungen am Nachmittag und am Abend durchgeführt.

Die Testpersonen kamen gemäss den Anforderungen der EN 13725 (2003) auch am Olfaktometer TO8 (ECOMA, Honigsee, G) zum Einsatz und wurden mit dem Standardgeruchsstoff n-Butanol geprüft. Vor jedem Erhebungsblock wurden den Testpersonen verschiedene Geruchsproben vorgelegt und die Geruchsarten und

**Zusammenfassung**

Landwirtschaftliche Biogasanlagen in der Schweiz sind auf Betrieben in der Regel mit Tierhaltung kombiniert. Stehen sie in der Nähe von Wohngebieten, so können sie zu Geruchsklagen von Anwohnern führen. Zu den emittierenden Flächenquellen zählen Stall- und Auslaufflächen, Futter- und Hofdüngerlager sowie Substrat- und Gärrestlager. In diesem Beitrag werden Geruchserhebungen bei einem Milchviehbetrieb mit Biogasanlage an drei Tagen während der Sommer- und Übergangszeit vorgestellt. Sechs Testpersonen registrierten in verschiedenen Distanzen zum Betrieb ihre Geruchswahrnehmung. Die Testpersonen ermittelten an den Positionen nahe zum Betrieb hohe Zeitanteile mit Geruch und mit hohen Geruchsintensitäten. Es zeigte sich, in welchen Distanzen zum Betrieb sowohl eine Abnahme der Zeitanteile mit Geruch als auch eine Abnahme der hohen Intensitätsstufen erkennbar ist. Häufig wurde in der Geruchsfahne Mischgeruch wahrgenommen. Wenn Biogas austrat, war die Geruchsimmission erhöht. Biogasgeruch wurde von den Testpersonen als eindeutig unangenehm eingestuft. Der Austritt von Biogas bei Biogasanlagen ist mit einem genügend grossen Speichervolumen, der Prozessoptimierung und einer regelmässigen Wartung zu vermeiden. Für neue Biogasanlagen ist grosse Sorgfalt bei der Standortwahl geboten.

Futter, Mischration: 30 m<sup>2</sup>



Liegeboxen: 160 m<sup>2</sup>; Laufhof: 282 m<sup>2</sup>



Laufflächen: 220 m<sup>2</sup>



Anteil an der emittierenden Gesamtfläche von ca. 800 m<sup>2</sup>:

Tierhaltung 88–92 %

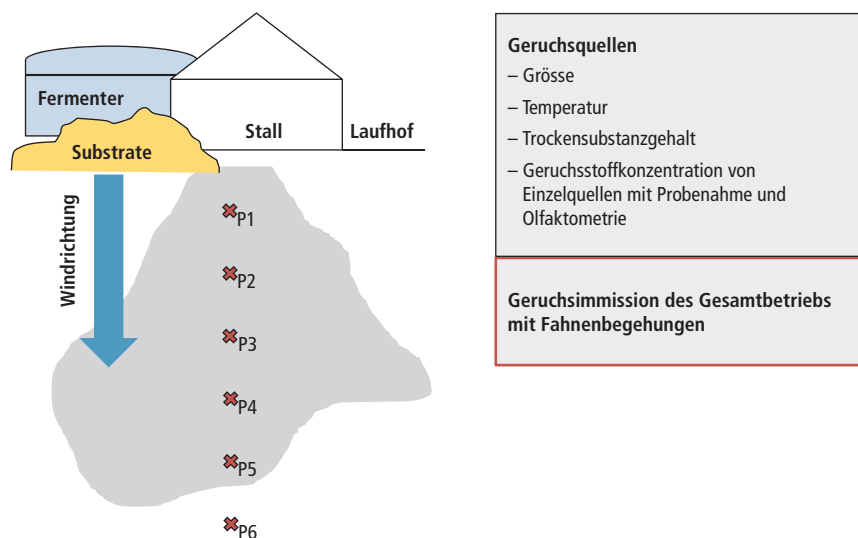
Festmistlager 1–4 %

Substratlager 5–8 %

Festmist: 30 m<sup>2</sup>; Sickersaft: 20 m<sup>2</sup>

Rüstabfälle, Gemüse und Obst: 30 m<sup>2</sup>

**Abb. 1** | Übersicht zu den verschiedenen Geruchsquellen und deren Anteil an der emittierenden Gesamtfläche auf dem Praxisbetrieb.



**Abb. 2 |** Geruchsfahnenbegehungen in der jeweils vorherrschenden Fahnenachse mit sechs Testpersonen P1–P6.

-intensitäten abgeglichen. Weiter diente eine Abstimmungsrunde, in welcher alle Testpersonen an derselben Position platziert waren, zum Abgleich der Geruchssintensitäten und als Test der synchronen Reaktion.

Die Geruchsfahne wurde jeweils im Lee der Quelle mit Windfahnen oder Rauchproben lokalisiert (Abb. 2). Sechs Testpersonen waren in Richtung der aktuell vorherrschenden Fahnenachse hintereinander positioniert. Um das Abklingverhalten entlang der Geruchsfahnen aufnehmen zu können, sollte ein deutlicher Gradient der Geruchshäufigkeit und -intensität zu den vorderen Positionen bestehen. Der Abstand zwischen den Testpersonen und der Abstand der ersten Person zum Betrieb wurden somit je nach Wind- und Quellstärke festgelegt. Eine Begehungsrunde dauerte zehn Minuten. Die Testpersonen registrierten mit Handheld-PCs für jedes 10-Sekunden-Intervall ihre Geruchswahrnehmung als Intensität. Die Dokumentation der Geruchsin-

tenazität erfolgte in sieben Stufen von 0 (nicht wahrnehmbar) bis 6 (extrem stark), angelehnt an die VDI-Richtlinie 3940 (VDI 2010a). Im Anschluss an jede Begehungsrunde notierten die Testpersonen Kommentare zu ihrer Position, zur Geruchsqualität und -art.

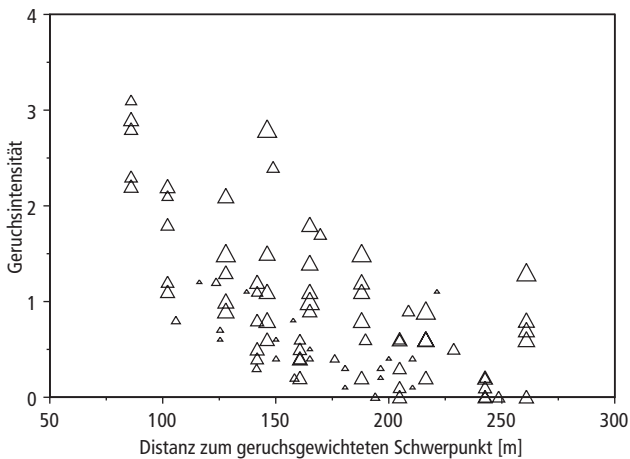
Während der Fahnenbegehungen wurden mit einer mobilen Wetterstation Windgeschwindigkeit, -richtung, Globalstrahlung, Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit erfasst.

### Ergebnisse der Fahnenbegehungen

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Verteilung der insgesamt 22 Einzelmessungen an drei Erhebungsterminen zu jeweils zwei Tageszeiten. Die Lufttemperatur variierte zwischen 12 und 20 °C in einem engen Bereich. Die Windgeschwindigkeit war jeweils in den Abendstunden niedriger als nachmittags. In einzelnen Begehungsunden am Abend stimmte die Windrichtung, gemessen in

**Tab. 1 |** Angaben zu den Geruchsfahnenbegehungen: Anzahl der Begehungsunden [n] mit einer Dauer von zehn Minuten; Minima und Maxima von Lufttemperatur [°C], Windgeschwindigkeit [m/s] und Windrichtung.

Erhebungstermin; Tageszeit	Anzahl der Begehungsunden [n]	Temperatur [°C]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung
1.; Nachmittag	2	12–14	1,5–2,4	West, Süd
1.; Abend	5	12–14	0,4–1,4	Ost, Südost
2.; Nachmittag	4	19–20	3,8–5,2	Südwest, West
2.; Abend	4	19–20	0,7–3,1	Nordwest, West
3.; Nachmittag	5	14–15	2,1–3,3	Nordwest, West
3.; Abend	2	15	0,8–0,9	Süd



**Abb. 3 |** Mittlere Geruchsintensität der einzelnen Testpersonen pro Begehungsrunde in Abhängigkeit von der Distanz zum geruchsgewichteten Schwerpunkt [m]. Das Symbol variiert in der Grösse mit der Windgeschwindigkeit in einem Bereich von 0,7 m/s bis 4,0 m/s.

10 m Höhe, nicht mit der lokalen bodennahen Strömung überein.

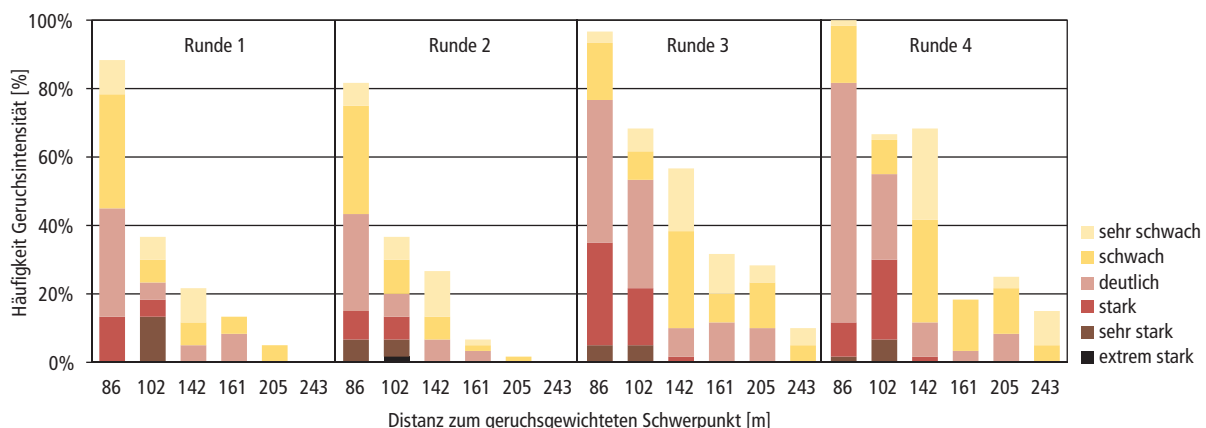
Über alle Begehungsrunden hinweg ist das Abklingverhalten der mittleren Geruchsintensität mit zunehmender Distanz zum Betrieb deutlich sichtbar (Abb. 3). Die Geruchsfahne wurde meist als Mischgeruch wahrgenommen. Hohe mittlere Geruchsintensitäten traten vor allem in den ersten 200 m auf. Die gesamte Reichweite der Geruchsfahnen konnte aufgrund der lokalen Situation nicht bei allen Begehungsrunden erfasst werden, da es teils nicht möglich war, die hintere Testperson ausserhalb der Fahnen zu positionieren (hohe Vegetation, Strassen etc.). Weil es sich bei den dargestellten Werten um Mittelwerte über zehn Minuten handelt, kamen zum

Teil als Einzelwerte auch deutlich höhere Intensitäten vor. Bei Mittelwerten mit hohen Intensitäten war somit die Geruchswahrnehmung über den Begehungszeitraum anhaltend hoch.

Abbildung 4 zeigt als Beispiel die Verteilung der Geruchsintensitäten der sechs Testpersonen während vier Begehungsrunden am Nachmittag eines Erhebungstages. Die Werte wurden jeweils über zehn Minuten aggregiert. Die Distanz der sechs Testpersonen vom geruchsgewichteten Schwerpunkt betrug bei der vorderen Testperson 86 m, bei der letzten Testperson 243 m. Die vordere Testperson nahm während 80–100 % der Erhebungsintervalle Geruch wahr. Mit zunehmender Distanz resultierte eine deutliche Abnahme des Zeitanteils mit Geruch wie auch der hohen Geruchsintensitäten. Ein deutlicher Effekt der Distanz auf die Geruchswahrnehmung ergab sich auch in den Erhebungen mit Haltungssystemen für Schweine (Keck *et al.* 2005). Abbildung 3 zeigt auch den Effekt der Windgeschwindigkeit auf. Bei höherer Windgeschwindigkeit war zum einen die Reichweite des Geruchs grösser und zum anderen die Geruchsintensität höher. Ein Effekt der Windgeschwindigkeit auf die Geruchsimmission ergab sich auch bei Fahnenbegehungen in der Schweinehaltung mit Auslauf (Keck *et al.* 2005).

### Biogasgeruch

Während der Fahnenbegehungen notierten die Testpersonen auf diesem Betrieb an allen drei Erhebungstagen und zu beiden Tageszeiten Biogasgeruch. Die Testpersonen konnten zeitweise auch andere Anlagengerüche wie Tierhaltung, Gülle oder Motorenabgas identifizieren. Biogasgeruch wurde von allen Testpersonen als eindeutig unangenehm eingestuft. Zur Bewertung der hedoni-



**Abb. 4 |** Verteilung der Geruchsintensitäten 1–6 (1 = sehr schwach, 6 = extrem stark), aggregiert über jeweils zehn Minuten; Testpersonen in sechs verschiedenen Distanzen zum geruchsgewichteten Schwerpunkt während vier Begehungsrunden.



schen Geruchswirkung (d.h. wie unangenehm der Geruch erscheint) wurde die Methode des Polaritätenprofils aus der VDI-Richtlinie 3940 (2010b) herangezogen.

Verschiedene Flächenquellen aus der Tierhaltung, des Substratlagers und des Gärrests (Keck *et al.* 2014) erreichten nicht annähernd ein derart hohes Niveau der Geruchsstoffkonzentration wie Biogasgeruch. Die Geruchsstoffkonzentration von Biogasproben in eigenen Erhebungen auf anderen Betrieben variierte zwischen 28 000 und 250 000 Geruchseinheiten (GE) pro m<sup>3</sup>. Sowohl Brun und Völlmecke (2008) wie auch Liebich (2004) zeigen übereinstimmend die grosse Relevanz von Biogasgeruch mit Geruchsstoffkonzentrationen von 270 000 bzw. 500 000 GE/m<sup>3</sup> auf. Biogasaustritt über Leckagen kann zu erheblichen Geruchsbelästigungen führen. Nach Eindrücken während der Erhebungen auf Praxisbetrieben und basierend auf der Literatur sind häufige Quellen für Biogasaustritt Leckagen, Membran und Tragluft, Überdruckventil, Sichtfenster, Rührwerksöffnungen etc. (u. a. Bayerisches Landesamt für Umwelt 2007 und 2011; Beck 2009; Sax *et al.* 2013; Weber *et al.* 2006).

#### Literatur

- Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2011. Immissionsschutz, Kapitel 2.2.2. *In: Biogashandbuch Bayern – Materialienband*, Augsburg, 34 S.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2007. Umweltwirkungen, Kapitel 1.6. *In: Biogashandbuch Bayern – Materialienband*, Augsburg, 41 S.
- Beck R., 2009. Geruchsimmissionen im Umfeld von Abfälle verarbeitenden Biogasanlagen. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 13 S.
- Brun M. & Völlmecke S., 2008. Geruchsimmissionsprognose Nr. 13 601 08-1. uppenkamp und partner, Ahaus, 57 S.
- EN 13725, 2003. Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie. Committee for European Normalization (CEN) (Eds.), Brussels, 70 S.
- Kaufmann U., 2015. Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien – Ausgabe 2014. Bundesamt für Energie BFE, Bern, 10 S.
- Keck M., Koutny L., Schmidlin A. & Hilty R., 2005. Geruch von Schweineställen mit Auslauf und freier Lüftung. *Agrarforschung* 12 (2), 84–89.
- Keck M., Keller M., Frei M. & Schrade S., 2014. Odour concentration of agricultural biogas facilities: substrates and biogas. *In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering*, 6.–10.7.2014, Zurich, 6 S.
- LRV, 2010. Luftreinhalte-Verordnung vom 16.12.1985 (Stand am 15.7.2010). SR 814.318.142.1. Schweizerischer Bundesrat, Bern.
- Liebich T., 2009. Minimierung von Konfliktpotential durch Gerüche an Biogasanlagen. TÜV Nord Umweltschutz GmbH & Co. KG, Hannover, 1–10.

## Schlussfolgerungen

Methodisch haben sich die modifizierten Fahnenbegehungen mit Testpersonen in der Fahnenachse bewährt, um das Abklingverhalten von Geruch mit der Distanz zum Betrieb zu ermitteln. Mit diesem Vorgehen konnten die Erhebungen insgesamt auf acht Betrieben mit Tierhaltung und Biogasanlage erfolgen. In Situationen mit Austritt von Biogas war die Geruchsimmission erhöht. Um den Austritt von Biogas zu vermeiden, ist im Bereich des Speichervolumens, bei der Prozessoptimierung und bei der Wartung anzusetzen. Biogasverluste über die Membran oder Leckagen sind durch regelmässige Kontrollen und nötigenfalls Ersatz zu vermeiden.

#### Ausblick

Biogasanlage und Tierhaltung sind als Gesamtanlage zu betrachten. Die Ergebnisse der Geruchsstoffkonzentrationen von Einzelquellen (Keck *et al.* 2014) und der Abklingkurven aus Fahnenbegehungen bei Betrieben mit Tierhaltung und Biogasanlage sind in die Empfehlung Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen zu integrieren. Dies bietet belastbare Entscheidungsgrundlagen und ermöglicht bereits in der Planungsphase eine betriebsspezifische Betrachtung der Gesamtanlage. Grosse Sorgfalt ist bei der Standortwahl für neue Biogasanlagen geboten. ■

- Mager K., Keck M. & Schrade S., 2011. Geruchserhebungen bei Betrieben mit landwirtschaftlichen Biogasanlagen. *In: Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven* (Ed. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. KTBL) Darmstadt, 372–373.
- Nicolas J., Adam G., Ubeda Y. & Romain A.C., 2013. Multi-method monitoring of odor emissions in agricultural biogas facilities. *In: Proceedings of the 5th IWA conference on odours and air emissions*, 4.-7.3.2013, San Francisco, USA, 8 S.
- Sax M., Schick M., Bolli S., Soltermann-Pasca A. & Van Caenegem L., 2013. Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Abschlussbericht, Agroscope Reckenholz-Tänikon, 93 S.
- Ubeda Y., Neyrinck R., Calvet S., López A. & Nicolas J., 2010. Odour evaluation of a dairy farm with anaerobic digestion. *Chemical Engineering Transactions* 23, 255–260.
- VDI 3940, 2010a. Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehung – Ermittlung von Geruchsintensität und hedonischer Geruchswirkung im Feld. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, Blatt 3, 67 S.
- VDI 3940, 2010b. Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung – Polaritätenprofile. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, Blatt 4, 44 S.
- Weber R., Reinhold G. & Georgi B., 2006. Informationen zum Immissionsschutz bei Biogasanlagen. *In: Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie*, Jena, 76, 21 S.

**Riassunto****Immissione di odori di un impianto agricolo per la produzione di biogas con detenzione di animali**

Nelle imprese svizzere, gli impianti agricoli per la produzione di biogas sono in genere abbinati alla detenzione di animali. Se si trovano nelle vicinanze di zone residenziali, è possibile che diano adito a denunce contro gli odori da parte dei residenti. Tra le fonti di emissione al suolo figurano le superfici di stabulazione e di movimento, i magazzini destinati al foraggio e ai concimi aziendali così come i magazzini per il substrato e i residui della fermentazione. Nel presente articolo vengono presentati i rilevamenti degli odori effettuati per tre giorni durante il periodo estivo e nella mezza stagione presso un'impresa con bestiame da latte dotata di un impianto per la produzione di biogas. Le sei persone partecipanti al test hanno registrato la propria percezione degli odori a diverse distanze dall'azienda. Nelle posizioni nei pressi dell'impresa, le persone hanno rilevato notevoli quote di tempo con presenza di odori ed elevate intensità di odori. È emerso a quali distanze dall'azienda è possibile rilevare una riduzione sia degli intervalli di tempo con la presenza di odori sia degli elevati livelli di intensità. Spesso, nella scia di odore si percepiva un odore misto. Quando fuoriusciva biogas, aumentava l'immissione di odori. Tutti i partecipanti al test hanno classificato come chiaramente sgradevole l'odore sprigionato dal biogas. La fuoriuscita di biogas dagli impianti può essere evitata con un volume di stoccaggio sufficientemente grande, con l'ottimizzazione dei processi e con una manutenzione regolare. Nel caso di impianti per la produzione di biogas di nuova costruzione viene scelta con estrema attenzione l'ubicazione.

**Summary****Odour impact of an agricultural biogas facility combined with animal husbandry**

Mostly, agricultural biogas facilities on farms in Switzerland exist in combination with animal husbandry. The proximity of these facilities to residential areas can lead to odour complaints from residents. Animal housing and outdoor exercise areas, feed and farmyard manure stores, as well as substrate and fermentation residue stores all figure among the diffuse emission sources. This paper presents odour investigations conducted on three days during the summer and transition season on a dairy farm with a biogas facility. Six assessors recorded their odour perception at different distances to the farm. At the positions near the farm, the assessors identified a high percentage of time with odour as well as with high odour intensities. The distances from the farm at which assessors were able to recognise a decrease both in the percentage of time with odour and in the high intensity levels were determined. Frequently, a mixture of odours was perceived in the odour plume. In situations with leaking biogas, odour impact was higher. Biogas odour was rated by the assessors as definitely unpleasant. Biogas leakage from facilities must be prevented by a sufficiently large gas storage volume, process optimisation, and regular maintenance. For new biogas facilities, great care in the choice of site must be exercised.

**Key words:** agricultural biogas facility, odour impact, field plume inspection, distance, odour intensity.

**Dank**

Wir danken dem Bundesamt für Energie BFE für die finanzielle Unterstützung dieses Projekts sowie den Praxisbetrieben für die gute Zusammenarbeit.