



Foto: André Künzelmann, UFZ

## Schaumbildung und Schaumvermeidung in Biogasanlagen

Dr. Lucie Moeller

Internationale Bio- und Deponiegas Fachtagung & Ausstellung, Berlin, 22. April 2015

Die häufigsten **Prozessstörungen**  
im Biogasreaktor:

- Übersäuerung des Fermenterinhalt
- Bildung von Schwimmschichten
- übermäßige Schaumbildung



Foto: Andreas Zehndorf



Foto: Patrick Pfeffer



## Forschung auf zwei Ebenen

**Praxisanlagen**

**Laborversuche**



## Erfahrungen mit der Schaumbildung in der Praxis

» **12 von 15 Biogasanlagen**, die biogenen **Abfall** nutzen

(eigene Umfrage in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen; Moeller et al. 2012)

» **5 von 36 NawaRo-Anlagen** in Sachsen

(Umfrage von SMUL; 2012)

» **10 % Biogasanlagen** laut Schätzung von 7 Biogas-Experten in Baden-Württemberg (Umfrage von Uni Hohenheim; Wissmann 2014)

» **15 von 16 Biogasanlagen** in Dänemark

(Umfrage von Technical University of Denmark; Kougias et al. 2013)

# Folgen der Schaumbildung im Biogasreaktor

## Betriebstörungen und Schäden

- Ausfall von **Schiebern** und der **Rezirkulatpumpe**
- Verschmutzung und Verstopfung der **Leitungen**
- Störung der **Messsonden**
- Störung von **Mikroorganismen**
- Umkehrung des **Feststoffprofils** im Reaktor
- **Konstruktionsschäden**

## Ökonomische Folgen

- **Reinigungs- und Reparaturkosten**
- **Energieverlust** durch gestörten Prozess & durch zusätzliches Rühren
- zusätzliche **Arbeitsstunden**
- Kosten für **Entschäumer**

## Maßnahmen bei Schaumbildung im Biogasreaktor

- „Hungerkur“
- Absenken des **Pegels** im Fermenter
- Verdünnen/Besprühen mit **Wasser**
- Optimierung von **Rührzyklus** und **Fütterungsintervall**
- Supplementierung mit **Spurenelementen**
- **Temperaturerhöhung** um 2 - 3 °C (bei GPS)
- Zugabe von **kommerziellen Antischaummitteln** und/oder **Pflanzenöl**



## Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

1. Ungeeignete **Prozessführung** und ungünstige Umstände

2. Nutzung von risikoreichen **Substraten**

→ **Überfütterung**

→ plötzliche **Temperaturschwankungen**

→ ungünstiges **Rührmanagement**

→ **Nährstoffmangel**

→ **Ablagerungen** im unteren Bereich des Biogasfermenters

→ Nutzung von ungeeigneten **Chemikalien** in der Tierhaltung



## Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

1. Ungeeignete **Prozessführung** und ungünstige Umstände

2. Nutzung von risikoreichen **Substraten**

→ **viel Stickstoff**, bzw. **Protein**

- Schlachtabfälle, Molkereiabwasser
- Hühnertrockenkot
- Hefe (Biertreber, Brot, schlecht abgedeckte Silagen)

→ **Schleimstoffe** (z. B. Pektin, Stärke)

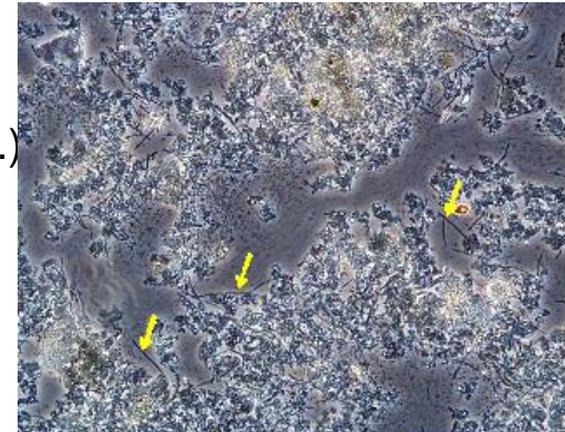
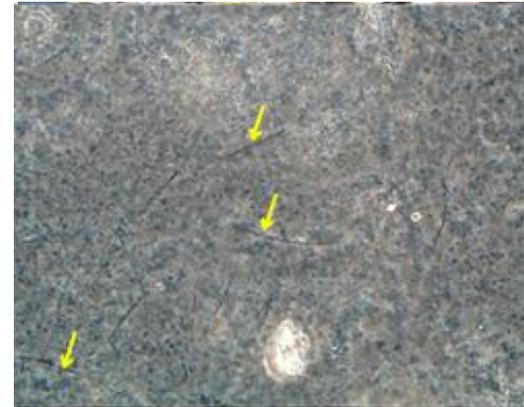
- Obst- und Gemüseabfälle
- Zuckerrübenschnitzel, Getreide

→ **Schimmelpilze** (*Penicillium roqueforti*, *Mucor hiemalis* usw.)

→ Mycotoxine

→ **filamentöse Mikroorganismen**

(anaerobe Stabilisierung des Klärschlammes in Faultürmen)



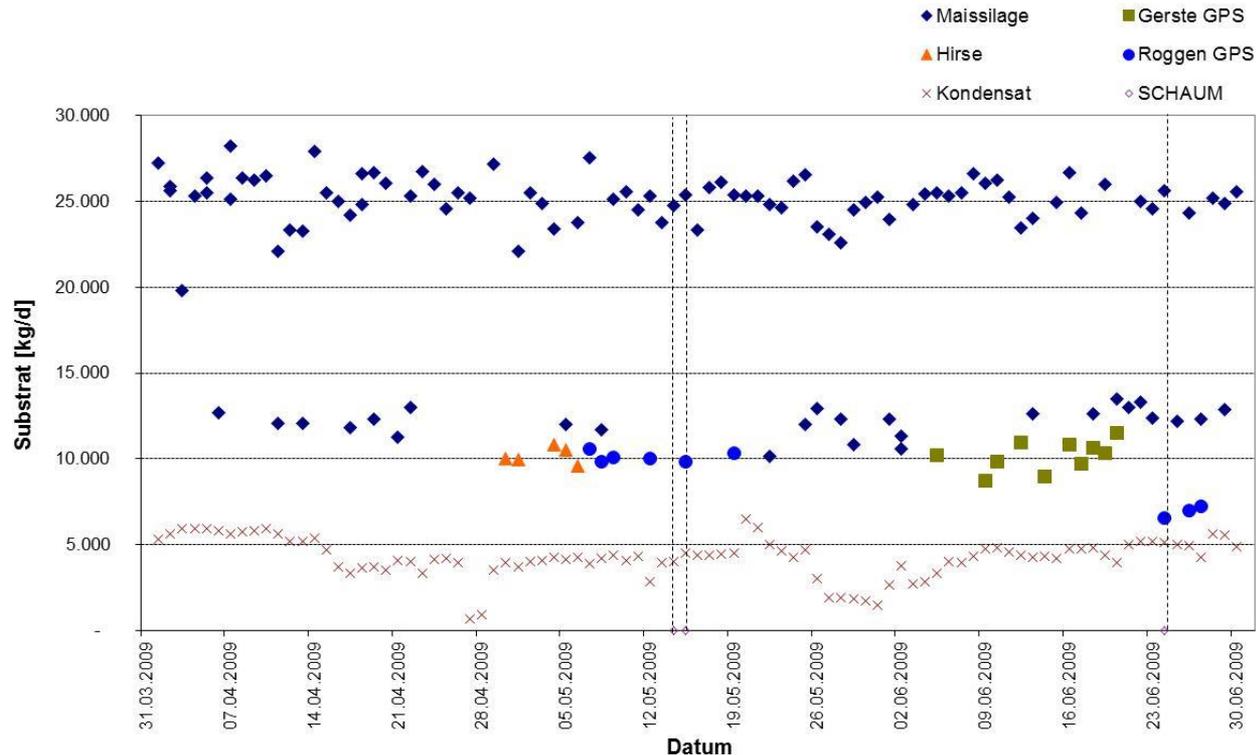
## Vorgehensweise bei der Untersuchung im Praxismaßstab

1. Ausführliches Interview mit dem Anlagenfahrer
2. Daten analysieren  
(Fütterungsprotokolle, Temperaturverläufe,  
Gasbildung, etc.)
3. Proben entnehmen und analysieren  
(auch mikroskopisch)
4. Schaumtests mit Substraten durchführen



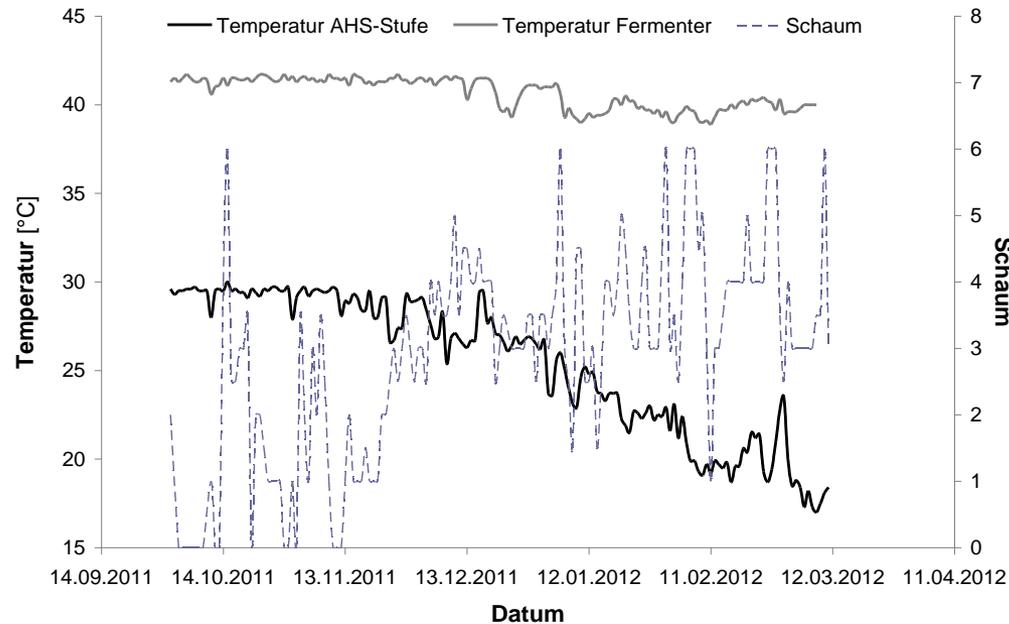
# Datenanalyse

## NawaRo-Anlage:



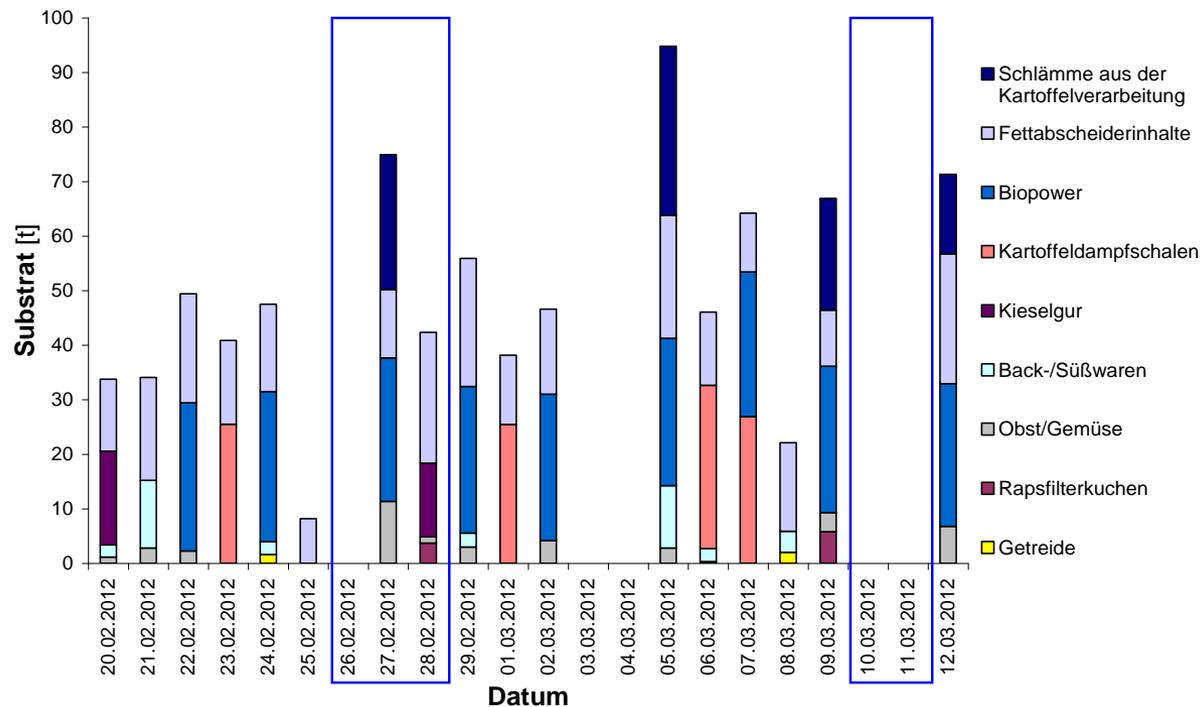
# Datenanalyse

## NawaRo-Anlage:



# Datenanalyse

## Abfall-Anlage:



# Probenanalyse

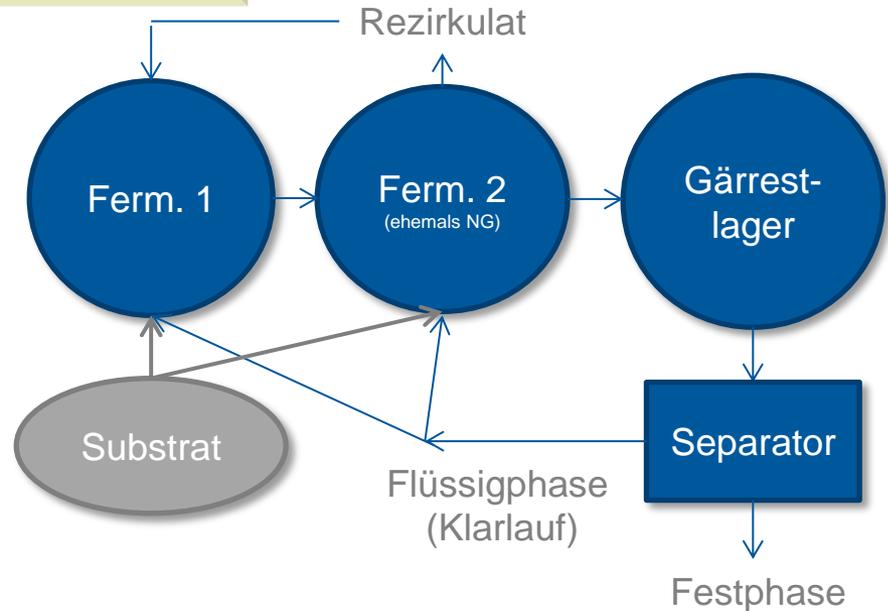
## Fallbeispiel 1



## Fallbeispiel 1



Foto: Andreas Zehnsdorf



- » mesophil (42 °C)
- » Durchmischung:
  - Fermenter 1: Rührwerk im Außenumlauf
  - Fermenter 2: zwei interne Rührwerke
- » Substratmix:
  - 30 % Rindermist
  - 40 % Maissilage
  - 40 % Grassilage

## Fallbeispiel 1

	Fermenter 1	Fermenter 2
TS [%]	10,4	9,7
oTS [% TS]	81	79
FOS/TAC [-]	0,25	0,23
NH <sub>4</sub> -N [mg/L]	704	798
Acetat [mg/L]	295	37
Propionat [mg/L]	58	18
Butyrat [mg/L]	<1	<1



## Nutzung der Schaumtests



## Fallbeispiel 2

### NawaRo-BGA in Brandenburg



Foto: Fred Schulze

## Fallbeispiel 2

### NawaRo-BGA in Brandenburg

- » mesophil (38 - 41 °C)
- » Durchmischung:
  - vier interne Rührwerke
- » Substratmix:
  - 25 t / d Rindergülle
  - 23 t / d Maissilage
  - 2 t / d Roggenschrot
- » 30 – 40 L / d Rapsöl und  
8 - 20 L / d kommerzielles Antischaummittel (ca. 5 €/L)  
(im Extremfall 80 L/d !)



## Getreide

Abhängigkeit der Intensität der Schaumbildung von der Mahlstufe des Getreidekorns

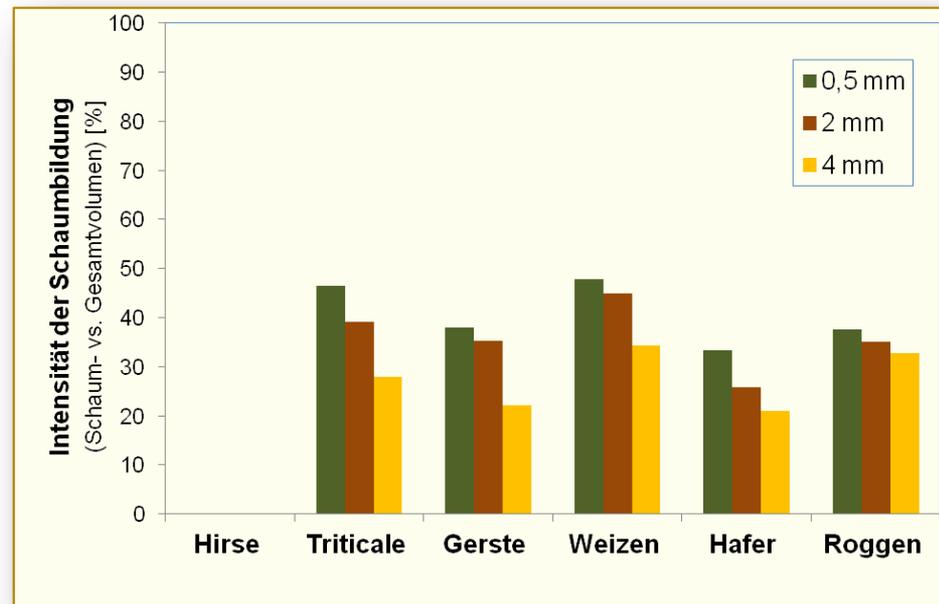


Gärmaterial aus einer NawaRo-Anlage mit Triticaleschrot (0,5 mm, 1 mm, 2 mm und 4 mm) und -korn

Moeller, L., Krieg, F., Zehnsdorf, A. (2013) Wirkung von Getreideschrot auf die Schaumbildung in Biogasanlagen. Landtechnik 68 (5) 344-348.

## Getreide

Abhängigkeit der Intensität der Schaumbildung von der Mahlstufe des Getreidekorns

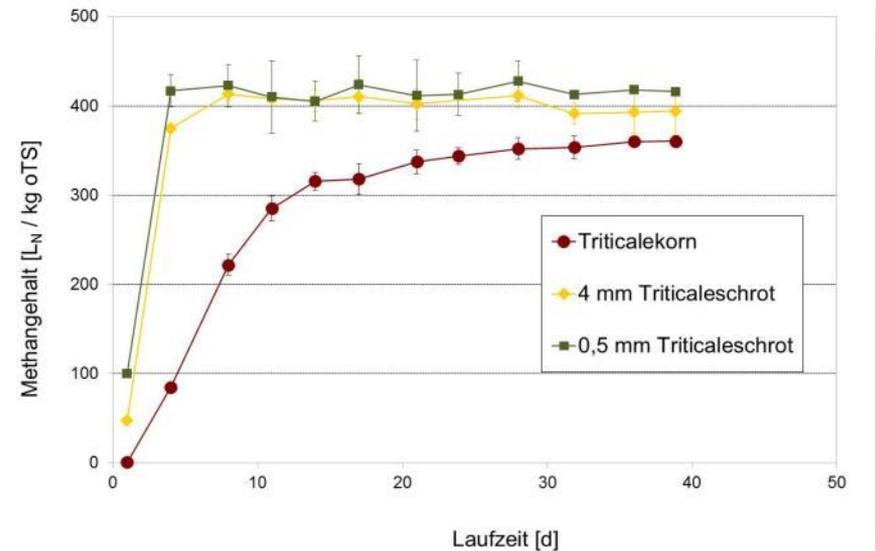
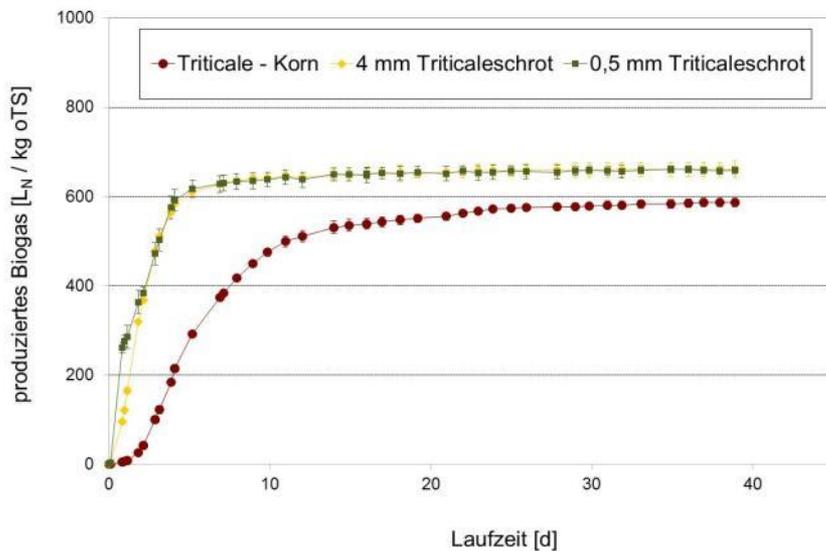


Moeller, L., Krieg, F., Zehnsdorf, A. (2013) Wirkung von Getreideschrot auf die Schaumbildung in Biogasanlagen. Landtechnik 68 (5) 344-348.

# Getreide

Abhängigkeit der Gasbildung von der Mahlstufe des Getreidekorns:

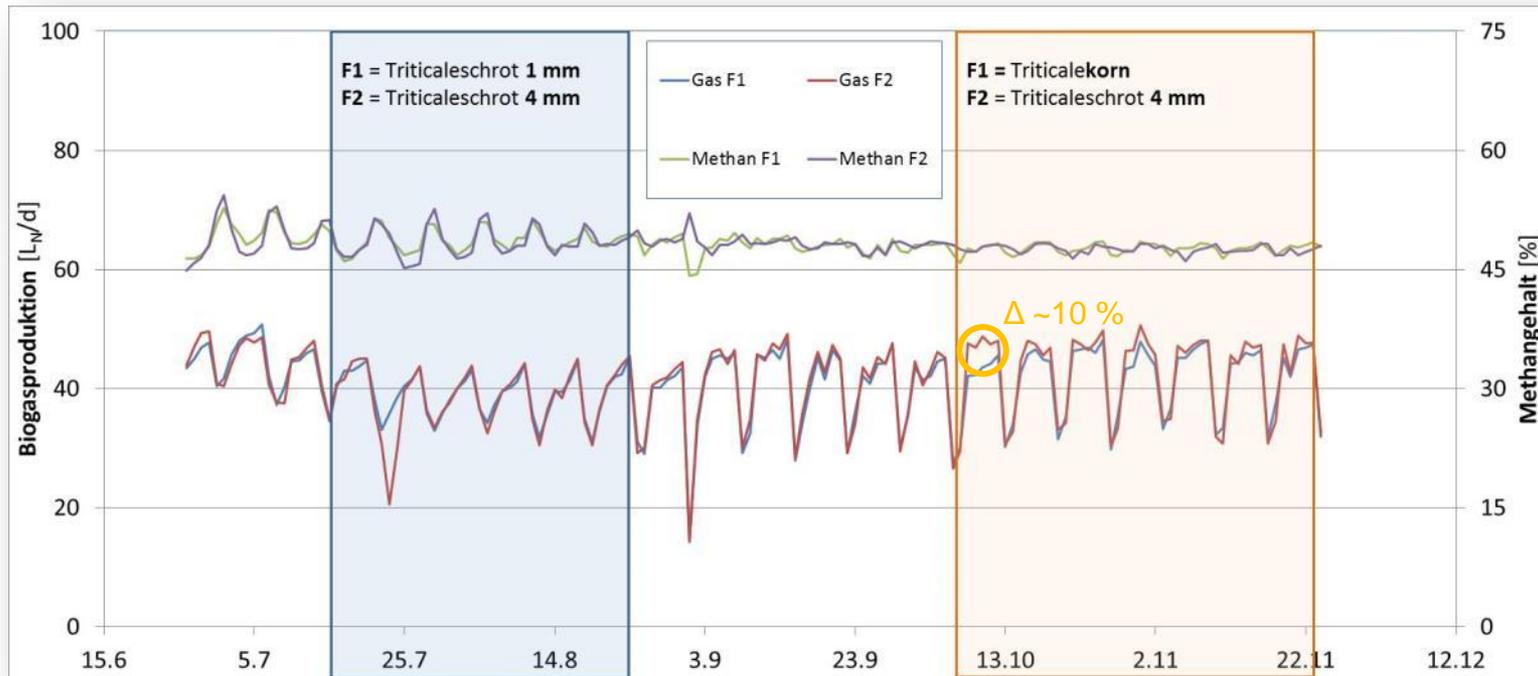
## 1. batch-Versuche (Triticale)



# Getreide

Abhängigkeit der Gasbildung von der Mahlstufe des Getreidekorns:

## 2. quasi-kontinuierliche Versuche (Triticale)

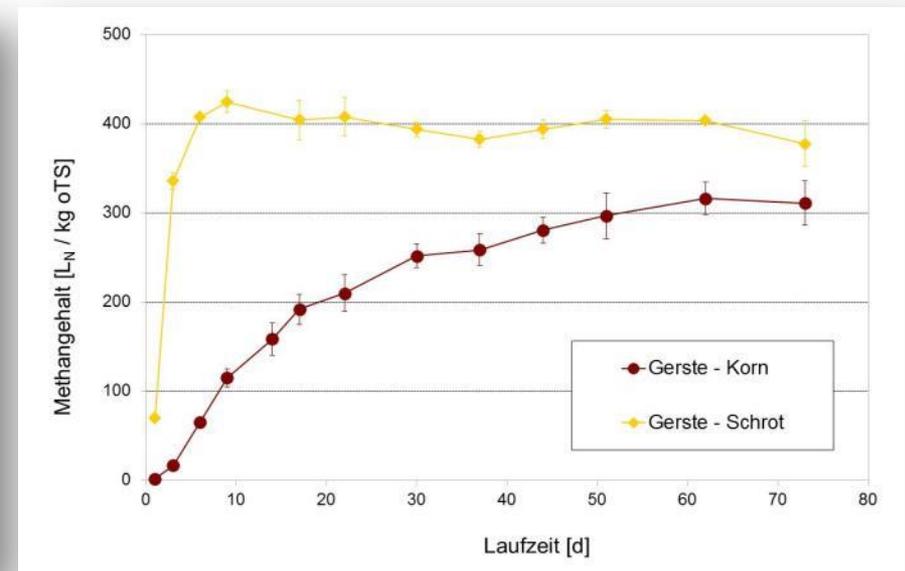
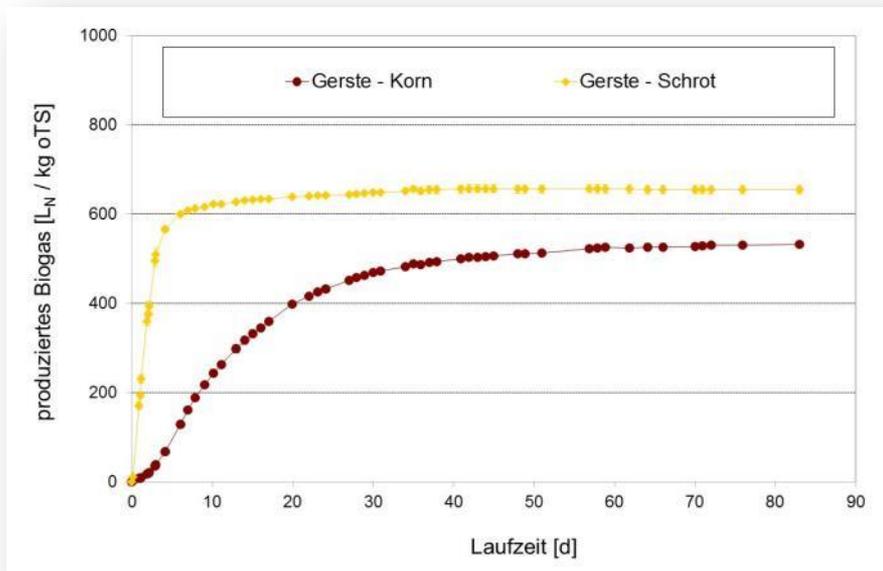


- » 2 parallel laufende Fermenter (à 30 L), mesophil (39 °C)
- » Substrate: Maissilage (73 % TS), Rindergülle (18 % TS), Triticale (9 % TS)

# Getreide

Abhängigkeit der Gasbildung von der Mahlstufe des Getreidekorns:

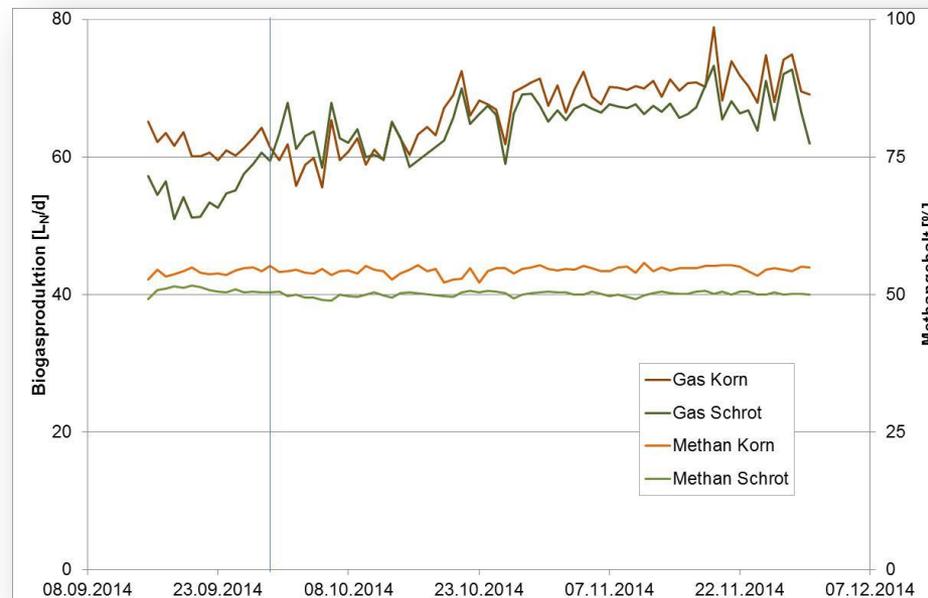
## 1. batch-Versuche (**Gerste**)



## Getreide

Abhängigkeit der Gasbildung von der Mahlstufe des Getreidekorns:

### 2. quasi-kontinuierliche Versuche (**Gerste**)

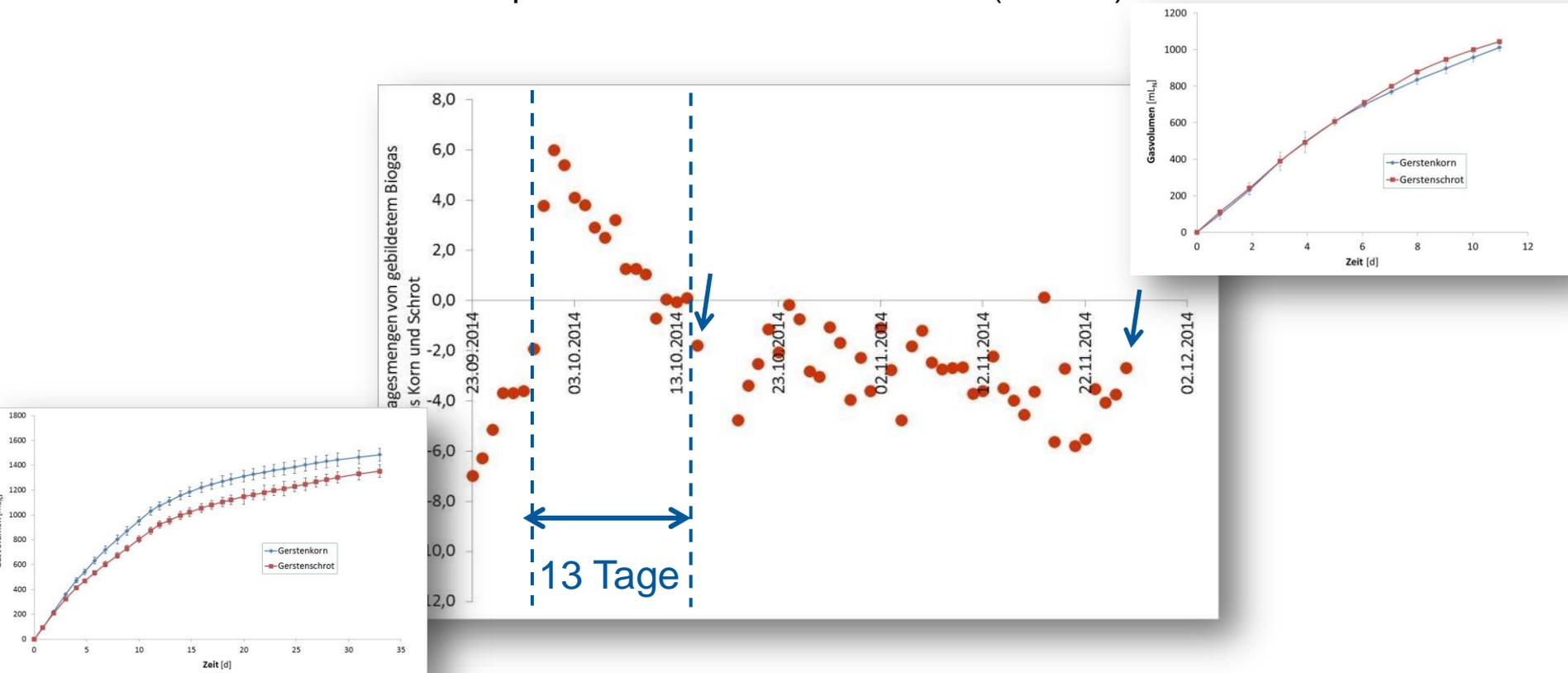


- » 2 parallel laufende Fermenter (à 30 L), mesophil (39 °C)
- » Substrate: Maissilage (67 % TS), Rindergülle (9 % TS), Gerste (17 % TS)

# Getreide

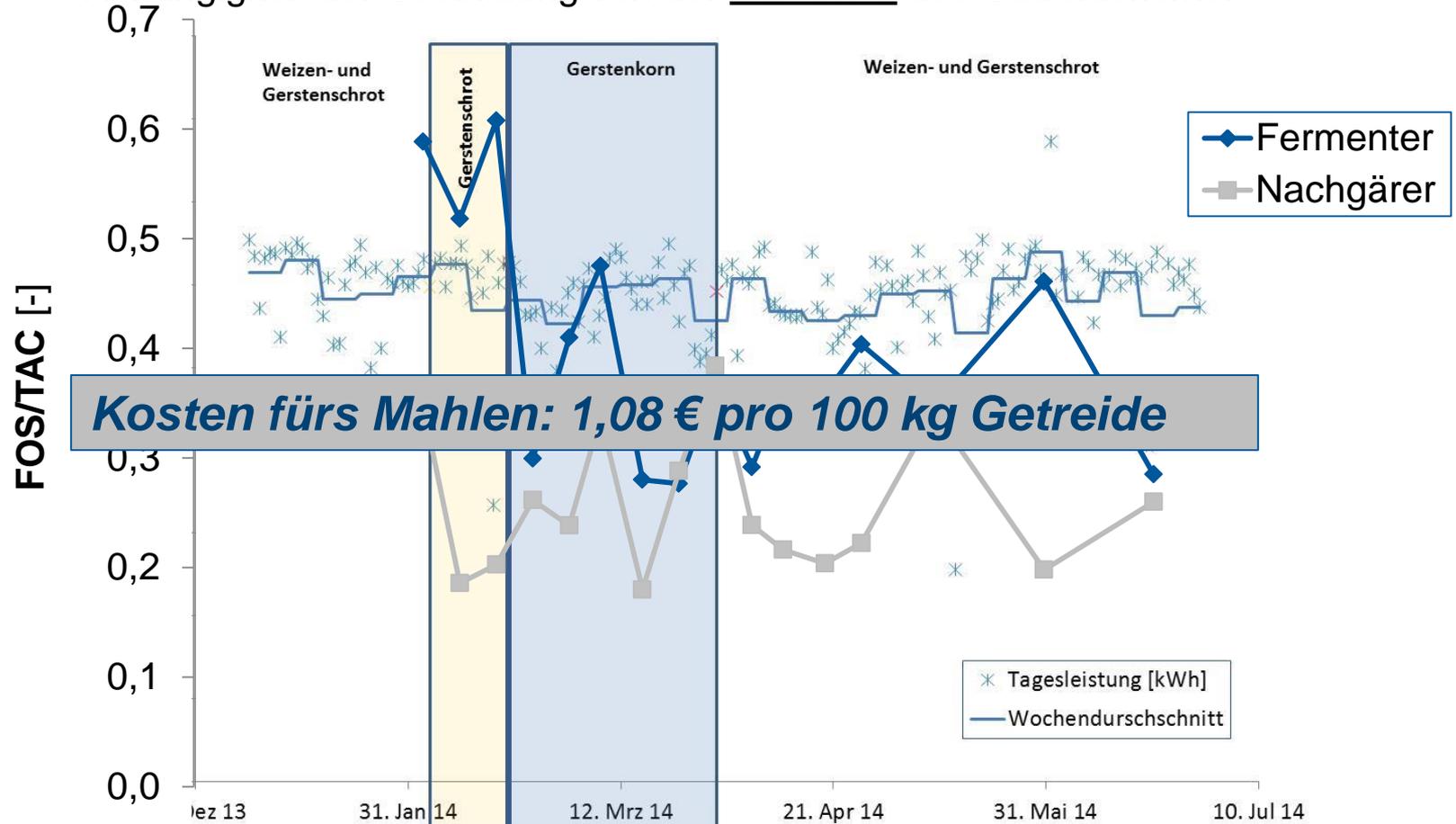
Abhängigkeit der Gasbildung von der Mahlstufe des Getreidekorns:

## 2. quasi-kontinuierliche Versuche (**Gerste**)

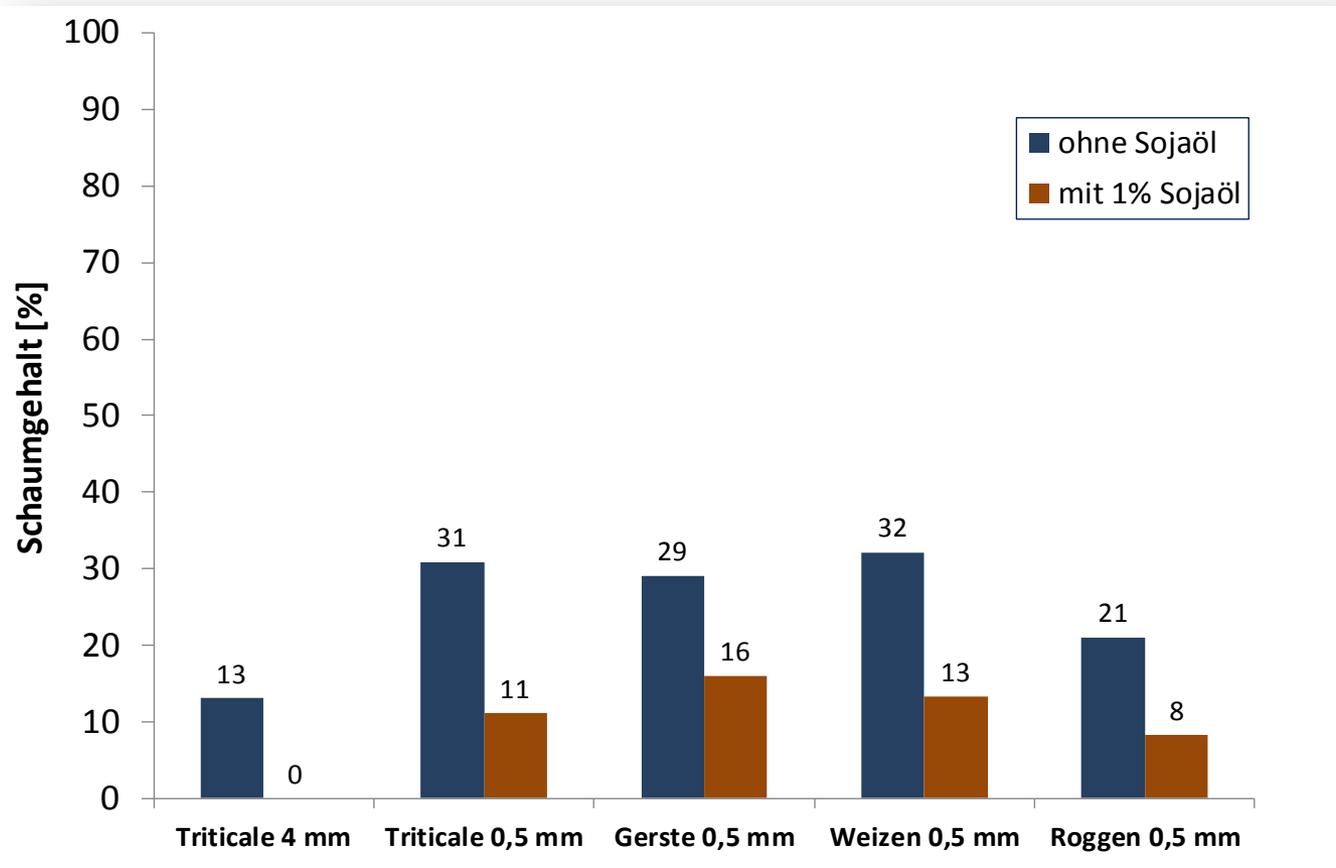


# Getreide

Abhängigkeit der Gasbildung von der Mahlstufe des Getreidekorns:



## Getreide



## Fallbeispiel 3

	Fermenter	Nachgärer
TS [%]	7,9	5,9
oTS [% TS]	80,6	76,3
FOS/TAC [-]	0,21	0,16
NH <sub>4</sub> -N [mg/L]	1.188	2.002
Acetat [mg/L]	491	38
Propionat [mg/L]	97,8	<1
Butyrat [mg/L]	<1	<1

» Schaum:

“Schaum kommt NUR wenn Zuckerrübe gefüttert wird (August bis Februar) UND wenn bei Kühen mehrmals pro Woche gesäubert wird“

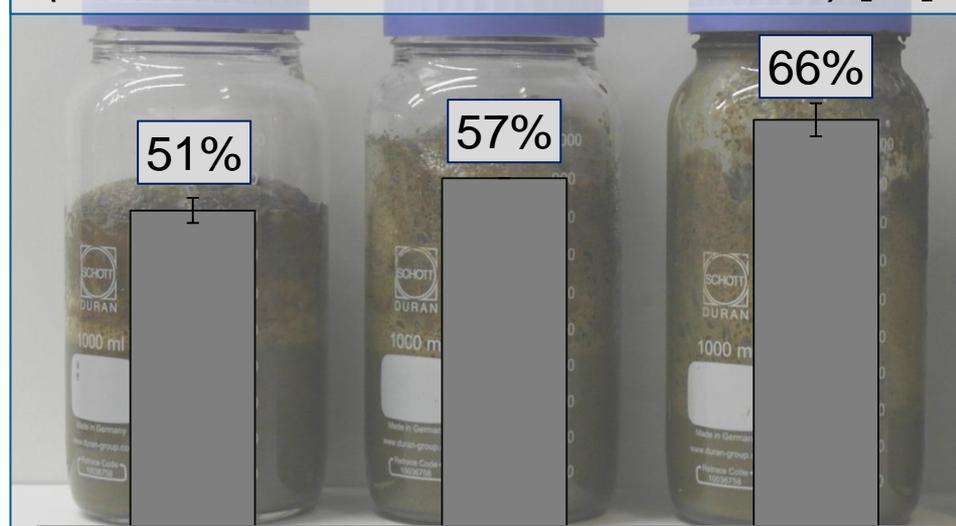
- Maßnahme: Dauerrühren

# Zuckerrübe

1. Abhängigkeit der Intensität der Schaumbildung von Zerkleinerungsgrad der Rübe

## Zuckerrübe

**Schaumanteil:**  
(= Schaumhöhe vs. Gesamthöhe) [%]



Versuchsdurchführung:  
40 g Zuckerrübe + 460 g  
Digestat (NawaRo-BGA);  
37 °C (Wasserbad),  
Versuchsdauer: 20,5 h.

Moeller et al.: Foam  
formation in biogas plants  
caused by anaerobic  
digestion of sugar beet.  
Bioresource Technology  
2015, 178, 270-277

**1 cm**



**0,5 cm**



**gerieben**

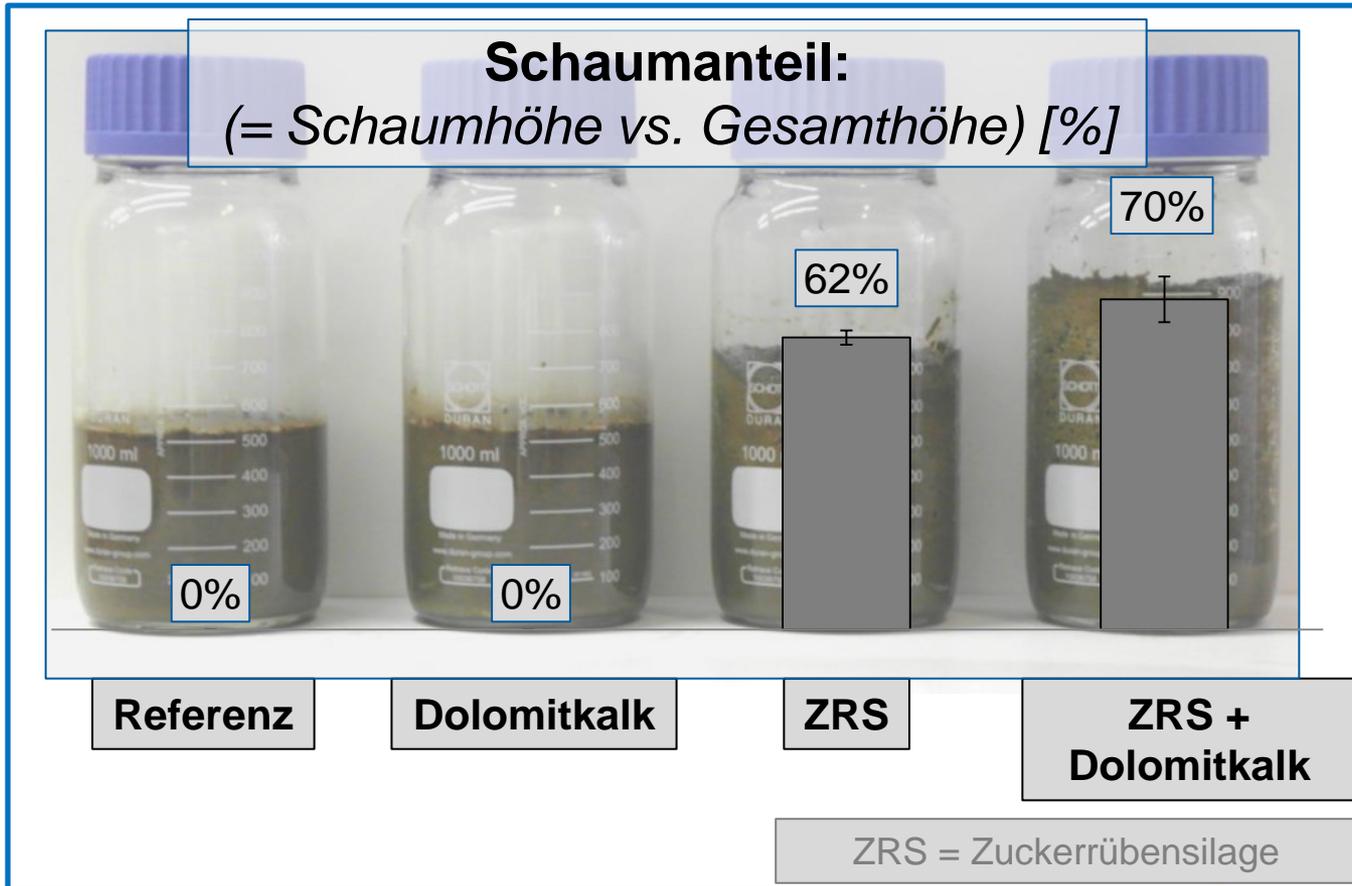


**Zuckerrübenzerkleinerung**

## Zuckerrübe

### 2. Abhängigkeit der Intensität der Schaumbildung von Chemikalien in der Tierzuchthaltung

## Zuckerrübe



Versuchsdurchführung: 40 g Zuckerrübe + 460 g Digestat (NawaRo-BGA);  
37 °C (Wasserbad), Versuchsdauer: 19 h.

Moeller et al.: Foam formation in biogas plants caused by anaerobic digestion of sugar beet. *Bioresource Technology* 2015, 178, 270-277

## Zuckerrübe

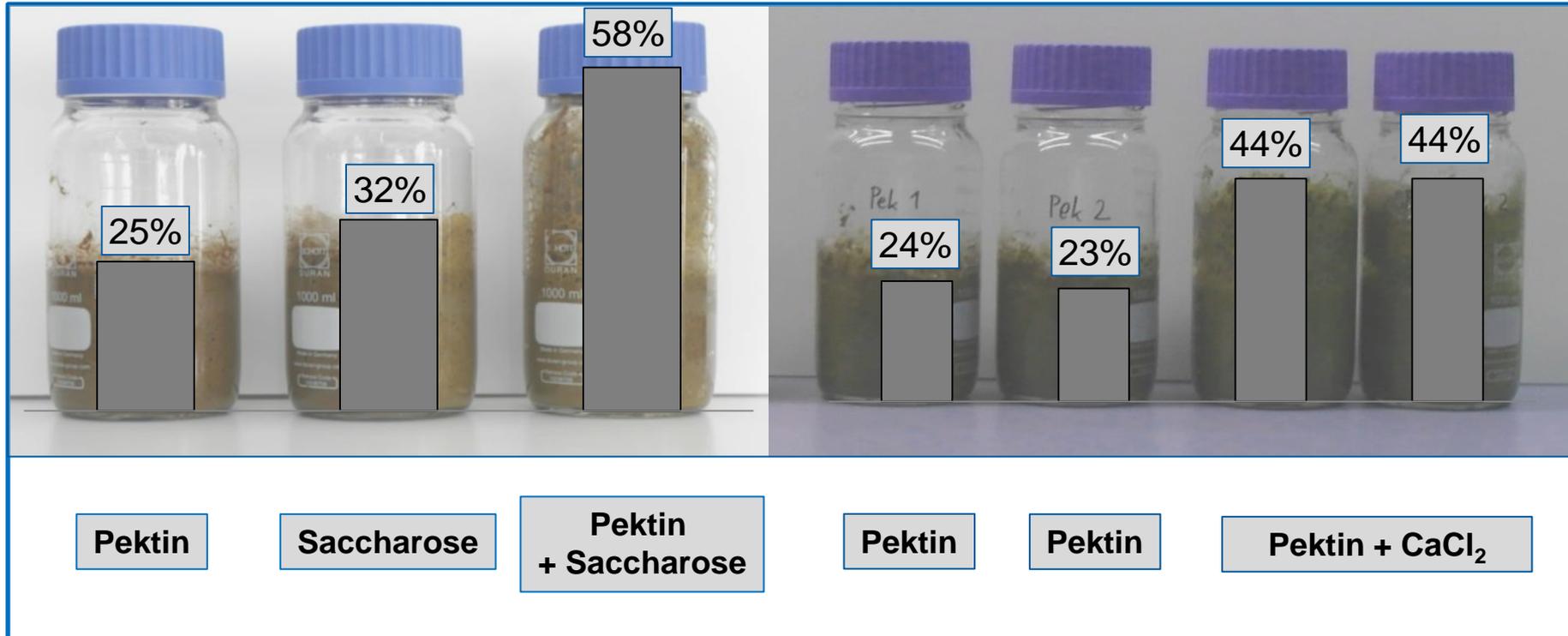
### Schaumeigenschaften:

	Gärrest	Schaum	Referenz
Kohlenhydrate [g/L]	0,97 ± 0,03	4,28 ± 0,37	0,88
Pektin [g <sub>GA</sub> /kg]	0,50 ± 0,004	0,71 ± 0,09	0,37
Acetat [g/L]	4,25 ± 0,26	2,24 ± 0,66	0,11
Propionat [g/L]	3,27 ± 0,10	1,86 ± 0,46	0,09
Butyrat [g/L]	0,83 ± 0,06	0,45 ± 0,17	0,03

Moeller, L., Lehnig, M., Schenk, J., Zehnsdorf, A.: Foam formation in biogas plants caused by anaerobic digestion of sugar beet. *Bioresource Technology* 2015, 178, 270-277

# Zuckerrübe

## Interaktion von Pektin mit anderen Stoffen im Digestat

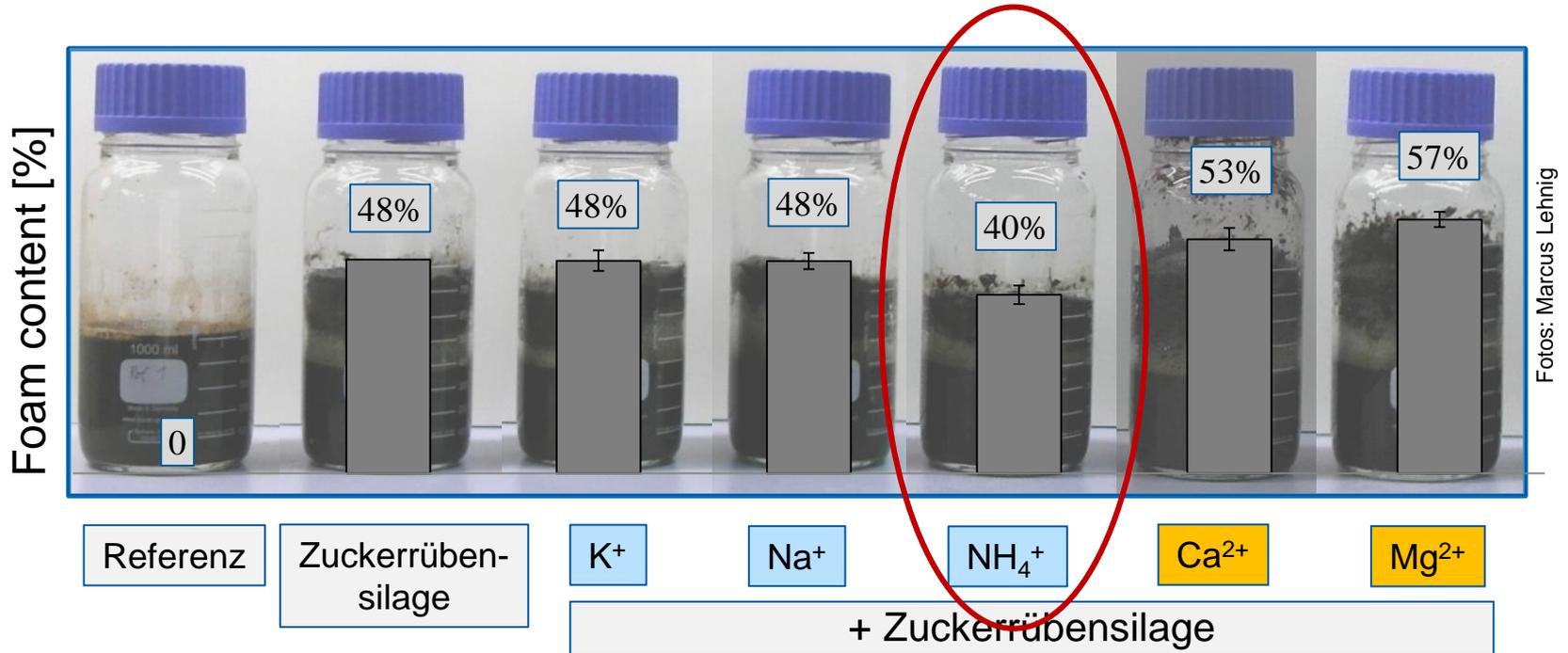


Versuchsdurchführung: 10 g Pektin/Sacharose/Pektin+Saccharose/Pektin+CaCl<sub>2</sub> + 490 g Digestat (NawaRo-BGA); 37 °C (Wasserbad), Versuchsdauer: 21 h.

Moeller, L., Lehnig, M., Schenk, J., Zehnsdorf, A.: Foam formation in biogas plants caused by anaerobic digestion of sugar beet. *Bioresource Technology* 2015, 178, 270-277

# Zuckerrübe

Interaktion von Pektin mit Ionen unterschiedlicher Wertigkeit



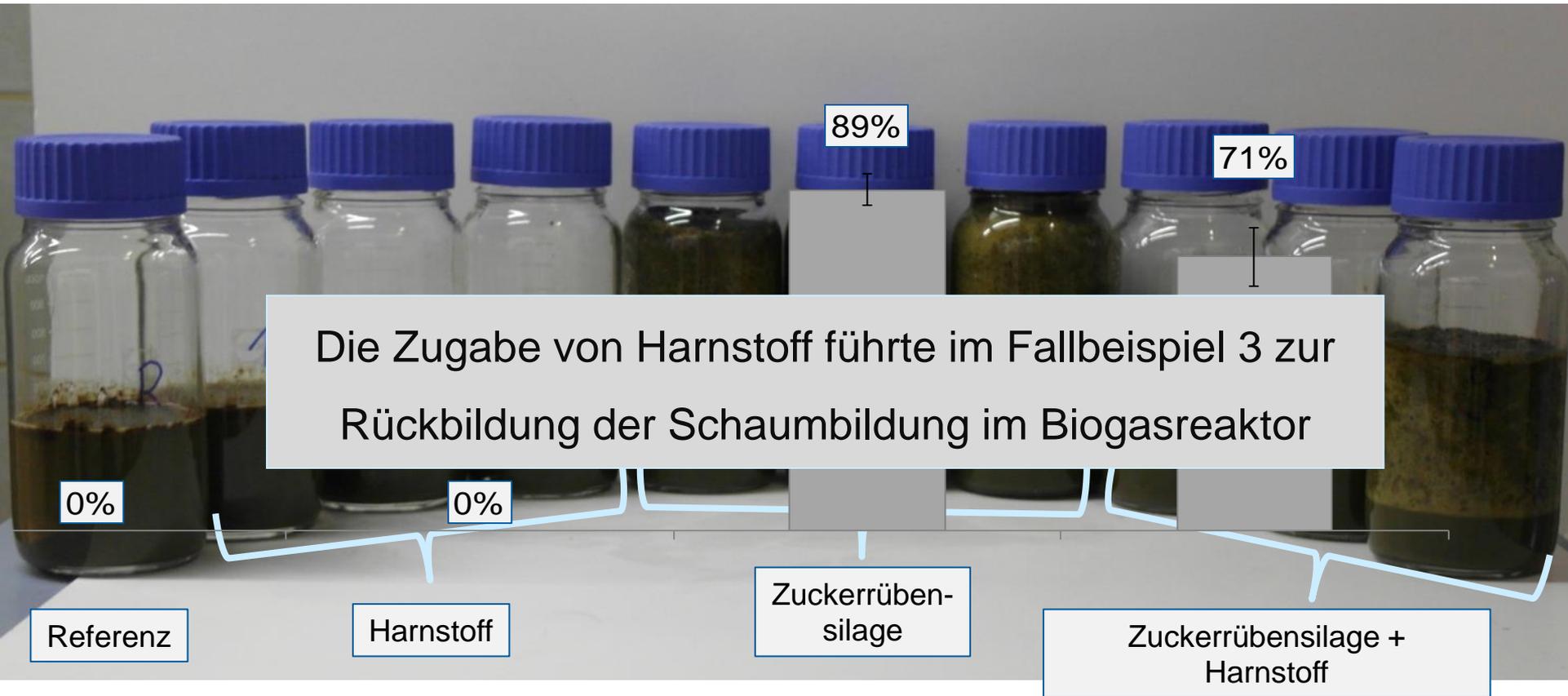
Versuchsdurchführung: 40 g Zuckerrübensilage + 460 g Digestat + 5 g Salze; 37 °C (Wasserbad), Versuchsdauer: 20 h.

Moeller, L., Lehnig, M., Schenk, J., Zehndorf, A.: Foam formation in biogas plants caused by anaerobic digestion of sugar beet. *Bioresource Technology* 2015, 178, 270-277

## Zuckerrübe

### 3. Abhängigkeit der Intensität der Schaumbildung von C/N-Verhältnis im Biogasfermenter

## Zuckerrübe

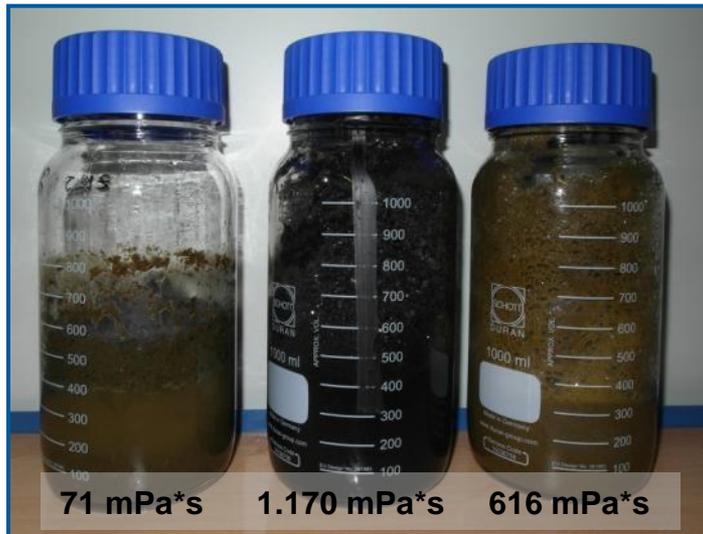


Moeller, L., Lehnig, M., Schenk, J., Zehndorf, A.: Foam formation in biogas plants caused by anaerobic digestion of sugar beet. *Bioresource Technology* 2015, 178, 270-277

## Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

Nutzung von risikoreichen **Substraten**

**Rolle des Ausgangs-Gärmaterials**



Gärmaterial aus drei NawaRo-Anlagen mit 2 % (w/w) Zuckerrübensilage



Gärmaterial aus einer NawaRo-Anlage: mit 2 % (w/w) Triticale und ohne Substrat (Referenz)

## Fallbeispiel 5

### NawaRo-BGA in Sachsen



## Fallbeispiel 5

- » zweistufig, mesophil (Hydrolyse: 34 °C, Fermenter: 41 °C)
- » Durchmischung:
  - Hydrolyse (200 m<sup>3</sup>): Paddelrührwerk
  - 2 Fermenter (à 800 m<sup>3</sup>): jeweils ein Fallschachtrührwerk und ein Tauchrührwerk
- » Substratmix:
  - 9,6 m<sup>3</sup> / d Schweinegülle
  - 2 t / d Anwelksilage (Futterroggen)
  - 2 t / d Getreideschrot (Triticale)
  - 6,5 t / d Maisschrot
  - 18 m<sup>3</sup> / d Rezirkulat
  - 5 m<sup>3</sup> / d Wasser
- » Schaum:
  - seit drei Monaten
  - nächtliche Kontrollen
  - Gasleitungen spülen (auch früh um 5 und an den Wochenenden)

**„wenn wir einen Tag lang nichts gegen den Schaum unternehmen würden, wäre er 4 m hoch“**

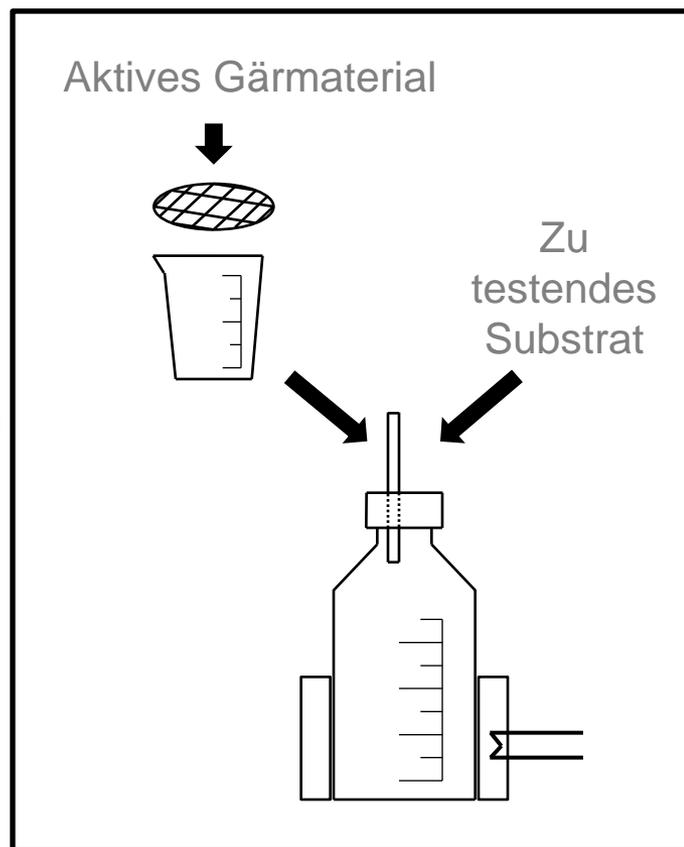


Photo: André Künzelmann, UFZ

Zu bestellen bei:  
**EISMANN & STÖBE GBR**  
EMISSIONS- UND  
UMWELTMESSTECHNIK  
TEL: +49 (0)341 2373251  
E-Mail: info@antoc.de

Moeller, L., Zehndorf, A., Beyer, D. (2013) Testset zur Bestimmung der Schaumneigung von Substrat für Biogasanlagen. Gebrauchsmuster DE 202013000693 U1.



t = 0 min

t = 3 h

t = 6 h



## IQ INNOVATIONSPREIS MITTELDEUTSCHLAND

# IQ INNOVATIONSPREIS LEIPZIG 2014



## Innovation

- **weltweit erstes Testset** zur Bestimmung der Schaumneigung von Substraten in Biogasanlagen
- ermöglicht:
  - **vor** der Zugabe das Erkennen kritischer Substrate
  - die Ursachendiagnose schäumender Biogasanlagen
  - die Optimierung im **gefährlosen Testbetrieb**
- macht optisch erlebbar, was in der Biogasanlage passieren wird

**Der LEIPZIGER SCHAUMTESTER erhöht die Wettbewerbsfähigkeit der Anlagenbetreiber durch optimale Nutzung problematischer Substrate!**

Moeller, L., Eismann, F., Wißmann, D., Nägele, H.-J., Zielonka, S., Müller, R.A., Zehnsdorf, A.: Innovative test method for the estimation of the foaming tendency of substrates for biogas plants. Waste Management.

## Zusammenfassung

- Schaumbildung im Prozess der anaeroben Vergärung ist ein häufiges Phänomen
- Schaum in Biogasanlagen entsteht als Folge von:
  - **ungeeigneter Prozessführung**
  - der Nutzung von **risikoreichen Substraten (Getreide, Zuckerrübe)**
- LEIPZIGER SCHAUMTESTER stellt eine große Hilfe dar, indem eine mögliche **schaumprovozierende Neigung von Substraten** explizit und frühzeitig beurteilt werden kann
  - im Ergebnis erfährt der Anlagenbetreiber, ob er das vorgelegte Substrat nutzen darf oder ob Vorsicht notwendig ist
  - der Schaumtester kann auch zur **Diagnose** von Schaumereignissen in BGAs angewendet werden

## Dank an:

- Firma Eismann & Stöbe GbR
- AG Bioprozesstechnik (UFZ)
- Grit Weichert, Stefan Moeller, André Künzelmann, Wolfgang Rudolph, uvm.
- Projektpartner (GFZ Potsdam, DBFZ, TU Berlin, KIT)



- BMU (Förderprogramm „Energetische Biomassenutzung“) und Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft



Foto: André Künzelmann, UFZ

