



 **Ziele:**

- Untersuchungen von Methanemissionen bei landwirtschaftliche Biogasanlagen
- Qualitative Erfassung von Methanemissionen mit Gas-Cam
- Aufzeigen von Minderungsmaßnahmen
- Quantitative Erfassung von Methanemissionen bei Gärresten

Agroscope

Forschungsziele

Identifizierung relevanter Methanverlustquellen bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen entlang der gesamten Biogas - Anlage

Quantifizierung von Methanemissionen bei der Lagerung von Gärresten in Abhängigkeit von:

- Gesamtes Gärrestpotential (Restgaspotential)
- Organische Trockensubstanz (oTS)
- Gärrest- und Umgebungstemperatur
- Luftrate über dem Substrat
- Gärrestbehandlung (insb. Separierung)

Modellierung der Methanemissionen in Abhängigkeit der untersuchten Einflussgrößen

Ableitung von Massnahmen zur Minderung von Methanemissionen entlang der Biogasanlage

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

3

Agroscope

Vorgehensweise Qualitative Erfassung Methanemissionen (Detektion Leckagen)

↓

Untersuchungsziel: Qualitative Erhebung von Methanverlusten aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

↓

Auswahl 12 geeigneter LBGA aus Gesamtstichprobe aufgrund folgender Kriterien:

- **Gasspeicherverfahren** Fermenter / Nachgärer (Einfach- und Doppelmembran, Betonabdeckung)
- **Durchflussverfahren** (mit und ohne Nachgärer)
- **Zusatzkriterien** (Folienbefestigungssystem, Prozesstemperatur, Dimensionierung Anlagenkomponenten)

↓

Systematische Leckagensuche mittels optischen Verfahrens (GasCam®) sowie Konzentrationsmessungen auf Basis IR

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

4

Qualitative Erfassung mit GasCam®



Gasferndetektion mittels Infrarot-Spektroradiometrie

- Visualisierung von Gaswolken auf Basis der spektralen Analyse von Strahlung im IR Spektralbereich, die von den Molekülen einer Gaswolke absorbiert und/oder emittiert wird
- Nachweisgrenze ca. 80 ppm*m abhängig vom Hintergrund und der Temperaturdifferenz zwischen Gas und Hintergrund
- Undichtigkeiten in einer Entfernung von 0 bis 200 Metern detektierbar

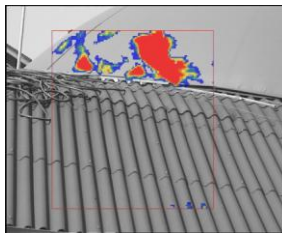
Agroscope

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

5

Detektierte Verlustquellen I

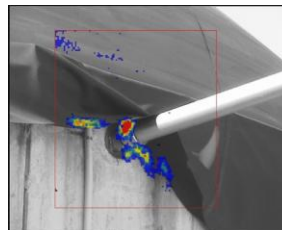
Technisch bedingte Verlustquellen (z.B. Folienrandanschlüsse, Rohrdurchführungen usw.)



Fermenterkrone



Poröse Stelle im Beton bei Bauteilübergängen



Rohrdurchführung in Nachgärer



mangelhafte Rohrdurchführung

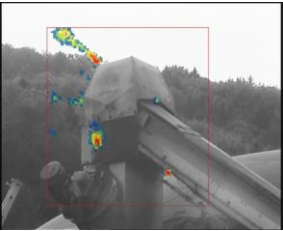
Agroscope

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

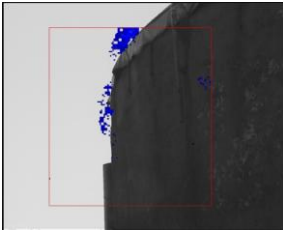
6

+ Detektierte Verlustquellen II

Technisch bedingte Verlustquellen
z.B. Leckagen bei Lagern von drehenden Wellen)

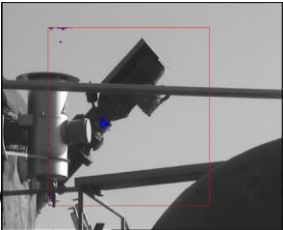


Feststoffbeschickung




offener Fermenterüberlauf

Betriebs – und Wartungsbedingte Verlustquellen
(z.B. Auslösen des Überdruckventil; Vernachlässigte Schmierungen usw.)



Rührwerk nach dem Abfetten




Rührwerk vor dem Abfetten

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

+ Methanverluste bei Fermentern (I)


Beschickung (Quelle: Hafermann et. al; THG bei Biogaserzeugung, 2009):

- 0-375 mg CH₄/kWh_{elektrisch} (ohne Anmischen mit Gärrest)
- 17-1700 mg CH₄/kWh_{elektrisch} (Anmischen mit Substrat aus Fermenter oder Fermenter)



Bildquelle: ART Tänikon

Feststoffeintrag über Stopfschnecke in Fermenter



Bildquelle: ART Tänikon

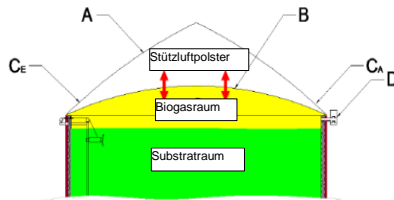
Stopfschnecke im Fermenterinnern

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

☝ Methanemissionen bei Fermentern (II)

Foliendächer (Quelle: Hafermann et. al; THG bei Biogaserzeugung, 2009):

- 0-66 mg CH₄/kWh_{elektrisch} (Befestigung der Folie auf der Fermenterkrone)
- 9-35 mg CH₄/kWh_{elektrisch} (Tragluftdach mit Stützbelüftung)



Bildquelle: ART Tänikon

undichter Anschluss von Klemmschiene auf Fermenterkrone

Legende:

A: Wetterschutzhaube, B: Biogasspeichermembran, C_E: Stützluftgebläse / Tragluftgebläse (Eintritt) und C_A (Austritt), D: Über- / Unterdruck-sicherung des Biogasraumes (Quelle: Merkblatt zur Gasdichtheit von Biogastragluftthauben im Normalbetrieb, SVKBiogas, 2011)

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

9

Agroscope

☝ Fermenterabdeckungen

Fermenter mit Einfachmembran



Bildquelle: ART Tänikon



Ca. 10 cm langer Riss in Einfachmembran

Bildquelle: ART Tänikon

Flachdach in Beton, Gaslager extern



Bildquelle: ART Tänikon

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

10

Agroscope

Agroscope

Zusammenfassung Ergebnisse GasCam®


- **Anlagebedingte Methanverluste**
Sehr unterschiedlich von Anlage zu Anlage
Vermeidbar durch sorgfältige Planung und Ausführung
- **Verluste bei:** Folienrand / Fermenterkrone
Rohrdurchführungen in Fermenter / Nachgärer
Rührwerk- und Rührwerkverstellungen
Sichtfenster
- **Betriebsbedingte Methanverluste**
Sind auf allen Betrieben vorhanden und nicht vollständig zu vermeiden
- **Verluste bei:** Überdruckventil
Vorgrube
Gärreste (flüssig und fest)

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART


11

Agroscope

Gärreste



Gärrestlager offen (z. B. ohne Separation oder flüssiger Teil nach Separation)



**Gärrestlager gedeckt:
Feststoffe nach Separation**

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

12

Gärreste: Emissionspotential-Literatur

- Methanemissionen sind im Wesentlichen abhängig vom Anteil an unvergorenem oder teilweise abgebautem Material im Gärsubstrat aus dem Fermenter. (Reitberger 2002)
- Je geringer der Methan-Abbaugrad des Gärsubstrates aus dem Fermentationsprozess ist, desto mehr organische Substanz bleibt im Gärsubstrat enthalten => erhöht das Methan-Emissionspotential der Gärreste (Hafermann et al. 2002, Reitberger 2002).
- i.d.R. weisen vergorene Substrate geringere Gehalte an leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen auf als unvergorene Gülle => Methanemissionen werden während der Lagerung reduziert (Wulf et al 2003)
- Lagertemperatur und Lagerdauer haben einen wesentlichen Einfluss auf das Methans-Emissionspotential (Reitberger 2002)

Agroscope

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

13

Emission vs. Potential

Restgasemissionen
(Messungen auf Praxisbetrieben)



Restgaspotential
(Hohenheimer Biogas Test)

Unter den konkreten Bedingungen in der Praxis entstehende Gasbildung
reduzierbar durch:
-Temperaturabsenkung
-Verweilzeitverlängerung

in Praxis zu messen



Maximal mögliche Gasbildung unter optimalen Bedingungen
-Temperatur
- lange Verweilzeit
-Optimale Biologie
(Bakterienzusammensetzung)

im Labor bestimmbar


Agroscope

Quelle: Reinhold und Goedeke, 2011


Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

14

Einflussgrößen CH₄ Konzentration



Temperatur Sensoren



Wetter Station

Temperatur in der Probe


Temperatur aussen

Einflussgrößen CH₄ - Konzentration


TS (Trockensubstanz)

oTS (organische Trockensubstanz)

Trocknungsöfen
ca. 150°C



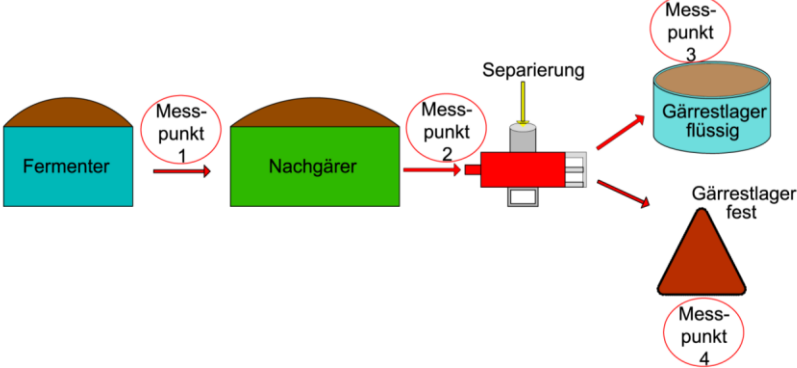
Muffelöfen
ca. 550°C



Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Vorgehensweise Quantitative Erfassung

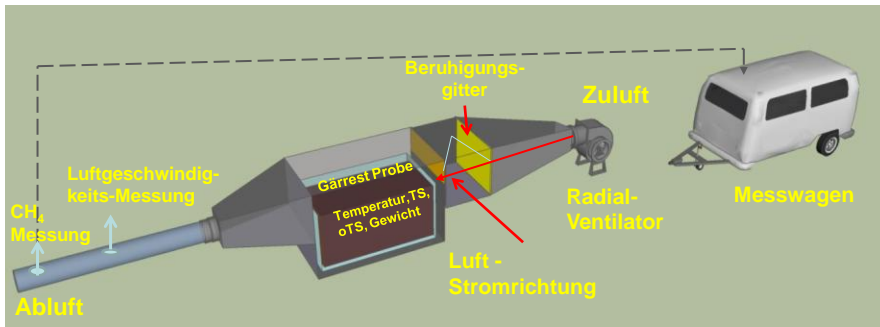
- Messungen auf 3 BGA auf Stufe Fermenter, Nachgärer, Separierung in feste & flüssige Phase
- Probenahme nach jeder Stufe
- Messungen in 4 Jahreszeiten



Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Dynamische Durchflusskammer

Schematische Darstellung:

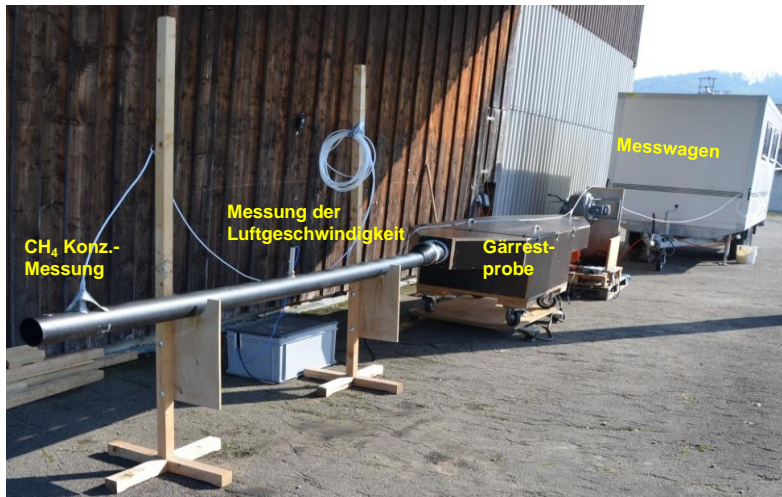


Agroscope

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

17

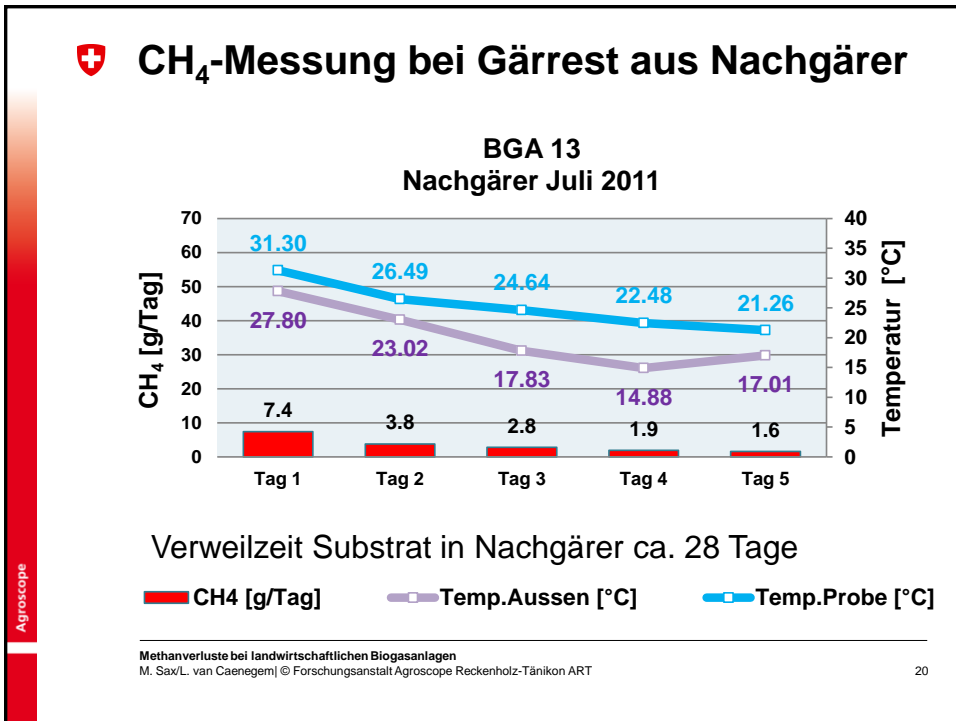
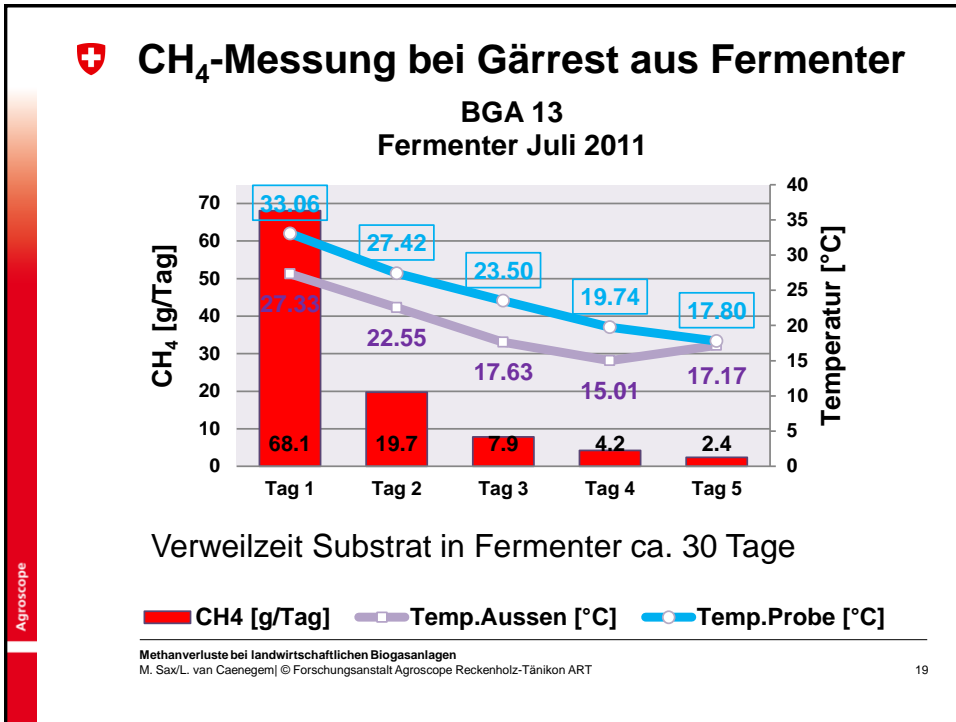
Messanlage

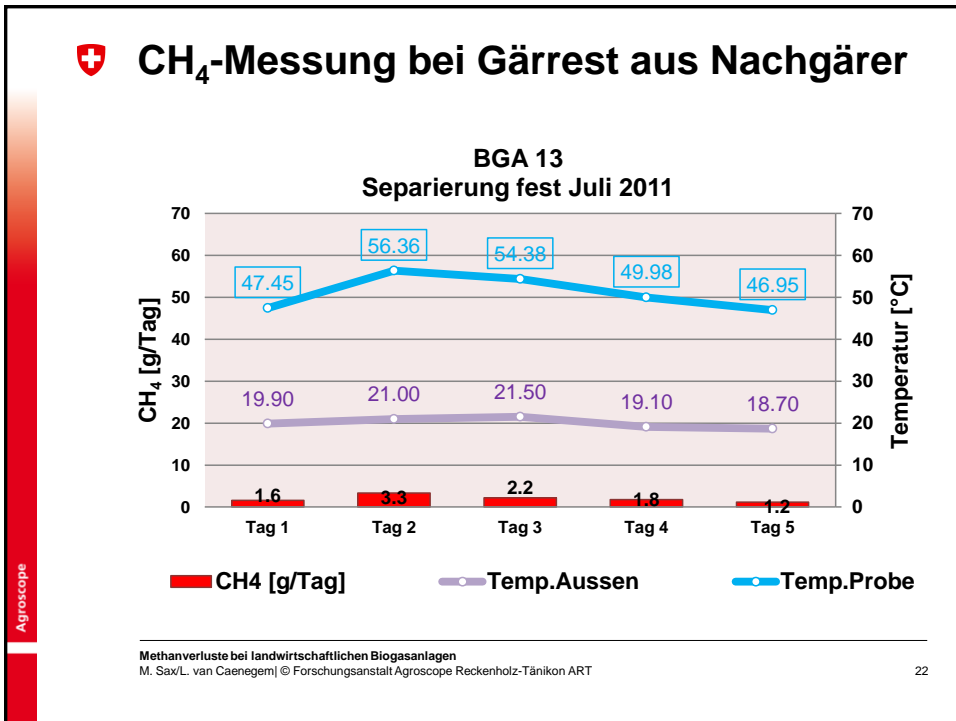
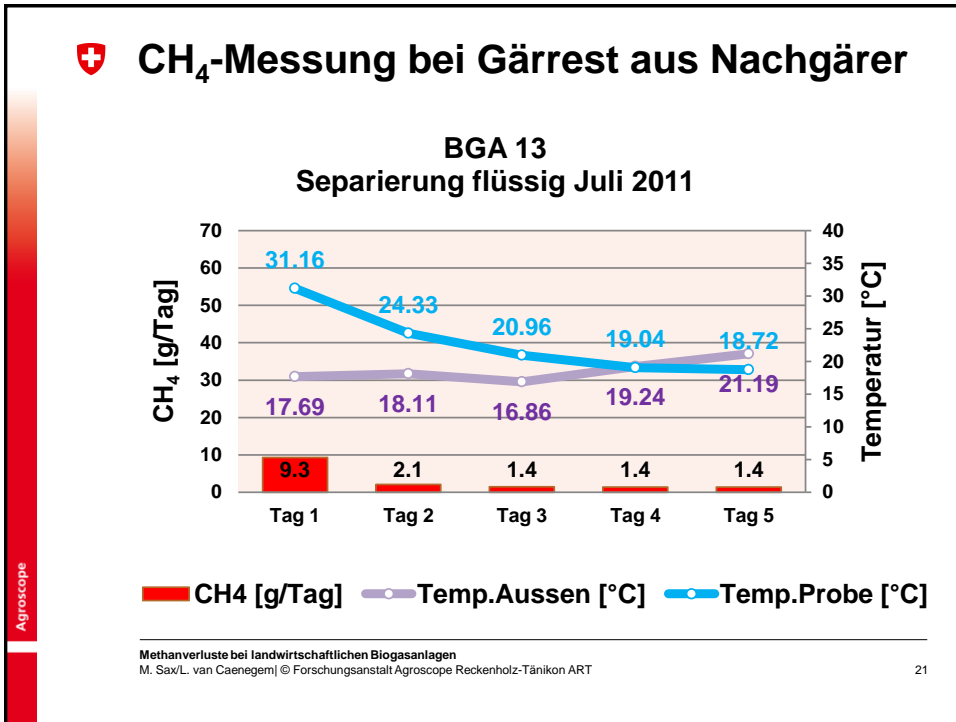


Agroscope

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

18





Messungen Werte-Tag 1

Fermenter - Tag Messung 1			
BGA Nr.	CH ₄ [g/Tag]	Temp. Aussen Anfang [°C]	Temp. Probe Anfang [°C]
BGA 21	28.46	18.71	33.34
BGA 13	66.07	27.33	33.06
BGA 5	71.87	20.25	35.96

Nachgärer - Tag Messung 1			
BGA Nr.	CH ₄ [g/Tag]	Temp. Aussen Anfang [°C]	Temp. Probe Anfang [°C]
BGA 21	46.15	22.10	23.34
BGA 13	7.40	27.80	31.30
BGA 5	3.86	23.70	26.82

Separiert flüssig - Tag Messung 1			
BGA Nr.	CH ₄ [g/Tag]	Temp. Aussen Anfang [°C]	Temp. Probe Anfang [°C]
BGA 21	44.69	12.85	24.17
BGA 13	9.30	17.69	31.16
BGA 5	8.97	17.12	17.00

Separiert fest - Tag Messung 1			
BGA Nr.	CH ₄ [g/Tag]	Temp. Aussen Anfang [°C]	Temp. Probe Anfang [°C]
BGA 21	1.64	22.13	24.17
BGA 13	1.57	19.90	47.45
BGA 5	8.00	26.04	56.35

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

23

Agroscope

Methanemissionen aus Gärrestlagern

Offenes Gärrestlager (flüssig):

- 0.73-3.7 CH₄/kWh [1]
- 19.1 mg CH₄/kWh [2]



Separation:

- 0.023-0.23 g CH₄/kWh (Separator) [1]
- 0 - 0.001 g CH₄/kWh, separierter Feststoff unter dem Separator gelagert [1]

Offenes Gärrestlager (fest)



[1] Hafermann et al., 2009

[2] Bachmaier et al., 2007

[3] Woesch-Galasch et al., 2007

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

24

Agroscope

+ Separierungsanlage



Separator

Lager unter Separator

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
 M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART


25

+ Gärrest CH₄-Emis. Literatur vs. Praxis

Werte aus Literatur:


Offenes Gärrestlager (flüssig)

- 0.73-3.7 g CH₄/kWh_{elektrisch} [1]
- 19.1 mg CH₄/kWh_{elektrisch} [2]



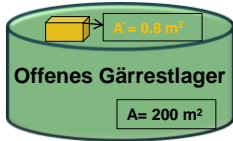
Separator

- 0.023-0.23 g CH₄/kWh_{elektrisch} (Separierungsanlage) [1]
- **0-0.001** g CH₄/kWh_{elektrisch}, separierter Feststoff unter dem Separator gelagert [1]



[1] Hafermann et al., 2009
[2] Bachmaier et al., 2007

Praxisuntersuchung:



BGA 21
BHKW 125 kW

SubstratTyp		Fläche [m²]	CH ₄ [g/Tag]	CH ₄ [g/kWh _e]
Separiert flüssig	Messfläche	0.8	17.36	0.005
	Umrechnung auf reale Fläche	200	4340	1.4
Separiert fest	Messfläche	0.8	2.45	0.04
	Umrechnung auf reale Fläche	157	384.6	0.12

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
 M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

26

Gärrestlager Abdeckung–Stand 2010 nach der Befragung



Abdeckung	Gärrestlager flüssig 1	Gärrestlager flüssig 2	Gärrestlager flüssig 3	Gärrestlager fest
Dach	0	0	-	4
Halle (geschlossen)	0	0	-	0
Beton	17	6	1	0
Stahldeckel	0	0	-	0
Folie (nicht gasdicht)	1	0	-	0
Folie (gasdicht)	0	0	-	0
Holz	0	0	-	0
keine Abdeckung	10	3	-	5
Sonstige	1	-	-	1

Nr. Total LBGA 2010(BFE)	72
Nr. Besuchte LBGA	38

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

27

Agroscope

Potential vs. Emission II

- *“Die Ermittlung des Restgaspotentials wurde mit dem Ziel durchgeführt, Aussagen über die **potenzielle Methanfreisetzung** in nicht gasdicht abgedeckten Gärrestlagern zu ermöglichen.“ (Lehner et al. 2010)*
- *“Versuche unter kontrollierten Laborbedingungen erlauben **keinen direkten Schluss auf die tatsächlich aus dem Gärrestlager freigesetzten Methanmengen**. Die ermittelten Werte ermöglichten jedoch eine vergleichende Bewertung des Methanfreisetzung aus Gärresten von unterschiedlichen Biogasanlagen.“ (Lehner et al. 2010)*

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen
M. Sax/L. van Caenegem | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

28

Agroscope

Schlussfolgerung

- Anlagebedingte Methanverluste sind durch fachgerechte Planung und Ausführung der Anlage weitgehend vermeidbar
- Betriebsbedingte Methanverluste sind durch angemessene Wartungsarbeit und Beschickung der Anlage stark reduzierbar
- Separation der Gärreste bringt bei konventioneller Lagerung keine signifikante Minderung der Methanemissionen

Literaturquellen

- Hafermann C., Clemens J., Cuhls C., Friehe J., Weiland P., Liebetrau J., Daniel J. (2009). Untersuchungen zu Treibhausgasemissionen bei der Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen. In: Internationale Wissenschaftstagung Biogas Science 2009, Band 2, Schriftenreihe ISSN 1611-4159.
- Lehner, A., Effenberger M. und Gronauer A. (2010): Optimierung der Verfahrenstechnik landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft LfL, S. 27f.
- Reitberger F. (2002): Emissionsminderungsmöglichkeiten bei Biogasanlagen entlang der Prozesskette der Biogaserzeugung, von Biogasanlagen-Anforderungen zur Luftreinhaltung. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg 2002, ISBN 3-936385-13-0
- Wulf S., Brenner A., Clemens J., Döhler H., Jäger P., Krohmer K.-H., Maeting M., Rieger C., Schumacher I., Tschepe M., Vandré R. und Weiland P. (2003): Untersuchung der Emission direkt und indirekt klimawirksamer Spurengase (NH₃, N₂O und CH₄) während der Lagerung und nach der Ausbringung von Kofermentationsrückständen sowie Entwicklung von Vermeidungsstrategien. Endbericht zum DBU-Forschungsvorhaben (AZ 08912), ISBN 3-933865-32-8, Bonn