

**Deutsches Biomasseforschungszentrum**

gemeinnützige GmbH



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Prozessinformationssysteme zur kontinuierlichen Überwachung der Energieeffizienz von Biogasanlagen

Marcel Pohl, Manuel Winkler, Martin Haupt



Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven, 12.9.2023, Bonn

# Das Vorhaben „Effektor“

## Prozessinformationssysteme zur kontinuierlichen Überwachung der Energieeffizienz von Biogasanlagen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



**Bewilligungszeitraum:** 01.10.2019 – 30.06.2023

**Projektpartner:** DBFZ (FKZ: 22038018)

OPTUM Systemtechnik GmbH (FKZ: 22038118)

**Förderprogramm:** „Technische Lösungen zur Steigerung der Effizienz von Bioenergie-Konversionsanlagen und -systemen“ bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

# Kontinuierliche Überwachung der technischen Effizienz von Biogasanlagen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## Projektziele

- (Quasi)kontinuierliche Effizienzüberwachung von Biogasanlagen
- Bereitstellung von PIMOS-Modul, frei zugänglicher Variante und benötigten Eingangsdaten als Katalog

## Vorgehensweise

- Methodenabgleich und -harmonisierung der Energiebilanzierung BGA
- Weiterentwicklung & Zusammenführung von Algorithmen um Bilanzierungszeiträume zu reduzieren

# Messtechnik in der Praxis

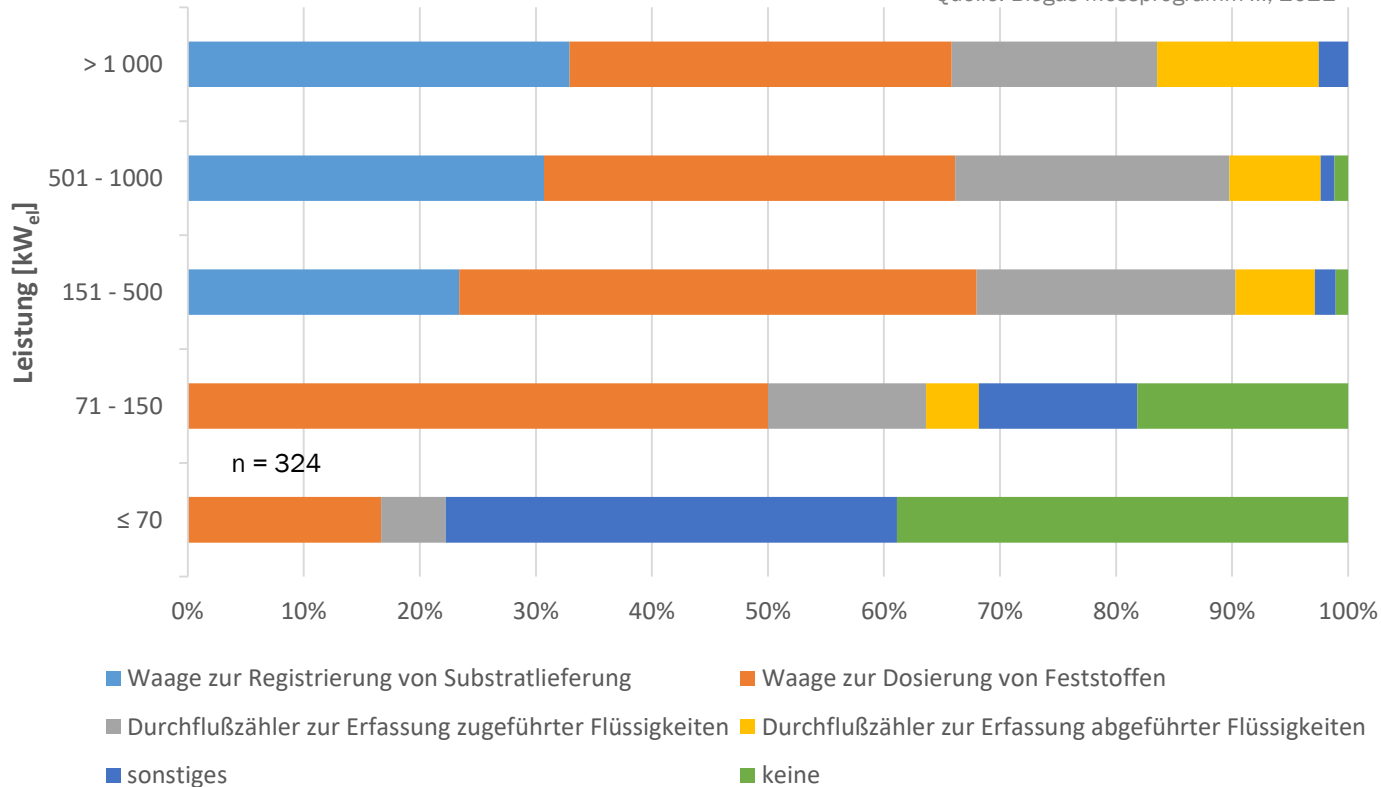
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Quelle: Biogas-Messprogramm III, 2021



Lediglich 10 % der beteiligten BGA verfügen über alle abgefragten Messeinrichtungen.

# Messtechnik in der Praxis

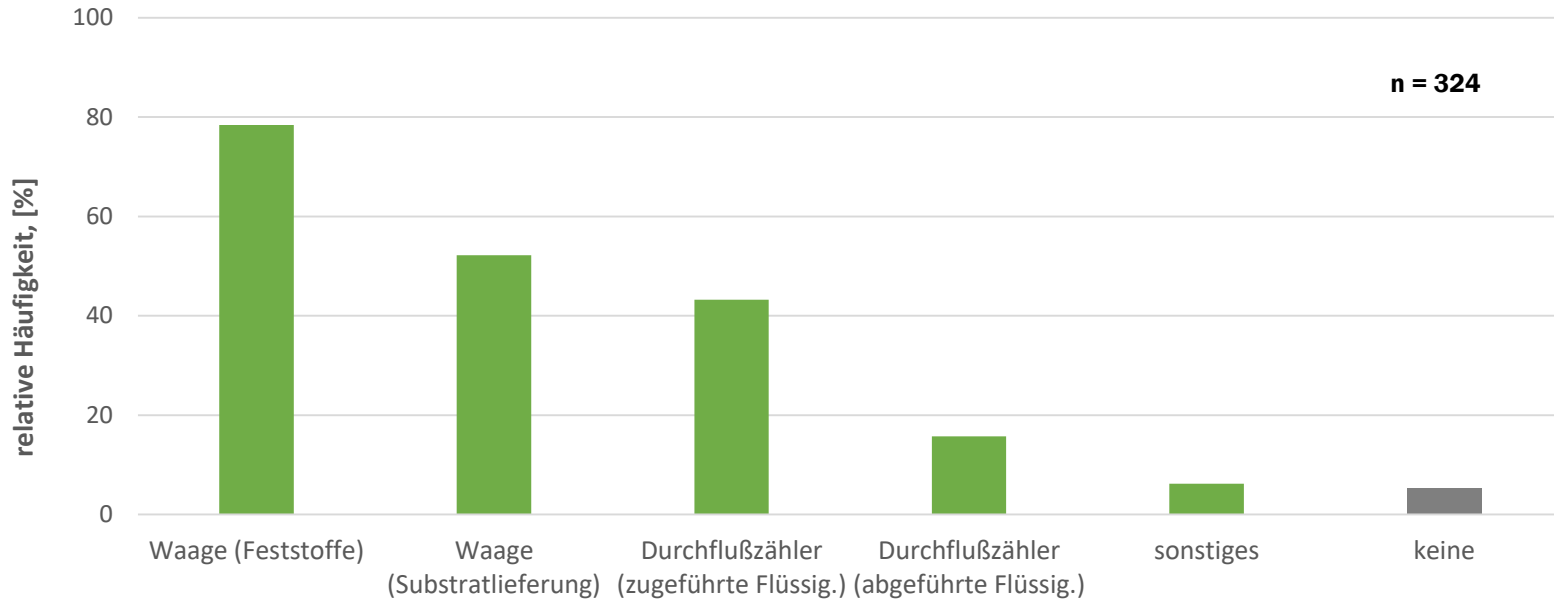
Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



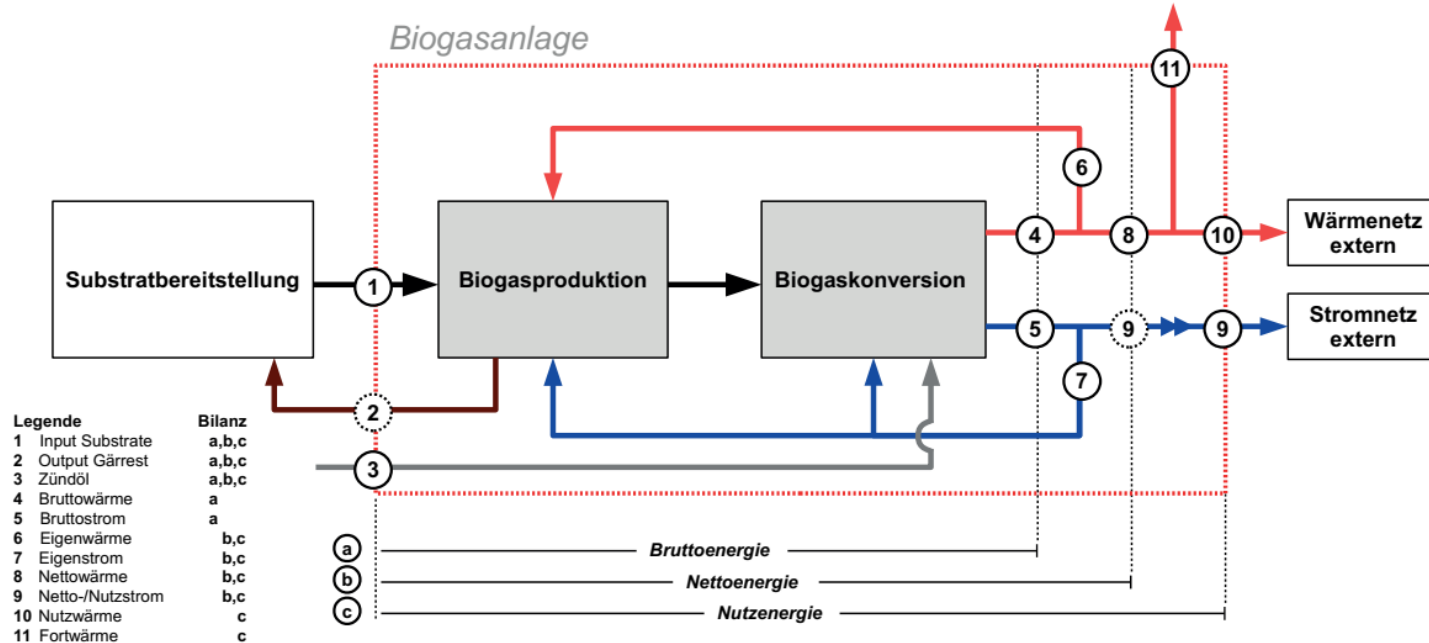
Quelle: Biogas-Messprogramm III, 2021

# Die Bilanzgrenzen einer Biogasanlage

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Quelle: Fischer et al. (2016), Energetische Bewertung von landwirtschaftlichen Biogasanlagen mithilfe des mittleren Brennstoffausnutzungsgrades, Landtechnik 71 (4), DOI:10.15150/lt.2016.3132

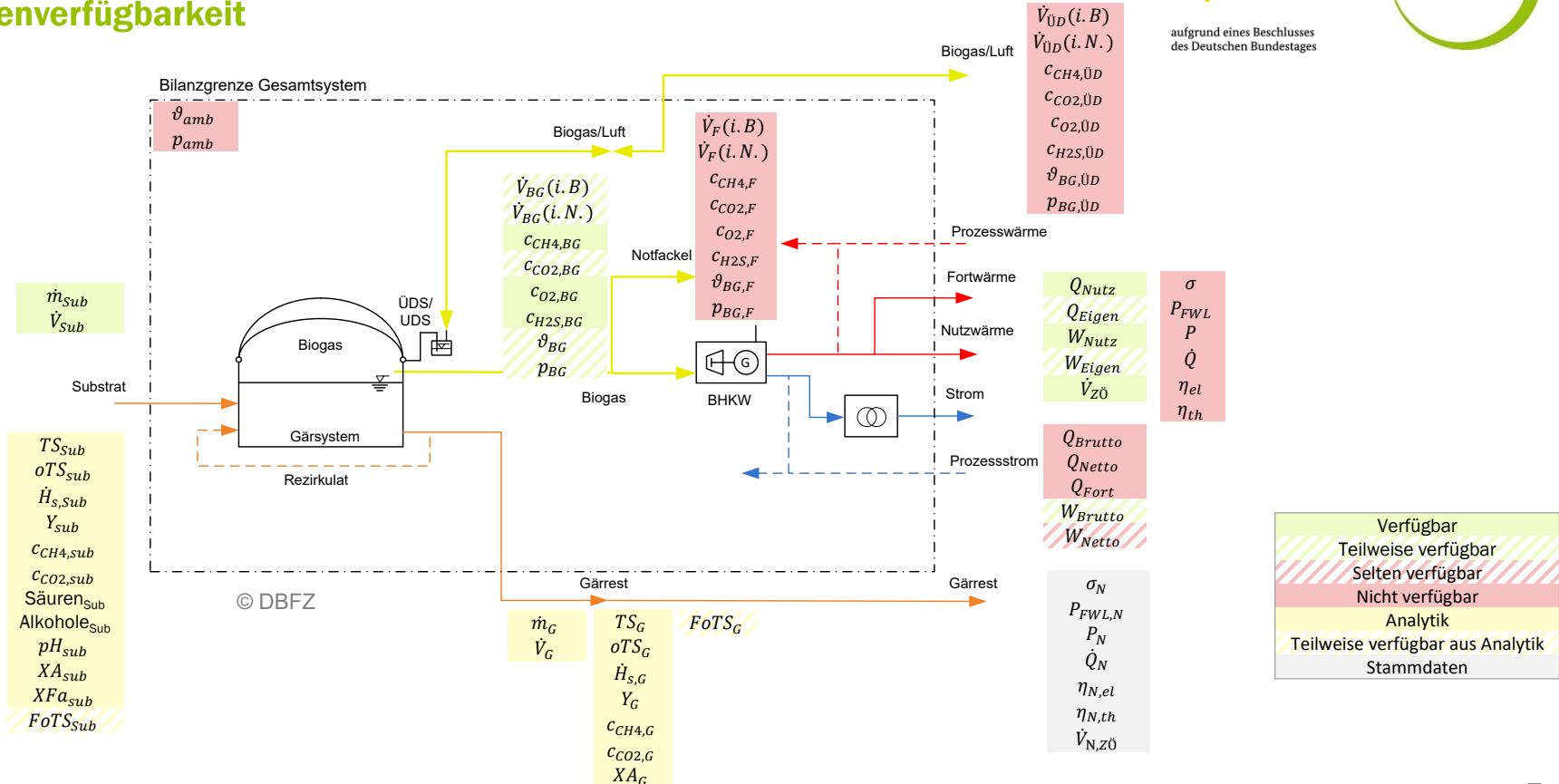
# Bilanzierung von Biogasanlagen

## Datenverfügbarkeit

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



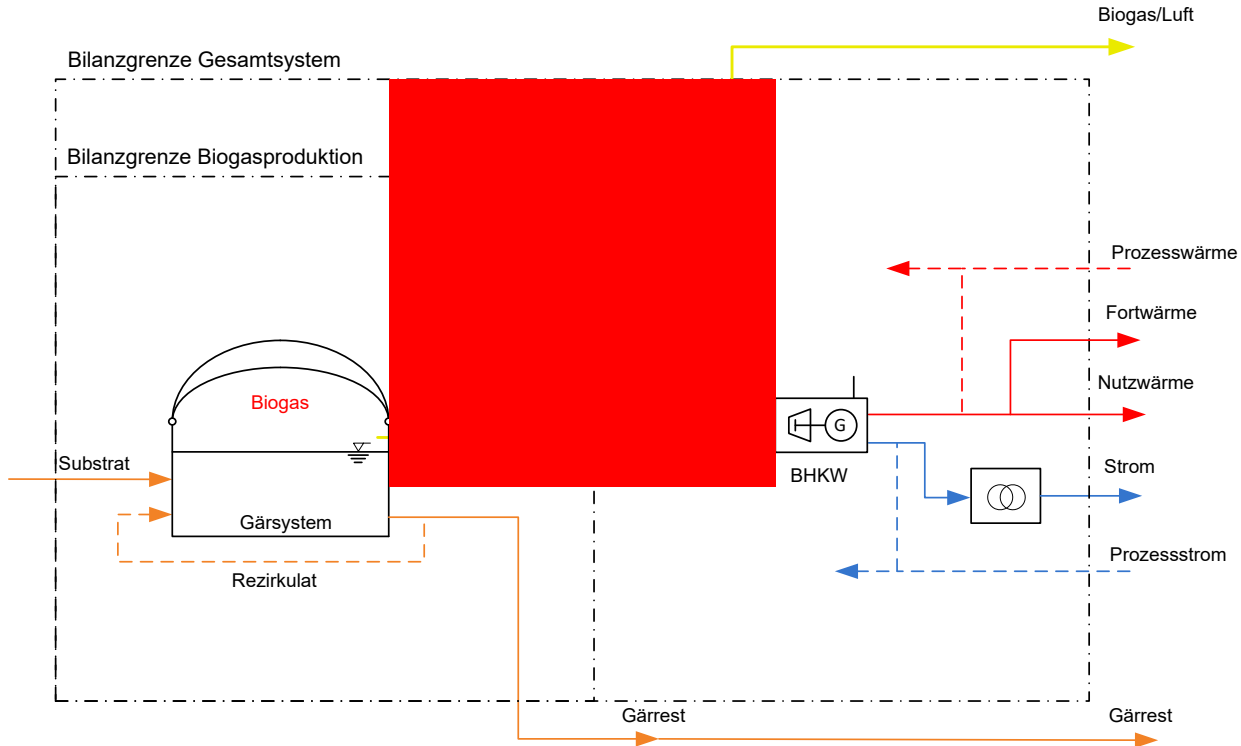
# Bilanzierung von Biogasanlagen

## Datenverfügbarkeit

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



© DBFZ

Bilanzierungen erschwert  
durch nicht gefasste Biogas-  
Emissionen

→ Rückrechnung auf  
produzierte Gasmenge  
potentiell fehlerbehaftet

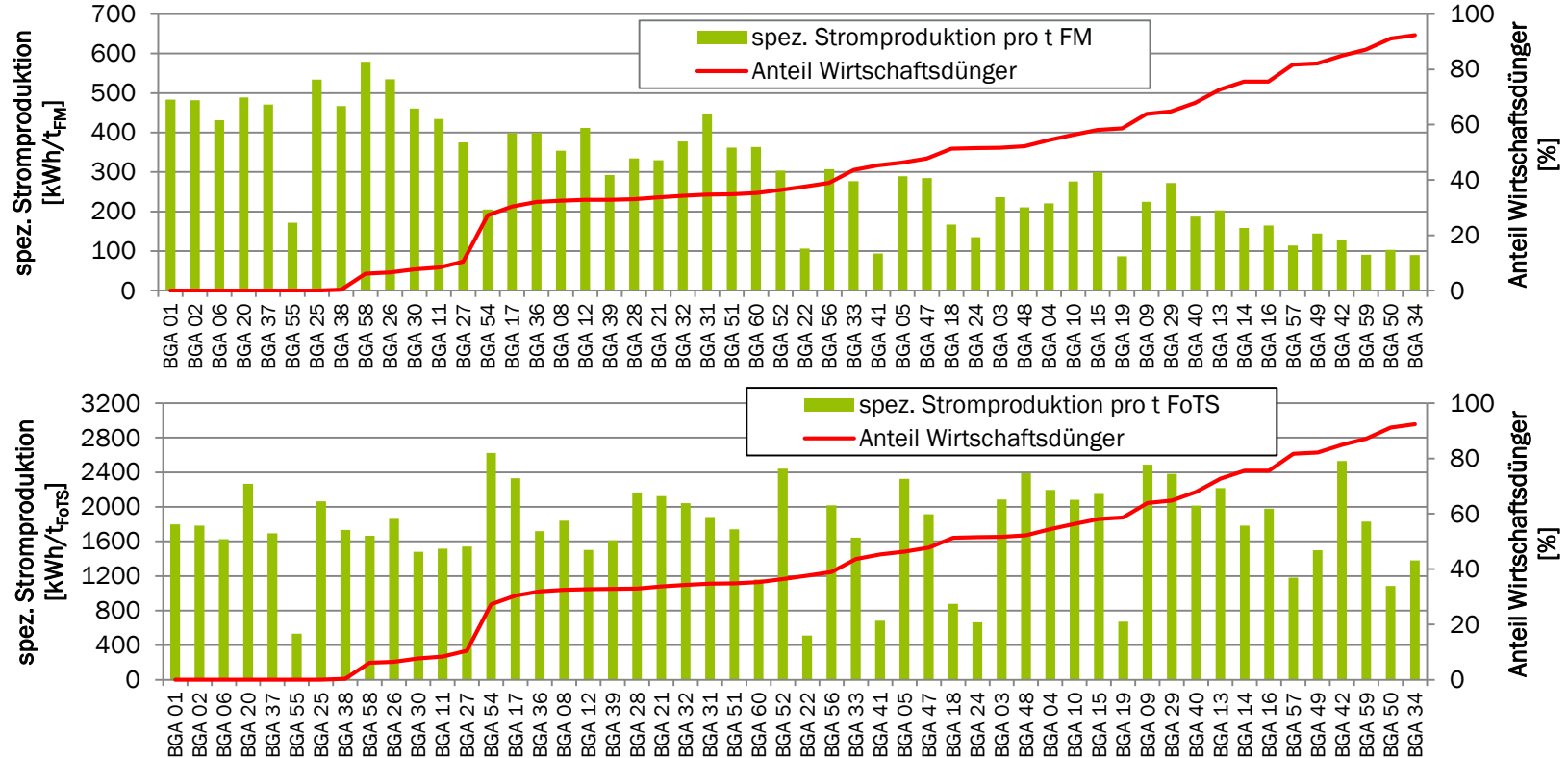


# Energiebilanz „einsatzstoffunabhängig“

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



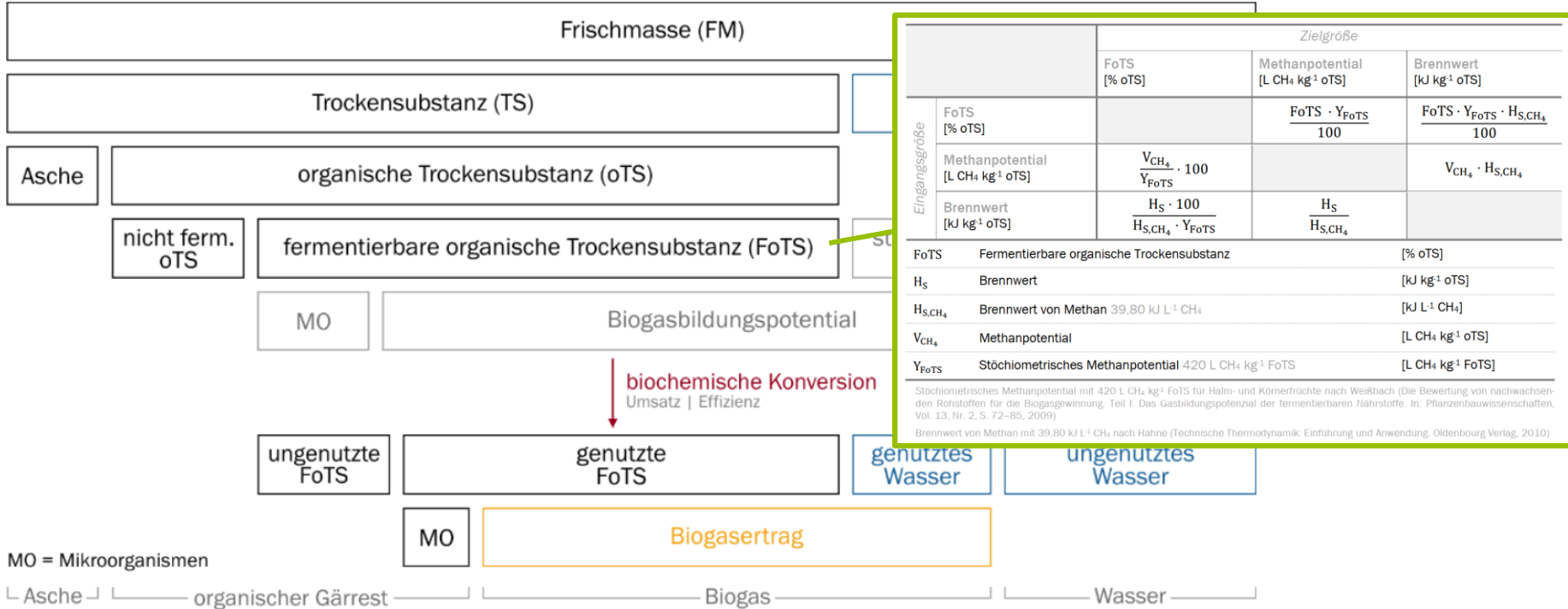
Quelle: Biogas-Messprogramm III, 2021

# FoTS-Korrektur für BSAG

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



MO = Mikroorganismen

# Die technische Betrachtung

## Prozessbewertung anhand des mittleren Brennstoffausnutzungsgrades

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

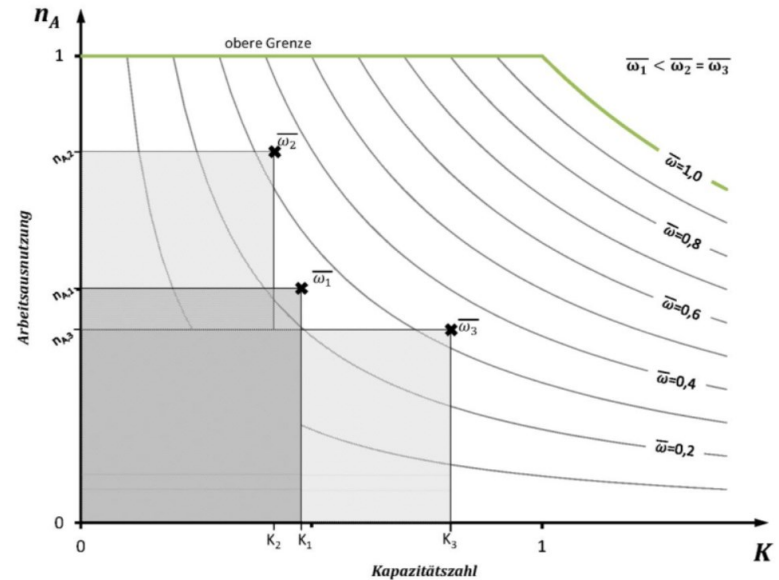
- **Arbeitsausnutzung:** setzt tatsächlich nutzbare Energien ins Verhältnis zur installierten Nennleistung (arbeitsbezogen)

$$\eta_A = \frac{W_{el,netto} + Q_{nutz}}{(P_N + \dot{Q}_N) \cdot T_N}$$

- **Kapazitätzahl:** setzt installierte Nennleistung ins Verhältnis zur zugeführten Substratenergiemenge (leistungsbezogen)

$$K = \frac{P_N + \dot{Q}_N}{\dot{m} \cdot H_S}$$

- Grafische Darstellung zeigt Ausgewogenheit zwischen Gasproduktion und Gasverwertung
- **Eingangsgrößen:** Substratmengen, spezifische Brennwerte, Nettostrommenge, Nutzwärmemenge



$$\bar{\omega} = \frac{W_{el,netto} + Q_{nutz}}{\dot{m} \cdot H_S}$$

# Die technische Betrachtung

## Prozessbewertung anhand des mittleren Brennstoffausnutzungsgrades

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

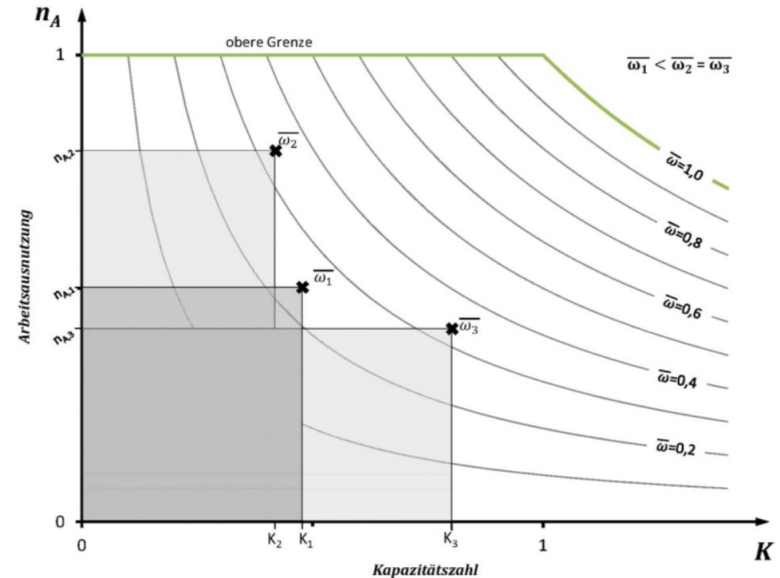


aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

### Beispiele:

- $K$  sehr klein  $\rightarrow$  Überfütterung
  - $K$  erhöhen durch Substrateinsparung bei gleichbleibender Gasproduktion oder Erhöhung der BHKW-Leistung
- $\bar{\omega}$  nahe 1  $\rightarrow$  wenig Eigenenergiebedarf, hohe Wärmenutzung
- Vergleich von Zuständen anhand der Größe der Flächen

**Herausforderung:** Bezugszeitraum min. 1 Jahr und kann damit nicht zur Prozessoptimierung in der Praxis herangezogen werden



# Methodik

## Bruttoenergieausbeute

$$\omega = \frac{\text{Strom-}/\text{Wärmeprod. BHKW}}{\text{BW Feed-foTS}}$$

$$= \underbrace{\frac{\text{el.+therm. Nennleistung BHKW}}{\text{BW Feed-foTS}}}_{\text{Kapazitätzahl}} \cdot \underbrace{\frac{\text{Strom-}/\text{Wärmeprod. BHKW}}{(\text{el.+therm. Nennleistung BHKW}) \cdot \text{Zeitraum}}}_{\text{Arbeitsausnutzung}}$$

$$= \underbrace{\frac{\text{BW Biogas aus Fermentern}}{\text{BW Feed-foTS}}}_{\eta_{\text{Fermenter}}} \cdot \underbrace{\frac{\text{BW Biogas zum BHKW}}{\text{BW Biogas aus Fermentern}}}_{\eta_{\text{Gasspeicherstrecke}}} \cdot \underbrace{\frac{\text{Strom-}/\text{Wärmeprod. BHKW}}{\text{BW Biogas zum BHKW}}}_{\eta_{\text{BHKW}}}$$

$\eta_{\text{Fermenter} + \text{Gasspeicherstrecke}}$

Kann in der Praxis häufig gemessen werden

Kann teilweise gemessen, andernfalls simuliert werden

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

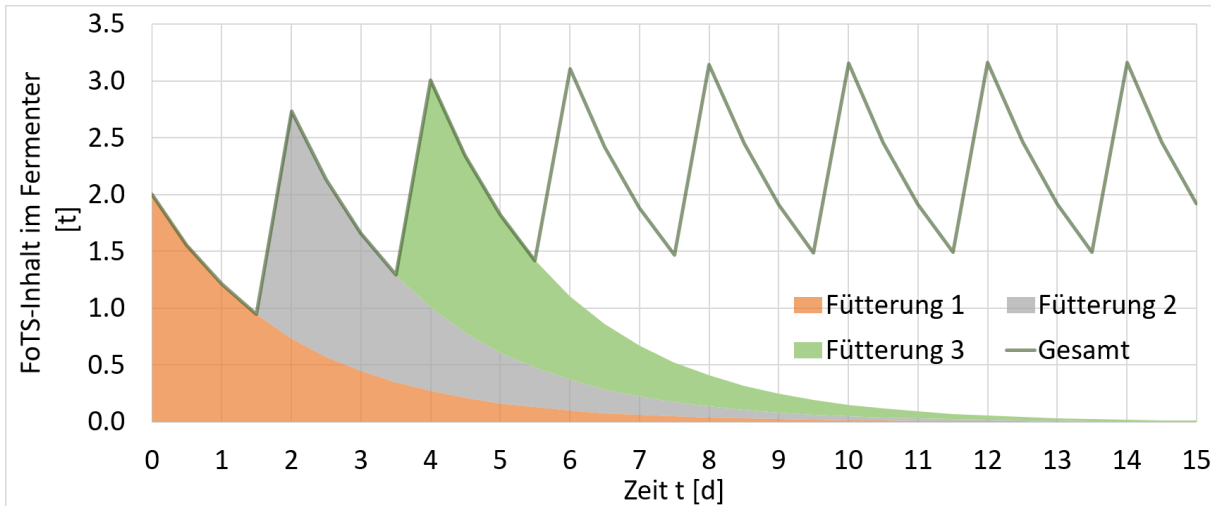


# Verkürzung des Betrachtungszeitraums zur Effizienzbewertung im laufenden Betrieb

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



- Herleitung des „BW Biogas aus Fermentern“, sofern notwendig
  - „BW Biogas zum BHKW“ muss bekannt sein um Modell anzupassen
- Kinetische Betrachtung notwendig zur Beurteilung dynamischer Prozessverläufe
- Zerlegung in zwei Fraktionen sinnvoll
  - „Verhältnisparameter  $\alpha$ “

# Validierung an der Forschungs- biogasanlage des DBFZ

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



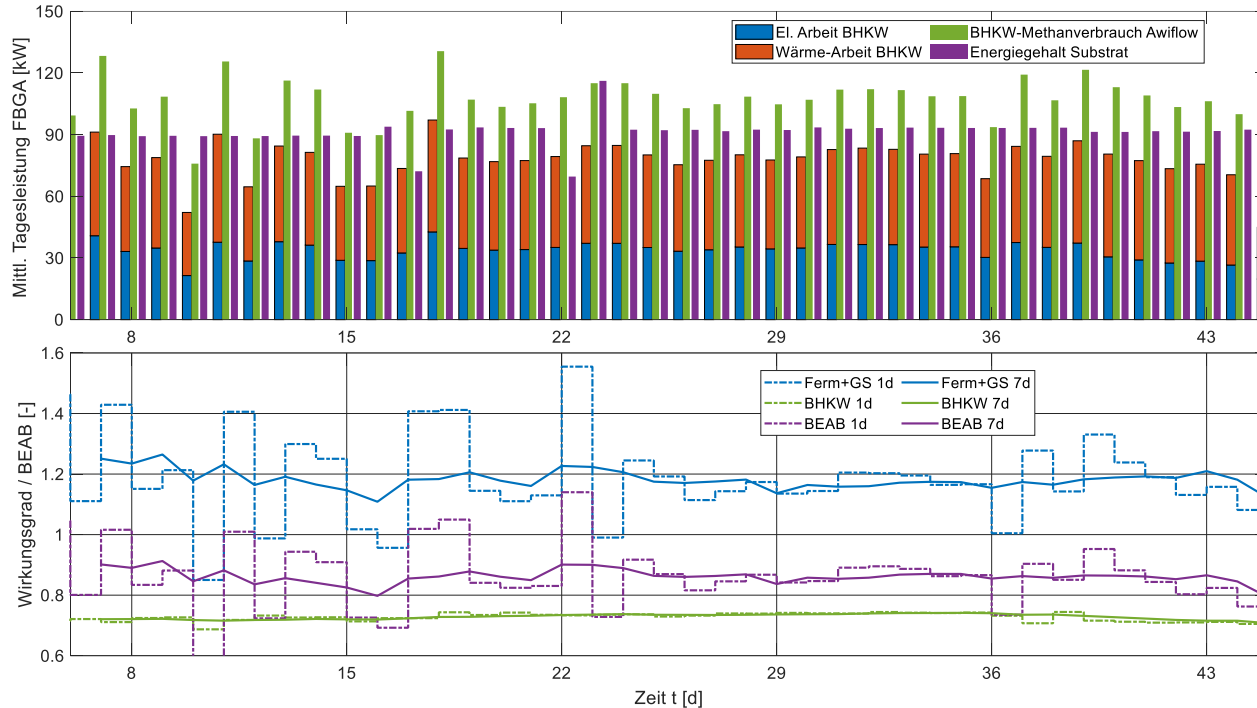
© DBFZ

# Brutto-Energieausbeute an der Forschungsbiogasanlage

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



- Tagesleistung aus Messwerten
- Brutto-Energieausbeute (BEAB) als Minimalvariante, bevor Erweiterung um Kinetik angewendet werden kann

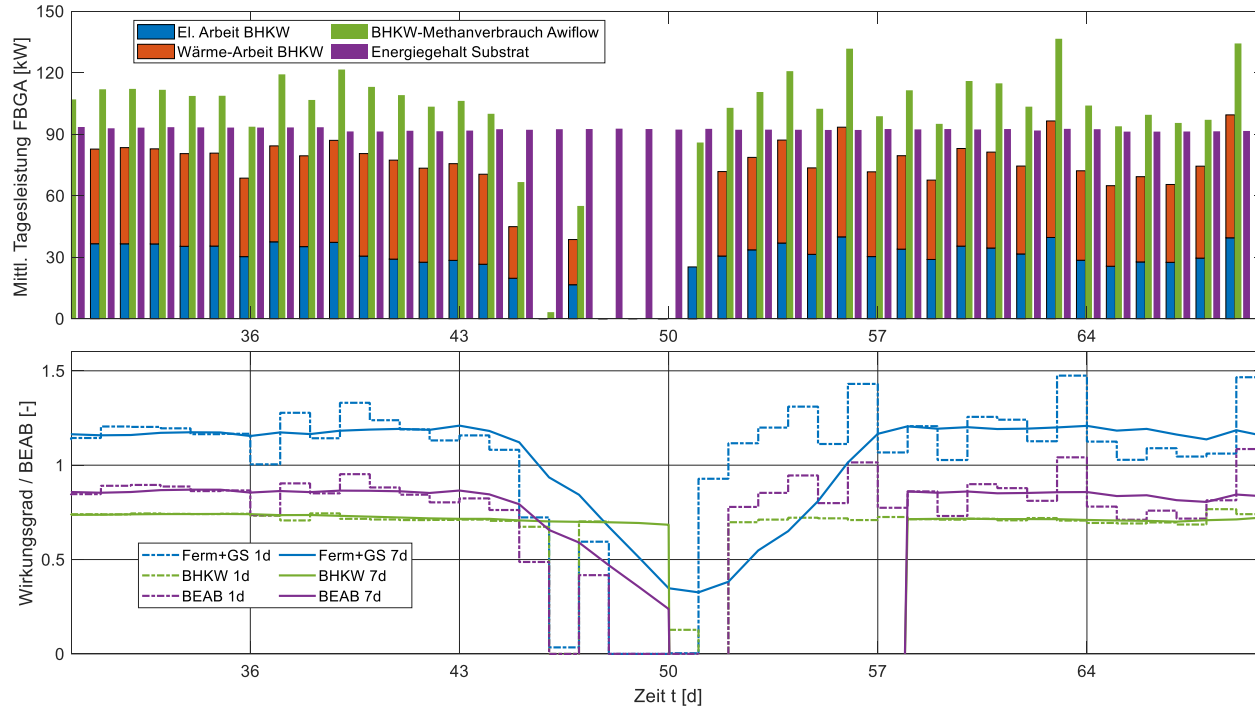


# Brutto-Energieausbeute an der Forschungsbiogasanlage

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



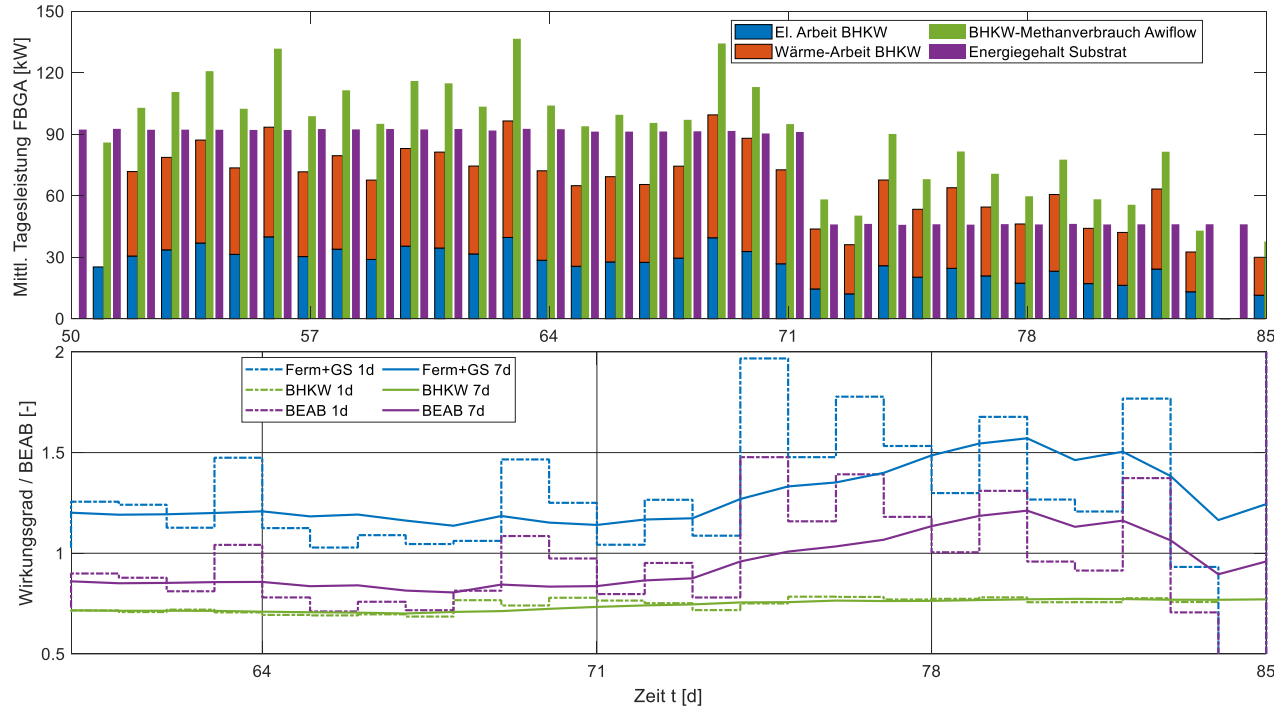
**Ausfall BHKW**  
 Brutto-Energieausbeute fällt auf 0

# Brutto-Energieausbeute an der Forschungsbiogasanlage

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



- Reduziertes Rührregime steigert Brutto-Energie-ausbeute leicht
- Halbierung der Raumbelastung
  - senkt Gasleistung
  - steigert Brutto-Energie-ausbeute

- Erweiterung der technischen ex-post Bilanzierung erleichtert die Identifizierung von Schwachstellen im Prozess
- Implementierungsvoraussetzungen
  - Technische & biologische Effizienzbewertungen sind abhängig von verlässlicher Messtechnik
  - Bewertung der biologischen Effizienz benötigt „Kalibrierung“
- Für Betreiberempfehlungen abzuleitende Aussagen sollten sich nicht auf absolute Werte beziehen, sondern auf deren zeitliche Varianz

**Deutsches Biomasseforschungszentrum**

gemeinnützige GmbH



**Dr.-Ing. Marcel Pohl**

Arbeitsgruppenleiter “Biogastechnologie”

Bereich “Biochemische Konversion”

Tel.: +49 (0)341 2434 - 471

E-Mail: marcel.pohl@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