



Methanverluste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Ludo Van Caenegem, S. Bolli, A. Pasca, M. Schick

03. November 2011



Energiebedarf landw.
Gebäude halbieren

Energieziele
ART

Effizientere Energie-
produktionsanlagen



Methanverluste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Simon Bolli, A. Pasca, L. Van Caenegem, M. Schick | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

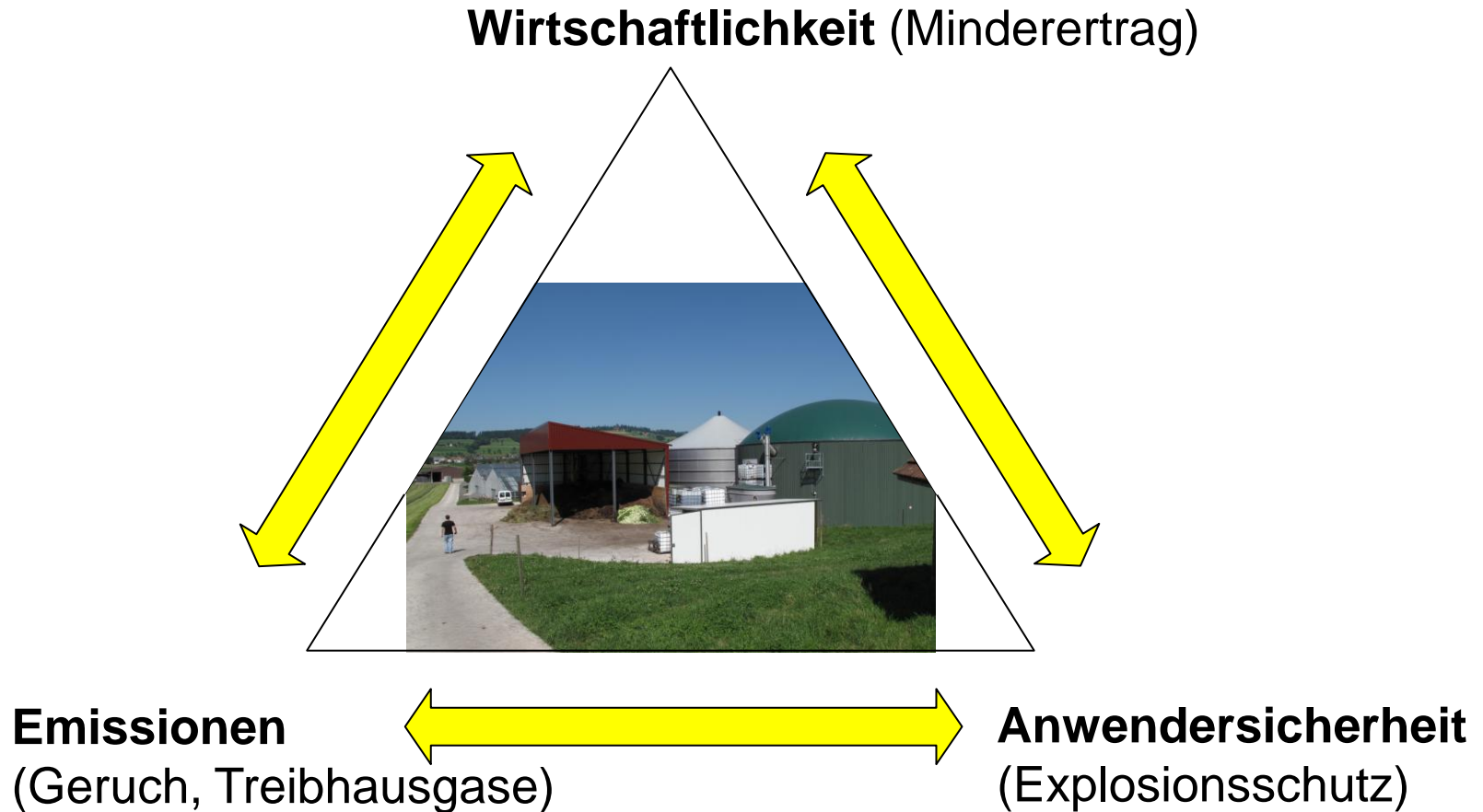


Inhalt

- Methanverlustquellen: Arten und Ursachen
- Projektziele und Methodik
- Qualitative Erfassung von Methanverlusten
- Quantitative Erfassung von Methanverlusten
- Restgaspotential
- Schlussfolgerungen



Methanverluste im Spannungsfeld zwischen...





Arten von Verlustquellen

1. Flächenquellen / diffuse Quellen

Bsp.: Substratlager, Vorgrube, Gärrestbehälter

2. Punktquellen

Bsp.: Leckagen, undichte Verbindungsstellen

3. Methanschlupf

Bsp.: BHKW, Gasaufbereitungsanlagen



Ursachen von Emissionsquellen

A) Anlagenbedingte Emissionen (primäre Fehlerquellen)

→ Emissionsquellen an einer Biogasanlage, welche auf Planungs- und Baumängel zurückzuführen sind

B) Betriebsbedingte Emissionen

→ Methanverluste, welche direkt auf die Art der Betriebsführung einer Anlage zurückzuführen sind

- **Sekundäre Fehlerquellen**

→ *direkt auf Betriebs- und Wartungsfehler des Betreibers zurückzuführen*

- **tertiäre Fehlerquellen**

→ *mangelhafte oder fehlerhafte Reaktionen durch Betreiber oder automatisierter Anlagetechnik auf prozessbedingte Ereignisse oder Fehler*

Quelle: Clemens et al. 2009; Hafermann et al. 2009, Naeve 2008

Methanverluste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Simon Bolli, A. Pasca, L. Van Caenegem, M. Schick | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART



Forschungsziele

Identifizierung relevanter Methanverlustquellen entlang der gesamten Biogasprozesskette

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

- *Restgaspotential*
- *(Organischer) Trockensubstanz (TS/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 Biogasprozesskette



Methodisches Vorgehen

Literaturrecherche und Kategorisierung der verschiedenen Typen von Biogasanlagen aufgrund Datenerhebung auf 38 landwirtschaftlichen BGA

Identifizierung von Methanverlustquellen in verschiedenen landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit Hilfe eines optischen Verfahrens

Entwicklung und Validierung einer Methode zur quantitativen Erfassung von Methanverlusten aus festen und flüssigen Gärresten

Systematische Messungen auf mehreren Biogasanlagen zu verschiedenen Jahreszeiten (Sommer, Winter, Übergangszeiten)

Aufarbeitung und Auswertung der Messdaten

Bestimmung relevanter Einflussgrößen auf die Methanemissionen aus Gärresten

Modellierung der Methanemissionen aufgrund der gewonnenen Daten und Erkenntnisse aus den Messungen

Ableitung und Entwicklung von Ansätzen zur Minderung von Methanemissionen entlang der Biogasprozesskette



Qualitative Erfassung von Methanverlusten

Vorgehensweise

- Gesamtstichprobe aus Datenerhebung: 38 BGA
- Auswahl zwölf geeigneter landw. BGA aufgrund folgender Kriterien:
 - **Gasspeicherverfahren** Fermenter / Nachgärer (Einfach- und Doppelmembran, Betonabdeckung)
 - **Durchflussverfahren** (mit und ohne Nachgärer)
 - **Zusatzkriterien** (Folienbefestigungssystem, Prozesstemperatur, Dimensionierung Anlagenkomponenten etc.)
- systematische Leckagensuche mittels optischen Verfahrens (GasCam®) auf Basis von Infrarot-Spektro-Radiometrie



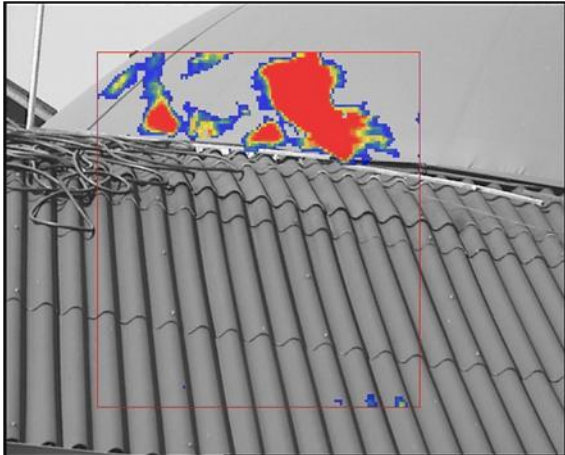
Qualitative Erfassung- GasCam®



- Gasferndetektion mittels Infrarot-Spektro-Radiometrie
- 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



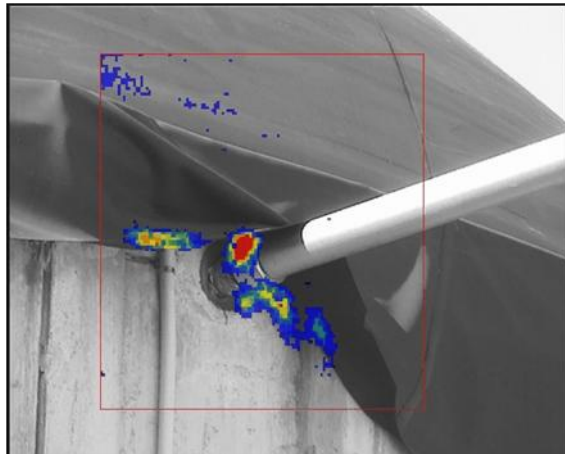
Detektierte Verlustquellen I



Anlagenbedingt Fermenterkrone



Poröse Stelle im Beton



Rohrdurchführung in Nachgärer



Unsachgemässe Rohrabdichtung

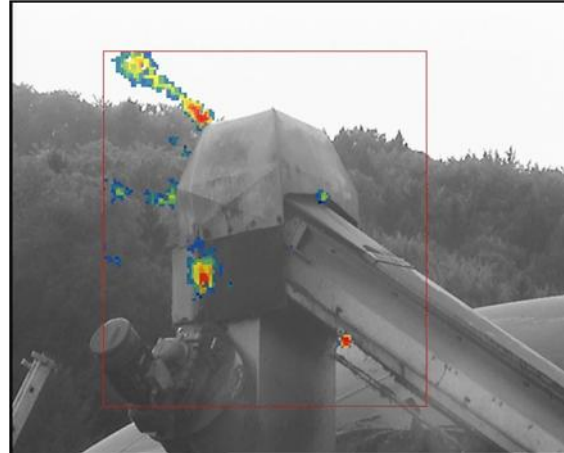
Methanverluste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Simon Bolli, A. Pasca, L. Van Caenegem, M. Schick | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

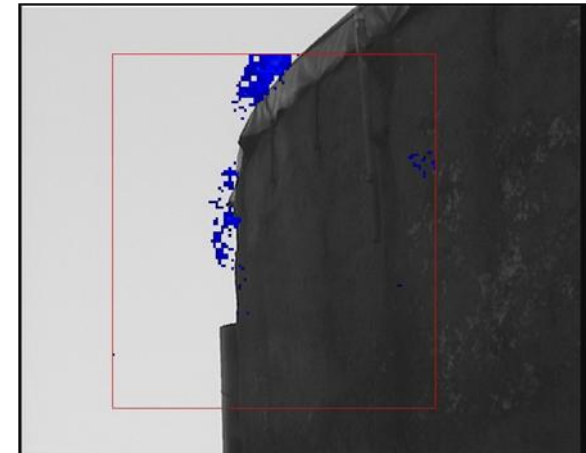


Detektierte Verlustquellen II

Anlagenbedingt



Feststoffbeschickung



offener Fermenterüberlauf

Betriebsbedingt



Rührwerk nach dem Abfetten



Rührwerk vor dem Abfetten



GasCam®- Übersicht Ergebnisse

Emissionsquelle	Folienrand/ Fermenterkrone	Rohrdurchfüh- rung in Ferm/NG	Rührwerksver- stellung	offener Fermenterüber- lauf	Schaugläser
	Anzahl Quellen	Anzahl Quellen	Anzahl Quellen	Anzahl Quellen	Anzahl Quellen
Anlage A	1	x	x	1	x
Anlage B	5	3	x	1	x
Anlage C	1	x	2	n.v.	x
Anlage D	1	1	1	n.v.	x
Anlage E	1	x	1	n.v.	x
Anlage F	3	x	x	1	2
Anlage G	1	1	x	n.v.	x
Anlage H	4	x	x	1	2
Anlage I	x	1	x	1	x
Anlage J	2	x	x	n.v.	x
Anlage K	3	1	1	x	x
Anlage L	1	n.v.	n.v.	n.v.	x
%-Anteil *	42.6	13.0	9.3	9.3	7.4

** Ausschiesslich universeller Verlustquellen aus Vorgruben, Gärrestlagern und Doppelmembranen (Permeabilität)*

Methanverluste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Simon Bolli, A. Pasca, L. Van Caenegem, M. Schick| © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART



Zusammenfassung Ergebnisse GasCam[®]

- **Anlagebedingte Methanverluste**

- sehr unterschiedlich von Anlage zu Anlage
- oftmals vermeidbar durch sorgfältige Planung und Ausführung

häufige Verlustquellen:

- Folienrand / Fermenterkrone
- Rohrdurchführungen in Fermenter / Nachgärer
- Rührwerk- und Rührwerkverstellungen
- Sichtfenster

- **Betriebsbedingte Methanverluste**

Sind auf allen Betrieben vorhanden und nicht vollständig zu vermeiden (universelles Auftreten)

häufige Verlustquellen:

- Überdruckventil
- Vorgrube
- Gärreste (flüssig und fest)



Quantitative Erfassung von Methanemissionen aus Gärresten

Vorgehensweise

- Auswahl dreier BGA aus Stichprobe für die qualitative Erfassung aufgrund folgender Kriterien:
 - Substrateinsatz (praxisüblicher Substratmix, Co-Substratanteil)
 - Prozessparameter (Vergärungstemp., Verweilzeit, beheizter Nachgärer)
 - Gärrestbehandlung (Separierung)
- Methode:
 - Dynamische Durchflusskammer vor Ort unter Praxisbedingungen
 - HBT unter Laborbedingungen



Gärreste: Emission vs. Potential

Restgasemissionen
(Messungen auf Praxis
Betrieben)



Restgaspotential
(Hohenheimer
Biogasertragstest HBT)

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

in Praxis zu messen



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

im Labor bestimmbar

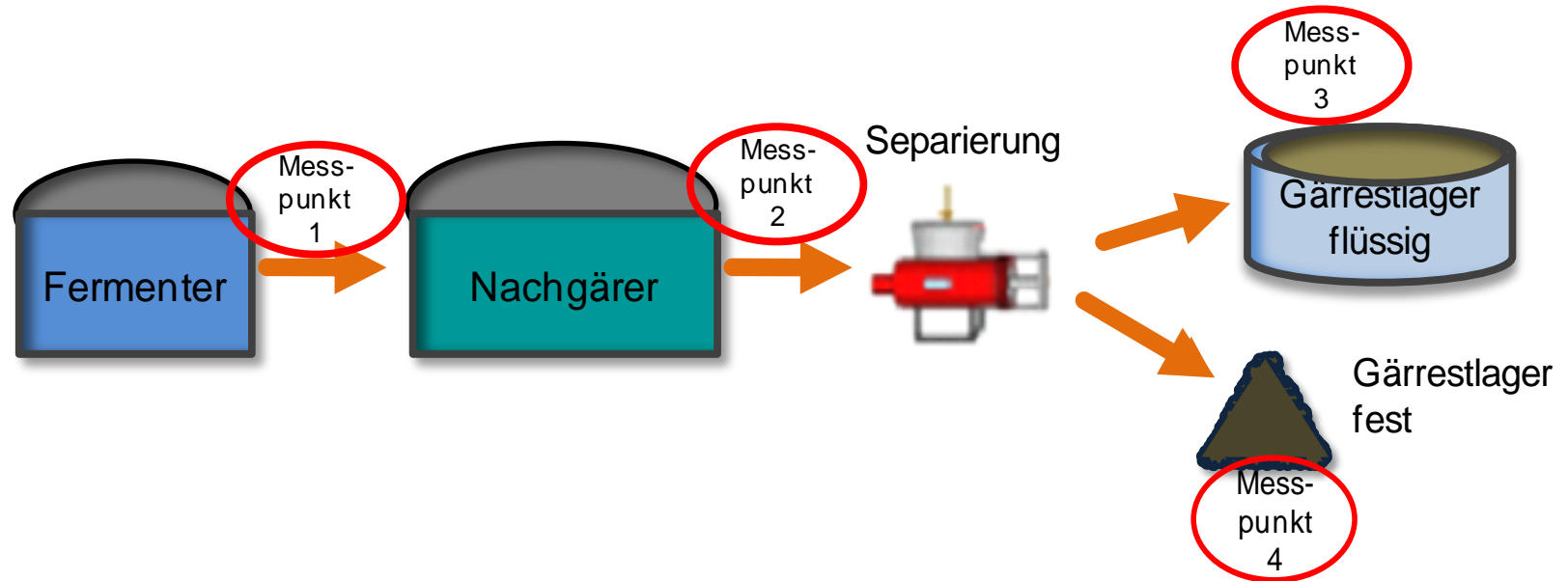
Quelle: Reinhold und Goedeke, 2011

Methanverluste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Simon Bolli, A. Pasca, L. Van Caenegem, M. Schick | © 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
- Messdauer pro Probe: 5 Tage



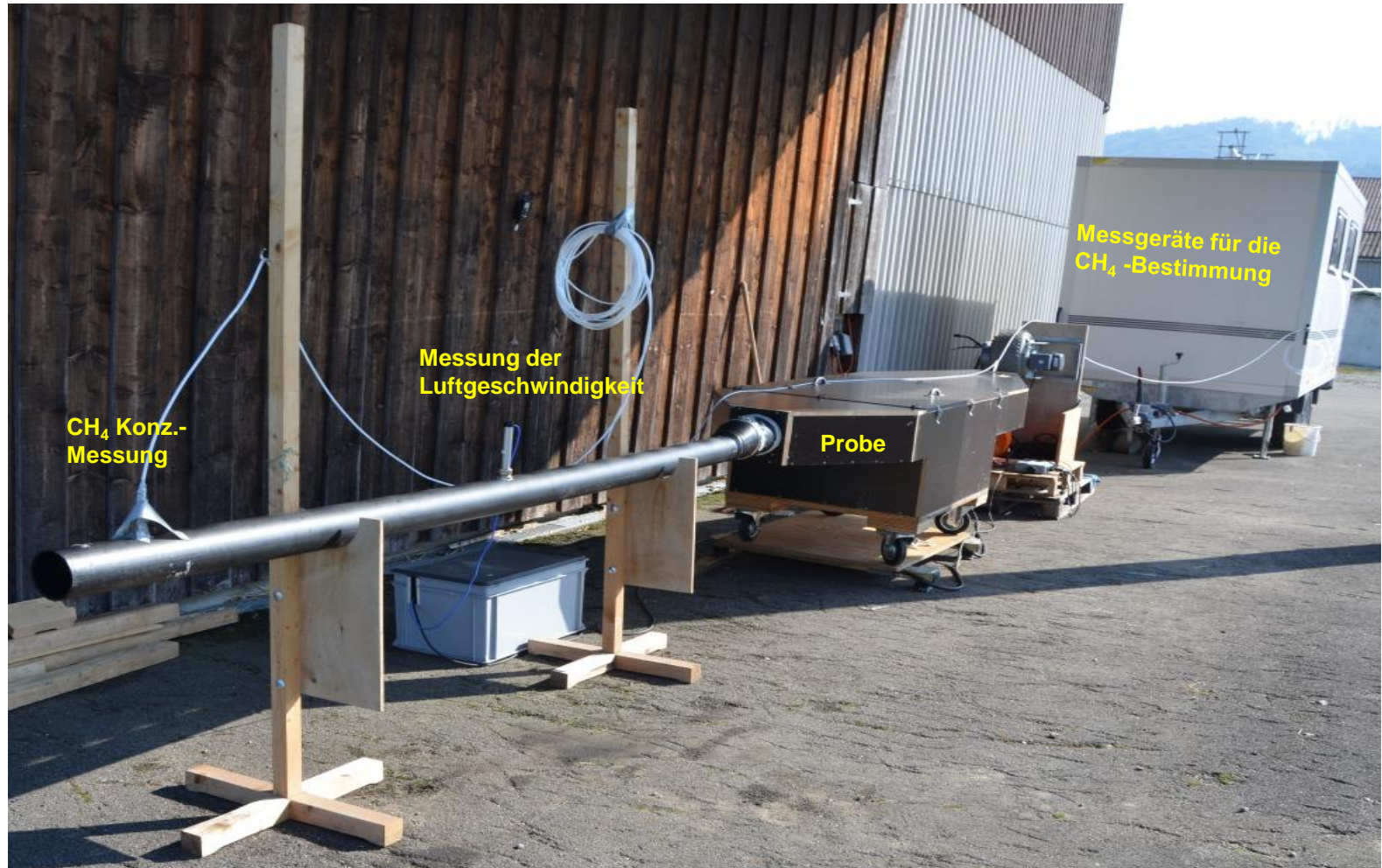


Anforderungen an die Messtechnik

- Praxistauglichkeit (wetterfest, robust)
- Mobilität (Messungen vor Ort unter Praxisbedingungen)
- Hohe Messgenauigkeit ($\pm 5\text{ppm}$)
- Breiter Messbereich (0 ppm – 100 Vol.-%)
- Tiefe Nachweisgrenze für Methan-Konz. (ppm-Bereich)
- Keine Querempfindlichkeit auf NH_3 , H_2S , CO_2 etc...
- Kontinuierliche Konzentrationsmessungen über die Zeit
- Quantifizierung der Emissionen unter kontrollierten Bedingungen
(kontrollierter Abfluss der belasteten Luft)



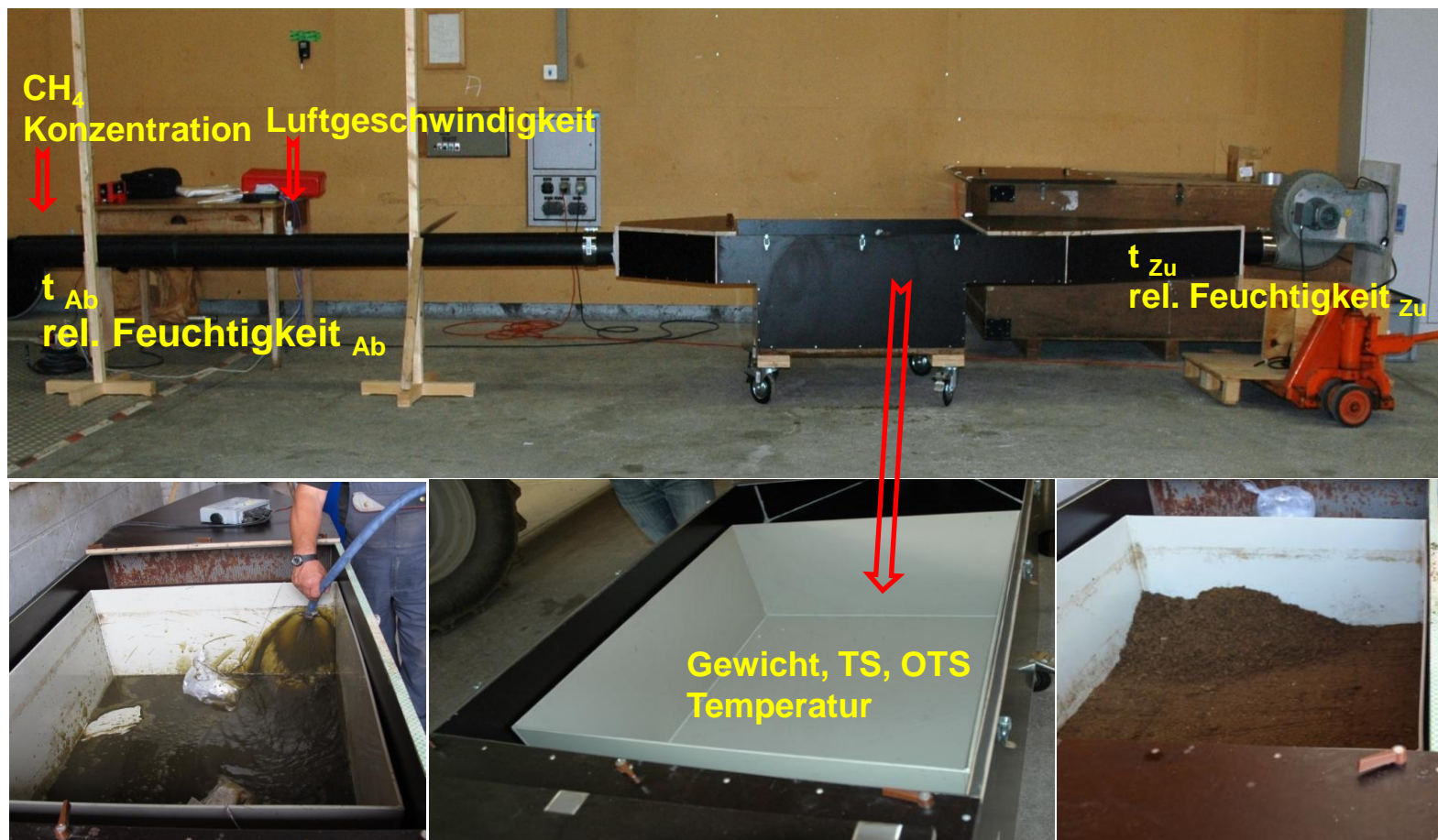
Messanlage



Methanverluste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Simon Bolli, A. Pasca, L. Van Caenegem, M. Schick | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

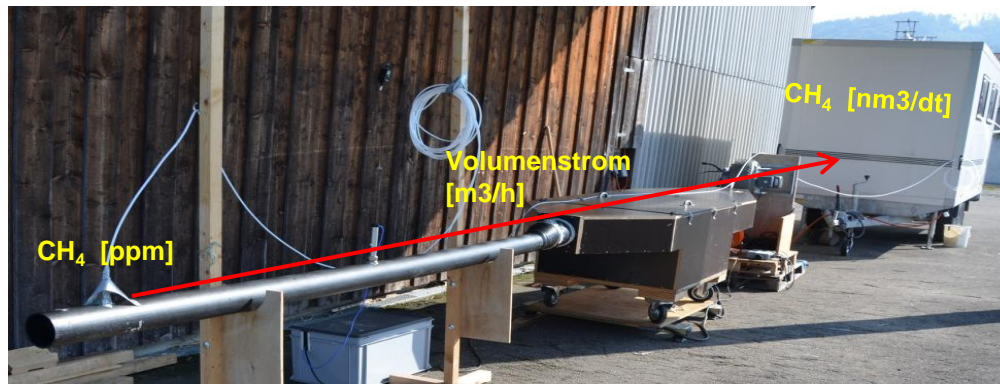
Dynamische Durchflussskammer



Methanverluste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Simon Bolli, A. Pasca, L. Van Caenegem, M. Schick | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

CH₄-Konzentrationsberechnungsmodell



$$\text{Volumenstrom } Q[\text{m}^3/\text{h}] = \text{Querschnittrohr} * v_{\text{Rohr,mittel}} * 3600$$

$$\text{CH}_4 [\text{Nm}^3/\text{h}] = ([\text{CH}_4 \text{ Abluft}] - [\text{CH}_4 \text{ Zuluft}]) * 10^{-6} * Q * \rho_{\text{Luft}} / 1.29$$

$$\text{CH}_4 [\text{kg}/\text{h}] = \text{CH}_4 [\text{Nm}^3/\text{h}] * 16/22.4$$



Schlussfolgerungen

- Die Aufdeckung von technischen und betrieblichen Schwachstellen führt zu einer effektiven und nachhaltigen Vermeidung von Methanemissionen.
- Betriebsbedingte Verlustquellen sind durch professionelle Schulung und Sensibilisierung der Anlagenbetreiber vermeidbar.
- Die Verringerung von Biogasverlusten entlang der gesamten Prozesskette vermindert auch das Problem von Geruchsemissionen.
- Die Quantifizierung von Methanemissionen ist mit grossem Aufwand verbunden. Es besteht ein Bedürfnis nach vereinfachten und effizienteren Methoden.



Weiteres Vorgehen

Schwachstellenanalyse

Fachliche Beurteilung und Ermittlung von Gründen für Gasverluste (technisch und baulich)

Ursachenforschung

Ermittlung von **Ursachen** für Emissionsquellen/
Schwachstellen

Emissions- und Restgaspotentialmessung Gärreste

Weitere Datensammlung und Auswertung

Lösungsansätze

Ausarbeitung baulicher und technischer Massnahmen zur
Reduzierung/Verhinderung von Methanverlusten



Herzlichen Dank!



**ART – Forschung für
Landwirtschaft und Natur**

Methanverluste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Simon Bolli, A. Pasca, L. Van Caenegem, M. Schick | © Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART