

# Methanemissionen von Biogasaufbereitungs- und Nachbehandlungsanlagen



Lukas Knoll (DBFZ)

8. FNR/KTBL Biogaskongress am 11.09.2023

# EmMinA

## Emissionsminderung bei der Biogasaufbereitung, -verdichtung und -einspeisung



- **Laufzeit:** Sep. 2021 – Feb. 2024
- **Lead:** DBFZ
- **Fördermittelgeber:** Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
- **Partner:** Rytec – Biogas und Bioenergieanlagen
- **Ziele:**
  - Ermittlung von Emissionen aus Aufbereitungs- und Nachbehandlungsanlagen
  - Bewertung von Nachbehandlungstechnologien hinsichtlich Kosten, energetischen Effizienz, Leistungsfähigkeit, Emissionsminderung und den Betriebserfahrungen
  - Bewertung von Methanoxidationsfiltern (MOX) zur Schwachgasbehandlung als Alternative zu den bisherigen Verfahren für Standorte mit geringeren Volumenströmen (Rytec)

# Potentielle Methan Emissionsquellen

$\text{GWP}_{100} \text{CH}_4 \rightarrow 28\text{x}$  stärker als  $\text{CO}_2$



**OTNOC:** other than normal operating conditions

# Hintergrund

- Ende 2022: 243 BGA mit unterschiedlichen Aufbereitungsverfahren in Deutschland
- EU-weit aktuell Membranseparation am häufigsten eingesetzt
- Limitierung der Methanmengen im abgetrennten CO<sub>2</sub>-/Abgasstrom auf (0,2 %)
- i.d.R. Abgasnachbehandlung erforderlich
- Ausnahme: Aminwäsche
- Regenerative Thermische Oxidation (RTO) am häufigsten eingesetztes Verfahren zur Abgasnachbehandlung

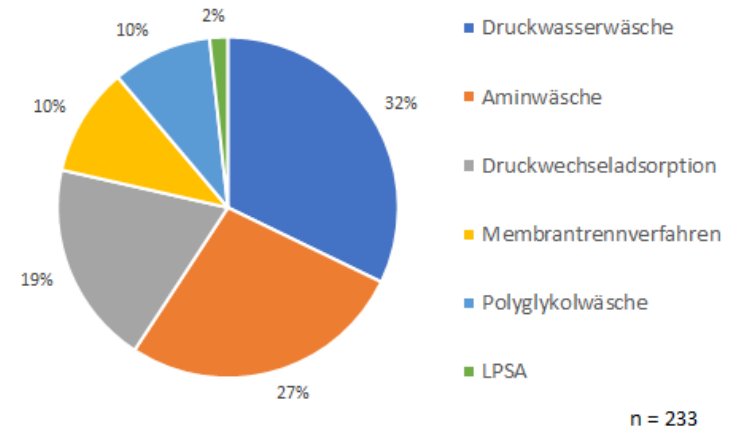


Abbildung: Verteilung der Biogasaufbereitungsverfahren in Deutschland (DBFZ-Betreiberbefragungen, 2010 - 2022; Datenstand 04/2023)

# Anlagenauswahl

Anlagen-Nr.	Verfahren	Nachbehandlung s-verfahren	IBN	Einspeisekapazität (m³/h Biomethan)	Messung
A01	Membran	RTO	2014	350 - 700	10/2022
A02	Membran	RTO	2016	700 - 1 000	11/2022
A03	PSA	RTO	2016	700 - 1 000	
A04	PSA	RTO	2013	350 - 700	05/2023
A05	Membran	RTO	2019	350 - 700	(09/2023)
A06	Aminwäsche	-	2014	350 - 700	03/2023
A07	Aminwäsche	-	2020	700 - 1 000	
A08	Aminwäsche	-	2013	350 - 700	
A09	Membran	RTO	2017	< 350	
A10	Membran	RTO	2013	< 350	(09/2023)
A11	Membran	RTO	2015	> 1 000	04/2023
A12	DWW	RTO	2012	350 - 700	
A13	DWW	RTO	2013	700 - 1 000	05/2023
A14	DWW		ausstehend	ausstehend	
A15	PSA		ausstehend	ausstehend	



- ★ Messungen abgeschlossen
- ★ Messungen ausstehend

## Einzelquellenanalyse (on-site Ansatz)

- Anlagenbegehung → Identifikation der Einzelquellen (OGI-Kamera (A), Methanlaser)
- Aufbau angepasster Messstellen in Abhängigkeit der Quellart

- Quantifizierung mittels:

A) Hauben (Volumenstrom + Konz.-messung)

B) Q-OGI-Kamera (B)

- Aufsummierung der Einzelquellen zur Gesamtmethanfracht der Anlage

OGI – Optical Gas Imagin

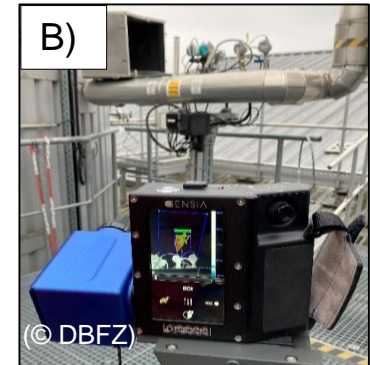
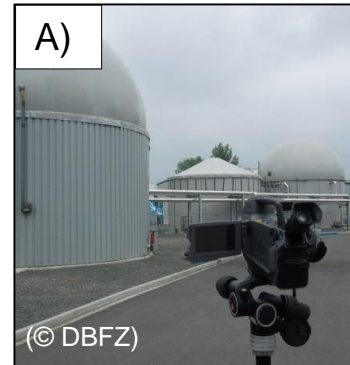
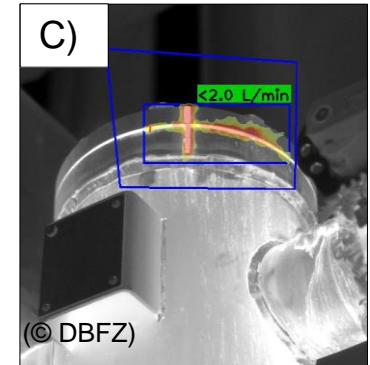


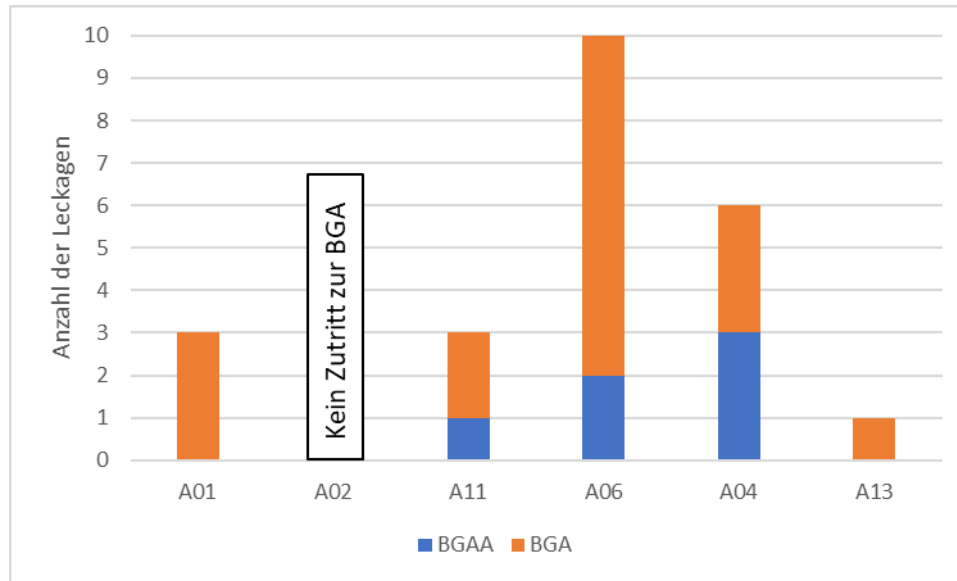
Abbildung:  
A) OGI-Kamera (FLIR) im Einsatz bei der Leckagesuche an der DBFZ-Forschungsbiogasanlage;  
B) Quantifizierung mittels Q-OGI-Kamera (SENSIA)  
C) Quantifizierung einer Leckage an einem Flansch



# Emissionsquellen an BGAA

- Gasführende Anlagenteile im Außenbereich  
(z. B. Flansche, Kugelhähne, Ventile, etc.)
- Eingehauste und über eine Zwangsbelüftung gefasste Anlagenteile  
(z. B. Membran-, Verdichter-, Aktivkohlecontainer)
- Abgas der BGAA nach der RTO (Methan, N<sub>2</sub>O)
- Einspeiseanlage, Verdichterstation

# Leckagesuche



## BGA:

An allen Anlagen wurden Leckagen gefunden:

- Rohrdurchführungen (5x)
- Seildurchführung Rührwerk (4x)
- Erhöhte CH<sub>4</sub> Konzentrationen in der Stützluft (3x)
- Über-/Unterdrucksicherung (betriebsbedingte Auslösung 1x; Leckage 1x)

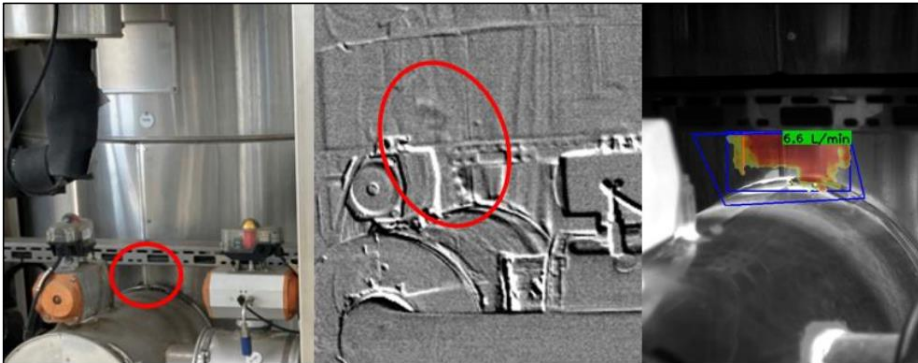
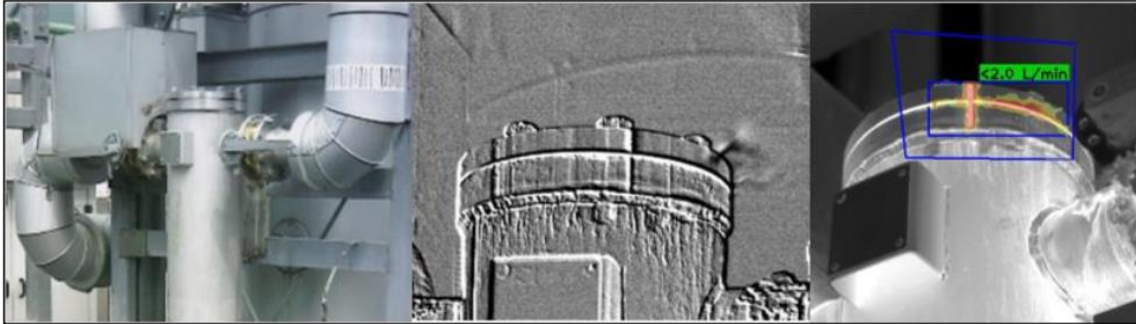
## BGAA:

An 3 von 6 Anlagen wurden Leckagen gefunden

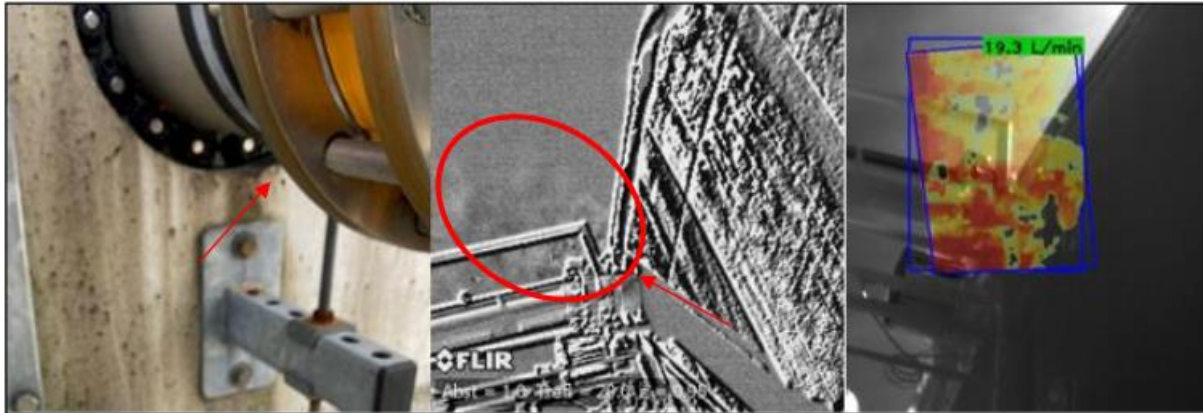
- Flansch, Ventil, Kugelhahn
- An 3 von 6 Anlagen wurden Wartungsarbeiten während des Messzeitraums durchgeführt
- 1 von 5 RTO-Anlagen war nicht in Betrieb



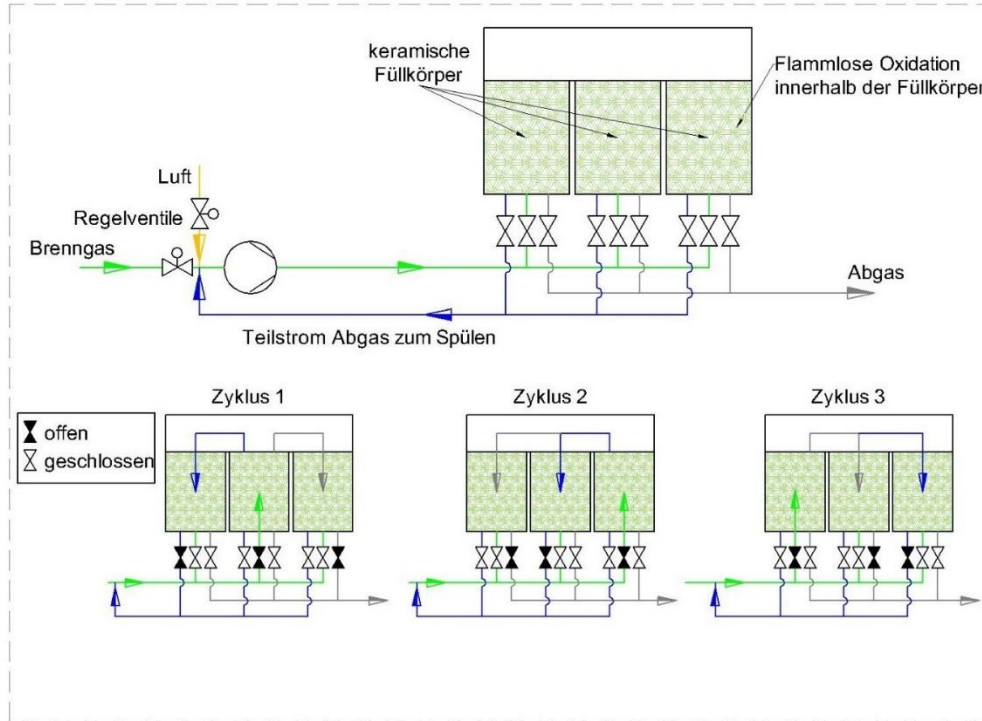
# Leckagen an Flanschen und Ventilen



# Leckage an einer Rohrdurchführung zum Fermenter

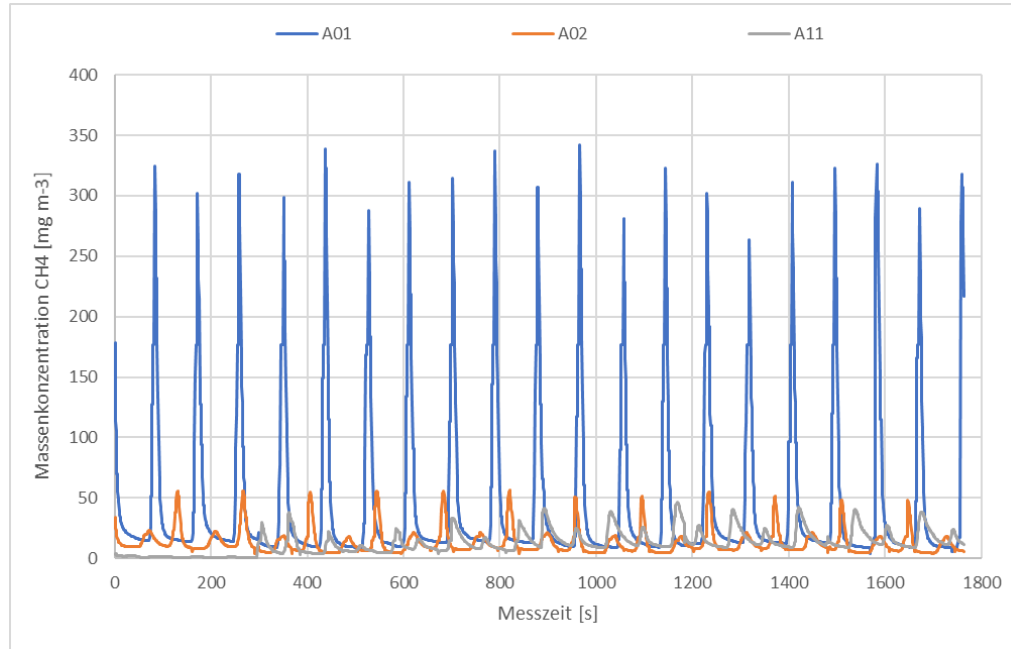


# Regenerative thermische Oxidation



- Minimierung der Wärmeverluste
- Betrieb mit Strömungsrichtungswechsel
- Sehr hohe Effizienz

# Messung des CO<sub>2</sub>-reichen Abgasstrom



- A01: 2-Kammer RTO ohne Rückspülung
- A02: 2-Kammer RTO mit Rückspülung
- A11: 2-Kammer RTO mit Rückspülung



Abbildung: Abgasmessung nach der RTO

# Messung des CO<sub>2</sub>-reichen Abgasstrom

Nr.	Einspeisekapazität	IBN	Verfahren	CH <sub>4</sub> Schlupf <sup>1)</sup>	NBA <sup>2)</sup>	Emissionsrate	EF-CH <sub>4</sub> <sup>3)</sup>
	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	[Jahr]	[-]	[%]	[-]	[g <sub>CH<sub>4</sub></sub> h <sup>-1</sup> ]	[%]
A01	350 - 700 (320)	2014	Membran	1,09	RTO	36	0.02
A02	700 - 1000 (730)	2016	Membran	0,85	RTO	24	0.01
A11	700 - 1000 (700)	2015	Membran	1,17	RTO	21	0.01
A06	700 - 1000 (750)	2013	Amin	0,06	-	276	0.05
A04	350 - 700 (400)	2013	PSA	0,99	RTO*	2504	0.86
A11	> 1000 (1421)	2013	DWW	0,54	RTO	561	0,06

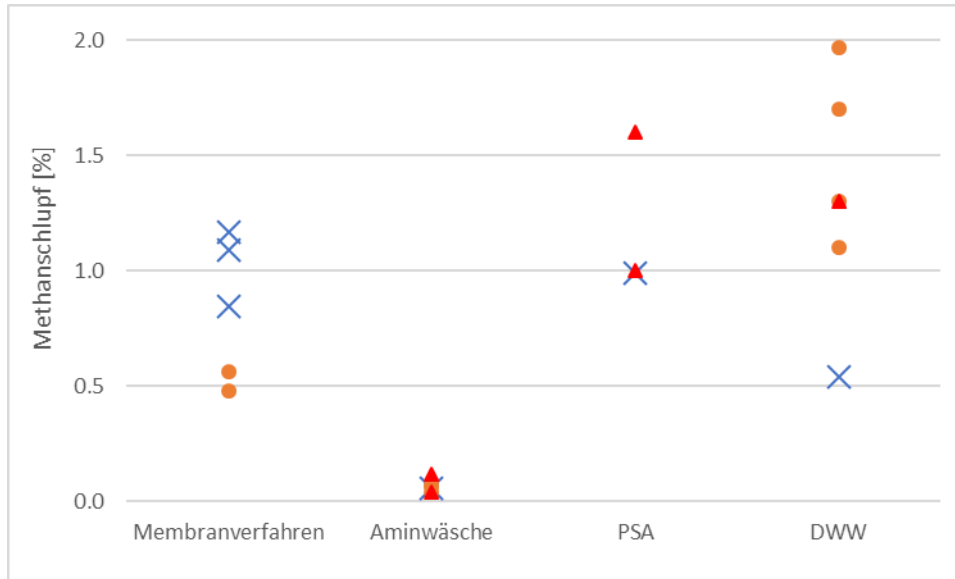
1) vor der Nachbehandlung (Betreiberangabe)

2) Nachbehandlungsanlage

3) Emissionsfaktor der BGAA aus dem CO<sub>2</sub>-Abluftstrom bezogen auf die durchschnittliche Biomethanproduktion der jeweiligen Anlage

\* RTO zum Zeitpunkt der Messungen wegen Wartungsarbeiten nicht in Betrieb

# Methanschlupf unterschiedlicher Aufbereitungsverfahren

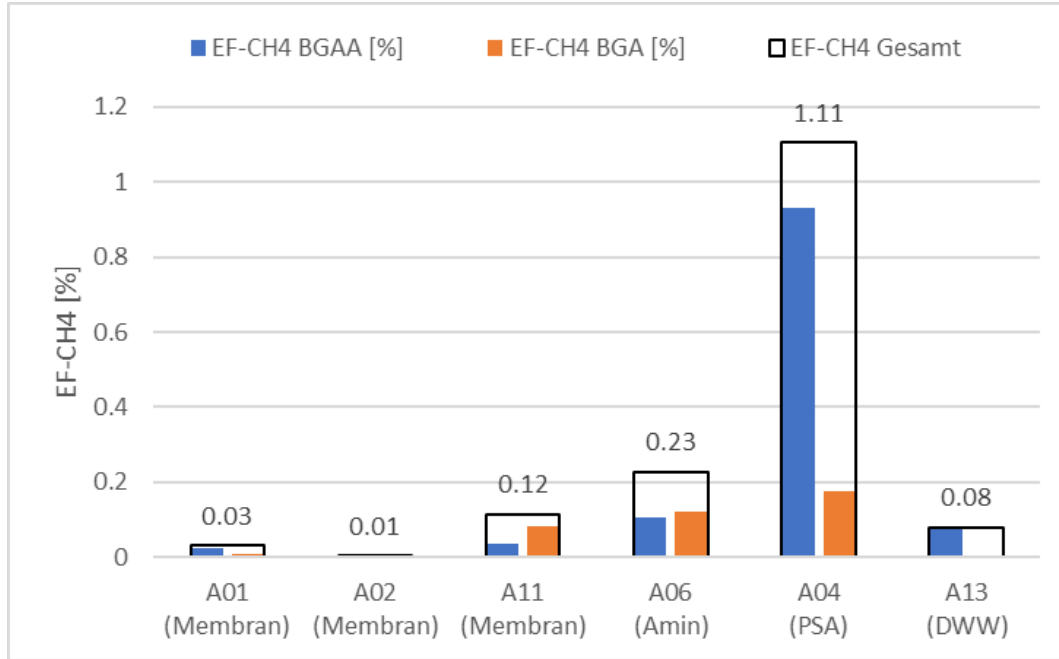


- × EmMinA
- Kvist & Aryial, 2019
- ▲ MONA, 2015

# Gesamt Emissionsfaktor je Anlage

Anlagenbereich	Emissionsquelle	Q <sub>CH<sub>4</sub></sub> [g h <sup>-1</sup> ]	EF CH <sub>4</sub> [% CH <sub>4</sub> ]	Bemerkung
BGAA	Abgasstrom	2504	0.862	Messung im Vollastbetrieb; RTO nicht in Betrieb
BGAA	Leckage 1: CO <sub>2</sub> -Gasspeicher	60	0,021	
BGAA	Leckage 2: Flansch	53	0,018	Wurde vom Anlagenbetreiber behoben
BGAA	Leckage 3: Kugelhahn	91	0,031	
Summe BGAA:		2708	0,932	
Fermentation	Stützluft	70	0,024	6 Doppelmembrangasspeicher mit Stützluft; Bestimmung Strömungsgeschw. am Zuluftkanal
Fermentation	Leckage 4: Foliendachanbin.	260	0,045	3 Leckagen gefunden, 2 mit Q-OGI Kamera quantifiziert
	Leckage 5: Rohrdurchführung	611	0,105	
Summe Fermentation:		941	0,174	
Einspeisung	Zwangsbelüftung	0,003	0,000	
<b>Gesamtsumme:</b>		<b>3649</b>	<b>1,11</b>	

# Gesamt Emissionsfaktor je Anlage



Mittlerer EF-CH<sub>4</sub>: 0,26 %

A02: kein Zutritt zur BGA  
A04: RTO nicht in Betrieb



# Herstellerebefragung für Nachbehandlungstechnologien

Folgende Befragungen haben stattgefunden:

- **IGS-Anlagentechnik** (Anlagen für DWW, Membrananlagen und Polyglykolwäsche, dazu BHKW Abgas, je ca. 50 Anlagen) - (Envitec, HZI, Malmberg)
- **Venjakob** – (PSA; DWW) - (ETW Energietechnik)
- **Göbel** (Technologieanbieter, aber keine im Biogasbereich; Angebot für Deponieschwachgasnachbehandlung)
- **Relox** (Allgemeine Auskunft, Referenzliste und Kunden)
- **Krantz** (RTO-Anlagen (2 & 3-Kammer)
- **Lambda** (Allgemeine Technik-Angaben, keine Kostendaten)



# Herstellerebefragung für Nachbehandlungstechnologien



- Markt wird von wenigen Herstellern geprägt
- Aufgrund sinkenden Methanschlupfes und den damit verbundenen geringen Konzentrationen wird meist eine RTO eingesetzt  
(1,5 g/m<sup>3</sup> bzw. 2-3 g/m<sup>3</sup> bzw. 0,3 % CH<sub>4</sub> autothermer Betrieb möglich)
- E-Flox und Schwachgasbrenner benötigen deutlich höhere Methankonzentrationen (>2%)
- Grenzwerte 20 mgC/m<sup>3</sup> ist nur von 3 Kammer RTO bzw. 2 Kammer mit Spülsystem einzuhalten
- Wärmeauskopplung ist vom Temperaturniveau für den Bedarf abhängig, bisher auf keiner der Anlagen realisiert

# Fazit und Ausblick



- Mittlere Methanschlupf der gemessenen BGAA (ohne Aminwäsche) liegt bei 0,93 % (n=5)
- Der Methanemissionsfaktor nach der RTO lag im Durchschnitt bei 0,03 % (n=5)
- Mittlerer Methanemissionsfaktor der BGA + BGAA von 0,26 % (n=6)
- An 50% der untersuchten BGAA Anlagen (3 von 6 Anlagen) wurde mindestens eine Leckage je Anlage gefunden (Ventil, Kugelhahn, Flansch)
- Emissionsmessungen an weiteren 9 BGAA (in 2023 und 2024)
- RTO am weitesten verbreitet, technisch auch die einzige Lösung bei Schlupf kleiner 2%
- Wärmeauskopplung ggf. eine zukünftige Lösung

# Leipziger Biogas-Fachgespräch

## Emissionen an Biogasanlagen - Rechtlicher Rahmen, Messmethodik & Ergebnisse aus Praxismessungen



**Wann:** 29. November 2023, 13:00 - ca. 16:30 Uhr

**Wo:** Hybrid (DBFZ / Online)

- Emissionsminderung bei Biogasanlagen – aktuelle Anforderungen
- Optische Gasetektion zur Überprüfung von Biogasanlagen
- Emissionsminderung bei der Biogasaufbereitung und Einspeisung
- Neue Anforderungen und Betreiberpflichten von BHKW-Modulen
- H<sub>2</sub>S Gehalte in Behältern von Biogasanlagen



## Smart Bioenergy – Innovations for a sustainable future

Kontakt:

M.Eng. Lukas Knoll

lukas.knoll[at]dbfz.de



DBFZ Deutsches  
Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116

D-04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de