

# Methodendiskussion zur Bestimmung des Restgaspotenzials von Gärresten

*Dr. Gerd Reinhold, Dr. Katja Gödeke  
und Florian Hengelhaupt*

125. VDLUFA-Kongress

„Untersuchen, Bewerten, Beraten, Forschen:

125 Jahre VDLUFA im Dienste von Landwirtschaft,  
Umwelt- und Verbraucherschutz“

17. bis 19. September 2013

in Berlin

## **Impressum**

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft  
Naumburger Str. 98, 07743 Jena  
Tel.: 03641 683-0, Fax: 03641 683-390  
Mail: [pressestelle@tll.thueringen.de](mailto:pressestelle@tll.thueringen.de)

September, 2013

1. Auflage 2012

### **Copyright:**

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der foto-mechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

## **Methodendiskussion zur Bestimmung des Restgaspotenzials von Gärresten**

Reinhold, G., Jena; Gödeke, K., Jena; Hengelhaupt, F., Jena

Im Sinne des Klimaschutzes und eines wirtschaftlichen Betriebes von Biogasanlagen (BGA) sollten die Methanemissionen aus Gärresten so gering wie möglich gehalten werden. Das Restgaspotenzial von Gärresten hängt jedoch von verschiedenen Einflussfaktoren ab. Die VDI-Richtlinie 3475 macht zwar Angaben, wie das Restgaspotenzial zu messen ist und wie hoch die Emissionen maximal sein dürfen, lässt jedoch Spielräume bzgl. der Umsetzung, z.B. zur Bezugsbasis der Berechnungen.

Die Höhe des Restgaspotenzial hängt entscheidend von den Vergärungsbedingungen in der BGA und der Vergärungstemperatur bei Messungen im Labor ab. Die in der VDI-Richtlinie 3475 z.B. vorgeschriebenen 20 °C Vergärungstemperatur erfordern im Labor eine Temperierung mit Heizung und Kühlung und auch die 60 d Versuchsdauer erhöhen den Aufwand deutlich. Anhand von Versuchen zur Restgasermittlung in drei Temperaturstufen wird gezeigt, dass eine Übertragung der bei 37 °C gewonnenen Ergebnisse auch gut möglich ist. Des Weiteren ist der in der VDI 4630 vorgeschriebene Einsatz von Impfschlamm bei der Restgasermittlung nicht erforderlich.

Unklarheiten entstehen auch bei der Übertragung der im Batch-Versuch gemessenen Restgasanlagen auf kontinuierlich arbeitende Praxisanlagen. Die zurzeit angewendeten Berechnungswege können zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen und damit zu differenzierter Interpretation der Höhe von Restgaspotenzialen aus Gärresten führen. So hat die Wahl der Bezugseinheit einen deutlichen Einfluss auf das Ergebnis. Die Restgasmenge ist auf die in der BGA eingesetzte organische Trockensubstanz ( $oTS_E$ ) zu beziehen und nicht auf die  $oTS$  im Batch-Versuch (Gärrest). Dafür können die organischen TM-Gehalte der Eingangssubstrate gemessen werden, was jedoch in der Praxis kaum erfolgt. Gleichmaßen können die Gehalte aber auch zeit- und anlagenkonkret über die Anlagenleistung oder Gaserzeugung zurückgerechnet bzw. vereinheitlicht über die Gaserträge z.B. aus der Biomasseverordnung berechnet werden. Bei Bezug der Restgasmenge auf die Substratmenge (l/kg Substrat) ist der Masseabbau in der BGA zu berücksichtigen, der sich wiederum aus der Gaserzeugung und dem Gehalt an organischer TM im Substrat ergibt.

Aus diesem Grunde sollen die verschiedenen Parameter und Wechselwirkungen dar- und zur Diskussion gestellt werden. Hieraus ließen sich verbindliche Aussagen ableiten, welche Parameter in der Praxisanlage erhoben werden müssen, welche Zeitschiene zugrunde gelegt und mit welcher Berechnungsmethode das im Batch-Versuch ermittelte Ergebnis zum Restgaspotenzial auf bestehende Anlagen umgerechnet werden kann. Ziel muss es sein, eine einheitliche Grundlage zur Bestimmung des Restgaspotenzials aus Gärresten in Biogasanlagen und im Labor zu schaffen.

# Methodendiskussion zur Bestimmung des Restgaspotenzials von Gärresten

125. VDLUFA-Kongress

## **Untersuchen, Bewerten, Beraten, Forschen: 125 Jahre VDLUFA im Dienste von Landwirtschaft, Umwelt- und Verbraucherschutz**

17.-19. September 2013 in Berlin

**G. Reinhold; K. Gödeke; F. Hengelhaupt**

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Naumburger Str. 98, 07743 Jena  
gerd.reinhold@tll.thueringen.de

## Veranlassung für Arbeiten zur Restgasanalyse

Vergütungsvoraussetzung **EEG 2009:**

- **Gärrestlager gasdicht abgedeckt**
- ab 1.1.2009, wenn BISchV-pflichtig  
**aber keine Regelungen zur Größe,  
des Gärrestlagers im EEG**

**Sowie:**

**Forderung VDI 3475**

**Bestandsanlagen:**

- **> 110 Tage Verweilzeit in Fermentersystem**
  - kein Nachweis Restmethanbildung nötig
- **bei < 110 Tage → Aufrüstung auf 150 Tage**
  - oder Restmethanbildung < 1,5 % bei 20 °C; 60 d

**Neuanlagen (Verweilzeit > 150 Tage)**

- oder Restmethanbildung < 1,0 % bei 20 °C; 60 Tage

**Ausnahme reine Gülleanlage**

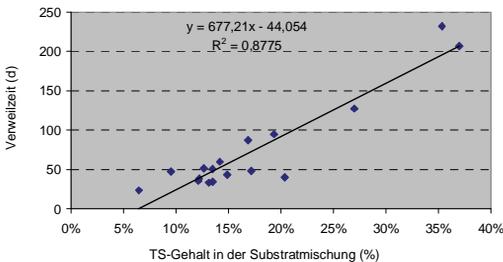


# Auswahl von 17 Thüringer BGA zur Ermittlung der Restgasmengen

- Variabilität
  - in **Fütterung** (WD von 0 .. 100 %)
  - in **Größe** 1600 m<sup>3</sup> bis 8000 m<sup>3</sup>
  - in der **Leistung** (200 ... 1600 kW)
  - in der **Stufigkeit** (1 ... 4 Behälter)
  - **Rezierkulation** (0 ... 16 %) Bezug Fermenter 1
  - in **Verweilzeit** und **Belastung**
- Dokumentationsqualität

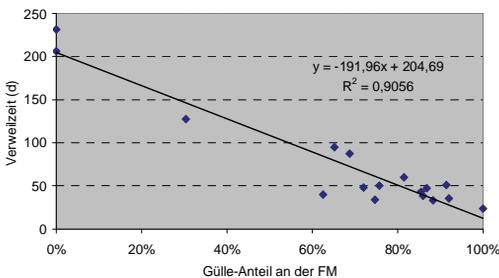


## Einfluss von TS-Gehalt auf die Verweilzeit



### Steigender TS-Gehalt

→ steigende Verweilzeit um Belastung zu begrenzen



### Steigender Gülleanteil

→ sinkende TS  
→ sinkende Verweilzeit



# Methode Restgasermittlung

## VDI 3475 - Pkt. 4.3.3.2

### Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen aus dem Gärrestlager

- Auf die Einhaltung der genannten durchschnittlichen hydraulischen Mindestverweilzeiten und die Lagerung im gasdichten System kann verzichtet werden, wenn nachgewiesen wird, dass die **Restmethanbildung pro Stunde kleiner als 1,5 % der in der Biogasanlage pro Stunde gebildeten Methanmenge** ist. Bei der Berechnung dieses Werts ist von  $\text{Nm}^3$  auszugehen, die Restmethanbildung ist bei  $20\text{ }^\circ\text{C}$  und über einen Zeitraum von 60 Tagen zu ermitteln.

Bezug zur BGA  
(kontinuierliches Verfahren)

Prüfmethode:  
batch-Ansatz  
(diskontinuierliches Verfahren)

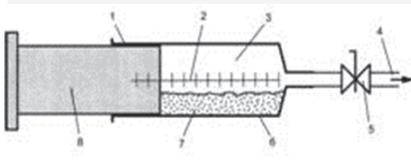
feste Zeit

bisher  $37\text{ }^\circ\text{C}$  üblich



# Restgaspotentialbestimmung

- **Nasschemische Analyse**
- **Betriebsdatenerfassung** in der BGA
- **Restgasermittlung** im HBT
  - ohne Impfgülle (**entgegen VDI 4630**), da sonst andere Biologie
  - $37\text{ }^\circ\text{C}$  / 40 d Verweilzeit
  - Normgasumrechnung
  - Methanbestimmung



1) Verbandsmethode METHODENBUCH VII VDLUFA-Verlag, Darmstadt

## Diskussionspunkte:

- Inokulum aus einer Biogasanlage ...
  - **Warum Einsatz von Inokulum ???**
- CH<sub>4</sub>-Produktion des Inokulums < 20 % der CH<sub>4</sub>-Produktion des Testsubstrates
  - **Ist das bei Restgas realistisch ???**
- Gasausbeute ... wird summiert, ... und auf die eingewogene oTM der Probe bezogen
  - **nicht vergleichbare Werte zu Gasausbeuten**
- Temperatur von 37 ± 2°C (VDI 20 °C)
  - **die Praxis-BGA arbeiten mit 40 ...43 °C**



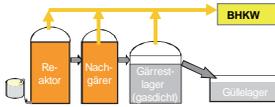
## Nutzung von Inokulum ?

- Biologie aus anderen BGA könnte zu einen höheren Potential führen
  - Verunsicherung der Ergebnisse und Mehraufwand
  - < 20 % Gasertrag des Restgaspotentiales ist oft unrealistisch
- **Vorschlag: Arbeit ohne Inokulum**

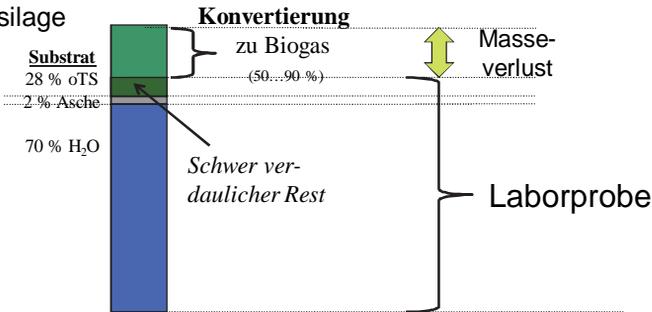


# Für den Bezug auf oTM ist Bilanzierung der Vergärung nötig

## Praxis kontinuierliches Verfahren



### Maissilage



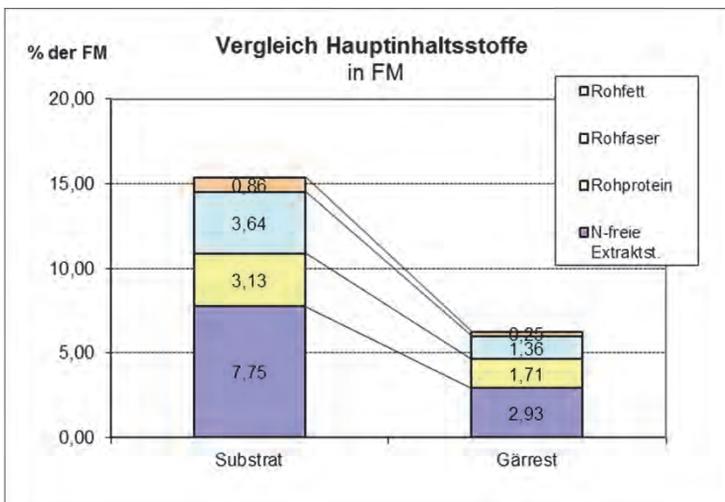
TLL Reinhold, 2013

www.thueringen.de/de/tll



# Veränderung der Hauptinhaltsstoffe

(Quelle: Monitoring Thüringer 2012, n=46)



Abbau auf 60 ... 40 %, da hoher Gülleanteil in den BGA

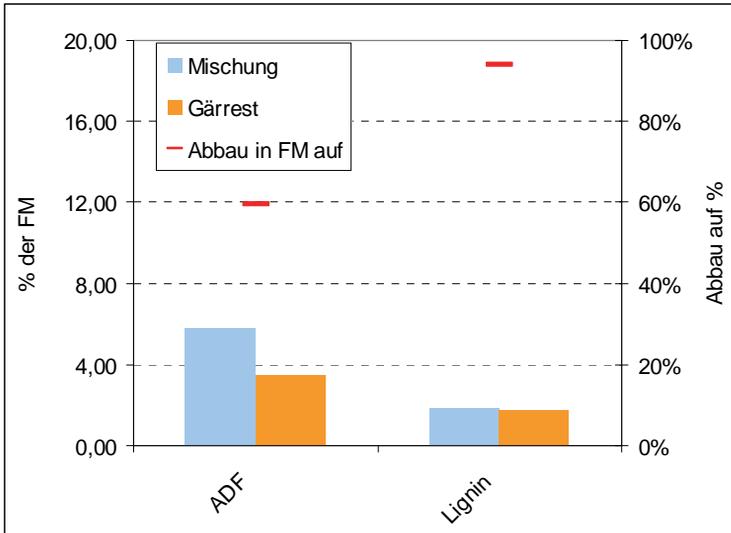
TLL Reinhold, 2013

www.thueringen.de/de/tll



# Humuswirksame Inhaltsstoffe

(Quelle: Monitoring Thüringer BGA 2012)



TLL Reinhold, 2013

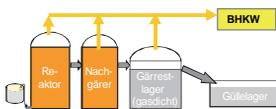
www.thueringen.de/de/tll



# Bilanzierung der Vergärung

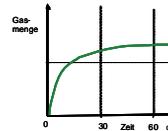
## Praxis

kontinuierliches Verfahren



## Labor

batch Ansatz



## Maissilage

Substrat  
28 % oTS  
2 % Asche  
70 % H<sub>2</sub>O

## Konvertierung

zu Biogas

Masseverlust

Schwer verdaulicher Rest

Laborprobe

## Gärprodukt

7,2 % oTS  
2,6 % Asche  
90,2 % H<sub>2</sub>O

## Restgas (ml/Kolben)

1 / kg FM  
aber bis 30 %  
Masseabbau BGA  
m<sup>3</sup> / kg oTS  
aber bis 90 %  
oTS-Abbau

TLL Reinhold, 2013

www.thueringen.de/de/tll



# Massebezug

Zielbezug:  $I_N$  Restgas/kg Substrat:

- **Masseabbau vernachlässigen ???**
  - Unterschiede zwischen NAWARO und Gülleanlage ?
- Berechnen über **Standard-Gaserträge** (Masseabbau aus Substratmix) :
  - des **KTBL**- kaum TS-Werte in Praxis, ungenaue Verwiegung
  - der **Biomasseverordnung** - kein TS Bezug, ungenaue Werte
- Berechnung über **Gasertrag in der BGA**:
  - Zeitbezug unklar (VDI „... pro Stunde gebildete ...“ ???)
  - meist keine exakte Gas-Messung vorhanden
  - Oft keine Werte für Normgasumrechnung



# Lösungswege

- Berechnung über **Stromertrag** (Abfrage in der BGA)
  - Exakte Messung in jeder BGA vorhanden
  - Wirkungsgrad ist zu unterstellen oder Herstellerangabe  
→ einheitlicher Fehler
  - Beispiel:

$$\frac{\text{Bemessungsleistung (300 kW)} \cdot \text{Biogasgewicht (1,34 kg/m}^3\text{)}}{\text{Wirkungsgrad (38 \%)} \cdot 50 \% \text{ CH}_4\text{-Gehalt} \cdot 10 \text{ kWh/m}^3} = 211 \text{ kg/h}$$

= Gasmasse  
= Masseabbau

- Masseabbau ggf. auch über Fugatfaktoren berechenbar
- Substrat oTS-Gehalt ist über Stromertrag berechenbar, da Masseabbau = oTS Abbau
- Fettsäuregehalte werden vernachlässigt



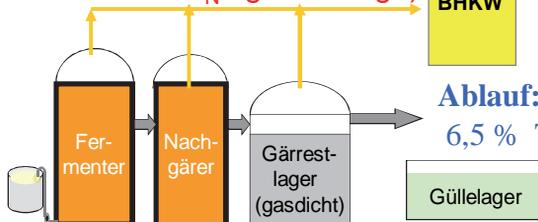
- Zeitbezug – „stündliche Gaserzeugung“
  - Zeitbezug mindestens ein Tag, besser eine Woche
  - Änderung in der Gasspeicherfüllung und Fackelverluste beachten
- Genauigkeit der Angaben zu
  - Methangehalt
  - Zählerablesezeit
  - BHKW-Wirkungsgrad
  - Fütterung (Menge, TS, ...), besonders bei Gülle



## Auswertung der Ergebnisse

(Messung: ml/Glaskolben  $\rightarrow$   $I_N$ /kg Einwaage)

**Input:**  
17 % TS



**BHKW**

**Ablauf:**  
6,5 % TS

Güllelager

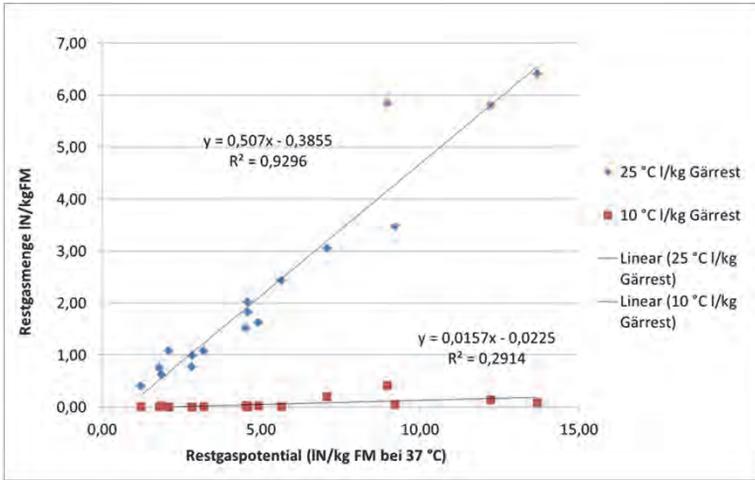
Bezug auf die **Frischmasse** nötig  
 $\rightarrow$  % der **Restgasbildung**  
und  
Bezug auf die **eingesetzte oTS**  
Substrat in Verbindung mit  
Laboranalyse und Massekorrektur  
 $\rightarrow I_N$ /kg oTS<sub>Einsatz</sub>

### Restgasermittlung:

$-I_N$ /kg Einwaage = Frischmassebezug  
 $\rightarrow$  keine oTS-Bezug als  $I_N$ /kg oTS,  
verwenden da dieser nicht ver-  
gleichbar mit den Richtwerten für  
Gasertrag ist

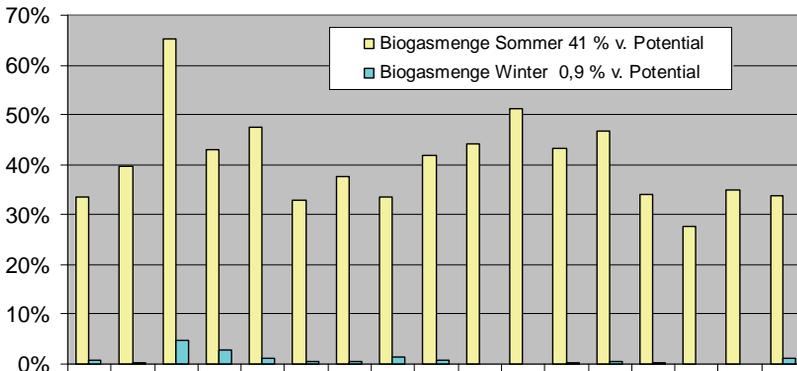


# Abhängigkeit der Restgasmenge von der Fermentationstemperatur



# Temperatureinfluss

Verhältnis Restgaspotential (37 °C) und Restgasmenge bei 25 und 10 °C



**→ Restgasemission**  
**bei 25 °C = 40 ... 50 % vom Potential**  
**bei 10 °C = vernachlässigbar**



## VDI: 20 °C / 60 d für Restgasbestimmung

- Heizen und Kühlen im Labor
- Verlängert die Versuchsdauer
- Politische Entscheidung, da 1,5 % bei 20 °C besser klingt als 3 % bei 37 °C
- Kaum Übertragung der Ergebnisse auf die ökonomische Entscheidung zur Behälterabdeckung möglich
- Versuchsende wenn 3 Tage weniger als 0,5%



## Verhältnis von:

## Restgaspotenzial und Restgasemission

**Maximal mögliche Ausgasung** unter optimalen Bedingungen

- Temperatur 35...40 °C
- Verweilzeit zur Ausgasung (30 ... 40 d)
- Optimale Biologie
- Grundlage für Entscheidung über Abdeckung

**im Labor bestimmbar**

**Gasbildung** unter **konkreten** Bedingungen in der Praxis

**reduzierbar durch:**

- Temperaturabsenkung
- Verlängerung der Verweilzeit

**in Praxis zu messen oder aus Gärversuch abschätzen (Temperatur)**

**Restgaspotenzial >> Restgasemission**



## Zusammenfassende Schlussfolgerungen

- Die Vergärungstemperatur hat in Verbindung mit der Zeit hohen Einfluss auf die gemessene Restgasmenge
- Zur Vereinheitlichung ist für die Restgasermittlung
  - eine **Temperatur** entsprechend der **Vergärungsbedingungen** und
  - die Arbeit **ohne Imphydramm** festzulegen
- Bei Auswertung der Ergebnisse ist der **Masseabbau** mit einzubeziehen
- Aus Vergleichbarkeitsgründen ist der **BAZ** **eingesetzten oTS Menge** anzuwenden und **nur** die frischmassebezogene Gasmenge zu errechnen
- Vom Restgaspotential werden
  - bei **Sommerlagerung** (25 °C) ca. 40 ... 50 % und
  - bei **Winterlagerung** (10 °C) ca. 1 -2 % emissionswirksam

Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit!

